



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD AZCAPOTZALCO**

**“DISEÑO DE LA RED HIDRÁULICA Y SELECCIÓN DEL EQUIPO
DE BOMBEO PARA DAR LAS CONDICIONES DE GASTO Y CARGA
DE LA PLANTA DE BOMBEO EL CARTERO”**

**TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO MECÁNICO

PRESENTA:

PACHECO CASTILLO FRANCISCO JAVIER

ASESORES:

**ING. J. SANTANA VILLARREAL REYES
M. en C. NEMESIO PANTALEÓN CHARCO**

MÉXICO, D.F. AGOSTO DE 2012

**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD AZCAPOTZALCO**

TESIS

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE
DEBERÁ DESARROLLAR EL C.**

**INGENIERO MECÁNICO
PACHECO CASTILLO FRANCISCO JAVIER**

**DISEÑO DE LA RED HIDRÁULICA Y SELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO PARA DAR LAS
CONDICIONES DE GASTO Y CARGA DE LA PLANTA DE BOMBEO EL CARTERO**

Debido a que en la actualidad, la planta de bombeo de agua potable "El Cartero" situada en Cuajimalpa tiene fallas continuas en el equipo hidráulico, provocando con ello una disminución en el suministro del vital líquido y generando un mayor costo de operación, por esto es necesario desarrollar este trabajo de Tesis para que se pueda aplicar y asegure su correcto funcionamiento.

EL TEMA COMPRENDERÁ LOS SIGUIENTES PUNTOS:

- 1. GENERALIDADES DEL LUGAR Y DE LA PLANTA**
- 2. ESPECIFICACIONES NORMATIVAS**
- 3. INGENIERÍA DEL PROYECTO**
- 4. DESARROLLO DEL PROYECTO**
- 5. COSTO-BENEFICIO**

México, D.F. a 26 de Octubre del 2011.

ASESOR

ASESOR

ING. J. SANTANA VILLARREAL REYES

ING. C. NEMESIO PANTALEÓN CHARCO

IPN
Departamento de Trayectorias
y Servicios Académicos
E.S.I.M.E.
UNIDAD AZCAPOTZALCO

EL DIRECTOR

DR. EMMANUEL ALEJANDRO MERCHÁN CRUZ

NOTA: Se sugiere utilizar el Sistema Internacional de Unidades.

AT-263/2011

P.S. 90-94

EAMC/AC/MEB/yfa



AGRADECIMIENTOS:

Dedico esta tesis a mi esposa por todo su apoyo incondicional, comprensión y cariño, por estar siempre conmigo en mi desarrollo personal, por ser testigo de mi crecimiento profesional, le agradezco por haber encontrado el amor y compartir mi vida con ella.

Agradezco a mis padres, por la educación que me brindaron y especialmente a mi madre por su tenacidad, su disciplina, su carácter luchador, por haberme conducido siempre con buenos principios y valores.

Le quiero dedicar también a mis hijas Valeria y Regina esta tesis, como ejemplo de vida Profesional, trabajo, dedicación y superación personal.

Agradezco a mis amigos y hermanos, por su compañía y apoyo que me brindaron.

Agradezco a mis maestros por su disposición y ayuda.

Agradezco a mi país que espera lo mejor de mí.

Agradezco a Dios por haberme llenado de dicha y bendiciones por haberme puesto a prueba cada día.



ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	I
OBJETIVO	II
SIMBOLOGÍA Y NOMENCLATURA	III
SUBÍNDICES Y LETRAS GRIEGAS	IV
CAPITULO 1 GENERALIDADES DEL LUGAR Y DE LA PLANTA	1
1.1. Características del lugar.	2
1.2. Origen del Suministro y Sistema de Distribución de Agua.	4
1.3. Planta de Bombeo “El Cartero”.	4
1.4. Condiciones de la Planta.	6
1.5. Ubicación de la planta.	8
1.6. Equipo eléctrico.	9
1.7. Equipo de bombeo.	13
1.8. Equipo auxiliar.	15
1.9. Plano del equipo de bombeo del cárcamo.	20
1.10. Plano del equipo de bombeo tipo lata.	21
CAPITULO 2 ESPECIFICACIONES NORMATIVAS	22
2.1. Diseño de estaciones de bombeo para bombas verticales de superficie.	23
2.2. Motor eléctrico.	27
2.3. Subsistemas de Descarga.	29
2.4. Tuberías asbesto-cemento.	32
2.5. Dimensiones y tolerancias para fabricación de tubos.	35
2.6. Clasificación.	35
2.7. Muestreo.	38
2.8. Pruebas.	39
2.9. Requisitos de construcción.	40
2.10. Aire atrapado en las tuberías de conducción.	41
2.11. Criterios de medición.	43
2.12. Conceptos de trabajo.	43
2.13. Juntas Gibault.	44
2.14. Tubería de acero al carbón.	45



CAPITULO 3	INGENIERÍA DEL PROYECTO	50
3.1.	Conceptos básicos.	51
3.2	Propiedades de los fluidos.	53
3.3	Hidrostática.	58
3.4	Hidrodinámica.	59
3.5.	Perdidas primarias y secundarias en las tuberías.	60
3.6.	Carga Neta Positiva de Succión. (NPSH)	65
3.7.	Cavitación.	65
3.8.	Velocidad específica.	67
CAPITULO 4	DESARROLLO DEL PROYECTO	69
4.1.	Datos comprendidos dentro del arreglo serie paralelo cárcamo (3 bombas)	70
4.2.	Datos comprendidos dentro del arreglo serie paralelo tipo lata (4 bombas)	75
4.3	Cálculos para los soportes de una tubería de 10” de diámetro.	80
CAPITULO 5	COSTO-BENEFICIO	88
5.1	Presupuesto económico del proyecto.	89
5.2	Ajuste de precio	93
CONCLUSIONES.		94
Anexos		94
BIBLIOGRAFÍA.		106



INTRODUCCIÓN

La planta de rebombeo el cartero se encarga de suministrar la cantidad requerida de agua potable a la Delegación Cuajimalpa lo hace a través de 2 plantas de bombeo.

Existe un cárcamo de bombeo donde están instaladas 3 bombas verticales tipo turbina lubricación agua, que deberían dar un caudal de 100 lps, contra la carga requerida (de aproximadamente 180 mcH₂O). Generalmente trabajan solo dos bombas en este cárcamo estando en stand by la otra, se presume que la carga dinámica total no es suficiente ya que en algunas partes de esta delegación (las mas altas) el agua llega poca o en su defecto no llega, la potencia instalada en los motores son de 350 H.P. a 2400 V por bomba, por las 3 bombas se tiene una potencia total en el cárcamo de 1050 H.P., problema enorme de alto consumo de energía eléctrica, mantenimiento y operación sin cubrir las necesidades actuales.



OBJETIVO.

Se realizara el diseño hidráulico de la instalación de 4 bombas tipo lata con un caudal de 100lps y carga dinámica total de 180 mcH₂O, cada una con un motor de 350 H.P. trabajando solamente dos las otras se encuentran fuera de servicio por falta de mantenimiento y problemas con el arranque, por lo que la potencia instalada de 1400 H.P. no se justifica, tanto las bombas de cárcamo tienen problemas de sobrecarga, el motor incrementa el amperaje a plena carga y calentándose demasiado, las bombas tipo lata presentan vibraciones quizá por la formación de vórtices, estos problemas se pretenden solucionar en este trabajo.

Una de la estrategias que nos permitiría resolver el problema de falta de caudal y presión en el sistema de distribución y evitar el sobrecalentamiento de los motores de las bombas tipo lata y bajar la potencia instalada en la planta, así como mejorar el rendimiento electromecánico de los equipos de bombeo, es llevar a cabo un rediseño total tanto del cárcamo de bombeo en el cual pudieran alojarse las 4 bombas operando en serie-paralelo en el punto critico de un máximo gasto y sacando algunas de operación cuando el caudal requerido sea menor, como el calculo de las tuberías y selección de nuevo equipo de bombeo y solo 4 bombas sean las que se instalen sacando de operación tres de ellas bajando la potencia en la planta de 2450 H.P. a 2300 v a 1400 H.P. o menor.

El análisis y propuesta que vamos a hacer quizá sea muy limitado por las siguientes razones:

1. No se permite realizar mucha inversión.
2. No se permite modificar el cárcamo de bombeo.
3. Solo los 4 tazonos se pueden modificar.
4. No se permite la compra de nuevos motores.



SIMBOLOGÍA Y NOMENCLATURA.

A	Área
D	Diámetro.
$D_{\text{conducción}}$	Diámetro de conducción.
D_{descarga}	Diámetro de descarga.
E_p	Energía de presión.
E_v	Energía cinética.
E_z	Energía geodésica.
g	La aceleración de la gravedad.
H	La carga de la bomba.
h	La eficiencia de la bomba
H_r	Suma de las pérdidas primarias y secundarias.
H_{rp}	Pérdidas primarias.
H_{rs}	Pérdida de carga secundaria.
k	Rugosidad absoluta.
kV	Kilo volts.
l	Litros.
L	Longitud total de los tramos rectos de tubería.
L_e	Longitud equivalente.
L_e	Sumatoria de todas las longitudes equivalentes de los accesorios en cuestión.
lps	litros por segundo.
m	Metros.
N	Potencia.
N	Velocidad de rotación.
P	Presión
Q	Gasto volumétrico.
Re	Número de Reynolds.
s	Segundos.
V	Velocidad.
V	Volumen.
W	Peso
Z	Altura



SUBÍNDICES

abs	Absoluta.
atm	Atmosférica.
int	Interior.
r	Relativa.
s	Succión.
vp	Vapor.

LETRAS GRIEGAS

θ	Factor adimensional.
\emptyset	Diámetro.
ν	Viscosidad cinemática.
γ	Peso específico.
δ	Densidad relativa.
Z	Coefficiente adimensional de pérdida de carga secundaria
λ	Coefficiente de pérdidas (diagrama de Moody).
μ	Viscosidad dinámica.
ρ	Densidad absoluta o específica del fluido.



CAPITULO 1

GENERALIDADES DEL LUGAR Y DE LA PLANTA



1.1. Características del lugar.

Etimología.

El actual nombre viene de la palabra náhuatl *Cuauhxīmalpan* que se compone de *cuahu* (*i*)-*tl*, que significa árbol o madera; con el verbo transitivo *xīma* (*xīmal-li*), que con complemento de cosa, expresa el concepto de carpintear, labrar o pulir, seguida de una *l* formativa y de la preposición locativa *-pan* su acepción siendo "encima", "sobre", "en". Así con los dos primeros elementos se forma *cuauhxīmal-li*, acepilladura o astilla pequeña que, en composición, pierde el sufijo formulativo *li* (aféresis de *tli*, perdida la *t* por hallarse entre dos *es*) y con la posposición que viene a significar "sobre las astillas de madera" y designa un lugar donde ésta se labra.

Origen.

Fue Fundado como municipio el 8 de febrero de 1862, el nombre de Cuajimalpa, se refería en aquel entonces a uno de los pueblos que formaba la prefectura de Santa Fe, de la cual fue separada a petición de los vecinos de los pueblos de San Lorenzo Acopilco, San Pablo Chimalpa, San Mateo Tlaltenango, Santa Lucía, La Venta y San Pedro Cuajimalpa, este último considerado como cabeza del municipio por su cercanía al camino real, que conduce entre las ciudades de Toluca y México.

La Delegación de Cuajimalpa es una región con identidad propia, con una comunidad participativa; es un lugar privilegiado que cautiva por su generosa naturaleza, es un área generadora de oxígeno; con sus bosques hace aportaciones importantes a la regulación del clima y a la recarga de los mantos acuíferos, así como a la conservación de la flora y la fauna del Valle de México

Localización.

La delegación se localiza al Suroeste del Distrito Federal y tiene por colindancias, al poniente el municipio de Ocoayacac, al norte con el de Huixquilucan, ambos del Estado de México, al oriente colinda con la delegación Miguel Hidalgo y al sur con las delegaciones Álvaro Obregón y Magdalena Contreras, con estas últimas comparte la cima del Monte de San Miguel (3.780m), volcán extinto que es la mayor altura de la delegación e icono de la delegación.

Extensión.

Cuenta con una superficie 8,095.00 has. de las cuales 1,622.00 has. (20 %) corresponden al suelo urbano y 6,473.00 has. (80%) corresponden al suelo de conservación.

Orografía.

La orografía es básicamente montañosa, con pocas zonas llanas.

Hidrografía.

Ríos entre otros: los alimentadores del alto Lerma, que alimentan tanto a Toluca como al D.F., el Río Santo Desierto, que desde su salida del Parque del Valle de las Monjas, es seriamente contaminado por descargas irregulares de aguas hervidas, de zonas populares y de lujo, hasta llegar al sistema de drenaje profundo en la Presa Mixcoac.



Actividad económica.

La economía de Cuajimalpa hasta el primer cuarto del siglo XX, se basó en la explotación de los bosques, ya sea en forma de maderas de pino para construcción, o como combustible de madera o carbón, el cual se vendía en las poblaciones de Tacubaya y San Ángel, en forma marginal se daba la cría de borregos, agricultura de temporal y las actividades de masonería en los pueblos cercanos al camino Real. Una economía paralela fue la producción de pulque, que se expendía en las postas, "de esta época queda el gentilicio de los habitantes de Cuajimalpa, CHIMPERINOS, el cual se supone viene de que las maderas o ellos mismos servían para hacer las chinampas, que tanta fama dieron y dan a Tenochtitlán y Xochimilco".

Con la expansión de la ciudad, las minas de arena y grava, que se hallaban en su territorio, empezaron a tomar un valor económico tan alto que desplazaron a la silvícola, lo que además con la introducción del tren permitió que sus habitantes se desplazaran a la ciudad para vender su mano de obra en la ciudad, sobre todo en el servicio doméstico y la construcción.

Como ocurre actualmente en los diferentes desarrollos residenciales y de servicio que existen en su territorio, la Zona Comercial Santa Fe, apenas comienza a alcanzar un alto nivel socioeconómico en el aspecto residencial que comienza a equipararse con zonas de alto nivel socioeconómico como Bosques de las Lomas que abarca desde la colindancia con Lomas de Vista Hermosa hasta colindar con el Estado de México y la delegación Miguel Hidalgo, Lomas de Vista Hermosa la que abarca desde la colindancia con Bosques de las Lomas hasta boulevard Reforma conocido también como Prolongación Paseo de la Reforma o ex carretera Federal México-Toluca, y se limita con la zona del Yaqui y San José.

De Lomas de Chapultepec sólo una porción de esta colonia se encuentra en esta delegación, el resto está en la delegación Miguel Hidalgo y por último la zona de Contadero que colinda con los poblados pequeños de Cuajimalpa y la zona boscosa de la Venta. Estas zonas son consideradas las de mayor nivel socioeconómico de la ciudad y posiblemente del país en conjunto con otras zonas ubicadas en otros sitios de la capital. En Lomas de Vista Hermosa se desarrollaron los primeros condominios de lujo que surgieron en la zona *Rincón de las Lomas, La Colina, y Villas de Vista Hermosa*, desarrollos que quizás impulsaron también el enorme desarrollo socioeconómico de la zona.

En el aspecto industrial, Cuajimalpa no ha tenido un gran desarrollo, siendo la más importante la extinta fábrica de hongos, Monte Blanco, la cual por más de 50 años tuvo su asiento en las afueras de la cabecera delegacional, y que debió ser reubicada en el Estado de México, por la presión de sus muy nuevos y ricos vecinos, por los olores del fertilizante que se usa para hacer crecer los champiñones. Otras pequeñas industrias han tenido cabida en la delegación, como la confección de ropa, electrónica y la mueblera, la cual básicamente se ha retirado de la demarcación, por los costos de la tierra "1.000 USD por metro cuadrado". Desde 1988 se instaló en Cuajimalpa una de las industrias farmacéuticas más importantes del país, Laboratorios Liomont S.A. de C.V. Cuajimalpa en la actualidad ofrece trabajo sobre todo en el área de servicios, ya sea en los nuevos corporativos, conjuntos habitacionales y centros comerciales, asentados en su territorio, o en los cercanos municipios de Huixquilucan y Toluca, así como todo el Distrito Federal.



Climatología.

El clima de la delegación es bastante variado, en zonas bajas, cercanas a la delegación Miguel Hidalgo, el clima puede ser muy caluroso todo el año, por el contrario en las zonas intermedias y altas se tiene un clima de media montaña, su clima es semifrío con una temperatura promedio de 17°C, con extremos en verano de 35°C y de -3°C en invierno, con lluvias todo el año, pero concentradas en verano.

Precipitación pluvial.

La precipitación pluvial anual llega a alcanzar los 1000 mm.

1.2. Origen del Suministro y Sistema de Distribución de Agua.

El agua traída de las cuencas del Cutzamala y el Lerma contribuye con alrededor de un 26 por ciento al abastecimiento total. Las cantidades que aporta cada una de las fuentes de agua se muestran a continuación y se comentan al calce. Excepto en el caso del río Magdalena y la presa Madin, las mismas fuentes de agua en bloque da servicio a las áreas metropolitanas del Distrito Federal y el Estado de México.

Hacia la década de los años treinta, el continuo hundimiento del suelo, junto con la toma de conciencia de que las reservas de agua subterránea de la Cuenca de México comenzaban a agotarse, urgió a las autoridades a explorar fuentes de agua fuera de esta región. En 1941 se inició la construcción de un acueducto de 15 km, para trasladar agua desde los pozos de la cuenca del río Lerma, sobre la línea divisoria con la Sierra de las Cruces. En 1982 se dio comienzo al proyecto Cutzamala, para repartir agua superficial desde la cuenca del río del mismo nombre, a una distancia de 127 km y con una elevación neta de 1,200 metros. En la actualidad, el proyecto Lerma-Cutzamala es un sistema combinado para trasladar agua tanto del río Cutzamala como de la cuenca del río Lerma; este sistema contribuye con un 26% al total de agua proporcionada a la ZMVM.

El sistema Lerma-Cutzamala acarrea 10.6 mcs (metros cúbicos por segundo) de agua desde el Río Cutzamala. Después de ser tratada cerca de los puntos de recolección, el agua del río Cutzamala es conducida a través de un acueducto. El agua subterránea importada de la cuenca del Lerma (4.3 mcs) es desinfectada con cloro e incorporada a este acueducto antes de integrarse al sistema de distribución de la ZMVM. Otro acueducto abastece al Estado de México con 1.0 mcs de agua subterránea, también obtenida de la cuenca del Lerma. El área de servicio del Distrito Federal abarca casi 11,000 km de líneas de distribución y 243 tanques de almacenamiento, con una capacidad total de 1.5 millones de metros cúbicos. El agua proviene de todas las fuentes individuales que entran al sistema de distribución común. El Distrito Federal construye en la actualidad una línea de transmisión de agua (el Acueducto Periférico), destinada a transportar agua desde el sistema Cutzamala-que entra al sistema de distribución por el oeste-a las porciones sur y este del DF.

1.3. Planta de Bombeo “El Cartero”.

La ciudad de México se encuentra suministrada del recurso natural más importante para nuestra vida cotidiana “El Agua” en nuestro caso potable. Esta proviene de diferentes fuentes de abastecimiento:

- Pozos profundos (acuíferos).



“DISEÑO DE LA RED HIDRÁULICA Y SELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO PARA DAR LAS CONDICIONES DE GASTO Y CARGA DE LA PLANTA DE BOMBEO EL CARTERO”



- Manantiales.
- Acueducto Lerma (Pozos).
- Acueducto Cutzamala (Laguna).

Estas fuentes de abastecimiento llegan a la ciudad por medio de varios kilómetros de conductos, en los cuales el agua es impulsada a una altura máxima de 200 metros en el caso del acueducto Lerma y unos metros más altos que el Cutzamala. Al llegar a su altura máxima el caudal es enviado bajo gravedad.



Figura 1.1 Croquis de la distribución de los acueductos.

Al llegar a la ciudad de México se pensaba construir un acuaferico de cuatro metros de diámetro en la tubería que rodeara dicha ciudad y así distribuir el vital líquido por medio de gravedad.

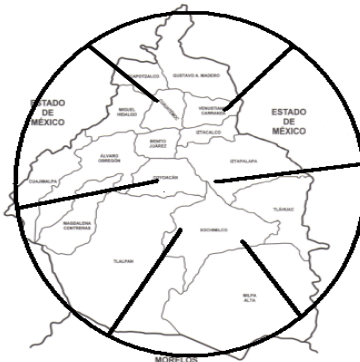


Figura 1.2 Diseño del acuaferico de la Ciudad de México.

Pero como se ha aumentado el índice poblacional del DF, la gente se ha encargado de habitar las zonas más altas de esta ciudad, aumentando la construcción de un sin número de colonias. Como el Sistema de Aguas de la Ciudad de México tiene que suministrar estas comunidades se crearon plantas de bombeo que fueran capaces de abastecer el vital líquido.

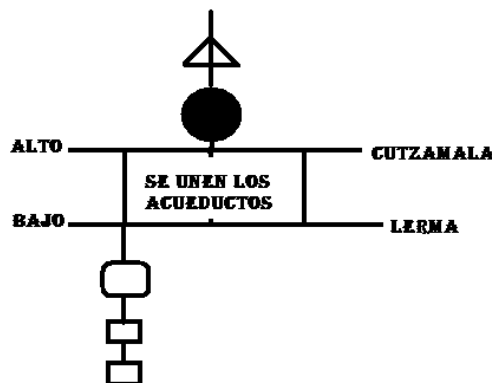


Figura 1.3 Plantas alternas de bombeo.

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA.
 SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA.
 GERENCIA DE INGENIERÍA BÁSICA Y NORMAS TÉCNICAS.
 INVENTARIO DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO.

Tabla 1.1 Capacidad de bombeo del líquido diariamente de la planta.

ESTADO.	Municipio	Localidad	Población	Nombre	Ubicación	CAP. (m ³)
DF	Cuajimalpa	Col. Vista Hermosa	132,605.00	Cartero	Av. Tlalpexco s/n entre Loma de Vista Hermosa y KM. 16.5 de la Carret. MÉX-TOL.	20,800.00

1.4. Condiciones de la Planta.

Existen 4 Bombas 4 bombas tipo lata o bote.
 Existen 3 bombas instaladas en el cárcamo

Datos de las Bombas.

Eje: Vertical tipo turbina
 Pasos: 6.
 Tipo de tazón: 14M7000.
 H= 180m.c.a
 Q= 100 l/s.
 Proveedor= Fuerza Hidráulica.
 Diagrama= Serie-Paralelo.
 Caudal requerido: 400 l/s (Este caudal varia con respecto a la petición de la delegación).

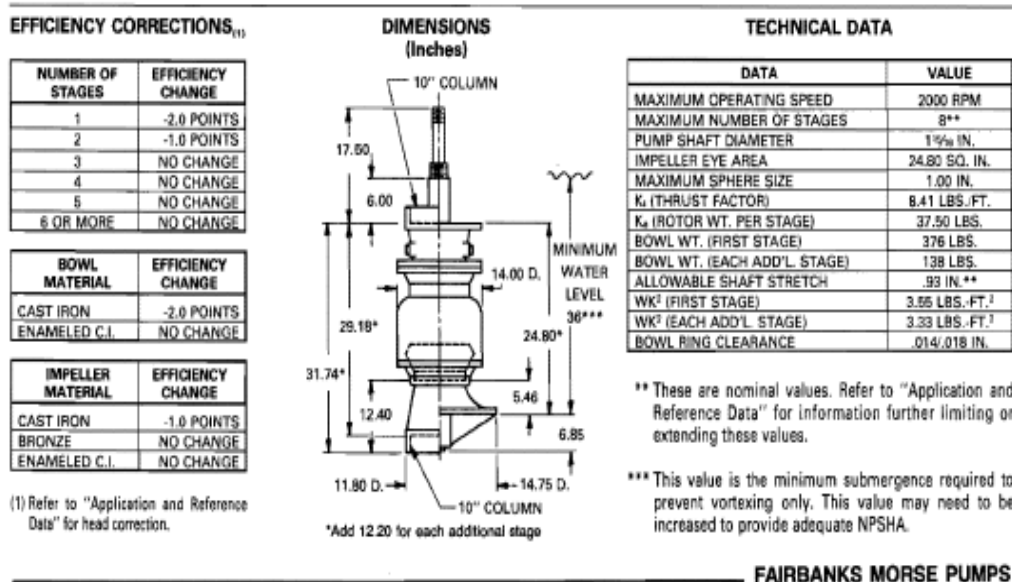


Figura 1.4 Datos técnicos del cuerpo de tazones.



Datos de motores.

RPM=1720
Potencia= 350 HP
Voltaje= 2400 Volts
Tipo de Flecha= Hueca
Jaula de ardilla
Proveedor: US México

Condiciones de los motores que están funcionando:

Tabla 1.2 Corriente consumida por cada motor.

Fase	Dentro del promedio (A)	Fuera del promedio (A)
A	68.6	59.5
B	66.7	57.8
C	67	58.8

Datos de tubería.

$D_{descarga}=10$ plg.
 $D_{conducción}=20$ plg.
Cedula =40
Material= Acero comercial

Trifurcación- Derivación- Descarga.

A continuación se muestra el origen del suministro del agua proveniente del acueducto del Rio Lerma y Cutzamala a la planta de bombeo el cartero nos damos cuenta que hay una trifurcación, el agua es desviada hacia tres delegaciones del DF entre ellas Cuajimalpa, una parte del liquido es conducida hacia un deposito (tanque) acoplado a un cárcamo de bombeo.

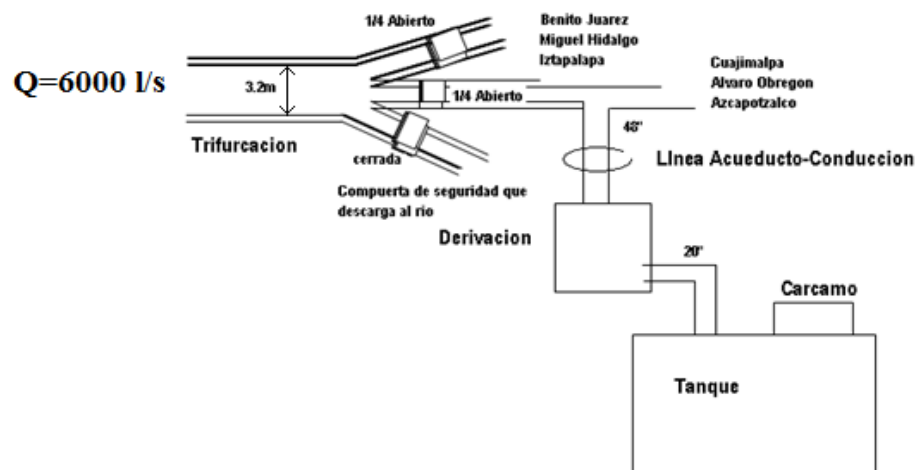


Figura 1.5 Diagrama de la trifurcación del acueducto.



Trifurcación:

$Q = 6000 \text{ l/s}$

$D_{\text{int}} = 3.2 \text{ m}$

Tanque.

Capacidad: 27000 m^3

Bombas tipo lata:

Derivación –Tanque.

$Q = 400 \text{ l/s.}$

$D_{\text{Tubería}} = 20''$

Material: Asbesto- Cemento

4 bombas tipo lata instaladas solo 2 están operando

Conexión: Paralelo

Cárcamo.

Largo: 5.6m.

Ancho: 1.8m.

Profundidad: 8m (Cárcamo del tanque + tirante del tanque).

Nivel: 4.1m.

Se encuentran 3 bombas (Solo 2 están funcionando).

Conexión: Paralelo.

Se encuentran dentro del promedio.

1.5. Ubicación de la planta.

La planta de bombeo “El Cartero” se encuentra ubicada en la calle Tlalpexco s/n Colonia Vista Hermosa Delegación Cuajimalpa. Como se menciona anteriormente esta planta cubre las necesidades de esta delegación ya que esta se encuentra en una zona muy alta y con una densidad de población en crecimiento.

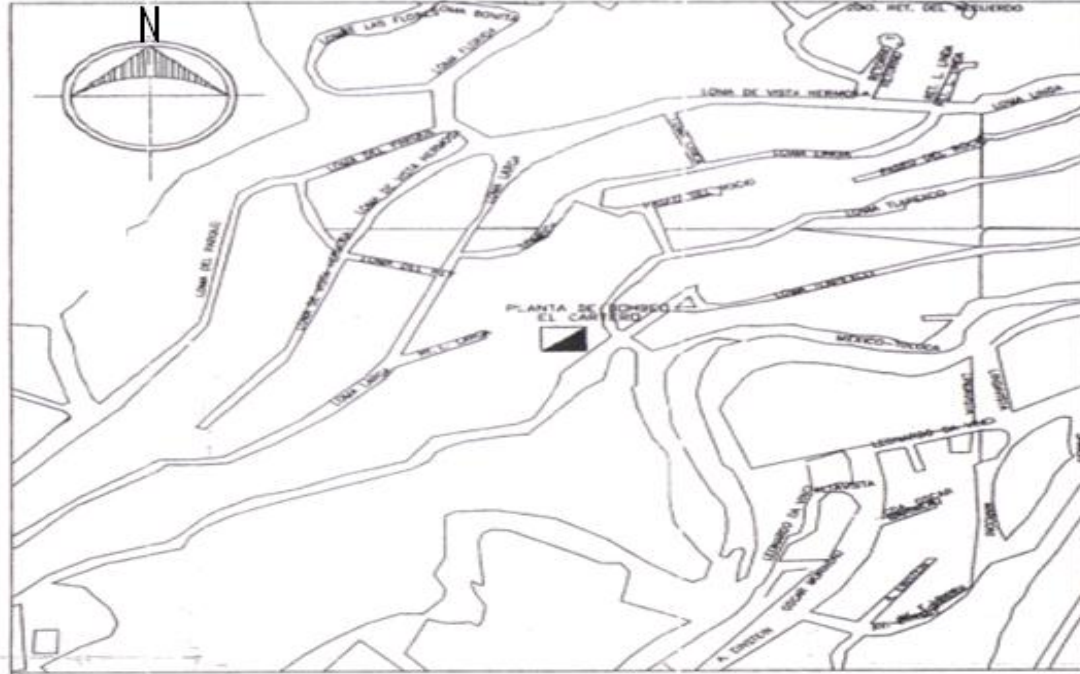


Figura 1.6 Ubicación de la planta de bombeo.

La planta de bombeo se encuentra en la delegación de Cuajimalpa es una región con identidad propia, con una comunidad participativa; es un lugar privilegiado que cautiva por su generosa naturaleza, es un área generadora de oxígeno; con sus bosques hace aportaciones importantes a la regulación del clima y a la recarga de los mantos acuíferos, así como a la conservación de la flora y la fauna del Valle de México.

Cuajimalpa tiene su lugar en la historia por varias razones. Entre otras, porque en sus terrenos surgió el manantial de agua llevada por el acueducto de Santa Fe hasta Chapultepec, para ahí ser conducida hacia la caja repartidora de La Mariscal, y abastecer a la Ciudad de México. Fue testigo de la batalla a campo abierto entre los insurgentes y los realistas, librada en el Monte de las Cruces.

Descripción de la planta.

La planta de bombeo el cartero se encuentra ubicada en av. Tlalpexco s/n entre loma de vista hermosa y km. 16.5 de la carretera México-Toluca Dicha planta está equipada con lo siguiente:

1.6. Equipo eléctrico.

El equipo eléctrico también es llamado equipo de control, y son principalmente tableros de control, interruptores, motores, generadores, etc. en estos equipos se debe de tener principal cuidado, y es por eso que, todas las partes metálicas conductoras de corriente de las siguientes clases de equipos, no importando voltajes, deben ser puestas a tierra, mediante los conductores calculados según la Tabla 250-95 de la NOM.

- Armazones de Motores como se especifica en la NOM[1.3]{430-142}.
- Gabinetes de controles de motores, excepto los que van unidos a equipos portátiles no aterrizados.
- Equipos eléctricos de elevadores y grúas.



- d. Equipos eléctricos en talleres mecánicos automotrices, teatros, y estudios de cine, excepto luminarios colgantes en circuitos de no más de 150 Volts a tierra.
- e. Equipos de Proyección de cine.
- f. Anuncios luminosos y equipos asociados.
- g. Generador y motores en órganos eléctricos.
- h. Armazones de tableros de distribución y estructuras de soporte, exceptuando las estructuras de tableros de corriente directa aislados efectivamente.
- i. Equipo alimentado por circuitos de control remoto de clase 1, 2 y 3 y circuitos de sistemas contra incendios cuando la NOM[1.3] en la parte B del Artículo 250 requiera su aterrizado.
- j. Luminarias conforme a la NOM[1.3] en sus secciones 410-17 a 410-21.
- k. Bombas de agua, incluyendo las de motor sumergible.
- l. Capacitores [1.3]{460-10}.

1.6.1. Motor de la bomba.



Figura 1.7 Motor eléctrico.

Cuenta con siete motores de 350 HP trifásico que es alimentado por un voltaje de 2300 volts con una corriente de 81 amperes que gira a 1788 RPM con un factor de seguridad de 1.15 de la marca MOTORES U.S DE MEXICO S.A. DE C.V.

1.6.2. Tableros de control.



Figura 1.8 Tablero de control.



Los motores están protegidos por unos tableros de control SCHNEIDER ELECTRIC MEXICO S. A. DE C.V. tipo gabinete con una tensión nominal de 2.4 KV y una corriente nominal de 360 A. ver Imagen 4.

Funcionamiento de los tableros de control.

Un tablero Metal-clad de media tensión se compone de varias celdas funcionales ensambladas entre sí y totalmente compartimentadas con lámina calibre 11(3mm). El concepto Metal-clad es primordial en la construcción del tablero de media tensión y la conexión de potencia de una celda funcional a otra en un tablero se realiza mediante un juego de barras simple.

La continuidad eléctrica de todas las envolventes metálicas queda garantizada mediante la conexión de los colectores de tierra de cada celda o unidad funcional a la barra principal del tablero. Un compartimento de baja tensión está aislado metálicamente, formando un compartimento independiente y evitando con esto que los usuarios tengan acceso a partes energizadas de MT (media tensión). Tablero compartimentado mediante barreras metálicas con conexión a tierra, Interruptor removible a nivel de piso, (no requiere de dispositivo adicional para extraerlo en el arreglo uno en altura), operado mediante mecanismo de energía almacenada, Interruptor con tres posiciones, “conectado”, “prueba” y “desconectado”.

- Bloqueos mecánicos.
- Transformadores de tensión tipo removible.
- Compartimento de baja tensión aislado de las partes de media tensión.
- Estructura del interruptor puesto a tierra en y entre las posiciones de conexión y de prueba/desconectado.
- Termometría por medio infrarrojo, terminal de diálogo y PLC.
- Obturadores automáticos.
- Barras principales aisladas.

La celda funcional está formada por todos los materiales de los circuitos principales y auxiliares, que constituyen una función de protección. Cada celda agrupa un conjunto de compartimentos necesarios para llevar a cabo su función:

A) Compartimento frontal inferior.

- Interruptor uno en altura, a nivel del piso.

B) Compartimento frontal intermedio.

- Protección y control.
- Medición.
- Mandos de operación.

C) Compartimento frontal superior.

- Interruptor dos en altura.
- Transformadores de potencial removibles y/o cuchilla de puesta a tierra.



D) Compartimento posterior central.

- Bus principal.

E) Compartimento posterior inferior.

- Zapatas de carga interruptor uno en altura.

F) Compartimento posterior superior.

- Zapatas de carga interruptor dos en altura.
- Conexión de TP's a bus principal y/o cuchilla de puesta a tierra.

La celda es blindada y construida acorde a la norma ANSI C37.20.2, lo que hace que el tablero Evoclad sea un equipo totalmente Metal-clad. Los arreglos de celdas pueden ser:

- Principal-Enlace-Principal.
- Principal.
- Derivada.

1.6.3. Mesa de baterías.



Figura 1.9 Mesa de baterías para generar corriente continua y protección de los tableros de control.

Los tableros están conectados a una mesa de baterías. La cual le ayuda a los tableros a que estos siempre estén alimentados por corriente continua para un mejor funcionamiento y protección del mismo.

1.6.4. Subestación.

Esta planta de bombeo cuenta con una subestación que es con la que se alimentan los tableros que regulan los motores de las bombas para un mejor ahorro de energía y para protección de los mismos motores.



Figura 1.10 Subestación.

1.7. Equipo de bombeo.

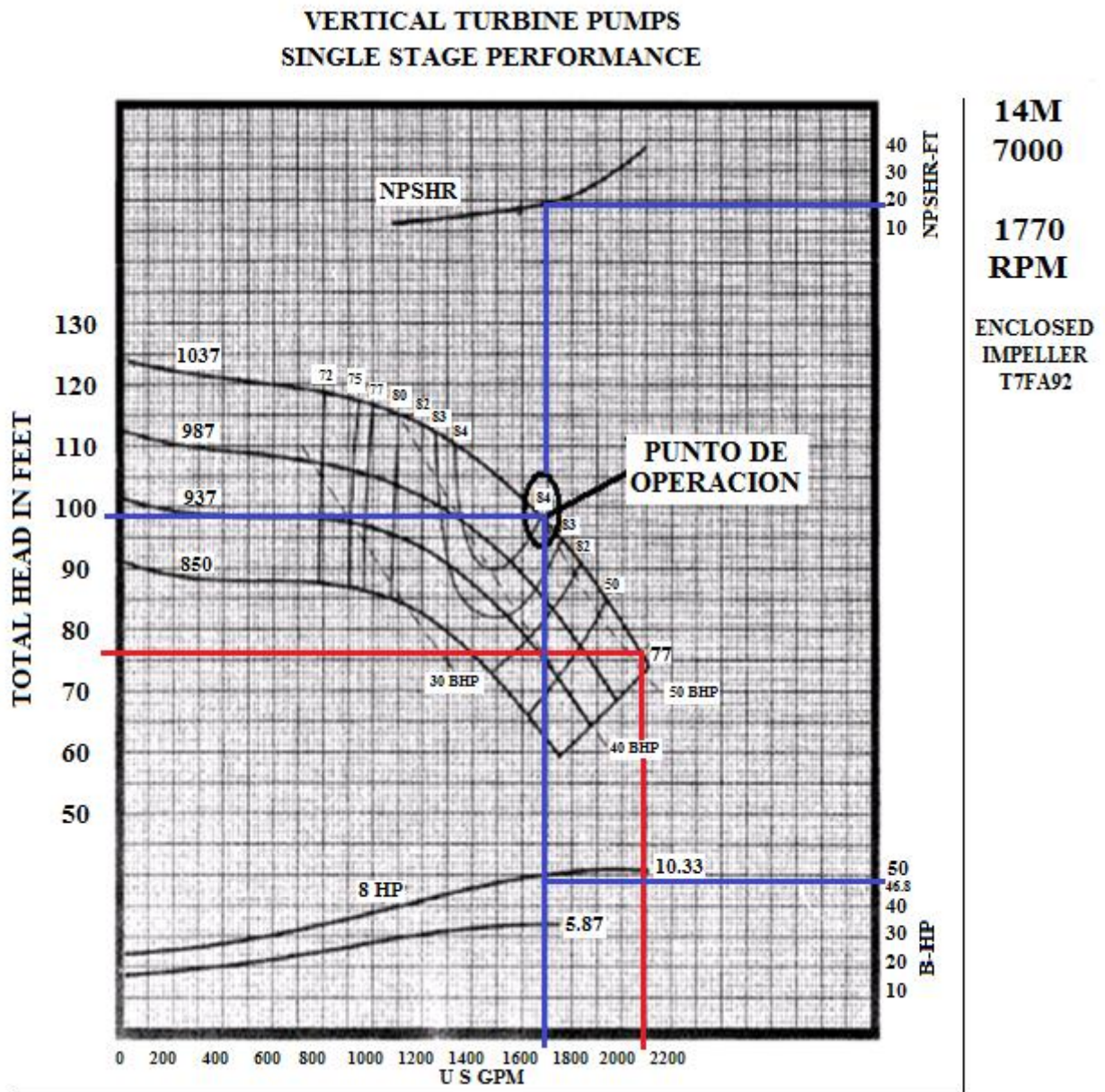
Descripción de las bombas.

La planta de bombeo el cartero cuenta con cuatro bombas verticales tipo lata de 6 pasos Mod. 14M7000 que dan 100 l.p.s., y 180mca datos de diseño.

Como se puede observar de la curva de operación (Grafica 1.1), si la carga dinámica total del sistema fuera realmente de 180 m.c.a., operando 4 bombas en paralelo y con un caudal de 100 l.p.s., cada una de ellas para proporcionar un caudal de 400 l.p.s., las bombas operarían según la Grafica 1.1.

Datos de operación de 4 bombas trabajando en paralelo:

Bomba	Marca	Modelo	Q (l.p.s.)	H (m.c.a.)	Pa	N (%)	NPSH _R (ft)	n (RPM)
1	Fuerza hidráulica	14M7000	100	180	281	84	18	1770
2	Fuerza hidráulica	14M7000	100	180	281	84	18	1770
3	Fuerza hidráulica	14M7000	100	180	281	84	18	1770
4	Fuerza hidráulica	14M7000	100	180	281	84	18	1770



Grafica 1.1 Curva de operación de la bomba.

Como ya dijimos en el cárcamo solo operan 2 y las tipo lata también 2, lo cual observando la grafica 1.1 proporcionando un caudal de 1700 GPM contra una carga dinámica total de 98 ft.c.a., por paso y teniendo un cuerpo de tazones de 6 pasos la carga dinámica total será de 590 ft., para que la bomba operara en su punto de máximo rendimiento, nos damos cuenta que para la operación de las 4 bombas en paralelo cada una de ellas requiere de 281 H.P. y si el motor instalado es de 350 H.P., no debería haber problemas de sobrecarga al motor, de esto surgen 2 hipótesis; a) sobrecarga del motor debido a los rodamientos o baleros, b) sobrecarga debido a la bomba, de esto nos ocuparemos en el desarrollo de este proyecto.



Figura 1.11 Bombas verticales empleadas en la planta de bombeo.

De columna.

Son del tipo múltiple, con montaje vertical, son diseñadas especialmente para la elevación del agua en perforaciones angostas, pozos profundos o pozos de drenaje. Resultan adecuadas para perforaciones de un diámetro tan pequeño como 6 pulgadas. Y con mayores diámetros son capaces de elevar cantidades de agua superiores a un millón de galones por hora desde profundidades de hasta 1.000 pies.

Normalmente se diseñan los rodetes de forma que lancen el agua en dirección radial-axial, con objeto de reducir a un mínimo el diámetro de perforación necesario para su empleo. La unidad de bombeo consiste en una tubería de aspiración y una bomba situada bajo el nivel del agua y sostenida por la tubería de impulsión y el árbol motor. Dicho árbol ocupa el centro de la tubería y está conectado en la superficie al equipo motor. Cuando la cantidad de agua que se ha de elevar es pequeña o moderada, a veces es conveniente y económico colocar la unidad completa de bombeo bajo la superficie del agua. Así se evita la gran longitud del árbol, pero en cambio se tiene la desventaja de la relativa inaccesibilidad del motor a efectos de su entretenimiento.

1.8. Equipo auxiliar.

1.8.1. Trifurcación.

Una trifurcación es una división en tres partes o ramales.

La planta también cuenta con una trifurcación que proviene de la unión del río Lerma y el río Cutzamala, en este punto es donde se separa para el abastecimiento de las diferentes delegaciones. El diámetro de la tubería es de 3.2 m de el cual desciende por medio de gravedad 6000 l.p.s., que de los cuales 400 l.p.s., son desviados hacia el tanque de almacenamiento de la planta el cartero.



Figura 1.12 Instalaciones de la trifurcación.

Cuenta con unas planchas de acero como compuertas que son las que le quitan un poco de fuerza al fluido para evitar un golpe de ariete, y también sirven para corregir la turbulencia del agua. En este lugar también esta una planta suministradora de cloro para potabilizar el agua, y este lista para ser bombeada a la delegación Cuajimalpa.



Figura 1.13 Compuertas de acero.

1.8.2. Tanque y cárcamo.

Cuenta con un tanque de almacenamiento con una capacidad de 27 000 m³ de agua el cual es abastecido por los ríos Cutzamala y Lerma.



Figura 1.14 Tanque acoplado al cárcamo.



A su vez el tanque esta acoplado con un cárcamo de bombeo de las siguientes medidas 5.6 m de largo, 1.8 m de largo y 8 m de profundidad. En el cual se encuentran montadas tres bombas verticales ya antes mencionadas.

1.8.3. Válvulas.

Válvulas de compuerta.

La válvula de compuerta es de vueltas múltiples, en la cual se cierra el orificio con un disco vertical de cara plana que se desliza en ángulos rectos sobre el asiento.

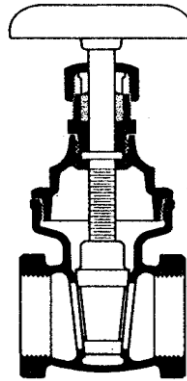


Figura 1.15 Válvula de compuerta.

Recomendada para aplicarse en:

- Servicio con apertura total o cierre total, sin estrangulación.
- Para uso poco frecuente.
- Para resistencia mínima a la circulación.
- Para mínimas cantidades de fluido o liquido atrapado en la tubería.

Ventajas.

- Alta capacidad.
- Cierre hermético.
- Bajo costo.
- Diseño y funcionamiento sencillos.
- Poca resistencia a la circulación.

Desventajas.

- Control deficiente de la circulación.
- Se requiere mucha fuerza para accionarla.
- Produce cavitación con baja caída de presión.
- Debe estar cubierta o cerrada por completo.



- La posición para estrangulación producirá erosión del asiento y del disco.

Instrucciones especiales para instalación y mantenimiento.

- Lubricar a intervalos periódicos.
- Corregir de inmediato las fugas por la empaquetadura.
- Enfriar siempre el sistema al cerrar una tubería para líquidos calientes y al comprobar que las válvulas estén cerradas.
- No cerrar nunca las llaves a la fuerza con la llave o una palanca.
- Abrir las válvulas con lentitud para evitar el choque hidráulico en la tubería.
- Cerrar las válvulas con lentitud para ayudar a descargar los sedimentos y mugre atrapados.

Válvulas de retención (check) y de desahogo (alivio).

Hay dos categorías de válvulas y son para uso específico, más bien que para servicio general: válvulas de retención (check) y válvulas de desahogo (alivio). Al contrario de los otros tipos descritos, son válvulas de accionamiento automático, funcionan sin controles externos y dependen para su funcionamiento de sentido de circulación o de las presiones en el sistema de tubería. Como ambos tipos se utilizan en combinación con válvulas de control de circulación, la selección de la válvula, con frecuencia, se hace sobre la base de las condiciones para seleccionar la válvula de control de circulación.

Válvulas de retención (check).

La válvula de retención está destinada a impedir una inversión de la circulación. La circulación del líquido en el sentido deseado abre la válvula; al invertirse la circulación, se cierra. Hay tres tipos básicos de válvulas de retención: 1) válvulas de retención de columpio, 2) de elevación y 3) de mariposa.

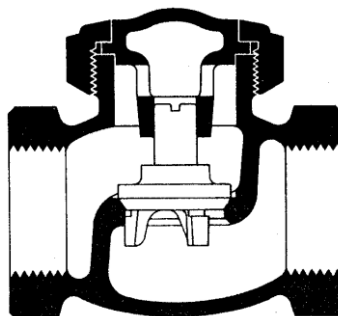


Figura 1.16 Válvula check.

Válvulas de retención del columpio.

Esta válvula tiene un disco abisagrado o de charnela que se abre por completo con la presión en la tubería y se cierra cuando se interrumpe la presión y empieza la circulación inversa. Hay dos diseños: uno en "Y"



que tiene una abertura de acceso en el cuerpo para el esmerilado fácil del disco sin desmontar la válvula de la tubería y un tipo de circulación en línea recta que tiene anillos de asiento reemplazables.

Aplicaciones.

Para servicio con líquidos a baja velocidad.

Ventajas.

- Puede estar por completo a la vista.
- La turbulencia y las presiones dentro de la válvula son muy bajas.
- El disco en "Y" se puede esmerilar sin desmontar la válvula de la tubería.

Variaciones.

Válvulas de retención con disco inclinable.

Materiales.

Cuerpo: bronce, hierro fundido, acero forjado, Monel, acero fundido, acero inoxidable, acero al carbono.
Componentes: diversos.

Válvulas de retención de elevación.

Una válvula de retención de elevación es similar a la válvula de globo, excepto que el disco se eleva con la presión normal e la tubería y se cierra por gravedad y la circulación inversa.

Aplicaciones.

Tuberías para vapor de agua, aire, gas, agua y vapores con altas velocidades de circulación.

Ventajas.

- Recorrido mínimo del disco a la posición de apertura total.
- Acción rápida.

Materiales.

Cuerpo: bronce, hierro, hierro fundido, acero forjado, Monel, acero inoxidable, PVC, Penton, grafito impenetrable, camisa de TFE.

A continuación se muestran los planos generales tanto de la planta en general como específicamente de cada tipo de bomba con la que se cuenta en las instalaciones de la planta de bombeo.



1.9. Plano del equipo de bombeo del cárcamo.

Figura 1.17 Plano de la distribución.



1.10. Plano del equipo de bombeo tipo lata.

Figura 1.18 Plano de distribución de las bombas tipo lata.



CAPITULO 2

ESPECIFICACIONES NORMATIVAS



2.1. Diseño de estaciones de bombeo para bombas verticales de superficie.

El diseño de los pozos/estaciones de bombeo es una de las aportaciones más importantes de la empresa de ingeniería que diseña un sistema de riego, y por ende el trabajo más valorado como aportación para esta aplicación por un fabricante de bombas centrífugas.

Dentro de las estaciones de bombeo, y teniendo en cuenta que las más complicadas de definir son las que utilizan las bombas verticales de superficie, debemos indicar que son sustancialmente diferentes las diseñadas para bombas horizontales.

Así, centrándonos en aquellas que son el motivo de este artículo, debemos decir que la dificultad del diseño de estas estaciones de bombeo, se basa en:

- La morfología de las propias bombas (velocidades relativas altas y pasos de impulsor pequeños).
- Poca acción de guiado del propio pozo (la succión se produce en condiciones casi de remanso).

Ambas circunstancias afectan de forma muy importante a las características de las máquinas, a través de su rendimiento y, por tanto, su consumo energético. Por tanto, y teniendo en cuenta que el fabricante de bombas debe de participar en el diseño de la estación de bombeo, ya que puede aportar la información de “su” bomba en particular, es conveniente identificar los parámetros a tener en cuenta para definir la estación de bombeo de forma correcta:

1. Submergencia de la máquina.
2. Distancias fondo y a paredes circundantes.
3. Distancias de interferencia entre bombas.
4. Diseño en planta de la estación: distribución de flujo de entrada y circulación en el pozo.
5. Caracterización el fluido: filtros y tamices.
6. Modelización de la estación de bombeo.

2.1.1. La Submergencia de la Bomba.

La submergencia de la bomba es un **dato experimental de cada máquina**, que está tabulado por el organismo Hydraulic Institute (Instituto de Hidráulica), en función de la presión de trabajo y la velocidad específica en su valor medio.

La submergencia, es un valor que se define en función de evitar los límites de cavitación. Además, la correcta definición de este parámetro, evitará la producción de remolinos (vórtices), que serían tragados por la máquina en su acción de bombeo.

Cada submergencia para una determinada máquina depende de:

- El propio diseño de la estación.
- La velocidad de aproximación a la bomba.
- El diseño de la campana de aspiración.
- La interferencia con bombas adyacentes.

En cualquier caso la submergencia mínima no podrá ser inferior a 1.5 metros contados desde la línea inmediatamente por encima del cono de aspiración.

Como el dimensionamiento de la bomba es importante para la obra civil en cada caso, profundizaremos más en este tema, podremos establecer este parámetro de una forma más precisa: para bombas de aspiración de baja velocidad (0.6 a 0.9 m/s), o bombas de pequeño tamaño (hasta 15 pulgadas como nuestra figura 2.1): la submergencia mínima puede ser $D/2$. En donde D es el diámetro del cono de aspiración en su máxima dimensión, que nunca será menos del doble del diámetro del ojo del impulsor.

Como criterio práctico, podemos adoptar como valor mínimo de la altura del líquido, aquella que inunde la voluta del impulsor en bombas mono etapa, y una vez y media la altura de una etapa en las bombas que sean de dos o más etapas. También como dato práctico, las bombas con mejor submergencia, se comportarán mucho más efectivamente en los casos que haya más bombas emplazadas en la misma estación de bombeo.

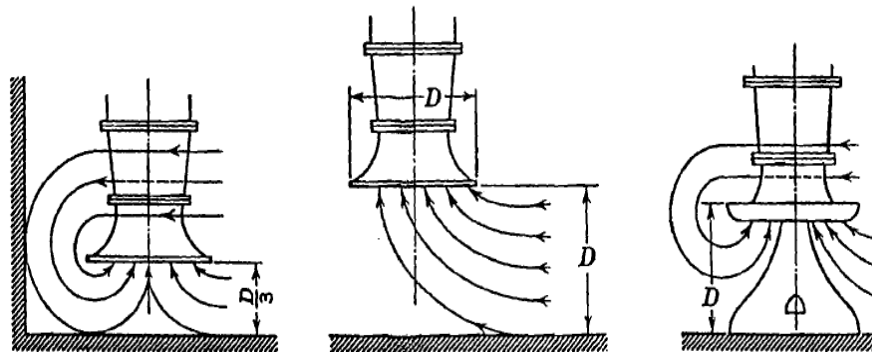


Figura 2.1 Distancias sugeridas por norma.

2.1.2. Distancias fondo y a paredes circundantes.

Como dato genérico de cálculo, el área libre de obstáculos entre el cono de aspiración y el fondo de pozo, será igual al área de la campana de aspiración. Esa distancia es $D/4$. Con D el valor del diámetro máximo del cono de aspiración. Este es el valor adecuado cuando la bomba está aislada en su pozo de bombeo, ya que este valor es el de estabilización del caudal en el impulsor (es aceptado un rango de $D/3$ a $D/4$ como el más favorable para este efecto) (Figura 2.2).

De todas formas, debido a los efectos no estacionarios que se producen en el episodio de la zona de aspiración, en estaciones con más de una bomba, se han obtenido datos experimentales que aconsejan que esa distancia sea de $D/2$. Quiere decir esto que hay una distancia óptima entre campana de aspiración y fondo de pozo, que es la antedicha de $D/2$, mientras que distancias mayores bajan el rendimiento en la máquina, distancias menores no aseguran episodios transitorios que sean suficientemente cortos.

Donde:

D = Diámetro de la campana de succión.

$D/2$ = Óptima definición de la interferencia a fondo de pozo.

Los métodos de análisis en campo numérico complejo han permitido simular las interferencias con otras máquinas que han dado como resultado que:

$2D$ = Distancia entre ejes de bombas.

D = Distancia a paredes laterales.

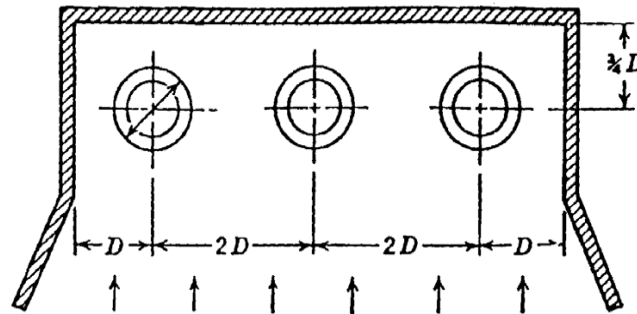


Figura 2.2 Distancias recomendadas entre ejes de las bombas.

2.1.3. Diseño en planta de la estación.

El diseño en planta de la estación de bombeo, es particularmente importante en los casos en que hay otras bombas trabajando simultáneamente en la citada estación.

El paradigma del diseño de estaciones de bombeo para bombas verticales, es la creación de un reparto de caudal, que sea estacionario, uniforme y continuo.

Hay que evitar las interferencias de la máquinas, así como los funcionamientos viciados de la estación de bombeo en función del número de bombas que estén o no funcionando a la vez.

Una estación mal diseñada no sólo presenta problemas en el rendimiento hidráulico de la misma sino que además se producen vibraciones que disminuyen la vida de la máquina. En una estación mal diseñada sólo se puede hacer una corrección para un mejor funcionamiento, mediante la variación de la obra civil que permita disminuir las velocidades de aproximación a la bomba, tanto como sea posible, y aumentar la separación entre ejes de las bombas a valores superiores a los determinados en el apartado anterior. Los canales de acceso a cada bomba deben de tener de anchura $2D$ y la rampa de acceso como mínimo de $7D$, para tener un caudal estable de acceso a la máquina como se muestra en las siguientes figuras.

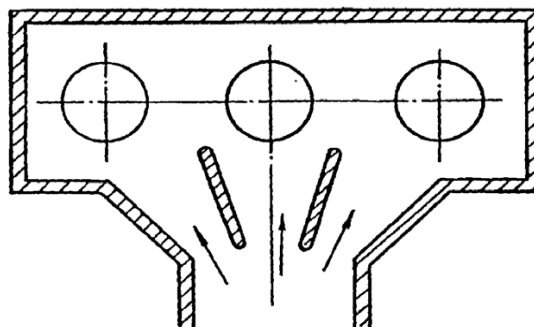


Figura 2.3 Diseño correcto del canal de entrada.

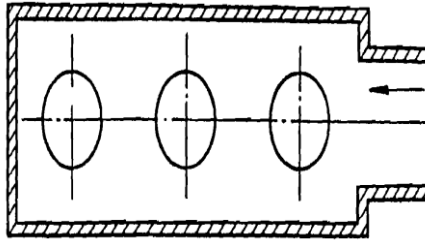


Figura 2.4 Canales de acceso incorrecto.

2.1.4. Caracterización del fluido.

Evidentemente el agua de las estaciones de riego, no suele estar perfectamente descargada de componentes extraños que empeoran las características de bombeo de las bombas que se instalen. Por ello es importante su análisis y prevención de posibles atascos con filtros y tamices. La velocidad del agua a través del tamiz no debe superar los 0.3 metros por segundo.

2.1.5. Modelización de la estación.

Es frecuente realizar modelizaciones, que indican de forma experimental, cuál va a ser el comportamiento de la estación de bombeo.

En la mayoría de los casos, se producen en las estaciones de bombeo fenómenos a nivel microscópico en que hacemos que la capa turbulenta del fluido aumente de forma excesiva provocando desviaciones del comportamiento de la estación frente a los calculados. Para prevenir estos efectos, debemos evitar las siguientes morfologías como se muestran en las figuras 2.5 (a y b) y 2.6 (a y b):

1. Evitar altas velocidades de ataque al perfil de la bomba.
2. Evitar giros bruscos en el trazado.
3. Dimensionar los pasos hidráulicos de la obra civil de forma adecuada al caudal a vehicular.
4. Evitar zonas de posible sedimentación.
5. Dar longitudes a los canales de acceso que permitan la estabilización del caudal a cada bomba.

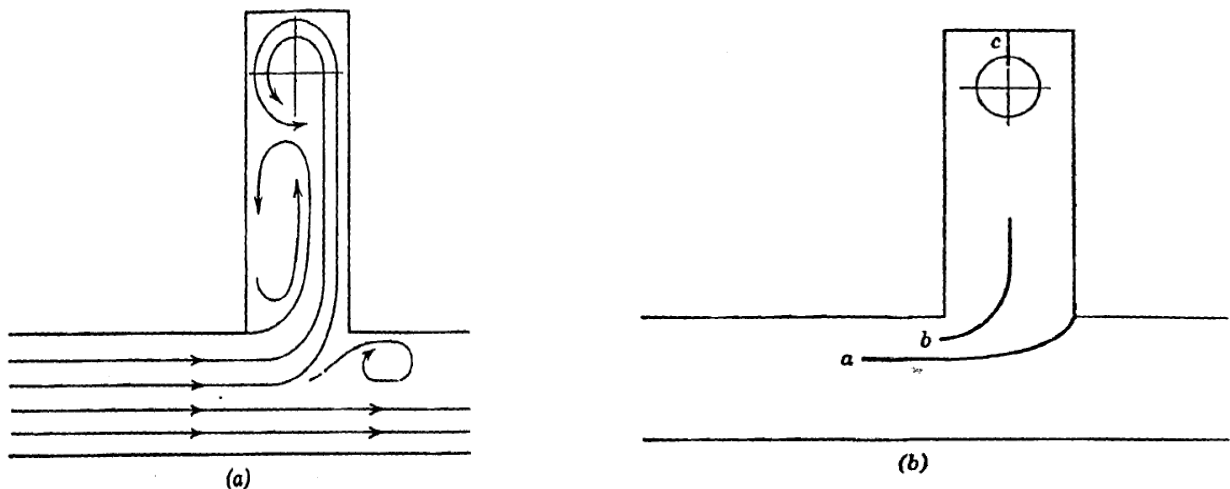


Figura 2.5 Modelización en los cárcamos de bombeo.

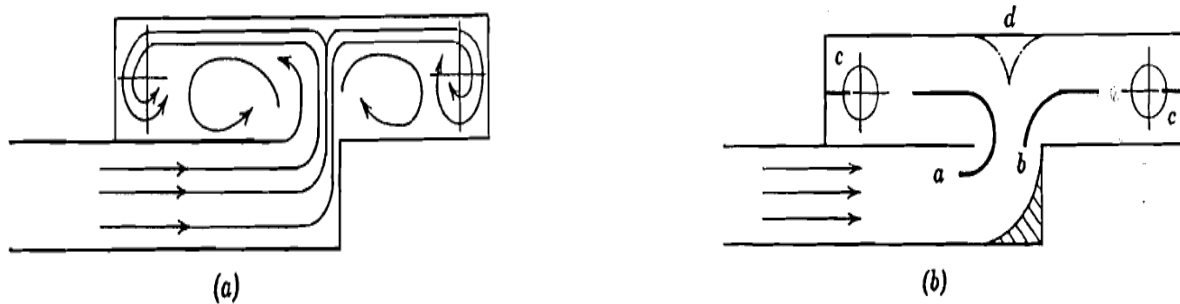


Figura 2.6 Modelización en los cárcamos de bombeo.

2.2. Motor eléctrico.

En los equipos de bombeo es necesaria la selección adecuada del motor, la cual se realiza a partir de la potencia máxima que debe entregar a la bomba. Al calcularse la potencia del motor para el accionamiento de la bomba se debe tener en cuenta el aumento posible de la potencia en el eje cuando el equipo trabaja fuera de las condiciones de diseño. Esta circunstancia requiere de cierta reserva de potencia del motor, que oscila entre 5 y 30 %. Se toma en cuenta por el coeficiente de reserva de potencia, y tiene un rango entre 1.05 y 1.3. Fundamentalmente para motores eléctricos y en dependencia del tamaño de la bomba.

En general la potencia del motor se determina por la ecuación: $N_m = (1.05-1.3) N_{eje}$; donde N_m es la potencia del motor, en kW; y N_{eje} , la potencia en el eje de la bomba, en KiloWatt.

La potencia en el eje de la bomba se determina por la siguiente expresión:

$$P_a = \frac{\rho g H Q}{\eta} \quad \text{Ecuación.....2.1}$$

Donde:

ρ = Es la densidad absoluta del fluido manipulado Kg/m³

g = La aceleración de la gravedad, en m/s²

H = La carga de la bomba, en m.c.l.

Q = El gasto volumétrico, en m³/s

η = La eficiencia de la bomba, en tanto por ciento.

P_a = Potencia de accionamiento en W.

El valor de la eficiencia de la bomba oscila en un rango entre 0,75 y 0,9 para máquinas modernas. La potencia consumida por el sistema se determina con ayuda de instrumentos, como voltímetros, amperímetros y potenciómetros ubicados en el sistema.

2.2.1. Importancia de una correcta selección.

Una correcta selección del motor, ya sea eléctrico o diesel, en un sistema de bombeo, tiene una notable importancia económica, ya que puede constituir un consumo adicional de energía en el caso de que el motor esté sobredimensionado o, por el contrario, cuando el motor es pequeño; esto implica la posible



aparición de averías por roturas. Existen en las cuales la bomba desciende y se sumerge en el líquido del pozo, pero el motor está ubicado en la superficie, por lo cual es necesaria una larga transmisión por eje que acople motor con bomba, produciéndose una gran pérdida por fricción y la incorporación de múltiples rodamientos que guíen al eje en toda su trayectoria.

Los rodamientos de estas bombas son autolubricados (sellados y con grasa para que duren toda la vida del rodamiento) y se consiguen en capacidades desde 10 G.P.M. hasta 25.000 varios impulsores que están instalados a lo largo del eje, por lo cual actúan como bombas en serie, es decir, que la carga que proporcionan el primero se suma a la del segundo y así sucesivamente. Estas bombas se conocen con el nombre de bombas de etapas múltiples. Como normalmente estas bombas están sumergidas en pozos profundos de diámetro pequeño, es necesario calcular la relación entre el diámetro del pozo y el de la bomba.

La siguiente tabla (Tabla 2.1) establece esa relación:

Tabla 2.1 Relación entre diámetros de pozo contra diámetro de la bomba.

Caudal Típico (ℓ/s)	Dimensión Nominal Tazones (plg.)	Del pozo o tubería de recubrimiento del pozo	
		Ø óptimo (plg.)	Ø mínimo (plg.)
< 6	4	6 Ø _i	5 Ø _i
5 – 11	5	8 Ø _i	6 Ø _i
10 – 25	6	10 Ø _i	8 Ø _i
20 – 40	8	12 Ø _i	10 Ø _i
35 – 60	10	14 Ø _e	12 Ø _i
55 – 80	12	16 Ø _e	14 Ø _e
75 – 110	14	20 Ø _e	16 Ø _e
100 – 120	16	24 Ø _e	20 Ø _e

Ø_i= Diámetro interior de la tubería, ó diámetro del pozo si éste no tiene recubrimiento de tubería para proteger sus paredes, lo que es necesario en pozos profundos o con paredes deleznable.

Ø_e= Diámetro exterior de la tubería, que es igual al Ø_i + 2e; siendo e el espesor de la tubería.

También existe una relación muy útil entre el diámetro del impulsor (Di) a seleccionar en la bomba, la carga total dinámica a bombear y las R.P.M. del motor o bomba, y es la siguiente:

$$D_i(\text{plg}) = \frac{3.340 \theta H^{1/2}}{\text{R.P.M.}} \quad \text{Ecuación..... 2.2}$$

Donde:

θ: = Factor adimensional que varía entre 0.8 – 1.2

H = Carga dinámica que corresponde a c/u de los impulsores, así:



Por último, las bombas sumergibles son máquinas muy económicas para bombeos de profundidad, siendo los factores limitantes para su instalación, los siguientes:

- Los estudios de exploración, para determinar la profundidad y capacidad del agua, son costosos.
- La perforación y entubado de los pozos, también son costosos.
- Requieren, cuando son sumergibles, tanto el motor como la bomba, energía eléctrica y la electrificación rural de nuestro país es aún muy deficiente en muchos sitios.

2.3. Subsistemas de Descarga.

Este, comprende todos los accesorios, tuberías y depósitos de almacenamiento del fluido bombeado. Las normas que controlan el diseño correcto de este subsistema son:

Diámetro de la Tubería ($\varnothing d$).

Este se calcula según el caudal de descarga. Se puede usar el siguiente procedimiento:

1^{er} Paso.

$$\varnothing d \text{ (plg)} = \sqrt{\frac{Q(G.P.M)}{20}} \quad \text{Ecuación..... 2.3}$$

Donde:

\varnothing = Diámetro. plg
Q = Caudal. GPM

Mediante esta fórmula (Ecuación 2.3), se calcula el $\varnothing d$ inicial, con el cual se harán los análisis de los pasos 2 y 3.

2^o Paso:

Con $\varnothing d$ y el Q (caudal) de la descarga, se analiza la velocidad del fluido (Ecuación 2.4):

$$V = \frac{Q}{\pi(\varnothing d)^2} \quad \text{Ecuación..... 2.4}$$

Donde:

V = Velocidad.
Q = Caudal.
 \varnothing = Diámetro.

Esta velocidad deberá estar entre 10 y 20 ft/s.

Si $V >$ que estos valores, deberá aumentar $\varnothing d$.
Si $V <$ que estos valores, podrá disminuirse $\varnothing d$.



3^{er} Paso.

Comprobar con \varnothing d seleccionado y Q a bombear, la Le total de la tubería de descarga, si las pérdidas por fricción (lb/plg²) están dentro de la siguiente norma (Tabla 2.2):

Tabla 2.2 Pérdidas por fricción.

Pérdidas de carga por fricción en la descarga (lb/plg ²)*	Q (G.P.M)
2-6	100
1.5 – 5.0	100 – 200
1.0 – 4.0	200 – 500
0.5 – 2.0	> 500

* Incluye pérdidas por fricción en la tubería de descarga y en los accesorios.

Si las pérdidas (lb/plg²) en la descarga, superan las establecidas anteriormente, deben rebajarse aumentando el \varnothing d.

Como se aprecia, los 3 pasos antes enunciados, sirven para encontrar un \varnothing d adecuado y deben usarse como una guía general para el diseño del sistema de descarga.

Los diámetros de las tuberías, tanto de succión como de descarga, deben seleccionarse con mucho cuidado, ya que cuando son muy pequeños para los caudales a bombear, se aumentan mucho las pérdidas de carga, requiriéndose bombas y motores más grandes, con la consecuencia de inversiones mayores tanto para la compra como para la operación.

Además de las normas anteriores, existen recomendaciones que deben ser tenidas en cuenta al instalar un subsistema de descarga.

Para la tubería de descarga:

- Debe ser lo más corta posible.
- Deben evitarse curvas muy cerradas.
- Deben evitarse contracciones bruscas.
- Deben evitarse estrangulaciones.

Relación entre distintos diámetros nominales y presiones máximas de trabajo (Tabla 2.3).



Tabla 2.3 Presión de trabajo que soportan las tuberías de polietileno según su diámetro y espesor.

Tamaño Nominal (plg)	Diámetro Interior (plg)	Espesor Pared (plg)	Presión máxima de trabajo a 75°F (lb/plg ²)
½	0.622	0.080	75
	0.622	0.110	100
¾	0.824	0.100	75
	0.824	0.145	100
1	1.050	0.125	75
	1.050	0.180	100
1 ¼	1.380	0.140	70
	1.380	0.165	75
	1.380	0.240	100
2	2.067	0.154	50
	2.067	0.250	75
	2.067	0.355	100
1 ½	1.610	0.145	60
	1.610	0.195	75
	1.610	0.280	100
3	3.068	0.216	50
	3.068	0.301	75
	3.068	0.500	100
4	4.026	0.237	40
	4.026	0.397	75
	4.026	0.680	100
6	6.065	0.280	35

Potencia al freno (BHP hidráulica).

Se define como la potencia neta que una bomba requiere en su eje – impulsor – pistón para proporcionar una carga total dinámica (HTDI) y un caudal (Q).

Se calcula mediante las siguientes fórmulas:

$$P(\text{hidráulica}) = \frac{Q\delta * H}{3960} \left\{ \begin{array}{l} Q = G.P.M \\ \delta = \text{Dens. relativa (adimensional)} \\ H = \text{Pies} \end{array} \right\} H.P. \text{ Para el sistema ingles} \quad \text{Ecuación..... 1.5}$$

$$P(\text{hidráulica}) = Q * \rho * g * H \left\{ \begin{array}{l} Q = m^3 / s \\ \rho = \text{Dens. absoluta} \\ H = m.c.l. \end{array} \right\} W \text{ Para el S.I.} \quad \text{Ecuación..... 1.6}$$

Nota: 1 BAR = 0.98 atm.



2.4. Tuberías asbesto-cemento.

Las tuberías instaladas en las redes de acueducto de las ciudades y municipios del país están fabricadas en materiales diversos como asbesto-cemento, concreto-acero, hierro, acero, cobre y plástico.

Para identificar y clasificar la tubería se deben tener en cuenta las características de cada una de ellas, pues están relacionadas con las funciones que cumplen en la red de acueducto.

La correcta selección de la tubería garantiza la calidad de la instalación y su reparación.

Características principales a considerar:

- Material
- Longitud de cada tubo
- Diámetros (ϕ) en pulgadas (") (1) comerciales
- Relación entre el diámetro exterior y el espesor (RDE)
- Presión de trabajo

Requerimientos para la selección de las tuberías de acueducto:

- Caudal a transportar
- Resistencia a la presión interna
- Resistencia a las cargas externas
- Facilidad de mantenimiento
- Resistencia a la corrosión y a la oxidación
- Resistencia a las incrustaciones
- Resistencia a las corrientes eléctricas erráticas
- Vida útil y costos
- Estanqueidad

En el cuadro siguiente encontrará un resumen de las tuberías con algunas de las características comerciales como los diámetros usuales en pulgadas, longitud en metros y algunas propiedades según los materiales de su fabricación (Tabla 2.4).

(1) ϕ Símbolo empleado para indicar diámetro

(") Significa pulgadas

Clases de tuberías según el material, diámetro y longitudes (Presentación comercial usual)

Tabla 2.4 Clases de tuberías según el material, diámetro y longitudes (Presentación comercial usual).

Tipos de tubería según el material	Diámetro en pulgadas	Longitud en metros
Asbesto-cemento o AC	2,3,4,6,8,10,12, 14, 16, 18, 20, 24, 28.	4
Cloruro de polivinilo o PVC	1/2, 3/4, 1, 1 1/4, 2, 2 1/2, 3, 4, 6, 8, 10, 12.	6



Plástico flexible PF + UAD	1/2, 3/4.	Rollo 90
Cobre	3/8, 1/2, 3/4, 1, 1 1/4, 1 1/2, 2	Rollo 90 o más
Cilindro de Acero y Concreto ACCP	10 en adelante sobre pedido hasta 78	5y10
Hierro acerado o lámina de acero H.A	1i/a, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12. En adelante sobre pedido	5y10
Hierro fundido H.F	3, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 18, 24, 30, 36.	6
Hierro Dúctil - H.D	4, 6, 8, 10, 12, etc.	6y12
Hierro Galvanizado H.G	1/8, 1/4, 3/8, 1/2, 1 1/2, 3/4, 1, 1 1/4, 2, 2 1/2, 3, 4, 6, 8, 10, y 12.	6
Polietileno de alta densidad	1/2 a 8.	100
Fibra de vidrio	10 en adelante (Importación)	6

2.4.1. Tuberías más usadas y características principales

Características de la tubería de Asbesto-Cemento A.C. para acueductos a presión.

La unión de estos dos materiales, asbesto y cemento, produce una tubería con las siguientes características (Tabla 2.5):

- Presenta una superficie interior lisa que facilita el paso del agua
 - Es inmune a la oxidación metálica pero presenta acartonamiento, en terrenos agresivos, es decir con alto contenido de sulfatos (suelos ácidos).
 - Se han encontrado adherencias internas considerables ocasionadas por residuos del sulfato de aluminio utilizado como coagulante.
 - Presenta buen comportamiento ante el golpe de ariete
 - Presenta buen comportamiento en casos de movimientos sísmicos
 - Es totalmente inmune a las corrientes eléctricas erráticas. Por no ser conductor es inmune a la perforación de las paredes del tubo por esta causa.
 - Su manejo y la instalación requieren cuidado por ser una tubería frágil a los golpes o caídas.
- El costo del transporte es menor que el de las tuberías metálicas por ser más livianas.

Tabla 2.5 Clases de tuberías de asbesto-cemento, según la presión de prueba y la presión de trabajo.

Tubo clase	Color de la banda de identificación	Presión de prueba (kg/cm ²)	Presión de trabajo (kg/cm ²)
10	AZUL	10	5.0
15	ANARANJADO	15	7.5
20	ROJO	20	10.0
25	VERDE	25	12.5
30	NEGRO	30	15.0

Para su comprensión debemos aclarar los siguientes conceptos:



“DISEÑO DE LA RED HIDRÁULICA Y SELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO PARA DAR LAS CONDICIONES DE GASTO Y CARGA DE LA PLANTA DE BOMBEO EL CARTERO”



Presión de trabajo: Es la presión de diseño; es decir, la presión máxima que calcularon los ingenieros cuando diseñaron el acueducto en una zona específica de éste: conducción, distribución, impulsión. (Incluye sobrepresión por golpe de ariete).

Presión de prueba: Está determinada por el fabricante y generalmente es el doble de la presión de servicio del acueducto, o sea de la presión de trabajo.

Presión de rotura: Es la presión máxima en la cual se rompe el tubo.

La unión normal para instalación de tubería es la Etermatic. La unión de reparación recomendada es la Gibault (También se utiliza Etermatic sin caucho central).

Rotulamiento.

La Tubería de Asbesto-Cemento viene rotulada con una o dos bandas de color que identifican su clase, la fecha y el lote de producción. Tales aspectos se deben tener en cuenta al inspeccionar las tuberías antes de llevarlas a la obra. Igual ocurre con todas las tuberías para acueducto que venimos estudiando.

Hace algunos años los fabricantes cambiaron (disminuyeron) los espesores de las tuberías de 8” en adelante disminuyendo el diámetro exterior, por lo cual se debe verificar si la tubería y uniones requeridas para una reparación son las adecuadas. La tabla antigua tiene una sola banda y la tabla nueva dos bandas.

Transporte.

En lo posible, estas tuberías deber ser transportadas en camiones con barandas que permitan el cargue y descargue lateral.

Deben ir sobre plataformas de tal manera que los tubos se puedan colocar uniformemente, sin que sobresalgan más de un cuarto de su longitud.

En lo posible no se deben usar volquetes, así sea para viajes cortos. Por ningún motivo utilice el volteo de estos vehículos para descargar la tubería directamente al suelo.

Se recomienda descargar las tuberías tan cerca de la zanja como sea posible, colocándola del lado opuesto donde va a depositar la tierra excavada, en caso de que la zanja no esté abierta.

Almacenamiento.

Conviene que el piso esté nivelado. Se pueden sobreponer, sin que los montones sean muy altos. Almacene la tubería donde no vaya a sufrir golpes, la tropiecen o se rueda. Al hacerlo manéjela con cuidado y siga las instrucciones contenidas en la cartilla guía que suministra el proveedor.

Diámetros.

Los diámetros nominales en milímetros de los tubos y acoples de asbesto cemento son: 75, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 750, 900, 1 000, 1 100, 1 200, 1 300, 1 400, 1 500, 1 600,



1 700, 1 800, 1 900 y 2 000. Para verificar los diámetros, se debe emplear una cinta, un flexómetro o un calibrador.

Longitud de los tubos.

Los tubos de asbesto cemento se fabrican en longitudes nominales de cuatro o cinco metros. Con cada pedido de tubería de la misma clase y diámetro nominal, debe suministrarse por lo menos un 90 % de la longitud total cubierta por el pedido en tubos de cuatro o cinco metros de longitud. El 10 % restante puede ser suministrado en longitudes aleatorias; pero la longitud total de tubería suministrada no debe ser menor que la longitud ordenada.

Acabado.

La superficie interna de los tubos debe estar exenta de depresiones, abolladuras o abultamientos que causen una variación del diámetro interior mayor que 5 mm, con respecto a las porciones adyacentes no afectadas. En la sección de enchufe, las imperfecciones como abolladuras, depresiones, abultamientos, etc., no deben afectar al diámetro de enchufe en más de dos milímetros, con respecto a las porciones adyacentes no afectadas. Los extremos de los tubos deben ser lisos y cortados en planos perpendiculares al eje longitudinal del tubo, lo anterior se verifica visualmente.

2.5. Dimensiones y tolerancias para fabricación de tubos.

Las dimensiones de los tubos y acoples de asbesto cemento y de sus empaques de hule respectivos deben estar especificados en los catálogos de los fabricantes de tubería; y a las mediciones individuales efectuadas en los tubos maquinados de cualquier longitud.

Las dimensiones efectivas de los tubos para alcantarillado y agua potable están especificadas en los catálogos de los fabricantes y tienen sus tolerancias como se indican en la tabla 2.6.

La tolerancia de la ovalidad se determina por medio de un disco de un material que no sea afectado por el agua, el cual debe pasar libremente a lo largo del tubo. El disco debe permanecer perpendicular al eje del tubo y su diámetro debe ser menor en un 3% de diámetro efectivo del tubo.

La superficie interior de los tubos de ser lisa, sin grietas, depresiones, abolladuras ni protuberancias que causen una variación del diámetro de más de 5 mm respecto a las porciones adyacentes. En la sección de enchufe de los extremos las imperfecciones no deben afectar el diámetro en más de 2 mm.

Los extremos de los tubos deben ser paralelos entre sí, y cortados según los planos normales al eje del tubo con una tolerancia de 5°.

La expansión de un tubo de asbesto cemento, para líneas de conducción a presión no debe ser mayor al 0.15% de su diámetro cuando se prueban de acuerdo al método establecido en la norma NMX-C-039.

2.6. Clasificación.

Los tubos de asbesto cemento se clasifican en dos tipos, de acuerdo a su contenido de hidróxido de calcio libre:



Tipo I: Tubo con un contenido de hidróxido de calcio libre mayor a 1%. No se recomienda su uso en suelos agresivos que tienen mucho cloruro o en zona costera ya que pueden ser atacados por los sulfatos en mayor o en menor grado.

Tipo II Tubos con un contenido de hidróxido de calcio libre hasta 1%. Resisten toda clase y concentración de sulfatos solubles con PH =7 y uso para todo tipo de suelo.

Tabla 2.6 Tolerancias en las dimensiones de los tubos para agua potable.

Diámetro nominal en mm	Diámetro interior en mm.	Diámetro exterior en mm (en la secc. Enchuf.)	Espesor de pared en mm.	Largo nominal en mm.
50 a 150	±5%	1.3	4 -2	±30 Del largo nominal
200 a 450		-0.8 1.5	5 -2.5	
500 a 900		-1.2	5 -2.5	
1000 a 2000	±2%	2.5 -2		

2.6.1. Por su resistencia mínima de ruptura al aplastamiento, los tubos para conducción de agua se clasifican en clase A y clase T.

- *Clase A:* Son tubos que se usan en redes de distribución donde el cálculo de las presiones y gastos son aproximados sin saber con precisión las condiciones hidráulicas reales debido a diversos factores como son cargas externas, inserciones para tomas domiciliarias, deficiencias de operación que pueden provocar continuos golpes de ariete. Por lo cual se empleará un factor de seguridad de 4.0.

Se fabrican con presiones de trabajo de 490, 686, 980 y 1372 KPa (5, 7, 10 y 14 kg/cm²) correspondientes a la clasificación A-5, A-7, A-10 y A-14; ver Tabla 2.7.

- *Clase T:* Se usan exclusivamente para líneas de conducción a presión donde se puede conocer y prever con más certeza su funcionamiento, sobre todo el fenómeno de golpe de ariete y consecuentemente las condiciones hidráulicas.

No se considera, por su ubicación, circulación de vehículos sobre la tubería. En estas condiciones, la aproximación de los cálculos es satisfactoria.



“DISEÑO DE LA RED HIDRÁULICA Y SELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO PARA DAR LAS CONDICIONES DE GASTO Y CARGA DE LA PLANTA DE BOMBEO EL CARTERO”



En el diseño se considera un factor de seguridad de 2.8. En la Tabla 2.8 se muestran las presiones de prueba y las resistencias por presión interna y por aplastamiento.

Tabla 2.7 Resistencia mínima al aplastamiento en Kg/m y Ton/m² para tubos de asbesto clase A.

Diámetro nominal mm	CLASE											
	A-5			A-7			A-10			A-14		
	Kgf/	m KPa	Ton/m ²	Kgf/m	KPa	Ton/m ²	Kgf/	m KPa	Ton/m ²	Kgf/m	KPa	Ton/m ²
50	6450	1260	129	7850	1538	157	10950	2146	219	12650	2480	253
60	5600	914	93.3	7400	1208	123.3	9150	1495	152.5	12750	2083	212.5
75	5050	660	67.3	6800	890	90.8	9050	1183	120.7	12850	1679	171.3
100	4300	421	43	6100	598	61	8050	789	80.5	12950	1269	129.5
125	3900	305	31.2	5850	459	46.8	7900	619	63.2	13000	1019	104
150	3600	235	24	2800	379	38.7	8050	526	53.7	13400	875	89.3
200	3300	162	16.5	5500	270	27.5	8150	400	40.8	13850	679	69.3
250	3075	120	12.3	5275	207	21.1	10275	403	41.1	16250	635	65
300	3700	120	12.3	6350	207	21.1	12350	357	36.4	19500	635	65
350	3400	96	9.8	6400	178	18.2	12750	357	36.4	22750	635	65
400	3900	96	9.8	7300	178	18.2	14550	357	36.4	26000	635	65
450	4400	96	9.8	8200	178	18.2	16400	357	36.4	29259	635	65

2.6.2. Identificación.

Todos los tubos deberán llevar marcadas las siguientes indicaciones:

- Nombre y marca del fabricante.
- Clasificación.
- Diámetro nominal.
- Fecha de fabricación.
- Sello oficial de garantía cuando haya sido autorizado su uso.

Tabla 2.8 Presiones hidrostáticas internas y resistencia al reventamiento y al aplastamiento en tubos de asbesto cemento clase T.

Clase “T” o presión de trabajo en m.c.a.	Presión de prueba sistemática en fábrica		Resistencia a la ruptura por presión hidrostática interna (reventamiento)		Resistencia a la ruptura por aplastamiento	
	Mpa	Ton/m ²	Mpa	Ton/m ²	Mpa	Ton/m ²
T-50	1.05	107.14	1.40	142.86	58	5.9
T-60	1.28	130.61	1.70	173.47	73	7.4
T-70	1.50	153.06	2.00	204.08	91	9.27
T-85	1.80	183.67	2.40	244.90	123	12.5
T-100	2.10	214.29	2.80	285.71	159	16.2
T-112	2.36	240.82	3.15	321.43	200	20.4
T-125	2.63	268.37	3.50	357.14	259	26.4
T-140	3.00	306.12	4.00	408.16	338	34.5
T-160	3.38	344.90	4.50	459.18	427	43.6
T-180	3.75	382.65	5.00	510.20	534	54.5
T-200	4.20	428.57	5.60	571.43	549	56.0



2.7. Muestreo.

Procedimiento.

De cada lote de inspección (columna 1, Tabla 2.9) se extraerá un lote de muestra, (columna 2). Se cortará solo una probeta de cada unidad del lote de muestra por cada prueba; pero para pruebas diferentes podrán cortarse las probetas correspondientes de una misma unidad del lote de muestra. Cuando se exija la comprobación de más de una característica, el tamaño del lote de muestra deberá multiplicarse por el número de pruebas a realizar.

2.7.1. Aceptabilidad por lotes inspeccionados.

En la tabla 2.9 se muestran los parámetros para el número de unidades defectuosas que determinarán la aceptación o rechazo del lote de inspección.

Cuando el número de unidades defectuosas sea igual o menor que el número de aceptación, el lote de inspección se considerará aceptado. (Columna 3). Cuando el número de unidades defectuosas sea igual o mayor que el número de rechazo, el lote será rechazado (Columna 4). Si el número de unidades defectuosas está entre el número de aceptación y el número de rechazo, se tomará una segunda muestra del mismo tamaño que la inicial y se volverá a examinar.

Se sumarán el número de unidades defectuosas del lote de muestra inicial y las del segundo lote (Columna 5). Si la suma total de unidades defectuosas es igual o menor al segundo número de aceptación, el lote de inspección será considerado aceptado. Si la suma total de unidades defectuosas es igual o mayor al segundo número de rechazo, el lote de inspección se rechazará. Si se solicita la comprobación de más de un requisito, el segundo lote de muestra se someterá solamente a las pruebas en que al examinarse el primer lote se haya presentado un número de unidades defectuosas entre el número de aceptación y el número de rechazo.

Tabla 2.9 Inspección por atributos.

Tamaño del lote de inspección	Tamaño del lote de muestra	Lote de muestras inicial		Lote de muestras inicial más segundo lote	
		Número de aceptación A1	Número de rechazo R1	Número de aceptación A2	Número de rechazo R2
001-100	3	0	2	1	2
101-200	4	0	2	1	2
201-400	5	0	2	1	2
401-800	7	0	2	1	2
801-1500	10	0	2	2	3
1501-2000	15	0	3	3	4
2001-8000	25	1	4	5	6
8000-20000	35	2	5	7	8



2.8. Pruebas.

Prueba Hidrostática.

La prueba consiste en cerrar el tubo en sus dos extremos con tapones de madera o metal, cubiertos con hule para que el sello sea hermético. A uno de los tapones se le coloca un niple con roldana de hule y tuerca si el tapón es de madera, o soldado si es de metal.

El niple se conecta mediante un tubo flexible a una bomba accionada manualmente o con motor de combustión interna, provista de una válvula de retención y un manómetro con capacidad apropiada a la prueba y una aproximación mínima de 19.6 KPa (0.2 kg/cm²). La tubería instalada deberá probarse dentro de los cuatro o cinco días posteriores a su instalación, conforme se avanza en el tendido, sin sobrepasar de 300 a 400 metros de tubería tendida sin probar.

La prueba hidrostática se realizará siguiendo el procedimiento establecido por la norma NOM-C-53. Las tablas 2.8, 2.9 y 2.10 muestran las presiones de trabajo y las resistencias a presión hidrostática, y la tabla 13 las fugas de agua permisibles durante las pruebas de estanquidad. No se emplearán en el campo presiones de prueba mayores que las especificadas.

En caso de que la prueba no sea satisfactoria, deberán detectarse y corregirse los defectos y no enterrar las tuberías hasta verificar su correcta instalación y prueba. Es necesario colocar en los puntos elevados de las líneas válvulas automáticas definitivas para la expulsión del aire durante su funcionamiento.

Tabla 2.10 Presiones de trabajo y presión de prueba en tubos clase A.

Clase de la tubería	De trabajo		De prueba			
			en fabrica		en obra	
	MPa	Kg/cm ²	MPa	Kg/cm ²	MPa	Kg/cm ²
A-5	0.50	5	1.72	17.5	0.83	8.5
A-7	0.70	7	2.40	24.5	0.98	10
A-10	0.98	10	3.43	35.0	1.37	14
A-14	1.37	14	4.80	49.0	1.72	17.5

Tabla 2.11 Fugas permisibles en tubería probada a presión hidrostática.

Presiones de prueba			Fugas permisibles en lts. por centímetro de diámetro por km. de tubería por Hora.
MPa	Kg/cm ²	lb/pg ²	
0.98	10	150	3.917
0.70	7	100	3.208
0.70	7	100	3.208
0.70	7	100	3.208
0.50	5.5	75	2.750
0.07	0.7	10	2.250



2.9. Requisitos de construcción.

Embarque y transporte.

Los tubos hasta 200 mm (8”) de diámetro se pueden cargar y descargar a mano. De 250 mm (10”) de diámetro en adelante se empleará grúa de maniobras. Ya colocados en el transporte deberán flejarse en grupos y apuntalarse los paquetes con madera. Los anillos de conexión se transportarán en sacos de yute. Los coples se flejarán formando tubos. El lubricante se transportará en envases de polietileno y éstos dentro de cajas de cartón.

Almacenamiento.

El piso del área donde se almacenen los tubos será plano y limpio. Los tubos se acomodarán sobre polines colocados en el piso y separados tres quintas partes la longitud del tubo, y con cuñas para que no resbalen. Los anillos de conexión se almacenarán en lugar fresco, en donde no estén expuestos al sol. La altura máxima de las estibas será de 2.0 metros. Excavación de la zanja. El ancho de la zanja se hará de acuerdo a la Tabla 2.12. Los materiales de excavación se clasificarán, de acuerdo con la dificultad que se presente para extracción. Antes de tender la tubería, deberá extraerse el agua del interior de la excavación.

Tabla 2.12 Dimensiones de las zanjas para alojar tubos de asbesto cemento.

DIAMETRO NOMINAL		ANCHO Centímetros	PROFUNDIDAD Centímetros
Centímetros	Pulgadas		
5	2	60	70
6	2 ½	60	100
7.5	3	60	100
10	4	60	100
15	6	70	110
20	8	75	115
25	10	80	120
30	12	85	125
35	14	90	130
40	16	100	140
45	18	115	145
50	20	120	150
60	24	130	165
75	30	150	185
90	36	170	220

Instalación de la Tubería.

Se distribuirá la tubería a lo largo de la zanja; si esto no es posible, se estibarán los tubos en el lugar más cercano al sitio de colocación. Se bajarán a mano los tubos con diámetros hasta de 150 mm (6”) clases A-5 y A-7 y a profundidades de zanja menores de 1.50 m, con paredes firmes y a plomo. Se usarán cables cuando las profundidades sean mayores de 1.50 m, o las paredes de la zanja tengan bordes duros o existan ademes que puedan dañar los tubos. Los cables no deberán retirarse hasta que el tubo quede acoplado, con el fin de poder movilizarlo si es necesario. Los tubos mayores de 50 cm de diámetro se bajarán dentro de



la zanja empleando equipo mecánico. Se afinará el fondo de la zanja con material seleccionado de la excavación, o con tezontle fino o arena, formando una cama. El tubo, se apoyará sobre la cama en toda su longitud evitando que se apoye sólo en los coples o uniones. Figura 2.7.

Los tubos de 350 mm de diámetro o mayores se ensamblarán dentro de la zanja. El ensamble se hará en dos movimientos: cople a tubo y el otro tubo al cople ya ensamblado. La maniobra se realizará empleando las herramientas que permitan hacer el ensamble con precisión para no dañar las boquillas del tubo o del cople. (Ver Figura 2.8). No se deberán instalar tubos o coples que se encuentren dañados por golpes o por defectos de fabricación. Antes de ensamblar, se lubricarán las espigas de los tubos. Se revisará la posición de las gomas que sellan las juntas. Si se detecta una posición incorrecta, se desmontará el cople y se hará de nuevo el ensamble. Si al corregir la posición de las gomas se encuentra que están dañadas, deberán sustituirse.

Cruceros.

Las conexiones de las tuberías en las intersecciones, cambios de dirección, accesos de válvulas, variación de diámetro, etc., se harán mediante piezas especiales de asbesto o de fierro fundido, conectadas mediante bridas con empaques para sellar.

Atraques.

Para tomar el empuje en las tuberías debido a la presión interior de fluido, se construirán atraques de concreto en los cambios de dirección, en las puntas muertas y en los cambios de sección. Figuras 2.9 y 2.10.

2.10. Aire entrampado en las tuberías de conducción.

Control de la entrada de aire a las tuberías.

Para reducir al mínimo la entrada de aire a las tuberías, se seguirán las siguientes disposiciones:

- Toma de agua. Se deberá prevenir un bajo nivel de agua al desconectar la bomba.
- El aire que entra en la toma puede escapar por las válvulas de aire del tipo apropiado.
- Descarga de la línea. Deberán instalarse válvulas de aire de orificio grande para expulsar el aire durante la operación de llenar la tubería, la cual se hará lentamente.
- Descarga de caídas cerradas. Se pueden instalar torres de agua para entrada y expulsión de agua; o barrer el aire hacia fuera utilizando altas velocidades.
- Oscilaciones negativas. Proyectar de tal manera de evitar la separación de la columna de agua.

Eliminación del aire entrampado.

Se seguirán las siguientes disposiciones:

- La tubería se colocará con la mayor pendiente posible.
- Se colocarán válvulas de descarga de aire automáticas, de acción continua en todos los puntos elevados. Se tendrá:

$$\frac{d}{D} \leq 0.1 \dots \dots \dots \text{Ecuación 1.7}$$

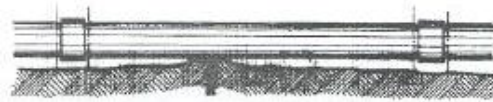
Donde:

d: diámetro de válvula de descarga de aire.

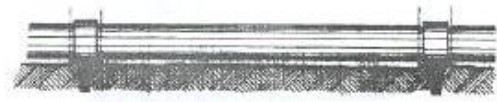
D: diámetro del tubo.

Relleno de la zanja.

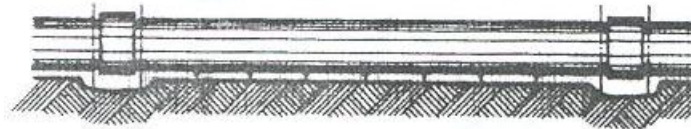
Después de instalar y probar la tubería a presión hidrostática, se procederá a rellenar la zanja lo antes posible. El relleno deberá efectuarse en dos etapas, comenzando con el “encamado” y “acostillado”, que consiste en proporcionar apoyo adecuado y continuo bajo el tubo y hasta alcanzar el diámetro total. Deberá usarse material seleccionado, exento de piedra y en capas sucesivas de 10 cm compactándose con pisón. La segunda etapa consiste en efectuar el relleno hasta completar el enrase de la zanja, en capas de 40 cm. compactando con pisón el material producto de la excavación. Se retirarán las piedras grandes.



Evitar apoyas en un solo punto.



No deben apoyarse solo los cople.



El tubo se apoyara en toda su longitud.

Figura 2.7 Apoyo de los tubos en el fondo de la zanja.



Ensamble tubo a cople.

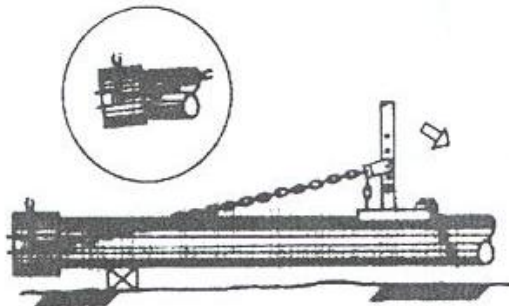


Figura 2.8a. Ensamble de tubos de asbesto con gato de palanca.

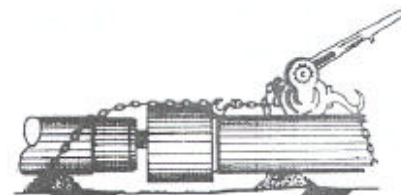


Figura 2.8b, Ensamble de tubos de asbesto con montacargas.

Figura 2.8 Ensamble cople a tubo.

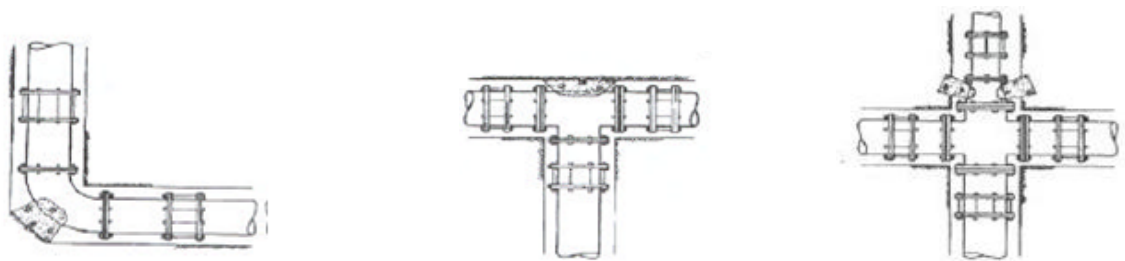


Figura 2.9 Localización de atraques.

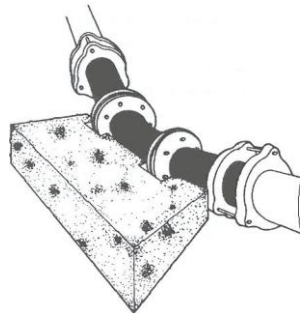


Figura 2.10 Atraque de concreto.

2.11. Criterios de medición.

La medición de los conceptos de trabajo a que se refiere esta especificación será de la siguiente manera.

- Instalación y tendido de tubería: por metro lineal, con aproximación de un decimal.
- Conexión de tubería a registro a piezas especiales: por conexión, redondeando el resultado a la unidad.
- Corte de tubería: por corte, redondeado el resultado a la unidad.
- Juntas a prueba de explosión: por junta, redondeando el resultado a la unidad.

2.12. Conceptos de trabajo.

A menos de que en los documentos del concurso o contrato se indique lo contrario, los conceptos siguientes incluyen los recursos de directos e indirectos necesarios para efectuar el trabajo, tales como el suministro de materiales y su acarreo dentro de la obra, mano de obra, herramientas, operación y mantenimiento de equipo, administración y dirección de obras.

Instalación de tuberías Asbesto- Cemento

a) Alcance del concepto.

- 1) Retiro de materiales que impidan la nivelación y el asentamiento de la tubería.
- 2) Acarreo de la tubería y sus accesorios del sitio de estiba al de colocación.
- 3) Bajado de materiales al fondo de la zanja.
- 4) Presentación de la tubería.



- 5) Colocación de empaques en las juntas.
- 6) Engrasado de las juntas.
- 7) Acoplamiento.
- 8) Calzado de tubería con madera.
- 9) Alineado y nivelado.
- 10) Retiro de las calzas de madera.
- 11) Retiro de materiales sobrantes.
- 12) Prueba de la tubería incluyendo atraques, taponeo de los extremos, llenado de la tubería con agua y presión con bomba manual de émbolo.

b) Para elaborar los precios unitarios se especificarán en cada caso las siguientes variantes.

- 1) Tipo o clase de la tubería.
- 2) Diámetro de la tubería.

2.13. Juntas Gibault.

Este tipo de junta originalmente se usó para unir cañerías de hierro fundido y de asbesto cemento entre sí y a sus correspondientes accesorios a espiga. En realidad éstas se pueden utilizar para unir cualquier tipo de tuberías, siempre y cuando los diámetros exteriores estén dentro de la tolerancia respectiva, que varía de 4 a 8 mm según las medidas (ver tabla 2.13).

Tapón Gibault: Una brida ciega en una de sus caras permite usarlo como tapón termina.

Transición Gibault: En este caso una de las bridas posee una rosca hembra, lo que permite conectar una cañería a espigas con una roscada (asbesto cemento-galvanizado, por ej.).

Junta Giplast: La mitad de la junta está conformada como la cabeza de un tubo de PVC con junta elástica, permitiendo pasar de asbesto cemento a PVC, directamente.



Figura 2.11. Junta y tapón Gibault



Tabla 2.13 Rangos de la juntas Gibault

RANGOS DE LAS JUNTAS GIBAULT SEGUN LAS CLASES						
DIAMETRO NOMINAL	CLASE 3 H° F°	CLASE 5	CLASE 7	CLASE 10	TOLERANCIA	USO PVC - PEAD
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
50	68 - 72		74 - 78*		4	* 75
60	78 - 82		84 - 88			
75	93 - 99		99 - 105		6	
100	118 - 124		124 - 130*			* 125
125	145 - 151	149 - 155	151 - 157	153 - 159		
150	170 - 176	174 - 180	180 - 186*	184 - 190		* 180
175	195 - 201*	201 - 207	211 - 217			* 200
200	222 - 228*	230 - 236	234 - 240	246 - 252**		225* - 250**
225	247 - 255	259 - 267	271 - 279		8	
250	274 - 282*	286 - 294	290 - 298	306 - 314		* 280
300	328 - 336	344 - 352	348 - 356*	368 - 376		* 355
350	382 - 390	400 - 408*	406 - 414	428 - 436		* 400
400	436 - 444	458 - 466	464 - 472	490 - 498		
450	490 - 498	516 - 524	520 - 528			
500	544 - 552	572 - 580	578 - 586			
600	656 - 664	676 - 684	694 - 702			

2.14. Tubería de acero al carbón.

2.14.1. Definiciones

Usos: estos tubos son adecuados para usarse en la conducción de vapor, agua, gas, aire y otros fluidos no corrosivos, pero no deben someterse a operaciones de doblado, formar con ellos serpentinas cerradas, ni son adecuados para servicios a altas temperaturas.

Tubo para conducción: el término "tubo para conducción", se aplica a los tubos destinados a la conducción de fluidos a temperatura ambiente o ligeramente superior pero no son apropiados para usos que impliquen calentamiento.

Tubo sin costura: Es el tubo fabricado mediante forja sin costura por trabajo en caliente del acero y si es necesario por subsecuente trabajo o estirado en frío a fin de lograr las dimensiones y características necesarias.

Todos los tubos de un mismo tamaño nominal tienen un mismo diámetro exterior, sin importar su espesor de pared (es por eso que en la designación de un tubo además de su tamaño nominal se debe indicar su clase, número de cédula o espesor de pared).

Espesor de la pared nominal: es el espesor de pared teórico, que corresponde aproximadamente al espesor promedio considerando las tolerancias.

2.14.2. Clasificación y especificaciones.

Clasificación: Los tubos cubiertos por esta norma se clasifican de acuerdo a su peso en las siguientes clases:

- a) Tubos clase normal (L)
- b) Tubos clase resistente (M)
- c) Tubos clase extra resistente (P).



“DISEÑO DE LA RED HIDRÁULICA Y SELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO PARA DAR LAS CONDICIONES DE GASTO Y CARGA DE LA PLANTA DE BOMBEO EL CARTERO”



De acuerdo con su proceso de fabricación se clasifican en:

- a) Con costura o soldadura a topes.
- b) Con costura y con soldadura eléctrica.
- c) Sin costura.

En la Tabla 2.14, se dan las dimensiones, pesos nominales y presiones de prueba, para las tres clases especificadas.

Tabla 2.14 Dimensiones, pesos nominales, presiones de prueba para tubos de clase normal, resistente y extra resistente.

Tamaño Nominal	Diámetro Exterior		Espesor de pared mm	Peso extremo lisos	Kg/m Rosca y unión	Clase de acuerdo al peso	Presión Mpa *	
	Máximo mm	Mínimo mm					Con costura	Sin costura(1)
6	10,1	9,7	1,8	0,361	0,364	L	4,38	4,38
	10,4	9,8	2,0	0,407	0,410	M	5,68	5,68
	10,4	9,8	2,65	0,493	0,469	P	6,89	6,89
8	13,3	13,2	1,8	0,517	0,521	L	4,38	4,38
	13,9	13,3	2,35	0,650	0,654	M	5,68	5,68
	13,9	13,3	2,9	0,769	0,773	P	6,89	6,89
10	17,1	16,7	1,8	0,674	0,680	L	4,38	4,38
	17,4	16,8	2,35	0,825	0,858	M	5,68	5,68
	17,4	16,8	2,9	1,02	1,03	P	6,89	6,89
15	21,4	21,0	2,0	0,952	0,961	L	4,38	4,38
	21,7	21,1	2,65	1,22	1,23	M	5,68	5,68
	21,7	21,1	3,25	1,45	1,46	P	6,89	6,89
20	26,9	26,4	2,35	1,41	1,42	L	4,38	4,38
	27,2	26,6	2,65	1,58	1,59	M	5,68	5,68
	27,2	26,6	3,25	1,90	1,91	P	6,89	6,89
25	33,8	33,2	2,65	2,01	2,03	L	4,38	4,38
	34,2	33,4	3,25	2,44	2,46	M	5,68	5,68
	34,2	33,4	4,05	2,97	2,99	P	6,89	6,89
32	42,5	41,9	2,65	2,58	2,61	L	6,89	6,89
	42,9	42,1	3,25	3,14	2,61	M	8,96	10,34
	42,9	42,1	4,05	3,84	3,17	p	9,65	12,41
40	48,4	47,8	2,9	3,25	3,29	L	6,89	6,89
	48,8	48,0	3,25	3,61	3,65	M	8,96	10,34
	48,8	48,0	4,05	4,43	4,47	P	9,65	12,41
50	60,2	59,6	2,9	4,11	4,18	L	6,89	6,89
	60,8	59,8	3,65	5,10	5,17	M	8,96	10,34
	60,8	59,8	4,5	6,17	6,24	P	9,65	12,41
65	76,0	75,2	3,25	5,80	5,92	L	6,89	6,89
	76,6	75,4	3,65	6,51	6,63	M	8,96	10,34
	76,6	75,4	4,5	7,90	8,02	P	9,65	12,41
80	88,7	87,9	3,25	6,81	6,98	L	6,89	6,89
	89,5	88,1	4,05	8,47	8,64	M	8,96	10,34
	89,5	88,1	4,85	10,1	10,3	P	9,65	12,41
100	113,9	113,0	3,65	9,89	10,2	L	8,27	8,27
	114,9	113,3	4,5	12,1	12,4	M	11,72	11,72
	114,9	113,3	5,4	14,4	14,7	P	13,79	13,79
125	140,6	138,7	4,85	16,2	16,7	M	11,72	11,72
	140,6	138,7	5,4	17,8	18,3	P	13,79	13,79

*De prueba (1) y con soldadura eléctrica.



Especificaciones.

Material: El acero para la fabricación de los tubos cubiertos por esta norma ya sean con o sin costura, debe obtenerse por uno o más de los siguientes procesos: horno de hogar abierto (Siemens-Martin), horno eléctrico, básico al oxígeno, oxígeno ácido, convertidor Thomas, horno de solera abierta; a menos que se especifique otra cosa.

Los tubos pueden ser con o sin costura, galvanizados o sin recubrimientos metálicos según se establezca en la orden de compra.

En los tubos galvanizados el recubrimiento de zinc debe aplicarse por el proceso de inmersión en caliente, tanto en la superficie interior como en la exterior de los mismos y debe presentar uniformidad para ser aceptados.

El peso del recubrimiento de zinc, no debe ser menor de 550 g/m² determinado por el promedio del resultado obtenido al probar dos especímenes cuyo peso no sea menor de 125 g y no menor de 490 g/m² para cualquiera de estos especímenes. El peso de recubrimiento se expresa en g/m² y debe ser calculado dividiendo el peso total de zinc entre el área recubierta interior y exteriormente.

Dimensiones y pesos: Las dimensiones y pesos nominales de los tubos se encuentran en la Tabla 2.14. La variación permisible en el peso es de $\pm 5\%$ de lo especificado. En los tubos extrafuertes se permite una variación de $\pm 10\%$.

El diámetro exterior nominal no debe variar en más de 0,4 mm y ni en menos de 0,8 mm para tubos de 38 mm o menores.

Para tubos de más de 50 mm el diámetro nominal no debe variar de $\pm 1\%$ del especificado. El mínimo espesor de pared en cualquier punto no debe ser menor de 12,5% bajo el espesor de pared nominal especificado.

Longitud: A menos que se especifique otra cosa las longitudes de los tubos cubiertos por esta norma deben ser las siguientes:

Los tubos de clase normal deben ser de longitudes sencillas entre 4,90 y 6,70 m, permitiéndose como máximo que un 5% del total de los tubos esté constituido por 2 tubos unidos entre sí para dar la longitud requerida. Cuando los tubos sean ordenados con extremos lisos, debe permitirse un 5% en longitudes de 3,70 y 4,90 m.

Tubos resistente y extra resistente debe tener una longitud entre 3,70 y 6,70 m y el 5% puede tener longitudes entre 1,80 m y 3,70 m.

Los tubos normales resistentes y extra resistentes en longitudes dobles, deben tener una longitud de 6,70 m como mínimo y el promedio de la longitud en la orden debe ser como mínimo de 10,70 m.

Extremos: Los extremos deben cortarse perpendicularmente al eje del tubo, sin presentar rebabas. Pueden ser lisos o con rosca.



Tubos con rosca y unión: Cuando se soliciten tubos de clase normal (L) con rosca y unión, la unión debe ir firmemente enroscado al extremo del tubo, ya sea apretado a mano o por medios mecánicos. En el caso de tubos con rosca, con unión, o con ambos, el fabricante debe entregar los tubos con una protección adecuada para evitar que las roscas (tanto del tubo como de la unión) sufran deterioros durante las maniobras de carga, transporte.

Roscas: Las roscas de los tubos de las uniones deben cumplir con los requisitos especificados en la norma correspondiente.

Uniones: Las uniones pueden ser de acero o de hierro forzado, y pueden ser apretados a mano o a máquina. El material utilizado en la elaboración de las uniones ya sean de hierro o acero, deben cumplir como mínimo con los requisitos físicos de los tubos en que van a ser aplicados.

Presión hidrostática: Para cada tubo debe probarse en la fábrica las presiones hidrostáticas descritas en Tabla 2.14. La máxima presión de prueba hidrostática especificada no debe exceder los valores indicados en la tabla. La presión hidrostática puede aplicarse a discreción del fabricante. Para calcular la presión hidrostática debe usarse la siguiente fórmula:

$$P = \frac{2 \times S \times t}{D} \dots\dots \text{Ecuación 1.8}$$

Donde:

P = presión en MPa.

S = esfuerzo de fibra 124 MPa.

t = espesor de pared en mm.

D = diámetro exterior especificado en mm.

Nota: los tubos soldados de tamaño nominal 50,8 mm y mayores deben golpearse cerca de uno de los extremos cuando se encuentran bajo la presión de prueba.

Muestreo.

Especímenes de prueba: los especímenes de prueba para determinar el peso y el recubrimiento deben ser de aproximadamente 100 mm de largo.

Número de muestras: deben tomarse dos muestras para determinar el peso de recubrimiento, una de cada final de un tubo galvanizado, seleccionado al azar de un lote de 500 tubos o fracción del mismo tipo y características. Todos los tubos deben someterse a la prueba de presión hidrostática.

Métodos de prueba.

Determinación del peso de recubrimiento de zinc: en tubos de hierro o acero galvanizado, por el Método del Acido Clorhídrico.

Reactivos: solución de cloruro de antimonio. Se disuelven 20 gramos de Sb₂O₃ ó 32 gramos de SbCl₃ en 1000 mililitros de HCl (d = 1,19).



Procedimiento: los especímenes cuyo peso sea menor de 125 gramos deben pesarse con una aproximación de 0,01 gramos; los especímenes cuyo peso sea mayor de 125 gramos con una aproximación de 0,1 gramos. Después de pesar, se sumerge cada espécimen aisladamente en una solución de cloruro de antimonio según se indica y se dejan dentro hasta que la evolución violenta de hidrógeno cese y solamente se produzcan algunas burbujas. Esto requiere de 15 a 60 segundos. La misma solución puede usarse repetidamente sin adiciones posteriores de solución de cloruro de antimonio, hasta que el tiempo requerido para que se complete llegue a ser largo. La temperatura de la solución de ataque en ningún momento debe exceder de 38 °C.

Después del ataque se lavan los especímenes con una escobilla, bajo agua circulante, se sumergen en agua caliente, se escurren y se secan al aire. Se pesan los especímenes de nuevo con la misma aproximación que el peso inicial.

Se determina el área total recubierta del espécimen original con una aproximación de 5 mm².

Cálculos: se calcula el peso de recubrimiento de zinc, usando la fórmula siguiente:

$$R = \frac{(P1-P2) \times N}{A} \dots\dots Ecuación 1.9$$

Donde:

R = Peso de recubrimiento de zinc, en gramos por metro cuadrado de superficie.

P1 = Peso original del espécimen en gramos.

P2 = Peso del espécimen atado en gramos.

A = Área recubierta del espécimen original en mm².

N = Constante con valor de 1 001 056.

Prueba de presión hidrostática: cada tubo debe probarse en una maquina para pruebas de presión hidrostática, con empaques que sellen los extremos del tubo, todo el aire se saca sometiendo los tubos a la presión de prueba indicada en tabla 2.1. Aumentando la presión a una velocidad uniforme. Si cualquier tubo muestra fugas la prueba debe rechazarse.



CAPITULO 3

INGENIERÍA DEL PROYECTO



3.1. Conceptos básicos.

Máquinas Hidráulicas.

Definición.

Una maquina es un transformador de energía. Una maquina absorbe energía de una clase y restituye energía de otra clase (un motor eléctrico, por ejemplo, absorbe energía eléctrica y restituye energía mecánica) o de la misma clase pero transformada (una grúa o un torno, por ejemplo, absorben y restituyen energía mecánica). Las maquinas se clasifican en grupos: maquinas de fluido, maquinas herramientas, maquinas eléctricas, etc.

3.1.1. Máquinas de fluido.

Son aquellas maquinas en que el fluido, o bien proporciona la energía absorbe la maquina O bien aquellas, en que el fluido es el receptor de energía, al que la maquina restituye la energía mecánica absorbida. En toda máquina de fluido hay un intercambio entre energía de fluido y energía mecánica, (por ejemplo, el agua sale de una bomba con más presión que la que tiene a la entrada de la misma porque la bomba ha restituido al agua la energía absorbida en el eje). Las maquinas de fluido revisten infinidad de formas y encuentran un sin fin de aplicaciones en la técnica

3.1.2. Clasificación de las máquinas de fluidos.

Las máquinas de fluido se clasifican en maquinas hidráulicas y maquinas térmicas.

- Máquina hidráulica. Es aquella en que el fluido que intercambia su energía no varía sensiblemente de densidad en su paso a través de la maquina, por lo cual en el diseño y estudio de la misma se hace la hipótesis de que $p=cte$.
- Máquina térmica. Es aquella en que el fluido en su paso a través de la maquina varia sensiblemente densidad, y volumen especifico, el cual en el diseño y estudio de la maquina ya no puede suponerse constante.

3.1.3. Bomba hidráulica.

Bomba es una máquina que absorbe *energía mecánica* y la restituye al líquido en forma de *energía hidráulica*.

Las bombas se emplean para impulsar toda clase de líquidos (agua, aceites, lubricación, combustibles, ácidos; líquidos alimenticios: cerveza, leche, etc.; estas últimas constituyen el grupo importante de las *bombas sanitarias*). También se emplean las bombas para bombear líquidos espesos con sólidos en suspensión como pastas de papel, melazas, fangos, desperdicios, etc.

3.1.3.1. Clasificación de las bombas.

Las bombas se clasifican en:

- 1) *Bombas rotodinámicas*. Todas y solo las bombas que son *turbomáquinas* pertenecen a este grupo.



Estas son siempre rotativas. Su funcionamiento se basa en la ecuación de Euler; y su órgano transmisor de energía se llama rodete.

Se llaman *rotodinámicas* porque su movimiento es rotativo y la dinámica de la corriente juega un papel esencial en la transmisión de la energía.

2) Bombas de desplazamiento positivo.

A este grupo pertenecen no solo las bombas alternativas, sino las rotativas llamadas *rotoestáticas* porque son rotativas, pero en ellas la dinámica de la corriente no juega un papel esencial en la transmisión de la energía. Su funcionamiento se basa en el principio de desplazamiento positivo.

Clasificación de las bombas rotodinámicas

- Según la dirección del flujo: bombas de flujo radial, de flujo axial y de flujo radio axial.
- Según la posición del eje: bombas de eje horizontal, de eje vertical y de eje inclinado.
- Según la presión engendrada: bombas de baja presión, de media presión y de alta presión.
- Según el número de flujos en la bomba: de simple aspiración o de un flujo y de doble aspiración, o de dos flujos.
- Según el número de rodets: de un escalonamiento o de varios escalonamientos.

3.1.4. Elementos constructivos

En la figura 3.1 se muestran las partes enunciadas a continuación.

Rodete, que gira solidario con el eje de la máquina y consta de un cierto número de alabes que imparten energía al fluido en forma de energía cinética y energía de presión.

Corona directriz o corona de alabes fijos, que recoge el líquido del rodete y transforma la energía cinética comunicada por el rodete en energía de presión, ya que la sección de paso aumenta en esta corona en la dirección del flujo. Esta corona directriz no existe en todas las bombas: porque encarece su construcción; aunque hace a la bomba más eficiente.

Caja espiral, que transforma también la energía dinámica en energía de presión, y recoge además con pérdidas mínimas de energía el fluido

Que sale del rodete, conduciéndolo hasta la tubería de salida o tubería de impulsión.

Tubo difusor troncocónico, que realiza una tercera etapa de difusión o sea de transformación de energía dinámica en energía de presión.

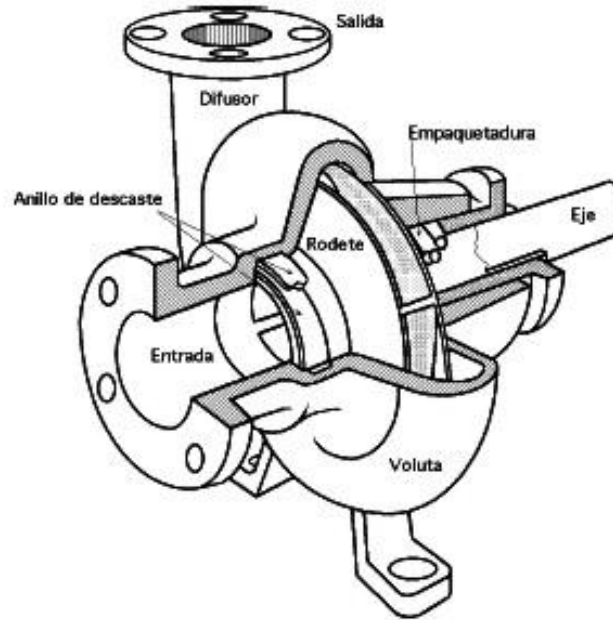


Figura 3.1 Elementos de una bomba

3.2. Propiedades de los 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.

Densidad específica o absoluta:

Es la relación que existe entre la masa por la unidad de volumen

$$\rho = \frac{m}{v} \text{Ecuación..... 3.1}$$

Donde:

ρ = Densidad absoluta

m = Masa

V = Volumen

La densidad es función de la temperatura y de la presión.

Peso específico.

Es la relación que existe entre el peso por unidad de volumen.

$$\gamma = \frac{W}{v} \text{Ecuación..... 3.2}$$

Donde:



γ = Peso específico.
 W = Peso en N, SI.
 V = Volumen en m³, SI.

El peso específico es función de la temperatura y de la presión aunque en los líquidos no varía prácticamente con esta última.

Así mismo se deduce una relación entre densidad y peso específico:

$$\gamma = \rho g \text{ Ecuación..... 3.3}$$

Donde:

γ = Peso específica.
 ρ = Densidad.
 g = gravedad.

Densidad relativa.

Es la relación entre la masa del cuerpo a la masa de un mismo volumen de agua destilada a la presión atmosférica y 4° C, es evidente que la densidad relativa es una magnitud adimensional.

$$\delta = \frac{\rho}{\rho_{\text{agua}}} \text{ Ecuación..... 3.4}$$

Donde:

ρ = Densidad.
 δ = Densidad relativa
 ρ_{agua} = Densidad del agua

Volumen específico.

Es el recíproco de la densidad absoluta, es el volumen que ocupa 1 Kg de masa de la sustancia.

$$v = \frac{1}{\rho} \text{ Ecuación..... 3.5}$$

Donde:

v = Volumen específico.
 ρ = Densidad.

Viscosidad.
 Viscosidad Dinámica.



Entre las moléculas de un fluido existen fuerzas moleculares que se denominan fuerzas de cohesión, Al desplazarse unas moléculas con relación a las otras se produce a causa de ellas una fricción. Por otra parte, entre las moléculas de un fluido en contacto con un sólido y las moléculas del sólido existen fuerzas moleculares que se denominan de adherencia. El coeficiente de fricción interna se denomina viscosidad y se designa con la letra μ .

La viscosidad produce una resistencia, que se llama resistencia a la deformación, o resistencia a que unas capas del fluido resbalen sobre las otras y, por tanto una pérdida en la energía de la corriente.

$$\mu = \tau \frac{dy}{dv} \quad \text{Ecuación... 3.6}$$

Donde:

μ = Viscosidad dinámica.

Viscosidad Cinemática.

En la hidrodinámica intervienen junto con las fuerzas debidas a la viscosidad las fuerzas de inercia, que dependen de la densidad, por eso tiene un significado importante la viscosidad dinámica referida a la densidad, o sea la relación de la viscosidad dinámica μ a la densidad ρ , que se denomina viscosidad cinemática.

$$v = \frac{\mu}{\rho} \quad \text{Ecuación... 3.7}$$

Donde:

v = Viscosidad cinemática.

μ = Viscosidad dinámica.

ρ = Densidad.

La viscosidad dinámica de los fluidos varía mucho con la temperatura, aumentando con la temperatura en los gases y disminuyendo en los líquidos; pero en unos y otros prácticamente es independiente de la presión. Por el contrario, la viscosidad cinemática de los gases varía mucho con la presión y la temperatura, mientras que la de los líquidos prácticamente solo varía con la temperatura.

En la siguiente tabla (Tabla 3.1) se muestra la variación de la densidad y las viscosidades del agua a diferentes temperaturas.

Densidad, viscosidad dinámica y cinemática en el agua en función de la temperatura.



“DISEÑO DE LA RED HIDRÁULICA Y SELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO PARA DAR LAS CONDICIONES DE GASTO Y CARGA DE LA PLANTA DE BOMBEO EL CARTERO”



Tabla 3.1 Densidades y viscosidades del agua en función de la temperatura.

Temperatura (°C)	Densidad (Kg/m ³)	Viscosidad dinámica η (10 ⁵ Kg/m*s)	Viscosidad cinemática ν (10 ⁶ m ² /s =cSt)
0	999,8	178,7	1,787
2	999,9	167,1	1,671
4	1,000	156,2	1,562
6	999,9	146,4	1,464
8	999,8	137,6	1,375
10	999,7	130,5	1,307
12	999,4	122,6	1,227
14	999,2	116,1	1,163
16	998,9	101,4	1,106
18	998,5	105,2	1,053
20	998,2	100,2	1,0038
22	997,7	95,5	0,957
24	997,2	91,1	0,914
26	996,6	87,2	0,875
28	996,1	83,4	0,837
30	995,7	79,7	0,801
32	994,9	76,4	0,768
34	994,2	74,1	0,745
36	993,4	70	0,705
38	992,8	68	0,685
40	992,2	65,3	0,658
45	990,2	59,8	0,604
50	988	54,8	0,554
55	985,7	50,7	0,512
60	983,2	46,7	0,475
65	980,6	43,4	0,443
70	977,8	40,4	0,413
75	974,8	37,8	0,388
80	971,8	35,5	0,365
85	968,6	33,4	0,345
90	965,3	31,5	0,326
95	961,8	29,8	0,310
100	958,4	28,2	0,295
150	916,9	18,6	0,205
200	864,6	13,6	0,161
250	799,2	10,9	0,14
300	712,4	8,91	0,132



Presión.

Un cuerpo solido de peso W se encuentra en equilibrio sobre una superficie horizontal, siendo A el área de contacto. Se llama presión del cuerpo sobre la superficie horizontal de apoyo, debida a la fuerza vertical W a la relación.

$$P = \frac{W}{A} \quad \text{Ecuación..... 3.8}$$

Donde:

P = Presión.

W = Peso.

A = Área.

Propiedades de la presión:

1. La presión en un punto de un fluido en reposo es igual en todas las direcciones.
2. La presión en todos los puntos situada en un mismo plano horizontal en el seno de un fluido en reposo es la misma.
3. En un fluido en reposo la fuerza de contacto que ejerce en el interior de un fluido una parte del fluido sobre la otra contigua al mismo tiene la dirección normal a la superficie de contacto.
4. La fuerza de la presión de un fluido en reposo se dirige siempre hacia el interior del fluido, es decir, es una compresión, jamás una tracción. Tomando como positivo el signo de la compresión, la presión absoluta jamás debe de ser negativa.
5. La superficie libre de un líquido en reposos es siempre horizontal.

Presión atmosférica.

Sobre la superficie libre de un líquido reina la presión del aire o 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 del líquido reina la presión atmosférica p_{atm} debida al peso de la columna de aire que gravita sobre el fluido.

Presión absoluta y presión relativa.

Las presiones absolutas se miden con relación al cero absoluto (vacío total o 100% de vacío) y las presiones relativas con la atmosfera. La mayoría de los manómetros están constituidos de manera que miden presiones relativas con relación a la atmosfera local.

Para hallar presión absoluta con exactitud habrá que sumar a la presión leída en el manómetro la presión atmosférica local medida exactamente con un barómetro. Muchas veces no se necesita gran presión y entonces se suma la lectura del manómetro la atmosfera técnica que es igual a 1 bar.

$$P_{abs} = P_{atm} +/- P_r \quad \text{Ecuación.....3.9}$$

Donde:

P_{abs} = Presión absoluta.

P_{atm} = Presión atmosférica.

P_r = Presión relativa.

3.3. Hidrostática.

Ecuación fundamental de la hidrostática.

En el líquido en reposo de la fig.3.2 aislemos un volumen infinitesimal formando un prisma rectangular A y de altura dz . Escojamos a continuación un plano de referencia horizontal de donde se miden las alturas en el eje z . La presión en la base inferior del prisma es p , la presión en la base superior será $p + dz$. La ecuación de equilibrio en la dirección del eje z será $p A - (p + dz) A - \rho g A dz = 0$. En la siguiente imagen (Imagen12) se muestran los valores antes enunciados.

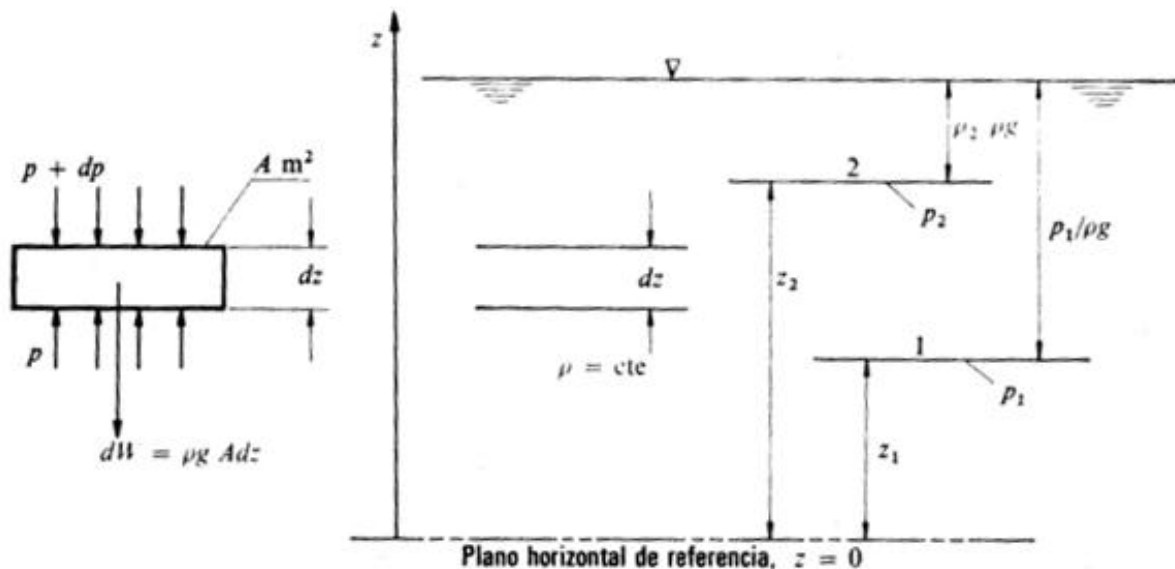


Figura 3.2 Tabla de diferencias de presiones y alturas.

O sea;

$$\frac{dp}{\rho} = -g dz \dots\dots \text{Ecuación 3.10}$$

Integrando entre 1 y 2, teniendo en cuenta que $\rho = \text{cte.}$, se tiene que:

$$\frac{P_1}{\rho g} + z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + z_2 \quad \text{Ecuación} \dots\dots 3.11$$



3.4. Hidrodinámica.

Es el estudio del movimiento de un fluido en el interior de un contorno (tubería, canal) o alrededor de un contorno (barco, ala de avión). Etimológicamente, la hidrodinámica es la dinámica del agua, puesto que el prefijo griego "hidro" significa "agua". Aun así, también incluye el estudio de la dinámica de otros fluidos. Para ello se consideran entre otras cosas la velocidad, presión, flujo y gasto del fluido. Para el estudio de la hidrodinámica normalmente se consideran tres aproximaciones importantes.

Caudal Q.

Es el volumen del fluido por unidad de tiempo que pasa a través de una sección transversal a la corriente. Así, por ejemplo, en una tubería de agua los litros por hora que circulan a través de un plano transversal a la tubería.

Ecuación de continuidad para un fluido incompresible.

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

$$Q = AV \quad \text{Ecuación..... 3.12}$$

Donde:

- Q = Caudal.
- A = Área.
- V = Volumen.

Energía geodésica.

Es igual al trabajo que ejerce la fuerza de gravedad cuando su altura desciende de Z_1 a Z_2 .

$$e_z = gz \quad \text{Ecuación..... 3.13}$$

Donde:

- e_z = Energía geodésica.
- gz = Energía específica.

Energía de presión.

Un volumen V de un fluido a una presión p tiene una energía de presión igual a pV . O sea igual a la fuerza pA que ejerce sobre el fluido multiplicado por el camino recorrido x .

$$e_p = \frac{p}{\rho g} \quad \text{Ecuación..... 3.14}$$



Donde:

- e_p = Energía de presión.
- P = presión.
- ρ = Densidad.
- g = Gravedad.
- Energía Cinética.

Es la energía útil mecánica la cual es proporcionada por el rodete.

$$e_v = \frac{v^2}{2g} \quad \text{Ecuación..... 3.15}$$

Donde:

- e_v = Energía cinética.
- V = Velocidad.
- g = Gravedad.

Ecuación de Bernoulli generalizada.

$$\frac{P_1}{\rho g} + z_1 + \frac{V_1^2}{2g} - \sum H_{r1-2} + \sum H_b - \sum H_t = \frac{P_2}{\rho g} + z_2 + \frac{V_2^2}{2g} \quad \text{Ecuación..... 3.16}$$

La expresión anterior expresa la energía total en un punto del flujo y considera la suma de energías como la geodésica, presión, y la cinética todas por unidad de peso llamadas cargas. Lo anterior para un punto Q del flujo puede igualarse a lo correspondiente de los siguientes puntos del sistema y de manera tal tienen el mismo valor, en la práctica se presentan pérdidas y caídas de presión provocadas por algunos aditamentos como las turbinas, además se considera la carga que ejerce la bomba en el sistema.

3.5. Pérdidas primarias y secundarias en las tuberías.

3.5.1. Pérdidas primarias:

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 unas capas del fluido con otras (régimen laminar) o de partículas entre sí (régimen turbulento). Tienen lugar en flujo uniforme, por tanto en los tramos de tubería de sección constante. En el cálculo de las pérdidas de carga de las tuberías juegan un papel discriminante dos factores; el que la tubería sea lisa o rugosa y el que el régimen de corriente sea laminar o turbulento.

Ecuación general de las pérdidas primarias.

$$H_{rp} = \lambda \frac{L}{D} \frac{V_1^2}{2g} \quad \text{..... Ecuación 3.17}$$



Donde:

- H_{rp} = Pérdidas de carga primaria.
- λ = Coeficiente de pérdida primaria.
- L = Longitud de tubería.
- D = Diámetro de tubería.
- V = Velocidad media del fluido.

Esta fórmula es de uso universal y depende de 3 números dimensionales muy importantes:

1- Reynolds:

$$Re = \frac{\rho VD}{\mu} \dots\dots Ecuación 3.18$$

$$Re = \frac{VD}{\nu} \dots\dots Ecuación 3.19$$

- Re ≤ Flujo laminar
- 2001 < Re < 3500 Zona de transición
- Re > 3500 Flujo turbulento

2- Rugosidad relativa: $\frac{k}{D}$. Tabla 3.2.

Tabla 3.2 Coeficiente de rugosidad absoluta.

COEFICIENTE DE RUGOSIDAD ABSOLUTA, k PARA TUBERIAS COMERCIALES			
Tipo de tubería	Rugosidad absoluta k(mm)	Tipo de tubería	Rugosidad absoluta k(mm)
Vidrio, cobre o latón estirado	<0,001 (o lisa)	Hierro galvanizado	0,15 a 0,20
Latón industrial	0,025	Fundición corriente nueva	0,25
Acero laminado nuevo	0,05	Fundición corriente oxidada	1 a 1,5
Acero laminado oxidado	0,15 a 0,25	Fundición asfaltada	0,1
Acero laminado con incrustaciones	1,5 a 3	Cemento alisado	0,3 a 0,8
Acero asfaltado	0,015	Cemento bruto	Hasta 3
Acero roblonado	0,03 a 0,1	Acero roblonado	0,9 a 9
Acero soldado, oxidado	0,4	Duelas de madera	0,183 a 0,91

3- El Diagrama de Moody (Figura 3.3) (coeficiente λ).

Resuelve todos los problemas de pérdidas de carga primarias en tuberías con cualquier diámetro, cualquier material de tuberías y cualquier caudal; puede emplearse en tuberías de sección no circular sustituyendo el diámetro D por el radio hidráulico R_h .



Se usa para determinar el coeficiente λ , el cual lleva después a la ecuación de pérdidas primarias.

DIAGRAMA DE MOODY

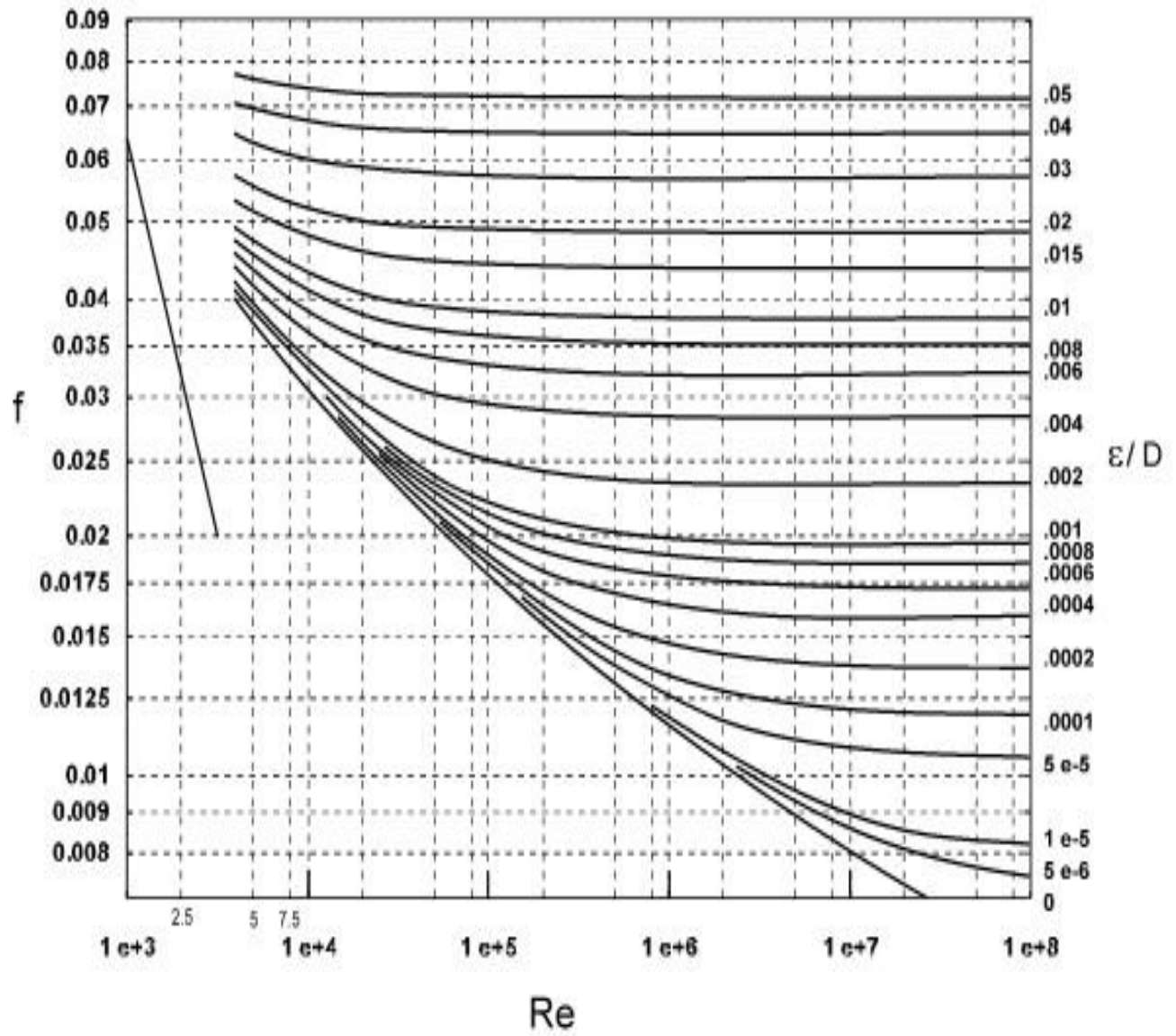


Figura 3.3 Diagrama de Moody.



3.5.2. Perdidas secundarias.

Las pérdidas secundarias: son las pérdidas de forma: que tienen lugar en las transiciones (estrechamientos o expansiones de la corriente), codos, válvulas, y toda clase de accesorios de tubería.

Las perdidas secundarias se pueden calcular por dos métodos:

1.- Primer método: por una formula especial y un coeficiente de perdidas adimensional.

$$H_{rs} = \xi \frac{V^2}{2g} \dots\dots \text{Ecuación 3.20}$$

Donde:

H_{rs} = perdida de carga secundaria

ξ = coeficiente adimensional de pérdida de carga secundaria.

V = velocidad media en la tubería, si se trata de codos, válvulas, etc.

Si se trata de un cambio de sección como contracción o ensanchamiento, suele tomarse la velocidad en la sección menor, lo correcto en el manual de hidráulica será indicar junto al valor de ξ la velocidad V que hay que tomar en cada caso.

2.- Segundo método: Consiste en determinar las pérdidas secundarias como longitudes equivalentes, es decir, longitudes en metros de un trozo de tubería del mismo diámetro que produciría las mismas pérdidas de carga que los accesorios en cuestión.

$$H_r = \lambda \frac{(L + \Sigma L_e) V^2}{D \cdot 2g} \dots\dots \text{Ecuación 3.21}$$

H_r = Suma de las perdidas primarias y secundarias.

λ = Coeficiente de pérdidas (diagrama de Moody).

L = Longitud total de los tramos rectos de tubería.

$L_e = \Sigma$ de todas las longitudes equivalentes de los accesorios en cuestión.

Nomograma de longitudes equivalentes (Figura 3.4):

Este monograma consta de tres escalas: uniendo una recta el punto de la escala izquierda correspondiente al accesorio que se trata con el punto de la escala derecha correspondiente al diámetro interior de la tubería, el punto de intersección de esta recta con la escala central nos da la L_e del accesorio.

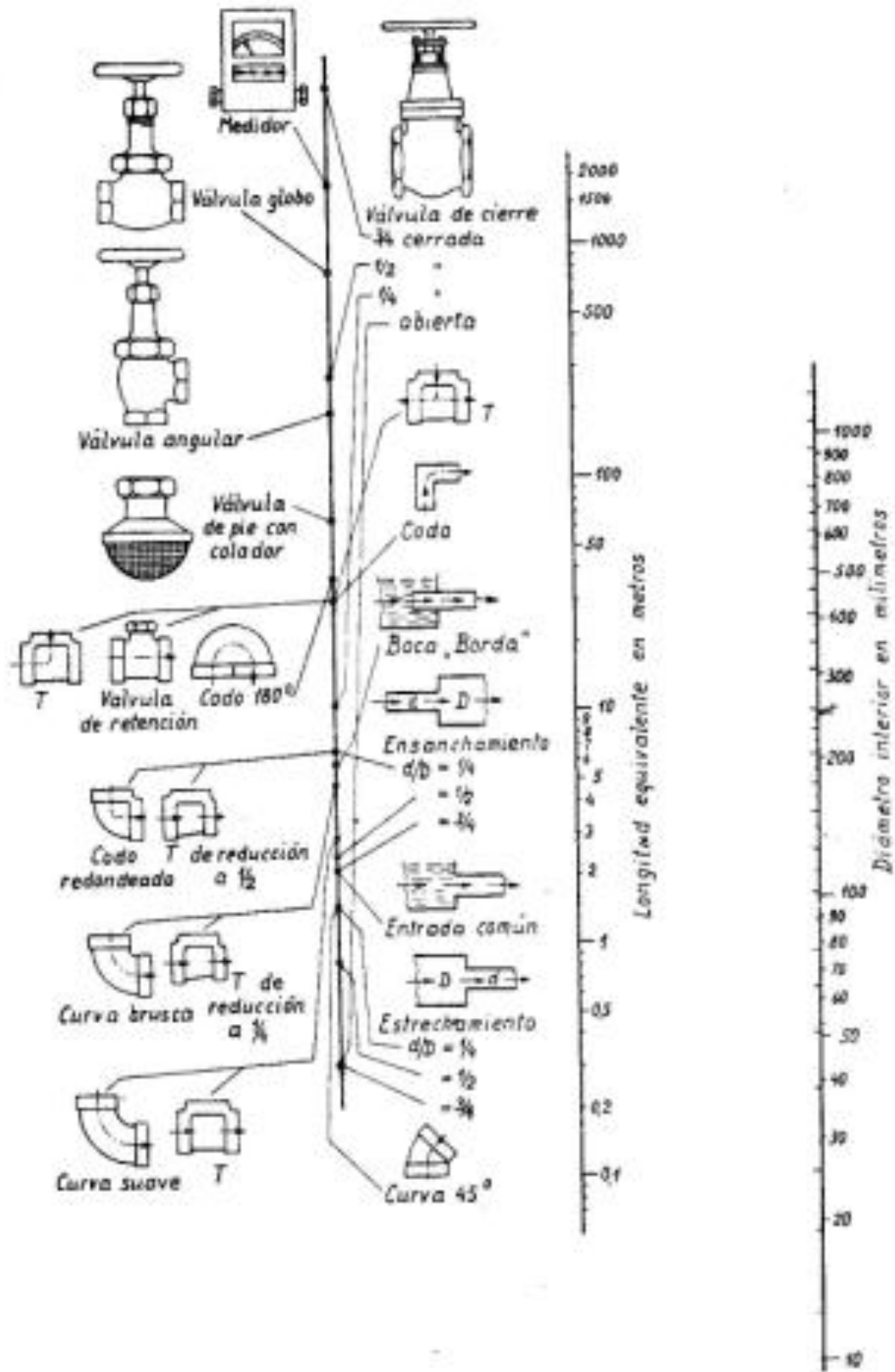


Figura 3.4 Nomograma de longitudes equivalentes.



3.6. Carga Neta Positiva de Succión. (NPSH)

Carga Neta Positiva de Succión Disponible. (NPSH_A)

La altura de aspiración disponible se ha extendido la expresión en todos los países.

Es la carga total de succión en metros (pies) absolutos de columna de líquido, determinada en la boquilla de succión con respecto a la línea de referencia, menos la presión de vapor del líquido en metros (pies) absolutos.

La línea de referencia es la línea de centro en bombas horizontales; la línea de centro de la boquilla de succión en bombas verticales en línea (“in -line”) y la parte superior de la cimentación para otras bombas verticales.

$$(NPSH)_A(\text{Pies de liquido}) = \frac{(P_s - P_{vap})}{\text{Densidad relativa}} + h_s - h_{fr} \dots \text{Ecuación 3.22}$$

En donde:

P_s = Presión de succión, psi.

P_{vp} = presión de vapor, psi.

Densidad relativa = la del líquido a la temperatura de la bomba.

h = carga estática, ft.

h_{fr} = pérdida por fricción en la tubería de succión, ft.

Por tanto, la (NPSH), es una función de la carga estática del recipiente encima de la bomba, menos la fricción en el tubo de succión, porque se ha supuesto que P_s es igual a P_{vp} .

Carga Neta Positiva De Succión Requerida (NPSH_R).

Es la carga neta positiva de succión determinada por el proveedor de la bomba a partir de pruebas de comportamiento, bombeando agua. Se expresa en metros absolutos de columna de líquido y es la mínima NPSH requerida al flujo nominal para prevenir desviaciones de comportamiento de la bomba debido a la cavitación.

3.7. Cavitación.

La cavitación es un fenómeno muy común, pero es el menos comprendido de todos los problemas de bombeo. Tiene distintos significados para diferentes personas. Algunos la definen como el ruido de golpeteo o traqueteo que se produce en una bomba. Otros la llaman “patinaje” debido a que la presión de la bomba decrece y el caudal se torna errático.

Cuando se produce cavitación, la bomba no solamente no cumple con su servicio básico de bombear un líquido sino que también experimenta daños internos, fallas de los sellos, rodamientos, etc.

En resumen, la cavitaciones una condición anormal que puede producir pérdidas de producción, daños al equipo y lo peor de todo, lesiones al personal.

Por lo tanto, el concepto clave es: Las burbujas de vapor se forman dentro de la bomba cuando la presión estática en algún punto baja a un valor igual o menor que la presión de vapor del líquido.



La presión estática en algún punto dentro de la bomba puede bajar hasta un nivel inferior a la presión de vapor bajo dos condiciones:

1. Porque la caída de presión actual en el sistema externo de succión es mayor que la que se consideró durante el diseño del sistema (es una situación bastante común). Esto resulta en que la presión disponible en la succión de la bomba (NPSHa) no es suficientemente alta para suministrar la energía requerida para superar la caída de presión interna (NPSHr) propia del diseño de la bomba.
2. Porque la caída de presión actual dentro de la bomba (NPSHr) es más grande que la informada por el fabricante y que se usó para seleccionar la bomba. En el caso de las turbomáquinas será conveniente hallar una expresión del coeficiente de cavitación en función de parámetros hidráulicos conocidos de la máquina, poniendo especial énfasis en las leyes de similitud que incluyen a las presiones o saltos, ya que la cavitación es una función de estas condiciones.

Obviamente, la cavitación se producirá en el lado de baja presión del rotor. Por lo tanto la altura o energía disponible en esa parte de la máquina, altura de aspiración (h_s) es de vital importancia. Luego, para una determinada velocidad angular y determinado caudal el comportamiento de la máquina a la cavitación es una función de esta altura de aspiración (h_s). La altura de aspiración puede definirse como la distancia vertical entre el eje de la maquina y el pelo de agua, aguas abajo de la maquina. Esta será positiva si el eje se encuentra por encima del pelo de agua y negativa.

$$\sigma = \frac{(h_{at} - h_v - H_{sc})}{H} \geq \sigma_c \dots\dots \text{Ecuacion 3.23}$$

La cifra de cavitación así definida se transforma en un parámetro indicativo del margen de seguridad de funcionamiento de la máquina con respecto a la cavitación. Mientras σ_{inst} sea mayor que σ_c los efectos de la cavitación no se harán sentir. Tanto el valor de h_{at} como el valor de h_v deberán corregirse de acuerdo a las condiciones locales del lugar donde se produce el fenómeno. El valor de h_{at} variará de acuerdo a la altitud tal como se ve en la siguiente tabla. (Tabla 3.3).

Tabla 3.3 Valores de la presión atmosférica.

PRESION ATMOSFERICA		
ALTITUD(m)	h_{at} (mm Hg)	h_{at} (mm H ₂ O)
0	760.00	10.351
500	715.99	9.751
1000	674.07	9.180
1500	634.16	8.673
2000	596.18	8.120
2500	560.07	7.628
3000	525.75	7.160
3500	493.15	6.716
4000	462.21	6.295

La magnitud h_v , es decir, la altura correspondiente a la presión de vapor (Tabla 3.4), estará influenciada por la temperatura del fluido según se muestra en la siguiente tabla:



Tabla 3.4 Presión de vapor.

PRESION DE VAPOR	
TEMPERATURA(°C)	$h_v(m)$
5	0.0089
10	0.125
15	0.174
20	0.239
25	0.324

Volviendo a la ecuación anterior, si se observa el segundo miembro, donde c_A puede sustituirse por cualquier otra velocidad fluida característica, pone de manifiesto claramente que el coeficiente de cavitación es un parámetro de similitud de funcionamiento de las máquinas a la cavitación. En puntos homólogos (H, Q) de funcionamiento, dos máquinas geoméricamente semejantes se caracterizan por el mismo valor de σ_{crit} . Por lo tanto, la cifra de cavitación crítica variará en función del número específico.

3.8. Velocidad específica.

Es un índice que relaciona el flujo, la carga total y la velocidad de rotación para bombas de geometría similar, calculado a partir del comportamiento de la bomba en el punto de mayor eficiencia y con el mayor diámetro del impulsor. Se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$n = \frac{N(Q)^{0.5}}{(H)^{0.75}} \dots \dots \dots \text{Ecuación 3.24}$$

Donde:

- N_q = velocidad específica.
- N = velocidad de rotación (RPM).
- Q = flujo total de la bomba (m³/s) (GPM).
- H = carga por etapa (m) (pies).

Velocidad específica de succión.

Es un índice que relaciona el flujo, la NPSHR y la velocidad de rotación para bombas de geometría similar, calculada a partir del comportamiento de la bomba, en el punto de mayor eficiencia y con el mayor diámetro del impulsor (Fig. 3.5). Se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$n_{qs} = \frac{N(Q)^{0.5}}{(NPSHR)^{0.75}} \dots \dots \dots \text{Ecuación 3.25}$$

Donde:

- n_{qs} = velocidad específica de succión.



“DISEÑO DE LA RED HIDRÁULICA Y SELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO PARA DAR LAS CONDICIONES DE GASTO Y CARGA DE LA PLANTA DE BOMBEO EL CARTERO”



N = velocidad de rotación (RPM).

Q = flujo por el ojo del impulsor (m³/s) (GPM).

- flujo total por el impulsor de succión sencilla.
- mitad del flujo total por el impulsor de succión doble.

NPSHR = carga neta positiva a la succión requerida (m) (pies).

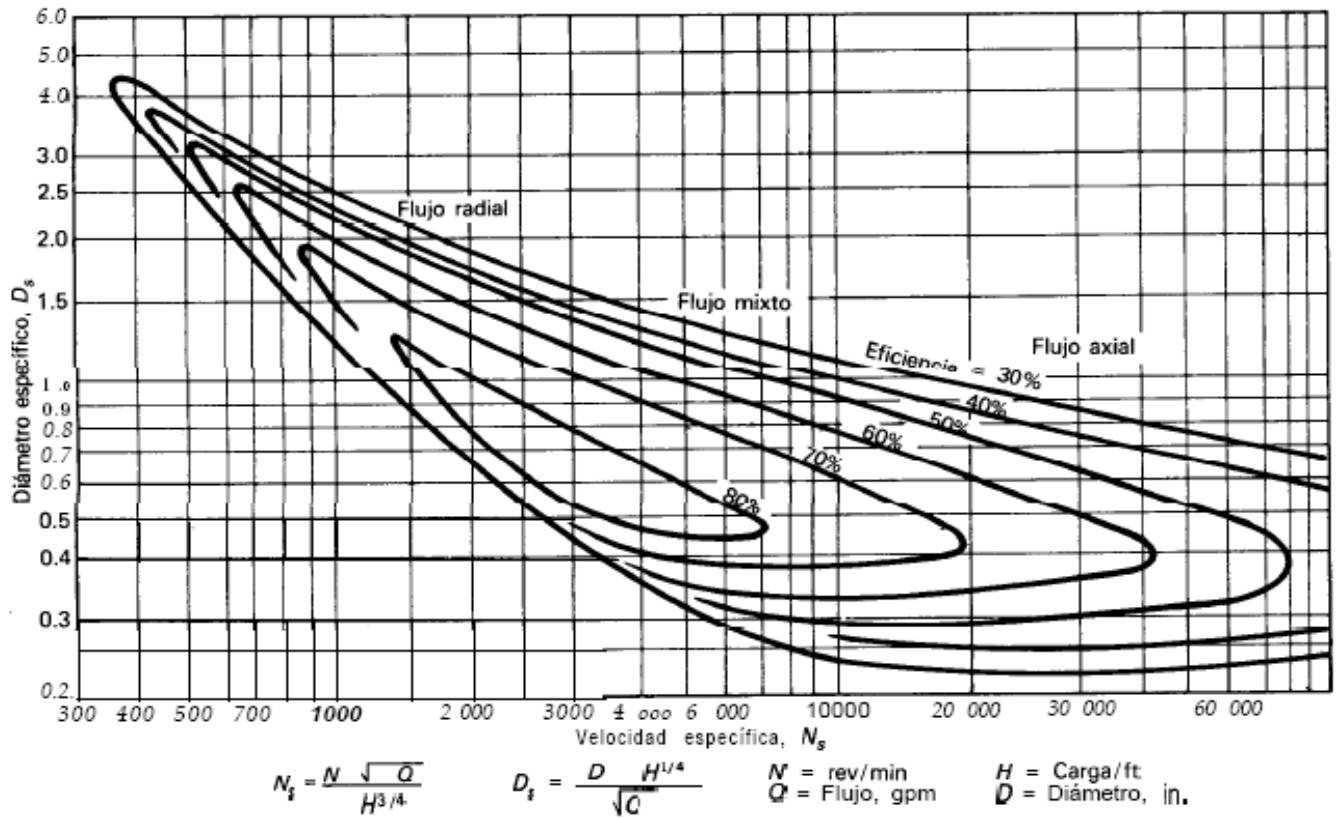


Figura 3.5 Representación grafica de la relación que existe entre la velocidad específica y el diámetro específico.



CAPITULO 4

DESARROLLO DEL PROYECTO



MEMORIA DE CÁLCULO.

4.1. Datos comprendidos dentro del arreglo serie-paralelo cárcamo (3 bombas)

Bombas de cárcamo

CÁLCULO PARA TUBERÍA DE DESCARGA DE CADA BOMBA VER PLANO DE CORTE A-A.

Datos de diseño:

Líquido: Agua, Temperatura de Bombeo: 20 °C, ρ_{abs} : 998,2 kg/m³ ν ; 1,02x10⁻⁶ m²/s

$Q_1=Q_2=Q_3$ Q_1 : 100 lps; $Q_T = Q_1+Q_2+Q_3=300$ lps.

Cálculo del diámetro de tubería de descarga.

Tabla 4.1 Obtención de los datos de la tubería acero de 10”

Q (m ³ /s)	V (m/s)	D _d = $\sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * V}}$ (m)	Φ_d (plg)	Se ocuparía un tubo de Φ NOM Ced. 40 de 10" Acero Laminado con Costura Longitudinal					
				Φ_{ext}		Φ_{int}		esp	
0.1	3.5	0.190730668	7.509081409	Mm	plg	mm	plg	mm	plg
				273.1	10.75	254.5	10.02	9.27	0.365

TABLA DE RESULTADOS PARA GRAFICAR $Hr=\lambda L/AV^2/2g$

Tabla 4.2 Perdidas por rozamiento en la tubería de descarga de cada bomba a diferentes gastos.

Hrs (mcl)	D _{int} (m)	Q x10 ⁻³ (m ³ /s)	V (m/s)	V ² /2g (mcl)	Re (add)	$\frac{\epsilon}{d}$	$\frac{l+le}{d}$	λ
0	0.2545	0	0	0	0	0.000196	125.304519	0
0.018953	0.2545	0.02	0.393154748	0.00787822	98095.9642	0.000196	125.304519	0.0192
0.067522	0.2545	0.04	0.786309497	0.03151288	196191.928	0.000196	125.304519	0.0171
0.142597	0.2545	0.06	1.179464245	0.07090397	294287.893	0.000196	125.304519	0.01605
0.244819	0.2545	0.08	1.572618994	0.1260515	392383.857	0.000196	125.304519	0.0155
0.377594	0.2545	0.1	1.965773742	0.19695547	490479.821	0.000196	125.304519	0.0153
0.536629	0.2545	0.12	2.358928491	0.28361588	588575.785	0.000196	125.304519	0.0151
0.725574	0.2545	0.14	2.752083239	0.38603273	686671.749	0.000196	125.304519	0.015
0.941371	0.2545	0.16	3.145237988	0.50420601	784767.714	0.000196	125.304519	0.0149
1.175430	0.2545	0.18	3.538392736	0.63813574	882863.678	0.000196	125.304519	0.0147
1.441277	0.2545	0.2	3.931547485	0.7878219	980959.642	0.000196	125.304519	0.0146
1.578124	0.2545	0.21	4.128124859	0.86857364	1030007.62	0.000196	125.304519	0.0145
2.06122	0.2545	0.24	4.717856982	1.13446353	1177151.57	0.000196	125.304519	0.0145
2.608737	0.2545	0.27	5.307589104	1.43580541	1324295.52	0.000196	125.304519	0.0145
3.220663	0.2545	0.3	5.897321227	1.77259927	1471439.46	0.000196	125.304519	0.0145
4.637754	0.2545	0.36	7.076785472	2.55254295	1765727.36	0.000196	125.304519	0.0145



“DISEÑO DE LA RED HIDRÁULICA Y SELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO PARA DAR LAS CONDICIONES DE GASTO Y CARGA DE LA PLANTA DE BOMBEO EL CARTERO”



Tabla 4.3 Perdidas generadas a partir de los accesorios y las longitudes de la tubería de acero de 10”

Accesorio	No. de accesorio	le	Σle		Tubería
Válvula de retención 254,5 mm	1	21	21		1.9
Válvula de compuerta 254,5 mm	1	2.2	2.2		1.79
codo 45° 254,5 mm	1	4.5	4.5		0.5
		Total	27.7	Total	4.19

* Para el desarrollo de los cálculos en este apartado se dispuso de la utilización de las ecuaciones descritas anteriormente y las abreviaciones serán descritas en el breviario.

MEMORIA DE CÁLCULO.

CÁLCULO PARA TREN DE DESCARGA PARA TUBERÍA DE 30" PARA ACERO.

Líquido: Agua Temperatura de Bombeo: 20°C, ρ_{abs} : 998,2 kg/ m³ ν : 1,02x10⁻⁶ m²/s.
 $Q_1=100$ lps $Q_1=Q_2=Q_3$ $Q_T=Q_1+Q_2+Q_3=300$ lps.

Cálculo del diámetro de tubería:

Tabla 4.4 Obtención de los datos de la tubería acero de 30”

Q (m ³ /s)	V (m/s)	$D_d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}}$ (m)	Φ_d (plg)	Se ocuparía un tubo de ϕ NOM Ced. 40 de 14" El diámetro del tubo utilizado en la descarga real es de 30" Acero Laminado con Costura Longitudinal					
				Φ_{ext}		Φ_{int}		Espesor	
				mm	plg	mm	plg	mm	plg
0.3	3.5	0.33035521	13.0061105	762	30	733.425	28.875	14.2875	0.5625

Tabla 4.5 Valores obtenidos bajo el análisis del comportamiento del fluido dentro de la tubería de acero de 30”

Hrs (mcl)	D_{int} (m)	$Q \times 10^{-3}$ (m ³ /s)	V (m/s)	$V^2/2g$ (mcl)	Re (add)	$\frac{\epsilon}{d}$	$\frac{l+le}{d}$	λ
0	0.733425	0	0	0	0	6.81733E-05	10.2600811	0
0.000190	0.733425	0.06	0.14201981	0.00102801	102118.511	6.82E-05	10.2600811	0.0181
0.000675	0.733425	0.12	0.28403962	0.00411205	204237.021	6.82E-05	10.2600811	0.016
0.001423	0.733425	0.18	0.42605944	0.00925212	306355.532	6.82E-05	10.2600811	0.015
0.002396	0.733425	0.24	0.56807925	0.01644822	408474.043	6.82E-05	10.2600811	0.0142
0.003691	0.733425	0.3	0.71009906	0.02570034	510592.553	6.82E-05	10.2600811	0.014
0.005126	0.733425	0.36	0.85211887	0.03700849	612711.064	6.82E-05	10.2600811	0.0135
0.006770	0.733425	0.42	0.99413869	0.05037267	714829.574	6.82E-05	10.2600811	0.0131
0.008775	0.733425	0.48	1.1361585	0.06579287	816948.085	6.82E-05	10.2600811	0.013
0.010935	0.733425	0.54	1.27817831	0.0832691	919066.596	6.82E-05	10.2600811	0.0128
0.013395	0.733425	0.6	1.42019812	0.10280136	1021185.11	6.82E-05	10.2600811	0.0127



“DISEÑO DE LA RED HIDRÁULICA Y SELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO PARA DAR LAS CONDICIONES DE GASTO Y CARGA DE LA PLANTA DE BOMBEO EL CARTERO”



Tabla 4.6 Perdidas generadas a partir de los accesorios y las longitudes de la tubería de acero de 30”

Accesorio	No. de accesorio	le	Σle	Tubería.
reducción de tubería de 30" a 20"	1			7.31
		0.215	0.215	0
				0
		Total	0.215	Total

* Para el desarrollo de los cálculos en este apartado se dispuso de la utilización de las ecuaciones descritas anteriormente y las abreviaciones serán descritas en el breviario.

CÁLCULO PARA TREN DE DESCARGA PARA TUBERÍA DE 20" PARA ACERO.

Líquido: Agua Temperatura de Bombeo: 20°C, ρ_{abs}: 998,2 kg/m³ v: 1,02x10⁻⁶ m²/s.

Q₁ =100 lps Q₁=Q₂=Q₃ Q_T= Q₁+Q₂+Q₃=300 lps.

Cálculo del diámetro de tubería.

Tabla 4.7 Obtención de los datos de la tubería acero de 20”

Q (m ³ /s)	V (m/s)	D _d = $\sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}}$ (m)	Φ _d (plg)	Se ocupara un tubo φ NOM Ced. 40 de 14" El diámetro del tubo utilizado en la descarga real es de 20" Acero Laminado con Costura Longitudinal					
				Φ _{ext}		Φ _{int}		Espesor	
				mm	plg	mm	plg	mm	plg
0.3	3.5	0.33035521	13.0061105	508	20	477.8756	18.814	15.0622	0.593

Tabla 4.8 Valores obtenidos bajo el análisis del comportamiento del fluido dentro de la tubería de acero de 20”

Hrs (mcl)	D _{int} (m)	Q x10 ⁻³ (m ³ /s)	V (m/s)	V ² /2g (mcl)	Re (add)	$\frac{\epsilon}{d}$	$\frac{l+le}{d}$	λ
0	0.47787	0	0	0	0	0.00010463	2372.44418	0
0.23005282	0.47787	0.06	0.33453443	0.00570404	156729.38	0.00010463	2372.44418	0.017
0.80653812	0.47787	0.12	0.66906886	0.02281616	313458.759	0.00010463	2372.44418	0.0149
1.70509737	0.47787	0.18	1.00360329	0.05133637	470188.139	0.00010463	2372.44418	0.014
2.92302406	0.47787	0.24	1.33813771	0.09126466	626917.519	0.00010463	2372.44418	0.0135
4.4318999	0.47787	0.3	1.67267214	0.14260102	783646.898	0.00010463	2372.44418	0.0131
6.23578466	0.47787	0.36	2.00720657	0.20534547	940376.278	0.00010463	2372.44418	0.0128
8.3549771	0.47787	0.42	2.341741	0.27949801	1097105.66	0.00010463	2372.44418	0.0126
10.7394069	0.47787	0.48	2.67627543	0.36505862	1253835.04	0.00010463	2372.44418	0.0124
13.4824485	0.47787	0.54	3.01080986	0.46202732	1410564.42	0.00010463	2372.44418	0.0123
16.5096729	0.47787	0.6	3.34534428	0.5704041	1567293.8	0.00010463	2372.44418	0.0122



“DISEÑO DE LA RED HIDRÁULICA Y SELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO PARA DAR LAS CONDICIONES DE GASTO Y CARGA DE LA PLANTA DE BOMBEO EL CARTERO”



Tabla 4.9 Perdidas generadas a partir de los accesorios y las longitudes de la tubería de acero de 20”

Accesorio	No. de accesorio	le	Σle		Tubería
válvula de retención 477,87 mm	2	35	70		1050.7199
codo 45° 477,87 mm	2	6.5	13		0
		Total	83	Total	1050.7199

* Para el desarrollo de los cálculos en este apartado se dispuso de la utilización de las ecuaciones descritas anteriormente y las abreviaciones serán descritas en el breviario.

CÁLCULO PARA TREN DE DESCARGA PARA TUBERIA DE 20" PARA ASBESTO-CEMENTO.

Líquido: Agua Temperatura de Bombeo: 20°C, ρ_{abs} : 998,2 kg/m³ v : 1,02x10⁻⁶ m²/s.

$Q_1 = 100$ lps $Q_T: 300$ lps $Q_1+Q_2+Q_3= 300$ lps

Tabla 4.10 Obtención de los datos de la tubería de asbesto-cemento de 20”

Q (m ³ /s)	V (m/s)	$D_d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}}$ (m)	Φ_d (plg)	Se ocuparía un tubo de ϕ NOM Ced. 40 de 14" El diámetro del tubo utilizado en la descarga real es de 20" Asbesto-cemento.					
				ϕ_{ext}		ϕ_{int}		Espesor	
0.3	3.5	0.33035521	13.0061105	mm	plg	mm	plg	mm	plg
				508	20	477.8756	18.814	15.0622	0.593

Tabla 4.11 Valores obtenidos bajo el análisis del comportamiento del fluido dentro de la tubería de asbesto-cemento de 20”

Hrs (mcl)	D_{int} (m)	$Q \times 10^{-3}$ (m ³ /s)	V (m/s)	$V^2 / 2g$ (mcl)	Re (add)	$\frac{\epsilon}{d}$	$\frac{l+le}{d}$	λ
0	0.47787	0	0	0	0	0.00253204	2989.97635	0
0.41784622	0.47787	0.06	0.33453443	0.00570404	156729.38	0.00253204	2989.97635	0.0245
1.62363101	0.47787	0.12	0.66906886	0.02281616	313458.759	0.00253204	2989.97635	0.0238
3.63782032	0.47787	0.18	1.00360329	0.05133637	470188.139	0.00253204	2989.97635	0.0237
6.43994821	0.47787	0.24	1.33813771	0.09126466	626917.519	0.00253204	2989.97635	0.0236
10.0197817	0.47787	0.3	1.67267214	0.14260102	783646.898	0.00253204	2989.97635	0.0235
14.3670878	0.47787	0.36	2.00720657	0.20534547	940376.278	0.00253204	2989.97635	0.0234
19.5552029	0.47787	0.42	2.341741	0.27949801	1097105.66	0.00253204	2989.97635	0.0234
25.5414895	0.47787	0.48	2.67627543	0.36505862	1253835.04	0.00253204	2989.97635	0.0234
32.3259477	0.47787	0.54	3.01080986	0.46202732	1410564.42	0.00253204	2989.97635	0.0234
39.9085774	0.47787	0.6	3.34534428	0.5704041	1567293.8	0.00253204	2989.97635	0.0234



“DISEÑO DE LA RED HIDRÁULICA Y SELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO PARA DAR LAS CONDICIONES DE GASTO Y CARGA DE LA PLANTA DE BOMBEO EL CARTERO”



Tabla 4.12 Perdidas generadas a partir de los accesorios y las longitudes de la tubería de asbesto-cemento de 20”

Accesorio	No de accesorio	le	Σle	Tubería
				1428.82
				0
				0
		Total	0	Total
				1428.82

* Para el desarrollo de los cálculos en este apartado se dispuso de la utilización de las ecuaciones descritas anteriormente y las abreviaciones serán descritas en el breviarío.

Tabla 4.13 Muestra las perdidas que se dan por friccion en los cabezales de descarga.

CABEZALES DE DESCARGA DE FUNDICIÓN

DIÁMETRO DE DESCARGA	CAPACIDAD EN GALONES POR MINUTO													
	100	125	150	175	200	250	300	350	400	450	500	550		
3	.25	.38	.55	.75	1.0	1.5	2.2	3.0						
4		.12	.18	.24	.32	.49	.70	.97	1.2	1.5	1.9	2.4		
6											.37			
DIÁMETRO DE DESCARGA	CAPACIDAD EN GALONES POR MINUTO													
	600	800	1000	1250	1500	1750	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	
10	.54	.96	1.5	2.4	3.4									
8	.17	.31	.47	.74	1.1	1.5	2.0	3.0						
10			.19	.30	.43	.59	.77	1.2	1.7	2.4	3.0			
12					.21	.29	.37	.58		.85	1.2	1.5	1.9	
14							.20	.31	.45	.65	.80	1.0	1.2	

Tabla 4.14 Muestra las perdidas en pies de carga por cada 100 pies de columna.

DIÁM. DE TUBO	DIÁMETRO DE FLECHA	CAPACIDAD EN GALONES POR MINUTO																		
		1500	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000	3200	3400	3600	3800	4000	4250	4500	4750	5000	
8	1	6.2	6.9	8.6	10.5															
	1 1/4	6.8	7.6	9.4	11.4															
10	1	1.6	1.8	2.2	2.7	3.2	3.7	4.3	5.0	5.6	6.3	.7.0	7.8	8.7	9.6					
	1 1/4	1.8	2.0	2.5	3.0	3.6	4.2	4.9	5.6	6.4	7.1	8.0	8.9	9.8						
	1 1/2-1 1/16	2.0	2.3	2.8	3.5	4.1	4.8	5.6	6.4	7.2	8.2	9.1								
	1 15/16	2.5	2.8	3.4	4.2	5.0	5.8	6.8	7.8	8.9	10.0									
	2 3/16-2 7/16	3.0	3.4	4.3	5.2	6.1	7.2	8.2	9.4											
2 11/16	3.9	4.5	5.5	6.7	7.9	9.3														
12	1 1/4			1.0	1.2	1.4	1.7	1.9	2.2	2.5	2.8	3.1	3.5	3.9	4.2	4.8	5.3	5.8	6.4	
	1 1/2-1 1/16		.9	1.1	1.4	1.6	1.9	2.2	2.5	2.9	3.2	3.6	4.0	4.4	4.8	5.3	6.0	6.6	7.3	
	1 15/16	.9	1.0	1.3	1.6	1.9	2.2	2.5	2.9	3.3	3.7	4.1	4.6	5.1	5.6	6.3	7.0	7.8	8.5	
	2 3/16-2 7/16	1.1	1.2	1.5	1.8	2.1	2.5	2.9	3.3	3.8	4.3	4.8	5.4	5.9	6.5	7.2	8.0	8.8	9.7	
2 11/16	1.3	1.4	1.8	2.1	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.1	5.7	6.4	7.1	7.8	8.8	9.9				
14	1 1/2-1 1/16						1.0	1.2	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.6	2.9	3.2	3.6	4.0	
	1 15/16					.9	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.4	2.6	2.9	3.2	3.5	3.9	4.3	
	2 3/16-2 7/16				.9	1.1	1.3	1.5	1.7	2.0	2.2	2.4	2.7	3.0	3.3	3.7	4.0	4.4	4.9	
	2 11/16			.9	1.0	1.2	1.4	1.7	2.0	2.2	2.5	2.7	3.1	3.4	3.8	4.2	4.6	5.0	5.5	
2 15/16	.9	1.0	1.1	1.4	1.6	1.9	2.2	2.5	2.9	3.2	3.6	4.0	4.4	4.9	5.4	5.9	6.7	7.2		
16	1 1/2-1 1/16											1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.6	1.8	1.9	
	1 15/16										.9	1.1	1.2	1.3	1.4	1.6	1.7	1.9	2.1	
	2 3/16-2 7/16								.9	1.0	1.1	1.3	1.4	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.3	
	2 11/16							.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.5	2.5	
2 15/16							.9	1.0	1.1	1.3	1.4	1.6	1.8	1.9	2.1	2.4	2.7	2.9		



“DISEÑO DE LA RED HIDRÁULICA Y SELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO PARA DAR LAS CONDICIONES DE GASTO Y CARGA DE LA PLANTA DE BOMBEO EL CARTERO”



DIÁM. DE TUBO	DIÁMETRO DE FLECHA	CAPACIDAD EN GALONES POR MINUTO																	
		4500	4750	5000	5500	6000	6500	7000	7500	8000	8500	9000	9500	10000	11000	12000	13000	14000	15000
14	1 1/2-1 1/16	3.2	3.6	4.0	4.7	5.6	7.4	8.5	9.7										
	1 15/16	3.5	3.9	4.3	5.1	6.0	8.0												
	2 3/16-2 7/16	4.0	4.4	4.9	5.8	6.9	9.2												
	2 11/16	4.6	5.0	5.5	6.7	8.0													
	2 15/16	5.9	6.7																
16	1 1/2-1 1/16	1.6	1.8	1.9	2.3	2.6	3.1	3.6	4.1	4.6	5.2	5.8	6.4	7.1	7.8	8.6			
	1 15/16	1.7	1.9	2.1	2.5	3.0	3.4	3.8	4.3	4.8	5.4	6.0	6.6	7.2	7.9				
	2 3/16-2 7/16	1.9	2.1	2.3	2.7	3.3	3.8	4.4	5.0	5.6	6.3	7.0	7.7	8.5					
	2 11/16	2.0	2.2	2.5	2.9	3.5	4.0	4.6	5.3	5.9	6.5	7.3	8.0	8.8					
	2 15/16	2.4	2.7	2.9	3.5	4.1	4.7	5.4	6.1	6.8	7.6	8.3	9.0						
18	1 15/16		1.0	1.1	1.4	1.6	1.9	2.1	2.4	2.7	3.1	3.4	3.8	4.2	4.9	5.8	6.8	7.8	8.8
	2 3/16-2 7/16	1.0	1.1	1.2	1.5	1.7	2.0	2.3	2.6	2.9	3.3	3.6	4.0	4.4	5.3	6.2	7.2	8.3	9.4
	2 11/16	1.1	1.2	1.3	1.6	1.8	2.1	2.5	2.8	3.2	3.6	4.0	4.4	4.8	5.7	6.7	7.8	9.0	
	2 15/16	1.2	1.4	1.5	1.8	2.1	2.4	2.8	3.1	3.5	4.0	4.4	4.9	5.2	6.4	7.5	8.8		
20	1 15/16					.9	1.0	1.2	1.4	1.6	1.7	1.9	2.1	2.3	2.7	3.2	3.7	4.2	4.9
	2 3/16-2 7/16					1.0	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	3.0	3.6	4.1	4.7	5.3
	2 11/16				.9	1.1	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.3	2.5	2.7	3.2	3.8	4.4	5.0	5.7
	2 15/16			.9	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.3	2.6	2.8	3.1	3.7	4.3	5.0	5.8	6.6

Los diámetros están dados en pulgadas

Del plano piezómetro la altura geodésica es 115 m *Tabla 4.15 Muestra las pérdidas totales de todo el sistema.*

$$H_b = Z_2 - Z_1 = 78.4138 + H_R$$

$$H_b = 115 + 13.8 = 128.8$$

$$H_b = 128.8 \text{ m.c.a.}$$

0.682
2.4503
5.1473
8.4115
9.6627
13.8008

4.2. Datos comprendidos dentro del arreglo serie-paralelo tipo lata (4 bombas)

CÁLCULO PARA TUBERIA DE DESCARGA.

Líquido: Agua Temperatura de Bombeo: 20 °C, $\rho_{\text{abs}}: 998,2 \text{ kg/m}^3$ $v: 1,02 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.

Q: 100 lps $Q_T: 400 \text{ lps}$ $Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_4 = 400 \text{ lps}$

Cálculo del diámetro de tubería de la descarga de la bomba.

Tabla 4.16 Obtención de los datos de la tubería acero de 10”

Q (m ³ /s)	v (m/s)	$D_d = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * v}}$ (m)	Φ_d (plg)	Se ocuparía un tubo de ϕ NOM Ced. 40 de 10” Acero Laminado con Costura Longitudinal					
				Φ_{ext}		Φ_{int}		espesor	
0.1	3.5	0.19073067	7.50908141	mm	plg	Mm	plg	mm	plg.
				273.1	10.75	254.5	10.02	9.27	0.365



“DISEÑO DE LA RED HIDRÁULICA Y SELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO PARA DAR LAS CONDICIONES DE GASTO Y CARGA DE LA PLANTA DE BOMBEO EL CARTERO”



Tabla 4.17 Valores obtenidos bajo el análisis del comportamiento del fluido dentro de la tubería de acero de 10”

Hrs (mcl)	D _{int} (m)	Q x10 ⁻³ (m ³ /s)	V (m/s)	V ² /2g (mcl)	Re (add)	$\frac{\epsilon}{d}$	$\frac{l+le}{d}$	λ
0	0.2545	0	0	0	0	0.000196	125.304519	0
0.0188	0.2545	0.02	0.3937	0.0079	1e5	0.000196	125.304519	0.0190
0.0681	0.2545	0.04	0.7874	0.0316	2e5	0.000196	125.304519	0.0175
0.1470	0.2545	0.06	1.1811	0.0711	3e5	0.000196	125.304519	0.0165
0.2534	0.2545	0.08	1.5748	0.1264	4e5	0.000196	125.304519	0.0160
0.3835	0.2545	0.1	1.9685	0.1975	5e5	0.000196	125.304519	0.0155
0.5488	0.2545	0.12	2.3622	0.2844	6e5	0.000196	125.304519	0.0154
0.7421	0.2545	0.14	2.7559	0.3871	7e5	0.000196	125.304519	0.0153
0.9629	0.2545	0.16	3.1496	0.5056	8e5	0.000196	125.304519	0.0152
1.2107	0.2545	0.18	3.5433	0.6399	9e5	0.000196	125.304519	0.0151
1.4848	0.2545	0.2	3.9370	0.7900	1e6	0.000196	125.304519	0.0150

Tabla 4.18 Pérdidas generadas a partir de los accesorios y las longitudes de la tubería de acero de 10”

Accesorio	No. de accesorio	le	Σle	Tubería
Válvula de retención 254,5 mm	1	21	21	1.9
Válvula de compuerta 254,5 mm	1	2.2	2.2	1.79
codo 45° 254,5 mm	1	4.5	4.5	0.5
		Total	27.7	Total
				4.19

* Para el desarrollo de los cálculos en este apartado se dispuso de la utilización de las ecuaciones descritas anteriormente y las abreviaciones serán descritas en el breviario.

CÁLCULO PARA TREN DE DESCARGA PARA TUBERIA DE 30" PARA ACERO.

Líquido: Agua Temperatura de Bombeo: 20 °C, ρ_{abs} : 998,2 kg/ m³; ν : 1,02x10⁻⁶ m²/s
 Q: 100 lps Q_T: 400 lps Q₁=Q₂=Q₃=Q₄: 400 lps

Cálculo del diámetro de tubería.

Tabla 4.19 Obtención de los datos de la tubería acero de 30”

Q (m ³ /s)	V (m/s)	D _d = $\sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}}$ (m)	Φ_d (plg)	Se ocuparía un tubo de ϕ NOM Ced. 40 de 18 " El diámetro del tubo utilizado en la descarga real es de 30" Acero Laminado con Costura Longitudinal					
				Φ_{ext}		Φ_{int}		Esp	
				mm	plg	mm	plg	mm	plg
0.4	3.5	0.38146134	15.0181628	762	30	733.425	28.875	14.2875	0.5625



“DISEÑO DE LA RED HIDRÁULICA Y SELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO PARA DAR LAS CONDICIONES DE GASTO Y CARGA DE LA PLANTA DE BOMBEO EL CARTERO”



Tabla 4.20 Valores obtenidos bajo el análisis del comportamiento del fluido dentro de la tubería de acero de 30”

Para el caudal total de las 4 bombas en paralelo

Hrs (mcl)	D _{int} (m)	Q x10 ⁻³ (m ³ /s)	V (m/s)	V ² /2g (mcl)	Re (add)	$\frac{\epsilon}{d}$	$\frac{l+l_e}{d}$	λ
0	0.733425	0	0	0	0	6.8173e-5	10.2600811	0
0.0243	0.733425	0.8	1.8939	0.1828	1.4e6	6.82e-5	10.2600811	0.0130
0.0960	0.733425	1.6	3.7878	0.7312	2.8e6	6.82e-5	10.2600811	0.0128
0.2127	0.733425	2.4	5.6818	1.6454	4.1e6	6.82e-5	10.2600811	0.0126
0.3751	0.733425	3.2	7.5757	2.9251	5.5e6	6.82e-5	10.2600811	0.0125
0.5720	0.733425	4.0	9.4696	4.5705	6.9e6	6.82e-5	10.2600811	0.0122
0.8170	0.733425	4.8	11.3636	6.5816	8.3e6	6.82e-5	10.2600811	0.0121
1.1029	0.733425	5.6	13.2575	8.9583	9.6e6	6.82e-5	10.2600811	0.0120
1.4405	0.733425	6.4	15.1515	11.7007	1e7	6.82e-5	10.2600811	0.0120
1.7928	0.733425	7.2	17.0454	14.8087	1.2e7	6.82e-5	10.2600811	0.0118
2.1758	0.733425	8.0	18.9393	18.2823	1.4e7	6.82e-5	10.2600811	0.0116

Tabla 4.21 Pérdidas generadas a partir de los accesorios y las longitudes de la tubería de acero de 30”

Accesorio	No de accesorio	le	Σle	Tubería
reducción de tubería de 30" a 20"	1			7.31
		0.215	0.215	0
				0
		Total	0.215	Total

* Para el desarrollo de los cálculos en este apartado se dispuso de la utilización de las ecuaciones descritas anteriormente y las abreviaciones serán descritas en el breviario.

CÁLCULO PARA TREN DE DESCARGA PARA TUBERIA DE 20" PARA ACERO.

Líquido: Agua Temperatura de Bombeo: 20 °C, ρ_{abs}: 998,2 kg/ m³ v: 1,02x10⁻⁶ m²/s
 Q: 100 lps Q_T: 400 lps Q₁=Q₂=Q₃=Q₄=400 lps.

Cálculo del diámetro de tubería

Tabla 4.22 Obtención de los datos de la tubería acero de 20”

Q (m ³ /s)	V (m/s)	D _d = $\sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times v}}$ (m)	Φ _d (plg)	Se ocuparía un tubo de φ NOM Ced. 40 de 18" El diámetro del tubo utilizado en la descarga real es de 20" Acero Laminado con Costura Longitudinal					
				φ _{ext}		φ _{int}		esp	
				mm	plg	mm	plg	mm	plg
0.4	3.5	0.38146134	15.018	508	20	477.8756	18.814	15.0622	0.593



“DISEÑO DE LA RED HIDRÁULICA Y SELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO PARA DAR LAS CONDICIONES DE GASTO Y CARGA DE LA PLANTA DE BOMBEO EL CARTERO”



Tabla 4.23 Valores obtenidos bajo el análisis del comportamiento del fluido dentro de la tubería de acero de 20”

Hrs (mcl)	D _{int} (m)	Q x10 ⁻³ (m ³ /s)	V (m/s)	V ² /2g (mcl)	Re (add)	$\frac{\epsilon}{d}$	$\frac{l+l_e}{d}$	λ
0	0.47787	0	0	0	0	0.00010463	2372.44418	0
0.16445769	0.47787	0.05	0.27877869	0.00396114	130607.816	0.00010463	2372.44418	0.0175
0.62024044	0.47787	0.1	0.55755738	0.01584456	261215.633	0.00010463	2372.44418	0.0165
1.26867364	0.47787	0.15	0.83633607	0.03565026	391823.449	0.00010463	2372.44418	0.015
2.18023914	0.47787	0.2	1.11511476	0.06337823	522431.266	0.00010463	2372.44418	0.0145
3.28915387	0.47787	0.25	1.39389345	0.09902849	653039.082	0.00010463	2372.44418	0.014
4.70255028	0.47787	0.3	1.67267214	0.14260102	783646.898	0.00010463	2372.44418	0.0139
6.26254897	0.47787	0.35	1.95145083	0.19409584	914254.715	0.00010463	2372.44418	0.0136
8.05936675	0.47787	0.4	2.23022952	0.25351293	1044862.53	0.00010463	2372.44418	0.0134
10.0478952	0.47787	0.45	2.50900821	0.3208523	1175470.35	0.00010463	2372.44418	0.0132
12.3108331	0.47787	0.5	2.7877869	0.39611396	1306078.16	0.00010463	2372.44418	0.0131

Tabla 4.24 Perdidas generadas a partir de los accesorios y las longitudes de la tubería de acero de 20”

Accesorio	No. de accesorio	le	Σle	Tubería
válvula de retención 477,87 mm	2	35	70	1050.7199
	0	0	0	0
Codo 45° 477,87 mm	2	6.5	13	0
		Total	83	Total
				1050.7199

* Para el desarrollo de los cálculos en este apartado se dispuso de la utilización de las ecuaciones descritas anteriormente y las abreviaciones serán descritas en el breviarío.

CÁLCULO PARA TREN DE DESCARGA PARA TUBERIA DE 20" PARA ASBESTO-CEMENTO

Líquido: Agua Temperatura de Bombeo: 20 °C, ρ_{abs}: 998,2 kg/ m³ v: 1,02x10⁻⁶ m²/s
 Q: 100 lps Q_T: 300 lps Q₁=Q₂=Q₃=Q₄= 300 lps.

Cálculo del diámetro de tubería



“DISEÑO DE LA RED HIDRÁULICA Y SELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO PARA DAR LAS CONDICIONES DE GASTO Y CARGA DE LA PLANTA DE BOMBEO EL CARTERO”



Tabla 4.25 Obtención de los datos de la tubería asbesto-cemento de 20”

Q (m ³ /s)	V (m/s)	$Dd = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * V}}$ (m)	Φd (plg)	Se ocuparía un tubo de φ NOM Ced. 40 de 14 "El diámetro del tubo utilizado en la descarga real es de 20" Asbesto.					
				φext		φint		esp	
0.3	3.5	0.33035521	13.0061	mm	plg	mm	plg	mm	plg
				508	20	477.8756	18.814	15.0622	0.593

Tabla 4.26 Valores obtenidos bajo el análisis del comportamiento del fluido dentro de la tubería de asbesto-cemento de 20”

Hrs (mcl)	D _{int} (m)	Q x10 ⁻³ (m ³ /s)	V (m/s)	V ² /2g (mcl)	Re (add)	$\frac{\epsilon}{d}$	$\frac{l+l_e}{d}$	λ
0	0.47787	0	0	0	0	0.00253204	2989.97635	0.0247
0.28424913	0.47787	0.05	0.27877869	0.00396114	130607.816	0.00253204	2989.97635	0.024
1.13225902	0.47787	0.1	0.55755738	0.01584456	261215.633	0.00253204	2989.97635	0.0239
2.51560477	0.47787	0.15	0.83633607	0.03565026	391823.449	0.00253204	2989.97635	0.0236
4.45323631	0.47787	0.2	1.11511476	0.06337823	522431.266	0.00253204	2989.97635	0.0235
6.95818174	0.47787	0.25	1.39389345	0.09902849	653039.082	0.00253204	2989.97635	0.0235
10.0197817	0.47787	0.3	1.67267214	0.14260102	783646.898	0.00253204	2989.97635	0.0235
13.6380362	0.47787	0.35	1.95145083	0.19409584	914254.715	0.00253204	2989.97635	0.0235
17.8129453	0.47787	0.4	2.23022952	0.25351293	1044862.53	0.00253204	2989.97635	0.0235
22.5445088	0.47787	0.45	2.50900821	0.3208523	1175470.35	0.00253204	2989.97635	0.0235
27.832727	0.47787	0.5	2.7877869	0.39611396	1306078.16	0.00253204	2989.97635	0.0235

Tabla 4.27 Pérdidas generadas a partir de los accesorios y las longitudes de la tubería de asbesto-cemento de 20”

<i>le</i>	Σle		Tubería
			1428.82
			0
			0
Total	0	Total	1428.82 m

* Para el desarrollo de los cálculos en este apartado se dispuso de la utilización de las ecuaciones descritas anteriormente y las abreviaciones serán descritas en el breviarío.



“DISEÑO DE LA RED HIDRÁULICA Y SELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO PARA DAR LAS CONDICIONES DE GASTO Y CARGA DE LA PLANTA DE BOMBEO EL CARTERO”



$$H_b = Z_2 - Z_1 + H_{r1-2} = 125.5 + 32.3147 + 0.0267 = 158.08 \text{ m}$$

Tabla 4.28 Muestra las pérdidas totales de todo el sistema.

Calculo de H_b
 $H_b = 120 + 27.3$
 $H_b = 147.3 \text{ m.c.a.}$

0
0.30629733
1.18987467
2.58223467
4.53378
7.00290933
10.053528
13.5919373
17.6653693
22.2199773
27.3805653

Del análisis hidráulico realizado tal y como están las tuberías de descarga de cada una de las bombas de la columna de bombeo y del tren de descarga se llego a la conclusión de que para $Q=100$ lps la carga dinámica total no es de 180 m.c.a., sino de 147.3 m.c.a., máxima lo que genera un caudal diferente para este punto así como la potencia de accionamiento según lo muestran las siguientes curvas, el problema esta cuando operan 3, 2, y 1 bomba demandando mayor potencia. Los motores llevan mas de 2 años de operación no han cambiado los rodamientos.

Veamos las condiciones nuevas con la carga máxima de 142 m.c.a., que gasto nos daría así con la potencia de accionamiento y el NPSHR, esto es de la memoria de calculo que se mostro.

4.3. Cálculos para los soportes de una tubería de 10” de diámetro.

Datos:

$\omega_t = 40.48 \text{ lb/ft.}$
 $\omega_l = 34.1 \text{ lb/ft.}$
 $P_B = 72 \text{ lb.}$
 $P_C = 635 \text{ lb.}$
 $P_R = 560 \text{ lb.}$
 $\varnothing_{ext} = 10.750''.$
 $\varnothing_{int.} = 10.02''.$
 $e = 0.365''.$
 $\omega = \omega_t + \omega_l = 40.48 \text{ lb/ft.} + 34.1 \text{ lb/ft} = 74.58 \text{ lb/ft}$
 $w = \omega \cdot 24\text{ft} = (74.58 \text{ lb/ft})(24 \text{ ft}) = 1789.92 \text{ lb}$

$\Sigma M_A = 0$

$R_B (22) - W (10) - P_C (2) + P_B (1) = 0$



“DISEÑO DE LA RED HIDRÁULICA Y SELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO PARA DAR LAS CONDICIONES DE GASTO Y CARGA DE LA PLANTA DE BOMBEO EL CARTERO”



$$R_B = \frac{w(10) + P_C(2) - P_B(1)}{22}$$

$$R_B = \frac{(17899.2) + (1270) - (72)}{22} = 868.05$$

$$\Sigma M_B = 0$$

$$R_A(22) - P_R(22) - P_R(22) - P_B(23) - P_C(20) - W(12) = 0$$

$$R_A = \frac{1230 + 1656 + 12700 + 21479.04}{22} = 2188.86 \text{ Lb/ft}$$

Comprobación de la reacción en A por sumatoria de fuerzas

$$\Sigma F_y = R_A - P_R - P_R - P_B - P_C - W + R_B$$

$$R_A = 72 + 635 + 560 + 1789.92 - 868.05$$

$$R_A = 2177.87 \text{ lb/ft}$$

Suma de momentos por áreas.

Distancia referida para calcular el área de los momentos flexionantes.

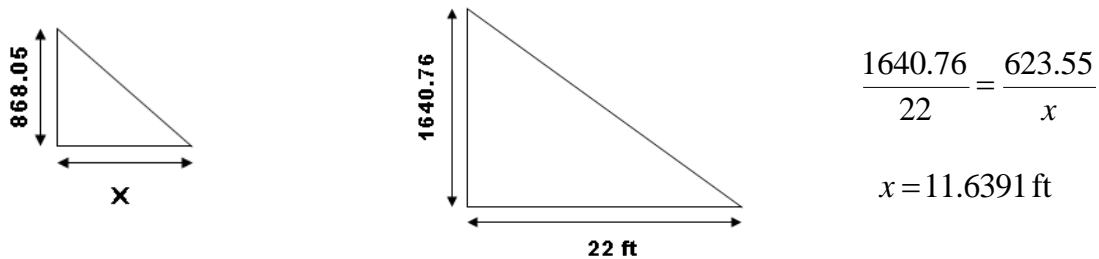


Figura 4.1 Representación grafica del cálculo de los momentos flexionantes.

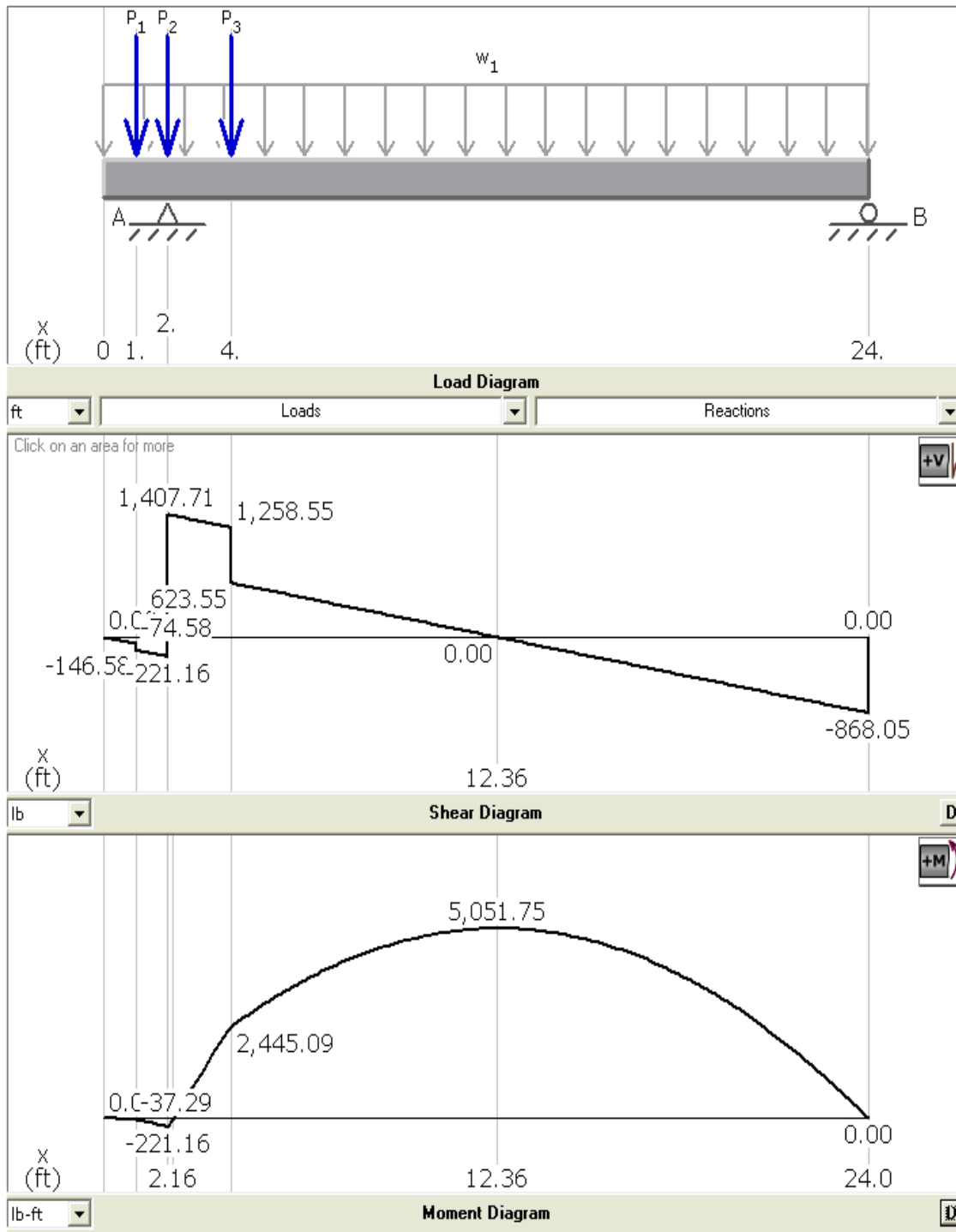


Figura 4.2 Representación grafica a las condiciones que es sometida la tubería en función de los momentos cortantes y flexionantes, además del comportamiento de las cargas que se soporta en función de las reacciones en los apoyos.

$$\Sigma M_1 = -37.29$$

$$\Sigma M_2 = -37.29 - 183.85 = -221.16$$

$$\Sigma M_3 = -37.29 - 183.85 + 2666.26 = 2445.1$$



“DISEÑO DE LA RED HIDRÁULICA Y SELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO PARA DAR LAS CONDICIONES DE GASTO Y CARGA DE LA PLANTA DE BOMBEO EL CARTERO”



$$\Sigma M4 = -37.29 - 183.85 + 2666.26 + 2606.68 = 5051.75$$

$$\Sigma M5 = -37.29 - 183.85 + 2666.26 + 2606.68 - 5051.75 = 0$$

Calculo por flexión

$$\sigma = \frac{Mc}{I}$$

$$\left. \begin{array}{l} SA - 53 - B \\ SA - 106 - B \end{array} \right\} \begin{array}{l} 17100 \text{ PSI} \\ -20 \text{ }^\circ\text{F @ } 650 \text{ }^\circ\text{F} \end{array}$$

$$MF = 5051.788 \text{ lb/ft} \times \frac{12''}{1 \text{ ft}} = 60609.456 \text{ plg.}$$

Modulo de sección.

$$S = \frac{I}{C}$$

$$S = 29.9 \text{ ft}^3$$

$$\sigma = \frac{Mc}{I}$$

$$I = 100.7 \text{ plg}^4$$

$$C = \frac{10.75 \text{ plg}}{2} = 5.375 \text{ plg}$$

$$\sigma = \frac{60609.456 \text{ lb / plg} \times 5.375 \text{ plg}}{100.7 \text{ plg}^4} = 3235.1124 \text{ PSI} = \left(\frac{\text{lb}}{\text{plg}^2} \right)$$

$$\sigma \leq S \therefore \text{si cumple}$$

Espesor de placa requerido.

$$t = \frac{P}{2S \left(R - \frac{D_1}{2} \right)}$$

$$t = \frac{2188.86}{2(18000) \left(21.625 - \frac{10.8125}{2} \right)} = 3.74 \times 10^{-3}$$

$$t_R = 3.74 \times 10^{-3} + \frac{1}{16} = 0.06624 = \frac{1}{4}$$



“DISEÑO DE LA RED HIDRÁULICA Y SELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO PARA DAR LAS CONDICIONES DE GASTO Y CARGA DE LA PLANTA DE BOMBEO EL CARTERO”



$$D_{Barr} = D_{ext} + \frac{1}{16}$$

$$D_{Barr} = 10.750 + 0.06251 = 10.8125$$

$$D_{Barr} = 10 \frac{13}{16}$$

$$2D_{Barr} = 10.8125 \times 2 = 21.625 \text{ plg}$$

Falla por aplastamiento

$$A_{aplasta} = D_t$$

$$\sigma_{apla} = 1.2Su(\text{material de apoyo})$$

$$F_{Apla} = \sigma_{Apla} A_{Aplasa}$$

$$\sigma_{apla} = 1.2(59000) = 70800 \text{ PSI}$$

$$F_{Apla} = 70800(2.703) = 191372.4 \text{ lb}$$

$$P_{aplicada en el apoyo} = 2188.86 \text{ lb}$$

Calculo de espesor por norma b-31

$$t_n = t + CA$$

$$\sigma = \frac{PD}{2t}$$

SA - 53 - B	} 17100 PSI
SA - 106 - B	

$$S_t = 16100 \text{ PSI}$$

$$S_y = 35000 \text{ PSI}$$

CA = 1/16 plg @ 12 años de trabajo.

Si P disponible:

$$P_{oper} < 300 \text{ PSI} \text{----- } P_D = P_O + 30 \text{ PSI}$$

$$P_{oper} > 300 \text{ PSI} \text{----- } P_D = 1.1 \times P_O$$

$$P_D = 30 + 30 \text{ PSI} = 60 \text{ PSI}$$

$$t = \frac{PD_{int}}{2\sigma} = \frac{60 \text{ PSI} \times 10.020}{2(16100)} = 0.018 \text{ plg}$$

$$t = 0.018 \text{ plg} + 0.0625 = 0.0805 \text{ plg}$$

$$t_{real} = 0.365 \text{ plg}$$

$$t_{cal} < t_{real}$$



4.3.1. Calculo de esfuerzos.

Por presión interna.

$$\sigma_c = \frac{PD}{2t}$$

$$\sigma_c = \frac{PD}{2t} = \frac{60(10.02)}{2(0.365)} = 823.56 \text{ PSI}$$

$$\sigma_l = \frac{PD}{4t} = \frac{60(10.02)}{4(0.365)} = 411.78 \text{ PSI}$$

Por temperatura.

$$\sigma_T = \alpha E \Delta T = 11 \times 10^{-6} (30 \times 10^6) (10^\circ F) = 3300 \text{ PSI}$$

$$\alpha = 11 \times 10^{-6} / ^\circ F$$

$$E = 30 \times 10^6 \text{ PSI}$$

$$\Delta T = 10^\circ F$$

Por flexión.

$$\sigma = \frac{Mc}{I} = \frac{5051.78(5.375)}{160.73} = 168.937 \text{ PSI}$$

$$I = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64} = \frac{\pi(10.75^4 - 10.02^4)}{64} = 160.73 \text{ plg}^4$$

Esfuerzos principales

$$\sigma_p = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + (\tau_{xy})^2}$$

$$\sigma_x = 3872.51$$

$$\sigma_y = 823.56$$

$$\tau_{xy} = 0$$

$$\sigma_p = \frac{3872.51 + 823.56}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{3872.51 - 823.56}{2}\right)^2}$$

$$\sigma_p = 3872.51 \text{ PSI}$$

$$\sigma_p = 823.56 \text{ PSI}$$

$$\sigma_{MAX} = 1524.47 \text{ PSI}$$

$$\sigma_T \Rightarrow -20^\circ F @ 650^\circ F$$

$$\sigma_T = 17 \text{ 100 PSI}$$

$$\tau = 0.5 \sigma_T = 0.5 (17100) = 8550 \text{ PSI}$$



POR ANSI B-31

$$\sigma_T = S_L < S_C \sigma_T = 17100 \text{ PSI}$$

Esfuerzo limite de material de tubería

$$SA = F (1.25) (S_L + S_C) - S_{TOTAL}$$

$$SA = 0.9 [1.25 (17100 + 17100) - 3875.51] = 34989.74 \text{ PSI}$$

4.3.2. Calculo por deformación.

$$\tau_L = \frac{L}{E} [\sigma_L - \mu \sigma_C] = \frac{236.22}{30 \times 10^{-6}} [3872.51 - 0.3(823.56)] = 0.02854 \text{ plg}$$

$$L = 6m = 236.22 \text{ plg}$$

$$\tau_C = \frac{D}{E} [\sigma_C - \mu \sigma_L] = \frac{10.02}{30 \times 10^{-6}} [823.56 - 0.3(3872.51)] = -1.195 \times 10^{-4} \text{ plg}$$

$$\tau_{Max} = \leq 1/16 \text{ plg @ un ft de longitud}$$

$$\tau_{Max} = \frac{0.0625 \text{ plg}}{12 \text{ plg}} = 5.2 \times 10^{-3}$$

$$\tau_L = \frac{0.02854 \text{ plg}}{236.22 \text{ plg}} = 1.208 \times 10^{-4}$$

$$\tau_C = \frac{-1.195 \times 10^{-4} \text{ plg}}{10.020 \text{ plg}} = 1.127 \times 10^{-5}$$

4.3.3. Cálculos para tubería enterrada.



Fig. 4.3 Comportamiento de tubo de pared gruesa.



Tubo de asbesto-cemento

$$\sigma_c = \frac{P_1 r^2 - P_e r_e^2}{r_e^2 - r_1^2} + \frac{r_1^2 r_e^2 (P_1 - P_e)}{r^2 (r_e^2 - r_1^2)}$$

$$\sigma_r = \frac{P_1 r^2 - P_e r_e^2}{r_e^2 - r_1^2} - \frac{r_1^2 r_e^2 (P_1 - P_e)}{r^2 (r_e^2 - r_1^2)}$$

$$\sigma = \frac{P_1 r^2 - P_e r_e^2}{r_e^2 - r_1^2}$$

De= 25mm+500 mm +25mm= 20 plg., de diámetro nominal.= 21 ¾ de plg.

D_i=500mm=20 plg.

P_i=80 PSI

P_e= 20 Ton/m² = 28.38 PSI

$$r = \frac{r_e + r_i}{2} = \frac{10\frac{7}{8} + 10}{2} = 10\frac{7}{16} = 10.4375 \text{ plg}$$

$$\sigma_c = \frac{80(10.4375)^2 - 28.38\left(10\frac{7}{8}\right)^2}{(21\frac{3}{4})^2 - (20)^2} + \frac{(20)^2(21\frac{3}{4})^2(80 - 28.38)}{\left(10\frac{7}{16}\right)^2 \left((21\frac{3}{4})^2 - (20)^2\right)} = 1300.52 \text{ PSI}$$

$$\sigma_r = \frac{80(10.4375)^2 - 28.38\left(10\frac{7}{8}\right)^2}{(21\frac{3}{4})^2 - (20)^2} - \frac{(20)^2(21\frac{3}{4})^2(80 - 28.38)}{\left(10\frac{7}{16}\right)^2 \left((21\frac{3}{4})^2 - (20)^2\right)} = -1153.832 \text{ PSI}$$

$$\sigma = \frac{80(10.4375)^2 - 28.38\left(10\frac{7}{8}\right)^2}{(21\frac{3}{4})^2 - (20)^2} = 73.347 \text{ PSI}$$

Por lo anterior se tiene por objetivo dar una muestra del comportamiento de las cargas dentro de la tubería sin profundizar tanto en teoremas y teorías, por lo cual se omitió un desarrollo sustancial en el establecimiento de las ecuaciones, permitiéndonos así dar una recomendación extra que permita el seleccionamiento mas preciso de las tuberías cumpliendo con lo establecido en las normas ANSI y ASTM que se refieren a las propiedades física y químicas de las tuberías, así como los accesorios que las contienen.



CAPITULO 5

COSTO-BENEFICIO



5.1. Presupuesto económico del proyecto.

El propósito de este capítulo es determinar el costo de la realización del proyecto, así como el tiempo y costo de la amortización, ya que en muchas ocasiones esto 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 clasificaran los conceptos de tal manera que se pueda visualizar el costo de cada parte del proyecto, es decir que se pueda saber cuánto cuesta la línea de conducción, el equipo de bombeo, o el costo de mano de obra por instalaciones.

Estos conceptos se manejaran en hojas de control, las cuales contienen los datos principales que se desean 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 del equipo, costo de mano de obra.

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

- d. Equipo de bombeo.
- e. Equipo eléctrico.
- f. Equipo de medición y control.

- g. Para instalaciones hidráulicas.
- h. Para instalaciones eléctricas.
- i. Para obra civil.



“DISEÑO DE LA RED HIDRÁULICA Y SELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO PARA DAR LAS CONDICIONES DE GASTO Y CARGA DE LA PLANTA DE BOMBEO EL CARTERO”



CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
RUPTURA DE PAVIMENTO DE CONCRETO A MANO. INCLUYENDO CARGA DEL MATERIAL A CAMIÓN Y ACARREO EN 1er KM	M3	450.0	\$334.38	\$150,470.10
CORTE DE PAVIMENTO DE CONCRETO CON CORTADORA DE DISCO O EQUIPO SIMILAR INCLUYE: TRAZO	ML	5000.0	\$23.66	\$118,305.00
*EXCAVACIÓN CON MÁQUINA PARA ZANJAS, EN MATERIAL "A" EN SECO CON AFLOJE Y EXTRACCIÓN DEL MATERIAL, AMACICE O LIMPIEZA DE PLANTILLA Y TALUDES, REMOCIÓN, AFINES, CARGA A CAMIÓN O A UN LADO DE LA ZANJA, INCLUYENDO ACARREO A 10 M DEL EJE DE LA MISMA Y CONSERVA				
EXCAVACIÓN CON MÁQUINA PARA ZANJAS, EN MATERIAL TIPO "A", ZONA "A" DE 0.0 A 1 M DE PROFUNDIDAD, EN SECO.	M3	3000.0	\$12.12	\$36,366.00
*EXCAVACIÓN CON MAQUINA PARA ZANJAS, EN MATERIAL "B" EN SECO CON AFLOJE Y EXTRACCIÓN DEL MATERIAL, AMACICE O LIMPIEZA DE PLANTILLA Y TALUDES, REMOCIÓN, AFINES, CARGA A CAMIÓN O A UN LADO DE LA ZANJA, INCLUYENDO ACARREO A 10 M DEL EJE DE LA MISMA				
EXCAVACIÓN CON MAQUINA PARA ZANJAS, EN MATERIAL TIPO "B", ZONA "A" DE 0.0 A 1.5 M. DE PROFUNDIDAD, EN SECO.	M3	1500.0	\$33.07	\$49,599.00
*PLANTILLA APISONADA CON PISON DE MANO EN ZANJAS CON MATERIAL PRODUCTO DE LA EXCAVACIÓN INCLUYE: OBTENCIÓN EXTRACCIÓN, SELECCIÓN, CARGA, DESCARGA, ACARREO DEL MATERIAL A PRIMER KM. MANIOBRAS LOCALES, COLOCACIÓN DE LA PLANTILLA COMPACTACIÓN CON AGUA Y CON				
PLANTILLA CON MATERIALES "A" Y/O "B", PRODUCTO DE LA EXCAVACIÓN.	M3	3825.0	\$74.10	\$283,417.20
*RELLENO DE ZANJAS CON MATERIALES "A" Y/O "B", PRODUCTO DE LA EXCAVACIÓN, INCLUYE: OBTENCIÓN, EXTRACCIÓN, SELECCIÓN, VOLTEO CARGA, DESCARGA, ACARREO DEL MATERIAL A PRIMER KM. Y MANIOBRAS LOCALES.				
RELLENO APISONADO Y COMPACTADO CON EQUIPO MANUAL, EN CAPAS DE 0.20 m DE ESPESOR, AL 85 % DE LA PRUEBA PROCTOR.	M3	4500.0	\$76.75	\$345,361.50



“DISEÑO DE LA RED HIDRÁULICA Y SELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO PARA DAR LAS CONDICIONES DE GASTO Y CARGA DE LA PLANTA DE BOMBEO EL CARTERO”



RELLENO DE ZANJAS CON TEPETATE EN CAPAS DE 20 cm DE ESPESOR APISONADO Y COMPACTADO, INCLUYE: MATERIAL PUESTO EN SU SITIO DE SU COLOCACIÓN, MANO DE OBRA Y HERRAMIENTA NECESARIA PARA SU COLOCACIÓN.	M3	4500.0	\$233.42	\$1,050,390.00
*INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO, INCLUYE: ACARREOS DE MATERIALES, MANIOBRAS LOCALES, BAJADO, INSTALACIÓN Y JUNTEO CON MORTERO CEMENTO-ARENA 1:3 Y ROTURAS.				
INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO A-10 DE 500 MM DE DIÁMETRO.	ML	1000.0	\$276.99	\$276,991.00
SUMINISTRO DE TUBO DE CONCRETO REFORZADO A-10 DE 50 CM (500) DE DIÁMETRO, MATERIAL PUESTO EN EL SITIO DE LOS TRABAJOS.	M	1000.0	\$1,157.35	\$1,157,354.00
SUMINISTRO DE TUBO DE ACERO A.S.T.M. A-53 DE 10.750 PLG (273MM) DE DIÁMETRO EXTERNO, CED.40 MATERIAL PUESTO EN EL SITIO DE LOS TRABAJOS.	M	60.0	\$617.16	\$37,029.60
INSTALACION DE TUBERIA DE ACERO A.S.T.M. A-53 GRADO B DE 10 PLG, CED. 40	ML	60.00	\$250.60	\$15,036.00
ACARREO PRIMER KILOMETRO DE MATERIALES PETREOS: ARENA, GRAVA, PIEDRA, CASCAJO, ETC. EN CAMION DE VOLTEO INCLUYENDO CARGA A MANO Y DESCARGA A VOLTEO, MEDIDO SUELTO, DE 7 M3.	M3	258.0	\$78.03	\$20,132.77
ACARREO EN PRIMER KILOMETRO DE MATERIALES PETREOS EN CAMINO PLANO BRECHA, LOMERIO SUAVE TERRACERIA, LOMERIO PRONUNCIADO REVESTIDO, MONTAÑOSO PAVIMENTADO.	M3	300.0	\$78.03	\$23,410.20
* ACARREOS KMS SUBSECUENTES AL PRIMERO, DE MATERIALES PETREOS: ARENA, GRAVA, PIEDRA, CASCAJO ETC. EN CAMION DE VOLTEO.				
ACARREO KMS SUBSECUENTES AL PRIMERO, DE MATERIALES PETREOS EN CAMION VOLTEO EN CAMINO PLANO BRECHA LOMERIO SUAVE-TERRACERIA, LOMERIO PRONUNCIADO REVESTIDO Y MONTAÑOSO PAVIMENTADO.	M3.KM	2700.0	\$5.12	\$13,810.50
MOTOR ELÉCTRICO VERTICAL DE 350 HP TRIFÁSICO 60 HZ, QUE ES ALIMENTADO POR UN VOLTAJE DE 220/440 VOLTS CON UNA CORRIENTE DE 81 AMPERES QUE GIRA A 1788 RPM CON UN FACTOR DE SEGURIDAD DE 1.15 DE LA MARCA MOTORES U.S DE MEXICO S.A. DE C.V. NO INCLUYE IVA.	PZA	\$7	\$173,697	\$1,215,879
BOMBA VERTICAL TIPO TURBINA, DE LA MARCA FUERZA HIDRÁULICA, EN CONSTRUCCIÓN DE FIERRO FUNDIDO CON SEIS TAZONES INTERNOS DE BRONCE COMPUESTA: CUERPO DE TAZONES MODELO (14M700) DE 6 PASOS TIPO BOTE QUE DAN UNA CARGA DE 180 M, CON UN CAUDAL DE 100 LPS, CABEZAL DE DESCARGA, LUBRICADO POR AGUA CON TUBERIA DE 5.5 M. 10" Y FLECLA DE 1" 13/16"	PZA	7	\$1,225,671	\$8,579,697
SUMINISTRO DE TUBO DE ACERO A.S.T.M. A-53 DE 20" PLG (508MM) DE DIÁMETRO EXTERNO, CED.40 MATERIAL PUESTO EN EL SITIO DE LOS TRABAJOS.	M	\$1,050	\$1,100.74	\$1,155,777.00
		Total		\$14,529,025.87



“DISEÑO DE LA RED HIDRÁULICA Y SELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO PARA DAR LAS CONDICIONES DE GASTO Y CARGA DE LA PLANTA DE BOMBEO EL CARTERO”



Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe
EQUIPO Y HERRAMIENTA				
CAMIONETA DE 3.5 TON MOD 2000	HOR	3.6500	\$192.04	\$700.95
CAMION DE VOLTEO DE 7 M3	HOR	155.7000	\$311.78	\$48,544.15
COMPRESOR CAT PS180, DE 77 HP C/LLANTAS	HOR	24.3000	\$233.57	\$5,675.75
EQUIPO DE CORTE OXI-ACETILENO	HOR	27.3400	\$204.32	\$5,586.11
MOTONIVELADORA CAT. 120H, DE 140 HP	HOR	126.6400	\$474.04	\$60,032.43
PAVIMENTADORA BLAW-KNOX DE 120 HP	HOR	137.8300	\$518.93	\$71,524.12
CAMION PETROLIZADORA DE 1105 GALONES	HOR	50.7500	\$332.74	\$16,886.56
CAMION PIPA DE 10 M3	HOR	99.8900	\$274.74	\$27,443.78
PINTARRAYAS	HOR	7.2800	\$51.15	\$372.37
RETROEXCAVADORA CAT. 446 B, 102 HP, 8890	HOR	64.3200	\$309.05	\$19,878.10
REVOLVEDORA P/CONCRETO DE 1	HOR	3.7800	\$68.39	\$258.51
SACO 8 DE HP				\$0.00
ROMPEDORA DE CONCRETO C/MANGUERA SIN OPE	HOR	87.5100	\$16.47	\$1,441.29
RODILLO VIBRATORIO WACKER DE 1/2 TON	HOR	262.5300	\$76.90	\$20,188.56
EQUIPO DE TOPOGRAFIA	HOR			
CARGADOR SOBRE LLANTAS CAT 920	HOR	76.5700	\$353.76	\$27,087.40
VIBROCOMPACTADOR VAP 70	HOR	106.7400	\$320.27	\$34,185.62
EQUIPO DE TOPOGRAFIA	HOR	83.7490	\$4.24	\$355.10
			Total	\$340,160.78

MATERIALES				
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO U.	IMPORTE
Cemento gris	TON	3.00	1,680.00	5,040.00
Arena azul de mina	M³	180.00	140.00	25,200.00
Grava 3/4"	M³	60.00	130.00	7,800.00
Mortero	BTO	2.00	65.00	130.00
Tabique rojo 6x12x23cm	PZA	340.00	3.50	1,190.00
Varilla 3/8	PZA	17.00	64.20	1,091.40
Alambre	KG	1.00	15.00	15.00
Clavo 2 ½"	KG	0.50	24.00	12.00
Tarima	PZA	4.00	35.00	140.00
Polin	PZA	3.00	45.00	135.00
Tapa y Marco de 50x50 cm Fo.Fo.	PZA	1.00	4,000.00	4,000.00
Valvula de reten. Columpio, (check) fo fo brid. De 254 mm (10")	PZA	11.00	12,176.16	133,937.76
Valvula compuerta vastago fijo fo fo bridado 254 mm (10")	PZA	7.00	10,259.07	71,813.49
Empaque plomo para brida 250 mm (10")	PZA	13.00	67.45	876.85
Brida cara plana fofo c-40 150 lbs. 254 mm (10")	PZA	26.00	1,400.00	36,400.00
			Total	287,781.50

sub total	\$ 15,156,968.15
-----------	------------------



5.2. Ajuste de precio

Conforme al cubrimiento oportuno de los pagos y del avance en obra que allá podido realizarse al programa que no interfiera con el curso de fabricación, se valoraran afecciones en el precio original de la porción en moneda nacional; sujetándose a ajustes y variaciones en el costo.

El criterio para determinar las alzas y su aplicación en la formula procedente es la siguiente:

$$P = P_0 \left(0.3 + 0.4 \frac{M_1}{M_0} + 0.3 \frac{L_1}{L_0} \right)$$

P = Precio actualizado

P_0 = Precio a la firma del contrato

M_0 = Índice de precio citado en el punto anterior que corresponde al mes anterior de la fecha de contrato.

M_1 = Índice del precios al productor publicada por el Banco de México para maquinaria y aparatos eléctricos (rama S2), que corresponde al mes anterior de facturación.

L_0 = índice del salario contractual de la empresa al mes anterior a la fecha de firma de contrato.

L_1 = Índice de salario contractual de la empresa al mes anterior a la fecha de facturación.

- Gastos administrativos 15 % → \$2,273,545.22
 - Gastos indirectos 12% → \$4,547,090.45
 - Gastos de impuestos 5% → \$757,848.41
 - Gastos de ingeniería 30% → \$1,818,836.18
 - Gastos de instalación (Mano de obra). → \$192 000
- Subtotal=\$9, 416,520.25 +15, 156,968.15 = \$ 24 573 488.4

MO=N° de personas (tiempo) (\$ por hora)

MO= 20 (480) (20) =

N° de personas=20

Tiempo=8 Horas diarias durante tres meses

Salario por hora= \$ 20

Costo del equipo, costo de mano de obra.=192 000

Utilidad 10%=2 457 348.84

Costo total =\$27 030 837.24 + IVA.

Este es el presupuesto que se cotizo para el desarrollo del proyecto.



CONCLUSIONES.

La aplicación de diferentes métodos analíticos y un conjunto de factores físicos, desarrollados dentro de la planta de bombeo de agua potable el cartero en Cuajimalpa, tuvieron la consecuencia de hacer un método experimental en la realización del proyecto el cual se basa en las características cualitativas y cuantitativas.

La planta de bombeo el “Cartero” es un de varias plantas que cumple con el objetivo de rebombar el agua a las zonas mas alta del distrito federal, en este caso a Cuajimalpa.

Primeramente se realizo una serie de visitas para hacer un levanta miento en el cual por la condición de la planta se encontró con lo descrito en el capitulo 1. Por lo anterior se dispuso a realizar el cálculo y los gráficos necesarios.

Se llevo acabo la ubicación de la planta que se encuentra en Av. Tlalpexco s/n entre Loma de Vista Hermosa y KM. 16.5 de la Carretera MÉX-TOL. Cuajimalpa D. F. y en el recorrido que lleva la tubería hasta el tanque donde descarga el agua encontrándose una longitud de 2479.533 metros, a una altura geodésica de 120 metros.

Anexos.

Ubicación de la planta de bombeo (anexo 1).

Grafica de longitud-carga (anexo 2).

En esta grafica se muestra el recorrido que lleva la tubería en función de los desniveles que se tienen además se propone que por las condiciones a las que se encuentra la tubería de asbesto-cemento de grado A10 se determino que soportara por máximo una carga de 70mts, Dándole un valor de 35 metros de carga total y una longitud de 1428.82 metros. Siendo así la tubería de acero con costura longitudinal ASTM-A-53 grado B la que soporta más carga y es la que tiene un valor más alto de 85 m y 1050.7199 m de longitud. Se procedió a determinar el conjunto de accesorios que se encuentran instalados dentro de la planta obteniendo la separación entre cada uno y determinando cual es el funcionamiento.

Vista de planta (anexo 3)

Teniendo en cuenta que el tema de sugerencia es de máxima prioridad ya que de esta depende que bomba opere a su máxima eficiencia y que al determinar la distancia requerida que hay del fondo del cárcamo a la campana de aspiración; se evitaría los limites de cavitación además la correcta definición de este parámetro, evitará la producción de remolinos (vórtices), que serían tragados por la máquina en su acción de bombeo y se reduciría al valor mínimo el tema de vibraciones de los equipos produciendo una larga vida útil.

Vista Frontal (anexo 4)

Se llevo acabo el cálculo de las perdidas totales que existen en los dos arreglos, obteniendo así la carga por perdidas aunado a la carga dada por la altura geodésica y teniendo por resultado la carga total en el primer arreglo que es el cárcamo y en el segundo que son las tipo lata, con un valor de 143.44 y 158.08 metros respectivamente. Por lo cual se realizo un análisis de la curva en la forma de la curva característica



(gasto-carga) contra la curva-carga del sistema y así determinar los puntos de operación de las bombas y la variación que estas tienen con respecto al diseño original de la planta de bombeo.

La tabla 5.1 y 5.2 es donde se comparan los valores que se tienen en la bomba contra los valores que se dan a partir de la elección del diámetro del impulsor debido a que no se tenía referencia de estos valores se propone utilizar el de 10.37”. Por lo anterior dentro de las curvas características y la nueva selección del punto de operación del sistema se tiene que por ende se aumenta el suministro de del liquido cubriendo la necesidad que se tenía de brindar un mayor gasto a partir del surgimiento de nuevas zonas donde alimentar esto situado en un futuro donde la demanda de un incremento de gasto. Así que se respetaron los dos arreglos en donde la operación se da en forma siguiente.

Primer arreglo:

Cárcamo

Se tiene 3 Bombas en serie- paralelo

Funcionando solo 2 y un en Stand By

Tabla 5.1 Comparación de funcionamientos. (Arreglo 1)

Condiciones propuestas a la planta de bombeo.	Condiciones de operación de la planta de bombeo.
$Q_1=Q_2=Q_3=1795$ GPM	$Q_1=Q_2=Q_3=100=1585$ GPM
$H_1=H_2=H_3= 93.5$ ft	$H_1=H_2=H_3= 98.4$ ft
$Pa_1= Pa_2= Pa_3= 51$ HP	$Pa_1= Pa_2= Pa_3= 49$ HP
$NPSH_1= NPSH_2= NPSH_3= 21$ ft	$NPSH_1= NPSH_2= NPSH_3=16.5$ ft
$\eta_1 = \eta_2= \eta_3= 82.5$ %	$\eta_1 = \eta_2= \eta_3= 84.5$ %
\varnothing de impulsor=10.37 plg	\varnothing de impulsor=10.37 plg
$Q_T= 5385$ GPM	$Q_T= 4755$ GPM

Curva Gasto-Carga contra Curva-Carga del sistema (3 bombas en operación) (anexo 5).

Segundo arreglo:

Tipo lata

Se tienen 4 bombas en serie –paralelo.

Funcionando solo 2 y 2 en Stand By.



Tabla 5.2 Comparación de funcionamiento. (Arreglo 2)

Condiciones propuesta a la planta de bombeo.	Condiciones de operación de la planta de bombeo
$Q_1=Q_2=Q_3= Q_4=100=1510$ GPM	$Q_1=Q_2=Q_3=100=1585$ GPM
$H_1=H_2=H_3= H_4 =104.5$ ft	$H_1=H_2=H_3= 98.4$ ft
$Pa_1= Pa_2= Pa_3= 47$ HP	$Pa_1= Pa_2= Pa_3= 49$ HP
$NPSH_1= NPSH_2= NPSH_3= NPSH_4 =15$ ft	$NPSH_1= NPSH_2= NPSH_3=16.5$ ft
$\eta_1 = \eta_2= \eta_3= \eta_4= 84.5$ %	$\eta_1 = \eta_2= \eta_3= 84.5$ %
\varnothing de impulsor= 10.37 plg	\varnothing de impulsor= 10.37 plg
$Q_T=6040$ GPM	$Q_T=6340$ GPM

Curva Gasto-Carga contra Curva-Carga del sistema (4 bombas en operación) (anexo 6).

De acuerdo al análisis hecho y a lo calculado por nosotros podemos concluir que la placa que nosotros hemos seleccionado para el soporte de la tubería esta en las mejores condiciones para soportar el peso de la tubería ya que hemos analizado la placa por diferentes métodos como son:

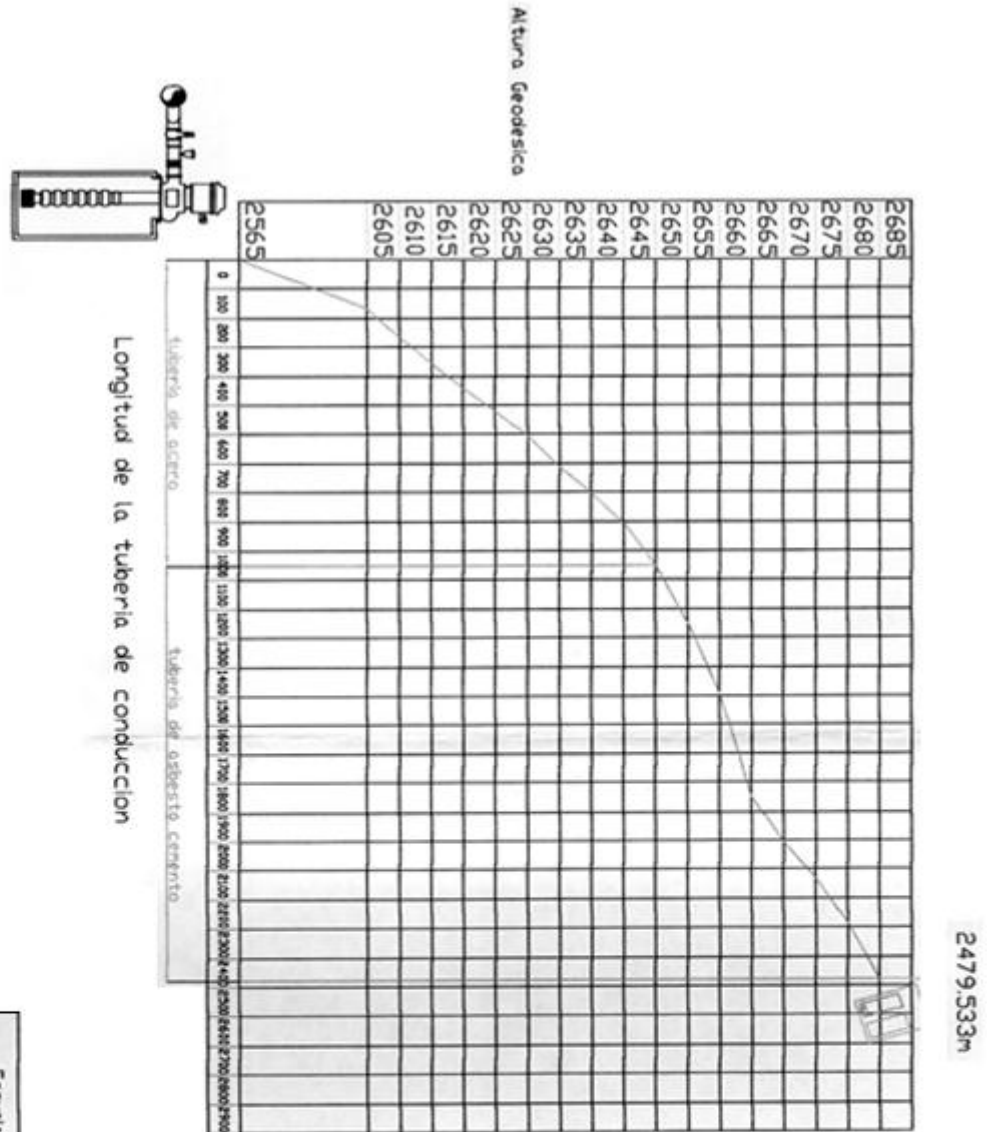
- Por flexión: el espesor calculado es mucho menor al propuesto, ya que el espesor propuesto es un espesor comercial y será utilizado para nuestro tren de descarga.
- Por aplastamiento: el material propuesto es de una materia que tiene mayor modulo de sección elástico que el que fue calculado.
- Por presión interna: la presión ejercida en los ductos en mucho menor a la presión que soporta el material, tanto en acero como en asbesto-cemento.
- Por temperatura: los materiales seleccionados soportan temperaturas de hasta 360°C y en nosotros estamos trabajando con una temperatura de 20°C para agua potable.

Para no tener ninguna duda que hiciéramos la mejor elección que uno pueda pensar, ya que los métodos usados son los más óptimos para la realización de dichos análisis.

Estos soportes tienen la finalidad de mantener el peso del líquido, tubería y accesorios, en una altura determinada y soportar movimientos bruscos que se puedan producir por malas operaciones del equipo de bombeo sin recibir ningún daño a los soportes y por supuesto a nuestra línea de conducción.

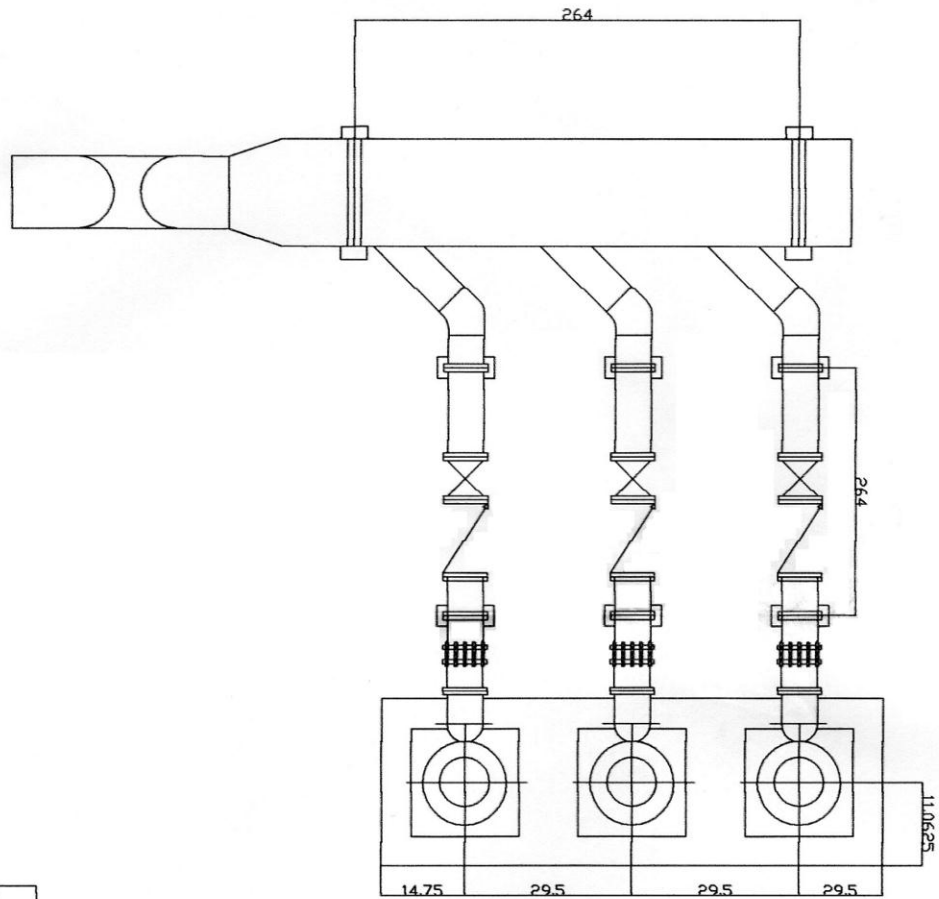


Anexo 1. Ubicación de la planta por medio de longitud y alturas piezométricas.



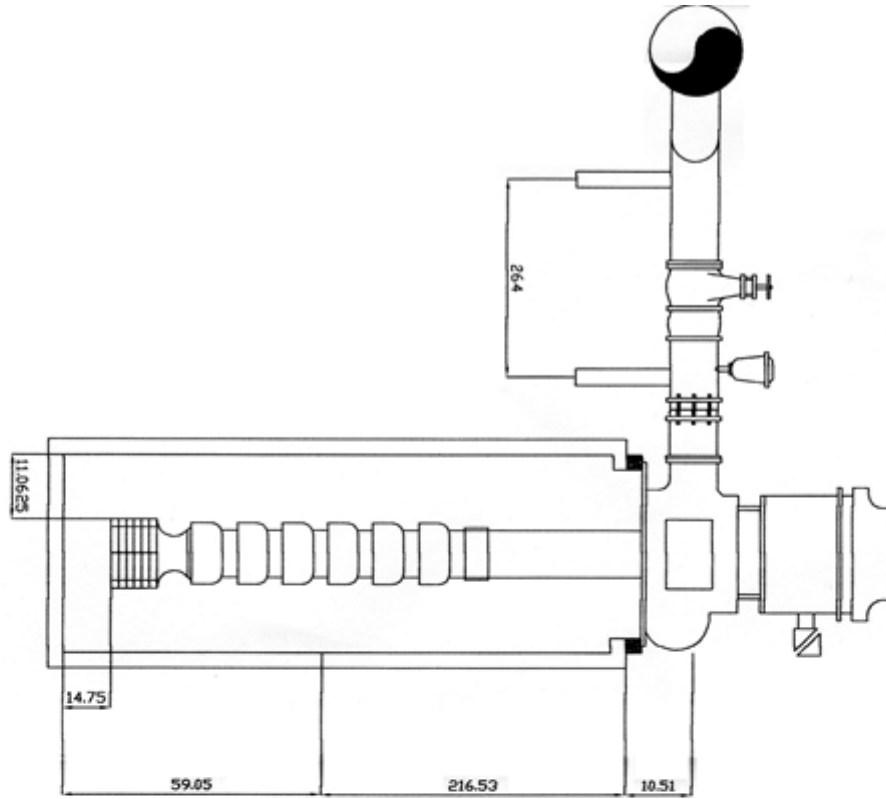
Escuela Superior De Ingeniería Mecánica Y Eléctrica		revisor	
Eco 11	Acot. netras	Ing. Susana Villarreal	
Comportamiento de la tubería			
IPN	Grafica de longitud-carga	SACH	ESIME
		No plano	

Anexo 2. Grafica Carga – Longitud

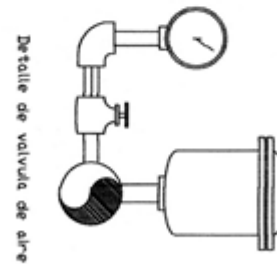
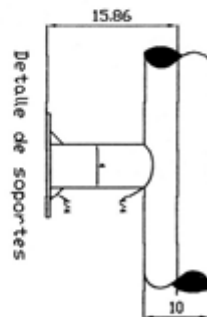
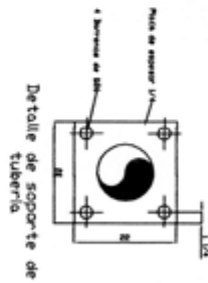


Escuela Superior De Ingeniería Mecánica Y Eléctrica		revisor:	
Escl: 11	Acot. pulgadas Fecha:	Ing. Santana Villarreel	
Planta de bombeo El CARTERO		SACM	
Arreglo mecánico		ESIME	
IPN	Vista de Planta 2D	No plano	

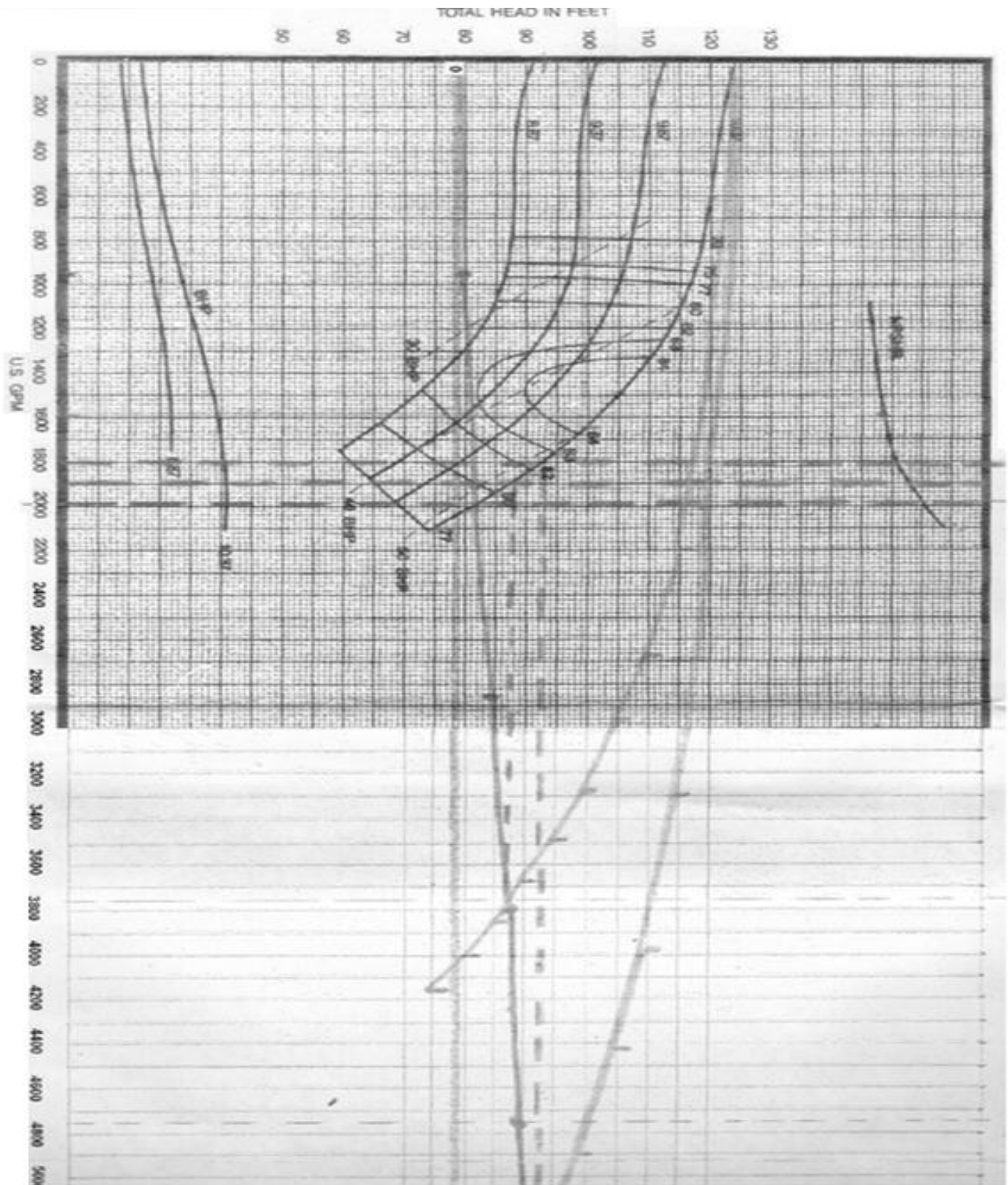
Anexo 3. Vista de planta 2D.



Escuela Superior De Ingeniería Mecánica Y Eléctrica		ESIME	
Exo 11	Acot. pulgadas	Ing. Santosa Villarral	revisor
Planta de bombeo El CARTERO		Arreglo mecánico	
IPN	Vista Frontal 2D	SACH	No plano



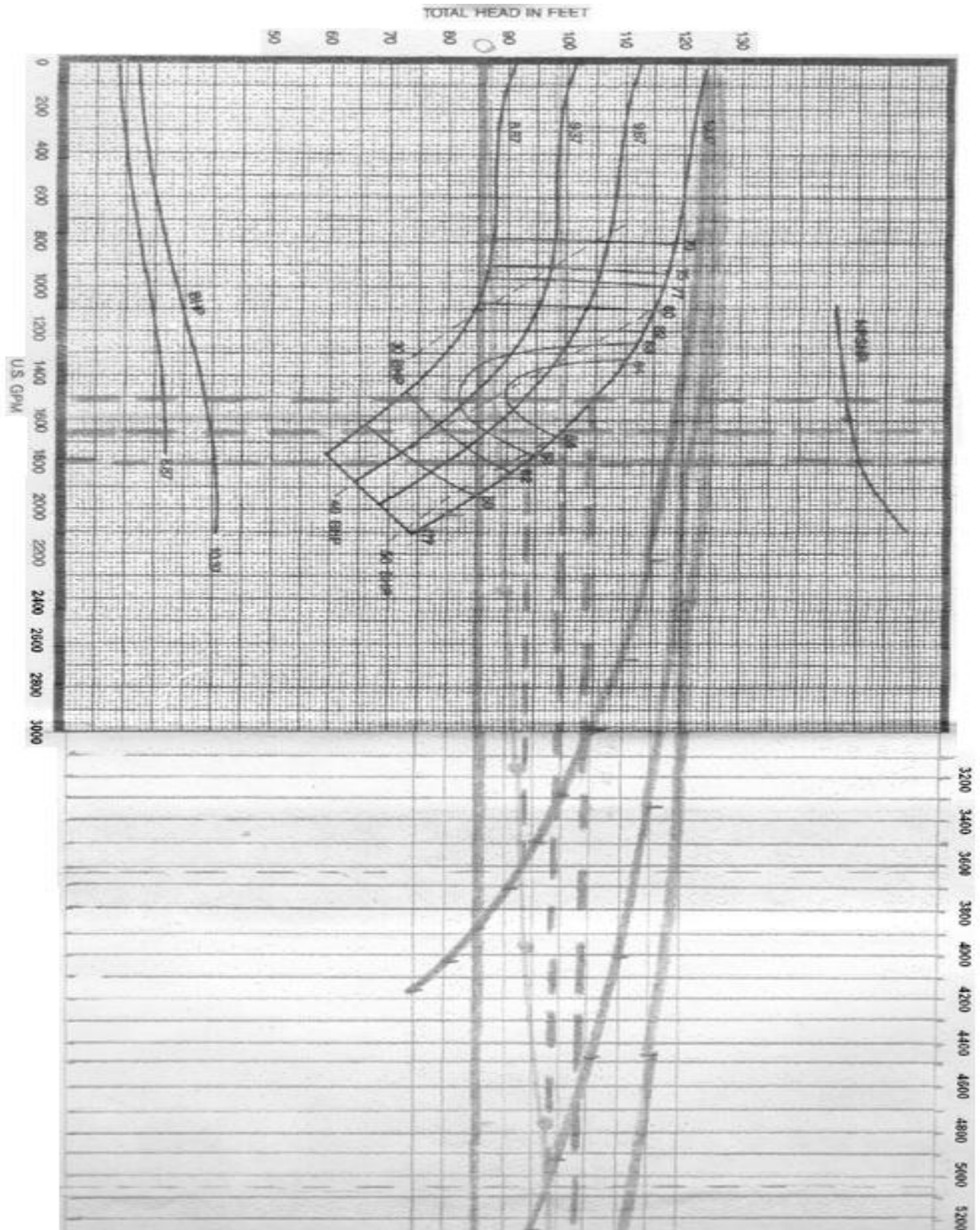
Anexo 4. Vista Frontal 2D.



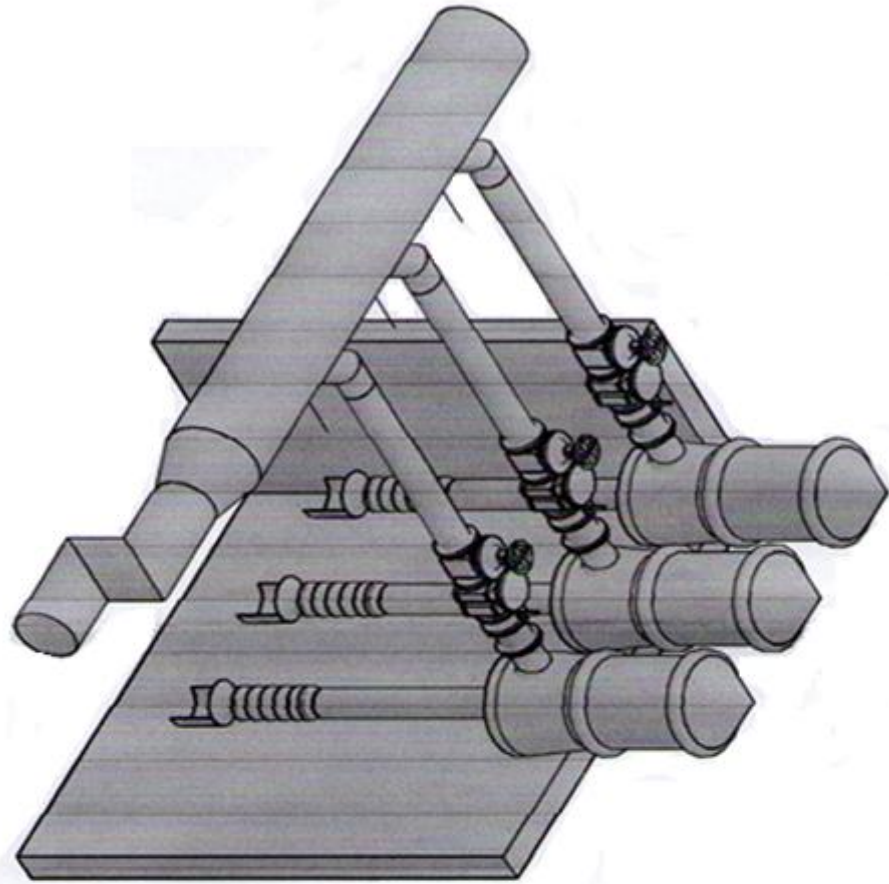
Anexo 5. Curva carga del sistema para el primer arreglo



“DISEÑO DE LA RED HIDRÁULICA Y SELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO PARA DAR LAS CONDICIONES DE GASTO Y CARGA DE LA PLANTA DE BOMBEO EL CARTERO”

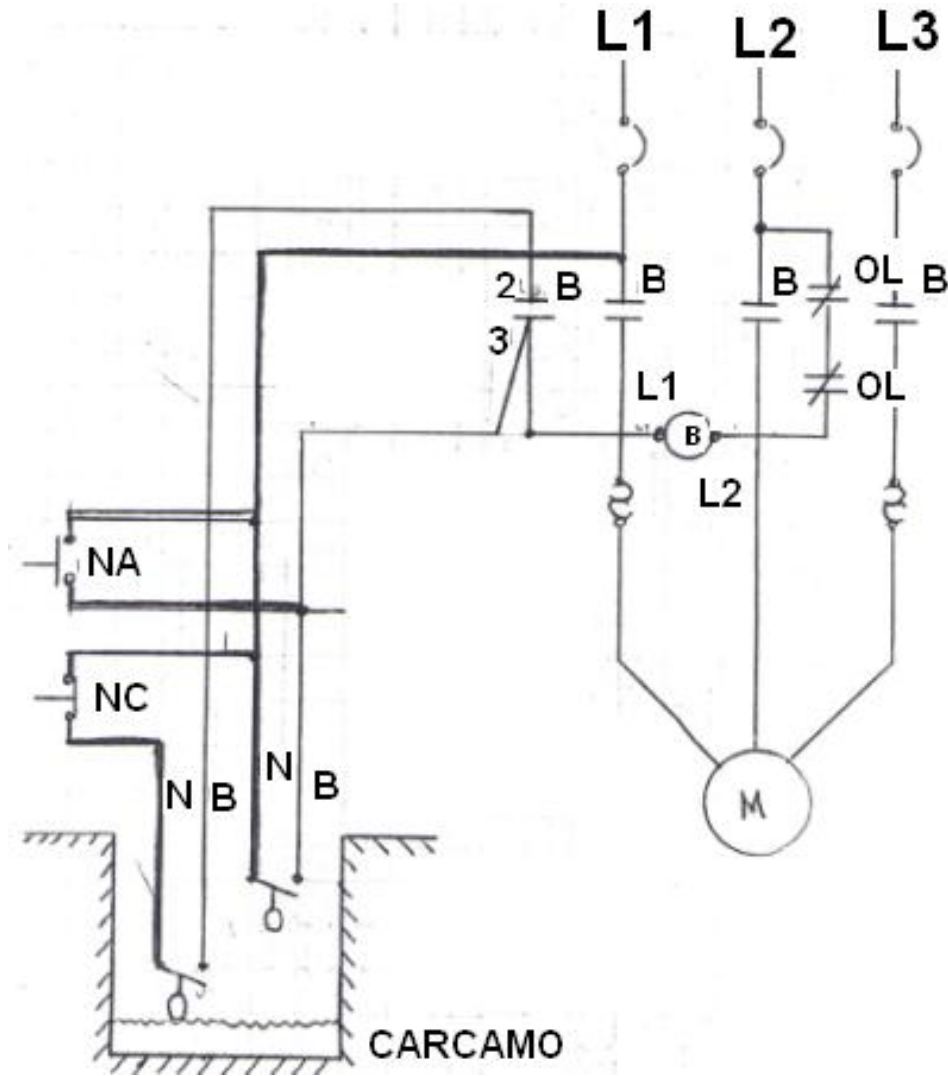


Anexo 6. Curva carga del sistema para el segundo arreglo



IPN		Escuela Superior De Ingeniería Mecánica Y Eléctrica	
		Acot. pulgadas Piezas	revisión Ing. Santana Villarreal
ISOMETRICO		Planta de bombeo El CARTERO	
		Arreglo mecánico	
No plano		SACM	ESIME

Anexo 7. Plano general 3D.



Anexo 8. Arreglo Eléctrico

Potencia: 350 Hp

Voltaje: 2400 volts.

f.p = 0.85 Valor que indica cuanto se retrasa el vector de la corriente con respecto al vector del voltaje.

$$I = \frac{P}{V \times f.p \times \sqrt{3}} = 73.89 \text{ A.}$$

Este valor coincide con el valor obtenido en el levantamiento que se hizo que es de 70 amperes.

Teniendo en cuenta el amperaje se procede hacer la selección del calibre del cable.



“DISEÑO DE LA RED HIDRÁULICA Y SELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO PARA DAR LAS CONDICIONES DE GASTO Y CARGA DE LA PLANTA DE BOMBEO EL CARTERO”



Calibre	Tipo de aislamiento		D (mm) c/aislamiento TW y THW	D del cobre en mm
	TW	THW		
14	15	25	3.48	1.89
12	20	30	3.96	2.32
10	30	40	4.87	2.98
8	40	50	6.15	3.71
6	55	70	7.92	3.91
4	70	90	9.14	5.89
2	95	120	10.67	7.42
1/0	125	155	13.54	9.47
2/0	145	185	14.70	10.64
3/0	165	210	16.00	11.94
4/0	195	235	17.98	13.41

Por lo tanto se establece que se pueden utilizar dos calibres por tener dos tipos de aislamientos, el TW y THW con calibres 2 y 4 respectivamente.



BIBLIOGRAFÍA.

- Mecánica de Fluidos y Maquinas Hidráulicas.
Claudio Mataix
Editorial Alfaomega.
- Mark Manual de ingeniero mecánico
Eugene A. Avallone, Theodore Baumeister
Tercera Edición en español.
- Mecánica de materiales
Ferdinand P. Beer, E. Russell Johnston, John T. Dewolf
Tercera Edición.
- Manual de recipientes a presión diseño y calculo
Eugene F. Megyesy.
- Bombas Selección, uso y mantenimiento.
Kenneth J.
Editorial Mc-Graw Hill.
- Centrifugal pumps. Designe & aplicacion
Val S. Lobanoff, Robert R. Ross.
Second Edition
- Manual de diseño de bombas verticales.
Ing. Raúl Suarez González
Bombas Warson
- Manual de bombas
Igor J. Karssik, Joseph P. Messina, Paul Cooper, Charles C. Heald.
Tercera Edición.
Editorial Mc-Graw Hill
- Bombas su selección y operación
Tyler G. Hicks
Editorial. CECSA, 1970.
- Bombas: teoría, diseño y Aplicaciones.
Viejo Zubicaray Manuel;
Editorial Limusa

- <http://www.usmotors.com>
- <http://www.fuerzahidraulica.com>
- <http://www.cuajimalpa.df.gob.mx/>
- <http://www.cuajimalpa.org/historia/>
- <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/impactos/mexicon/R-0225.pdf>