

98



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

CAMPUS ARAGÓN

SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA  
POTABLE PARA EL MUNICIPIO DE  
TULTEPEC EDO. MÉX.

297105

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA  
**P R E S E N T A:**  
ROBERTO VALENCIA GONZÁLEZ

ASESOR:  
ING. JORGE ANTONIO RODRÍGUEZ LUNA



MÉXICO, D.F.

2001



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.

A mis padres:

Por el amor que me han  
brindado y sus consejos que  
infundaron en mí.

A Erendida:

Por su cariño y comprensión  
ya que juntos iniciamos un  
proyecto de vida. Gracias i te  
amo!

A mis hijos:

Huri y Bryan por ser mis  
tesoros más grandes que tengo y  
decirles que con constancia y  
dedicación se pueden alcanzar  
las metas que uno se propone.

A mis hermanos:

Teresa, Ulises, Zanoni y Sandra  
Por que con cada uno de  
ustedes he compartido momentos  
de alegría y tristeza, que nos  
han hecho crecer unidos.

A mis suegros:

Mi Luisa, Nicolás por su gran apoyo que me han brindado en mis ideales ¡gracias!

A mi asesor:

Ing. Jorge Rodríguez Luna que gracias a su apoyo he logrado acabar una de mis más grandes metas.

A mis profesores:

A los Ingenieros. Alejandro Rodríguez Lorenzana, Fernando Gómez Milla, Alejandro Mora Campos, Alfredo Montaña Serrano. Por sus conocimientos impartidos que me han sido de gran valía.

CAPITULADO	
CAPÍTULO I	Pág.
Generalidades	4
CAPÍTULO II	
Descripción del sistema y del equipo	
2.1 Fuente de captación.	6
2.2 Planta de bombeo.	6
CAPÍTULO III	
ingeniería básica	
3.1 Definición de un sistema de bombeo	8
3.2 Fuerza y masa	8
3.3 Definición de fluidos	9
3.4 Propiedades de los fluidos	9
3.5 Presión	12
3.6 Ecuaciones fundamentales del movimiento de los fluidos	13
3.7 Leyes de semejanza de las bombas hidráulicas	16
3.8 Flujo de tuberías	17
3.9 Pérdidas por rozamiento y ecuaciones utilizadas	20
3.10 Carga total H	25
3.11 Carga neta de succión	25
3.12 Curvas características de las bombas centrifugas	26
3.13 Cavitación	27
3.14 Golpe de ariete	27
3.15 Bombas centrifugas	28
3.16 Selección del motor	29
CAPÍTULO IV	
Selección del equipó	
4.1 Datos del proyecto	32
4.2 Periodo económico del proyecto	32
4.3 Determinación de la dotación	32
4.4 Línea de conducción	35
4.5 Ubicación de la planta de bombeo	39
4.6 Cálculo de altura total de succión	41
4.7 Determinación del búster	43
4.8 Selección de la bomba	44
4.9 Selección del equipo eléctrico	45
4.10 Golpe de ariete	46
CAPÍTULO V	
Balance económico	
Introducción	48
5.1 Costo de línea de conducción	49
5.2 Costo del equipo mecánico	54
5.3 Costo del equipo eléctrico	57
5.4 Costo total del proyecto	60
CONCLUSIONES	
	61
BIBLIOGRAFÍA	
	62

#### **OBJETIVO GENERAL:**

**Mejorar el abastecimiento de agua potable para el municipio de Tultepec Edo. Mex. ya que actualmente cuentan con una escasez de este vital líquido, con este proyecto un mejor desarrollo económico y social en dicha población**

#### **JUSTIFICACIÓN:**

Es de suma importancia que el consumidor de agua potable esté siempre satisfecho. En este caso el municipio de Tultepec Edo. Mex. cuenta con una escasa alimentación del agua potable, por tal motivo se plantea este proyecto ya que va a satisfacer el consumo de agua de este municipio, este proyecto se toma a partir de un sistema de bombeo ya existente por parte de la Comisión Nacional del agua que se encuentra en el lugar. El cual va ser el sistema de capitación de agua para el proyecto que se va realizar.

Para lograr este proyecto se necesitan analizar los siguientes aspectos fundamentales.

- 1.- Generalidades.
- 2.- Descripción del sistema y del equipo.
- 3.- Ingeniería básica.
- 4.- Selección del equipo.
- 5.- Balance económico.

CAPÍTULO I  
GENERALIDADES

## GENERALIDADES

### Antecedentes históricos

Tultepec quiere decir en el vocablo Mexica " en el cerro del tule" (tullin > tuie, tepetl > cerro).

Tultepec forma parte de los 122 municipios que forman el estado de México, se localiza en la región del valle de Cuatitlán Texcoco a una distancia de 38.5 Km al norte del Distrito Federal capital de la República Mexicana. Es un lugar caracterizado por un clima templado la mayor parte del año, accidentes orográficos muy pocos pronunciados

Los primeros asentamientos humanos se ubican en el período clásico aproximadamente entre los años 100 a 700 D.C. época en la que se desarrolló el valle de México. Tultepec se ubica en lo que fue el gran lago de Zumpango y Xaltocan mismo, que al irse desecando dejó terreno disponible para el abastecimiento de grupos humanos de origen chichimeca, tolteca, teotihuacanos y nahuas.

Tultepec forma parte del islote de Tlaxomulco situado en la región del antiguo lago de Xaltocan, donde se asentaban el señorío del mismo nombre, el cual, Tultepec estuvo sujeto a un breve lapso de tiempo años antes de la conquista hispana en América aproximadamente en los siglos XIV y XV Tultepec estuvo subordinado al señorío de Cuatitlán en un principio los pobladores de Tultepec, esta dominación se debió al hecho a que la población se ubicó en las faldas del cerro donde abundaba el tule, situación que definió la toponimia de este lugar Tultepec.

Con la llegada de los españoles América, las tierras recién conquistadas fueron repartidas en encomiendas a los capitanes y soldados que participaron en estas acciones. En un principio Tultepec fue encomendado al conquistador Alonso de Ávila Alvarado. Cuando murió, el poblado pasó a formar parte de las propiedades de la corona española. Los distintos grupos de tultepecas siguieron desarrollándose su cultura en lugar que hoy ocupa la cabecera municipal, además fueron conformados comunidades aledañas como San Miguel Tlaxomulco, San Francisco Tenopalco, Santiago Teyehualco y visitación quedando sujetos a la autoridad de Cuatitlán. Hacia 1876 con la puesta en práctica de las reformas borbónicas, Cuatitlán pasó a ser una subdelegación de la Intendencia de México como muchas poblaciones de nuestro país durante la época de la colonia y el transcurso del siglo XIX los litigios sobre el uso de la tierra y el agua eran constantes, ante reclamos de los indígenas de hacer válidos sus derechos sobre esos bienes. Se tiene noticias que del año de 1821 y en observancia de los preceptos a que a las colonias americanas se les otorgaba la libertad para elegir a las autoridades locales, don Pedro Perfilo Urban vecino de Tultepec solicitó para esta localidad la jerarquía de municipio con la libertad elegir su propio ayuntamiento y nace el municipio de Tultepec el 3 de mayo de 1821.

### Localización del sistema

El presente proyecto se realizará con el propósito de abastecer de agua potable a Tultepec Edo. Mex.

La población de Tultepec se encuentra al noroeste del estado de México coordinando en la parte sur con otros municipios que cuentan con un alto grado de industrialización y por la parte norte con municipios eminentemente agrícolas.

Las coordenadas extremas del municipio son:

Máxima 18° 41' 35" latitud norte y 99° 04' 36" longitud oeste  
Mínimas 19° 39' 08" latitud norte y 99° 04' 28" longitud oeste

Tiene una extensión territorial de 27.4 km<sup>2</sup> con una altitud sobre el nivel del mar de 2 mil 249 mts.(ver plano 1).

Tultepec tiene relación comercial con los municipios colindantes a través de las artesanías pirotécnicas que dan vida a mayoría de las actividades religiosas y cívicas que celebran cada uno de ellos.

Tultepec Edo. Mex. en el año de 1990 contaba con una población de 75000 habitantes índice que se incrementa para 1995 a 75996 habitantes lo que significa una tasa de crecimiento media anual de 3.75% para el año 2000 cuenta con una población de 103196 habitantes.

Actualmente el suministro de agua tiene rezagos en la entrega de agua en las diferentes localidades del municipio. Esto es debido al crecimiento demográfico con el actual proyecto se pretende abastecer la parte alta de Tultepec así como la zona de la cabecera municipal cubriendo así un 10% de la necesidad de agua en la población. Este proyecto cubrirá las actuales normas establecidas por la Comisión Nacional del agua.



GOBIERNO  
DEL  
ESTADO  
DE  
MEXICO



H. AYUNTAMIENTO  
DE  
TULTEPEC

SIMBOLOGIA

- ZONA 1 CABECERA MUNICIPAL
- ZONA 2 PARTE ALTA DE TULTEPEC
- ZONA 3 TEYAHUALCO Y COL.  
10 DE JUNIO
- ZONA 4 FRACCIONAMIENTO CTM  
REAL DE TULTEPEC

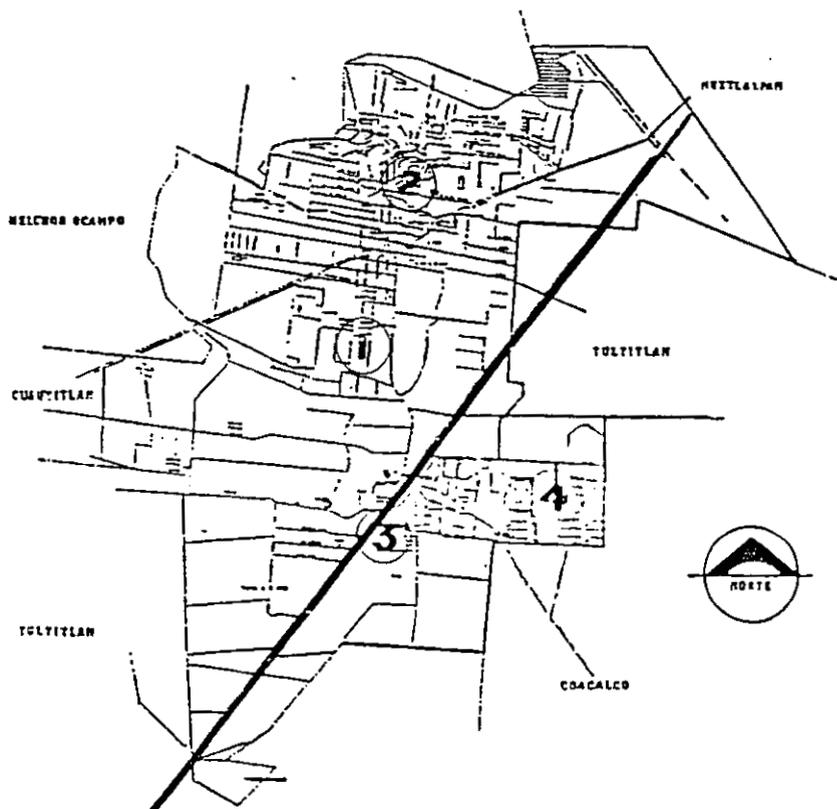
PLAN DE DESARROLLO  
MUNICIPAL (1997-2000)

TITULO  
CLASIFICACION DE PETICIONES.

LAMINA

ESCALA

ESCALA GRAFICA



## CAPÍTULO II

### DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA Y DEL EQUIPO

## DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA Y DEL EQUIPO

### 2.1 Fuente de captación

El presente proyecto tendrá su abastecimiento de agua de la batería de pozo que se encuentra ubicada en el canal castera ubicado en la zona delegaciones de Xahuento cabe mencionar que esta batería de pozos pertenece a la Comisión Nacional del agua.

La mayoría de la captación de agua será en el pozo #3 ya que este dará a razón de 40 l/s. Si por algún motivo el pozo #3 llegara a fallar siempre habrá captación de agua para la planta de bombeo ya que este pozo pertenece a una batería de pozos esta batería consta de 5 pozos de tipo profundo los cuales alimentan a la ciudad de México.

La Comisión Nacional del agua tiene como función principal estudiar y programar, construir y operar y conservar las instalaciones que sean necesarias para el abastecimiento de agua a nivel nacional.

Las actividades fundamentales de la Comisión Nacional del agua se resumen de la siguiente manera:

- 1) Realizar de acuerdos a las necesidades, estudios necesarios para programas y proyectar obras para el aprovechamiento de los recursos hidráulicos
- 2) Posteriormente para la realización de los proyectos la dirección general de construcción se encarga de llevar a cabo esto.
- 3) Cuando las obras han sido construidas en su totalidad, además de ser inspeccionada y aprobadas se procede a la entrega del área que debe operar y conservar todas y cada una de aquellas, estas obras están conformadas por la captación que se construyen en las fuentes, los acueductos, para la conducción de agua hasta los puntos de entrega los cuales se fijarán por un acuerdo entre CNA y las autoridades correspondientes en este caso sería CAEM (Comisión de Aguas del Estado de México).

En síntesis el sistema de Bombeo, consta de un pozo ya existente perteneciente a la comisión nacional del agua a donde será nuestra fuente de captación, una línea de conducción que viene de dicho pozo hacia la planta de bombeo con una distancia de 50m donde se iniciara sistema de bombeo propuesto. De la planta de bombeo al tanque de almacenamiento la longitud aproximada será 2.5 km. a donde terminara nuestro proyecto

### 2.2 Planta de rebombeo

La planta de bombeo estaría ubicada en el punto más estratégico, para su mejor operación será necesario tomar en cuenta las siguientes condiciones.

- a) Facilidad del acceso.
- b) Cercanía de las fuentes eléctricas.
- c) Disponibilidad del terreno adecuado.
- d) Cercanía de la zona urbana.

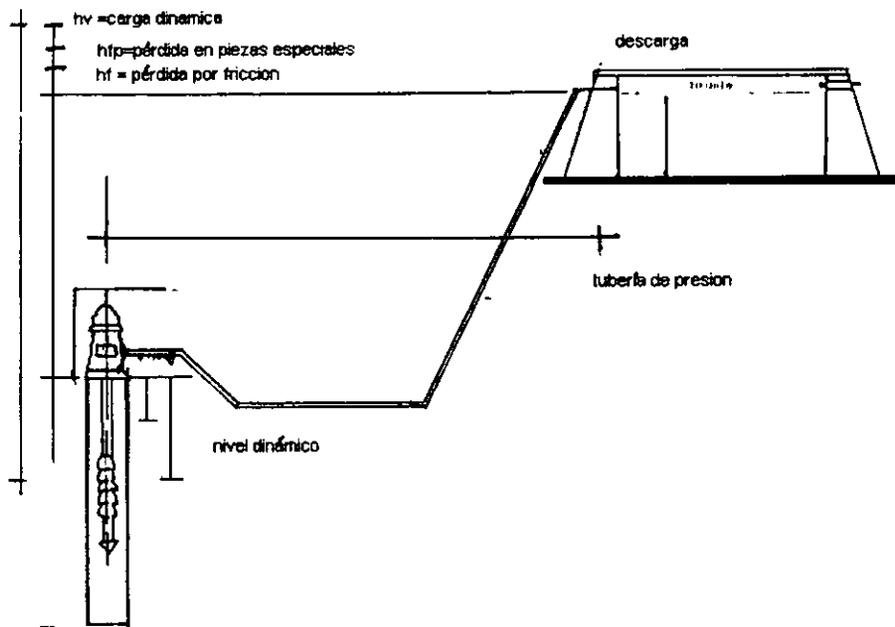
La planta de rebombeo para estas necesidades estará conformada por el siguiente equipo;

1. - Un búster (bomba de bote).
2. - Equipo mecánico de bombeo.
3. - Equipos de eléctricos.
4. - Equipos de desinfección.
5. - Equipos de medición de caudal.
6. - Equipo de protección.

A continuación se hace una breve descripción de las partes anteriores.

1. Búster: este será para almacenar  $12.56\text{m}^3$  de agua el tubo será de acero, con una tubería de alimentación del pozo hacia el búster y una tubería de descarga
2. Equipo mecánico de bombeo: lo constituye las unidades (bomba-motor) de bombeo instalados para proporcionar el gasto y la altura dinámica total requerida, así como los accesorios de control y protección (válvulas) antes de iniciarse la descarga común y los dispositivos de arranque.
3. Equipos eléctricos: para impulsar la bomba se empleará un motor eléctrico por lo que será necesario instalar una subestación eléctrica, lo cual tiene por objeto cambiar características de la energía aprovechada (generalmente alto o bajo voltaje) y suministrar la requerida por el equipo. La magnitud de la subestación dependerá principalmente de la potencia de cada motor y de la potencia total de la instalación, en proyectos pequeños (con menos de 100hp) bastará instalar un transformador comercial en el poste situado cerca de la caseta de controles cuando la potencia que demanda el sistema de bombeo es mayor a 100 KVA por razones técnicas y económicas se utilizará un transformador de piso puesto en la plataforma de concreto además en subestación habrá una caseta de controles para arranques o paros eléctricos.
4. Equipo de medición: siendo la medición del agua uno de los factores más importantes en la explotación de los acuíferos se hace necesario seleccionar un medidor con las características necesarias para llevar un control de consumo de operación.
5. Equipo de protección: son todos los aparatos que sirven para prevenir anomalías en el sistema eléctrico hidráulico y mecánico, como manómetros válvulas eliminadores de aire, golpe de ariete, fusibles de sobre carga etc.

(Ver lámina 1).



U.N.A.M.	CAMPUS ÁRAGON
TESIS PROFESIONAL	
ROBERTO VALENCIA G.	LÁMINA 1
MÉXICO D.F. 2001	

## CAPÍTULO III

### INGENIERÍA BÁSICA

## INGENIERIA BÁSICA

### 3.1 DEFINICIÓN DE UN SISTEMA DE BOMBEO

Quando en algún proyecto de suministros de agua potable se pretenden beneficiar a una zona urbana, es necesario que su tanque de almacenamiento y distribución se encuentre a una mayor altura, de manera que permita que la distribución se encuentre a una altura mayor que de esta manera permita la distribución se realice por gravedad, para lo cual se requiere un sistema de bombeo, que es la acción o serie de acciones que nos permite, conducción un fluido de un nivel inferior a uno superior, lo anterior origina en general la necesidad de construir las estructuras debidamente diseñadas y las instalaciones de un equipo de bombeo adecuado para el funcionamiento del sistema.

Para este caso en especial, la fuente de aprovechamiento será un pozo profundo cuyo caudal se conducirá hasta un buster de bombeo donde se inicia el presente proyecto.

En el presente capítulo tratamos la ingeniería que nos ayudará a resolver de una manera racional los problemas técnicos, que se presentan en el desarrollo del proyecto que nos ocupa. Esta ingeniería se basa en las leyes naturales que rigen el comportamiento de los fluidos que se encuentran en reposo o movimiento y que llamamos mecánica de fluidos.

En el principio se estudian los conceptos básicos del conocimiento de los fluidos y posteriormente se exponen las formas matemáticas de las leyes que nos permitirán resolver problemas tales como la determinación del caudal, determinación de diámetro de la tubería, selección de la bomba, cálculo de la potencia del motor y otros. La resolución de los problemas anteriores, resultado el establecimiento del sistema de bombeo eficiente y seguro que perseguimos.

### 3.2 FUERZA Y MASA

La fuerza.- es la acción externa que obra sobre un cuerpo sin importar su estado de reposo o movimiento

La masa.- de un cuerpo permanece invariable, cualquiera que sea el cambio ordinario, físico o químico a que se somete.

#### Kg. Masa y Kg. Fuerza

Estas dos magnitudes son causa de confusión y errores en la resolución de problemas. La raíz de la dificultad está en que comúnmente se emplea la misma palabra kilogramo, para dos magnitudes y dos conceptos distintos a estos son:

Kg. Masa.- es la masa del kilogramo patrón internacional, y depositado en el Bureau International de Pesas y Medidas de Sevres (Paris).

Kg. fuerza o kilopondio.- es la fuerza con que la tierra atrae a Kg masa en un lugar en que la aceleración de la gravedad es la gravedad estándar.

Gravedad estándar:  $g = 9.806604272 \text{ m/s}^2$  y aproximadamente corresponde al nivel del mar y a una altitud de 45°.

Si la ecuación fundamental de la mecánica es

$$\text{Fuerza} = \text{masa} \times \text{aceleración}$$

$$F = ma$$

La particularizamos al fenómeno de la gravedad tendremos

Peso=masa x aceleración de la gravedad

$$W= mg$$

### 3.3 definición de fluidos

Fluido es aquella sustancia que debido a su poca cohesión intermolecular carece de forma propia y adopta la forma del recipiente que lo contiene.

Los fluidos se clasifican en dos partes líquidos y gases.

Los líquidos al estar compuestos por una agrupación de moléculas muy cercanas con enormes fuerzas cohesivas tienden a conservar su volumen y formará la superficie libre en el campo gravitatorio si no está limitado por arriba. Los flujos con superficie libre están sometidos por efectos gravitatorios.

Los gases; como las moléculas de gas están muy separadas entre si, con una fuerza cohesiva despreciable, un gas es libre de expansionarse hasta que se encuentra paredes que lo confinan. Un gas no tiene volumen definido por si mismo, sin confinamiento, forma una atmósfera que es esencialmente hidrostática.

Los gases no forman superficies libres y en los flujos gaseosos raramente influyen otros efectos gravitatorios distintos de la flotabilidad.

Los líquidos ofrecen gran resistencia al cambio de volumen pero no de forma y los gases ofrecen poca resistencia al cambio de forma y volumen por lo tanto, el comportamiento de líquidos y gases es análogo en conductos cerrados pero no en conductos abiertos porque solo los líquidos son capaces de crear una superficie libre.

### 3.4 PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS

#### Peso específico

El peso específico es el peso por unidad de volumen

$$\gamma = w/v$$

donde w= peso en Kg.  
v= volumen en m<sup>3</sup>.

#### Densidad específica o absoluta

La densidad es la masa por unidad de volumen

$$\rho = M/V$$

M= masa en Kg. x seg<sup>2</sup>/m

V= volumen m<sup>3</sup>.

Y por tanto la unidad de  $\rho = \text{kg. x seg}^2/\text{m}^4$ .

Y como  $W= M \times g$  se deduce que:

$$\gamma = \rho g$$

### Densidad relativa

Densidad relativa es relación entre el peso, o masa, del cuerpo al peso o masa de un mismo volumen de agua destilada a la temperatura de 4°C esta relación es igual a los pesos específicos a las densidades del cuerpo y del agua a continuación se muestra la tabla 1 que demuestra la densidades relativas de algunos líquidos. (Ver tabla 1).

La densidad relativa del agua, como la de los demás líquidos varía también en la presión así como la densidad relativa del agua a 0°C y 500 atmósferas es 1.024 y a 0°C también y 400 atmósferas es 1.146 en la (tabla2) se muestra la densidad relativa del agua a diversas temperaturas.

### Volumen específico

El volumen específico es el recíproco del peso específico

$$v = 1/\gamma$$

o sea el volumen que ocupa 1kg de peso en la sustancia.

### Comprensibilidad

En los fluidos lo mismo que en los sólidos se verifica la ley fundamental de la elasticidad. El esfuerzo unitario principal es proporcional a la deformación unitaria en nuestro caso el esfuerzo unitario considerado es de compresión  $\Delta p$ :

La deformación unitaria es la deformación unitaria de volumen  $\Delta v/v$  por tanto, la ley anterior se traduce a la fórmula siguiente

$$\Delta p = -E \Delta v/v$$

donde  $\Delta p =$  es el esfuerzo unitario de compresión, en  $\text{kg/m}^2$ .

$v =$  volumen específico,  $\text{m}^3/\text{kg}$ .

$\Delta v =$  incremento del volumen específico,  $\text{kg/m}^2$ .

$E =$  modulo de elasticidad volumétrica,  $\text{kg/m}^2$ .

$E = 21000 \text{ kg/cm}^3$  para el agua dulce de 0 a 20 °C

### Viscosidad

Un sólido puede soportar esfuerzos normales de dos clases, de compresión y de tracción. Los líquidos solo pueden soportar esfuerzos de compresión pero no de tracción. Los sólidos y líquidos pueden estar sometidos a esfuerzos cortantes o esfuerzos tangenciales. Todos los cuerpos se deforman bajo la acción de las fuerzas tangenciales a las que están sometidas. En los cuerpos elásticos la deformación desaparece cuando deja de actuar la fuerza, en los fluidos la deformación aumenta constantemente bajo la acción del esfuerzo cortante por pequeña que este sea.

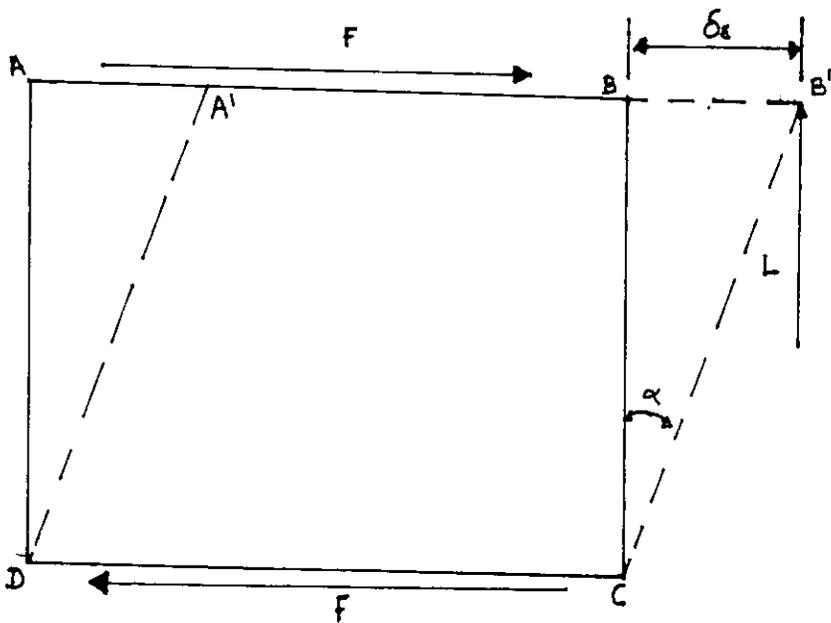
En efecto (ver lámina 2) un elemento A,B,C,D de forma rectangular en un campo sólido sujeto a un

TABLA 1.

liquido	Densidad relativa	T ° C
Agua dulce	1,00	4
Agua de mar	1.02-1.03	4
Petróleo bruto ligero	0.86-0.88	15
Petróleo bruto medio	0.88-0.90	15
Petróleo bruto pesado	0.92-0.93	15
Keroseno	0.79-0.82	15
Gasolina ordinaria	0.70-0.75	15
Aceite iúbricante	0.89-0.92	15
Fuel	0.89-0.94	15
Alcohol sin agua	0.79-0.80	15
Mercuro	13.6	0

TABLA 2

Temperatura °C	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Viscosidad dinámica	Viscosidad cinemática
0	999.8	178.7	1.787
2	999.9	167.1	1.671
10	999.7	130.5	1.307
20	998.2	100.2	1.0038
26	996.6	87.2	0.873
30	995.7	79.7	0.801
40	992.2	65.3	0.658
45	990.2	59.8	0.604
60	983.2	46.7	0.475



U.N.A.M.	CAMPUS ARAGÓN
TESIS PROFESIONAL	
ROBERTO VALENCIA G.	LÁMINA 2
MÉXICO D.F. 2001	

esfuerzo cortante si el elemento estuviera sujeto a una atracción experimental un aumento de longitud.

Pero el elemento está sujeto a un cambio de forma de rectángulo A,B,C,D al paralelogramo A, B, C, D. Se llama deformación unitaria por esfuerzo cortante a la expresión.

$$\epsilon_c = \delta c / L = \operatorname{tg} \alpha$$

la ecuación anterior corresponde en el esfuerzo cortante de la ecuación donde

$$S_c = G \epsilon_c$$

Donde  $S_c = F_c =$  esfuerzo cortante o esfuerzo de cizalladura  $\text{kg/m}^2$

$$G = \text{modulo de cizalladura } \text{kg/m}^2$$

$$\epsilon_c = \text{Deformación unitaria por cizalladura } \text{dimensional.}$$

Esta deformación crea una fuerza  $F_c$  igual y de sentido contrario y el cuerpo queda en equilibrio; la deformación no sigue aumentando. Por el contrario, en un fluido sometido a un esfuerzo cortante se deforma continuamente.

Supongamos un film de aceite de espesor ya comprendido entre dos placas paralelas, la inferior fija y la superior libre sobre la placa superior actúa una fuerza tangencial constante  $F$ . La experiencia enseña que la placa se desplaza paralelamente a sí misma con una velocidad  $V_0$  (ver lámina 3) dividamos mentalmente el film del fluido en capas infinitesimales paralelas a las placas de espesor  $dy$ . La experiencia confirma que en virtud del rozamiento la capa del fluido contigua a la placa inferior fija se mantiene en reposo a la capa de fluido en contacto con la placa superior móvil se pone en movimiento con la misma velocidad  $V_0$  que la placa. Las placas intermedias deslizan unas sobre otras como deslizan las hojas de un libro colocado horizontalmente sobre la mesa al aplicar sobre las hojas superior una fuerza también horizontal para mantener fija la placa inferior es menester aplicar una fuerza  $F$ .

La ley descubierta por Newton que rige este fenómeno afirma que la fuerza  $F$  es proporcional a la superficie de la placa en movimiento al gradiente de la velocidad y a un coeficiente  $\mu$  que se denomina viscosidad absoluta o viscosidad dinámica

$$F = A v \, dv/dy$$

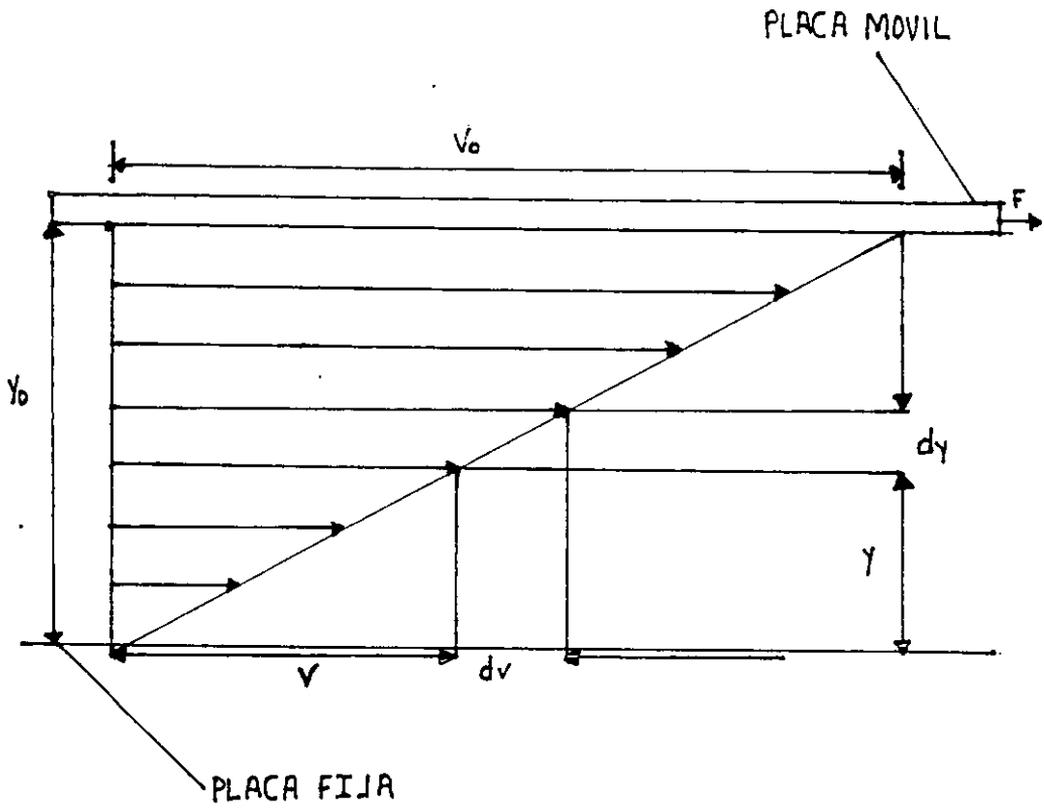
O bien siendo por definición  $F/A$  el esfuerzo unitario cortante que llamaremos  $T$

$$T = \mu \, dv/dy$$

Si la corriente es laminar el gradiente de velocidad es constante en todo el espesor del film de aceite y por tanto  $V_0/y_0 = dv/dy$ , con lo que se obtiene la ecuación.

$$\mu = F y_0 / A v_0$$

un fluido no ofrece resistencia a la deformación por esfuerzo cortante esta es la característica que distingue esencialmente un fluido de un sólido.



U.N.A.M.	CAMPUS ARAGÓN
TESIS PROFESIONAL	
ROBERTO VALENCIA G	LÁMINA 3
MÉXICO D.F. 2001	

### Tensión superficial

La tensión superficial es una fuerza que como su nombre lo indica produce efectos de tensión en la superficie de los líquidos, allí donde el fluido entra en contacto con otro fluido o con un contorno sólido. El origen de esta fuerza la cohesión intermolecular y la fuerza de adhesión del fluido sólido.

En la superficie libre de un líquido que es por lo tanto la superficie de contacto entre dos fluidos, líquido, aire, la tensión superficial se manifiesta con su líquido creará allí una fina membrana.

### 3.5 Presión

Es la fuerza ejercida por unidad de área. Puede describirse como una medida de la intensidad de la fuerza en un punto cualquiera sobre la superficie. Cuando una fuerza esta distribuida uniformemente sobre un área, la presión será la misma sobre cualquier punto de la superficie. (ver lámina.4)

$$P = W/A$$

P= presión.

W= peso kg.

A= area m<sup>2</sup>.

### Presión atmosférica

Sobre la superficie libre de un líquido reina la presión del gas que sobre ella existe. Esta presión puede adquirir un valor cualquiera en un recipiente cerrado pero si el recipiente está abierto sobre la superficie libre del líquido reina la presión atmosférica Pa debido al peso de la columna de aire que gravita sobre el fluido.

La presión atmosférica varía con la temperatura y la altitud

Atmósfera normal 1.0333 kg/cm<sup>2</sup>.

Atmósfera técnica 1 kg/cm<sup>2</sup>.

Atmósfera local y temporal presión atmosférica reinante en un lugar y tiempo determinado.

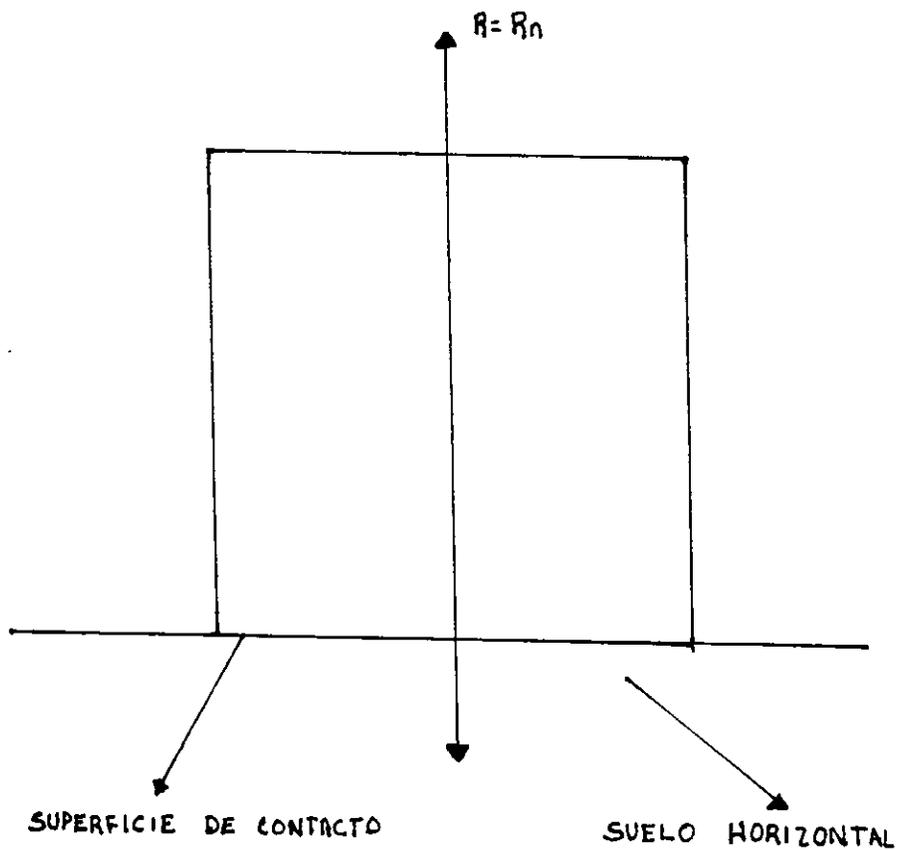
### Presión absoluta y presión relativa

La presión en cualquier sistema de unidades se puede expresar como presión absoluta o como presión relativa. Esta denominación no afecta a la unidad sino al cero de la escala.

La presión absoluta se mide en relación al 0 vacío absoluto y la presiones relativas con relación a la atmósfera

De aquí resulta la ecuación fundamental

$$P_a = P_r + P_b$$



UNAM	CAMPUS ARAGÓN
TESIS PROFESIONAL	
ROBERTO VALENCIA G	LÁMINA 4
MÉXICO D.F. 2001	

$P_a$  = presión absoluta  $\text{kg/cm}^2$ .  
 $P_r$  = presión relativa  $\text{kg/m}^2$ .  
 $P_b$  = presión atmosférica local o barométrica  $\text{kg/m}^2$ .

### 3.6 Ecuaciones fundamentales del movimiento de los fluido

#### Caudal

Caudal  $q$  es el volumen de fluido por unidad de tiempo que pasa a través de una sección transversal a la corriente.

Unidades  $Q = \text{m}^3/\text{seg}$

Si la velocidad de la corriente  $C$  es paralela a la superficie  $A$  (vertical como se ve en la lámina 5) o también inclinada pero paralela a la superficie el caudal que lo atraviesa es nulo. Si la velocidad  $c$  tiene cualquier otra dirección descomponiendo tres ejes dos paralelos a la superficie y el terreno normal a la misma solo el componente normal  $C_n$  produce caudal si la superficie a través del cual se calcula el caudal finita es evidente que la dirección de la velocidad puede variar de un punto a otro de la misma y además de la superficie no puede ser plana.

#### Ecuación de la continuidad

Se trata solamente de los regímenes permanentes.

#### Ecuación de la continuidad para un hilo de corriente

(ver lámina 5) Se muestra el hilo de corriente este tiene las siguientes propiedades:

- a) No entra ni sale fluido lateralmente porque la velocidad es tangencial al hilo de corriente.
- b) En régimen permanente el hilo de corriente es estacionario
- c) No se crea ni se destruye masa, ni puede haber concentración o dilución de masa en ninguna sección del mismo, porque ello supondría aumento o disminución de densidad del fluido en dicha sección lo que es posible en régimen permanente luego la masa que entre en el tubo infinitesimal es igual a la masa que sale por tanto:

$$P_1 C_1 dA_1 = P_2 C_2 dA_2 = P_3 C_3 dA_3$$

Donde  $C_1$ ,  $C_2$  y  $C_3$  componentes normales de velocidad en la sección 1, 2 y 3 por lo tanto tendremos la ecuación de la continuidad para un fluido incompresible y un hilo de corriente

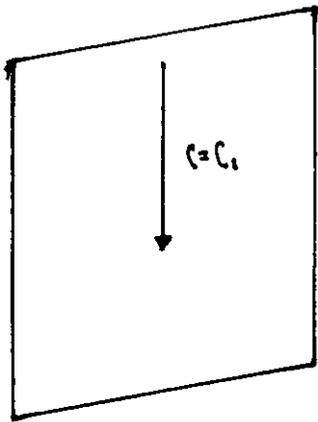
$$DQ = c \, dA = C$$

Solo el fluido incompresible el caudal volumétrico que atraviesa una sección transversal cualquiera de un filamento de corriente es constante; pero en todo fluido tanto compresible como incompresible el caudal másico es constante.

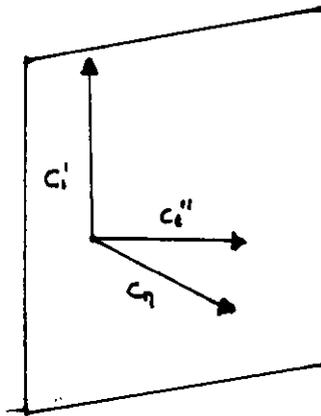
#### Ecuación de la continuidad de fluido incompresible para un tubo de corriente.

La ecuación de continuidad para un tubo de corriente y un fluido incompresible es:

Donde  $Q$  = Caudal Volumétrico.  
 $A$  = Area de una sección transversal del tubo.  
 $C$  = Velocidad media normal a la sección considerada.



$$Q = 0$$



$$Q = C_n \cdot A$$

U.N.A.M	CAMPUS ARAGÓN
TESIS PROFESIONAL	
ROBERTO VALENCIA G.	LÁMINA <b>5</b>
MÉXICO D.F. 2001	

### Clasificación de energías de un fluido incompresible.

Antiguamente la energía se definió así: capacidad de un cuerpo de realizar trabajo mecánico. Posteriormente se demostró la equivalencia del calor y trabajo mecánico. La energía puede revestir formas muy diversas, que según la ley universal de conservación de la energía o primer principio de la termodinámica pueden transformarse, unas en otras. Quizás la manera más clara, si no la más lógica, de definir la energía sería el describir las distintas formas de energía, que será el procedimiento que seguiremos nosotros.

### Energía potencial geodésica.

Energía potencial geodésica es igual al trabajo que la fuerza de gravedad puede ejercer cuando su altura desciende de  $Z_1$  a  $Z_2$ . Cuando el líquido se remonta, con una bomba por ejemplo el nivel inferior  $Z_2$  al superior  $Z_1$ , es preciso ejercer sobre el un trabajo contra la fuerza de gravedad igual y de sentido contrario que se transforma en lo susodicha energía potencial. Las alturas se refieren a lo mismo en hidrostática, a un plano de referencia  $Z=0$  siendo la fuerza de gravedad igual al peso del fluido.

$$W = \rho g V \text{ se tiene}$$

$$\text{Energía geodésica total} \quad E_z = \rho g V z$$

$$\text{Energía geodésica específica} \quad e_z = \rho g V / \rho V z = g z$$

$$\text{Unidades (m}^2/\text{s}^2\text{)}$$

### Energía de presión

En el cilindro ( ver lámina 6) el aceite a una presión  $P_1$  que supondremos constante, desplaza el émbolo de superficie  $A$  venciendo la resistencia  $F_1$  y recorriendo su espacio  $X$ . El trabajo que realiza el fluido es

$$T = p a x = p V$$

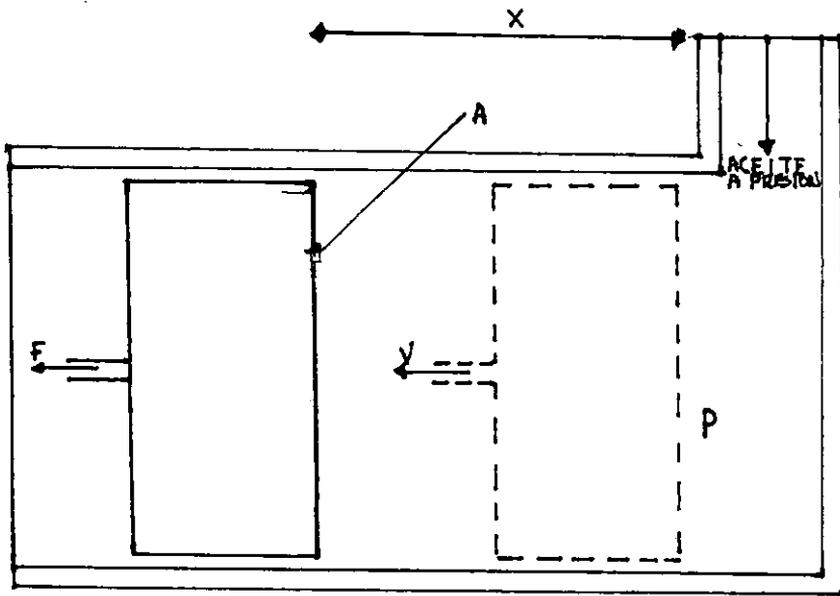
Donde  $V = Ax$  es el volumen barrido del pistón este trabajo se ha realizado a costa de energía de presión que un volumen  $V$  de aceite a la presión  $p$  poseía en el tanque de aceite antes del desplazamiento del émbolo luego el volumen  $V$  de aceite a la presión  $p$  posee la energía de presión  $pV$  se tiene por tanto:

$$E_p = pV = p p V / P = p \text{ m}/p$$

La energía total de presión es pues

$$E_p = p/p \text{ m}$$

Energía específica será



U.N.A.M.	CAMPUS ARAGÓN
TESIS PROFESIONAL	
ROBERTO VALENCIA G.	LÁMINA <b>G</b>
MÉXICO D.F. 2001	

$$e_p = p/\rho$$

La energía cinética total de  $m$  kg de fluido es

$$E_v = m \cdot (V^2/2)$$

Donde  $m$  es la masa total del fluido la energía cinética específica será

$$e_w = V^2/2$$

unidades  $m^2/s^2$

#### Ecuación de Bernoulli generalizada

Si la corriente atraviesa una o varias máquinas que le suministra energía (bombas) experimenta un incremento de energía que expresada en forma de altura, la llamaremos  $\sum h_b$ . Así mismo si la corriente una o varias máquinas a las que la energía que expresada en forma de altura la llamaremos  $-\sum h_t$ . Por tanto;

La energía de un fluido en el punto 1 la energía perdida entre el punto 1 y el punto 2 + la energía suministrada al fluido por las bombas que haya entre el punto 1 y el punto 2 = la energía cedida por el fluido a las turbinas o motores que haya entre el punto 1 y el punto 2 ha de ser igual a la energía en el punto 2. En hidráulica se prefiere como hemos dicho expresar todas estas energías en forma de alturas equivalentes (dividiendo todos los términos por  $g$ ) expresado el párrafo anterior mediante una ecuación tiene la siguiente ecuación

$$(P_1/\gamma) + Z_1 + (V_1^2/2g) - \sum H_{r1,2} + \sum H_b - \sum H_t = (P_2/\gamma) + Z_2 + (V_2^2/2g)$$

donde  $P_1/\gamma$ ,  $P_2/\gamma$  = alturas de presión.

$Z_1$ ,  $Z_2$  = alturas geodésicas.

$V_1^2/2g$ ,  $V_2^2/2g$  = alturas de velocidad.

$\sum H_{r1,2}$  = suma de todas las pérdidas hidráulicas entre 1 y 2.

$\sum H_b$  = suma de los incrementos de alturas proporcionados por las bombas instaladas entre 1 y 2.

$\sum H_t$  = suma de los incrementos de altura absorbida por los motores de turbina instalados en 1 y 2.

además

$P_1/\gamma + Z_1 = h_1$  = alturas piezométrica en el punto 1.

$$P_1 / \gamma + Z_1 + V_1^2 / 2g = H = \text{altura total del punto 1.}$$

Si no hay pérdidas (fluido ideal) ni cesión (turbina) de energía, la energía de (altura) total de corriente permanece constante:

$$H = C \text{ (constante de Bernoulli)}$$

Si hay pérdidas y no hay adición (bomba) de energía la energía de (altura) total de la corriente disminuye siempre en el sentido de la misma:

$$H_2 = P_2 / \gamma + Z_2 + V_2^2 / 2g < H_1 = P_1 / \gamma + Z_1 + V_1^2 / 2g$$

Luego de aplicar la ecuación el punto 1 se escogerá siempre aguas arriba y el punto 2 aguas debajo de la corriente.

H únicamente puede aumentar en dirección de la corriente si en el circuito de la bomba.

### 3.7 Leyes de semejanza de las bombas

Las consideraciones de semejanzas en las máquinas hidrodinámica tiene por objeto describir el funcionamiento de cierta máquina. Por comparación con el funcionamiento experimental de otra máquina modelación geométrica similar o para la misma máquina.

A la cual se ha cambiado algunas características tal como la velocidad las relaciones suponiendo que los gastos y las alturas manométricas son aquellas que permiten obtener la eficiencia máxima son los siguientes.

Con el diámetro "D" del impulsor constante

- a)  $Q_1 / Q_2 = N_1 / N_2$
- b)  $H_1 / H_2 = N_1^2 / N_2^2$
- c)  $HP_1 / HP_2 = N_1^3 / N_2^3$

Velocidad N constante

- a)  $Q_1 / Q_2 = D_1 / D_2$
- b)  $H_1 / H_2 = (D_1 / D_2)^2$
- c)  $HP_1 / HP_2 = (D_1 / D_2)^3$

Donde :

Q = capacidad en  $m^3 / s$ .

H = carga total en m.

HP = potencia al freno Hp.

N = velocidad de rotación rpm.

Cuando se conocen las características de funcionamiento  $Q, H, H_p$ , a la velocidad  $N_1$  o diámetro  $D_1$ , las formulas anteriores pueden utilizarse para estimar el funcionamiento  $Q_2, H_2, H_{p2}$  a otra velocidad y cambios pequeños en el diámetro del impulsor la eficiencia permanece casi constante

### 3.8 Flujo de tuberías

Por principio de acción o reacción el cuerpo ejerce sobre el fluido una fuerza igual y de sentido contrario a la que el fluido ejerce sobre el sólido. Es decir el fenómeno de la resistencia de un sólido experimenta al moverse un fluido es análogo al de la resistencia que un fluido experimenta al moverse en el interior de una salida, como una tubería.

#### Paradoja de D'Alembert

Si un cilindro se mueve con una velocidad constante  $V_\infty$  de derecha a izquierda en un fluido en reposo dinámicamente nada varía si sumando al fluido y al cilindro una velocidad igual y de sentido contrario el cilindro queda en reposo y el fluido se mueve de izquierda a derecha con velocidad  $V_\infty$ : caso representado en (lámina 7) suponemos que el fluido es ideal, e irrotacional por tanto en la lámina 7 representa el caso del cilindro circular corriente uniforme de un fluido ideal e irrotacional.

La siguiente ecuación permite hallar las secuencias de las líneas de corriente:

$$V_s = 2 V_\infty \sin\theta$$

Donde:

$V_s$  = velocidad del fluido en un punto de superficie del cilindro.

$V_\infty$  = velocidad de la corriente perturbada, o velocidad en el infinito.

$\theta$  = ángulo que fija la posición del punto del cilindro.

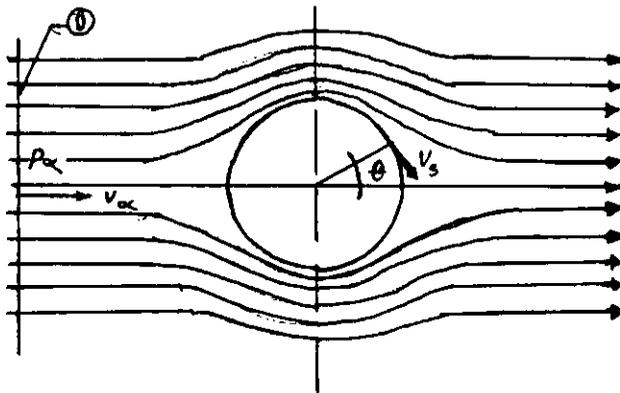
Un cilindro se movería en un fluido ideal sin experimentar resistencia alguna. Ahora bien, el fluido ideal es cuya viscosidad  $\mu = 0$  pero nos encontramos con el hecho paradójico de que el agua y el aire siendo muy poco viscosos ofrecen un cilindro en movimiento una gran resistencia.

La experimentación de esta paradoja nos conduce lógicamente a dos conceptos de primordial importancia en mecánica de fluidos: la capa límite y el desprendimiento de la capa límite.

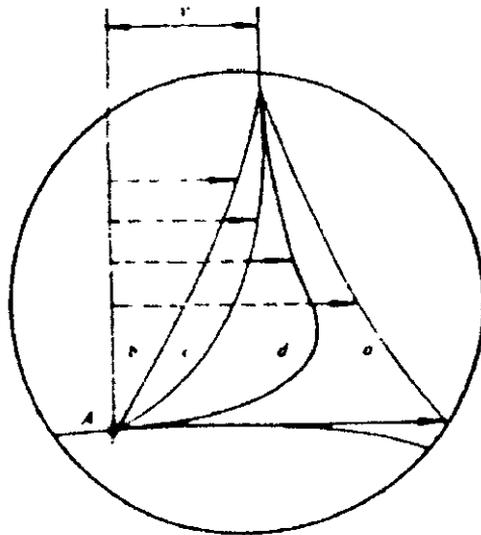
#### Capa límite

La capa límite encuentra su aplicación precisamente en los fluidos pocos viscosos como el aire y el agua, y por tanto son una teoría fundamental en la hidrodinámica. Una observación microscópica representada (en lámina 8) nos releva según el caso una de las distribuciones de velocidades siguientes, en una película muy fina (capa límite).

- Si el fluido fuera ideal de una distribución de la velocidad como la curva a.
- Si los efectos de la viscosidad son muy apreciables (numero de Reynolds bajo) la distribución de las velocidades es parabólica y se representan en la curva b.
- Si los efectos de la viscosidad son muy poco apreciables ( numero de Reynolds alto) la distribución de las velocidades es logarítmica y se representa en la curva c, representa un caso intermedio.



U.N.A.M.	CAMPUS ARAGÓN
TESIS PROFESIONAL	
ROBERTO VALENCIA G.	LÁMINA 7
MÉXICO D.F. 2001	



U.N.A.M.	CAMPUS ARAGÓN
TESIS PROFESIONAL	
ROBERTO VALENCIA G.	LÁMINA 8
MÉXICO D.F. 2001	

d) la curva d solo diverge de la curva ideal o una película muy fina esta película se denomina capa límite. El aire y el agua realizan con frecuencias curvas del tipo d.

Esta capa límite tiene un espesor muy pequeño del orden de micras o mm, según los casos; en ella se hace sentir intensamente los efectos de la viscosidad y rozamiento aunque  $\mu$  sea pequeño, porque el gradiente de velocidades es grande.

#### Régimen laminar y turbulento

Si dividimos los regímenes de corriente en permanentes y variables, y tanto unos como otros en uniformes y no uniformes todos ellos, como ya dijimos, se refieren por decirlo así a la corriente observada microscópicamente.

La clasificación de los regímenes de corriente laminar y turbulento.

#### Régimen laminar

Este movimiento es ordenado, estratificado; el fluido se mueve como clasificado en capas que no se mezclan entre sí. El fluido no se desplaza como un cilindro que se desliza en el interior de la tubería estacionaria de sección circular sino como se representan en la (lámina 9) en forma de tubos concéntricos cilindricos que deslizan unos con relación exterior del fluido queda adherido siempre en la tubería su velocidad es cero. La velocidad de desplazamiento del núcleo interior es máxima.

La distribución de velocidades en el régimen laminar en una tubería es parabólica y la ecuación de la parábola es;

$$\Delta p = 32\mu LV/D^2$$

#### Régimen turbulento

El movimiento en régimen turbulento es caótico. Las partículas se mueven desordenadamente y las trayectorias de las partículas se entrecruzan formando pequeños remolinos aperiódicos. (ver lámina 9) se da una representación del régimen turbulento

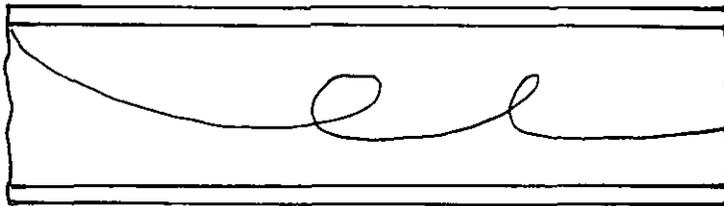
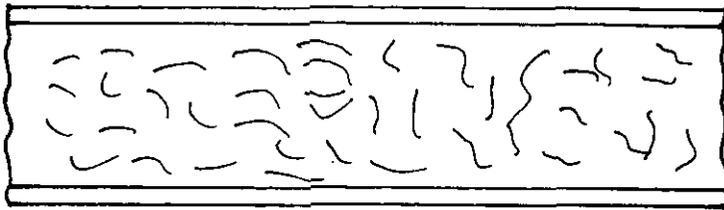
No es menester que haya remolinos observables microscópicamente para que sea del movimiento turbulento. Microscópicamente el movimiento puede ser suave y uniforme. Aquí existirá un esfuerzo cortante y su ecuación será.

$$\tau = \eta \, dv/dy$$

$\tau$  = esfuerzo cortante medio.

$\eta$  = viscosidad llamada remolino.

$v$  = valor medio temporal de la velocidad en un punto cualquiera.



U.N.A.M.	CAMPUS ARAGÓN
TESIS PROFESIONAL	
ROBERTO VALENCIA G.	LÁMINA 9
MÉXICO D.F. 2001	

Su distribución de velocidades en régimen turbulento en una tubería es logarítmica (ver lámina 10) en la curva de la derecha como se ve en la lámina la velocidad en toda la sección transversal es mucho más uniforme que en el régimen laminar. Sin embargo las velocidades que en la curva de la derecha se ven en la (lámina 10) son las velocidades medias temporales. En la curva de la izquierda de la (lámina 10) se representan la distribución de velocidades en un instante determinado que es totalmente irregular como corresponde al régimen turbulento

#### Capa límite laminar y turbulenta

(ver lámina 11) representa una placa fija con borde de ataque afilado sumergida en una corriente uniforme en el infinito cuya velocidad en el infinito es  $v_{\infty}$  paralela a la placa. El fluido en contacto con la placa por adherencia queda fijo, y las sucesivas sufren un frenado. A medida que la corriente avanza por la placa más capas del fluido quedan afectadas por este frenado.

El espesor  $\delta$  de la capa límite dibujado (en lámina 11) suele definirse convencionalmente como la distancia desde la superficie al punto de la velocidad defiere de la velocidad correspondiente al fluido ideal en un 1 % en el caso representado en (lámina 11) a una distancia  $X_1$  el flujo laminar se hace inestable y comienza a desarrollarse la turbulencia en el interior de la capa límite a una distancia  $X_2$  la capa límite es francamente turbulenta.

#### Numero de Reynolds

El número de Reynolds es dado por la ecuación

$$R = VD / \nu$$

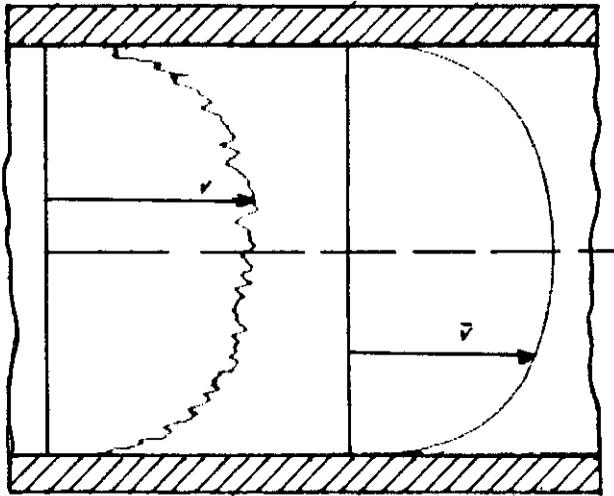
D = diámetro de la tubería, que en este caso permanece constante

$\nu$  = viscosidad cinemática del agua.

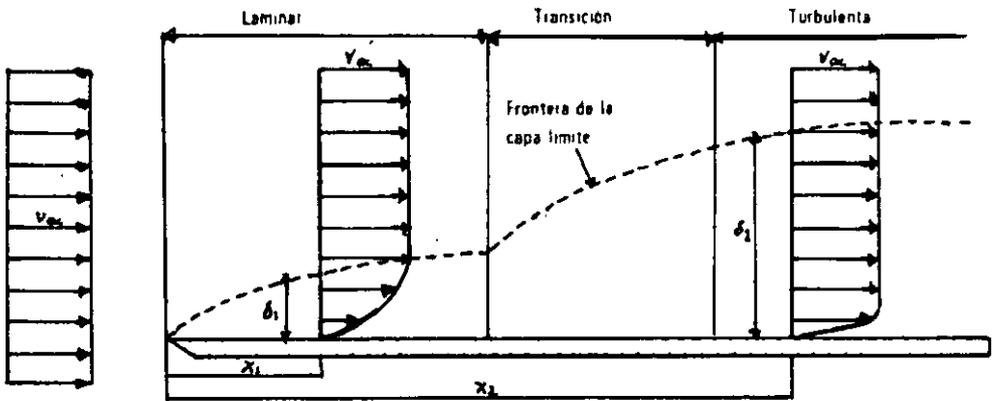
Reynolds llevó acabo una serie de experimentos con el aparato que se esquematiza este es un tubo de cristal con su boca abocinada termina en una válvula. En el tubo entra agua desde un recipiente en reposo a una velocidad controlada por dicha válvula. El pequeño deposito tiene un colorante fuerte, por ejemplo anilina, que se inyecta a la entrada del tubo de vidrio por un tubito terminado en una boquilla número de Reynolds en la corriente del tubo de vidrio aumenta de una manera continua al abrir la válvula; en efecto, al abrir entonces aumenta el caudal con el aumento  $V$ , por tanto el número de Reynolds. Se abre poco a poco la válvula y se observa la corriente

- Al principio el hilo de corriente visible para el colorante es prácticamente una línea recta.
- Luego que una válvula suficientemente abierta se empieza a reformar remolinos agua abajo junto a la válvula mezclándose allí el colorante con el agua comienza la turbulencia.
- Finalmente los remolinos se propagan por todo el tubo intensificándose la mezcla de colorante y que dando todo el tubo coloreado corriente truburbulenta

Cuando el número de Reynolds es  $R > 12000$  la corriente es turbulenta 12000 seria el numero crítico superior de Reynolds.



U.N.A.M.	CAMPUS ARAGÓN
TESIS PROFESIONAL	
ROBERTO VALENCIA G.	LÁMINA 10
MÉXICO D.F. 2001	



U.N.A.M.	CAMPUS ARAGÓN
TESIS PROFESIONAL	
ROBERTO VALENCIA G.	LÁMINA 11
MÉXICO D.F. 2001	

Cuando el número de Reynolds es  $\geq 2000$  la corriente es laminar es el número de Reynolds crítico inferior.

### 3.9 Pérdidas por rozamiento y ecuaciones utilizadas

Los conductos se utilizan para transportar fluidos son de dos clases:

- Conductos cerrados o tuberías en los cuales el fluido se encuentra bajo presión o depresión
- Conductos abiertos o canales.

#### Pérdidas primarias en tubería

Las pérdidas de carga en las tuberías son de dos clases primarias y secundarias. Las pérdidas primarias son las pérdidas de superficie en el contacto del fluido con la tubería (capa límite) rozamiento de una capa de fluido con otras (régimen laminar) o de partículas de fluido entre sí (régimen turbulento) tiene lugar un flujo uniforme, por tanto principalmente en los tramos de la tubería de sección constante, supongamos una tubería horizontal de diámetro  $D$  (ver lámina 12) por lo que circula el fluido cualquiera, cuya velocidad media en la tubería es  $V$ . La energía en el punto 2 será igual a la energía en el punto 1 menos la energía perdida entre los puntos 1 y 2, o sea según la ecuación de Bernoulli en la forma

$$(P_1 / \gamma) + Z_1 + (V_1^2 / 2g) - H_{r1,2} = (P_2 / \gamma) + Z_2 + (V_2^2 / 2g)$$

en caso particular:

$$Z_1 = Z_2 \text{ (tubería horizontal) y } V_1 = V_2 \text{ (sección transversal)}$$

$$\text{Luego } (P_1 - P_2 / \gamma) = H_{r1,2}$$

#### Ecuación general de las pérdidas primarias

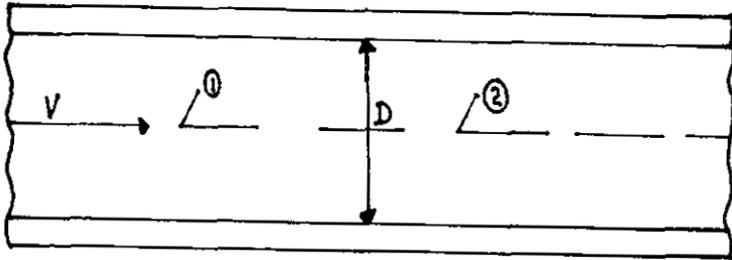
Ecuación de Darcy – Weisbach

A fines del siglo pasado experimentos realizados con tuberías de agua de diámetro constante demostraron que las pérdidas de carga era directamente proporcional al cuadrado de la velocidad media de la tubería y la longitud de la tubería e inversamente proporcional al diámetro de la misma. La fórmula fundamental que expresa lo anterior es la ecuación de Darcy – Weisbach.

$$H_{rp} = \lambda (L/D) (V^2 / 2g)$$

$H_{rp}$  = pérdidas de carga primaria  
 $\lambda$  = coeficiente de pérdidas de carga.  
 $L$  = longitud de la tubería.  
 $D$  = diámetro de la tubería.  
 $V$  = velocidad media del fluido.

#### Diagrama de Moody



U.N.A.M.	CAMPUS ARAGÓN
TESIS PROFESIONAL	
ROBERTO VALENCIA G	LÁMINA 12
MÉXICO D.F. 2001	

Modernamente, a partir aproximadamente de 1940 se usa cada vez más en el mundo entero un ábaco llamado diagrama de Moody.

- Resuelve todos los problemas de pérdidas de carga primarias en tubería con cualquier diámetro, cualquier material de tubería y cualquier caudal.
- Puede emplearse con tuberías de sección no circular sustituyendo el diámetro  $D$  por el radio hidráulico  $R_h = D/4$ .
- Se usa para determinar el coeficiente  $\lambda$ , el cual se lleva a la ecuación Darcy - Weisbach.

#### Cálculo de coeficientes pérdidas primarias

Todos los casos pueden representarse y pueden reducirse a estos cuatros.

Régimen laminar:

- Tuberías lisas ( $K/D = 0$  tuberías de vidrio o cobre).
- Tuberías rugosas: tuberías de hierro, hormigón, etc.

Régimen turbulento:

- Con tuberías lisas.
- Con tuberías rugosas.

#### Cálculo de régimen laminar: fórmula de Poiseuille

La corriente en el flujo laminar es relativamente lenta, la viscosidad relativamente grande, y la corriente no es perturbada por las protuberancias del contrario más aun, si se inicia una turbulencia la viscosidad se destruye en régimen laminar  $\lambda$  no es función de rugosidad. La ecuación de Poiseuille para tuberías lisas y rugosas

$$\Delta p = 32\mu LV / D^2$$

Dos puntos importantes en esta ecuación:

- La ecuación de Poiseuille demuestra que la pérdida de carga en régimen laminar en tuberías tanto lisas como rugosas es directamente proporcional a la primera potencia de la velocidad.
- Que para el número de Reynolds  $R > 2000$  solo es válida si sigue siendo laminar.

#### Fórmula para el cálculo de $\lambda$ en régimen turbulento y tuberías lisas para $R \geq 100000$

Ecuación de Karman- Prandtl

$$(1/\sqrt{\lambda}) = 2 \log_{10} R \sqrt{\lambda} - 0.8$$

#### Cálculo de régimen turbulento en tuberías rugosas

- Si el número de Reynolds es bajo ( $R < 2000$ , o  $R > 2000$  pero de manera que el flujo se laminar) la rugosidad no influye en la pérdida de carga.

$$\lambda = F(R)$$

- Si el número de Reynolds es elevado por el contrario de  $\lambda$  deja de ser función de  $R$  y se tiene  $\lambda = f(K/D)$

b) Si el número de Reynolds tiene un valor intermedio se tendrá en general

$$\lambda = F(\Re (k/D))$$

En las tuberías comerciales pueden ocurrir los tres casos expresados por la ecuación en una zona de transición (en que  $\lambda = F(\Re \text{ y } k/D)$ ) se cumple la ecuación de Colé Brook White

$$1/\lambda = 2 \log_{10} [(k/r) / (7.4) + 2.51 / \Re \sqrt{\lambda}]$$

Esta ecuación dada, es la fórmula universal de pérdidas de carga en los conductos industriales. Cuando el número de Reynolds tanto mas elevados cuanto la tubería es más rugosa se cumple la ecuación de Karman - Prandtl

$$1/\sqrt{\lambda} = 2 \log_{10} r/k + 1.74$$

#### Pérdidas secundarias en la tubería

Las pérdidas secundarias son las pérdidas de forma, que tienen lugar en las transiciones, codos, válvulas y en toda clase de tuberías.

Estos elementos producen una perturbación de la corriente que origina remolinos y desprendimientos que intensifican las pérdidas secundarias se pueden calcular por dos métodos primer método, por una fórmula especial y un coeficiente de pérdidas adimensionales de pérdidas secundarias Segundo método, por la misma fórmula de las pérdidas primarias sustituyendo en dicha fórmula la longitud de la tubería, L por la longitud equivalente Le.

#### Ecuación fundamental de las pérdidas secundarias

$$Hrs = \xi (V^2/2g)$$

Donde Hrs = pérdidas secundarias.

$\xi$  = coeficiente adimensional de pérdidas secundarias.

V = velocidad media en las tuberías se trata de codos válvulas

Coeficiente total de pérdidas  $\xi_e$ .

La ecuación fundamental de las pérdidas secundarias tiene la misma forma que la de las pérdidas primarias si se hace esta última

$$\lambda L/D = \xi_e$$

Las pérdidas secundarias tendrán lugar en accesos distintos (válvulas, codos etc) cada uno en general con V distinta pero todos expresan según la forma

$$Hr = \xi_i (V^2/2g)$$

Donde

$$\xi_e = \xi_1 + \xi_2 + \dots + \xi_n + \lambda L/D$$

### Segundo método longitud de tubería equivalente

Este método consiste en catalogar las pérdidas secundarias en la forma de longitudes equivalentes es decir la longitud en metros de un trozo de tubería del mismo diámetro que producirá la misma pérdida de carga que el accesorio en cuestión a continuación se aplicara la ecuación fundamental de las pérdidas primarias en la sig. forma

$$H_r = \lambda \cdot [(L + \sum L_e) / D] (V^2 / 2g)$$

$H_r$  = suma total de pérdidas.

$\lambda$  = coeficiente de pérdidas del diagrama de Moody.

$L$  = longitud total de todos los tramos en tubería.

$\sum L_e$  = suma de todas las longitudes equivalentes a los accesorios diversos.

$V$  = velocidad media de la tubería.

### Formula de Hazen Williams

La formula de Hazen Williams para el flujo de agua a través de tubos a temperatura ordinarias es la descrita a continuación:

$$V = 0.8484 C_1 R_h^{0.63} S^{0.54}$$

Donde :

V = velocidad m/s.

$R_h$  = radio hidráulico.

S = pendiente de la línea de altura piezometrica.

$C_1$  = coeficiente de rugosidad relativa de Hazen Williams

La ventaja principal de Hazen Williams es que el coeficiente C depende de únicamente de la rugosidad relativa los valores recomendados para  $C_1$  se dan en la siguiente tabla

Tuberías rectas y muy lisas	140
Tuberías de fundición lisas y nuevas	130
Tuberías de fundición usadas y de acero reblonado nuevas	110
Tuberías de alcantarillado vitrificadas	110
Tuberías de fundición con algunos años de servicio	100
Tuberías de fundición en malas condiciones	80

### 3.10 Carga total H

La carga total normalmente llamada carga dinámica total, es igual a la carga total de descarga  $H_d$  menos la carga total de sección  $H_s$  o más la elevación total de succión

#### Carga de succión

La carga de succión, existe cuando el nivel del líquido de abastecimiento está arriba de las líneas de centros de la bomba o del ojo del impulsor, (ver lámina 13). La carga total de succión es igual a la altura estática o sumergencia estática en m que tiene el nivel del líquido por arriba de la línea de centros de las bombas menos todas las pérdidas de la línea de succión, incluyendo las pérdidas en la entrada más cualquier presión existente en la fuente de abastecimiento.

#### Elevación de succión

La elevación de succión existe cuando el nivel de suministro en la succión está debajo de la línea de centros de la bomba o del ojo del impulsor ( ver lámina 14)

La evaluación total de la succión es igual a la elevación estática en m columna de líquido, las pérdidas por rozamiento en la línea de succión incluyendo la pérdida en la entrada.

#### Carga total de descarga

La carga total de descarga es la suma de:

1. Carga estática de descarga.
2. Pérdidas de rozamiento en todas las tuberías de descarga incluyendo, pérdidas en válvulas, accesorios, coladores, válvulas de control, etc.
3. Presión en el depósito de descarga ( en recipientes cerrados).
4. Pérdidas de carga por ensanchamientos o reducciones bruscas.
5. Pérdidas de salida de la descarga ( generalmente es igual al valor de  $v^2/2g$ ).
6. Más cualquier pérdida que según la experiencia deba considerarse.

#### Determinación de la carga total de trabajo en las bombas centrifugas

Para determinar la carga total de trabajo cuando se está proyectando un sistema de bombeo, es decir, cuando la instalación no existe, es la siguiente:

Primer caso: con nivel del suministro arriba de la línea de la bomba (operando carga succión) En este caso, la lectura del manómetro de la brida de succión corresponderá a una presión

$$\begin{aligned}H_s &= h_s - h_{fs} \\H_d &= h_d + h_{fd} + v_d^2/2g \\H &= h_d - h_s = h_d - h_s + h_{fd} + h_{fs} + v_d^2/2g\end{aligned}$$

Segundo caso: con el nivel de suministro, debajo de la línea de centros de la bomba (con evaluación de succión). En este caso, la lectura del manómetro de la brida de succión corresponderá a un vacío

$$\begin{aligned}H_s &= -h_s - h_{fs} \\H_d &= h_d + h_{fd} + v_d^2/2g \\H &= h_d + h_s = h_d + h_{fd} + h_{fs} + v_d^2/2g\end{aligned}$$

$H$  = Carga total o carga dinámica total en m columna de líquido.

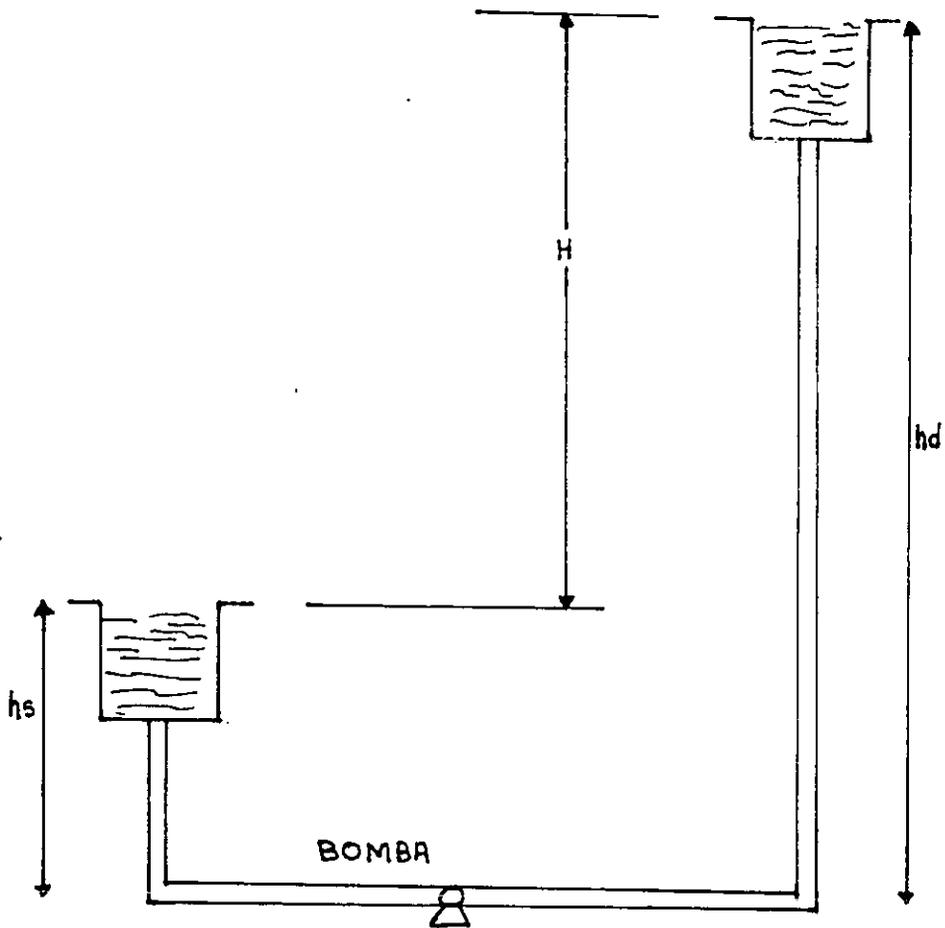
$H_s$  = Carga total de succión en m columna del líquido.

$H_d$  = Carga total de descarga en m columna del líquido.

$h_s$  = Carga estática de succión o elevación en m distancia vertical desde el nivel libre del líquido de succión al plano de referencia.

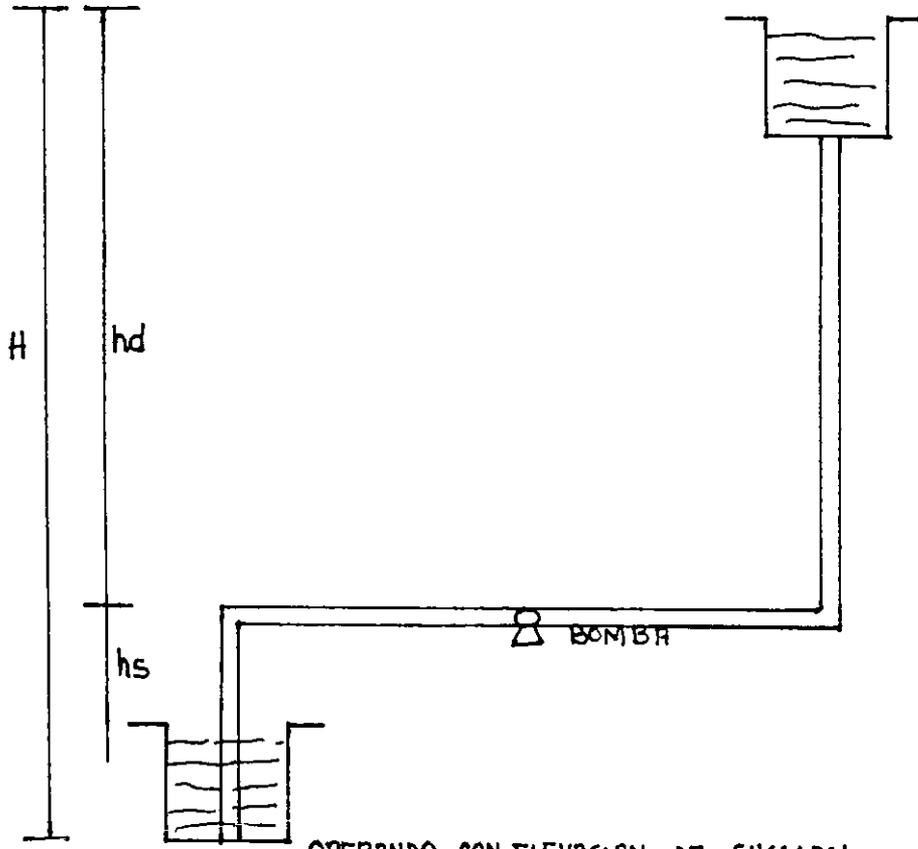
$h_d$  = Carga estática de descarga m distancia vertical entre el plano de referencia y altura máxima de elevación

$h_{fs}$  = Carga de rozamiento en la tubería de succión en m la carga requerida para vencer el rozamiento en las válvulas, accesorios, codos, coladores, etc.



OPERANDO CON CARGA DE SUCCION

U.N.A.M.	CAMPUS ARAGÓN
TESIS PROFESIONAL	
ROBERTO VALENCIA G	LÁMINA 13
MÉXICO D.F. 2001	



OPERANDO CON ELEVACION DE SUCCION

U.N.A.M.	CAMPUS ARAGÓN
TESIS PROFESIONAL	
ROBERTO VALENCIA G.	LÁMINA 14
MÉXICO D.F. 2001	

$V^2/2g$ = Carga de velocidad en m en la brida de descarga de la bomba. Es la energía de velocidad que cede al líquido por la bomba: debido a que esta energía de velocidad se pierde por el ensanchamiento súbito y que no es convertida en energía de presión, debe ser considerada como parte de la carga total en la mayoría de los sistemas de bombeo el valor de la carga de velocidad es del orden de 6.61 m por lo que el sistema de altas cargas, este valor puede ser insignificante. Sin embargo en aquellos sistemas de cargas bajas puede significar un valor apreciable. Queda pues, al criterio del ingeniero el considerar o no este valor.

$h_{df}$ = Carga de rozamiento en la turbina de descarga en m.

### 3.11 Carga neta de succión

Es la carga disponible, a la entrada de la bomba para evitar la cavitación o evaporación del líquido. La entrada de la bomba o zona de succión es la región donde la presión es la más baja y donde puede aparecer la cavitación. Su fórmula es:

$$NSPH = P_i/\rho g + V_i^2/2g - P_v/\rho g$$

$P_i$ = Presión de entrada.

$V_i$ = Velocidad de entrada.

$P_v$ = Es la presión de vapor del líquido.

Si la entrada de la bomba está situada a una altura  $Z_1$  por un depósito cuya superficie libre está la presión  $P_a$  se usa la ecuación de Bernoulli para escribir la NSPH como:

$$NSPH = P_a/\rho g - Z_1 - h_{fi} - P_v/\rho g$$

$h_{fi}$ = Es la carga perdida entre el depósito y la entrada de la bomba

$P_a$ = Presión.

$P_v$ = Presión de vapor de líquido

### 3.12 Curvas características de las bombas centrífugas

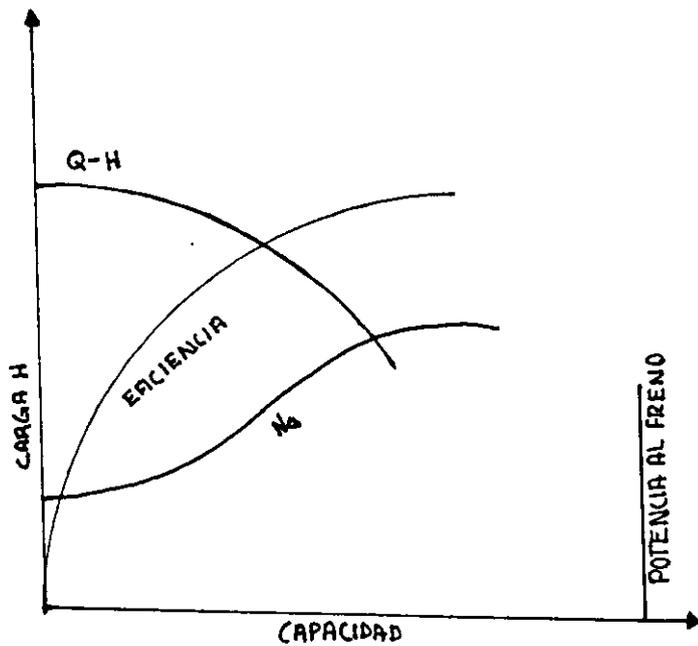
A diferencia de las bombas de desplazamiento positivo, una bomba centrífuga que opera a velocidades constantes puede descargar cualquier capacidad desde cero a un valor máximo que depende del tamaño de la bomba de diseño y condiciones de succión. La carga total generada por la bomba, la fuerza requerida para moverla y la eficiencia resultante varía con la capacidad. Las interrelaciones de capacidad, carga fuerza y eficiencia se denominan características de la bomba (ver lámina 15) estas interrelaciones se muestran mejor gráficamente, y la gráfica obtenida se llama gráfica de las curvas características de la bomba. La carga, fuerza y la eficiencia generalmente se trazan contra la capacidad a velocidad constante.

Es posible para problemas especiales trazar cualesquiera de tres contra un cuarto componente. Cuando se usan impulsores de velocidad variable se incluyen un quinto componente, la velocidad variable de operación de la bomba expresada en RPM. (cuando las condiciones de succión pueden ser críticas, la curva límite de elevación de succión - capacidad, o la curva de NSPH - capacidad es la que se muestra con frecuencia).

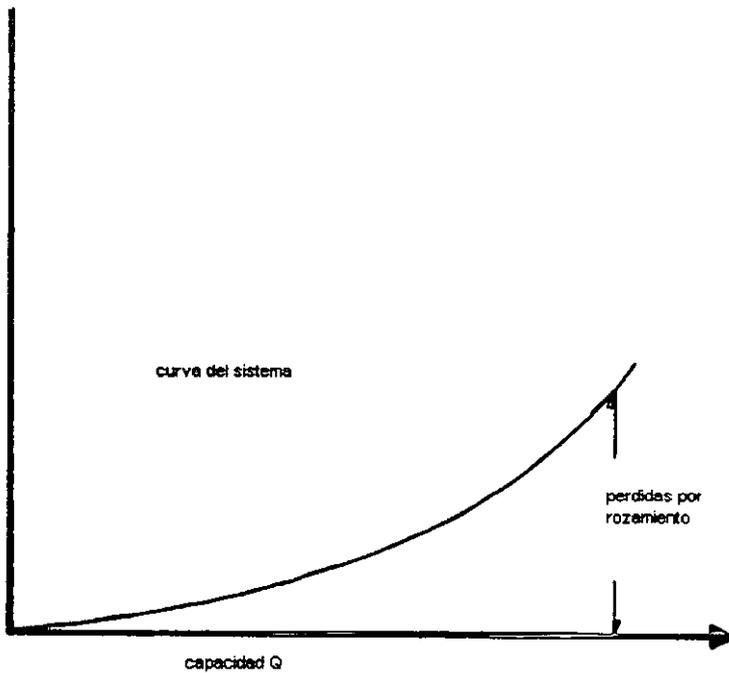
### Curvas de sistema

La pérdida de la altura para un rozamiento en un sistema de tubería, válvulas y accesorios varía como una función de la capacidad de flujo a través del sistema. Para la solución de problemas de bombeo, con frecuencia es conveniente mostrar la relación entre la capacidad y la pérdida por rozamiento de la carga hidráulica a través del sistema, gráficamente. La curva resultante se llama "Curva del Sistema" (ver lámina 16).

La determinación de pérdidas por rozamiento son por lo general, aproximaciones toscas en el mejor de los casos, por lo que la rugosidad de la tubería no se conoce, como la pérdida de rozamiento aumentará cuando la tubería se conoce. Como la pérdida por rozamiento aumentará cuando la tubería se deteriora con la edad, es usual basar la pérdida por rozamiento en constantes que se han encontrado en el tipo promedio de la tubería de 10 a 15 años de edad tolerando así las pérdidas por rozamiento en exceso de carga y descarga una sobre capacidad cuando se instala en un sistema nuevo o en uno que no ha sufrido deterioro en sus tuberías.



UNAM	CAMPUS ARAGÓN
TESIS PROFESIONAL	
ROBERTO VALENCIA G	LÁMINA 15
MÉXICO D.F. 2001	



U.N.A.M.	CAMPUS ARAGÓN
TESIS PROFESIONAL	
ROBERTO VALENCIA G.	LÁMINA 16
MÉXICO D.F. 2001	

### Curva de carga hidráulica del sistema

Las pérdidas de carga por rozamiento, las diferencias de presión y las cargas estáticas de cualquier sistema pueden relacionarse gráficamente. La curva resultante se llama "curva de carga del sistema" (ver lámina 17) para sistemas con carga estática variables o diferencia de presión, es posible construir curva de cargas estáticas y diferenciales de presión máxima y mínima. La capacidad que una bomba es capaz de descargar en condiciones variables se puede producir sobre poniendo esas curvas de los sistemas en una curva de capacidad de carga de la bomba.

### 3.13 Cavitación

La cavitación se define como la vaporización local de un líquido debido a las reducciones locales de presión por la acción dinámica del fluido. Este fenómeno está caracterizado por la formación de burbujas de vapor en el interior o en las proximidades de una vena fluida.

Las condiciones físicas más general para que ocurra la cavitación es cuando la presión en ese punto baja el valor de la presión de vaporización.

Recordamos que la presión de vaporización de un líquido para cierta temperatura, si la presión a la cual un líquido se convierte en vapor cuando se agrega calor.

La reducción de una presión absoluta a la cual un líquido se convierte en vapor cuando se agrega calor.

Una disminución general de la presión se produce debido a cualquiera de las siguientes condiciones:

1. Un incremento en la altura de succión estática.
2. Una disminución en la presión atmosférica, debido a un aumento de latitud sobre nivel del mar.
3. Una disminución de presión absoluta del sistema, tal como se presenta cuando se bombea de recipientes donde existe vacío.
4. Un incremento en la temperatura del líquido bombeado el cual tiene el mismo efecto que una disminución en la presión absoluta del sistema.

Por lo que respecta a una disminución de presión local esta se produce debido a las condiciones dinámicas siguiente:

1. Incremento en velocidad.
2. Como resultado de separaciones y contracciones del flujo fenómeno que se presenta al bombear líquido viscoso.
3. Una desviación del flujo de su trayectoria normal, tal como la que tiene lugar en una vuelta o una aplicación o reducción, todas ellas bruscas.

### 3.14 golpe de ariete

El golpe de ariete es un término que se utiliza para describir el choque producido por una súbita disminución en la velocidad del flujo. El golpe de ariete se puede presentar en una tubería que conduzca un líquido hasta el tope, cuando se tiene frenado a una aceleración en el flujo. En la tubería al cerrar una válvula, el tiempo que tarda la onda de presión en viajar aguas arriba hasta la embocadura de la tubería y volver aguas abajo hasta la válvula viene dado por

$$T = 2L/c$$

Donde:

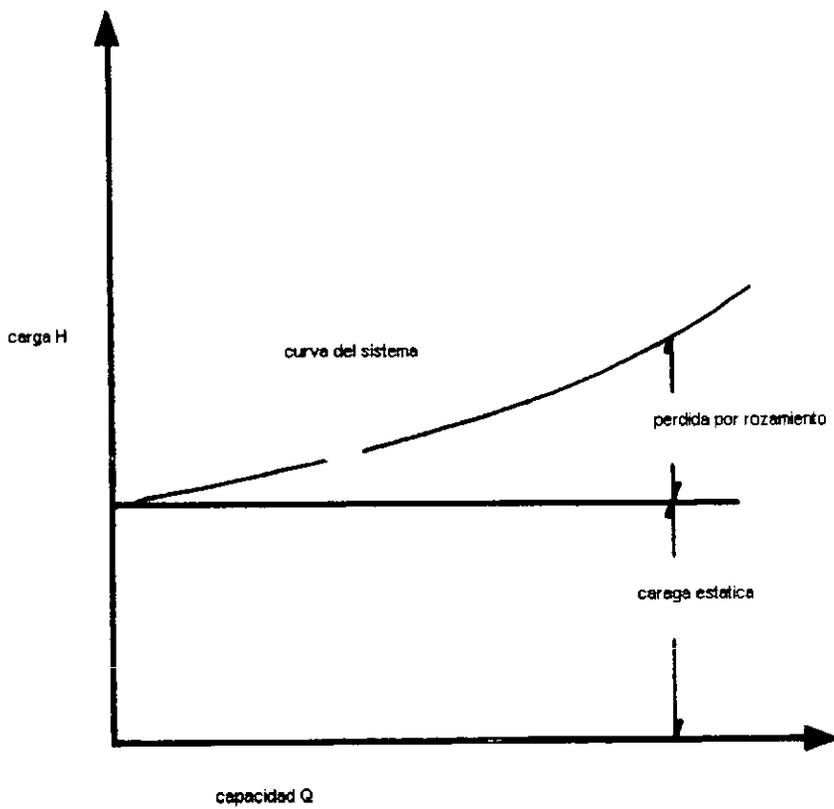
- $t$  = el tiempo que tarda la onda de presión en viajar aguas arriba en seg.  
 $L$  = longitud de la tubería en m.  
 $c$  = celeridad de la onda de presión en m/s.

El aumento de presión producida por el cierre rápido de una válvula se calcula por

$$dp = dc \cdot dv \text{ o } dh = c \cdot dv/g$$

donde:

- $dh$  = es la variación de la altura de presión en m.  
 $dp$  = variación de presión  $kg/m^2$ .  
 $c$  = celeridad de la onda de presión en m/s.



U.N.A.M	CAMPUS ARAGÓN
TESIS PROFESIONAL	
ROBERTO VALENCIA G.	LÁMINA 17
MÉXICO D.F. 2001	

dv= variación de velocidad m/s.

Para tuberías rígidas, la celeridad de la onda de presión es:

$$C=\sqrt{E_B/D_E}$$

Donde:

$E_B$  = modulo de elasticidad volumétrica en  $\text{kg/m}^2$ .

$D_E$  = densidad del fluido en  $\text{Kg-s}^2/\text{m}^4$ .

C = celeridad de la onda de presión en m/s.

Para tuberías deformables, la expresión toma la forma:

$$C=\sqrt{eg/De(j+eb/e)} \text{ (dc)}$$

Donde:

E = modulo de elasticidad de la pared de la tubería en  $\text{kg/m}^2$ .

D = diámetro interior de la pared de la tubería en cm.

e = espesor de la pared de la tubería en cm.

### 3.15 Bombas centrífugas

A este grupo pertenecen todas las bombas turbo máquinas estas son siempre rotativas y su órgano intercambiador de energía se llama rodete o impulsor. Se les llama también rotodinámicas porque su movimiento es rotativo y el rodete comunica energía al fluido en forma de energía cinética

Clasificación de las bombas centrífugas:

1. Según la dirección del flujo:
  - A) Flujo radial.
  - B) Flujo axial.
  - C) De flujo mixto ( radial o axial)
2. Según la posición del eje:
  - A) De eje horizontal
  - B) De eje vertical.
3. Según la presión generada:
  - A) De baja presión.
  - B) De presión media.
  - C) De alta presión.
4. Según la entrada del flujo a la bomba:
  - A) Simple succión.
  - B) Doble succión.
5. Según el numero de rodetes:
  - A) De un impulsor (de un solo paso).
  - B) De varios impulsores( de pasos múltiples).

El tamaño nominal de una bomba centrífuga se determina generalmente por el diámetro interno de la brida de descarga, pero también dependerá del diámetro del impulsor y la velocidad de rotación para poder determinar el gasto.

Para bombas de alimentación de agua potable la construcción más normal es la de hierro y bronce. En general, las condiciones que afectan la selección de material de construcción son las siguientes:

- A) Corrosión del líquido manejado.
- B) Abrasivo de los líquidos en suspensión.

- C) Temperatura de bomba
- D) Carga de operación.
- E) Vida esperada.

En el caso de bombas de agua potable, los factores anteriores no están presentes, a excepción de la abrasión que puede producirse con pozos donde exista arena

Otro factor que afecte la selección de materia para el caso de agua potable es el tipo de lubricación. Para este tipo de bombas en común la lubricación por agua ya que usando lubricación por aceite puede llegar a contaminar cuando existen fugas

### 3.16 Selección del motor

Ordinariamente en problemas de bombeo los elementos de expulsión empleados para las bombas son los motores de combustión interna y las eléctricas de corriente alterna existen otros elementos para el mismo objeto como las turbinas ya sean de vapor o hidráulicas que no se usan en nuestro medio y que son más propias para las instalaciones industriales.

Como para la operación de una bomba no se requiere inicialmente toda la potencia solicitada trabajando el motor a plena carga, como sucede con otros tipos de máquinas. Los motores más apropiados y los que generalmente se refieren son: los de inducción llamados tipo jaula de ardilla con par de arranque normal ya sean de eje vertical u horizontal para conectarse a la bomba respectiva.

En general, los motores eléctricos empleados en nuestro país están de acuerdo con la clasificación de la National Electric Manufacturers Association (N.E.M.A) esta asociación los clasifica mediante letras, según la relación entre la intensidad de la corriente de arranque y la nominal y así existen seis clases designadas por las letras A, B, C, D, E y F. Estas letras figuran en la placa características de los motores y por medio de ella se determinan la capacidad de los cortocircuitos, fusibles otros aparatos de protección del motor

Los motores con rotor de tipo "jaula de ardilla" preferidos son los que diseñados para el servicio a la intemperie y aprueba de goteo, eliminándose con estas preferencias las casetas de protección, principalmente para el agua de lluvia, y además se consigue una mejor ventilación.

Previendo el perjuicio que se puede tener en los interiores de una bomba al girar con movimientos de rotación inverso al normal por el hecho de regresarse la masa de agua, como consecuencia de un paro súbito ocasionando por cualquier circunstancia, generalmente los motores se solicitan equipados con un dispositivo llamado trinquete de no retroceso el cual evita que la bomba gire en sentido contrario.

Es frecuente que en lo relativo a motores eléctricos, se hable de la velocidad sincrónica y de velocidad real a plena carga la primera se refiere a la velocidad de giro del campo magnético del inductor o estator y la segunda es velocidad de rotación del inducido o rotor. El valor de esta última que es la que realmente interesa, es el menor que el de la sincrónica.

A la diferencia de esas velocidades se les llama deslizamiento del motor y siempre se tiene, ya que son fuera así, el movimiento cesaría tomando en cuenta el principio de los motores de inducción

El valor de la velocidad sincrónica  $N_1$  se calcula con la siguiente expresión

$$N_1 = 60 f/p \text{ en rpm}$$

Siendo 60 el número de segundos de un minuto F es la frecuencia de la corriente eléctrica y p es igual al número de polos en el estator del motor.

Si el deslizamiento en % (como fracción de unidad), de la velocidad sincrónica y  $N_2$  representa la velocidad real es claro que

$$N_2 = 60f/p (y - s)$$

S a plena carga varía de 1% al 3% según el tipo del motor.

### Velocidades usuales

Número de polos	50 ciclos sincrónica real (rpm)		60 ciclos sincrónica real (rpm)	
2	3000	2900	3600	2550
4	1500	1460	1800	1760
6	1000	960	1200	1160
8	750	730	900	875

Los datos que deberán señalarse al solicitar una cotización serán: características de la corriente disponible, ciclaje, voltaje, lugar de operación, tipo de motor, velocidad, potencia, también deberá indicarse el tipo requerido de arrancador y dispositivo para su protección general.

#### Motores de combustión interna

En los motores llamados de combustión interna, la energía mecánica aprovechada es debido a la quema casi total del combustible en el interior del motor. Los más usados son aquellos que consumen los productos derivados del petróleo como son la gasolina, el diesel y algunas regiones el gas butano.

Con frecuencia, al tratar con este tipo de motores se emplea el término "factor de operación" y es el porcentaje de potencia que promedio desarrolla una máquina durante el periodo correspondiente a su vida, economía, el que se expresa referida a la potencia nominal total máxima intermitente del motor el factor de potencia varía entre 50% y 90% con relación a la potencia máxima.

En el avalúo de la potencia total requerida en un equipo de bombeo compuesto con motor de combustión, se consideran factores que influyen en su rendimiento, siendo los principales los que a continuación se mencionan y comentan someramente.

La calidad de combustible puede verse afectada, por el contenido de ciertas sustancias ajenas a la consecuentemente bajar su eficiencia calorífica es decir, proporcionar menos calorías por unidad, de volumen, que las especificadas en condiciones normales, esto afecta el rendimiento del motor y se evaluó en un 5% de la potencia promedio.

La altura con respecto al nivel del mar, las variaciones de la temperatura y las diversas condiciones climáticas ejercen influencia adversa sobre el consumo de combustibles, esta influencia se evalúa en una disminución de la potencia desarrollándose así cada fabricante señala en sus catálogos el porcentaje que se debe tener en cuenta para considerar la pérdida por altitud a la temperatura ambiente. En general su valor anda alrededor de 3% por cada 300 m (1000) de altitud arriba de 90°F (32°C) respectivamente.

Ordinariamente en bombas verticales accionadas motores de combustión, es necesario el empleo de un sistema de transmisión entre el motor y la bomba con el objeto de proporcionar a este el movimiento deseado, tanto en dirección como en velocidad. Aunque existen varios tipos de transmisión como la banda y poleas planas, banda en v, etc.

La banda y polea planas, banda v etc. Las más empleadas hasta ahora es el mecanismo llamado cabezal de engranes y flecha flexibles o cardánicas, por las ventajas que ofrecen este sistema con relación a otros, tales como evitar constantes ajustes, cambio, de banda, molestias de funcionamiento por cambios de temperatura y en general su eficiencia de trabajo es mejor que otro tipo y ofrece más seguridad.

Cuando se emplea un cabezal de engranes se debe considerar la pérdida de potencia en el debido a la invertida en su accionamiento, fricción, etc., generalmente se toma un 5% de la potencia reducida, en otras palabras su eficiencia es de 95%.

De acuerdo con lo anterior y a manera de ejemplo se calcula el valor de la potencia mínima nominal que deberá tener un motor

Por calidad de combustibles	5%
Por altitud, arriba de 300 m	9%
Por temperatura	3%
Suma perdida	17%

Eficiencia del motor 100-17	83% (cabezal de engranes)
Eficiencia de la transmisión	95%

*Eficiencia del conjunto motor transmisión.*

CAPÍTULO IV  
SELECCIÓN DEL EQUIPO

#### 4.1 Datos del proyecto

Para efectuar los proyectos de las obras que integran un sistema de abastecimiento de agua potable, para localidades urbanas, se debe establecer claramente los datos del proyecto como se indica a continuación:

Población según el último censo	Hab
Población actual	Hab
Población del proyecto	Hab
Dotación	L/hab/día
Gasto medio diario	L/seg
Gasto máximo diario	L/seg
Gasto máximo horario	
Coefficiente de variación diaria y horario fuente de abastecimiento tipo de captación	
Tipo de conducción	Gravedad bombeo
Capacidad de regularización	M <sup>3</sup>
Potabilización	Cloración
Distribución	Gravedad o bombeo

#### 4.2 Periódico económico del proyecto

Se tomarán en cuenta los siguientes valores:

1. - Para localidades de 2500 a 15000 habitantes de proyecto de 6 a 10 años.
2. - Para localidades urbanas de 15000 o más habitantes de proyecto hasta 15 años de acuerdo con el estudio de la factibilidad técnica y económica que se haga.

#### 4.3 Determinación de la dotación

La dotación es la cantidad de agua que se le asigne convencionalmente a cada habitante como promedio durante todos los días del año y se expresa generalmente en litros habitantes por día.

Los consumos que comprenden la dotación son:

- a) Doméstico.
- b) Público.
- c) Comercial.
- d) Industrial.
- e) fugas y desperdicios.

la dotación se puede formar sumando los consumos parciales siguientes

Doméstico	60- 140	L/hab/día
Público	25- 50	L/hab/día
Comercial	15- 60	L/hab/día
Industrial	25- 100	L/hab/día
Fugas y desperdicios	25- 40%	De la suma de los conceptos anteriores

De los términos anteriores existen varios factores que pueden influir en el consumo de agua y afectan a la dotación a continuación mencionamos alguno de ellos

1. - magnitud de la población.
2. - características de la población.
3. - localización y clima.
4. - presión y calidad del agua.
5. - existencia de medidores y costo del m<sup>3</sup> del agua.
6. - existencia de alcantarillado.
7. - existencia de bombeo intermitente.

El manual de normas para proyecto de sistema de agua potable en localidades urbanas ha establecido la dotación siguiente de acuerdo al tipo de clima de la localidad

Población de proyecto habitantes	Tipos de clima		
	cálido	templado	Frio
2500 -15000	200 l/hab/ dia	150 l/hab/dia	125 l/hab/dia
15000 -30000	250 l/hab/dia	200 l/hab/dia	150 l/hab/dia
30000 - 70000	300 l/hab/dia	250 l/hab/dia	175 l/hab/dia
70000 - 150000	350 l/hab/dia	300 l/hab/dia	200 l/hab/dia
150000 - o más	375 l/hab/dia	350 l/hab/dia	250 l/hab/dia

La dotación se debe de ajustarse a las necesidades de la localidades y sus posibilidades económicas físicas y sociales.

En nuestro caso particular tenemos una población con las siguientes características:

Número de habitantes 10000.

Clima templado.

Altitud sobre el nivel del mar 2249 mts.

Se tomara el consumo domestico publico, comercial e industrial por lo tanto tenemos:

Consumo doméstico	90 l/hab/dia
Consumo público	30 l/hab/dia
Consumo industrial	23 l/hab/dia
Pérdidas y desperdicios	7 l/hab/dia
total	150 l/hab/dia

Para los cálculos se tomarán una dotación de 150 l/hab/día de acuerdo a las normas de la comisión nacional del agua.

#### Datos basicos

Población actual	100000 hab
Población beneficiada del proyecto actual	13000 hab
Período de diseño	10 años

#### Cálculo de gasto

#### Cálculo de gasto medio anual

El agua consumida por los habitantes no es constante varia durante todo el año, según, el mes el día y la hora debido a esta variación tenemos la siguiente formula:

$$Q.m.a = P.P \times \text{dotación (Lhd)} / \text{segundos del día}$$

Donde Q = gasto en l.p.s.  
m.a = media anual.  
P.P = población de proyecto.

Sustituyendo datos

$$Q.m.a = (13000 \times 150 / \text{hab/día}) / 86400 = 22.5 \text{ l/seg.}$$

#### Cálculo del gasto máximo diario

Variación diaria hay días del año con consumos mayores y consumos menores con relación al consumo promedio diario consumo influenciado generalmente por el clima esta variación se expresa por coeficientes aumentando así el consumo medio diario para lograr satisfacer la demanda en los días en el que el consumo es máximo los coeficientes usados comúnmente son:

C= 1.2 para lugares del clima uniforme.  
C= 1.35 para lugares de clima variable pero extremoso.  
C= 1.50 para lugares de clima extremoso.

Debido a esta variación tenemos la siguiente formula

$Q_{max.d} = c.v.d.$  coeficientes de variación diaria 1.2.  
Max.d = máximo diario.

Sustituyendo datos:

$$Q_{max.d} = 1.2 \times 22.5 = 27 \text{ l/s.}$$

Con el gasto máximo diario calculamos la capacidad:

- Fuente de abastecimiento.
- Línea de conducción.
- Tanque de regularización.

#### Cálculo del gasto máximo horario

Variación de horario el gasto máximo no es consumida por la población durante 24 horas del día en una forma constante pero en determinados lapsos es mayor o menor que el gasto máximo diario.

Durante el día se requiere satisfacer demandas máximas se debe incrementar el valor del gasto máximo diario de un coeficiente que cubra estas demandas básicas

Los coeficientes de variación horaria pueden ser:

C.V.H. = 15 a - 2 con relación al gasto máximo diario.  
Debido a esta variación tenemos la siguiente formula:

$Q_{max} = C.V.H. \times Q_{max.d}$   
Donde:

Max.h= horario.  
C.V.H= coeficiente de variación horario.

Sustituyendo datos:

$$Q_{\max. h} = 1.5 \times 27 = 40 \text{ l/s.}$$

$$Q_{\max. H} = 40 \text{ l/s.}$$

Con el gasto máximo horario diseñara la línea de alimentación y red de distribución

#### 4.4 Línea de conducción

Se denomina línea de conducción a la parte del sistema constituida por el conjunto de conductos y accesorios destinados a transportar el agua procedente de la fuente de abastecimiento desde el lugar de la captación hasta un punto que puede ser un tanque de regularización, una planta potabilizadora, o la red de la distribución su capacidad se calculará con el gasto máximo diario.

El ejemplo de tuberías en conducción permite hacer el análisis hidráulico de los conductos trabajando como canal a presión dependiendo de las características topográficas que se tengan en cualquier caso de velocidad mínima de escurrimiento será de 0.5 m/s para evitar el asentamiento de partículas que arrastre el agua, la velocidad máxima permisible para evitar la erosión será la que se indique en la siguiente tabla:

De concreto simple hasta 0.45m de diámetro	3 m/seg
Concreto reforzado de 0.60m de diámetro mayores	3 m/seg
De acero sin revestimiento	5 m/seg
De acero con revestimiento	5 m/seg
De polietileno de alta densidad	5 m/seg
De p.v.c	5 m/seg

El calculo hidráulico de la tubería trabajando como canal se hará empleando la formula de Mannig

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

V= velocidad del agua en m/s.

N= coeficiente de rugosidad.

R= radio hidráulico en m.

Los coeficientes de rugosidad que se recomienda en el proyecto son los sig.

Asbesto cemento	N= 0.010
Concreto liso	N= 0.012
Concreto áspero	N= 0.016
Acero galvanizado	N= 0.014
Hierro fundido	N= 0.013
Acero soldado sin revestimiento	N= 0.014
Acero soldado con base epoxy	N= 0.011
Plástico p.v.c	N= 0.009

### Cálculo del diámetro de la tubería

Cálculo del diámetro de la tubería es un factor importante es la cuestión económica es decir, debemos seleccionar un diámetro cuyo costo de adquisición, instalación y operación sea mínimo.

Una tubería de diámetro muy grande generaría pocas pérdidas de carga por rozamiento y por conservación nos resultaría económicas para el gasto de adquisición e instalación de la tubería se elevará considerablemente si por el contrario tenemos una tubería de diámetro pequeño entonces los costos de adquisición e instalación se reducirán pero sería mayor el gasto de adquisición y operación de equipo.

El punto de equilibrio entre los diferentes costos viene dado en función de la velocidad del fluido en la tubería las velocidades recomendables para el servicio de suministro de agua potable han sido determinados basándose en esta experiencia practicada.

### Determinación del diámetro necesario

Las necesidades de conducir líquidos y especialmente agua dio origen al desarrollo de diversos técnicos basados en el comportamiento de los líquidos en movimiento es factor que origina el movimiento es la acción de la gravedad sobre el líquido en movimiento el factor que origina el movimiento es la acción de la gravedad sobre el líquido y que provoca el escurrimiento hacia las zonas de niveles más bajos.

Las conducciones en canales aprovechan esta acción gravitacional y lleva de un lugar alto a uno bajo, caudal de agua a velocidades pequeñas y con desarrollos muy largos sujetos a topografía del terreno por donde pasan.

Las necesidades de conducción con menos desarrollos sobre todo con aprovechamiento de presiones del propio líquido en movimiento provocados por la velocidad y la diferencia a niveles origina el uso de tuberías.

La cantidad de agua puede conducir un tubo, se llama gasto y va con la relación directa al área de la tubería y de la velocidad de agua

De la fórmula de

$$Q=VA$$

Q= gasto (m<sup>3</sup>/s).

A= área del tubo m<sup>2</sup>.

V= velocidad (m/s).

En una tubería de conducción por gravedad, la velocidad originada por la acción de la gravedad sobre la columna de agua en el caso de un tubo la velocidad podría calcularse por la fórmula

$$V=\sqrt{2g}$$

En la que v= velocidad (m/s).

G= aceleración de la gravedad.

H= altura desde la cual desciende el agua (m).

En la práctica H se le llama carga y nos da la medida de la presión interna que está sujeta las tuberías; esta presión también se puede indicar en atmósferas y en kg/cm<sup>2</sup>

1 kg/cm<sup>2</sup> = 0,96781 atm = 10 m de carga.

1 atm = 1.03328 kg/cm<sup>2</sup> = 1.03329 x 10<sup>3</sup> cm de h<sub>2</sub>O.

Para este cálculo se tomará el gasto máximo diario este gasto es igual 27 l/s.

Para proponer un diámetro tentativo se aplica la formula:

$\phi$  = tentativo es igual a:

$$\phi^4 = 1.2 \sqrt{Q} \text{ a } 1.5 \sqrt{Q}$$

$\phi$  = pulgadas

Qmax. H. = gasto máximo diario en l/s.

$$\phi^4 = 1.2 \sqrt{27} = 6.23^4 = 158.24 \text{ mm.}$$

$$\phi^4 = 1.5 \sqrt{27} = 7.79^4 = 197.82 \text{ mm.}$$

Como se puede observar el diámetro de la tubería debe medir entre 158.24mm a 197.86mm. Tomando en cuenta la velocidad permisible para el manejo de fluidos en tubería de presión no debe ser mayor a 5 m/seg calcularemos la velocidad.

$$\phi = 16.23^4 = 158 \text{ mm}$$

Partiendo de  $Q = V \times A$

$$V = Q/A \quad Q_{\max d}$$

$$A = \pi D^2 / 4 = .785 D^2.$$

$$A_1 = 0.785 \times 0.158^2 = 0.019 \text{ m}^2.$$

$$V = Q/A = 0.027 / 0.028 = 1.42 \text{ m/s.}$$

$$V_1 = 1.42 \text{ m/s.}$$

$$A_2 = 0.785 \times 0.192 = 0.028 \text{ m}^2.$$

$$V_2 = Q/A = 0.027 / 0.028 = 0.96 \text{ m/s.}$$

$$V_2 = 0.96 \text{ m/s.}$$

De los resultados obtenidos solo uno está dentro de los siguientes rangos requeridos por lo tanto este diámetro se tendrá que ajustar al comercial y se recalculará la velocidad para rectificar que se encuentra entre los límites

Por otra parte el gasto requerido para la población del proyecto es de 27 l/s y nuestra fuente de captación nos suministra 40 l/s para calcular el diámetro necesario se aplica la formula anteriormente usada:

$$\phi = 1.2 \sqrt{40} \quad D_1 = 1.2 \times 6.32 = 7.582^4 = 192.5 \text{ mm.}$$

$$\phi = 1.5 \sqrt{40} \quad D_2 = 1.5 \times 6.32 = 9.48^4 = 240.79 \text{ mm.}$$

$$A_1 = 0.785 \times 0.200^2 = 0.013 \text{ m}^2.$$

$$A_2 = 0.785 \times 0.250^2 = 0.049 \text{ m}^2.$$

$$V_1 = 0.027 / 0.013 = 2.076 \text{ m/s.}$$

$$V_1 = 2.076 \text{ m/s.}$$

$$V_2 = 0.027 / 0.049 = 0.55 \text{ m/s.}$$

$$V_2 = 0.55 \text{ m/s.}$$

Se puede observar que la velocidad  $V_1$  está en el rango establecidos pero la velocidad  $V_2$  está en los rangos pero no hay medida comercial de ese diámetro por lo tanto se reducirá al diámetro comercial inferior.

$$\phi_2 = 1.5 \sqrt{40} \quad D_2 = 1.5 \times 6.32 = 9.48' \quad \phi_2 = 9.48' = 250\text{mm.}$$

$$A_2 = 0.785 \times 0.200^2 \text{ m} = 0.013.$$

$$V_2 = 0.027/0.013 = 3\text{m/s.}$$

$$V_2 = 3\text{m/s.}$$

El diámetro de la tubería será de 8" RD de tubo de P.V.C 8, RD 13 para una presión de trabajo de 11.2 kg/cm<sup>2</sup>.

$$K = 4.191 \quad \phi_{int} = 202.3\text{mm.}$$

#### 4.4 Ubicación de la planta de bombeo

La planta de bombeo estará ubicada en el punto más estratégico, para su mejor operación es necesario tomar en cuenta los siguientes datos:

- a) Facilidad de acceso.
- b) Cercanía de la fuente eléctrica.
- c) Disponibilidad del terreno.

La planta de bombeo tendrá su abastecimiento de agua del pozo #3, canal castera ubicado en la zona delegacional de Xahuento a razón de 40 l/s hacia un búster a donde recibirá 40 l/s que siendo ahí donde instalará el equipo de bombeo así como el equipo eléctrico para el funcionamiento de la planta. (ver láminas 18 a,b)

Debemos de obtener el mayor número de datos para facilitar los cálculos del proyecto los datos obtenidos son:

Lado de succión debido a que la bomba será tipo turbina vertical el cuerpo de tazones estará sumergido y por lo tanto la succión contará solo con campana.

Calculamos la altura de succión disponible, debido al búster que se construirá en el sitio más propio donde el pozo pueda entregar su gasto, su cota de este sitio es de 2240 mts.

La presión atmosférica para este sitio es:

$$\text{Log. } b = 2.88081 - 0.00005125 \text{ mmhg } L = 2240\text{m.}$$

$$\text{Log. } b = 2.88081 - 0.000051 \times 2240\text{m.}$$

$$\text{Log. } b = 2.88081 - 0.11424 = 2.76657.$$

$$B = 584.21.$$

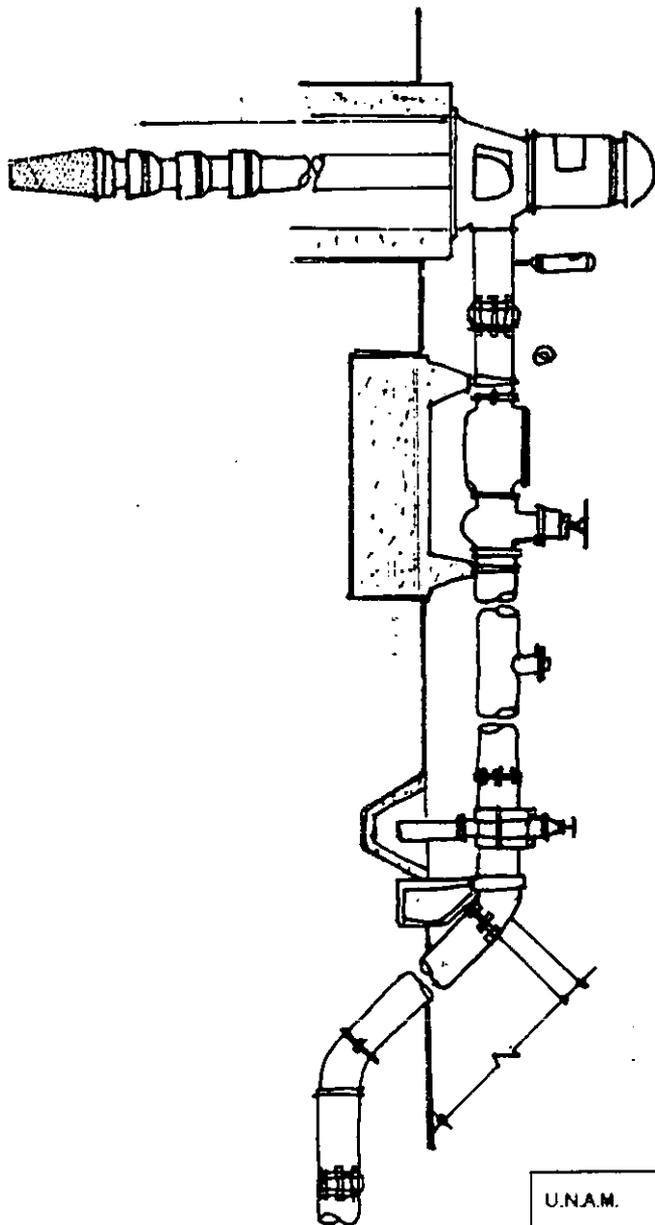
$$B = 584.27 - 29.42 = 554.85 \text{ mmhg.}$$

Sabemos que 760mmhg - 10.33 m.c.a

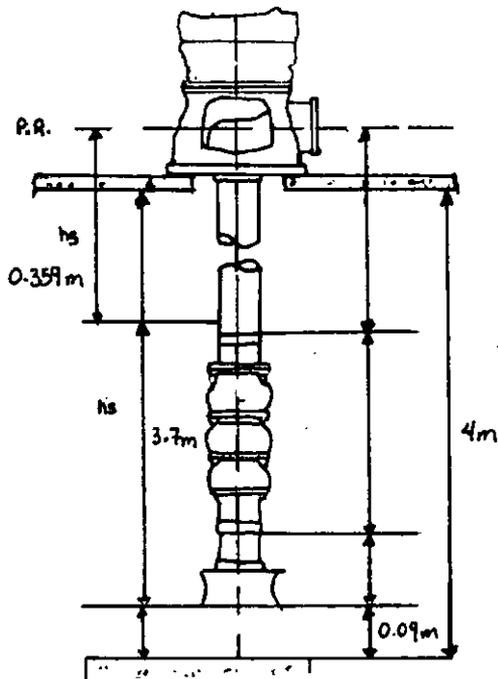
$$760 - 10.33$$

$$554.85 - \text{Patm}$$

$$\text{Patm} = 554.85 \times 10.33 / 760 = 7.54\text{m}$$



U.N.A.M.	CAMPUS ARAGÓN
TESIS PROFESIONAL	
ROBERTO VALENCIA G.	LÁMINA 18 a
MÉXICO D.F. 2001	



U.N.A.M.	CAMPUS ARAGÓN
TESIS PROFESIONAL	
ROBERTO VALENCIA G.	LÁMINA 18b
MÉXICO D.F. 2001	

Para el diseño de una instalación de bombeo, deben considerarse dos clases de altura:

- a) La que dispone, que depende del lugar de instalación y el líquido bombeado etc.
- b) La que se requiere, es la que se recomienda el fabricante y se basa en los siguientes resultados de prueba misma o de otra prueba semejante.

Se requieren cuatro factores importantes para la determinación de la altura de succión disponible:

1. La altura de la presión absoluta en la superficie del líquido esta será la presión atmosférica del lugar de la instalación si el búster de toma es abierto o la presión absoluta interior del búster, si este esta cerrado.
2. La altura de succión que es la altura en m la superficie del líquido sobre o bajo de la bomba.
3. La altura correspondiente a la altura de presión de la temperatura del líquido o a la temperatura existente.
4. La suma de las pérdidas de altura que ocurren en la tubería de la superficie del líquido hasta la entrada de la bomba.

Ahora bien calculando

1. Corresponde a la presión atmosférica y su valor es  $P_{atm} = 7.54$ .
2. Datos para la altura de succión  $Q = 40 \text{ l/s} = 0.43 \text{ m}^3$ .

Calculando la velocidad de la salida de la bomba:

$$V = Q/A \quad V = 0.04 / (0.785 \times .200^2) = 1.27 \text{ m/s.}$$

La formula para calcular la altura total de succión y sus componentes son:

$h_s$  = altura estática de succión.

$V^2/2g$  = carga de velocidad.

$h_e$  = pérdida en la entrada del colador.

$h_r$  = perdidas por rozamiento (tubos y cabezal).

$$H_s = h_s + (V^2/2g) + h_e + h_r.$$

Esto con el eje de la descarga del cabezal.

Pero considerando que el fabricante recomienda que el  $NSPH_R = 3.4$ .

Sabemos que:

$$NSPH_D = h_b \pm h's - h_v - h_f.$$

Tomando como plano de la entrada al calcular tenemos:

$$P_{atm} = 7.54 \text{ m.}$$

$$NSPH_D = NSPH_R.$$

Para considerar el nivel mínimo del búster:

$H_v$  tomando a  $20^\circ \text{C}$  y según tablas.

$$H_v = 0.236 \text{ m.}$$

Pérdidas en la entrada del colador

$$h_e = (V^2/2g) \times c$$

Datos:

$c=1$  depende de la construcción del colador

diámetro  $0.8" = 0.200m$ .

$Q = 0.40m^3/s$ .

$$h_e = (v^2/2g) \times c = (Q/A)^2 / 2g \quad c = (0.40 / 0.785 \times 200^2)^2 / 2(9.81) \times 1 = 0.0827m$$
$$h_e = 0.0827m.$$

Las pérdidas en los pasajes que la bomba está dada por su rendimiento calculando la altura de la succión disponible.

$h's$  será positiva por tener carga de succión presión atmosférica = altura barométrica.

Las pérdidas en el colador ( $h_e$ ) = altura barométrica las pérdidas en el colador ( $h_c$ ) = a las pérdidas por fricción ( $h_f$ ) por no existir pérdidas.

$NSPH_D \geq NSPH_R$  pero solo conocemos  $NSPH_R$  por lo tanto tomaremos el caso cuando  $NSPH_D = NSPH_R$  tomando en cuenta las consideraciones anteriores nuestra formula queda:

$$NSPH_D = h_b \pm h's - h_v - h_f$$

$$NSPH_R = h_b + h's - h_v - h_e$$

$$h's = NSPH + h_v + h_e - h_b$$

$$h's = 3.4 + 0.236 + 0.0827$$

$$h's = 3.7187m.$$

La separación del colador al piso del búster por recomendación del fabricante:

$$S_c = 0.09m$$

$$\text{Nivel minimo (Nm)} = h's + S_c$$

$$Nm = 3.7187 + 0.09 = 3.8087m \text{ representa el nivel mínimo de agua en el búster.}$$

La altura mínima del búster de acuerdo a lo recomendado del fabricante es:

$$\text{Búster} = 4m$$

Entonces el nivel del agua deberá de encontrarse dentro de los siguientes rangos:

$$3.871 \leq \text{nivel del agua del búster} \leq 4m.$$

Tomando como plano de referencia el eje de la descarga del cabezal.

$$h_s = 4 + 0.23 - 3.871 = 0.359m$$

$$h_s = 0.359m.$$

#### 4.6 Cálculo de altura total de succión

$$H_s = h_s + (v^2/2g) + h_e + h_r \text{---(1)}$$

Datos

$L = 3.34m$  de longitud de la tubería

$h_e = 0$  por la salida de la bomba diámetro de la tubería  $8" = 0.200m$ .

$Q = 0.40 m^3/s$ .

Ahora bien por pérdidas por rozamiento ( $h_r$ ) = pérdidas de la tubería entre el cabezal y la bomba ( $h_f$ ) + pérdidas en el cabezal ( $h_c$ )

$$h_r = h_f + h_c$$

Pérdidas en la tubería del cabezal aplicando la fórmula de Hazen Williams con un valor de  $c=130$  de la tabla del capítulo III.

$$h_f = 6.85 V^{1.85} / C L D^{1.17}$$

$$h_f = 6.85 (0.040/0.785 \times 0.200^2)^{1.85} / 130 \times (3.34 / 0.200^{1.17})$$

$$h_f = 1.67 \text{ m.}$$

Pérdidas en el cabezal tomándolo como un codo de  $90^\circ \times 8''$  y con un valor de  $K = 0.2$ .

$$h_c = K (V^2/2g) = (Q/A)^2/2g ; V^2/2g = (0.046/0.785 \times 0.200^2)^2 / 2(9.81) = 0.0781 \text{ m.}$$

$$h_c = 0.2 \times 0.0781 = 0.015 \text{ m.}$$

$$h_r = h_f + h_c = 1.67 + 0.015 = 1.685$$

$$H_s = 0.359 + 0.0781 + 0 + 1.685 = 2.12 \text{ m.}$$

$$H_s = 2.12 \text{ m.}$$

Tomando como plano de referencia del eje de la descarga del cabezal tomando en cuenta el perfil topográfico (ver lámina 19) y el trazo a donde se tomará la tubería:

$$H_d = h_v + h_d + h_{fd} \text{ ----- (1)}$$

$h_v$  = altura de la velocidad.

$h_d$  = carga estática de descarga.

$h_{fd}$  = carga por rozamiento en la descarga.

calculo de la altura de velocidad  $h_v$ :

$$h_v = V^2/2g \quad V = 1.7 \text{ m/s.}$$

$$h_v = (1.7)^2/2(9.81) = 0.147 \text{ m.}$$

$$h_d = 35 \text{ m.}$$

Cálculo de la carga de rozamiento a la descarga.

$h_{fd} = (h_c)$  pérdidas por codos + pérdidas en ( $h_{f1}$ ) válvula + pérdida en la línea ( $h_{f2}$ ).

$$h_{fd} = h_c + (h_{f1} + h_{f2}).$$

Pérdidas por codo.

$$h_c = 1 \text{ codo } 90^\circ.$$

$$h_c = m (V^2/2g).$$

$m$  según tablas corresponde como:

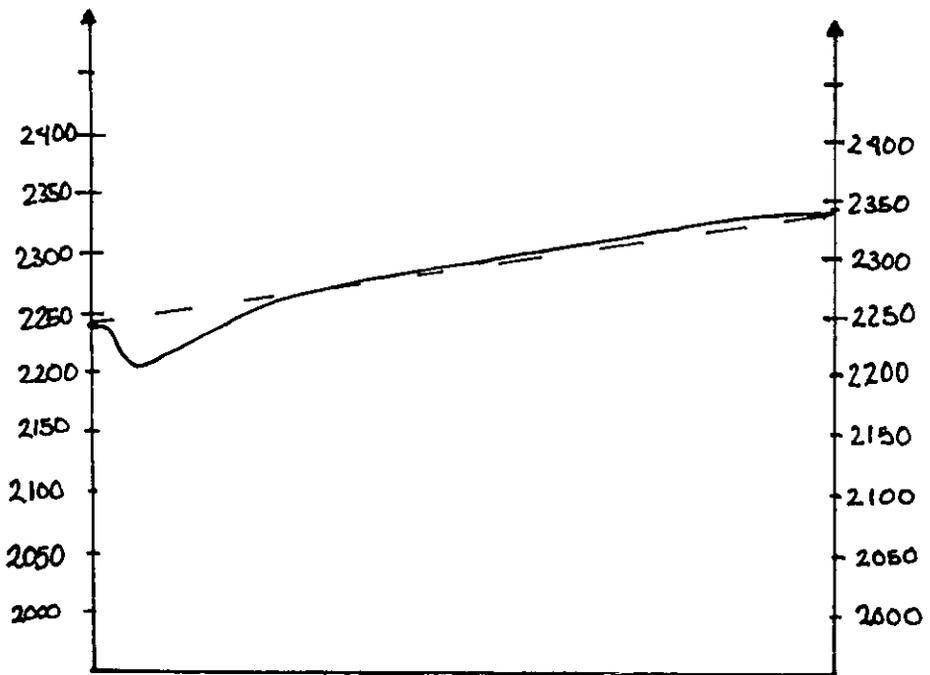
$$h = 0.98 \times 0.147 = 0.1446.$$

$$h_c = 0.14406 \text{ m.}$$

Veremos las pérdidas por fricción el diámetro de la tubería de descarga a presión.

$$d = 8'' = 200 \text{ mm.}$$

Basándose en este diámetro calcularemos las pérdidas en la válvula



perfil topografico

U.N.A.M.	CAMPUS ARAGÓN
TESIS PROFESIONAL	
ROBERTO VALENCIA G.	LÁMINA 19
MÉXICO D.F. 2001	

Datos dados por el búster:  
Diámetro = 4000mm  
longitud =4000mm

#### 4.8 Selección de la bomba

En el catálogo de bombas Worthington se encuentran gráficas de comportamiento de las bombas modelo las cuales recomienda para distribución y suministro de agua potable (ver lamina20,a,b,c).

Como se puede observar en la lámina se grafica la variación de la carga contra el gasto y viceversa apreciándose en el cual se puede cada tamaño o cada modelo para nuestras condiciones de gasto y carga se observa que tenemos opción a utilizar.

En la grafica la carga contra gasto de la Fig. anterior se dibujan las curvas muestra la eficiencia la potencia del motor en NSPH requiendo al diámetro del impulsor en los diferentes puntos de operación de la bomba en cuanto a su carga y gasto nuestras condiciones tenemos:

Carga 51 m c.a.  
Gasto 40 l/s.

Basándose en estos valores en la gráfica encontramos los siguientes datos:

Eficiencia	80%
Potencia del motor	40hp
NSPH <sub>g</sub>	3.4
Diámetro del impulsor	10" <sup>3/4</sup>
Diámetro de succión	10"

Comprobación de la potencia del motor:

$$N = QWH/75 \times \eta$$

De donde.

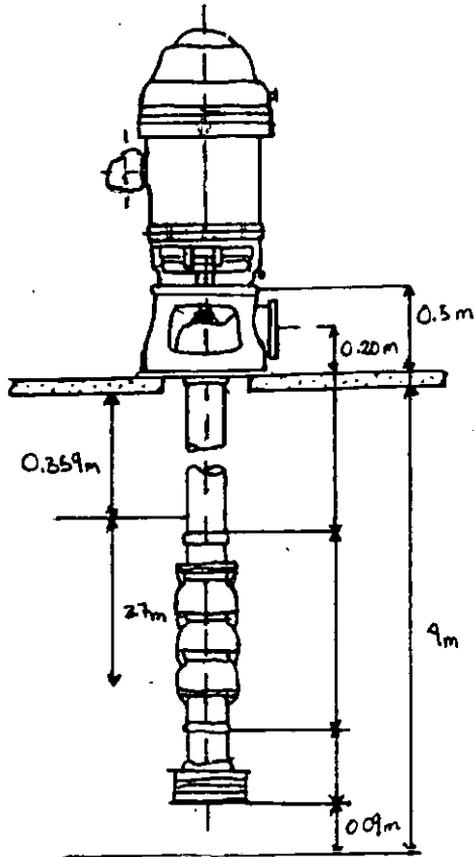
N = potencia h.p.  
Q = gasto m<sup>3</sup>/s.  
W = peso específico kg/m<sup>3</sup>.  
H = carga total m.c.a.  
 $\eta$  = rendimiento.

Y con los datos de nuestro proyecto:

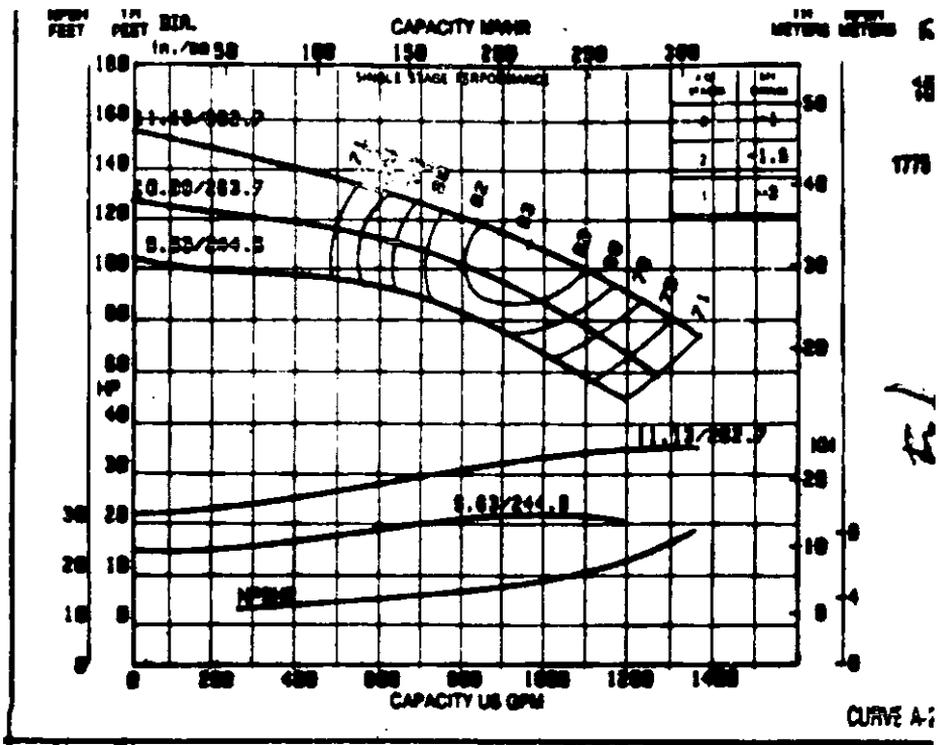
Q = 0.40 m<sup>3</sup>/s.  
W = 1000 kg/m<sup>3</sup>.  
H = 51m.  
 $\eta$  = 80 %.



U.N.A.M.	CAMPUS ARAGÓN
TESIS PROFESIONAL	
ROBERTO VALENCIA G.	LÁMINA 20a
MÉXICO D.F. 2001	



U.N.A.M.	CAMPUS ARAGÓN
TESIS PROFESIONAL	
ROBERTO VALENCIA G.	LÁMINA 20 b
MÉXICO D.F. 2001	



U.N.A.M.	CAMPUS ARAGÓN
TESIS PROFESIONAL	
ROBERTO VALENCIA G.	LÁMINA 20C
MÉXICO D.F. 2001	

Temos:

$$N = (0.040 \times 1000 \times 51) / 0.80 \times 75$$

$$N = 34 \text{ c.v.}$$

$$N = 34 \times 0.986 = 33.5 \text{ h.p.}$$

Potencia del motor comercial 40 h.p.

$\eta_m$  = potencia requerida / potencia de accionamiento:

$$\eta = 33.5/40 = 0.83$$

$$\eta = 0.83\%$$

rendimiento del motor  $\times$  rendimiento de la bomba  $\eta_{m-b}$

$$\eta_{m-b} = 0.83 \times 0.80$$

$$\eta_{m-b} = 66\%$$

#### 4.9. Selección del equipo eléctrico

Las especificaciones del transformador son también necesarias para la selección del equipo puesto que los datos de voltaje en alta y voltaje en baja son básicos para la operación del transformador cabe mencionar que las subestaciones eléctricas tipo rural son las más comúnmente usadas en los sistemas de bombeo (ver lámina 21):

Cálculo de la subestación:

$$KVA = (I \times E \times \sqrt{3}) / 1000$$

I = corriente en amperes.

E = tensión en volts = 440 volts.

$$\sqrt{3} = 1.73$$

1000 = factor de conversión a KVA:

donde I se obtiene de:

$$Ipc = (40 \times 7.46) / 1.73 \times 440 \times 10.85 = 0.46.11$$

$$Ipc = 46.11 \text{ amp}$$

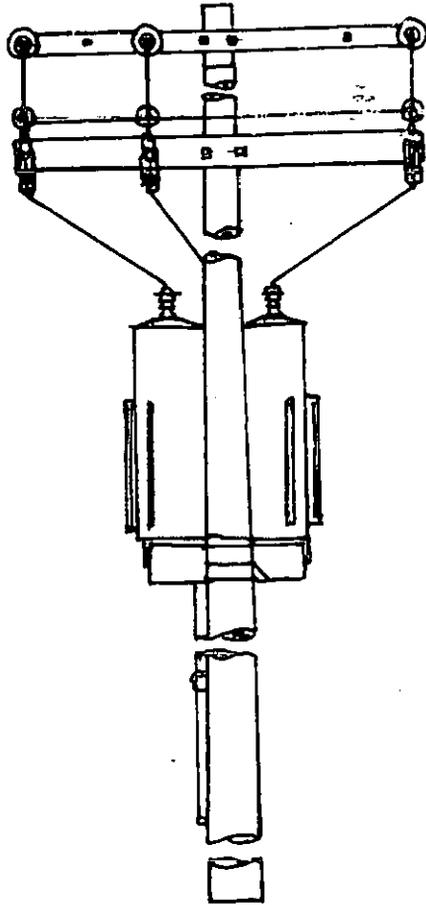
Sustituyendo en la fórmula:

$$KVA = 46.11 \times 440 \times 1.73 / 1000$$

$$KVA = 35$$

Como se ve se necesita un transformador de 35 KVA, pero el comercialmente superior existente es el de 45 KVA.

A continuación se dan las especificaciones para solicitar el equipo eléctrico Suministro e instalación de subestación eléctrica del poste intermedio con capacidad de 45 KVA que consta de transformador con alimentación a 23 KV salida 440/254 volts y 45 KVA de capacidad.



U.N.A.M.	CAMPUS ARAGÓN
TESIS PROFESIONAL	
ROBERTO VALENCIA G.	LÁMINA 21
MÉXICO D.F. 2001	

Controles:

Instalación de arrancador magnético de tensión reducida tipo auto transformador en caja NEMA 1 tamaño 3 con interruptor termo magnético 3 x 100amp y tres alimentos térmicos para motor de 40 hp 440 60 cps.

Suministro e instalación de tablero de control para equipo de bombeo con alimentación de 110 volts incluyendo dos interpolos de presión tipo pesado para bomba de agua caja NEMA 13.

#### 4.10 Golpe de ariete

Un factor importante para la determinación de la clase de tubería a usarse es el golpe de ariete un golpe de ariete se define como una fuerza dinámica adicional que se súper impone a la presión estática normal que existe en una tubería de conducción esta fuerza dinámica es el resultado de una transformación súbita de energía cinética, producida por la masa móvil del agua, energía de presión puede establecerse una formula para el cálculo de la separación de diferentes tubos y redes como sigue.

$$a = 1425 / 1 + (K/E \times D/b) \text{ ----(1)}$$

$$Ah = a/g (V_0) \text{ -----(2)}$$

$$Ah = 1425 V_0 / g \ 1 + (K/E \ D/b) \text{ ----(3)}$$

a = velocidad de presión (m/s).

ah = incremento de presión ocasionado por el golpe de ariete en (m).

V<sub>0</sub> = velocidad del agua en conducción (m/s).

g = aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>).

E = modulo de elasticidad del material del tubo (kg/cm<sup>2</sup>).

K = modulo de elasticidad del agua (kg/cm<sup>2</sup>).

D = diámetro del tubo.

b = espesor de las paredes del tubo (m).

Aplicando los valores correspondientes a espesor de diámetro y módulos de elasticidad de los diferentes tubos en la formula (1) se obtienen los valores de "a" se simplifica el proceso para encontrar el golpe de ariete basta con aplicar la formula (2) con los valores que la resuelvan:

$$Ah = a/g V_0$$

ah = incremento de presión ocasionada por el golpe de ariete (m).

a = valor de la velocidad de la onda de presión según tablas.

V<sub>0</sub> = velocidad de flujo previa al paro súbito de la corriente.

g = aceleración de la gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>).

$$a = 1425 / 1 + K/E \ D/b$$

$$a = 1425 / 1 + ( 2.03 \times 10^5 / 63270 ) ( 0.200m / 0.203 m )$$

Los datos del proyecto:

$$a = 334,5 \text{ m/s.}$$

$$V_0 = 1,7 \text{ m/s.}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2.$$

$$Ah = 334,5 / 9,81 \times 1,7 = 57,96 \text{ m}$$

La presión estática de tubo en el tramo crítico:

$$Pt = 48,3\text{m}$$

La suma de ambas será:

$$P_{\max} = Ah + Pt$$

$$P_{\max} = 57,96 + 48,3 = 106,2\text{m}$$

$$P_{\max} 10,62 \text{ kg/cm}^2$$

Para que no sufra ruptura de p.v.c se recomienda las siguientes características mecánicas RD 26 ya que soporta una presión de  $11,2 \text{ kg/cm}^2$ .

## CAPÍTULO V

### BALANCE ECONÓMICO

## INTRODUCCIÓN

El propósito de este capítulo es determinar el costo de la realización del proyecto, así como el tiempo y costo por amortización, ya que en muchas ocasiones este es factor importante para la aprobación o rechazo del mismo y en su caso, para tramitación de créditos, asignaciones presupuestales, permisos de construcción o cualquier otro trámite.

Para facilitar el cálculo del costo total del proyecto se clasificarán los conceptos de tal manera que se pueda visualizar el costo del proyecto, es decir que se pueda saber cuanto cuesta la línea de conducción, el equipo de bombeo, o el costo de la mano de obra por instalaciones.

Estos conceptos se manejan en hojas de control. Los cuales contienen los datos principales que deseen conocer y en las cuales vaciaremos los datos para hacer totalizaciones.

Las partidas parciales que componen el costo total del proyecto las clasificaremos de la siguiente manera.

Costo por materiales:

- a) Para las instalaciones hidráulicas.
- b) Para las instalaciones eléctricas.
- c) Para obra civil.

Costo del equipo:

- a) Equipo de bombeo.
- b) Equipo eléctrico.
- c) Equipo de medición.

Costo de mano de obra:

- a) Para instalaciones hidráulicas.
- b) Para instalaciones eléctricas.
- c) Para obra civil.

COSTO POR MATERIALES, MANO DE OBRA Y LÍNEA DE CONDUCCIÓN

COSTO DE CONCEPTO, UNIDADES, DE MEDICION, CANTIDAD Y PRECIO UNITARIO						
CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P.U. CON NÚMERO	P.U. CON LETRA	IMPORTE TOTAL EN PESOS
1	DESHERBE Y LIMPIA DE TERRENO.	1,417.60	M2	3.16	TRES PESOS 16/100 M.N.	4,479.62
2	TRAZO Y NIVELACION.	1,417.60	M2	2.40	DOS PESOS 40/100 M.N.	3,402.24
3	EXCAVACION EN CEPAS EN MATERIAL COMÚN CON EQUIPO MECÁNICO DEPOSITANDO EL MATERIAL EN CAMIÓN, CON ACARREO LIBRE DE UN KILOMETRO.	1,092.90	M3	34.86	TREINTA Y CUATRO PESOS 86/100 M.N.	38,098.49
4	SOBREACARREO EN LOS KILOMETROS SUBSECUENTES AL PRIMERO DE MATERIALES PRODUCTO DE EXCAVACION.	4,371.60	M3-KM	0.46	CERO PESOS 46/100 M.N.	2,010.94
5	CONSTRUCCIÓN DE PLANTILLA APISONADA AL 85% PRUEBA PROCTOR DE MATERIAL DE BANCO (TEPETATE)	76.80	M3	31.65	TREINTA Y UN PESOS 65/100 M.N.	2,430.72
6	RELLENO EN CEPAS CON MATERIAL PRODUCTO DE EXCAVACION, COMPACTADO AL 90% DE LA PRUEBA PROCTOR	969.80	M3	26.04	VEINTISEIS PESOS 04/100 M.N.	25,253.59
7	SUMINISTRO Y FABRICACION DE CAJAS DE OPERACIÓN PARA VÁLVULAS TIPO 5 DE 1.30X 1.90 m.	1.00	PZA	1,624.66	UN MIL SEISCIENTOS VEINTICUATRO PESOS 66/100 M.N.	1,624.66
8	SUMINISTRO E INSTALACION DE CONTRAMARCO SENCILLO DE 0.90 m, CON CANAL DE 100mm (4") DE FIERRO FUNDIDO.	1.00	PZA	606.22	SEISCIENTOS SEIS PESOS 22/100 M.N.	606.22
9	SUMINISTRO E INSTALACION DE MARCOS CON TAPA DE FIERRO FUNDIDO DE 0.50X0.50 CM. CON PESO DE 134 Kg	1.00	PZA	1,318.42	UN MIL TRESCIENTOS DIECIOCHO PESOS 42/100 M.N.	1,318.42
10	FABRICACION Y COLOCACION DE CONCRETO HIDRAULICO DE F'c = 250 KG/ CM2, EN ATRAQUES.	1.10	M3	1,075.22	UN MIL SETENTA Y CINCO PESOS 22/100 M.N.	1,182.74
11	SUMINISTRO Y COLOCACION DE CIEMBRA DE MADERA, INCLUYEN EL DESCIMBRADO, EN ATRAQUES.	6.40	M2	57.21	CINCUENTA Y SIETE PESOS 21/100 M.N.	366.14
12	SUMINISTRO, HABILITACION Y COLOCACION DE ACERO DE REFUERZO fy= 4,200 Kg/ cm2.	54.30	KG	6.80	SEIS PESOS 80/100 M.N.	369.24
13	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE ACERO AL CARBON ASTM A-53 B, DE LOS SIGUIENTES DIAMETRO. LONGITUDES Y ESPESORES DE PARED: a) DE 200 mm (8") DE DIAMETRO Y 9.53 mm DE ESPESOR DE PARED.	36.00	M	348.52	TRESCIENTOS CUARENTA Y OCHO PESOS 52/100 M.N.	12,546.72
14A	SUMINISTRO E INSTALACION DE JUNTA GIBAULT COMPLETA DE: a) 200 mm (8") DE DIAMETRO.	8.00	PZA	278.12	DOSCIENTOS SETENTA Y OCHO PESOS 12/100 M.N.	2,224.96
14B	SUMINISTRO E INSTALACION DE JUNTA DE GIBAULT COMPLETA: a) 350 mm (14") DE DIAMETRO.	1.00	PZA	832.26	OCTOCIENTOS TREINTA Y DOS PESOS 26/100 M.N.	823.26
15	SUMINISTRO E INSTALACION DE PIEZAS ESPECIALES DE ACERO FORJADO CON EXTREMOS SOLDABLES, CON O SIN BRIDAS: a) CODO DE 45° CEDULA 40 DE 200 mm (8") DE DIAMETRO Y 9.53 mm DE ESPESOR.	16.00	PZA	631.95	SEISCIENTOS TREINTAY UN PESOS 95 M.N.	10,111.20
16	SUMINISTRO E INSTALACION DE VALVULA DE ADMISION Y EXPULSION DE AIRE DE 25 mm (1") DE DIAMETRO, CUERPO DE HIERRO GRIS ASTM A-48.	2.00	PZA	400.84	CUATROCIENTOS PESOS 84/100 M.N.	801.68
17	SUMINISTRO DE ENPAQUE DE NEOPRENO DE: a) 200 mm (8") DE DIAMETRO	8.00	PZA	59.85	CINCUENTA Y NUEVE PESOS 85/100 M.N.	478.80
					SUBTOTAL.	108,129.64

COSTO POR MATERIALES, MANO DE OBRA Y LÍNEA DE CONDUCCIÓN

COSTO DE CONCEPTO, UNIDADES, DE MEDICIÓN, CANTIDAD Y PRECIO UNITARIO

CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P.U. CON NÚMERO	P.U. CON LETRA	IMPORTE TOTAL EN PESOS
18	SUMINISTRO DE EMPAQUES DE NEOPRENO DE: a) 350mm (14") DE DIÁMETRO	1.00	PZA	153.08	CIENTO CINCUENTA Y TRES PESOS 08/100 M.N.	153.08
19A	SUMINISTRO DE TORNILLOS DE A-325 DE CABEZA HEXAGONAL CON TUERCAS: a) DE ½" X 3 ½"	64.00	PZA	11.27	ONCE PESOS 27/100 M.N.	721.28
19B	SUMINISTRO DE TORNILLOS A-325 DE CABEZA HEXAGONAL CON TUERCAS: b) DE 1 7/8" X 7"	8.00	PZA	46.03	CUARENTA Y SEIS PESOS 03/100 M.N.	368.24
19C	SUMINISTRO DE TORNILLOS A-325 DE CABEZA HEXAGONAL CON TUERCAS: c) DE ½" X 3 ½"	2.00	PZA	4.84	CUATRO PESOS 84/100 M.N.	9.68
20	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE PVC HIDRAULICO ANGER RD-26 DE 203 mm. (8") DE DIÁMETRO	1,181.30	M	180.06	CIENTO OCHENTA PESOS 06/100 M.N.	212,704.88
21 A	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PIEZAS DE PVC: a) CODO DE 90° DE 200 mm(8") DE DIÁMETRO	2.00	PZA	514.12	QUINIENTOS CATORCE PESOS 12/100 M.N.	1,028.24
21 B	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PIEZAS ESPECIALES DE PVC: b) CODO DE 45° DE 200 mm (8") DE DIÁMETRO	5.00	PZA	514.12	QUINIENTOS CATORCE PESOS 12/100 M.N.	2,570.60
21 C	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PIEZAS ESPECIALES DE PVC: c) REDUCCIÓN CAMPANA DE 350 mm X 200mm (14"X8" DE DIÁMETRO.	1.00	PZA	982.66	NOVECIENTOS OCHENTA Y DOS PESOS 66/100 M.N.	982.66
22	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ABRAZADERA DE INSERCIÓN DE 200 mm (8") DE DIÁMETRO	2.00	PZA	112.47	CIENTO DOCE PESOS 47/100 M.N.	224.94
63 A	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE JUNTA GIBAULT COMPLETA DE 200 mm (8") DE DIÁMETRO	8.00	PZA	278.12	DOS CIENTOS SETENTA Y OCHO PESOS 12/100 M.N.	2,224.96
63 B	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE JUNTA DE GIBAULT COMPLETA DE 335.5 mm (14") DE DIÁMETRO	3.00	PZA	923.96	NOVECIENTOS VEINTITRES PESOS 96/100 M.N.	2,771.94
64 A	SUMINISTRO, FABRICACIÓN E INSTALACIÓN DE PIEZAS ESPECIALES FORMADAS CON TRAMOS DE TUBERÍA DE ACERO AL CARBON ASTM A-53B, BRIDADOS O SIN BRIDAS, DE LOS SIGUIENTES DIÁMETROS, LONGITUDES Y ESPESORES DE PARED DE: A) TUBO DE 200 mm (8") DE DIÁMETRO Y 52.0 M DE LONGITUD, CON 9.53 mm DE ESPESOR DE PARED, BRIDADO EN UN EXTREMO Y BISELADO EN EL OTRO.	1.00	PZA	1,305.24	UN MIL, TRESCIENTOS CINCO PESOS 24/100 M.N.	1,305.24
64 B	SUMINISTRO, FABRICACIÓN E INSTALACIÓN DE PIEZAS ESPECIALES FORMADAS CON TRAMOS DE TUBERÍA DE ACERO AL CARBON ASTM A-53B, BRIDADOS O SIN BRIDAS, DE LOS SIGUIENTES DIÁMETROS, LONGITUDES Y ESPESORES DE PARED DE: C) TUBO DE 200 mm (8") DE DIÁMETRO Y 1.0 M DE LONGITUD, CON 9.53 mm DE ESPESOR DE PARED, BRIDADO EN UN EXTREMO Y BISELADO EN EL OTRO.	1.00	PZA	562.90	QUINIENTOS SESENTA Y DOS PESOS 90/100 M.N.	562.90
64 C	SUMINISTRO, FABRICACIÓN E INSTALACIÓN DE PIEZAS ESPECIALES FORMADAS CON TRAMOS DE TUBERÍA DE ACERO AL CARBON ASTM A-53B, BRIDADOS O SIN BRIDAS, DE LOS SIGUIENTES DIÁMETROS, LONGITUDES Y ESPESORES DE PARED DE: C) TUBO DE 200 mm (8") DE DIÁMETRO Y 1.50 M DE LONGITUD, CON 9.53 mm DE ESPESOR DE PARED, BRIDADO EN UN EXTREMO Y BISELADO EN EL OTRO.	1.00	PZA	663.61	SEISCIENTOS SESENTA Y TRES PESOS 61/100 M.N.	663.61
SUBTOTAL						226,292.25

COSTO POR MATERIALES, MANO DE OBRA Y LÍNEA DE CONDUCCIÓN

COSTO DE CONCEPTO, UNIDADES, DE MEDICIÓN, CANTIDAD Y PRECIO UNITARIO						
65 A	SUMINISTRO E INSTALACION DE PIEZAS ESPECIALES DE ACERO FORJADO CON EXTREMOS SOLDABLES, CON O SIN BRIDAS: A) CODO CON UN EXTREMOS SOLDABLE DE 45° CEDULA 40 DE 200 mm (8") Y 9.53 mm DE ESPESOR.	16.00	PZA	469.83	CUATROCIENTOS SESENTA Y NUEVE PESOS 83/100 M.N.	7,517.25
66	SUMINISTRO Y COLOCACION DE ABRAZADERAS DE INSERCIÓN DE 200 mm (8") DE DIÁMETRO	3.0	PZA	112.47	CIENTO DOCE PESOS 47/100 M.N.	337.41
67	SUMINISTRO E INSTALACION DE VALVULA DE ADMISION Y EXPULSION DE AIRE DE 25 mm (1") DE DIÁMETRO, CUERPO DE HIERRO GRIS ASTM A-48	3.00	PZA	415.96	CUATROCIENTOS QUINCE PESOS 96/100 M.N.	1,247.88
68 A	SUMINISTRO DE EMPAQUES DE NEOPRENO DE A) 200 mm DE (8") DIÁMETRO	10.00	PZA	59.85	CINCUENTA Y NUEVE PESOS 85/100 M.N.	598.50
68 B	SUMINISTRO DE EMPAQUES DE NEOPRENO DE A) 355.6 mm DE (14") DIÁMETRO	3.00	PZA	153.08	CIENTO CINCUENTAY TRES PESOS 08/100 M.N.	459.24
69 A	SUMINISTRO DE TORNILLOS A-325 DE CABEZA HEXAGONAL CON TUERCA: A) DE 1/2" X 5 1/2"	30.00	PZA	16.11	DECISEIS PESOS 11/100 M.N.	483.30
69 B	SUMINISTRO DE TORNILLOS A-325 DE CABEZA HEXAGONAL CON TUERCA: B) DE 1/2" X 3 1/2"	6.00	PZA	4.48	CUATRO PESOS 48/100 M.N.	29.04
69 C	SUMINISTRO DE TORNILLOS A-325 DE CABEZA HEXAGONAL CON TUERCA: C) DE 1/2" X 7	18.00	PZA	57.55	CINCUENTA Y NUEVE PESOS 55/100 M.N.	1,035.90
70	SUMINISTRO Y FABRICACION DE CAJAS DE OPERACIÓN PARA VÁLVULAS TIPO 3 DE 1.40 X 1.20 M	1.00	PZA	2,119.25	DOS MIL CIENTO DIECINUEVE PESOS 25/100 M.N.	2,119.25
71	SUMINISTRO E INSTALACION DE CONTRAMARCO SENCILLO DE 0.90 m (8") CON CANAL DE 100 mm (4") DE HIERRO FUNDIDO	1.00	PZA	606.22	SEISCIENTOS SEIS PESOS 22/100 M.N.	606.22
72	SUMINISTRO E INSTALACION DE MARCOS CON TAPA DE HIERRO FUNDIDO DE 50X50 cm CON PESO DE 134 KG	1.00	PZA	1,318.42	UN MIL TRESCIENTOS DIECIOCHO PESOS 42/100 M.N.	1,318.42
73	SUMINISTRO Y FABRICACION DE CAJAS DE OPERACIÓN PARA VÁLVULAS TIPO 4 DE 1.70 X 1.60 m	1.00	PZA	2,749.31	DOS MIL SEPTECIENTOS CUARENTA Y NUEVE PESOS 31/100 M.N.	2,749.31
74	SUMINISTRO E INSTALACION DE CONTRAMARCO SENCILLO DE 0.90 m CON CANAL DE 100 mm (4") DE HIERRO FUNDIDO	1.00	PZA	606.22	SEISCIENTOS SEIS PESOS 22/100 M.N.	606.22
75	SUMINISTRO E INSTALACION DE MARCOS CON TAPA DE HIERRO FUNDIDO DE 50 X 50 cm CON PESO DE 134 KG	1.00	PZA	1,318.42	UN MIL TRESCIENTOS DIECIOCHO PESOS 42/100 M.N.	1,318.42
76	SUMINISTRO E INSTALACION DE PIEZAS ESPECIALES DE ACERO FORJADO CON EXTREMOS SOLDABLES, CON O SIN BRIDAS: a) TEE ACERO DE 355.6 mm X 355.6 mm (14"X14") DE DIÁMETRO	1.00	PZA	2,614.59	DOS MIL SEISCIENTOS CATORCE PESOS 59/100 M.N.	2,614.59
77	SUMINISTRO E INSTALACION DE VALVULA DE MARIPOSA DE 200mm (8") DE DIÁMETRO, 125 PSI CUERPO DE HIERRO GRIS ASTM A-48	1.00	PZA	1,615.36	UN MIL SEISCIENTOS QUINCE 36/100 M.N.	1,615.36
78	FABRICACION Y COLOCACION DE CONCRETO HIDRAULICO DE $f_c = 250 \text{ kg/cm}^2$ , EN ATRAQUES	1.70	M2	1,075.22	UN MIL SETENTA Y CINCO PESOS 22/100 M.N.	1,827.87
79	SUMINISTRO Y COLOCACION DE CIEMBRAS DE MADERA, INCLUYE EL DESCIMBRAMIENTO, EN ATRAQUES	14.30	M3	57.21	CINCUENTA Y SIETE PESOS 21/100 M.N.	818.10
80	SUMINISTRO HABILITACION Y COLOCACION DE ACERO DE REFUERZO $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$	126.20	KG	6.80	SEIS PESOS 80/100 M.N.	858.16
SUBTOTAL						28,160.44

COSTO POR MATERIALES, MANO DE OBRA Y LÍNEA DE CONDUCCIÓN

COSTO DE CONCEPTO, UNIDADES, DE MEDICIÓN, CANTIDAD Y PRECIO UNITARIO						
CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P.U. CON NÚMERO	P.U. CON LETRA	IMPORTE TOTAL EN PESOS
81	EXCAVACION DE CEPAS EN MATERIAL COMUN EN SECO, CON EQUIPO MECANICO DEPOSITANDO EL MATERIA EN CAMINO, CON ACARREO LIBRE DE UN KILOMETRO	2.10	M3	34.86	TREINTA Y CUATRO PESOS 86/100 M.N.	73.21
82	SOBRECARRIO EN LOS KILOMETRO SUBSECUENTES AL PRIMERO, DE MATERIALES PRODUCTO DE EXCAVACION	8.40	M3-KM	0.46	CERO PESOS 46/100 M.N.	3.86
83	FABRICACION Y COLOCACION DE CONCRETO HIDRAULICO DE fe - 250 kg/cm2	1.30	M3	1,075.22	UN MIL, SETENTA Y CINCO PESOS 22/100 M.N.	1,397.79
84	SUMINISTRO Y COLOCACION DE CIMBRA DE MADERA, INCLUYE EL DESCIMBRADO	17.80	M2	57.21	CINCUENTA Y SIETE PESOS 21/100 M.N.	1,018.34
85	SUMINISTRO, HABILITACION Y COLOCACION DE ACERO DE REFUERZO fy= 4,200 kg/cm2	129.30	KG	6.80	SEIS PESOS 80/100 M.N.	879.24
86	SUMINISTRO Y COLOCACION DE CONTRAMARCO, DE 60 X 60 cm, DE ANGULO DE 50.8 X 4.7 mm.	1.00	PZA	145.99	CIENTO CUARENTA Y CINCO PESOS 99/100 M.N.	145.99
87	SUMINISTRO Y COLOCACION DE LAMINA DE ACERO CALIBRE #11 DE 60 X 60 cm	1.00	PZA	109.21	CIENTO NUEVE PESOS 21/100 M.N.	109.21
88	SUMINISTRO Y COLOCACION DE TUBO DE ACERO 3/8" Y 75 cm DE LONGITUD	1.00	PZA	41.28	CUARENTA Y UN PESOS 28/100 M.N.	41.28
89 A	SUMINISTRO E INSTALACION DE JUNTA GIBBAULT COMPLETA DE: A) 350 mm (14") DE DIAMETRO	2.00	PZA	923.98	NOVECIENTOS VEINTITRES PESOS 98/100 M.N.	1,847.96
90 A	SUMINISTRO, FABRICACION E INSTALACION DE PIEZA ESPECIALES FORMADAS CON TRAMOS DE TUBERIA DE ACERO AL CARBON ASTM A-53B BRIDADOS O SIN BRIDAS, DE LOS SIGUIENTES DIAMETROS, LONGITUDES Y ESPESORES DE PARED: A) TUBO DE 355.6 mm (14") DE DIAMETRO Y 4.0M DE LONGITUD, CON 9.35 mm DE ESPESOR, DE PARED, BRIDADO EN UN EXTREMO Y BISELADO EN EL OTRO	1.00	PZA	2,437.52	DOS MIL, CUATROCIENTOS TREINTA Y SIETE PESOS 52/100 M.N.	2,437.52
90 B	SUMINISTRO, FABRICACION E INSTALACION DE PIEZA ESPECIALES FORMADAS CON TRAMOS DE TUBERIA DE ACERO AL CARBON ASTM A-53B BRIDADOS O SIN BRIDAS, DE LOS SIGUIENTES DIAMETROS, LONGITUDES Y ESPESORES DE PARED: B) TUBO DE 304.8 mm (12") DE DIAMETRO Y 2.40M DE LONGITUD, CON 9.35 mm DE ESPESOR, DE PARED, BRIDADO EN UN EXTREMO Y BISELADO EN EL OTRO	1.00	PZA	1,516.48	UN MIL, QUINIENTOS DIECISEIS PESOS 48/100 M.N.	1,516.48
91 A	SUMINISTRO, FABRICACION E INSTALACION DE PIEZAS ESPECIALES DE ACERO AL CARBON STM 234 WPB CON O SIN BRIDAS DE ACERO AL CARBON ASTM A-105 E: A) REDUCCION DE ACERO DE 355.6 X 304.8 mm (14" X 12") DE DIAMETRO, CON ESPESOR DE 9.53 mm	1.00	PZA	1,166.16	UN MIL, CIENTO SESENTA Y SEIS PESOS 16/100 M.N.	1,166.16
92 A	SUMINISTRO E INSTALACION DE PIEZAS ESPECIALES DE ACERO FORJADO CON EXTREMOS SOLDABLES, CON O SIN BRIDAS: A) CODO DE ACERO AL CARBON DE 90° DE 355.6 mm (14") DE DIAMETRO DE 9.35 mm DE ESPESOR	1.00	PZA	1,741.73	UN MIL, SETECIENTOS CUARENTA Y UN PESOS 73/100 M.N.	1,741.73
SUBTOTAL						12,378.69

COSTO POR MATERIALES, MANO DE OBRA Y LÍNEA DE CONDUCCIÓN

COSTO DE CONCEPTO, UNIDADES, DE MEDICIÓN, CANTIDAD Y PRECIO UNITARIO						
CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P.U. CON NÚMERO	P.U. CON LETRA	IMPORTE TOTAL EN PESOS
93	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CODO DE ACERO AL CARBÓN DE 90° DE 304.8 (12") DE DIÁMETRO ASTM A-235 GRADO B (ANSI B 16.9) DE 9.53 mm DE ESPESOR	3.00	PZA	1,361.02	UN MIL TRESCIENTOS SESENTA Y UN PESOS 02/100 M.N.	4,083.06
94	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE VÁLVULA DE FLOTADOR DE 355.6 mm (14") DE DIÁMETRO, 125 PSI, CUERPO DE HIERRO GRIS ASTM A-48	1.00	PZA	61,393.96	SESENTA Y UN MIL TRESCIENTOS NOVENTA Y TRES PESOS 96/100 M.N.	61,393.96
95	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CONTRABRIDA DE HIERRO FUNDIDO DE 355.6 mm (14") DE DIÁMETRO	1.00	PZA	401.08	CUATROCIENTOS UN PESOS 08/100 M.N.	401.08
96	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MALLA MOSQUETERA DEL No. 18, SEGUN EL PROYECTO	1.00	PZA	277.67	DOSCENTOS SETENTA Y SIETE PESOS 67/100 M.N.	277.67
97	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE BRIDA DE HIERRO FUNDIDO DE 355.6 mm (14") DE DIÁMETRO	1.00	PZA	401.08	CUATROCIENTOS UN PESOS 08/100 M.N.	401.08
98	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CARRETE DE HIERRO FUNDIDO DE 355.6 mm (14") DE DIÁMETRO	2.00	PZA	1,929.34	UN MIL NOVECIENTOS VEINTINUEVE PESOS 34/100 M.N.	3,858.68
99	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE VÁLVULA DE MARIPOSA DE 355.6 mm (14") DE DIÁMETRO, 125 PSI CUERPO DE HIERRO GRIS ASTM A-48	1.00	PZA	5,383.40	CINCO MIL TRESCIENTOS OCHENTAY TRES PESOS 40/100 M.N.	5,383.40
100	SUMINISTRO Y FABRICACIÓN DE CAJA DE OPERACIÓN PARA VÁLVULAS TIPO 3 DE 1.40 X 1.20 m	1.00	PZA	2,119.25	DOS MIL CIENTO DIECINUEVE PESOS 25/100 M.N.	2,119.25
101	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CONTRAMARCO SENCILLO DE 0.90 m CON CANAL DE 100 mm (4") DE HIERRO FUNDIDO	1.00	PZA	606.22	SEISCIENTOS SEIS PESOS 22/100 M.N.	606.22
102	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MARCOS CON TAPA DE HIERRO FUNDIDO DE 50 X50 cm CON PESO DE 134 Kg	1.00	PZA	1,318.42	UN MIL TRESCIENTOS DIECIOCHO PESOS 42/100 M.N.	1,318.42
103 A	SUMINISTRO DE EMPAQUES DE NEOPRENO DE: A) 304 mm (12") DE DIÁMETRO	2.00	PZA	132.36	CIENTO TREINTA Y DOS PESOS 36/100 M.N.	264.72
103 B	SUMINISTRO DE EMPAQUES DE NEOPRENO DE: B) 350 mm (14") DE DIÁMETRO	2.00	PZA	153.08	CIENTO CINCUETA Y TRES PESOS 08/100 M.N.	306.16
104 A	SUMINISTRO DE TORNILLOS A-325 DE CABEZA HEXAGONAL CON TUERCAS: A) DE 1" X 7"	8.00	PZA	34.53	TREINTA Y CUATRO PESOS 53/100 M.N.	276.24
104 B	SUMINISTRO DE TORNILLOS A-325 DE CABEZA HEXAGONAL CON TUERCAS: A) DE 1" X 7"	12.00	PZA	57.55	CINCUENTA Y SEETE PESOS 55/100 M.N.	690.60
SUBTOTAL.						81,380.54
TOTAL.						456,341.56

OBRA MECÁNICA

COSTO DE CONCEPTO UNIDAD DE MEDICIÓN, CANTIDAD, PRECIO UNITARIO						
CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P.U. CON NÚMERO	P.U. CON LETRA	IMPORTE TOTAL EN PESOS
23	SUMINISTRO Y PRUEBA DE BOMBA CENTRIFUGA VERTICAL TIPO TURBINA AUTOCONTENIDA PARA 40 l. p. s. y 51.49 MCA DE CARGA. LUBRICACION CON AGUA. 1770 r. p. m. COLUMNA DE 203 mm. (8") DE DIÁMETRO Y CABEZAL DE DESCARGA DE 8X8 X 16.5" BOTE DE 406 mm. (16") EN LA SUCCION Y DESCARGA CON COLCOCADOR TIPO CONO	1.00	PZA	8.836.09	OCHO MIL OCHOCIENTOS TREINTE Y SEIS PESOS 09/100 M.N.	8.836.09
24	SUMINISTRO, INSTALACION Y PRUEBA DE MOTOR ELECTRICO VERTICAL DE INDUCCION, JAULA DE ARDILLA. FLECHA HUECA DE 40 HP, 3 FASES, 60 CPS. 440 V. 1770 r. p. m. A PRUEBA DE INTERPERIE WP-1	1.00	PZA	64.557.86	SESENTA Y CUATRO MIL QUINIENTOS CINCUENTA Y SIETE PESOS 86/100 M.N.	64.557.86
25	SUMINISTRO E INSTALACION DE JUNTA DRESSER COMPLETA ESTILO 38, CONSTRUIDA EN ACEROO CON ACABADO INTERIOR Y EXTERIOR CON PINTURA ANTICORROSIVA, PARA LA TUBERIA DE ACERO AL CARBON: a) DE 203 mm (8") DE DIAMETRO Y PRESION DE TRABAJO DE 1029 PSI	1.00	PZA	615.15	SEISCIENTOS QUINCE PESOS 15/100 M.N.	615.15
26	SUMINISTRO E INSTALACION DE VALVULA CHECK. CLASE 125 PSI TIPO COLUMPIO, DE 203 mm (8") DE DIAMETRO. CLASE 125 PSI	1.00	PZA	1.306.89	UN MIL TRESCIENTOS SEIS PESOS 89/100 M.N.	1.306.89
27	SUMINISTRO E INSTALACION DE VALVULA DE COMPUERTA. VASTAGO FLO DE PSI. DE 203 mm (8") DE DIAMETRO. INTERIORES DE BRONCE.	1.00	PZA	3.169.19	TRES MIL CIENTO SESENTA Y NUEVE PESOS 19/100 M.N.	3.169.19
28	SUMINISTRO E INSTALACION DE VALVULA DE AIRE Y VACIO PARA BOMBAS VERTICALES. CUERPO DE HIERRO. FLOTADOR DE ACERO INOXIDABLE Y ASIEN TO DE BUNA. DE 51 mm (2") DE DIAMETRO. MODELO 144 WD. MARCA APCO O SIMILAR	1.00	PZA	665.71	SEISCIENTOS SESENTA Y CINCO PESOS 71/100 M.N.	665.71
29	SUMINISTRO E INSTALACION DE VALVULA DE ALIVIO DE PRESION DE 51 mm (2") DE DIAMETRO CUERPO DE ANGULA. ROSCADA CON PILOTO HIDRAULICO PARA RANGO DE OPERACION DE 60 - 75 m. c. a. MODELO 20 WR MARCA ROSS O SIMILAR	1.00	PZA	6.096.04	SEIS MIL NOVENTA Y SEIE PESOS 04/100 M.N.	6.096.04
30	SUMINISTRO, FABRICACION E INSTALACION DE PIEZAS ESPECIALES FORMADAS CON TRAMOS DE TUBERIA DE ACERO AL CARBON ASTM A-53 B. BRIDADOS O SIN BRIDAS, DE LOS SIGUIENTES DIAMETROS, LONGITUDES Y ESPESORES DE PARED: a) ENTREMIDAD DE ACERO AL CARBON DE 203 mm (8") DE DIAMETRO CON UN ESPESOR DE 6.25 mm (1/4") Y 0.40 DE LONGITUD. CON UNA BRIDA DESLIZANTE CLASE 150 EN UN EXTREMO Y PLANO EN EL OTRO	2.00	PZA	338.42	TRESCIENTOS TREINTA OCHO PESOS 42/100 M.N.	676.84
31	SUMINISTRO Y COLOCACION DE MANOMETRO PARA AGUA CON CARATULA DE 4.5" DE DIAMETRO Y ESCALA DE 0 A 11 kg/cm2. ENTRADA DE 13 mm (1/2") INCLUYE ELIMINADOR DE PULSACIONES Y JUEGO DE VALVULAS DE PASO Y PURGA	2.00	PZA	862.82	OCHOCIENTOS SESENTA Y DOS PESOS 82/100 M.N.	1.725.64
SUBTOTAL						87.649.41

OBRA MECÁNICA

COSTO DE CONCEPTO UNIDAD DE MEDICIÓN, CANTIDAD, PRECIO UNITARIO						
CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P.U. CON NÚMERO	P.U. CON LETRA	IMPORTE TOTAL EN PESOS
32 A	SUMINISTRO E INSTALACION DE PIEZAS ESPECIALES DE ACERO FORJADO CON EXTREMOS SOLDABLES, CON O SIN BRIDAS: a) CODO DE 90° RADIO LARGO DE 254 mm (10") DE DIÁMETRO CON DOS BRIDAS DE CUELLO SOLDABLE	1.00	PZA	1,599.14	UN MIL QUINIENTOS NOVENTA Y NUEVE PESOS 14/100 M.N.	1,599.14
32 B	SUMINISTRO E INSTALACION DE PIEZAS ESPECIALES DE ACERO FORJADO CON EXTREMOS SOLDABLES, CON O SIN BRIDAS: b) CODO DE 90° RADIO LARGO DE 254 mm (10") DE DIÁMETRO CON UNA BRIDA DE CUELLO SOLDABLE Y OTOR EXTREMO BISELADO	1.00	PZA	1,280.60	UN MIL DOSCIENTOS OCHENTA PESOS 60/100 M.N.	1,280.60
33 A	SUMINISTRO E INSTALACION DE PIEZAS ESPECIALES DE ACEROFORJADO CON EXTREMOS SOLDABLES, CON O SIN BRIDAS: a) CODO DE 45° RADIO LARGO DE 254 mm (10") DE DIÁMETRO BISELADOS	1.00	PZA	574.87	QUINIENTOS SETENTA Y CUATRO PESOS 87/100 M.N.	574.87
33 B	SUMINISTRO E INSTALACION DE PIEZAS ESPECIALES DE ACERO FORJADO CON EXTREMOS SOLDABLES, CON O SIN BRIDAS: a) CODO DE 45° RADIO LARGO DE 254 mm (10") DE DIÁMETRO CON UNA BRIDA DE CUELLO SOLDABLE Y OTRO EXTREMO BISELADO	1.00	PZA	982.36	NOVECIENTOS OCHENTA Y DOS PESOS 36/100 M.N.	982.36
34	SUMINISTRO Y FABRICACION E INSTALACION DE PIEZAS ESPECIALES FORMADAS CON TRAMOS DE TUBERÍA DE ACERO AL CARBON ASTM A-53 B, BRIDADOS O SIN BRIDAS, DE LOS SIGUIENTES DIÁMETROS, LONGITUDES Y ESPESORES DE PARED: a) EXTREMOS DE ACERO AL CARBON DE 203 mm (8") DE DIÁMETRO, CON UN ESPESOR DE 6.25 mm (1/4") DE 0.80 m DE LONGITUD CON BRIDAS DESLIZANTES CLASE 150	1.00	PZA	674.82	SEISCIENTO SETENTA Y CUATRO PESOS 82/100 M.N.	674.82
35	SUMINISTRO Y FABRICACION E INSTALACION DE PIEZAS ESPECIALES FORMADAS CON MARCOS DE TUBERÍA DE ACERO AL CARBON ASTM A-53 B, BRIDADOS O SIN BRIDAS, DE LOS SIGUIENTES DIÁMETROS, LONGITUDES Y ESPESORES DE PARED: a) EXTREMOS DE ACERO AL CARBON DE 254mm (10") DE DIÁMETRO, CON UN ESPESOR DE 6.25 mm (1/4") DE 0.40 DE LONGITUD, CON UNA BRIDA DESLIZANTE CLASE 150 EN UN EXTREMO Y PLANO EN EL OTRO	1.00	PZA	527.78	QUINIENTOS VEINTISIETE PESOS 78/100 M.N.	527.78
36 A	SUMINISTRO FABRICACION DE PIEZAS ESPECIALES FORMADAS CON MARCOS DE TUBERÍA DE ACERO AL CARBON ASTM A-53 B, BRIDADOS O SIN BRIDAS DE LOS SIGUIENTES DIÁMETROS, LONGITUDES Y ESPESORES DE PARED: TUBERÍA DE ACERO AL CARBON ASTM A-53 DE 254 mm (10") DE DIÁMETRO, CON UN ESPESOR DE 6.25 mm (1/4") DE 0.40 m DE LONGITUD, CON EXTREMOS BISELADOS	1.00	PZA	334.77	TRESCIENTOS TREINTA Y CUATRO PESOS 77/100 M.N.	334.77
SUBTOTAL						5,974.34

OBRA MECÁNICA

COSTO DE CONCEPTO UNIDAD DE MEDICIÓN, CANTIDAD, PRECIO UNITARIO						
CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P.U. CON NÚMERO	P.U. CON LETRA	IMPORTE TOTAL EN PESOS
36 B	SUMINISTRO FABRICACION DE PIEZAS ESPECIALES FORMADAS CON MARCOS DE TUBERÍA DE ACERO AL CARBON ASTM A-53 B, BRIDADOS O SIN BRIDAS DE LOS SIGUIENTES DIÁMETROS, LONGITUDES Y ESPESORES DE PARED: TUBERÍA DE ACERO AL CARBON ASTM A-53 DE 254 mm (10") DE DIÁMETRO, CON UN ESPESOR DE 6.25 mm (1/4") DE 0.40 m DE LONGITUD, CON UN EXTREMO BISELADO Y EL OTRO PLANO	1.00	PZA	312.78	TRESCIENTO DOCE PESOS 78/100 M.N.	312.78
36 C	SUMINISTRO FABRICACION DE PIEZAS ESPECIALES FORMADAS CON MARCOS DE TUBERÍA DE ACERO AL CARBON ASTM A-53 B, BRIDADOS O SIN BRIDAS DE LOS SIGUIENTES DIÁMETROS, LONGITUDES Y ESPESORES DE PARED: TUBERÍA DE ACERO AL CARBON ASTM A-53 DE 254 mm (10") DE DIÁMETRO, CON UN ESPESOR DE 6.25 mm (1/4") DE 1.406 m DE LONGITUD, CON EXTREMOS BISELADOS	1.00	PZA	758.10	SETECIENTOS CINCUENTA Y OCHO PESOS 10/100 M.N.	758.10
37	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBO DE FIERRO GALVANIZADO DE CED. 40 DE 51 mm (2") DE DIÁMETRO Y 0.80 m DE LONGITUD	1.00	PZA	107.75	CIENTO SIETE PESOS 75/100 M.N.	107.75
38	SUMINISTRO E INSTALACION DE CODO DE FIERRO GALVANIZADO DE 90° ROSCADO DE CED 40 DE 51m (2") DE DIÁMETRO	1.00	PZA	38.97	TREJENTA Y OCHO PESOS 97/100 M.N.	38.97
39	SUMINISTRO DE VALVULA DE COMPUERTA VASTAGO FIJO, EXTREMOS BRIDADOS CLASE 125 PSI DE 254 mm (10") DE DIÁMETRO, INTERIORES DE BRONCE	1.00	PZA	4,649.34	CUATRO MIL, SEISCIENTOS CUARENTA Y NUEVE PESOS 38/100 M.N.	4,649.34
40	SUMINISTRO E INSTALACION DE JUNTA DRESSER COMPLETA ESTILO 38, CONSTRUIDA EN ACERO CON ACABADO INTERIOR Y EXTERIOR CON PINTURA ANTICORROSIVA, PARA LA TUBERÍA DE ACERO AL CARBON: a) 254 mm (10") DE DIÁMETRO Y PRESIÓN DE TRABAJO DE 657 PSI	1.00	PZA	979.79	NOVECIENTOS SETENTA Y NUEVE PESOS 79/100 M.N.	979.79
41	SUMINISTRO E INSTALACION DE VALVULA DE COMPUERTE, VASTAGO FIJO, EXTREMOS ROSCADOS CLASE 125 PSI, DE 51 mm (2") DE DIÁMETRO, INTERIORES DE BRONCE	2.00	PZA	471.69	CUATROCIENTOS SETENTA Y UN PESOS 69/100 M.N.	943.38
42 A	SUMINISTRO E INSTALACION DE EMPAQUES DE GARLOCK DE 3/16" DE ESPESOR PARA BRIDA DE LOS SIGUIENTES DIÁMETROS: a) DE 203 mm (8") DE DIÁMETRO	5.00	PZA	10.12	DEZ PESOS 12/100 M.N.	50.60
42 B	SUMINISTRO E INSTALACION DE EMPAQUES DE GARLOCK DE 3/16" DE ESPESOR PARA BRIDA DE LOS SIGUIENTES DIÁMETROS: a) DE 254 mm (10") DE DIÁMETRO	4.00	PZA	12.99	DOCE PESOS 99/100 M.N.	51.96
43 A	SUMINISTRO DE TORNILLOS A-325 DE CABEZA HEXAGONAL CON TUERCAS: a) DE 1/2" X 3 1/2" DE LONGITUD	40.00	PZA	11.27	ONCE PESOS 27/100 M.N.	450.80
43 B	SUMINISTRO DE TORNILLOS A-325 DE CABEZA HEXAGONAL CON TUERCAS: b) DE 7/8" X 3 1/2" DE LONGITUD	48.00	PZA	17.26	DESIETE PESOS 26/100 M.N.	828.48
SUBTOTAL						9,171.95
TOTAL						102,795.70

OBRA ELÉCTRICA

COSTO DE CONCEPTO UNIDAD DE MEDICIÓN, CANTIDAD, PRECIO UNITARIO						
CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P.U. CON NÚMERO	P.U. CON LETRA	IMPORTE TOTAL EN PESOS
44	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE ARRANCADOR MAGNÉTICO TENSIÓN REDUCIDA TIPO AUTOTRANSFORMADOR, EN CAJA NEMA, TAMAÑO 3 CON INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DE 3 X 100 AMP Y TRES ELEMENTOS TÉRMICOS PARA MOTORES DE 40 HP, 440 V, 3 FASES, 60 CPS, MARCA SQUARE D O SIMILAR	1.00	PZA	19,396.29	Diecinueve mil, trescientos noventa y nueve pesos 29/100 M.N.	19,396.29
45	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TABLERO DE CONTROL PARA EQUIPO DE BOMBEO CON ALIMENTACIÓN DE 100 VOLTS, INCLUYENDO DOS INTERRUPTORES DE PRESIÓN TIPO PESADO PARA BOMBA DE AGUA EN CAJA NEMA 13	1.00	PZA	20,575.91	Veinte mil quinientos setenta y cinco pesos 91/100 M.N.	20,575.91
46 A	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBO CONDUIT GALVANIZADO, PARED GRUESA CON COPLES DE LOS SIGUIENTES DIÁMETROS: a) DE 25 mm (1") DE DIÁMETRO	20.00	M	33.73	Treinta y tres pesos 71/100 M.N.	674.60
46 B	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBO CONDUIT GALVANIZADO, PARED GRUESA CON COPLES DE LOS SIGUIENTES DIÁMETROS: b) DE 19 mm (3/4") DE DIÁMETRO	15.00	M	21.56	Veintiun pesos 56/100 M.N.	323.40
47 A	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CABLE MONOPOLAR CON AISLAMIENTO TIPO THW-90, 600 VOLTS, MARCA CONDUMEX O SIMILAR DE LOS SIGUIENTES CALIBRES: a) 4 AWG	60.00	M	18.11	Dieciocho pesos 11/100 M.N.	1,086.60
47 B	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CABLE MONOPOLAR CON AISLAMIENTO TIPO THW-90, 600 VOLTS, MARCA CONDUMEX O SIMILAR DE LOS SIGUIENTES CALIBRES: b) 8 AWG, COLOR VERDE	20.00	M	8.81	Ocho pesos 81/100 M.N.	176.20
47 C	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CABLE MONOPOLAR CON AISLAMIENTO TIPO THW-90, 600 VOLTS, MARCA CONDUMEX O SIMILAR DE LOS SIGUIENTES CALIBRES: c) 14 AWG	40.00	M	2.20	Dos pesos 20/100 M.N.	88.00
48 A	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CONDUIT FLEXIBLE A PRUEBA DE LÍQUIDOS, MARCA LICUATTE O SIMILAR EN LOS SIGUIENTES DIÁMETROS, INCLUYEN CONECTORES: a) DE 25 mm (1")	1.00	M	28.57	Veintiocho pesos 57/100 M.N.	28.57
48 B	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CONDUIT FLEXIBLE A PRUEBA DE LÍQUIDOS, MARCA LICUATTE O SIMILAR EN LOS SIGUIENTES DIÁMETROS, INCLUYEN CONECTORES: a) DE 13 mm (1/2")	2.00	M	15.59	Quince pesos 59/100 M.N.	31.18
50	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE REDUCCIÓN ROSCADA TIPO BUSHING DE 19 mm (3/4") A 13 mm (1/2") MARCA CROUSE HINDS DOME O SIMILAR	2.00	PZA	22.02	Veintidós pesos 02/100 M.N.	44.04
51 A	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MONITOR DE ALUMINIO, MARCA CROUSE HINDS DOME O SIMILAR, DE LOS SIGUIENTES DIÁMETROS: A) DE 25 mm (1")	7.00	PZA	2.58	Dos pesos 58/100 M.N.	18.06
51 B	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MONITOR DE ALUMINIO, MARCA CROUSE HINDS DOME O SIMILAR, DE LOS SIGUIENTES DIÁMETROS: A) DE 25 mm (1")	48.00	PZA	17.26	Diecisiete pesos 26/100 M.N.	828.48
SUBTOTAL						23,875.04

OBRA ELÉCTRICA

COSTO DE CONCEPTO UNIDAD DE MEDICIÓN, CANTIDAD, PRECIO UNITARIO						
CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P.U. CON NÚMERO	P.U. CON LETRA	IMPORTE TOTAL EN PESOS
62	SUMIESTRO E INSTALACIÓN DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA TIPO POSTE, INTERPERIE, CON CAPACIDAD DE 45 KVA QUE CONSTA DE TRANSFORMACIÓN CON ALIMENTACIÓN A 23 KV, SALIDA A 440/245 VOLTS Y 45 KVA CAPACIDAD, POSTE DE CONCRETO OCTAGONAL TIPO C-11-700, DE 11m DE ALTURA Y 700 KG DE RESISTENCIA, PLATAFORMA PARA MONTAJE DE TRANSFORMADOR DE 45 KVA EN POSTE DE CONCRETO INCLUYENDO TODOS LOS HERRAJES PARA LA INSTALACIÓN APARTARRAYOS AUTOVALVULAR TIPO DISTRIBUCIÓN, TENSIÓN DE DESIGNACIÓN A 25 KV, SOLDABLE CONECTADO A CORTA CIRCUETO FUSIBLES DE POTENCIA TIPO XS 200E AMPERES Y 25 KV AISLADOR SENCILLO SERVICIO DE INTERPERIE SUMINISTRADO CON HERRAJES NECESARIOS PARA SU INSTALACIÓN CON FUSIBLE DE 15 AMPERES Y 10.000 AMPERES SIMÉTRICOS DE CAPACIDAD INTERRUPTIVA	1.00	SUBEST	77,304.19	SETENTA Y SIETE PESOS TRESCEINTOS CUATRO PESOS 19/100 M.N.	77,304.19
SUBTOTAL						77,304.19
TOTAL						104841.94

SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA POTABLE PARA TULTEPEC EDO. MEX.

COSTO TOTAL DE LA OBRA	
COSTO DE LA OBRA DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN	456,341.67
COSTO DE OBRA MECÁNICA	102,791.64
COSTO DE OBRA ELÉCTRICA	104,841.94
COSTO TOTAL DEL PROYECTO	663,975.25

## CONCLUSIONES

Actualmente en todas las obras de aprovechamiento de agua potable de la República Mexicana sobre todo en localidades urbanas se elabora en general sobre base económica, y tomando las normas de proyecto de la Comisión Nacional del agua la política a seguir es la de procurar que los proyectos se apeguen más a las necesidades y características actuales de dichas poblaciones.

Nuestro proyecto es factible ya que se hizo basándose en las necesidades del municipio, tanto económicas como técnicas y que realmente se va a suministrar el 10% de agua a la población, cubriendo así a 10000 habitantes y con un crecimiento hasta de 13000 beneficiarios. Este proyecto se va a poner marcha en este año ya que se encuentra avalado por el municipio de Tultepec Edo.Mex.

Ahora bien sobre el aspecto técnico cabe decir que el criterio ingenieril debe estar íntimamente ligado con el aspecto económico para hacer que las obras de agua potable sean accesibles a todos los habitantes de ciudades y comunidades, porque se llega a la conclusión que es indispensable una vez que el proyecto técnico darlo a conocer y difundirlo ampliamente entre la comunidad. \_

## **BIBLIOGRAFÍA**

**Ingeniería de bombas centrífugas  
y su aplicación a los sistemas.  
Ing. Moisés Cendejas Negrete.**

**Mecánica de fluidos.  
De Frank M. White.**

**Mecánica de fluidos y máquinas  
hidráulicas.  
Claudio Mataix.**

**Manual de aplicación e instalación  
de bombas.  
Mexalit.**

**Manual de normas de proyecto de obras de la  
Comisiona Nacional del agua**

**Fundamentos de hidráulica general  
Silvestre  
Limusa**