



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

**“UNA PROPUESTA DE GUÍA PARA EL DISEÑO DE
LÍNEAS DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

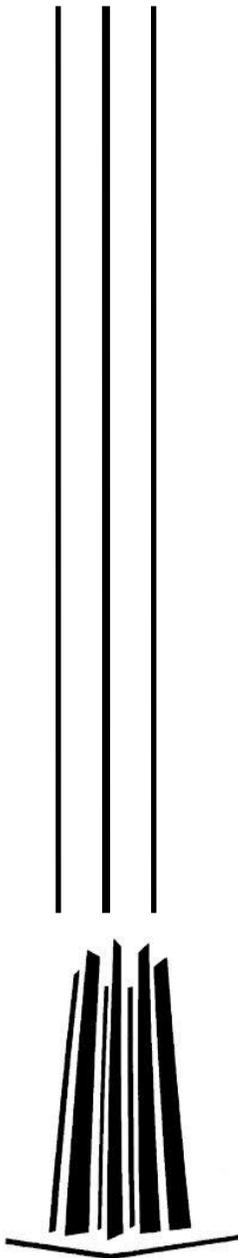
INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A:

DAVID MEJÍA ORTIZ

**DIRECTOR DE TESIS:
M. en I. MARTÍN ORTIZ LEÓN**

MÉXICO NOVIEMBRE 2013





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.



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.



La ingeniera no es solo una profesión aprendida, sino es una en constante aprendizaje en la cual, los practicantes primero fueron estudiantes y así se mantienen a lo largo de su carrera activa.



A dios:

*Por permitirme estar en este
Momento, rodeado de esta dicha
y de mis seres queridos.*

A mis padres Lourdes y David:

*Por su cariño, amor y apoyo
y por el simple hecho de darme
la vida y por darme el apoyo
moral y económico para permitirme
terminar mis estudios profesionales.*

A mi hermana Alejandra:

*Porque espero haber sido un
ejemplo digno de tí, y espero
que siempre sigas adelante.*

A la ing. Anabel López:

*Por su amor y apoyo incondicional
durante la realización de este
trabajo y los 5 años de la universidad.*

A mi tía Pilar y mi abuelita Martha

*Que se preocuparon y estuvieron
conmigo desde que comencé a estudiar
hasta el día de hoy.*



A mis familiares y amigos

*Por su apoyo, comprensión y preocupación
por el hecho de que terminara mi
preparación universitaria.*

A mi asesor M. en I. Martín Ortiz León

*Por todas las facilidades brindadas para
La realización de este trabajo*

Y a esta gloriosa institución, que jamás olvidare



Introducción
Antecedentes
Objetivos

CAPITULO I Aspectos generales de líneas de conducción

1.1 DESCRIPCIÓN DE LAS LÍNEAS DE CONDUCCIÓN	
1.2 TIPOS DE CONDUCCIÓN	
1.2.1 Conducción por bombeo	12
1.2.2 Conducción por gravedad	12
1.3 MATERIALES UTILIZADOS	
1.3.1 Tubería de acero	13
1.3.2 Tubería de fierro fundido	13
1.3.3 Tubería de fierro galvanizado	14
1.3.4 Tubería de asbesto-cemento	14
1.3.5 Tubería de concreto	15
1.3.6 Tubería de polietileno de alta densidad	15
1.3.7 Tubería de PVC	16
1.3.8 Criterios para seleccionar el tipo de material	17
1.4 OBRAS DE ARTE	
1.4.1 Atraques	18
1.5 PIEZAS ESPECIALES	
1.5.1 Juntas	19
1.5.2 Carretes	19
1.5.3 Extremidades	19
1.5.4 Tees	20
1.5.5 Cruces	20
1.5.6 Codos	20
1.5.7 Reducciones	21
1.5.8 Coplees	21
1.5.9 Tapones y tapas	22
1.6 TIPOS DE VÁLVULAS	
1.6.1 Eliminadora de aire	23
1.6.2 Admisión y expulsión de aire	23
1.6.3 De no retorno	24
1.6.4 De seccionamiento	24
1.6.5 Aliviadora de presión	25
1.6.6 Anticipadora del golpe de ariete	25



CAPITULO II Lineamientos de diseño

2.1 DETERMINACIÓN DE LA ZONA DE PROYECTO	
2.1.1 Generalidades	26
2.1.2 Servicio de agua potable	26
2.2 TRABAJOS TOPOGRÁFICOS	
2.2.1 Planimetría	27
2.2.2 Altimetría	27
2.2.3 Nivelación	27
2.2.4 Conceptos básicos	28
2.2.5 Trabajos de campo y gabinete	28
2.3 DATOS BÁSICOS DEL PROYECTO	
2.3.1 Población de proyecto	33
2.3.2 Método aritmético	33
2.3.3 Método geométrico	35
2.3.4 Método de interés compuesto	36
2.3.5 Método de mínimos cuadrados	37
2.4 COEFICIENTES DE VARIACIÓN	
2.4.1 Variación diaria	38
2.4.2 Variación horaria	38
2.4.3 Coeficientes de variaciones de consumo	39
2.5 CÁLCULO HIDRÁULICO	
2.5.1 Conducción por bombeo	40
2.5.2 Conducción por gravedad	43
2.5.3 Selección del diámetro mas económico	45

CAPITULO III Ejemplos prácticos

3.1 Diseño de la línea de conducción por gravedad.....	46
3.2. Diseño de la línea de conducción por gravedad	51
3.3 Cálculo del diámetro económico	54

Conclusiones

Bibliografía

Anexos



INTRODUCCIÓN



El agua para el ser humano es de vital importancia ya que hace posible la vida, las grandes civilizaciones de la antigüedad alcanzaron su desarrollo en zonas cercanas a ríos como los egipcios, chinos, indios y mesopotámicos, o los lagos mexicas.

El agua, que ocupa el 75 % de la superficie de la tierra, además de ser esencial para el mantenimiento de la vida, regula el clima, es alimento y riego para la agricultura, medio de transporte y soporte de la civilización.

En nuestra ciudad el problema del agua en la época prehispánica se limitaba al control de las aguas, de los lagos (salados y dulces). En la época de la colonia, el principal problema fue el desalojo del agua que inundaba la mancha urbana de aquellos tiempos y hoy en día, el principal problema es el ABASTECIMIENTO.

El crecimiento desmedido de la población durante el siglo pasado y lo que va de este, ha generado una demanda de agua imposible de cubrir con los recursos locales, ocasionando que se tenga la necesidad de traer agua de cuencas vecinas (Lerma y Balsas).

La ciudad de México se abastece hoy en día de agua potable en un 68 % de pozos de extracción (subsuelo), un 23 % de agua proveniente del sistema Cutzamala y un 9 % del sistema Lerma.

En 1951 se inició el ingreso de agua potable del sistema Lerma. En 1974 inició el Plan de Acción Inmediato (PAI) que se abastecía de agua de la parte norte de la cuenca de México (estado de México e Hidalgo) con sistemas de pozos y acueductos (agua subterránea).

En 1982 se inició el abastecimiento de agua del plan Cutzamala para el que se tuvo que generar infraestructura a fin de desviar agua del sistema hidroeléctrico Miguel Alemán, para el abastecimiento de agua potable a la ciudad.

Se tiene programado realizar la cuarta etapa del sistema Cutzamala, para suministrar más agua al Distrito Federal, y a su zona conurbada desde Temascaltepec, ya que consideran que Temascaltepec aportaría hasta 5 mil litros por segundo adicionales a los 15 mil que surte actualmente el sistema Cutzamala.

El agua que proviene de múltiples escurrimientos, además de 41 manantiales, llega al río Temascaltepec no se utiliza y va directo al océano pacífico.

Desde su creación, el sistema Cutzamala fue diseñado para abrirse en primera, segunda y tercera etapa, pero hace más de 20 años cuando se planeaba emprender la cuarta etapa, con Temascaltepec, un movimiento social se opuso y culminó con el respaldo de los poderes Ejecutivo Y Legislativo del Estado de México, por lo cual no se ha podido concluir.



INTRODUCCIÓN



El proyecto consiste en desviar una parte del caudal del río y almacenarlo en una octava presa que se ubicaría en las inmediaciones del poblado El Tule, construir un acueducto y conducir el agua hacia la presa Colorines (una de las siete existentes en el Cutzamala), donde sería bombeada a la potabilizadora Berros.

Del afluente del río Temascaltepec solo podrían tomarse los excedentes, que son entre 4 y 5 mil litros por segundo, y se deben dejar al río al menos 2 mil litros por segundo.

Si se llegase a reactivar el proyecto Temascaltepec, el Gobierno del Distrito Federal tendría que reanudar la construcción del Acuaférico, un acueducto en forma semejante al periférico, que rodea la Ciudad, el cual hasta ahora tiene una extensión de 32 km, faltándole 10 km para cerrar el anillo de abastecimiento de agua para que los caudales adicionales lleguen a las delegaciones: Álvaro Obregón, Magdalena Contreras, Milpa Alta, Tlalpan, Xochimilco e Iztapalapa.



ANTECEDENTES



El agua es un elemento de gran necesidad para el hombre, se refleja cuando, a principios de la historia el hombre era nómada y tenía que ir en busca de alimento y de este líquido vital. Con el paso de los años, el hombre primitivo se estableció en las orillas de los ríos, de los cuales tomaba agua, indispensable para su uso doméstico y sus cultivos; a medida que fue evolucionando, fueron aumentando sus necesidades y en consecuencia, las cantidades de agua utilizada.

Entre las obras más grandes de la ingeniería del mundo antiguo para la distribución del agua potable se encuentran los acueductos romanos.

ACUEDUCTOS ROMANOS

Para entender lo que es un acueducto primero se dará su definición:

La palabra acueducto como se conoce tiene su origen, en el antiguo imperio romano, Acueducto (Aqvaedvctvs) era la forma habitual con la que se designaba a un conducto que transportara agua, no importando si era a través de un canal, un puente, una galería o de una cañería. Más en la antigua Grecia la “conducción de agua” era llamada Hidráulica, de (Hydor, agua y aulos, tubo o conducción).

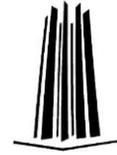
El primer registro que se tiene de abastecimiento de agua potable fue en el año de 691 a.C. en Asiría, llamado acueducto de Jerwan, el cual fue construido por el Rey Senaquerib, y que tenía como función dotar de agua a la capital de su reino, Nínive. Cerca de esta fecha, el rey de Judá (ahora Israel), Ezequías, planificó y construyó un sistema de distribución de agua para la ciudad de Jerusalén, que tenía más de 30 kilómetros.

Aproximadamente, a partir del año 312 a.C., cuando el Imperio Romano enfrentaba la Segunda Guerra Samnita y la población en Roma se hacía más numerosa, encontraron que su única fuente de agua, el río Tiber, no era suficiente y además, hacía a la capital del Imperio “estratégicamente vulnerable”, lo que los obligó a construir su primer gran acueducto, el Aqua Appia.

En el año de 145 a.C., el pretor, Marcio, construyó el primer acueducto Romano que transportara agua al nivel del suelo, el Aqua Marcia, este tenía la no despreciable longitud de 90 km. Para el año 70 a.C. la complejidad de los acueductos era tan grande (más de 10 acueductos y un caudal de 135.000 m³ de agua por día), que fue necesario designar un Superintendente de Aguas de Roma (Curator Aquarum) , en ese año fue nombrado en el cargo Sextos Julios Frontinus.



ANTECEDENTES



La Roma antigua consumía unos 160 millones de litros de agua cada día, sobre todo en fuentes, estanques, baños y letrinas públicas. Una parte de ese caudal iba directamente a

Las casas de los ricos, que vivían en villas o en manzanas de casonas de un piso. Pero la gente que habitaba en pisos altos tenía que recoger agua de las fuentes y de los estanques, o contratar los servicios de aguadores profesionales.

La construcción del acueducto era una obra de gran complejidad debido a las múltiples tareas que tenían que efectuarse. Su organización dependía directamente del emperador, quien ostentaba el título de curator viarum. El personal que intervenía en la obra estaba constituido por el curator aquarum, el ingeniero militar, el ingeniero civil (estos dos últimos solían ser la misma persona), el topógrafo, los artesanos -llamados los fabri, como los picapedreros o canteros y los carpinteros-, que trabajaban bajo la dirección del praefectus fabri, y por último los esclavos, encargados de realizar todo tipo de faenas, sobre todo las más pesadas.

El primer paso en la construcción del acueducto es encontrar la ubicación de la fuente de donde se tomaría el agua. No siempre se disponía de una fuente, para asegurar agua fresca y saludable. Muchas veces era necesaria una minuciosa labor de búsqueda hasta dar con ella.

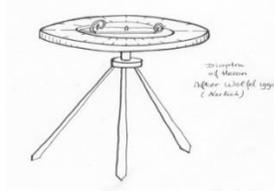
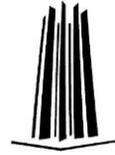
TRAZADO DE RUTAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ACUEDUCTOS EN LA ROMA ANTIGUA.

Cuando se encontraba la fuente correcta para el abastecimiento del agua se traía a un librador (topógrafo), éste trazaba una ruta aproximada, siguiendo una suave pendiente no muy pronunciada entre la fuente y la ciudad. Al hacerlo, marcaba la ruta con estacas de madera, para continuar calcular qué diferencia de altitud había exactamente entre el punto de partida y el de llegada. Antes de que los obreros comenzaran a trabajar en cualquier sección del acueducto, el librador tenía que calcular la caída total y establecer la altura de cada extremo de la sección.

El instrumento de nivelación de los topógrafos romanos, la dioptra, no podía medir grandes distancias, por lo que, para poder llevar a cabo sus cálculos, el topógrafo tenía que detenerse a medir varios cientos de veces a lo largo de la distancia total, marcando cada diferencia de nivel en su tablilla de cera, para luego sumarlas todas, obteniendo así la diferencia total de altitud entre la fuente y la ciudad. Entonces, una vez medida la longitud total aproximada del acueducto, y la diferencia de altitud, podía calcular la caída total, y empezar a trabajar para trazar la ruta definitiva.



ANTECEDENTES

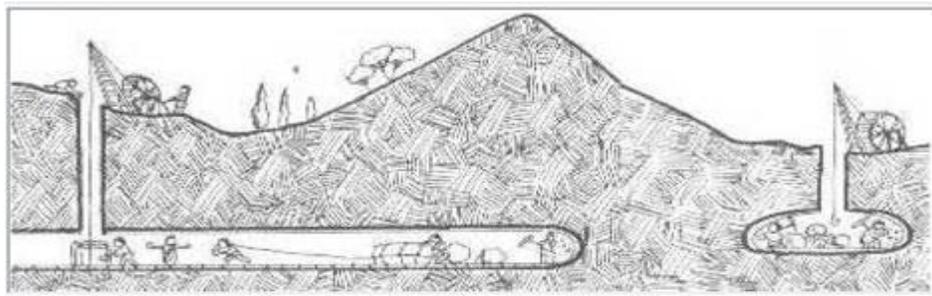


DIOPTRA UTILIZADA COMO INSTRUMENTO DE NIVELACIÓN

Cuando por fin, después de semanas de trabajo agotador, se había establecido el trazado correcto, se colocaban grandes estacas de madera a intervalos regulares a ambos lados del camino del acueducto, que reemplazaban a las que habían puesto para marcar la ruta provisional.

TRABAJOS PRELIMINARES DE CONSTRUCCIÓN.

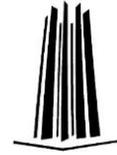
Para la mayor parte de las cuadrillas, el trabajo preliminar consistía simplemente en excavar una trinchera en terreno blando, asegurando temporalmente las paredes con puntales de madera, una precaución que no era necesaria cuando el canal se excavaba en roca sólida. Sin embargo, los grupos con peor suerte se encontraban con que tenían que excavar toda su zanja en un terreno de roca sólida, aunque los más desafortunados de todos eran aquellos a los que les tocaba cavar túneles. Éstos tenían que empezar a abrir un pozo (peteus), cada setenta y un metros, más o menos, y luego, con el espacio justo para un hombre, tenían que ir excavando hacia delante, pasando hacia atrás con unas cestas la piedra que iban quitando para que la arrastraran fuera del pozo. Al mismo tiempo, otros hombres iban trayendo la piedra que se había cortado en la cantera. Luego, una vez colocados, los canteros tallaban cada bloque cuidadosamente de forma adecuada ya que debían encajar perfectamente sin necesidad de argamasa, aunque luego sí se recubrieran con argamasa las piedras del canal, para impedir las filtraciones.



Construcción de un túnel. Cavaban varios agujeros hasta la profundidad deseada e iniciaban la excavación de la galería. Estos agujeros se mantenían una vez finalizada la obra para asegurar la aireación cuando se realizaban las tareas de mantenimiento



ANTECEDENTES



Por otro lado, se presentaba el problema de cómo realizar la captación. Para ello decidían desviar parte del curso del río, a través de un canal impermeabilizado con opus sininum (*recubrimiento de una mezcla de cal impermeable con fragmentos de cerámica*), y aprovechar la pendiente del terreno para conseguir la inclinación necesaria para la conducción del agua hacia una represa o lago artificial. De esta manera se mantenía una reserva de agua para el verano. Además, estas represas ayudaban a decantar el agua por sedimentación y normalizaban la distribución.

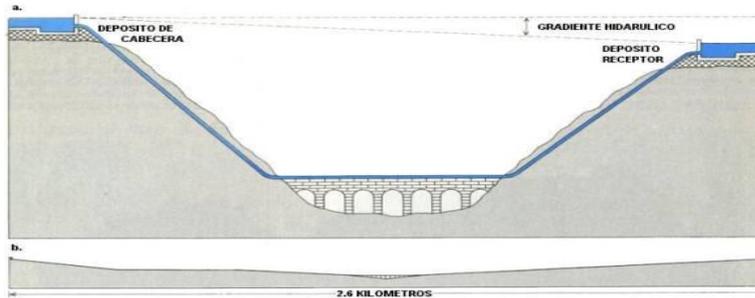
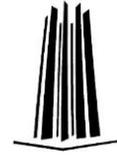
Los ingenieros romanos no sólo tenían como reto salvar una depresión del terreno y realizar un canal elevado que permitiera trasvasar agua, sino que debían mantener a lo largo de todo el recorrido la suficiente y justa pendiente para el avance del agua; si la inclinación era excesiva, se corría el riesgo de que el agua desgastara y arrastrara la construcción, mientras que, si la pendiente era demasiado débil, se corría el riesgo de que el agua se estancara o facilitara el depósito de limos y barros que obstruyeran su conducción del agua. Así, de manera general el principio físico de construcción y movimiento del agua del *specus* (canal de piedra) era la gravedad del agua y no su presión. Por ello, adaptaban el acueducto y el canal a la naturaleza del terreno en la medida de lo posible. De esta manera, la inclinación de los acueductos varía de unos a otros e incluso dentro de un mismo acueducto y un mismo canal se puede encontrar distintas inclinaciones. En caso de que el agua tuviera mucha fuerza, se construían curvas o sinuosidades que la frenaban, pequeños saltos de agua e incluso desvíos a depósitos que reducían su fuerza del agua.

Los romanos preferían que el agua de sus acueductos fluyera cuesta abajo, a favor de la gravedad, pues así no hacía falta aplicarle presión para que corriera.

Pero muchas veces esto no era posible, ya que el terreno donde se encontraba la fuente de agua no era favorable a la gravedad, así que la solución consistía en la construcción de los llamados sifones. Los sifones funcionan a la manera de los vasos comunicantes, y están compuestos por tres elementos: un tubo descendente, uno horizontal y uno ascendente. Tal y como se puede apreciar en el esquema, el tubo descendente ha de tener mayor diámetro que los otros dos para que el agua adquiera la presión suficiente y, una vez atravesado el tubo horizontal -que evita el cambio violento de dirección-, ascienda y continúe su camino. Este sistema se realizaba mediante dos tipos de tubería: con tubos de cerámica unidos con mortero, cuando había poca altura y por tanto la presión no era grande, o con tubos de plomo, cuando la presión era mayor.



ANTECEDENTES



Los romanos usaban tuberías que podían ser de varios materiales. Las de cerámica eran baratas, fáciles de colocar y de reponer, pero no resistían bien las presiones elevadas (fueron muy utilizadas dentro de las ciudades). Se han encontrado tuberías hechas con troncos huecos de árboles, aunque no era un buen sistema (la madera podía contaminar el agua si no estaba en buenas condiciones). También se utilizaban sillares de piedra horadados en forma circular y terminados de forma que encastraban unos con otros. La tubería de plomo, la más cara, era desde luego la más eficaz para el sifón por las virtudes del material, Si bien Vitrubio decía que el plomo era perjudicial, porque permitía la presencia de la *censura*, nociva para el cuerpo humano. De hecho, el plomo se ha seguido utilizando para conducciones de agua fría hasta hace poco (aunque hoy en día está prohibida su utilización, incluso en proporciones pequeñas, por su relación con enfermedades del sistema nervioso).

El tubo debía ir montado sobre una galería a la que se pudiera acceder y se fijaba con cemento a la solera de ésta, ya sea en las laderas o en el puente. Como bien dice Vitrubio, al llegar a la parte horizontal o puente, el tubo debe estar bien sujeto para soportar el empuje del agua. A lo largo del recorrido de las obras de transporte, según su complejidad y dependiendo de la naturaleza de los territorios atravesados, podía ser necesaria la construcción de obras accesorias de diferentes funciones, ubicadas al final de los tramos de canal con especial pendiente o especial longitud, embalses divisorios en el caso de derivaciones de la rama principal del acueducto, embalses de compensación, etc.

Una vez terminada la laboriosa tarea de la construcción se procedía a la distribución del agua la cual era llevada a casas, fuentes, baños públicos, etc.



ANTECEDENTES



EL AGUA EN CASA

Los romanos pusieron la tecnología más avanzada al servicio del confort privado. Las casas cuyos propietarios pudieran permitirse este lujo, disponían de agua corriente, conectada a la red hidráulica de la ciudad.

También tenían en cuenta el agua que la propia naturaleza dispensaba, ya que el agua de lluvia era almacenada en cisternas que, entre otros usos, servía para llenar los estanques de los jardines que adornaban los peristilos (galería de columnas), de las viviendas unifamiliares.

Gran parte de las domus y villae (casas de campo), disponían de sus propias termas, lo que significaba tener en casa la frigidaria o tepidaria (baños termales) correspondientes, en menor escala y según los modelos diversos.

El agua corriente conectada a la red pública era siempre de pago y el precio dependía del caudal contratado.

El suministro quedaba de ésta manera condicionado por el mayor o menor diámetro de la tubería de acceso. Pero en el mundo romano también existía el fraude, y era habitual encontrar la tubería original, sustituida por otra de mayor tamaño.

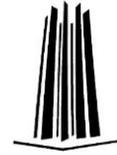
Para evitar éstas trampas, se idearon los cálices (llamados así por su semejanza a un cáliz) o cálix. Tenía un diámetro concreto, y se empotraba en la pared por la entrada del suministro de agua, por un primer tramo de tubería, decorado para evitar su manipulación y falsificación. Frontino informa de cómo deben colocarse y recomienda el uso de las de bronce, que aunque eran más caras, ofrecían mayores garantías.

El último toque de ingeniosidad del siempre sorprendente mundo romano, es el grifo. El grifo monomando.

Aunque hay muy pocos ejemplares, se conservan algunos procedentes de Europa Central, tres piezas de bronce que podían funcionar tanto para mezclar el agua fría y caliente.



ANTECEDENTES



ADMINISTRACIÓN Y SUMINISTRO:

Conscientes de la importancia del agua en la sociedad romana, regularizaron la utilización de la misma, mediante un complejo aparato burocrático para su correcta administración.

Ya que el suministro formaba parte de la esfera pública, de un modo irrefutable, crearon la cura aquarum (super intendente), que sería quien estuviera al mando del servicio.

Durante la República, fue administrada y controlada por los censores, pero con las reformas de Augusto a principios del Imperio, el curator aquarum pasó a ser un cargo del más alto rango, destinado a personajes de categoría senatorial, designados por el emperador.

Ésta institución tenía competencias sobre el abastecimiento y coordinaba a la gran cantidad de personal subalterno y la mano de obra, que llamaron familia aquarum y más tarde familia Caesaris.

Los técnicos eran denominados aquarii, que se traducirían como plomeros.

Las demás ciudades romanas, se abastecían de la administración municipal correspondiente, que lo regulaba con disposiciones jurídicas concretas, escritas en tablas de bronce y fijadas en un lugar público. Un ejemplo de leyes escritas en las tablas de bronce, serían las II y IV de la lex Coloniae Genetivae Iulia sive Ursonensis, (conocida como ley de Osuna) si algún edil o duunviro (ciudadano o miembro del gobierno) quiere realizar cualquier tipo de obra (prolongar, variar, reforzar o construir acequias o cloacas), le sea permitido, en caso de no perjudicar a nadie.

También establece la forma de llevar el agua pública a la ciudad, y de qué modo un propietario puede beneficiarse de la que sobra o sale de los depósitos públicos, si con ellos no causa daño y la decisión ha sido aprobada por 40 decuriones.

El canal fue, sin duda alguna, la pieza base de todos los acueductos romanos. Se trataba de construir un cauce de anchura, altura y pendiente apropiadas (si la pendiente es demasiado fuerte, el canal no va lleno y erosiona mucho las superficies, funcionando en régimen torrencial, pero si la pendiente es muy débil, el agua circula a poca velocidad, lo que reduce sensiblemente la capacidad de transporte). Cuando el agua se transportaba en el canal, se podían adoptar tres sistemas: subterráneo, por muros de sostén o por arcos.



ANTECEDENTES



El canal subterráneo podía ser excavado en la roca o de fábrica (si el terreno no era resistente) evitando tomas incontroladas o fraudes, pero dado que esto no siempre era posible, a veces debía ir en superficie, siguiendo siempre una pendiente apropiada. En cualquiera de los

Casos, y como bien menciona Vitrubio, debía ir cubierto para evitar que el agua se corrompiera. Vitrubio decía que la pendiente debía ser de medio pie de alto por cada cien pies recorridos, esto implica una pendiente del 0,5%. Plinio afirmaba que la pendiente por lo menos debía ser de un *silicius* (0,02%) por cada cien pies, en la actualidad las pendientes medias de un canal se estiman entre 0,05 y 0,15%. Las dimensiones de las cajas de los canales son muy variables. De los múltiples ejemplos parece que se estimaba un mínimo de treinta centímetros de ancho. Lo mismo sucedía con la altura. Cuando el canal era del tipo galería, debía permitir el paso de un hombre, no solo para la construcción, sino también para su posterior limpieza y mantenimiento.

Cuando el terreno tenía la resistencia suficiente, se podía excavar una galería en ladera. En este caso se practicaban en ella unos orificios a modo de ventanas, (*putei*), para retirar los escombros y garantizar la ventilación durante la ejecución de las obras (la distancia entre los orificios de ventilación variaba, pero no debía ser superior a los ciento veinte pies). Lo más sencillo era ir trazando el acueducto con pendientes más o menos constantes, siguiendo las laderas o los valles. A la hora de elegir el punto de captación, se debía tener en cuenta que el trazado fuera razonable y abordable (los fracasos nunca fueron bien vistos por los que encargaban la obra). Cuando no se podía optar por dar un rodeo y había que atravesar una depresión, normalmente se optaba por la construcción de un puente acueducto.

El puente acueducto se podía acometer fundamentalmente por dos razones: porque existía abundante piedra de excelente calidad en la zona o para la satisfacción del municipio al contemplar una obra magna para mayor gloria de sus magistrados y del augusto emperador (es decir, funcionaba como propaganda política). El puente acueducto se diferencia conceptualmente del puente en que el primero tiene una rigidez con respecto a su cota que no tiene el segundo. Además, cuando los romanos construían un puente, podían adaptar la ubicación del mismo al punto más apropiado de cruce, pero en el caso del puente acueducto se debía mantener una cota de salida que obligaba muchas veces a mantener una gran altura.



OBJETIVOS



Hoy en día el abasto de agua potable para las necesidades de la gente es una necesidad más que de primer orden, cada vez la mancha urbana de la ciudad se va haciendo más grande, y en otros estados de la República Mexicana, las poblaciones demandan agua potable y es labor de los ingenieros civiles diseñar proyectos que cumplan con la cantidad de agua disponible y con la demanda que llegue a tener la población.

El presente trabajo está dirigido para estudiantes de la carrera y afines, para que en un solo libro por llamarlo así, se encuentre desde la historia de la civilización romana que fue una de las primeras que se preocuparon por llevar agua potable hasta sus ciudades, hasta las ecuaciones con las que ahora se calculan y se diseñan proyectos de abastecimiento de agua potable, también incluye la tabla de “cálculo de diámetro económico” que es fundamental para poder ver la economía que se puede tener en un diámetro seleccionado aunando al tipo de terreno que se tenga, el material seleccionado y la potencia del equipo que se determine.



1.1 DESCRIPCIÓN DE LAS LÍNEAS DE CONDUCCIÓN.

Se entiende por línea de conducción al tramo de tubería que transporta agua desde la captación hasta la planta potabilizadora, o bien hasta el tanque de regularización, dependiendo de la configuración del sistema de agua potable.

Una línea de conducción debe seguir, en lo posible, el perfil del terreno y debe ubicarse de manera que pueda inspeccionarse fácilmente, esta puede diseñarse para trabajar por bombeo o por gravedad.

1.2 TIPOS DE CONDUCCIÓN

1.2.1 Conducción por bombeo

La conducción por bombeo es necesaria cuando se requiere adicionar energía para obtener la carga dinámica asociada con el gasto de diseño. Este tipo de conducción se usa generalmente cuando la elevación en la fuente de abastecimiento es menor a la altura piezométrica requerida en el punto de entrega. El equipo de bombeo proporciona energía para lograr el transporte del agua.

1.2.2 Conducción por gravedad

Una conducción de este tipo se presenta cuando la conducción del agua existente es en la fuente de abastecimiento mayor en la altura piezométrica requerida o existente que en el punto de entrega del agua, el transporte del fluido se logra por la diferencia de energía disponible.

Conducción por bombeo-gravedad: si la topografía del terreno obliga al trazo de la conducción al cruzar por partes más altas que la elevación de la superficie del agua en el tanque de regularización conviene analizar la colocación intermedia en ese lugar donde la primer parte es por bombeo y la otra por gravedad.

1.3 MATERIALES UTILIZADOS.

Los materiales utilizados en las obras de abastecimiento de agua potable, pertenecen a un grupo bien conocido por su uso frecuente, y su control de calidad forma parte de la práctica general de la ingeniería.

Los requisitos que los materiales deben satisfacer se establecen en las especificaciones generales y técnicas de construcción elaboradas por la parte contratante o bajo las cuales se rige. Las normas de ingeniería que se aplican son predominantemente las de la comisión nacional del agua (CNA) y de la secretaria de desarrollo social (SEDESOL); algunos



CAPITULO I



organismos operadores, como el sistema de aguas de la ciudad de México, en el Distrito Federal, y la comisión de aguas del Estado de México (CAEM) han elaborado sus propias normas.

Las normas y especificaciones son elementos indispensables en la elaboración y realización de todo proyecto ya que, por un lado, estipulan la calidad, las condiciones y los requisitos que deben cumplir los trabajos, materiales y obras, y por otro lado, definen los conceptos y partes involucrados o necesarios en proyectos y obras, y establecen las modalidades de medición y pago. La inexistencia de especificaciones propicia la confusión e indeterminación que, como consecuencia, originan una deficiente calidad de las obras, deterioran las relaciones entre las partes contratantes y ocasionan perjuicios a los intereses de ambas.

Cuando se hace necesario someter a prueba los materiales, se recurre a laboratorios privados, de instituciones docentes o de las dependencias estatales que tienen relación con el proyecto. Las pruebas realizadas son principalmente para el control de los concretos y calidad de las tuberías.

Con las pruebas de campo se controla la calidad de la obra realizada, esto es, de las tuberías; con ellas se verifica si las condiciones del manejo y la calidad del junteo de tubos son las estipuladas en las especificaciones generales y técnicas de construcción. Entre las pruebas que se ejecutan en las redes de distribución de agua destaca la prueba de presión hidrostática por su importancia y por ser la última que debe realizarse en un tramo de línea instalado.

Los materiales utilizados son variados porque los sistemas de agua no se caracterizan por sus grandes dimensiones sino por su diversidad. Dentro de un mismo sistema suelen utilizarse materiales diferentes aunque compatibles para la tubería, y siempre se procura emplear adecuadamente los nuevos y las técnicas de fabricación más avanzadas.

1.3.1 Tubería de acero

Diámetros comerciales: varían en 2" desde 4" hasta 24", y a cada 6" entre 30" y 72"

Ventajas:

- tienen una vida útil prolongada cuando se instala, protege y mantiene Correctamente.
- se recomienda su uso cuando se requiera de diámetros grandes y presiones elevadas.



-material resistente y liviano para cubrir dichas condiciones.

Desventajas:

-Los daños estructurales debido a la corrosión son mayores que en hierro fundido debido a las paredes más delgadas de esta tubería.

-El acero se expande $\frac{3}{4}$ " por cada 100 ft de largo cuando la temperatura se aproxima a los 40°C, por lo tanto, se requiere instalar juntas que permitan dicha expansión.

1.3.2 Tubería de hierro fundido.

Diámetros comerciales: 3", 4" en incrementos de 2" hasta 20", 24" y en incrementos de 6" hasta 48".

Largos comerciales: el largo estándar es de 4 m, pero también pueden obtenerse largos de hasta 6 m.

Una tubería de hierro fundido puede durar más de 100 años en servicio bajo condiciones normales de operación (previniendo corrosión), ya que la corrosión externa no representa problema debido a los espesores de pared relativamente grandes que se manejan. Aun así, la tubería se puede encamisar con polietileno para protegerla de ambientes desfavorables.

1.3.3 Tubería de hierro galvanizado.

Tubería de hierro fundido recubierta con zinc (el principal propósito de este recubrimiento es disminuir la corrosión).

Diámetros comerciales: 2.5,3,3.5, 4, 5, 6,8,10 pulgadas.

1.3.4 Tubería de asbesto cemento.

Tubería hecha a base de cemento Portland, sílice y fibras de asbesto.

Diámetros comerciales: 4" hasta 36"

Largos comerciales: 4 m



Presión: se fabrica en diferentes grados para soportar presiones de hasta 200 psi (1500 kN/m²)

Ventajas: Ligera, de fácil instalación, resistente a la corrosión.

Desventajas:

Se ha demostrado que el asbesto es cancerígeno cuando las fibras son inhaladas, pero no hay evidencia contundente de que causen algún problema si son ingeridas.

Es de fácil ruptura, por asentamientos diferenciales o por equipo de excavación.

1.3.5 Tubería de concreto.

Comúnmente fabricada para proyectos específicos, así que sus diámetros especiales son relativamente fáciles de obtener, disponibles en tamaños de hasta 72" (2m).

Tubería destinada a servir líneas de alta presión, se elabora con un alma de acero para resistir tensión, el refuerzo de acero se omite en la fabricación de tubería de baja presión.

Esta tubería es fabricada para resistir presiones estáticas de hasta 400 psi (2700 kN/m²)

1.3.6 Tubería de polietileno de alta densidad.

Diámetros comerciales: los hay desde 25 mm hasta 630 mm (dependiendo de las atm. que pueda soportar) y en largos de 6, 12 y 13 m.

Ventajas:

- Rápida instalación
- Mayor resistencia a químicos, sales, aceites y la corrosión.
- Menor peso.
- Mejor relación costo-valor.
- Capacidad hidráulica superior.



1.3.7 Tubería de PVC.

Hay de varios tipos en el mercado actual, los cuales se muestran a continuación:

Tubería PVC Hidráulica Cédula 80 Cementar, se fabrica en Sistema Inglés con extremos lisos terminación espiga en sus dos extremos. Se le puede hacer rosca para unirse con conexiones roscadas.



Tubería PVC Hidráulica cédula 40 cementar, se suministra con un extremo abocinado (campana) ahorrándose así un cople para su instalación y en el otro extremo es espiga.



Tubería PVC Hidráulica Cementar RD 26, se fabrica en Sistema Inglés, cuenta con un abocinado (campana) en un extremo de la tubería, el otro extremo es espiga





Tubería PVC Hidráulica RD 26, RD 41, RD 32.5, Campana y Anillo, se fabrica en Sistema Inglés. Su fabricación es de campana tipo RIEBER o tipo ANGER en uno de sus extremos y el otro es terminación espiga, el color es BLANCO en la tubería Nacional y color AZUL en la tubería de Importación.



Diámetros comerciales: para todos los casos, los diámetros van desde $\frac{1}{2}$ " hasta las 16", los Largos comerciales son 3 y 6 mts.

Ventajas:

- Fácil Instalación
- Resistencia a la Corrosión interior
- Libre de Toxicidad, Olores, Sabores
- Baja perdida por fricción
- Bajo costo de la instalación.
- Resistencia química.

1.3.8 Los criterios para seleccionar el material adecuado son:

- Factores hidráulicos (gastos, presiones y velocidades de diseño)
- Costo
- Diámetros disponibles
- Calidad del agua y tipo de suelo

También se tienen ciertas recomendaciones para la selección de tuberías:

1.- La tubería de acero es muy resistente y se recomienda su uso cuando las presiones de diseño sean altas. Sin embargo, su costo y el de las piezas especiales son elevados y esto elevaría mucho el costo del proyecto. Por ello, se recomienda analizar otras opciones de tuberías con la instalación de cajas rompedoras de presión.



- 2.- Las tuberías de asbesto-cemento son resistentes a la corrosión y ligeras. Estas requieren cuidado especial en su transporte, manejo y almacenaje. El asbesto-cemento debe considerarse para diámetros intermedios de hasta 400 mm.
- 3.- Las tuberías de plástico son ligeras y de instalación rápida, además de ser resistentes a la corrosión y tener bajos coeficientes de rugosidad.
- 4.- Se recomienda PVC o polietileno para diámetros menores a 150 mm.
- 5.- Cuando se requiera mayor resistencia a presiones o posibles asentamientos del terreno entonces se recomienda el hierro galvanizado o bien acero para diámetros mayores

1.4 OBRAS DE ARTE

1.4.1 Atraques

Por la configuración del terreno en una línea de conducción de agua potable, la altura y de los obstáculos a vencer es común que se tengan que colocar en los cambios de dirección "atraques de concreto" que sirven para evitar que la tubería sufra un colapso ante el súbito cambio de dirección. El principal dato que se debe conocer es la presión, en el punto de cambio de geometría, para calcular el esfuerzo resultante y tener en consideración la resistencia del terreno.

En cuanto se tenga la fuerza resultante y se conozca la resistencia del terreno un simple cálculo se deberá realizar para que, por peso propio, el elemento de concreto sea capaz de resistir el efecto de deslizamiento ocasionado por la fuerza resultante. Algo parecido a lo que se realiza con el cálculo de los muros de contención, en el cual una de las revisiones que se hace es para evitar el deslizamiento de la base ante la presión activa.

Es importante comentar que los atraques "envuelven" a la tubería y no se colocan en la esquina como se hace la mayoría de las veces.

Dado que es un elemento que trabaja por peso propio no es necesario hacer un cálculo por flexión y cortante del atraque, bastará con colocar acero suficiente para evitar el agrietamiento de la "mole" de concreto.



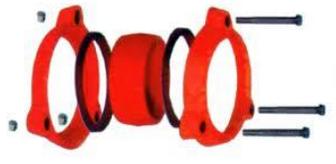
1.5 PIEZAS ESPECIALES.

1.5.1 Juntas

Se utilizan para unir dos tuberías; las de metal pueden ser de varios tipos, por ejemplo; Gibault, Dresser, etc.



Junta Dresser



Junta Gibault

1.5.2 Carretes

Son tubos de pequeña longitud provistos de bridas en los extremos para su unión. Se fabrican de hierro fundido con longitudes de 25, 50 y 75 cm.



Carrete

1.5.3 Extremidades

Son también tubos de pequeña longitud que se colocan sobre alguna descarga por medio de una brida en uno de sus extremos. Se fabrican en longitudes de 40, 50 y 75 cm. Para materiales de PVC, las extremidades pueden ser campana o espiga.



Extremidad tipo campana



Extremidad tipo espiga



1.5.4 Tees

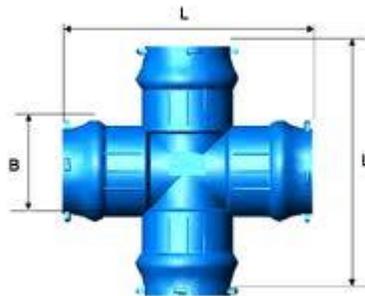
Se utilizan para unir tres conductos en forme de te, en donde las tres uniones pueden ser del mismo diámetro, o dos de igual diámetro y uno menor. En el segundo caso se llama tee reducción.



Tee

1.5.5 Cruces.

Se utilizan para unir cuatro conductos en forma de cruz, donde las cuatro uniones pueden ser de mismo diámetro, o dos mayores de igual diámetro y dos menores de igual diámetro. En el segundo caso se llama cruz reducción.



Cruce

1.5.6 Codos.

Tienen la función de unir dos conductos del mismo diámetro en un cambio de dirección ya sea horizontal o vertical. Los codos pueden tener deflexiones de 22.5, 45 y 90 grados.



Codo 90°

Codo 22.5°

Codo de 45°



1.5.7 Reducciones.

Las reducciones se emplean para unir dos tubos de diferente diámetro. En materiales de PVC, las reducciones pueden ser en forma de espiga o de campana.



Reducción tipo campana



Reducción tipo espiga

1.5.8 Coples.

Son pequeños tramos de tubo que se utilizan para unir las espigas de dos conductos del mismo diámetro. Los coples pueden ser también de reparación, los cuales pueden deslizarse libremente sobre el tubo para facilitar la unión de dos tubos en el caso de una reparación.



Cople



1.5.9 Tapones y tapas.

Se colocan en los extremos de un conducto con la función de evitar la salida de flujo. En los materiales de PVC, es costumbre llamarlos tapones pudiendo ser en forma de campana o de espiga. En materiales de hierro fundido, se acostumbra llamarlos tapas ciegas.



Tapón tipo campana



tapón tipo espiga



1.6 VÁLVULAS.

1.6.1 *Válvula eliminadora de aire.*

Cumple la función de expulsar el aire del tubo que continuamente se acumula en las partes altas sobre el trazo de la conducción cuando esta se encuentra en operación.



Válvula eliminadora de aire

1.6.2 *Válvula de admisión y expulsión de aire.*

Se utiliza para expulsar el aire que contiene la tubería al momento de iniciar el llenado del conducto. Una vez que el agua ejerce presión sobre el flotador de la válvula, ésta se cierra y no se abre mientras exista presión en el conducto.



Válvula de admisión y expulsión de aire

Otra función de esta válvula es permitir la entrada del aire dentro del tubo al momento de iniciar el vaciado de la tubería, y con ello evitar que se presenten presiones negativas.



1.6.3 Válvula de no retorno.

Tiene la función de evitar la circulación del flujo en el sentido contrario al definido en el diseño.



Válvula de no retorno

1.6.4 Válvula de seccionamiento.

Se utiliza para controlar el flujo dentro del tubo, ya sea para impedir el paso del agua o reducir el gasto a un valor requerido.



Tipo compuerta



tipo mariposa



tipo esfera

Este tipo de válvulas pueden ser de tipo compuerta, mariposa o esfera.



1.6.5 Válvula aliviadora de presión.

Se coloca en la tubería para disminuir las sobrepresiones causadas por un fenómeno transitorio. Es un dispositivo provisto de un resorte calibrado para abrir una compuerta cuando la presión sobrepasa un valor determinado.

Se recomienda colocar este tipo de elemento, en conducciones con diámetros pequeños, sin embargo, no debe olvidarse que las presiones negativas tendrán que resolverse con algún otro dispositivo.



Válvula aliviadora de presión

1.6.6 Válvula anticipadora del golpe de ariete.

Este tipo de válvula protege al equipo de bombeo de la onda de sobrepresión causada por el paro de la bomba o falla de la energía.

Opera con la presión de la línea de conducción, y el nombre de anticipadora se debe a que entra en funcionamiento antes de la llegada de la onda de sobrepresión.

Este tipo de válvula realiza la apertura de la válvula cuando baja la presión hasta un valor preestablecido y evacúa a la atmósfera el exceso de presión que provoca la onda de sobrepresión.



Válvula eliminadora del golpe de ariete



CAPITULO II



2.1 DETERMINACIÓN DE LA ZONA DE PROYECTO

Para determinar la zona donde se debe realizar un proyecto de abastecimiento de agua potable es necesario conocer lo siguiente de la localidad o municipio.

2.1.1 Generalidades:

- 1.- Nombre completo de la localidad, Estado y Municipio a que pertenece.
- 2.- Censo actual de habitantes
- 3.- Comunicaciones
- 4.- Economía
- 5.- Aspecto de la localidad indicando tipo de edificaciones.
- 6.- Localización en el plano de carreteras adjunto.

2.1.2 Servicio De agua potable

- 1.- Fuente (s) de abastecimiento
 - a).- Localización, Distancia y Niveles
 - b).- Gasto probable de explotación
 - c).- Calidad del agua (Análisis mediante laboratorio)

2.2 TRABAJOS TOPOGRÁFICOS

La topografía realiza sus actividades principales en el campo y el gabinete. En el campo se efectúan las mediciones y recopilaciones de datos suficientes para dibujar en un plano una figura semejante al terreno que se desea representar. A estas operaciones se les denomina levantamientos topográficos.

Sobre los planos, se hacen proyectos cuyos datos y especificaciones deben replantearse sobre el terreno. A esta operación se le conoce como trazo.



CAPITULO II



Dentro de las actividades de gabinete se encuentran los métodos y procedimientos para el cálculo y el dibujo.

Para su estudio, la topografía se divide en: planimetría o planometría, altimetría, planimetría y altimetría simultáneas y levantamiento de detalle.

2.2.1 Planimetría

Es una rama de la Topografía que se encarga de la representación de la superficie terrestre sobre un plano. Centra su estudio en el conjunto de métodos y procedimientos que tenderán a conseguir la representación a escala de todos aquellos detalles interesantes del terreno en cuestión sobre una superficie plana, exceptuando su relieve y representándose en una proyección horizontal.

La planimetría consiste en proyectar sobre un plano horizontal los elementos de la poligonal como puntos, líneas rectas, curvas, diagonales, contornos, superficies, cuerpos, etc., sin considerar su diferencia de elevación.

2.2.2 Altimetría

Se encarga de la medición de las diferencias de nivel o de elevación entre diferentes puntos del terreno. Las cuales representan las distancias verticales, medidas a partir de un plano horizontal de referencia.

La altimetría tiene en cuenta las diferencias de nivel existentes entre los distintos puntos de un terreno. Para poder conocer estas diferencias de nivel hay que medir distancias verticales directa e indirectamente. Esta operación se denomina Nivelación.

2.2.3 Nivelación

Término general que se aplica a cualquiera de los diversos procedimientos altimétricos por medio de los cuales se determinan elevaciones o niveles de puntos, o bien, diferencias de elevación o desniveles, es una operación importante para obtener los datos necesarios para la elaboración de mapas o planos de configuración, de tal forma que los proyectos de adapten en forma óptima a la topografía existente.



CAPITULO II



2.2.4 Conceptos Básicos

A continuación algunos conceptos básicos que se emplean en la nivelación:

- Línea de nivel: línea contenida en una superficie de nivel y que es, por tanto, curva.
- Superficie de referencia: superficie de nivel a la cual se refieren las elevaciones (por ejemplo el nivel medio del mar) se le llama a veces plano-dato o plano de comparación, aunque realmente no sea un plano.
- Nivel medio del mar: altura media de la superficie del mar según todas las etapas de la marea en un periodo de 19 años. Se determinan por lecturas tomadas generalmente a intervalos de una hora.
- Elevación o cota: distancia vertical medida desde un plano o nivel de referencia hasta un punto o plano dados.
- Altitud o altura: Es la elevación o cota de un punto cuando el plano de referencia es el nivel medio del mar.
- B.N: Denomínase así a un punto de carácter más o menos permanentes, del cual se conocen su localización y su elevación. Su cota, que ha sido determinada previamente por una nivelación de precisión o adoptada arbitrariamente, sirve de base para efectuar la nivelación.

Se puede diferenciar la planimetría de la altimetría o hipsometría, que es la rama de la topografía que se centra en el conjunto de los procedimientos y los métodos que se llevan a cabo para representar la altura de cada punto respecto a un plano de referencia. La altimetría, de esta manera, permite representar el relieve de un terreno.

2.2.5 Trabajos de campo y gabinete

El conjunto de trabajos de campo y gabinete que tienen con la finalidad de proporcionar datos de altimetría y/o planimetría, los cuales queden registrados en planos a escalas indicadas y adecuadas al tamaño del papel, según se detalla más adelante. Se deberán considerar en todos los levantamientos los siguientes aspectos:



CAPITULO II



- a) Límites de Propiedad (edificios, linderos, machuelos, etc.)
- b) Infraestructura visible y oculta (CFE, PEMEX, SIAPA, etc.)
- c) Derechos Federales (SCT, CNA, CFE, FFCC, etc.)

En todos los casos, los trabajos serán con poligonales cerradas; cuando el proyecto sea una línea de acueducto y/o colector, deberán considerarse puntos GPS al principio y al final como mínimo para el cierre de la poligonal, o en su defecto a cada 5 kilómetros cuando la línea sea mayor a esta.

Los estudios topográficos se clasifican en los siguientes conceptos:

- **LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS DE TERCER ORDEN**
Son trabajos que no requieren de gran precisión, tales como los destinados para elaborar anteproyectos. Se realizan con equipo de tercer orden como son: cinta métrica, brújula compensada, altímetro calibrado, lecturas angulares a treinta minutos, y nivel de mano.
- **LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS DE SEGUNDO ORDEN.**
Son aquellos que no requieren de una precisión exacta, tales como los destinados para realizar los anteproyectos, lo más apegado a la realidad y tener bases para al proyecto definitivo. Se realizan con equipo de 2º orden como son: cinta métrica metálica o similar, plomadas especiales para cadenear, tránsito con lecturas aproximadas de un minuto, brújula circular, nivel fijo tubular y de mano.
- **LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS DE PRIMER ORDEN**
Este tipo de levantamientos se realiza con la mayor precisión posible y se emplea equipo de primer orden como: estación total con aproximación de 1" a 5" y con nivel fijo automático de 2 mm de aproximación, si se requiere para casos especiales.
- **BRECHEO**
Donde se requiera abrir una brecha ó despejar de vegetación una línea, se realizará con el equipo que elija el contratista para su mayor rapidez. Línea que tendrá un ancho de dos metros (2.00 m.), aproximadamente. Para su clasificación se debe considerar la vegetación y la orografía del terreno.



CAPITULO II



A. OROGRAFÍA

- Planicie
- Lomerío suave
- Lomerío fuerte
- Cerril
- Escarpado
- Barranco

B. VEGETACIÓN.

- MONTE LIGERO: Arbustos, pastizales y en general, con características semejantes.
- MONTE MEDIANO: Árboles con troncos hasta de 10 cms. de diámetro y hasta 3 m, de altura así como maleza que se pueda cortar con machete.
- MONTE PESADO: bosque cerrado de árboles de mediana y gran altura así como maleza tupida que no se puede caminar.

C. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.

Para realizar los levantamientos topográficos se deberá recabar previamente toda la información posible del área de estudio como: Cartografía, Fotogrametría y Topografía existente del área de estudio, en el Departamento de topografía del S.I.A.P.A., en el INEGI y en el Instituto de Información Territorial del Gobierno del Estado.

De existir levantamientos topográficos anteriores de la zona a estudiar, se analiza la información para determinar si se realiza de nuevo, se actualiza, o bien se utiliza, según se determine.

Cuando exista topografía en áreas vecinas, se establecerán los puntos de liga con respecto a la nueva zona de estudio, los mismos que deben ser referenciados al Sistema de Coordenadas ya mencionado.



CAPITULO II



D. POLIGONALES

Trazo de apoyo.

Con la finalidad de comprobar el proyecto de trazo del eje de un conducto, que se ha seleccionado en gabinete, se debe llevar a cabo una investigación en campo, haciendo las modificaciones pertinentes de acuerdo con los obstáculos, relieve y tenencia de la tierra de la zona.

El levantamiento topográfico del trazo de apoyo, debe estar referenciado al sistema de bancos de nivel y coordenadas del S.I.A.P.A (sistema intermunicipal para los servicios de agua potable y alcantarillado).

E. TRAZO DEFINITIVO

Una vez decidido en gabinete el trazo definitivo, se procede a la instalación en campo de los vértices y/o puntos de intersección sobre tangentes (PI), los cuales deben de estar debidamente monumentados, así como sus referencias, para posteriormente continuar con el perfil de nivelación a cada 20 metros sobre el desarrollo del trazo.

Se recomienda instalar primero los vértices y las referencias (o considerar las mismas referencias de la poligonal de apoyo), para posteriormente hacer las mediciones del trazo definitivo, para su registro en croquis tamaño carta.

Las referencias deberán estar a una distancia y un ángulo no menor a 10 metros en paralelo, y 45° respectivamente de la línea del trazo, formando una bisectriz.

En los registros de los croquis en hojas tamaño carta de los puntos de inflexión estos deben contener:

- a) Membrete de la institución contratante.
- b) Nombre de la obra.
- c) Nomenclatura.
- d) Kilometraje.
- e) Elevación.
- f) Tipo de monumentación.
- g) Coordenadas.
- h) Nombre de la empresa que ejecuto.
- i) Nombre de quien aprobó y fecha.
- j) Croquis alusivo de la ubicación del vértice y las distancias de las referencias.



CAPITULO II



- k) Fotografías.
- l) Localización de escala aproximada.

Poligonales abiertas.

Con el objeto de replantear el trazo en cualquier momento, se deben referenciar los P.I, P.S.T, y los puntos importantes del mismo con puntos legibles e identificables, los necesarios o con mojoneras bien ubicadas con sus coordendas y cadenamientos necesarios; de existir puntos que cumplan con los propios, tomarlos como referencia para evitar futuras confusiones.

Se deben levantar a detalle los cruces con ríos, arroyos, cañadas y líneas de alta tensión puentes, caminos, construcciones, límites de propiedades, oleoductos, poliductos y todos los sitios relevantes.



CAPITULO II



2.3 DATOS BÁSICOS DE PROYECTO.

2.3.1 Población de proyecto

Cuando se trabaja con la población total de un territorio contenida en los censos demográficos de al menos dos momentos diferentes, es de utilidad adicional calcular las proyecciones de población con la finalidad de configurar el comportamiento futuro de la población y así tener un punto de vista respecto a la demanda futura de agua en un territorio.

Una proyección de población es un cálculo que refiere el crecimiento aproximado previsto en el número de habitantes de un lugar para un año futuro dado. Existen diferentes métodos para el cálculo de la proyección futura de la población a partir de modelos de crecimiento y lo recomendable es emplearlos según el modelo al que se ajusta el comportamiento de la población respecto del tiempo.

2.3.2 Método aritmético

$$Y_{m1} = Y_2 + k (t_m - t_2) \text{ por censal}$$

$$Y_{m2} = Y_1 + k (t_m - t_1) \text{ intercensal}$$

$$k = \left(\frac{Y_2 - Y_1}{t_2 - t_1} \right)$$

Y_{m1} = población deseada por censal (futura)

Y_{m2} = población deseada intercensal

Y_1 = población censo anterior

Y_2 = población censo posterior

t_1 = fecha del censo anterior

t_2 = fecha del censo posterior

T_m = fecha a la cual se desea realizar la proyección

k = pendiente de la recta



CAPITULO II



Ejemplo del Método Aritmético.

$P_{1977}=?$

$P_{2029}=?$

Año	Población
1970	100000
1980	128759
1990	156784
2000	241632

$$P_{1977}$$
$$K_{70-80} = \frac{128759 - 100000}{1980 - 1970} = 2875.9$$

$$P_{1977} = 100000 + (2875.9)(7) = 120131 \text{ habitantes}$$

$$P_{2029}$$
$$K_{90-00} = \frac{241632 - 156784}{2000 - 1990} = 8484.8$$

$$P_{2029} = 241632 + (8484.8)(29) = 487737.6 \text{ habitantes}$$



CAPITULO II



2.3.3 Método Geométrico

$$\ln P = \ln P_z + K (t_1 - t_2)$$

$$K = \frac{\ln P_z - \ln P_i}{t_2 - t_1}$$

Donde:

Ln: logaritmo de la población

P: población

K: tiempo entre el ultimo censo y el año a proyectar (años)

T₁=población censo anterior

T₂=población ultimo censo

Ejemplo del Método Geométrico.

$$P_{1984}=?$$

$$P_{2024}=?$$

Año	Poblacion
1970	4072
1980	15300
1990	17327
2000	19483

$$K_{80-90} = \frac{\ln 17327 - \ln 15300}{1990 - 1980} L = 0.01$$

$$\ln P_{1984} = \ln 15300 + (0.01)(4) = 9.69$$

$$P_{1984} = e^{9.69} = 16155 \text{ habitantes}$$

$$K_{90-00} = \frac{\ln 19483 - \ln 17327}{2000 - 1990} = 0.01$$

$$\ln P_{2024} = \ln 19483 + (0.01)(29) = 10.22$$

$$P_{2024} = e^{10.22} = 27375 \text{ habitantes}$$



CAPITULO II



2.3.4 Método de interés compuesto.

$$P = P_0 (1+i)^t$$

$$i = \sqrt[t]{\frac{P}{P_0}} - 1$$

P=población del proyecto

P₀= población del último censo

T= número de años en proyección

I= tasa de crecimiento

Ejemplo método de interés compuesto

$$P_{1987}=?$$

$$P_{2029}=?$$

Año	Censo
1970	5630
1980	9527
1990	15000
2000	24621

$$P_{1987}=?$$

$$i = \sqrt[10]{\frac{15000}{9527}} - 1 = 0.05$$

$$P_{1987} = 9527(1 + 0.05)^7 = 13405 \text{ habitantes}$$

$$P_{2029}=?$$

$$i_{90-00} = \sqrt{\frac{24621}{15000}} - 1 = 0.05$$

$$P_{2029} = 24621(1 + 0.05)^{29} = 103616 \text{ habitantes}$$



CAPITULO II



2.3.5 Método de mínimos cuadrados

Para este método de proyección de población se deben tener 5 datos censales como mínimo.

$$\text{Log } y = a + bx$$

$$a = \frac{\sum y \sum x^2 - \sum x \sum xy}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

X (censo)	población	Y (log población)	X ²	X Y
1960	35415	4.55	3841600	8916.41
1970	42875	4.63	3880900	9125.44
1980	50134	4.70	3920400	9306.26
1990	54243	4.73	3960100	9421.34
2000	57129	4.76	4000000	9513.71
		Σ=23.77	Σ=19603000	Σ=46283.17

$$a = \frac{(23.77)(19603000) - (9900)(46283.17)}{5(19603000) - (98010000)} = -16.2546$$

$$b = \frac{(5)(46283.17) - (9900)(23.37)}{5(19603000) - (98010000)} = 0.016$$

$$\log y = -16.2546 + 0.0106x$$

$$\log y = -16.2546 + (0.0106)(2029)$$

$$\log y = 5.2528$$

$$y = 10^{5.2528}$$

$$y = 178978 \text{ habitantes}$$



CAPITULO II



2.4 COEFICIENTES DE VARIACIÓN.

El consumo no es constante durante todo el año, inclusive se presentan variaciones durante el día, esto hace necesario que se calculen gastos máximos diarios y máximos horarios, para el cálculo de estos es necesario utilizar Coeficientes de Variación diaria y horaria respectivamente.

Un sistema es eficiente cuando en su capacidad está prevista la máxima demanda de una población. Para diseñar las diferentes partes de un sistema, se necesita conocer las variaciones mensuales, diarias y horarias del consumo. Interesan las demandas medias, las máximas diarias y las máximas horarias

2.4.1 Variación Diaria.

Las estadísticas demuestran que hay días del año con consumos mayores y otros con consumos menores con relación al consumo promedio diario.

Así como existen variaciones mensuales en los consumos, también las hay en el día. De estas variaciones importa conocer las máximas normales para considerarlas en un abastecimiento de agua y evitar escasez en los días de gran demanda.

La variación diaria se expresa como un coeficiente del gasto medio anual y depende de la temperatura y distribución de las lluvias en la región y le llaman coeficiente de variación diaria, cuyo valor se obtiene estadísticamente, en el eje de las "x" se anotan los meses del año y el eje de las "y" se colocan las demandas o gastos.

Mas sin embargo, estudios de la comisión nacional del agua, han identificado que no hay diferencias significativas entre el tipo de usuario, clima y estaciones del año, por lo que se puede utilizar un valor promedio que es :

$$\underline{c.v.d = 1.40}$$

2.4.2 Variación Horaria.

También existen variaciones horarias con respecto al gasto máximo diario, el cual no es consumido por la población en forma constante durante las 24 horas del día, pero determinados lapsos será mayor ó menor que el gasto máximo diario.

Para satisfacer las demandas máximas durante el día, se debe incrementar el valor del gasto máximo diario de un coeficiente que cubra esas demandas máximas horarias.



CAPITULO II



Los valores de los coeficientes de variación horaria son los siguientes:

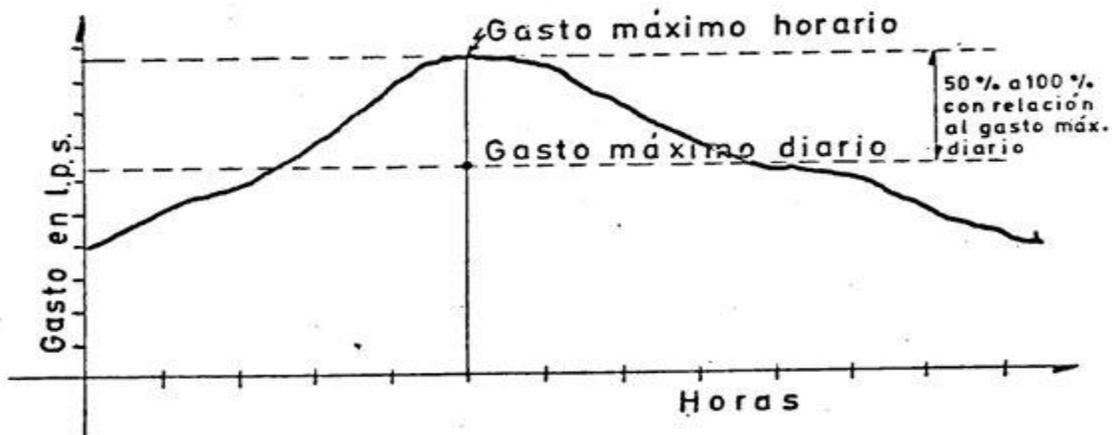
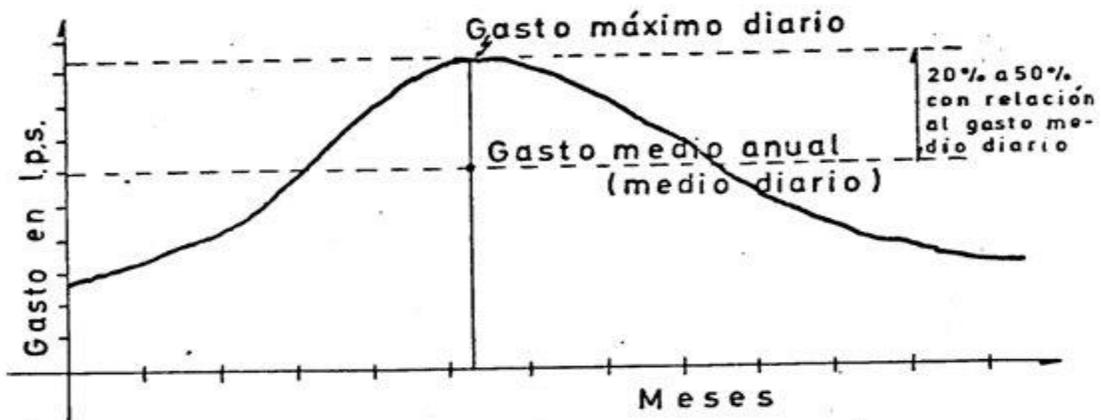
C.V.H = Coeficiente de Variación Horaria = 1.55

C.V.H = Coeficiente de Variación Horaria = 2.00

Normalmente se utiliza un C.V.H. = 1.55

El diagrama mostrado ayudará a comprender más claramente cómo se obtienen los coeficientes de variación diaria y horaria.

2.4.3 Coeficientes de Variaciones de Consumo





CAPITULO II



2.5 CÁLCULO HIDRAULICO.

Se realiza el cálculo hidráulico por gravedad o por bombeo, esto es directamente proporcional a la topografía que se encuentre en la población donde se realiza la línea de conducción, a continuación se muestran las ecuaciones y datos que se deben tener para la realización de la línea de conducción, ya sea por gravedad o por bombeo.

2.5.1 Conducción por bombeo

Como se mencionó en el capítulo I del presente trabajo, la conducción por bombeo se da cuando se requiere adicionar energía para obtener la carga dinámica asociada con el gasto de diseño.

Para realizar el cálculo hidráulico se necesitan los siguientes datos:

- 1) La población de la localidad
- 2) Dotación que se va proporcionar (L/hab/día)
- 3) Cvd (coeficiente de variación diario)
- 4) Material con la cual va a estar constituida la línea, este dato es necesario, ya que en cada material varía "n" que es la rugosidad del material, esto influye directamente en las pérdidas y es necesario saberlo, cabe decir que "n" se obtiene de una tabla.

➤ Primero se calcula el gasto de diseño

$$Q_{dis} = Q_{MD} = Q_{MED} \times Cvd$$

despejando Q_{dis}

$$Q_{dis} = \frac{Q_{MD} \times Q_{med}}{86400 \text{ (segundos que tiene un día)}} \times Cvd$$

Este dato será calculado en L/s, habrá que convertirse a m³/s.



CAPITULO II



- Cálculo del diámetro teórico.

$$D = 1.03 \sqrt{Q}$$

Aquí se utiliza Q, calculada en el paso anterior, que viene dada en m³/s, posteriormente al resultado final de esta ecuación se divide el resultado entre 0.0254 m (que es una pulgada 2.54 cm, pero expresada en metros, además no hay que olvidar que las tuberías se expresan en pulgadas).

Del resultado final obtenido, que por lo regular, casi nunca cae dentro de un diámetro comercial, se tomara en cuenta el siguiente criterio: “a mayor diámetro, menor velocidad, y a menor diámetro, mayor velocidad”, dependerá del proyectista y de las necesidades a las que se pueda adecuar cada proyecto, para elegir entre uno u otro criterio.

$$Q = \overset{-}{V} \cdot \overset{+}{A}$$

- Posteriormente a esto se calculara la potencia del equipo, cuya ecuación es:

$$Potencia = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{76n}$$

Pero primero se debe de calcular H (que es la altura), viene dada por la siguiente expresión:

H=carga total a vencer = desnivel topográfico + pérdidas totales.

Las pérdidas totales son: pérdidas de entrada ($h_{entrada}$) + pérdidas de columna ($h_{f_{columna}}$) + pérdidas de piezas especiales en el tren ($h_{pzs \text{ especiales}}$) + pérdidas menores ($h_{menores}$) + pérdidas de salida (h_{salida}).

El desnivel topográfico se calcula de la siguiente forma (cabe mencionar que estos datos serán entregados al proyectista, con los trabajos de topografía correspondientes)

Desnivel topográfico = cota de descarga – cota de succión.

Después se calcularan tanto las pérdidas de entrada, con la siguiente ecuación:

$$h_{entrada} = \phi + \frac{5.6 \cdot \phi}{\sqrt{2g\phi^{1.5}}} - h_v$$



CAPITULO II



La h_v se calculara de la siguiente forma:

$$h_v = \frac{v^2}{2g}$$

La velocidad se obtiene de la siguiente forma:

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

$$V = \frac{Q}{\frac{\pi D^2}{4}}$$

➤ Ahora se calcularan las pérdidas de columna con la siguiente ecuación:

$$h_{f_{columnade.succion}} = KLQ^2$$

“L” es la longitud que va desde la pichanca del hasta la salida para la bomba.

La K se obtiene de la siguiente manera:

$$K = \frac{10.3 \cdot n^2}{D^{16/3}} \quad \text{Recordando que “n” es la rugosidad de la tubería}$$

--Después se calcularan las pérdidas por piezas especiales en el tren:

$$h_{piezas.en.el.tren} = KLQ$$

“k” se calcula de la misma manera que en la ecuación anterior, “L” de cada pieza especial, como lo son codos, válvulas, etc. Vienen dadas por unas tablas que se muestran en el apéndice de este trabajo, estos valores son comprobados en un laboratorio.

--Para las pérdidas menores se toma el siguiente criterio:

$$5\% h_f \leq h_{menores} \leq 10\% h_f$$



CAPITULO II



Cuando hay una línea de conducción inferior a 500 m y con un terreno relativamente plano se considera 5%

Cuando el terreno es accidentado y/o la línea es mayor a 500 m se considera un 10 %

➤ Para las pérdidas de salida se utiliza la siguiente ecuación:

$$h_{salida} = \frac{v^2}{2g}$$

Teniendo todas las pérdidas calculadas se suman y se procede a utilizar la ecuación para la potencia del equipo

$$Potencia = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{76n}$$

2.5.2 Conducción por gravedad.

Como se mencionó en el capítulo I del presente trabajo una conducción de este tipo se presenta cuando el agua existente en la fuente de abastecimiento es mayor en la altura isométrica requerida o que en el punto de entrega del agua.

Los datos que se requieren para la realización del cálculo hidráulico son los siguientes:

- 1) La población de la localidad.
- 2) Dotación que se le va proporcionar (viene data en L/hab/día).
- 3) Cvd (coeficiente de variación diario).

Material con la cual va a estar constituida la línea, este dato es necesario, ya que en cada material varía "n" que es la rugosidad del material, esto influye directamente en las pérdidas y es necesario saberlo, cabe decir que "n" se obtiene de unas tablas.

$$Q_{dis} = Q_{MD} = Q_{MED} \times Cvd$$

despejando Q_{dis}

$$Q_{dis} = \frac{Q_{MD} \times Q_{med}}{86400 \text{ (segundos que tiene un día)}} \times Cvd$$

Este dato será calculado en L/s, habrá que convertirse a m³/s.



CAPITULO II



- Cálculo del diámetro teórico.

$$D = 1.03\sqrt{Q}$$

Aquí se utiliza Q, calculada en el paso anterior, que viene dada en m³/s, posteriormente al resultado final de esta ecuación se divide el resultado entre 0.0254 m (que es una pulgada 2.54 cm, pero expresada en metros, no se debe olvidar que las tuberías se expresan en pulgadas).

Del resultado final obtenido que por lo regular, casi nunca cae dentro de un diámetro comercial, tomaremos en cuenta el siguiente criterio: “a mayor diámetro, menor velocidad, y a menor diámetro, mayor velocidad”, dependerá del proyectista y de las necesidades a las que se pueda adecuar cada proyecto, para elegir entre uno u otro criterio

$$Q = \overset{-}{V} \cdot \overset{+}{A}$$



Cálculo de las pérdidas

Pérdidas totales = hf + h_{menores}

$$hf = kLQ^2; k = \frac{10.3n^2}{D^{16/3}}$$

Las pérdidas menores se podrán considerar del 5% al 10% de las pérdidas totales, tomando el criterio de la topografía del terreno y la longitud de la línea.



CAPITULO II



2.5.3 SELECCIÓN DEL DIÁMETRO MAS ECONOMICO.

Para toda línea de conducción a presión se debe realizar el análisis del diámetro económico. Esto es un diámetro tal que cuando la suma de su costo o cargo anual de bombeo (consumo de energía eléctrica o combustible), más su cargo anual amortización (capital primitivo más interés), es decir, su costo total de bombeo para operación de 365 días, resulte menor en comparación con el que arroje otro diámetro menor o mayor que él.

Lo anterior quiere decir, realizar el estudio del “diámetro económico”, en tres diferentes diámetros para que, cuando el intermedio cumpla con dicha condición, será seguro que no habrá otro que no pueda ser más económico.

En la siguiente tabla se estará poniendo uno de los tres diámetros por analizar, de aquí se propone el inmediato inferior y otro superior.

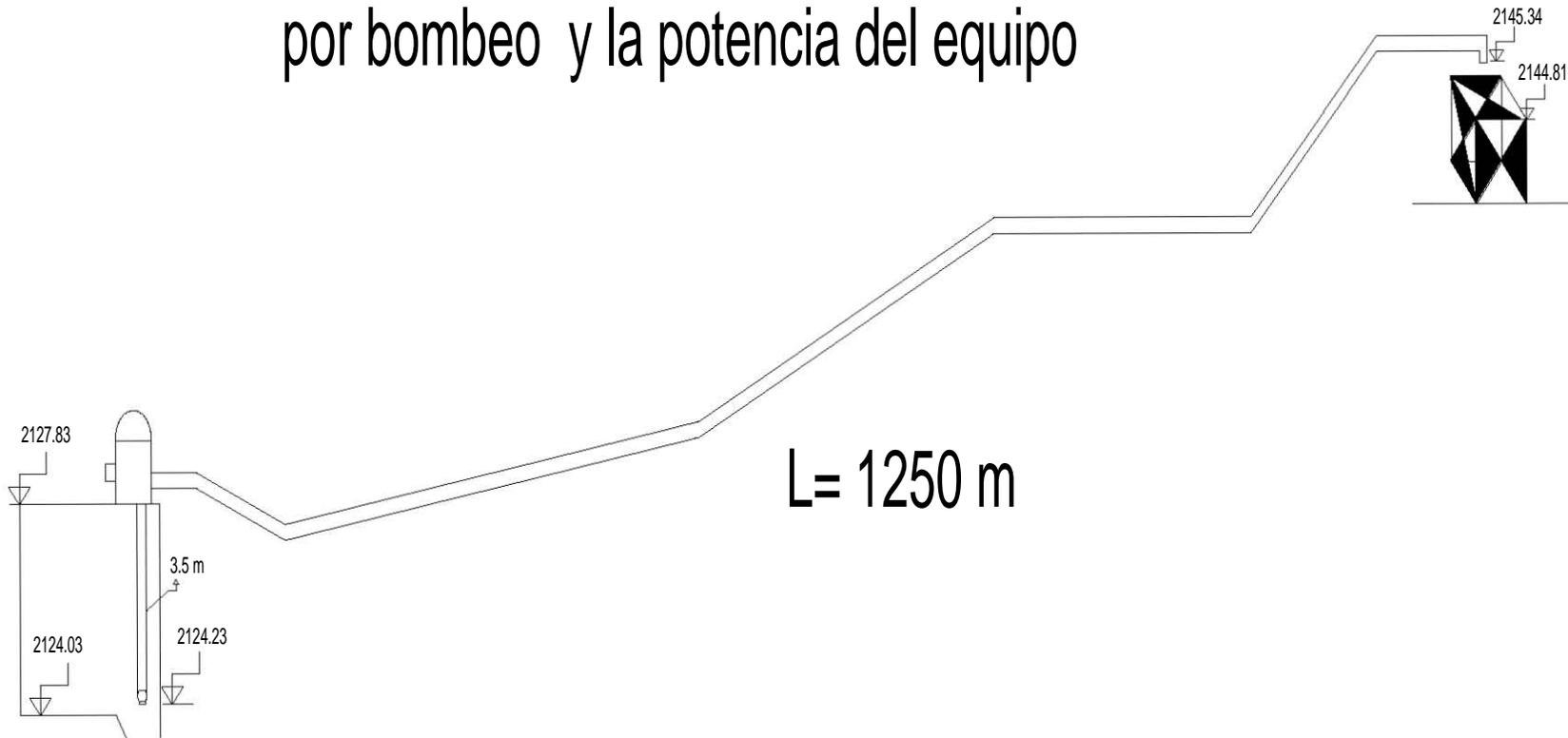
La tabla para el análisis del diámetro económico normalmente empleada, se forma de 4 partes principales: en la primera se calcula la potencia (H.P) necesaria para vencer únicamente las pérdidas por fricción en la conducción; en la segunda parte se hace el cálculo de la sobrepresión (golpe de ariete) obteniéndose así la presión total para el diseño de la tubería; el siguiente paso es calcular el costo total de la conducción considerándose para ello mano de obra y materiales y en base a los cálculos anteriores se forma la cuarta parte de esta tabla que es un resumen donde esta una columna denominada costo anual de bombeo para operación de 365 días sobre la cual se define el diámetro más económico.

La tubería de conducción deberá tener capacidad para absorber las pérdidas de carga totales (hft), o sea pérdidas por fricción (hf), y pérdidas menores y el 20 % de la sobrepresión producida por el golpe de ariete, de tal manera que la suma de ellas no sobrepase la presión restante; se diseñará una válvula contra golpe de ariete con base en las tablas proporcionadas por los fabricantes.



Capitulo III

3.1 Diseñar la línea de conducción por bombeo y la potencia del equipo





CAPITULO III



3.1 Diseño de la línea de conducción por bombeo

Datos

Población 16750 habitante

Dotación A.P 200 L/hab/día

Cvd 1.2

Tubería de fibrocemento (n=0.01)

- Gasto de diseño

$$Q_{dis}=Q_{MD}=Q_{MED} \times Cvd$$

$$Q_{dis} = \frac{16750 \times 200}{86400} \times 1.2 = 46.53 L/s$$
$$= 0.04653 m^3/s$$

- Cálculo del diámetro teórico

$$D = 1.03 \sqrt[3]{Q}$$

$$D = 1.03 \sqrt[3]{0.04653} = \frac{0.22m}{0.0254} = 8.66''$$

Para el siguiente paso se tomara en cuenta la consideración de $Q = \bar{V} \cdot \bar{A}$ por lo tanto

8'' ← 8.66 → 10'', para obtener una mayor velocidad dentro de la tubería se elige el diámetro de 8''.

- Ahora se calculara la potencia requerida del equipo de bombeo.

$$Potencia = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{76n}$$

Pero primero se debe de calcular H (que es la carga a vencer), viene dada por la siguiente expresión:

H=carga total a vencer = desnivel topográfico + pérdidas totales.



CAPITULO II



RECORDANDO:

Las pérdidas totales son: pérdidas de entrada ($h_{entrada}$) + pérdidas de columna ($h_{columna}$) + pérdidas de piezas especiales en el tren ($h_{pzs\ especiales}$) + pérdidas menores ($h_{menores}$) + pérdidas de salida (h_{salida}).

- Desnivel topográfico

Desnivel topográfico = cota de descarga – cota de succión.

$$2145.34 - 2124.33 = \mathbf{21.01m}$$

$$* H_{ENTRADA} = 0.2 + \frac{(5.6)(0.04653)}{\sqrt{19.62 + (0.2)^{1.5}}} - 0.11m$$

$$H_{ENTRADA} = 0.75$$

$$* h_v = \frac{v^2}{2g}$$

$$v = \frac{0.04653}{0.03141} = 1.48 \text{ m/s}$$

$$h_v = \frac{1.48^2}{2(9.81)} = 0.11m$$

- Pérdidas por fricción en columna de succión ($n=0.014$ acero)

$$h_{f\ columnade.succion} = KLQ^2; K = \frac{10.3 \cdot n^2}{D^{16/3}}$$

$$k = \frac{10.3(0.014)^2}{(0.2)^{16/3}} = 10.7878$$

$$l = 3.5m$$

$$h_f = (10.78)(3.5)(0.04653)^2 = 0.082m$$

$$* h_{piezas\ en\ el\ tren} = klQ^2$$



CAPITULO II



Se suponen estas piezas especiales en el tren:

Pieza	Equivalencia según anexo V
Codo de 90° de 8"	5.5
Válvula check de 8"	16
Válvula de compuerta de 8"	1.4
2 codos de 45° de 8"	6.0
Extremidad bridada de 8" y 1.5 m de longitud	1.5
Total	30.4

Ahora si $k = 10.7878$

$$h_{\text{piezas especiales}} = (10.7878)(30.4)(0.04653)^2 = 0.71m$$

➤ Pérdidas por fricción

$$hf_{\text{linea}} = kLQ^2$$

$$k = \frac{10.3n^2}{D^{16/3}} = \frac{(10.3)(0.01)^2}{(0.2)^{16/3}} = 5.5$$

$$hf_{\text{linea}} = (5.5)(1250)(0.04653)^2 = 14.89$$

$$h_{\text{menores}} = \% hf$$

$$h_{\text{menores}} = 10\% hf = 10\%(14.89) = 1.49m$$

$H = (\text{carga total a vencer } (\Sigma \text{pérdidas y desnivel}))$ por lo tanto $H = 39.04$

➤ Ahora se calculara la potencia de la bomba considerando una eficiencia de 80%



CAPITULO II



$$Potencia = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{76n}$$

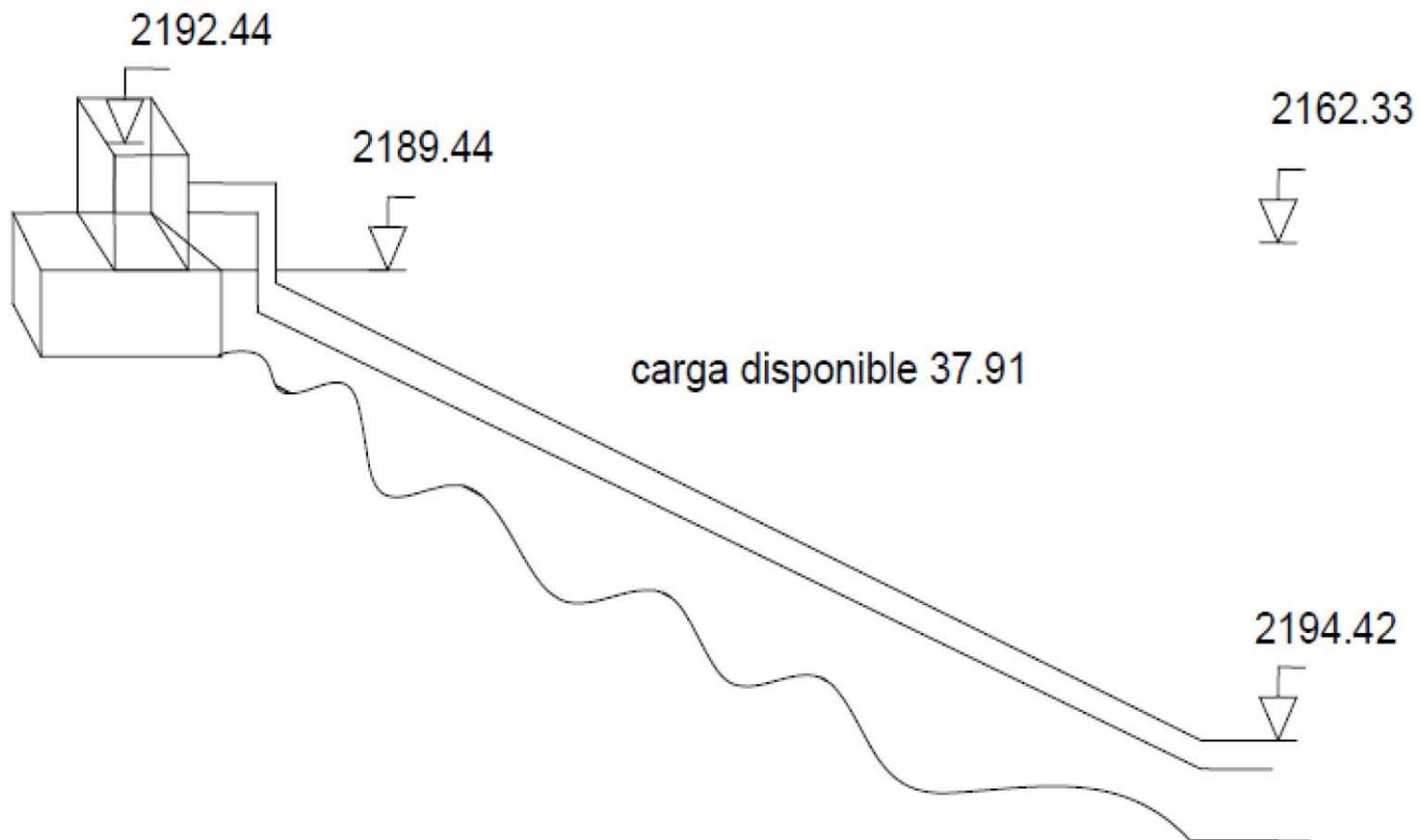
$$potencia = \frac{(1000)(0.04653)(39.04)}{76(0.8)} = 29.88HP$$



CAPITULO III



3.2 Diseñar la siguiente línea de conducción por gravedad





CAPITULO III



3.2 DISEÑAR LA SIGUIENTE LÍNEA DE CONDUCCIÓN POR GRAVEDAD.

Datos

Población 2540 hab.

Dotación de A.P 200 L/hab/día

Cvd 1.3

Tubería de pvc (n=0.009)

- Gasto de diseño

$$Q_{dis} = Q_{MD} = Q_{MED} \times Cvd$$

$$Q_{dis} = \frac{2540 \times 200}{86400} \times 1.3 = 76.53 L/s$$
$$= 0.07653 m^3/s$$

- Cálculo del diámetro teórico.

$$D = 1.03 \sqrt[3]{Q}$$

$$D = 1.03 \sqrt[3]{0.07653} = \frac{0.28m}{0.0254} = 11.02''$$

Para el siguiente paso se tomara en cuenta la consideración de $Q = V \cdot A$ por lo tanto $10'' \leftarrow 11.02 \rightarrow 12''$, para obtener una mayor velocidad dentro de la tubería se selecciona el diámetro de $10''$.

- Cálculo de las pérdidas.

Pérdidas totales = hf + h_{menores}

$$hf = kLQ^2; k = \frac{10.3n^2}{D^{16/3}} = \frac{(10.3)(0.009)^2}{(0.254)^{16/3}} = 1.2640$$

$$hf = (1.246)(3750)(0.07653)^2 = 27.37m$$



CAPITULO III



Las pérdidas menores serán el 10% de hf

$$hf_{\text{menores}} = \% hf = (0.1)(27.37) = 2.74m$$

$$\text{pérdidas totales} = 27.37 + 2.74 = 30.11m$$

Para conocer la carga disponible se deberán restar; las pérdidas totales a la cota piezométrica inicial y a este resultado se le restará la cota de terreno.

Esto es:

$$2192.44 - 30.11 = 2162.33$$

Ahora se resta la cota de terreno

$$2194.42 - 2162.33 = 32.09$$

32.09 m que es la carga disponible



3.3 Ejemplo de Cálculo de diámetro económico



CAPITULO III



CÁLCULO LÍNEA DE POLIETILENO		
poblacion	16750 personas	
dotacion	200 lts/pers/dia	
Cd	1.2	
Ch	1.5	
Qmd	46.528 lts/s	0.04652778
Qmaxd	55.833 lts/s	0.05583333 M3
Qmaxh	69.792 lts/s	
Qmaxext	83.750 lts/s	
desnivel	21.01 m	
modulo de elasticidad del agua	20670 kg/cm ²	
modulo de elasticidad del material	8400 kg/cm ²	

GASTO	DIAMETROS		Área	VELOCIDAD	Longitud total	Q ²	Coef. Manning	Conts, manning	Hf mayores	hf menores	Hf totales	eficiencia	Hp	C _{dt}
m ³ /s	pulg Calc.	mm	mm Com.	m ²	m	m ³		k	m	m	m	76°n	hp	
0.047	8.9666047	228	200	0.031	1.48	1250	0.0022	0.009	4.46	12.058	1.206	13.263	49.4	38.737 34.273
0.047	9.7138218	247	250	0.049	0.95	1250	0.0022	0.009	1.36	3.668	0.367	4.035	49.4	18.180 16.085
0.047	11.208256	285	300	0.071	0.66	1250	0.0022	0.009	0.51	1.387	0.139	1.526	49.4	15.344 13.576

golpe de ariete

presion	Presion	clase	Diametro	espesor	velocidad	145°v	E _p *Diametro	E _p *espesor	Ea°D/Ef°e	1+(Ea°D/Ef°e)	V1+(Ea°D/Ef°e)	h	sobrepresion absorbida	CNOP	presion total
ton/m ²	Kg/cm ²	10	cm	cm	m/s								.8h	.2h	m
39.273	3.9273453	10kg/cm ²	20	1.87	1.48	214.75	413400	15708.00	26.32	27.32		5.23	41.09	32.87	8.22 33.273 41.491
30.045	3.0044925	10kg/cm ²	25	2.10	0.95	137.44	516750	17640.00	29.29	30.29		5.50	24.97	19.98	4.99 24.045 29.039
27.536	2.7536026	10kg/cm ²	30	2.37	0.66	95.44	620100	19908.00	31.15	32.15		5.67	16.83	13.47	3.37 21.536 24.903

CONCEPTO	200 CLASE				10 DIAMETRO 250 CLASE				10 DIAMETRO 300 CLASE			
	CANTIDAD	UNIDAD	PU	IMPORTE	CANTIDAD	UNIDAD	PU	IMPORTE	CANTIDAD	UNIDAD	PU	IMPORTE
EXC. MAT. TIPO A												
EXC. MAT. TIPO B												
EXC. MAT. TIPO C	1328.125	m ³	\$3,890.00	\$ 5,166,406.25	8711.82	m ³	\$3,890.00	\$ 33,888,979.80	10424.4	m ³	\$3,890.00	\$ 40,550,916.00
PLANTILLA APISONADA	632.91	m ³	\$1,321.00	\$ 836,074.11	670.14	m ³	\$1,321.00	\$ 885,254.94	744.6	m ³	\$1,321.00	\$ 983,616.60
INST. PUNTEO Y PRUEBA	7446	m	\$1,276.00	\$ 9,501,096.00	7446	m	\$1,276.00	\$ 9,501,096.00	7446	m	\$1,276.00	\$ 9,501,096.00
RELLENO Y COMPACTADO	7044.542	m ³	\$1,249.00	\$ 8,798,632.97	7676.1753	m ³	\$1,249.00	\$ 9,587,542.99	9153.4733	m ³	\$1,249.00	\$ 11,432,688.12
COSTO DE LA TUBERIA	7446	m	\$1,339.62	\$ 9,974,810.52	7446	m	\$1,356.78	\$ 10,102,583.88	7446	m	\$2,766.76	\$ 20,601,294.96
FLETE 12%	7446	m	\$ 1,196,977.26	\$ 8,977,767.26	7446	m	\$ 1,212,310.07	\$ 9,025,080.07	7446	m	\$ 2,472,155.40	\$ 20,601,294.96
COSTO TOTAL DE LA CON.				\$ 35,473,997.11				\$ 65,177,767.67				\$ 85,541,767.08

RESUMEN

PRESION DE TRABAJO DE TUBO	DIAMETRO NOMINAL		HP	K.W.H.		COSTO X H		carga anual dcosto total		costo anual de		costo anual de bombeo	
KG/CM ²	MM	PULG		BOMBEO	bombéo	conduccion	amortizacion	bombéo		para 365 dias			
3.9273453	200	7.874	38.737	36.722548	\$ 17.63	\$ 6,433.79	\$ 35,473,997.11	0.6545455	23,219,343.57	23,219,361.19	selección del diametro de acuerdo a su economia		
3.0044925	250	9.8425	18.180	17.234314	\$ 8.27	\$ 3,019.45	\$ 65,177,767.67	0.6545455	42,661,811.57	42,661,819.84	(ver anexo I)		
2.7536026	300	11.811	15.344	14.546135	\$ 6.98	\$ 2,548.48	\$ 85,541,767.08	0.6545455	55,990,974.81	55,990,981.80			



CAPITULO III



CÁLCULO LÍNEA DE PVC		
poblacion	16750 personas	
dotacion	200 lts/pers/dia	
Cd	1.2	
Ch	1.5	
Qmd	46.528 lts/s	
Qmaxd	55.833 lts/s	0.0558333 m³
Qmaxh	69.792 lts/s	
Qmaxext	83.750 lts/s	
desnivel	12.05 m	
modulo de elasticidad del agua		20670 kg/cm²
modulo de elasticidad del material		28100 kg/cm²

GASTO	DIAMETROS		Área	VELOCIDAD	Longitud total	Q ³	Coef. Manning	Conts, manning	Hf mayores	hf menores	Hf totales	eficiencia	Hp	C _{tt}	
m ³ /s	pulg Calc.	mm	mm Com.	m ²	m	m ³		k	m	m	m	76*n	hp		
0.056	8.9666047	228	200	0.031	1.78	1250	0.0031	0.009	4.45	17.351	1.735	19.086	49.4	35.191	31.136
0.056	9.7138218	247	250	0.049	1.14	1250	0.0031	0.009	1.35	5.278	0.528	5.806	49.4	6.563	5.806
0.056	11.208256	285	300	0.071	0.79	1250	0.0031	0.009	0.51	1.996	0.200	2.196	49.4	2.482	2.196

golpe de ariete

presion	Presion	clase	Diametro	espesor	velocidad	145*v	E ₁ *Diametro	E ₁ *espesor	Ea*D/EF*e	1+(Ea*D/EF*e)	v1+(Ea*D/EF*e)	h	sobrepresion absorvida	CNOP	presion total
ton/m ²	kg/cm ²	5	cm	cm	m/s								.8h	.2h	20%h+cnop
36.136	3.61363919	5kg/cm ²	20	0.60	1.78	257.70	413400	16860.00	24.52	25.52	5.05	51.01	40.81	10.20	30.136
22.856	2.28563437	5kg/cm ²	25	0.66	1.14	164.93	516750	18546.00	27.86	28.86	5.37	30.70	24.56	6.14	16.856
19.246	1.92459839	5kg/cm ²	30	0.75	0.79	114.53	620100	21075.00	29.42	30.42	5.52	20.76	16.61	4.15	13.246

CONCEPTO	DIAMETRO 200 CLASE				DIAMETRO 250 CLASE				DIAMETRO 300 CLASE			
	CANTIDAD	UNIDAD	PU	IMPORTE	CANTIDAD	UNIDAD	PU	IMPORTE	CANTIDAD	UNIDAD	PU	IMPORTE
EXC. MAT. TIPO A												
EXC. MAT. TIPO B												
EXC. MAT. TIPO C	7911.375	m ³	\$3,890.00	\$ 30,775,248.75	8711.82	m ³	\$3,890.00	\$ 33,888,979.80	10424.4	m ³	\$3,890.00	\$ 40,550,916.00
PLANTILLA APISONADA	632.91	m ³	\$1,321.00	\$ 836,074.11	670.14	m ³	\$1,321.00	\$ 885,254.94	744.6	m ³	\$1,321.00	\$ 983,616.60
INST. PUNTEO Y PRUEBA	7446	m	\$1,276.00	\$ 9,501,096.00	7446	m	\$1,276.00	\$ 9,501,096.00	7446	m	\$1,276.00	\$ 9,501,096.00
RELLENO Y COMPACTADO	7044.542	m ³	\$1,249.00	\$ 8,798,632.97	7676.1753	m ³	\$1,249.00	\$ 9,587,542.99	9153.47327	m ³	\$1,249.00	\$ 11,432,688.12
COSTO DE LA TUBERIA	7446	m	\$1,655.59	\$ 12,327,523.14	7446	m	\$1,855.59	\$ 13,816,723.14	7446	m	\$1,855.59	\$ 13,816,723.14
FLETE 12%	7446	m		\$ 1,479,302.78	7446	m		\$ 1,658,006.78	7446	m		\$ 1,658,006.78
COSTO TOTAL DE LA CON.				\$ 63,717,877.75				\$ 69,337,603.64				\$ 77,943,046.64

RESUMEN											
PRESION DE TRABAJO DE TUBO	DIAMETRO NOMINAL		HP	K.W.H.	COSTO X H		costo total	costo anual de		costo anual de bombeo para 365 días	
	KG/CM ²	MM			PULG	BOMBEO		bombeo	conduccion		
3.6136392	200	7.874	35.191	26.242127	\$ 12.60	\$ 4,597.62	\$ 63,717,877.75	0.65454545	41706247.3	\$ 41,706,259.85	selección del diametro de acuerdo a su economia y eficiencia
2.2856344	250	9.8425	6.563	4.8936566	\$ 2.35	\$ 857.37	\$ 69,337,603.64	0.65454545	45384613.3	\$ 45,384,615.64	(ver anexo II)
1.9245984	300	11.811	2.482	1.8508018	\$ 0.89	\$ 324.26	\$ 77,943,046.64	0.65454545	51017266.9	\$ 51,017,267.78	



CAPITULO III



Poblacion	16750 personas	CÁLCULO LÍNEA DE ASBESTO-CEMENTO
dotacion	200 Lts/pers/día	
Cd	1.2	
Ch	1.5	
Qmd	46.528 lts/s	
Qmaxd	55.833 lts/s	0.05583333 m3
Qmaxh	69.792 lts/s	
Qmaxext	83.750 lts/s	
desnivel	12.05 m	
modulo de elasticidad del agua	20670 kg/cm ²	
modulo de elasticidad del material	328000 kg/cm ²	

GASTO	DIAMETROS		Área	VELOCIDAD	Longitud total	Q ²	Coef. Manning	Conts, manning	Hf mayores	hf menores	Hf totales	eficiencia	Hp	C _{ult}	
m ³ /s	pulg Calc.	mm	mm Com.	m ²	m	m ³		k	m	m	m	76*n	hp		
0.056	8.9666047	228	200	0.031	1.78	1250	0.0031	0.01	5.50	21.421	2.142	23.563	49.4	40.251	35.613
0.056	9.7138218	247	250	0.049	1.14	1250	0.0031	0.01	1.67	6.517	0.652	7.168	49.4	8.102	7.168
0.056	11.208256	285	300	0.071	0.79	1250	0.0031	0.01	0.63	2.465	0.246	2.711	49.4	3.064	2.711

golpe de ariete

presion	Presion	clase	Diametro	espesor	velocidad	145*V	E _s *Diametro	E _p *espesor	Ea*D/EF*e	1+(Ea*D/EF*e)	v1-(Ea*D/EF*e)	h	sobrepresion absorbida	CNOP	presion total	
ton/m ²	Kg/cm ²		cm	cm	m/s								.8h	.2h	m	20%h+cnop
40.613	4.0613447	10kg/cm ²	20	2.50	1.78	257.70	413400	820000.00	0.50	1.50	1.23	210.12	168.10	42.02	34.613	76.637
24.218	2.4218326	7kg/cm ²	25	2.25	1.14	164.93	516750	738000.00	0.70	1.70	1.30	126.49	101.19	25.30	18.218	43.515
19.761	1.9761091	5kg/cm ²	30	1.90	0.79	114.53	620100	623200.00	1.00	2.00	1.41	81.09	64.87	16.22	13.761	29.979

CONCEPTO	200 CLASE				250 CLASE				300 CLASE			
	DIAMETRO	CANTIDAD	UNIDAD	IMPORTE	DIAMETRO	CANTIDAD	UNIDAD	IMPORTE	DIAMETRO	CANTIDAD	UNIDAD	IMPORTE
EXC. MAT. TIPO A												
EXC. MAT. TIPO B												
EXC. MAT. TIPO C	7911.375	m ³	\$3,890.00	\$ 30,775,248.75	8711.82	m ³	\$3,890.00	\$ 33,888,979.80	10424.4	m ³	\$3,890.00	\$ 40,550,916.00
PLANTILLA APISONADA	632.91	m ³	\$1,321.00	\$ 836,074.11	670.14	m ³	\$1,321.00	\$ 885,254.94	744.6	m ³	\$1,321.00	\$ 983,616.60
INST. PUNTEO Y PRUEBA	7446	m	\$1,276.00	\$ 9,501,096.00	7446	m	\$1,276.00	\$ 9,501,096.00	7446	m	\$1,276.00	\$ 9,501,096.00
RELLENO Y COMPACTADO	7044.542	m ³	\$1,249.00	\$ 8,798,632.97	7676.1753	m ³	\$1,249.00	\$ 9,587,542.99	9153.47327	m ³	\$1,249.00	\$ 11,432,688.12
COSTO DE LA TUBERIA	7446	m	\$1,204.40	\$ 8,967,962.40	7446	m	\$1,472.00	\$ 10,960,512.00	7446	m	\$1,740.00	\$ 12,956,040.00
FLETE 12%	7446	m		\$ 1,076,155.49	7446	m		\$ 1,315,261.44	7446	m		\$ 1,554,724.80
COSTO TOTAL DE LA CON.				\$ 59,955,169.72				\$ 66,138,647.17				\$ 76,979,081.52

RESUMEN

PRESION DE TRABAJO DE TUBO	DIAMETRO NOMINAL	HP	K.W.H.	COSTO X H	cargo anual de costo total	costo anual de	costo anual por bombeo para 365 días				
KG/CM ²	MM	PULG		BOMBEO	bombeo	amortizacion	bombeo				
4.0613447	200	7.874	40.251	30.015443	\$ 14.41	\$ 5,258.71	\$ 59,955,169.72	0.65454545	39243383.8	\$ 39,243,398.22	selección de diametro de acuerdo a su economia y eficie
2.4218326	250	9.8425	8.102	6.0415513	\$ 2.90	\$ 1,058.48	\$ 66,138,647.17	0.65454545	43290750.9	\$ 43,290,753.77	(ver anexo III)
1.9761091	300	11.811	3.064	2.2849404	\$ 1.10	\$ 400.32	\$ 76,979,081.52	0.65454545	50386307.9	\$ 50,386,309.00	



CONCLUSIONES



El agua potable es más que una necesidad en esta actualidad y más aún en una ciudad como la nuestra, donde la demanda llega a ser mayor que el abasto que se le puede dar a la gran población que habita en la ciudad y las zonas conurbadas, aunado a esto se debe también mencionar que la infraestructura con la que se cuenta actualmente es deficiente, ya que existen problemas de fugas, que no permiten que se pueda mantener un suministro constante a toda la población.

También se debe mencionar que, los asentamientos humanos en las periferias de las ciudades, han sido un problema para los gobiernos, ya que estos ciudadanos demandan servicios, como energía eléctrica, drenaje y principalmente **agua potable**, que es vital para sus necesidades básicas que van desde lavar la ropa, hasta poder darse un baño.

Por ello el objetivo de esta propuesta de guía se concentró en enfocarse en los temas que son de mayor relevancia al momento de diseñar un proyecto para el abastecimiento de agua potable, para mi punto de vista hay que tomar muy en cuenta dos cosas la primera es el crecimiento desmedido de la población dentro y fuera de la ciudad, ya que muchas veces los proyectos resultan tener una capacidad inferior a la que en verdad se requiera y la tabla de “cálculo del diámetro económico”, ya que en ella se incluyen las pérdidas, golpe de ariete, excavación en el tipo de terreno que se tenga, así como el costo de la energía eléctrica y el tipo de material utilizado.

El proyectista debe considerar todos estos aspectos para tener en cuenta que la solución que le pueda dar al problema sea de una manera eficiente y económica, para que al momento de ejecutar la obra y a largo plazo se presenten las mínimas contrariedades, y por eso pongo por delante los 2 puntos arriba mencionados, ya que en función de el buen cálculo del diámetro económico y si el presupuesto es algo ajustado y la población tiende a crecer desmedidamente, se puede realizar una obra que tenga una buena vida útil.

Así mismo se incluyó un plano tipo de una obra ejecutada, para que puedan visualizarse los requerimientos con los que se debe de cumplir así como la información necesaria que debe contener, para su correcta interpretación.



BIBLIOGRAFÍA



- Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento
Datos básicos
Comisión Nacional Del Agua (CNA)
Diciembre del 2007
- Manual De Agua Potable, alcantarillado y saneamiento
Conducción
Comisión Nacional Del Agua (CNA)
Diciembre del 2007
- Abastecimiento de agua potable
Enrique Cesar Valdez
Facultad de Ingeniería (UNAM, México)
- Hidráulica
Samuel Trueba Coronel
CECSA
México sexta edición
- Ficha técnica de tubería de fibrocemento
Mexalit
www.mexalit.com.mx
- Ficha técnica de tubería de PVC
Grupo SITSA
www.tuberias.mx
- Apuntes de abastecimiento de agua potable
FES ARAGON
- Guía Bimsa
Instalaciones hidráulicas y sanitarias
Active cost 2010



BIBLIOGRAFÍA



topografho.blogspot.mx/2010/03/requisitos-minimos-para-poder-elaborar.html

www.cicm.org.mx/noticias.php?id_noticia=3588

www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/noticias/2012/

www.ambitalia.com.uy/sitios-turisticos/acueducto-romano.php

fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/historia/acueductos_antiguos/Construccion.htm

mitologia4.blogspot.mx/2008/04/acueducto-romano.html

es.scribd.com/doc/55239266/Lineas-de-Conducción-Informe

www.fundicionductilmolina.com/CFEC/tuberiadepolietileno.htm

www.tuberias.mx/tuberiapvc.html

www.ceaqueretaro.gob.mx%2FSaveAs.aspx%3FNombre%3D2_43_52099750_Normas.pdf

www.googleimágenes.com.mx

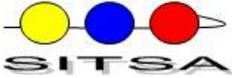


ANEXOS



ANEXO

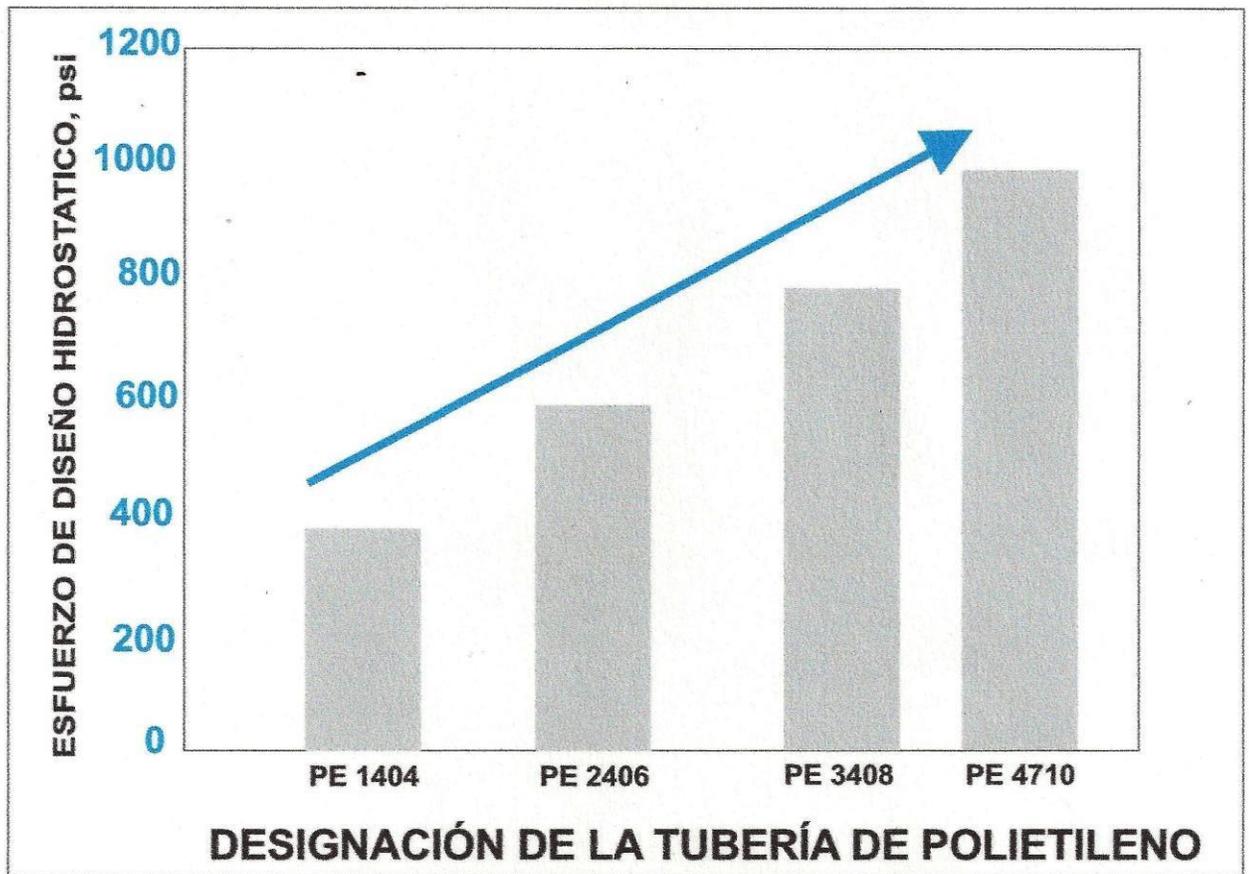
I



RESINA HIDRÁULICA PE 4710

TUBERÍAS DE ULTIMA GENERACIÓN CON 25% MAS DE PRESIÓN

EVOLUCIÓN DE LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO



RELACIÓN DE DIMENSIONES Y PESOS RESINA PE 4710



RELACIÓN RD		RD 7.3	RD 9	RD 11	RD 13.5	RD 15.5	RD 17	RD 21	RD 26	RD 32.5	RD-41		
Presión de trabajo	Kg/cm ²	22.50	17.58	14.06	11.25	10	8.79	7.03	5.62	4.57	3.50		
	PSI	320	250	200	160	143	125	100	80	65	50		
DIÁMETRO NOMINAL	DIÁMETRO EXT. (mm)	ESPESOR	PESO	ESPESOR	PESO	ESPESOR	PESO	ESPESOR	PESO	ESPESOR	PESO	ESPESOR	PESO
		(mm)	Kg / m	(mm)	Kg / m	(mm)	Kg / m	(mm)	Kg / m	(mm)	Kg / m	(mm)	Kg / m
1/2"	21.3	2.92	0.17	2.4	0.14	1.90	0.12	1.60	0.10				
3/4"	26.7	3.66	0.26	3.0	0.22	2.40	0.18	2.0	0.15	1.70	0.13		
1"	33.4	4.58	0.41	3.7	0.34	3.10	0.29	2.50	0.24	2.10	0.21	2.00	0.20
1 1/4"	42.2	5.78	0.66	4.7	0.55	3.80	0.46	3.10	0.38	2.70	0.33	2.50	0.31
1 1/2"	48.3	6.62	0.86	5.4	0.73	4.40	0.61	3.60	0.50	3.10	0.44	2.80	0.40
2"	60.3	8.26	1.35	6.7	1.13	5.50	0.94	4.50	0.79	3.90	0.70	3.60	0.64
2 1/2"	73.0	10.00	1.97	8.1	1.65	6.60	1.37	5.40	1.14	4.70	1.01	4.30	0.93
3"	86.9	12.18	2.93	9.9	2.45	8.10	2.05	6.60	1.70	5.70	1.49	5.20	1.36
4"	114.3	15.66	4.84	12.7	4.04	10.4	3.39	8.50	2.82	7.40	2.48	6.70	2.26
6"	168.3	23.05	10.49	18.7	8.77	15.3	7.34	12.5	6.10	10.80	5.33	9.90	4.91
8"	219.1	30.01	17.76	24.3	14.83	19.9	12.42	16.2	10.30	14.10	9.06	12.90	8.34
10"	273.1	37.41	27.63	30.3	23.05	24.8	19.30	20.2	16.01	17.60	14.09	16.10	12.97
12"	323.8	44.36	38.85	36.0	32.47	29.4	27.12	24.0	22.55	20.90	19.84	19.10	18.24
14"	355.6			39.5	39.13	32.3	32.72	26.3	27.14	22.90	23.88	20.90	21.92
16"	406.4			45.2	51.16	37.0	42.83	30.1	35.49	26.20	31.22	23.90	28.65
18"	457.2			50.8	64.70	41.60	54.18	33.90	44.97	29.50	39.54	26.90	36.27
20"	508.0			56.4	79.82	42.20	66.86	37.60	55.43	32.80	48.84	29.90	44.80
22"	558.8			62.1	99.66	50.80	80.87	41.40	67.13	36.00	58.98	32.90	54.22
24"	609.6			67.7	114.97	55.40	96.21	45.20	79.94	39.30	70.24	35.90	64.54
26"	660.4					60.00	112.89	48.90	93.71	42.60	82.47	38.80	75.58
28"	711.2					64.60	130.9	52.70	108.75	45.90	95.70	41.80	87.69
30"	762.0					69.30	150.43	56.40	124.71	49.10	109.69	44.80	100.69
32"	812.8					73.90	171.12	60.20	141.98	52.50	125.09	47.10	113.02
34"	863.6					78.50	193.13	64.00	160.37	55.70	141.02	50.80	129.39
36"	914.4					83.10	216.48	67.70	179.63	59.00	158.16	53.80	145.09
38"	965.2									62.30	176.28	56.80	161.69
40"	1016.0									65.50	195.10	59.80	179.19
42"	1066.8									68.80	215.17	62.80	197.59
44"	1117.6									65.70	216.57	53.20	177.45
46"	1168.4									68.70	236.75	55.60	193.89



**Material de polietileno de alta densidad Aprobado
POR LA NATIONAL SANITATION FOUNDATION (NSF)**

PROPIEDAD	METODO DE PRUEBA	VALOR
Designación del material	PPI TR - 4	PE 4710
Clasificación celular	ASTM D 3350	445574C
Densidad. g/cm ³	ASTM D 792	0.949
Indice de fluidez g/10 min	ASTM 1238	0.07
Modulo de Flexión Mpa (Psi)	ASTM D 790	1013 (147,000)
Esfuerzo a la tensión Mpa (Psi)	ASTM D 638	24.13 (3500)
Resistencia al medio ambiente (agrietamiento). (I). ESCR (II).PETN hr.	ASTM F 1473	>1,500
Base de diseño hidrostático Mpa (Psi)	ASTM D 2837	11.03 (1600)
%de Contenido de Negro de Humo	-----	2% al 3%
Relacion P.T. ⁽¹⁾ / P.R. ⁽²⁾	-----	4 veces

*Valor reportado a 190 C/21.6 Kg
Presión de trabajo para una duración de 50 años
presión de Reventamiento a corto periodo

Toda la materia prima y master batch (negro)
esta certificada por PPI(Plastic Pipe Institute)
USA y la designación PE 4710, indica los
siguiente.

PE 4710 por ejemplo

4 Densidad= 0.947 - 0.955

7 PENT= > 500Hrs

10 HDS/100= (1600 Psi x 0.63 DF) / 100 = 10



VENTAJAS DE LA RESINA 4710

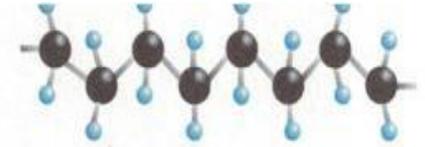
PE 4710 están fabricadas con resinas BIMODAL de tercera generación, tiene mayor resistencia a la presión, a la tensión y duración de hasta 100 años.

Ventajas

- ✓ Muy alta resistencia química (ácidos, álcalis, sales, solventes, etc.)
- ✓ Resistencia al desgaste por abrasión.
- ✓ Superficie interior lisa que mantiene excelentes condiciones de flujo, por lo que no acumula sarro, evitando taponamientos.
- ✓ Mayor resistencia al envejecimiento (PENT)
- ✓ Contiene 2% mínimo de negro de humo, que lo protege contra los rayos UV.
- ✓ Es completamente atóxico (para manejo de agua potable).
- ✓ Fácil instalación por termofusión 100% hermética y segura.
- ✓ Material flexible, ajustándose a las condiciones del terreno en el proceso de instalación.
- ✓ Material ligero.
- ✓ Muy alta resistencia al impacto (no se rompe, aun aplastando).
- ✓ Mayor factor de seguridad en la presión de trabajo y duración de la tubería.

Durabilidad de 70 años (mínimo) en condiciones normales de funcionamiento a una temperatura de 23°C. Respetando las presiones de la tabla adjunta.

Nota: La presión de trabajo esta considerada a una temperatura de 23°C en agua potable, para temperaturas diferentes multiplicar por el siguiente factor (ver tabla 2)



Temperatura °C	Factor
23	1.00
26	1.00
38	0.78
49	0.63
60	0.50

Tabla 2



ANEXO

II



DIMENSIONES Y PRESIONES											
Presión Lbs.			267 psi	200 psi	160 psi	130 psi	110 psi	100 psi	80 psi	65 psi	50 psi
			18.77	14.06	11.24	9.13	7.73	7.02	5.62	4.56	3.51
RD			7	9	11	13.5	15.5	17	21	26	32.5
Diámetro			Espesor mínimo pared (mm)								
Nominal	Exterior										
Pulg.	MM										
1/2"	13	21.3	2.9	2.3							
3/4"	19	26.7	3.6	3.0	2.4						
1"	25	33.5	4.6	3.7	3.1	2.5	2.1				
1 1/4"	32	42.2	5.8	4.6	3.8	3.1	2.7	2.5			
1 1/2"	38	48.3	6.6	5.3	4.4	3.6	3.1	2.8			
2"	50	60.3	8.3	6.7	5.5	4.5	3.9	3.5	2.4		
2 1/2"	63	73.0	10.0	8.1	6.6	5.4	4.7	4.2	3.4		
3"	75	88.9	12.2	9.8	8.1	6.6	5.7	5.2	4.2	3.4	2.7
4"	100	114.3	15.6	12.7	10.4	8.5	7.4	6.7	5.4	4.4	3.5
6"	150	168.3	23.0	18.7	15.3	12.6	10.8	9.9	8.0	6.5	5.2
8"	200	219.1	30.0	24.3	19.9	16.2	14.1	12.9	10.4	8.4	6.7
10"	250	273.0	37.4	30.3	24.8	20.2	17.6	16.1	12.9	10.5	8.4
12"	300	323.8	44.4	36.0	29.4	24.0	20.9	19.0	15.3	12.5	9.9
14"	350	355.6	48.7	39.5	32.3	26.3	22.9	20.9	16.9	13.7	10.9
16"	400	407.4	55.7	45.1	36.9	30.1	26.2	23.9	19.3	15.6	12.5
18"	450	457.2	62.6	50.8	41.5	33.8	29.5	26.8	21.8	17.6	14.0
20"	500	508.0	69.6	56.4	46.2	37.6	32.83	29.8	24.8	19.5	15.6
22"	550	558.8	76.5	62.1	50.8	41.3		32.8	26.6	21.5	17.2
24"	600	609.6	83.5	67.7	55.4	45.1	39.3	35.8	29.0	23.4	18.7

Suministros e Instalación de Tuberías, S.A de C.V



ANEXO

III



TUBERÍA CLASE "A"

Tubería para Agua a Presión Clase "A"



La TUBERÍA DE FIBROCEMENTO PRESIÓN CLASE "A" MEXALIT son durables, económicos y fáciles de instalar y ofrecen los mejores resultados para su proyecto hidráulico, traducidos en los siguientes puntos:

- Libres de incrustaciones
- Rendimiento hidráulico
- No se corroen
- Inmunes a la corrosión por electrólisis
- Resistente a los golpes de ariete
- Resistente a las cargas externas y al impacto

Los constantes ensayos físico-químicos que se realizan durante la fabricación de nuestros tubos por parte del departamento de Control de Calidad son una garantía para nuestros clientes.

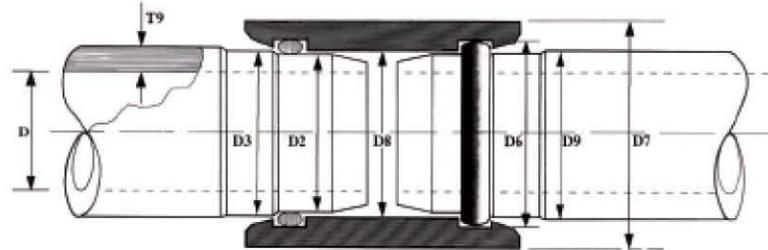
Todos nuestros tubos para conducción y distribución de agua a presión son sometidos a los ensayos requeridos, tanto por nuestras propias especificaciones, como por las solicitadas en las normas nacionales o extranjeras.





Tubería de Fibrocemento Clase "A"

Dimensiones y Pesos



- D Diámetro Interior Nominal (mm)
 - T9 Espesor de la Pared (mm)
 - D9 Diámetro Exterior (*) (mm)
 - D3 Diámetro Intermedio (mm)
 - D2 Diámetro Sección de Enchufe (mm)
 - D8 Diámetro interior del Cople (mm)
 - D6 Diámetro de Ranura de Cople (mm)
 - D7 Diámetro Exterior de Cople (*) (mm)
- Longitud nominal de los tubos 5 m

*Notas: Sujetos a tolerancia de fabricación.

La clase es igual a la presión máxima de trabajo expresada en kg/cm²

D	Diámetro nominal mm.	75	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	750	900	1050
	Diámetro nominal Pulg.	3"	4"	6"	8"	10"	12"	14"	16"	18"	20"	24"	30"	36"	42"
CLASE A-5	D2	93	118	167	219	274	326	379	432	484	536	639	801	963	1124
	D3-D8	97	122	171	223	278	330	383	436	488	540	643	805	967	1128
	D6	112	137	186	238	293	345	403	456	508	560	663	825	987	1148
	D7	132	157	208	262	320	375	432	490	546	602	713	887	1061	1235
	D9	99	124	174	226	281	334	387	440	492	544	648	810	972	1134
	T9	12.0	12.0	12.0	13.0	15.5	17.0	18.5	20.0	21.0	22.0	24.0	30.0	36.0	42.0
	Peso Tubo kg/m	6.6	8.4	12.2	17.4	25.9	33.9	42.8	52.8	62.1	71.2	84.1	107.0	130.7	154.4
CLASE A-7	Peso Cople kg/pza	2.2	2.7	3.9	5.2	7.7	9.7	13.8	17.3	22.2	26.2	37.9	55.4	82.3	109.2
	D2	95	120	170	224	279	332	385	439	491	543	646	809	971	1134
	D3-D8	99	124	174	228	283	336	390	443	495	547	650	813	975	1138
	D6	114	139	189	243	298	351	410	463	515	567	670	833	995	1158
	D7	137	162	214	272	333	389	448	505	562	618	730	907	1083	1260
	D9	101	126	177	231	286	340	394	447	499	551	655	818	980	1144
	T9	13.0	13.0	13.5	15.5	18.0	20.0	22.0	23.5	24.5	25.5	27.5	34.0	40.0	47.0
CLASE A-10	Peso Tubo kg/m	7.2	9.2	13.9	21.0	30.3	40.2	51.4	62.5	73.0	84.2	108.4	132.5	156.6	180.7
	Peso Cople kg/pza	2.5	3.0	4.3	6.1	9.4	11.7	16.8	20.3	26.3	30.7	44.0	64.5	96.0	126.4
	D2	98	123	176	231	288	344	397	450	504	556	660	825	991	1158
	D3-D8	102	127	180	235	292	348	401	454	508	560	664	829	995	1162
	D6	117	142	195	250	307	363	421	474	528	580	684	849	1015	1182
	D7	144	170	226	287	350	412	471	530	590	648	763	946	1130	1316
	D9	104	129	183	238	295	352	405	458	512	564	669	834	1000	1168
CLASE A-14	T9	14.5	14.5	16.5	19.0	22.5	26.0	27.5	29.0	31.0	32.0	34.5	42.0	50.0	59.0
	Peso Tubo kg/m	8.2	10.4	17.3	26.1	38.5	53.3	69.2	78.2	93.7	107.0	137.5	209.0	298.5	411.1
	Peso Cople kg/pza	2.9	3.5	5.2	7.5	11.3	14.8	21.1	25.8	33.4	39.4	56.4	82.9	123.9	164.8
	D2	104	131	185	245	305	362	418	474	528	582	689	862	1035	1208
	D3-D8	108	135	189	249	309	366	422	478	532	586	693	866	1039	1212
	D6	123	150	204	264	324	381	442	498	552	606	713	886	1059	1232
	D7	150	178	241	314	386	453	518	582	645	708	832	1033	1233	1434
CLASE A-20	D9	110	137	192	252	312	370	426	482	536	590	698	871	1044	1218
	T9	17.5	18.5	21.0	26.0	31.0	35.0	38.0	41.0	43.0	45.0	49.0	60.5	72.0	84.0
	Peso Tubo kg/m	10.2	13.8	22.6	36.9	54.7	73.7	92.6	113.6	133.2	154.1	199.8	308.1	439.7	598.5
	Peso Cople kg/pza	3.0	3.7	6.2	10.1	16.3	21.7	31.2	38.1	49.3	58.5	84.6	126.5	190.4	253.7
	D2	328	389	448	506	562	616	670	724	778	832	913	1096	1280	
	D3-D8	332	393	452	510	566	620	674	728	782	836	917	1100	1284	
	D6	347	408	472	530	586	640	694	748	802	856	937	1120	1304	
CLASE A-20	D7	460	533	601	667	728	784	838	892	946	1010	1147	1370	1594	
	D9	335	397	456	514	570	624	678	732	786	840	922	1105	1290	
	T9	42.5	48.5	53.0	57.0	60.0	62.0	62.0	62.0	62.0	62.0	69.5	86.0	102.5	120.0
	Peso Tubo kg/m	78.1	106.2	134.2	163.7	192.3	218.9	292.4	451.7	645.6	882.2				
	Peso Cople kg/pza	30.9	39.5	54.2	63.7	77.9	85.4	125.0	189.4	288.1	385.4				

Para diámetros mayores, tolerancias que aplican y mayores especificaciones, consulte a nuestro departamento técnico.



Tubería de Fibrocemento Clase "A"

Descripción

MEXALIT viene ofreciendo al mercado TUBERÍA DE FIBROCEMENTO PRESIÓN CLASE "A" desde hace más de 55 años, poniendo a la disposición de ingenieros, contratistas y calculistas la experiencia que ha adquirido, ya que cuenta con personal calificado para proporcionar Asistencia Técnica y Asesoría en:

- Proyectos hidráulicos de infraestructura
- Diseño de líneas de conducción y distribución
- Rehabilitación de obras
- Despiece de tuberías (lay-out)
- Modificaciones requeridas en líneas existentes
- Asistencia Técnica durante la descarga, instalación y pruebas
- Capacitación a instaladores

Entre otras cualidades del fibrocemento en la fabricación de tubos están la alta resistencia a la compresión, a la tracción, estanquidad, no presentan corrosión, normalmente dieléctricos y no propician el albergue de colonias bacterianas. Además de estas ventajas, como por otras de orden físico-químico, así como su superficie interior que presenta menos resistencia al flujo de agua, que otros materiales, es lo que lo ha posicionado en un lugar prominente a través de los años.

La TUBERÍA DE FIBROCEMENTO PRESIÓN CLASE "A" cumple con los requerimientos de las normas mexicanas respectivas para cada clase de tubos, utilizando materias primas de la más alta calidad certificada y con tecnología de vanguardia, con su método de curado por autoclavado, dando como resultado un producto homogéneo y monolítico con gran resistencia química a los sulfatos del suelo y resistencia estructural capaz de soportar las cargas externas y las presiones a las que están expuestos los tubos.



Calidad y Normas

Nuestro compromiso con la calidad, nos ha permitido ser reconocidos nacional e internacionalmente como miembros de: American Water Works Association (AWWA), International Organization for Standardization (ISO).

Los tubos de fibrocemento Clase "A" para conducción y distribución de agua a presión, cuentan con un certificado de conformidad emitido por Certificación Mexicana (CERTIMEX) al cumplir con las exigencias de la Norma Mexicana NMX-C-013-ONNCE vigente, así como una certificación de producto por parte de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) por cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana NOM-013-OMA-2000.

De este modo, el tubo es entregado con la garantía MEXALIT, Calidad que da confianza.

NOM-013-OMA-2000

"Sistema de distribución de agua potable-Specificaciones de hermeticidad y relación de prueba"

NMX-C-013-ONNCE

"Tubos de la Construcción-Fibrocemento Tubos a presión-Specificaciones"

AWWAWWA C600

"The Selection of Asbestos-Cement Transmission Pipe, for Water Supply Service"

ASBESTOSWAWWA C600

"Installation of Asbestos-Cement pressure Pipe"

MEXALIT
Av. Héroles No. 100
Col. Santa Clara, Iztapalapa,
Estado de México, C.P. 55540
01 800 711 2036
info@mexal.com.mx





ANEXO

IV



DOTACIÓN DE AGUA

NECESIDADES DE AGUA DE LAS CIUDADES (por habitante)

- Abastecimiento rural 125 L/d/hab.
 - Poblaciones de 3.000 habitantes 115 L/d/hab.
 - Poblaciones 3.000 a 15.000 habitantes 200 L/d/hab.
- | | |
|------------------|---------------------------|
| Ducha | 27,6 L/Pna |
| Sanitario | 35,67 L/Pna |
| Lavado de manos | 6,02 L/Pna |
| Lavado de platos | 27,88 L/Pna |
| Aseo y vivienda | 0,29 L/m ² día |
| Consumo propio | 6 L/Pna/día |
| Lavado de ropa | 45,89 L/Pna |
- Poblaciones de 15.000 a 60.000 habitantes 220 L/d/hab.
 - En poblaciones mayores a 60.000 habitantes la dotación para viviendas es de 250 L/Pna/día, válida para vivienda unifamiliares, bifamiliares y multifamiliares).

En caso de incendio 60 m³/ hectárea durante un tiempo de 2 horas, con una reserva mínima de 120 m³.

DOTACIÓN DE AGUA PARA ALGUNAS INSTALACIONES

HOTELES, PENSIONES, HOSPEDAJES

<u>Tipo de establecimiento</u>	<u>Dotación diaria</u>
Hotel	500 litros/alcoba
Pensión	350 litros/alcoba
Hospedaje	25 litros por cada m ² destinado a alcobas



RESTAURANTES

<u>Área en m²</u>	<u>Dotación diaria</u>
Hasta 40 m ²	2.000 litros
De 41 a 100 m ²	40 litros/m ²
Más de 100 m ²	50 litros/m ²

Nota: en aquellos restaurantes donde también se elaboren alimentos para ser consumidos fuera del local, se calculará una *dotación complementaria* a razón de 8 litros/cubierto preparado para este fin.

PLANTELES EDUCATIVOS Y RESIDENCIAS ESTUDIANTILES

	<u>Dotación diaria</u>
Alumnado externo	40 litros/persona
Alumnado semi-interno	70 litros/persona
Alumnado interno o residente	200 litros/persona
Personal no residente	50 litros/persona
Personal residente	200 litros/persona

CINES, TEATROS, AUDITORIOS Y OTROS

<u>Tipo de establecimiento</u>	<u>Dotación diaria</u>
Cines, teatros y auditorios	3 litros litros/asiento
Cabarets, casinos y salas de baile público	30 litros/m ² de área para uso público
Estaciones, velódromos, autódromos, plazas de toros, similares	1 litro/espectador



Circos, hipódromos, parques de atracción y similares
dotación requerida para animales.

1 litro/espectador más la

BARES, FUENTES DE SODA, CAFETERÍAS

Área del local	Dotación diaria
Hasta 30 m ²	1.500 litros
de 31 a 60 m ²	60 litros/ m ²
de 61 a 100 m ²	50 litros/ m ²
más de 100 m ²	40 litros/ m ²

PISCINAS (DE RECIRCULACIÓN Y DE FLUJO CONTINUO)

- Con recirculación de las aguas de rebose
cada m² de proyección horizontal de piscina. 10 litros/día por
- Sin recirculación de las aguas de rebose 25 litros/día x m²
- Con flujo continuo de agua
m³ 125 litros/hora x

Nota: La dotación de agua para los servicios sanitarios en los desvestideros y cuartos de aseo anexos a las piscinas, se calculará a razón de 30 litros/día por cada m² de proyección horizontal de piscina.

En aquellos casos en que se contemplen otras actividades recreativas, se aumentará proporcionalmente la dotación.

OFICINAS EN GENERAL

La dotación de agua para oficinas se puede estimar a razón de 6 litros/día x m² de área útil del local. (También puede aplicarse 40 a 50 litros/persona x día).

DEPÓSITOS

La dotación diaria para depósitos de materiales, equipos y artículos manufacturados, se calculará a razón de 0.50 litros/día x m² de área útil del local y por cada turno de trabajo de 8 horas o fracción.



Nota: La dotación mínima debe ser de 500 litros/día. Si hay oficinas anexas, calcular su consumo adicionalmente.

CARNICERÍAS, COMERCIOS, PESCADERÍAS Y SIMILARES

Se calcula a razón de 20 litros/día x m² de área del local.

La mínima dotación admisible es de 400 litros/día.

MERCADOS

Calcular a razón de 15 litros/día x m² de área útil del local.

La dotación de agua para locales con instalaciones separadas, tales como restaurantes, cafeterías, comercios, oficinas, etc. se calculará adicionalmente según las normas para cada caso.

BOMBAS DE GASOLINA, ESTACIONES DE SERVICIO, GARAJES Y PARQUEADEROS

- Para bombas de gasolina bomba 800 litros/día x
- Para garaje simple y parqueadero cubierto área 2 litros/día x m²
- carro (puede asignarse también) 50 litros/día x
- Para lavado corriente, no automático unidad de lavado 8.000 litros/día x
- Para lavado automático unidad de lavado 12.800 litros/día x
- Para oficina y venta de repuestos área útil 6 litros/día x m²



HOSPITALES, CLÍNICAS, CONSULTORIOS

<u>Tipo</u>	<u>Dotación diaria</u>
• Hospitales y clínicas con hospitalización cama	800 litros/día x
• Consultorios médicos consultorio	500 litros/día x
• Clínicas dentales	1.000 litros/día x cada unidad dental.

RIEGO DE JARDINES

La dotación de agua para áreas verdes se calcula a razón de 2 litros/día x m².

No se incluyen áreas pavimentales, andenes, etc.

AGUAS PARA USOS INDUSTRIALES

En muchos procesos industriales se requiere agua potable; esto sucede en todas las industrias dedicadas a la elaboración de comestibles y bebidas. Otros procesos no requieren agua potable tales como el enfriamiento de torres de destilación, motores, tanques de trenes, edificaciones, etc.

INDUSTRIAS EN GENERAL

- La dotación de agua para *consumo humano* se calcula a razón de 80 litros por operario o empleado, por cada turno de 8 horas o fracción.
- La dotación de agua para el *consumo industrial*, debe calcularse de acuerdo con la naturaleza de la industria y sus procesos de manufactura. (Esta dotación debe ser comprobada por las autoridades sanitarias)

PLANTAS LECHERAS Y SUS ANEXOS

- Estaciones de recibo y enfriamiento: 1.500 litros por cada 1.000 litros de leche recibida por día.
- Plantas de pasteurización: 1.500 litros por cada 1.000 litros de leche a pasteurizar por día.
- Fábricas de mantequilla, queso o leche en polvo: 1.500 litros por cada 1.000 litros de leche a procesar por día.



ALOJAMIENTO DE ANIMALES

(Caballerizas, establos, porquerizas, gallineros, etc.)

Edificación para:	Dotación
Ganado lechero animal	120 litros/día x
Bovinos animal	40 litros/día x
Ovinos animal	10 litros/día x
Equinos animal	40 litros/día x
Porcinos animal	10 litros/día x
Aves cada 100 aves	20 litros/día x

MATADEROS (PÚBLICOS O PRIVADOS)

Se calcula de acuerdo con el número y clase de animales a beneficiar, así:

Clases de animal	Dotación diaria
Bovinos animal	500 litros/día x
Porcinos animal	300 litros/día x
Ovinos y caprinos animal	250 litros/día x



Aves en general
100 aves



16 litros/día x cada

LAVANDERÍAS Y SIMILARES

- Lavanderías ropa 40 litros/kg de
- Lavado en seco, tintorerías y similares ropa 30 litros/kg de

AGRICULTURA

Trigo	1.500 m ³ /tn producto
Arroz	4.000 m ³ /tn producto
Cereales pobres	1.000 m ³ /tn producto
Algodón	10.000 m ³ /tn producto
Riego aspersión en régimen continuo (clima templado)	1,5 m ³ h/ha

GANADERÍA (por cabeza ganado mayor 60-80 l/día)

Hidráulica tipo Frances-Danés	4-20 L/día
Porquerizas con limpieza hidráulica en seco o mixta	2-6 L/día
Ovejas	5 L/día

INDUSTRIAS AGRÍCOLAS

Mantequilla	2 a 4 L/L de leche
Quesería	6 a 10 L/L de leche
Leche en polvo	7 a 17 L/L de leche
Leche de consumo	7 a 11 L/L de leche



Fabricación de sidra (sin embotellado)	4 m ³ /t de manzana
Lavado de botellas	2 a 6 L/botella
Elaboración de vino	2 L/L de vino
Cervecería (sólo fabricación) malte	20 a 30 m ³ /t de
Fabrica de malte 1,5 a 3m ³ /t cebada	
Azucarera remolacha	2 a 15 m ³ /t de
Fabrica de levadura levadura	150 m ³ /t de
Fabricación de vinagre	50 L/L de vinagre
Conservas de frutas fruta	12 a 15 m ³ /t de
Conservas de legumbres legumbres	6 m ³ /t de
Conservas de pescado	20 m ³ /t de pescado
Conservas de carne	70 m ³ /t de conserva
Fabrica de fécula	15 m ³ /t de patata
Fabrica de almidón maíz	15 a 20 m ³ /t de



INDUSTRIAS NO AGRÍCOLAS

Circuitos:

Curtidos
producto fabricado 20 a 140 m³/t de

Papeleras:

Pasta de papel
producto fabricado 300 m³/t de

Embalaje-cartón
producto fabricado 40 m³/t de

Papeles especiales
producto fabricado 500 m³/t de

Textil:

Algodón (según grado de preparación)
producto fabricado 15 a 200 m³/t de

Lana (peinaje-blanqueo)
producto fabricado 165 m³/t de

Rayón
fabricado 400 a 1000 m³/t de producto

Productos químicos
de producto fabricado 220 a 1.000 m³/t

Refinería de petróleo
producto fabricado 0,1 a 40 m³/t de

Acero
producto fabricado 6 a 300 m³/t de



ANEXO

V



Longitudes equivalentes a pérdidas locales. (expresadas en metros de tubería rectilínea)*

DIÁMETRO D mm pulg.	Codo 90° Radio largo	Codo 90° Radio medio	Codo 90° Radio corto	Codo 45°	Curva 90° R.D. 1/2	Curva 90° R.D. 1	Curva 45°	Entrada normal	Entrada de Borda	Válvula de compucru abierta	Válvula tipo globo abier- ta	Válvula de ángulo abierta	Té paso directo	Té salida lateral	Té salida bilateral	Válvula de pie	Salida de Tubería	Válvula de retención tipo liviana	Válvula de retención tipo pesado
13	1/2	0.1	0.4	0.3	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	4.5	2.4	0.3	1.0	1.0	3.4	0.4	1.1	1.6
19	3/4	0.4	0.6	0.7	0.3	0.3	0.4	0.2	0.2	0.1	4.7	3.6	0.4	1.4	1.4	5.4	0.5	1.4	2.4
25	1	0.5	0.7	0.8	0.4	0.3	0.5	0.2	0.3	0.2	5.1	4.6	0.5	1.7	1.7	7.3	0.7	2.1	3.2
32	1 1/4	0.7	0.9	1.1	0.5	0.4	0.6	0.3	0.4	0.3	11.3	5.4	0.7	2.3	2.3	10.0	0.9	2.7	4.0
38	1 1/2	0.9	1.1	1.3	0.6	0.5	0.7	0.3	0.5	0.3	12.4	6.7	0.9	2.8	2.8	11.6	1.0	3.2	4.8
50	2	1.1	1.4	1.7	0.8	0.6	0.9	0.4	0.7	0.4	15.4	8.3	1.1	3.3	3.3	14.0	1.5	4.2	6.4
63	2 1/2	1.3	1.7	2.0	0.9	0.8	1.0	0.5	0.9	0.5	19.0	10.0	1.3	4.3	4.3	17.0	1.9	5.2	8.1
76	3	1.4	2.1	2.5	1.1	1.0	1.3	0.6	1.1	0.5	24.0	13.0	1.4	5.3	5.3	20.0	2.7	6.3	9.7
100	4	2.1	2.8	3.4	1.5	1.3	1.6	0.7	1.6	0.7	34.0	17.0	2.1	6.7	6.7	23.0	3.7	8.4	12.9
125	5	2.7	3.7	4.2	1.9	1.6	2.1	0.9	2.0	0.9	43.0	21.0	2.7	8.4	8.4	30.0	4.0	10.4	16.1
150	6	3.4	4.3	4.9	2.3	1.9	2.5	1.1	2.5	1.1	51.0	24.0	3.4	10.0	10.0	35.0	5.0	12.5	19.3
200	8	4.3	5.5	6.4	3.0	2.4	3.3	1.3	3.3	1.3	67.0	34.0	4.3	13.0	13.0	51.0	6.0	16.0	25.0
250	10	5.5	6.7	7.9	3.8	3.0	4.1	1.4	4.1	1.7	83.0	43.0	5.5	16.0	16.0	63.0	7.5	20.0	32.0
300	12	6.1	7.9	9.5	4.6	3.6	4.8	2.2	5.1	2.1	102.0	51.0	6.1	19.0	19.0	81.0	9.0	24.0	38.0
350	14	7.3	9.3	10.5	5.3	4.4	5.6	2.5	6.2	2.4	120.0	60.0	7.3	22.0	22.0	90.0	11.0	28.0	45.0

* Los valores indicados para válvulas tipo globo se aplican también a llaves para regaderas y válvulas o llaves de descarga.

F. FERRERAS - CÁLCULO DE PÉRDIDAS LOCALES EN TUBERÍAS



ANEXO

VI

INFORMACION QUE DEBE CONTENER EL PLANO DE PROYECTO:

- PLANTA
- CROQUIS
- PERFIL
- SIMBOLOGIA
- SECCION CONSTRUCTIVA TIPO
- CUADRO DE CRUCEROS
- VOLUMENES DE OBRA
- CUADRO DE PIEZAS ESPECIALES
- NOTAS
- ESCALAS

