

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**BOMBEO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACION Y POBLACION  
ALEDAÑA AL COLECTOR CHOSICA  
DISEÑO DE LA ESTACION DE BOMBEO**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**LUIS VASQUEZ ISLA**

**Lima- Perú**

**2008**

## INDICE

	Página
<b>RESUMEN</b>	3
<b>LISTA DE CUADROS</b>	4
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	4
<b>LISTA DE SIMBOLOS Y DE SIGLAS</b>	
<b>INTRODUCCION</b>	5
<b>CAPITULO 1.- ASPECTOS GENERALES</b>	
1.1 Objetivo del Proyecto	6
1.2 Memoria Descriptiva	6
<b>CAPITULO 2.- FUNDAMENTOS Y CONCEPTOS TEORICOS</b>	
2.1 Conceptos Teóricos y parámetros de Diseño	8
2.2 Capacidad de la Cámara de Recolección y Bombeo	10
2.3 Volumen Útil de la Cámara de Bombeo	16
2.4 Perdidas de carga producida en tuberías	17
2.5 Principios Hidráulicos de los Equipos de bombeo	20
2.6 Sistema de Conducción de Bombeo	26
2.7 Tipos de equipos de Bombeo	28
<b>CAPITULO 3.- DISEÑO HIDRAULICO Y ESTRUCTURAL DE UNA CAMARA DE BOMBEO</b>	
3.1 Criterios generales para el dimensionamiento de Cámaras de bombeo	35
3.2 Calculo del Caudal de Bombeo	37
3.3 Determinación del diámetro Económico de la Tubería de Impulsión	38
3.4 Criterios para determinar el Equipo de Bombeo – Motor	39
3.5 Diseño Estructural de la Cámara de bombeo.	47
3.6 Diseño de Muros	51
3.7 Diseños de Losas	52

## **CAPITULO 4.- APLICACIÓN AL DISEÑO DE LA ESTACION DE BOMBEO ZONA LA CANTUTA - CHOSICA**

4.1	Generalidades	56
4.2	Datos Básicos de Diseño	57
4.3	Descripción del Proyecto	59
4.4	Calculo Hidráulico de la Cámara de Bombeo	61
<b>CONCLUSIONES</b>		70
<b>RECOMENDACIONES</b>		71
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		73
<b>ANEXOS</b>		75
	Anexo1. Línea de Gradiente Hidráulico-Watercad	75
Planos		
	Plano E-01	76
	Plano E-02	77
	Plano E-03	78
	Plano E-04	79
	Plano IS-01	80

## RESUMEN

El capítulo primero ASPECTOS GENERALES, describe de forma resumida los objetivos principales de este informe y una memoria descriptiva respecto de los materiales a ser empleados en su construcción.

El capítulo segundo FUNDAMENTOS Y CONCEPTOS TEÓRICOS, trata sobre los conceptos teóricos, parámetros de diseño y principios hidráulicos aplicados en general al cálculo de estaciones de bombeo, así como de las consideraciones que debe tenerse en cuenta para el cálculo de los volúmenes útil de la cámara de una estación de bombeo de aguas residuales.

El capítulo tercero DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL DE UNA CÁMARA DE BOMBEO, esta referido a los criterios generales para el dimensionamiento de la estación de bombeo para el presente caso de acuerdo a los parámetros de diseño, así como a los criterios para seleccionar el modelo de bomba para el proyecto. Asimismo se describe los conceptos teóricos aplicados para el diseño estructural de concreto armado cuyos resultados se presentan en los planos respectivos, mostrados en los anexos de Planos.

El capítulo cuarto APLICACIÓN AL DISEÑO DE LA ESTACION DE BOMBEO ZONA LA CANTUTA – CHOSICA, es la aplicación de todos los conceptos, principios y procedimientos antes expuestos para el diseño y la selección de bomba para el bombeo de las aguas residuales de la Universidad Nacional de Educación y Población aledaña al colector Chosica.

Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones del presente informe, la bibliografía y anexos respectivos.

## LISTA DE CUADROS

Cuadro N° 2.1	19
Cuadro N° 2.2	20
Cuadro N° 2.3	28
Cuadro N° 2.4	30
Cuadro N° 3.1	40
Cuadro N° 3.2	40
Cuadro N° 4.1	59
Cuadro N° 4.2	59
Cuadro N° 4.3	62

## LISTA DE FIGURAS

Fig. N° 2.1	09
Fig. N° 2.2	12
Fig. N° 2.3	13
Fig. N° 2.4	14
Fig. N° 2.5	14
Fig. N° 2.6	15
Fig. N° 2.7	22
Fig. N° 2.8	32
Fig. N° 2.9	33
Fig. N° 2.10	33
Fig. N° 3.1	38
Fig. N° 3.2	42
Fig. N° 3.3	42
Fig. N° 3.4	45
Fig. N° 3.5	47
Fig. N° 4.1	61
Fig. N° 4.2	61
Fig. N° 4.3	68

## INTRODUCCIÓN

Cuando se desarrollan proyectos de Saneamiento, nos encontramos con casos donde las aguas residuales no pueden ser llevadas por gravedad, sino que se presentan ciertas condiciones que hacen indispensable diseñar e instalar estaciones de Bombeo para impulsar y eliminar las aguas servidas de un determinado sector conectando a un colector principal. Tratándose de aguas servidas debe darse consideración especial tanto a la ubicación, apariencia externa y características de las estaciones y equipos de manera que minimicen los inconvenientes que las aguas servidas pueden provocar al sistema.

La calidad de vida del ser humano depende de muchos factores, siendo uno de mucha importancia el sistema de agua y desagüe, en la actualidad con el constante crecimiento de las ciudades, son cada vez más escasas las fuentes del líquido elemento lo que termina en un pésimo servicio de abastecimiento de agua con la falta de redes de alcantarillado y a esto se suma las difíciles condiciones topográficas en algunas zonas para desarrollar sistemas de alcantarillado.

Con la finalidad de mejorar la calidad de vida de la población que se encuentra en el área de influencia del proyecto en la margen izquierda del río Rímac en Chosica y la población de la Universidad Enrique Guzmán y Valle, se elabora el proyecto de diseño de la estación de bombeo de las aguas residuales (líquidos y sólidos) provenientes de la UNE y población aledaña, hacia la red Colectora Principal ubicada en la Carretera Central.

Teniendo en cuenta que la red colectora proveniente de la UNE y urbanizaciones aledañas, se encuentra a una cota menor respecto de la red colectora principal, existe la necesidad de instalar una estación de bombeo y una línea de impulsión, para alcanzar el nivel del colector principal.

## CAPÍTULO 1 ASPECTOS GENERALES

### 1.1 OBJETIVO DEL PROYECTO

- El objetivo del proyecto es evacuar las aguas residuales que se producen en la Universidad la Cantuta y de las urbanizaciones aledañas (Ver cuadro 2.1 del Informe **Bombeo de las Aguas Residuales de la Universidad Nacional de Educación y Población Aledaña al Colector Chosica, Formulación en Marco del SNIP**), hasta la red colectora principal desde una estación de bombeo.
- El diseño hidráulico de la estación de bombeo y las características técnicas de los accesorios.

### 1.2 MEMORIA DESCRIPTIVA

#### 1.2.1 GENERALIDADES

**Proyecto:** **Bombeo de las aguas residuales de la Universidad Nacional de Educación y población aledaña al colector Chosica**

#### **Ubicación de la Estación de Bombeo**

Departamento : Lima  
Provincia : Lima  
Distrito : Chosica – Lurigancho  
Acceso : Referencia, Kilómetro 34 de la Carretera Central, vía que conduce a la Universidad Nacional la Cantuta

El proyecto de la estación de bombeo consta de la construcción de las Cámaras de Bombeo (Seca y Húmeda), y el cerco perimétrico de toda el área.

#### 1.2.2 DESCRIPCION DEL PROYECTO

El proyecto trata de la reconstrucción de la estación de bombeo, instalación y puesta en marcha de la estación de bombeo para impulsar las aguas residuales desde la cámara de bombeo hasta el buzón de llegada, con una línea de impulsión de 260.50m

y una altura de carga de 24.64m, con bombas Hidrostral Modelo D080-RC, con una potencia de 10.23hp y una caudal de descarga de 23,10l/s con diámetro de succión de 150mm y de impulsión de 80mm.

### **1.2.3 DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTACION DE BOMBEO**

El diseño de la estación de bombeo se realizó teniendo en cuenta todos los criterios considerados en la parte teórica. Se determinó el caudal de diseño del proyecto, el caudal de bombeo, el volumen útil de la cámara húmeda y la selección de la bomba.

#### **Características de la edificación**

La edificación para la estación de Bombeo será en base a un muro de concreto, Losa de Piso de concreto armado al igual que el techo de la cámara

#### **ARQUITECTURA**

El acabado que tendrá la cámara de bombeo en sus distintos ambientes está directamente relacionado al tipo de uso que recibirán. Las cámaras húmeda y seca, la losa de fondo y la losa de techo en su lado inferior, tendrán un revestimiento impermeabilizante para evitar filtraciones por la superficie de la estructura.

La cámara seca tendrá acabado caravista. El cerco perimétrico tendrá acabado tarrajado y pintado.

#### **ESTRUCTURA**

Esta conformada por una losa de fondo de concreto armado, Losa maciza de techo y un muro de sección circular para la cámara húmeda y seca, además de un muro central que separa ambas cámaras.

Se utilizará unidades de arcilla Tipo King Kong para el cerco perimétrico de la estación de bombeo. Estas unidades deben cumplir con todos los controles de calidad, serán de arcilla prensados y hechos a máquina.

Los Muros de Concreto armado tendrán que soportar la presión lateral del terreno en el caso de la cámara seca, y para la cámara húmeda además de esta presión lateral producida por las aguas servidas.

## **CAPÍTULO 2 FUNDAMENTOS Y CONCEPTOS TEORICOS**

### **2.1 CONCEPTOS TEORICOS Y PARAMETROS DE DISEÑO**

En general diseño hidráulico de una estación de bombeo de aguas servidas comprenderá de los siguientes elementos:

- Los accesorios o dispositivos necesarios para el acondicionamiento de las aguas residuales, previo a su bombeo.
- Determinación de la capacidad, potencia y altura de bombeo
- Diseño de la Cámara de Bombeo, húmeda y seca y los accesorios complementarios
- Los equipos requeridos como son Bombas y Motores.
- La Edificación para la estación, su apariencia externa y seguridad.

#### **2.1.1 Dispositivos y Accesorios.**

Las aguas servidas ordinariamente contienen materias en suspensión como papeles, vidrios, hojas, grasas, latas y en ocasiones objetos metálicos de tamaño relativamente considerable, por lo cual es necesario proyectar elementos estructurales que acondicionen las aguas para su bombeo, de tal forma que evite daños a los equipos, dentro de estos elementos mencionaremos los siguientes.

##### **A. Rejillas.**

La utilización de estas rejillas debe ser considerada en el diseño de la estación recolectora, para la retención de materiales sólidos que puedan obstruir o dañar los equipos de bombeo.

Estas rejillas deben colocarse convenientemente de manera que faciliten su limpieza. El espaciamiento que deben tener las rejillas dependerá del tipo de limpieza que se tenga que realizar, si es manual se recomienda la utilización de rejillas con barras separados 4cm, y si la limpieza será mecánica, se puede admitir hasta separaciones de 2.5cm dependiendo el tipo de dispositivo mecánico. Figura 2.1

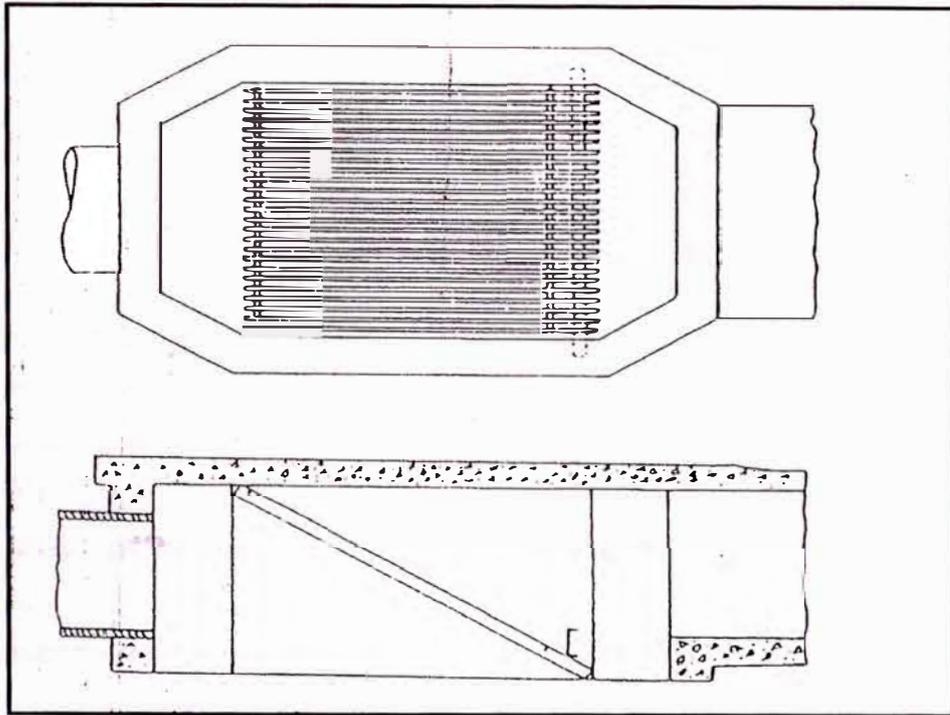


Fig. 2.1 Rejillas (Ver Bibliografía N°5)

## B. Trituradores

En algunos casos se presenta la necesidad de instalar equipos de trituración que permitan la emulsificación de las aguas servidas facilitando de esta forma el bombeo.

## C. Válvulas Supresoras del Golpe de Ariete

Cuando las instalaciones son de cierta consideración, donde el exceso de presión por Golpe de Ariete puede ser significativo, se requiere la instalación de válvulas de alivio o supresoras del Golpe de Ariete.

## D. Válvulas de Retención o válvula check

Estas Válvulas permiten el flujo en un solo sentido cerrando automáticamente al pararse el bombeo e impidiendo el regreso de las aguas servidas en el sentido inverso hacia las bombas.

## E. Desarenador

Siempre el bombeo de aguas servidas debe estar precedido de un desarenador, que permita la remoción de arenas de tamaños iguales y mayores a 0.5mm de diámetro por lo menos.

## 2.2 Capacidad de la Cámara de Recolección y Bombeo

Al diseñar la cámara destinada a almacenar las aguas residuales y a alojar el equipo de bombeo, deberá tenerse en cuenta los siguientes criterios y requisitos:

- Fácil acceso de los equipos y personal de operación y mantenimiento.
- Mantener los niveles de ruido, dentro de los límites permisibles.
- Puertas y/o accesos que permitan el manipuleo, montaje y desmontaje de los equipos.

El acceso a la cámara recolección y a la cámara de bombeo se efectúa a través de pozos de registro y también por escaleras verticales.

Por lo general, no se recomienda bombas sumergidas para bombeo de aguas residuales, debido a las dificultades que demanda la inspección y mantenimiento de estos equipos (ver Bibliografía N°2)

### 2.2.1 Cámara de Recolección

**Periodo de retención.** (ver Bibliografía N°2)

Según el comité unido de la ASCE, recomienda un tiempo de retención no mayor de 30 minutos, un mayor tiempo originaria que la cámara se comporte como un tanque séptico. Asimismo, debe tomarse en cuenta las grandes variaciones de flujo y los inconvenientes que resultan de tener equipos de bombeo con paradas y arranques frecuentes, estos se seleccionan de diferentes capacidades para atender tales variaciones, evitando así cualquier sobrecalentamiento y posterior daños en los equipos.

Debe cumplirse que:

$$Q_b > Q_d$$

1.1

Q<sub>b</sub>: Caudal de Bombeo.

Q<sub>d</sub>: Caudal de diseño.

**Tiempo de llenado (ver Bibliografía N°2)****a) Tiempo de llenado mínimo**

$$T_{\min} = \frac{V_{\text{util}}}{Q_d} \quad 1.2$$

**b) Tiempo máximo de llenado**

$$T_{\max} = \frac{V_{\text{util}}}{Q_{\min}} \quad 1.3$$

**Tiempo de Bombeo****a) Tiempo de bombeo mínimo**

$$T_{\min} = \frac{V_{\text{util}}}{Q_b - Q_{\min}} \quad 1.4$$

**b) Tiempo de bombeo máximo**

$$T_{\max} = \frac{V_{\text{util}}}{Q_b - Q_d} \quad 1.5$$

Vutil: Volumen Útil

Qmin: Caudal mínimo

**Cámara de Bombeo**

En el diseño de una estación de bombeo reviste importancia el diseño de la Cámara de Bombeo o también llamado pozo recolector.

Dimensionamiento:

La profundidad del pozo a partir del nivel del terreno estará básicamente determinada por tres sectores, las cuales en orden ascendente son:

- Profundidad de cota de solera de afluyente
- Distancia entre niveles máximo y mínimo de operación
- Altura requerida para instalar la bomba y las partes especiales

Condicionando el proyecto a la selección de bombas centrífugas de eje vertical, los requerimientos del pozo dependerán de las dimensiones de las bombas y del espacio previsto para la circulación y operación de las mismas.

Dependiendo de la forma geométrica del pozo sea rectangular o circular, el largo o diámetro del pozo dependerá de la línea de succión, de las dimensiones de las bombas y de la línea de descarga. Es usual considerar la línea de succión a partir del eje de la bomba, una reducción excéntrica, un registro de gaveta, una junta Gibault que permitirá el desmontaje, un codo de 90° o sino una entrada.

La tubería de descarga comúnmente se localiza a partir de la bomba: una reducción, una válvula de retención esférica y uno o dos codos de 90° cuando el barrilete se localiza dentro de la elevación, 0 o 45° con un registro de salida del barrilete. Fig. 2.2

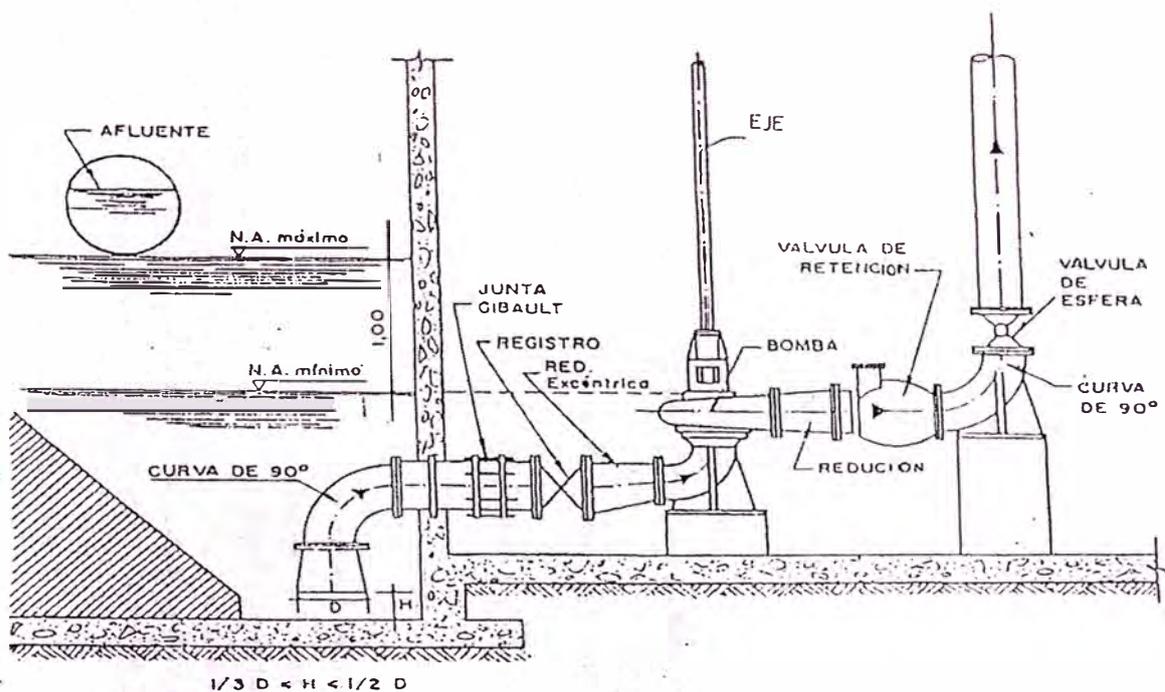


Fig. 2.2 Detalles de conexión de la bomba y accesorios requeridos (ver Bibliografía N°2)

La escalera de acceso a la cámara de bombeo aumentara proporcionalmente a las dimensiones de largo del compartimento.

Las cámaras de Bombeo se pueden clasificar en:

Sistema de Cámara Húmeda o Sistema de Cámara Mixta Húmeda - Seca, este ultimo para albergar las bombas de forma separada del pozo húmedo para facilitar su operación y mantenimiento.

## Sistema de Cámara Húmeda.

En este caso las cámaras se encuentran divididas en dos áreas o zonas. La primera es la zona superior donde se encuentran los equipos hidráulicos y eléctricos requeridos para el funcionamiento de las bombas así como de las herramientas para su mantenimiento. La segunda es la zona inferior, llamada también cámara húmeda, donde se descargará el desagüe y desde donde será bombeado. Los equipos de bombeo pueden colocarse en la zona superior (bombas de columna de succión negativa) o pueden estar sumergidas en el líquido a bombear (bombas sumergibles de succión positiva). Figura 2.3

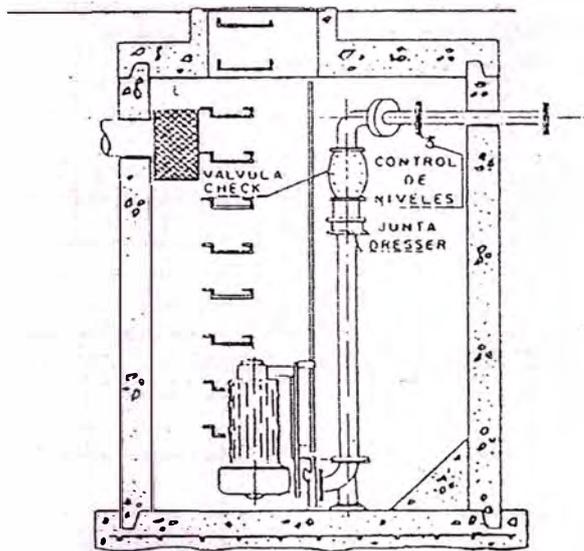


Fig. 2.3 Cámara Húmeda (ver Bibliografía N°5)

## Sistema de Cámara Húmeda – Cámara Seca

Es similar que en el caso anterior, pero la diferencia es que la zona inferior se encuentra dividida en dos áreas una de ellas es la cámara húmeda y la otra es la cámara seca. En esta cámara seca se ubicarían los equipos de bombeo así como todo el árbol de descarga (tuberías, válvulas, etc.). Las bombas usadas son de eje horizontal, de succión negativa y autocebantes. Figuras 2.4, 2.5 y 2.6

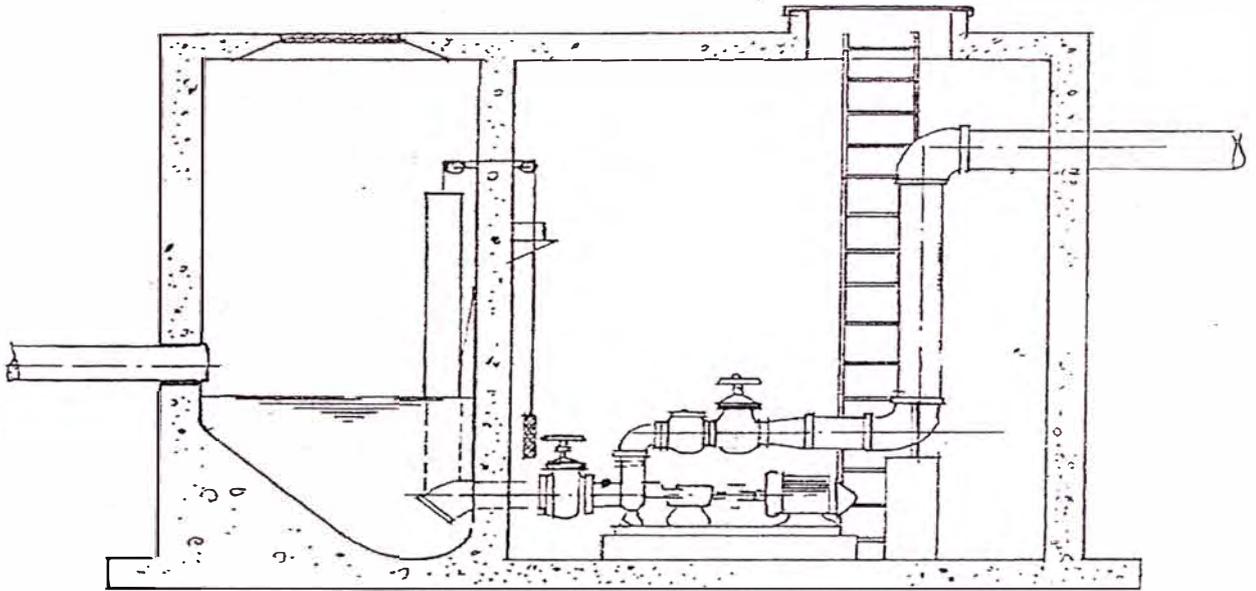


Fig. 2.4 Esquema de Cámara mixta (ver Bibliografía N°2)

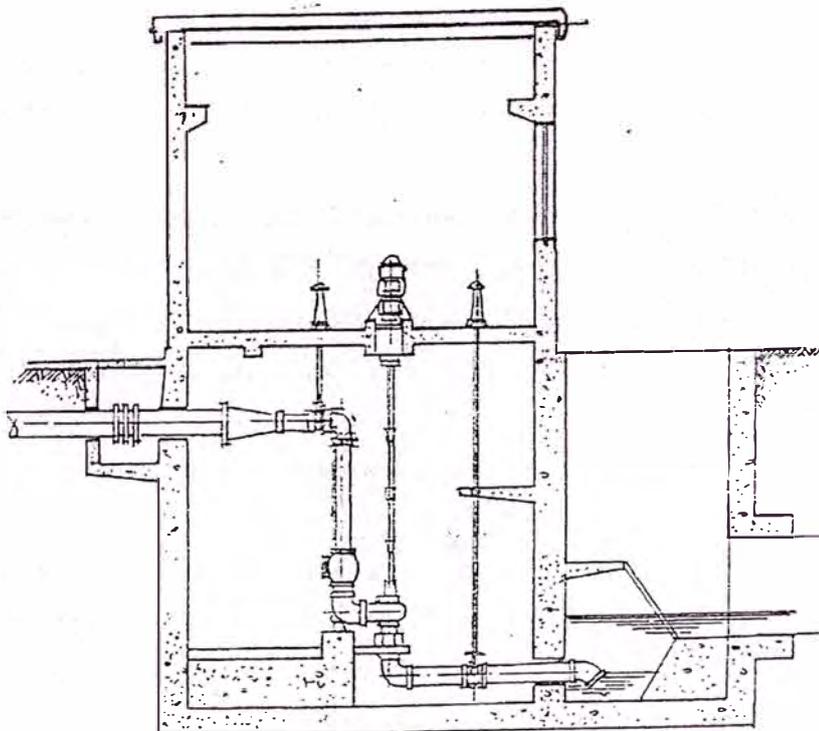


Fig. 2.5 Vista en elevación de una Cámara de Bombeo (ver Bibliografía N°2)

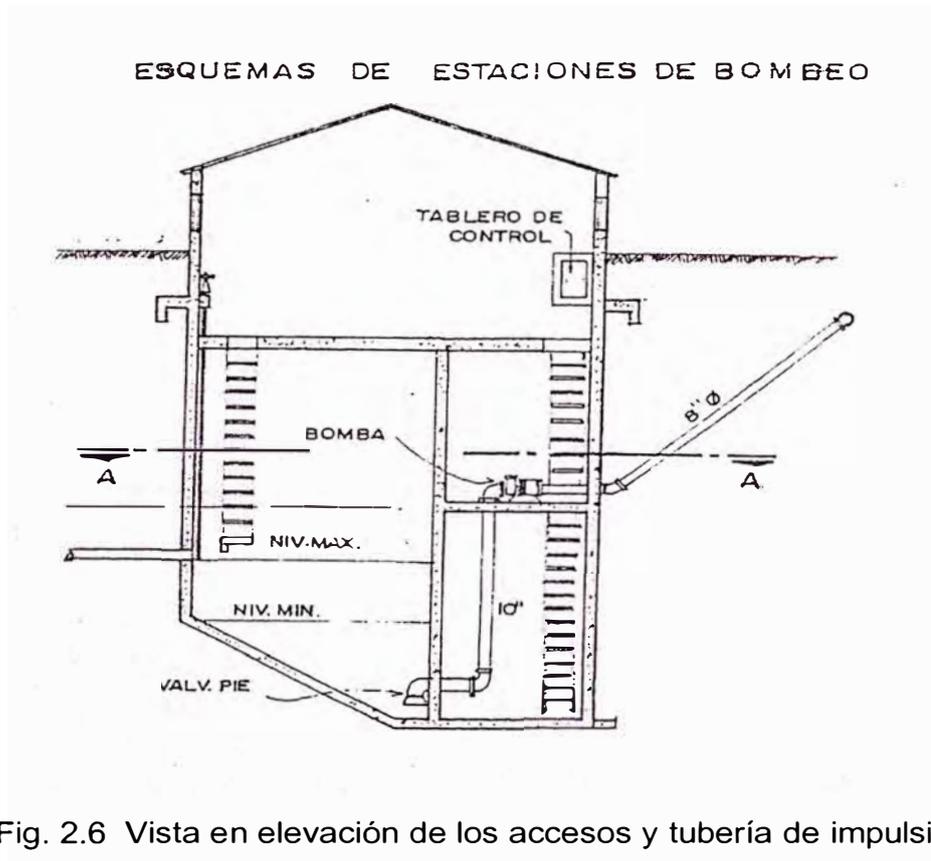


Fig. 2.6 Vista en elevación de los accesos y tubería de impulsión  
(Ver Bibliografía N°2)

Cualquiera sea el caso a considerar en el proyecto, la determinación de la capacidad depende de la variación de caudales y del periodo de retención aconsejable.

En nuestro análisis se determinara cual debe ser la capacidad del pozo húmedo para el caudal a bombear, cual debe ser la capacidad de la bomba y cuantas se requerirán.

### Equipos Requeridos

En los sistemas de aguas servidas se usa principalmente las bombas centrífugas pudiendo ser estas horizontal o vertical, y las bombas sumergibles, cuando tenemos el caso de una estación pequeña se usan los inyectores neumáticos.

Los inyectores neumáticos son recomendables solo para gastos o caudales pequeños, en muchos casos puede ser una buena alternativa usar este sistema por un periodo de años hasta lograr un mayor crecimiento poblacional y se alcance una mayor demanda de bombeo.

## 2.3 Volumen Útil de la Cámara de Bombeo

El volumen útil de una Cámara de Bombeo de aguas servidas se define como el volumen comprendido entre el nivel máximo y nivel mínimo de operación de las bombas (nivel de arranque y nivel de parada respectivamente). Este volumen es igual al máximo volumen de almacenamiento de diseño para la Cámara de Bombeo y también es igual al volumen total impulsado por los equipos de bombeo en cada período de funcionamiento.

Para determinar este volumen se debe tener en cuenta los siguientes factores:

- Población contribuyente.
- Caudal de contribución promedio.
- Coeficientes relativos al consumo o gasto promedio.
- Período de retención.
- Funcionamiento de bombas.
- Caudal de bombeo.

El procedimiento para el cálculo del volumen útil de la Cámara de Bombeo de aguas residuales tiene las siguientes etapas:

- Estimar población futura en el período de diseño de la obra.  
Escogiendo adecuadamente el método de estimación y dadas las características de la población a evaluar, se calcula la población futura o población probable a servir durante el período de diseño de la Cámara de Bombeo.
- Determinar caudal de diseño.  
Este caudal es igual al caudal que ingresa al sistema de alcantarillado de la zona de aportes. Si bien este caudal no es constante durante el día, se puede estimar un caudal promedio de diseño a través de coeficientes de consumo o gasto aplicados al caudal máximo horario.
- Cálculo de volumen útil (ver Bibliografía N°2)  
Para hallar el volumen útil de la Cámara de Bombeo debemos calcular previamente el valor de  $k_1$  a partir de la siguiente ecuación:

$$(k - a)^2 k_1 + (a - k^2)k_1 + k(k - 1)(1 + a) = 0 \quad 2.1$$

Debiéndose cumplir:

$$(a - k^2)^2 > 4(k - a)k(k - 1)(1 + a) = 0 \quad 2.2$$

Si cumple la condición anterior entonces la solución será:

$$k_1 = -B \pm \frac{\sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$$

Donde:  $k_1$  Relación de caudales.

$$k = Q_{\text{máx.}} / Q_{\text{mín.}}$$

$$a = PR_{\text{máx.}} / PR_{\text{mín.}}$$

$$A = (k-a)^2$$

$$B = (a-k^2)$$

$$C = k(k-1)(1+a)$$

De las expresiones anteriores se obtiene el valor de  $k_1$  con este valor obtenido, se calcula el volumen útil correspondiente a partir de la siguiente ecuación.

$$V_{\text{util}} = \frac{PR_{\text{mín.}} \times Q_{\text{mín.}} \times k(k_1 - 1)}{(k_1 + k - 1)} \quad 2.3$$

Donde:  $V_{\text{util}}$  Volumen útil ( $m^3$ ).

$PR_{\text{mín.}}$  Período de retención mínimo ( h ).

## 2.4 Pérdidas de carga

Para poder calcular adecuadamente la energía que deben suministrar los equipos de bombeo y motores se hace necesario determinar las pérdidas de carga que se producen al momento de impulsar las aguas servidas a través de las tuberías y accesorios de todo el sistema de bombeo.

En las tuberías, cualquier causa perturbadora, cualquier elemento o dispositivo que establezca o eleve la turbulencia, cambien la dirección o altere la velocidad, origina una pérdida de carga.

También se debe tener en cuenta que los sistemas de bombeo no son constituidos exclusivamente de tubos rectilíneos y del mismo diámetro. Usualmente, incluyen piezas especiales y conexiones que, por la forma y disposición, elevan la turbulencia, provocan fricciones y causan el choque de partículas, dando origen a pérdidas de carga. Además, se presentan en las tuberías otras particularidades como válvulas, medidores, etc., también responsables de pérdidas de esta naturaleza.

Todas estas pérdidas de carga reciben el nombre de pérdidas locales por el hecho de resultar en puntos o partes bien definidas del sistema.

#### 2.4.1 Pérdidas de carga en tuberías

Al circular el agua por una tubería, lo hace con una determinada velocidad que es energía cinética y al rozar con las paredes de ésta, pierde parte de la velocidad por la fricción que se produce entre el líquido y la superficie de la tubería. Cuanto mayor es la velocidad mayor será la pérdida por fricción.

La pérdida por fricción se define como la pérdida de energía producto de la resistencia que la tubería opone al paso del agua. La fórmula general tiene la siguiente expresión:

$$H_f = S_f \times L \quad 2.4$$

Donde:

$H_f$  Pérdida de energía o carga producto de la fricción (m)

$S_f$  Pendiente de energía (m/m)

$L$  Longitud de la tubería de conducción (m)

Las pérdidas por carga pueden calcularse utilizando la ecuación de Hazen y Williams:

$$S_f = \frac{Q^{1.85}}{0.09414 \times C^{1.85} \times D^{4.86}} \quad 2.5$$

Donde:

$Q$ : Caudal a transportar (m<sup>3</sup>/s).

- D: Diámetro interior de la tubería (m).  
 C: Coeficiente de rugosidad de Hazen & Williams (Ver Cuadro 2.1)

MATERIAL	C
Asbesto cemento	140
PVC	140
Acero sin costura	120
Concreto	110
Fierro fundido	100
Polietileno	140

**Cuadro 2.1** Coeficiente de rugosidad de Hazen & Williams para diferentes materiales. (ver Bibliografía N°7)

### 2.4.2 Pérdidas de Carga Locales

Las pérdidas de energía o cargas locales se producen cuando la tubería induce el agua a cambiar de dirección. Éstas se pueden producir por codos, reducciones de diámetro, válvulas o llaves, o cualquier obstrucción que encuentre el agua que le impida seguir circulando en línea recta.

La ecuación para calcular estas pérdidas está dada por:

$$H_L = K_L \frac{V^2}{2g} \quad 2.6$$

Donde:

- H<sub>L</sub>: Pérdidas singulares o menores (m).  
 V: Velocidad media del flujo (m/s).  
 g: Constante de aceleración de la gravedad (9.8 m/s<sup>2</sup>).  
 K<sub>L</sub>: Coeficiente adimensional que depende de los accesorios que se contemplan en el diseño. (Ver Cuadro 2.2)

Accesorio	Coefficiente $K_L$
Codo 90°	0.90
Válvula de pie	2.50
Llave de compuerta abierta 25%	14.00
Llave de compuerta abierta 50%	5.60
Llave de compuerta abierta 75%	1.15
Llave de compuerta abierta 100%	0.20
Válvula de globo abierta	10.00
Válvula de no retorno (check)	2.50
Contracción brusca	
$\phi$ entrada/ $\phi$ salida = 0.25	0.42
$\phi$ entrada/ $\phi$ salida = 0.50	0.32
$\phi$ entrada/ $\phi$ salida = 0.75	0.19
Expansión brusca	
$\phi$ entrada/ $\phi$ salida = 0.25	0.92
$\phi$ entrada/ $\phi$ salida = 0.50	0.56
$\phi$ entrada/ $\phi$ salida = 0.75	0.19
Tee	1.80
Codo 45°	0.40

**Cuadro 2.2** Coeficientes de pérdida de carga  $K_L$  para singularidades  
(ver Bibliografía N°7)

## 2.5 Principios Hidráulicos de los Equipos de Bombeo (ver Bibliografía N°6)

Algunos conceptos hidráulicos necesarios para comprender el funcionamiento de los equipos de bombeo son los siguientes:

- a. **Caudal:** Es el volumen de líquido impulsado por la bomba en una unidad tiempo, se expresa generalmente en litros / segundos, metros cúbicos / hora, galones por minutos, etc.
- b. **Altura Estática de Succión (S):** Es la distancia vertical en metros a la que se encuentra el nivel del líquido en el reservorio de succión por encima del eje de la bomba.

- c. **Altura Estática de Elevación (S\*):** Es la distancia vertical entre metros a la que se encuentra el nivel del líquido en el reservorio de succión por debajo del eje de la bomba.
- d. **Altura Estática de Descarga (D):** Es la distancia vertical en metros entre el eje de la bomba y el punto de entrega libre del líquido.
- e. **Altura Estática Total (hsD):** Es la distancia vertical en metros que existe entre los niveles de los reservorios de succión y descarga.

Es decir:  $hsD = D - S$ , en instalaciones con altura de succión.

$hsD = D + S$ , en instalaciones con elevación de succión.

- f. **Altura de Succión (hs):** “Altura de succión” se dice que existe cuando el nivel del líquido a bombear se encuentra por encima del eje de la bomba. Se define como la altura estática de succión (S) menos todas las pérdidas en la línea de succión (his) más cualquier presión (el vacío es considerado como un valor negativo) existente en el nivel del líquido a bombear.
- g. **Elevación de Succión:** (El símbolo también es hs). El término de “Elevación de Succión” se emplea normalmente cuando el nivel del líquido a bombear está por debajo del eje de la bomba y se encuentra a presión atmosférica. Es definido como la altura estática de elevación (S) más todas las pérdidas existentes en la línea de succión (his).
- h. **Altura de Descarga (hd):** Se define como la suma de la altura estática de descarga (D) más todas las pérdidas en la línea de descarga (hfd) más la presión en el recipiente de descarga (si es cerrado) más la pérdida que se genera en la salida de la tubería de descarga.
- i. **Altura Dinámica Total (H):** Es la energía neta transmitida al fluido por unidad de peso a su paso por la bomba centrífuga, expresada en unidades de longitud. Esta energía absorbida por el líquido, es la que necesita para vencer la altura estática total más las pérdidas en las tuberías y accesorios del

sistema. Se expresa comúnmente en metros (m) y en pies de columna del líquido bombeado.

Se calcula como sigue:

En instalaciones con altura de succión:  $H = h_i - h_s$

En instalaciones con elevación de succión:  $H = h_i + h_s$

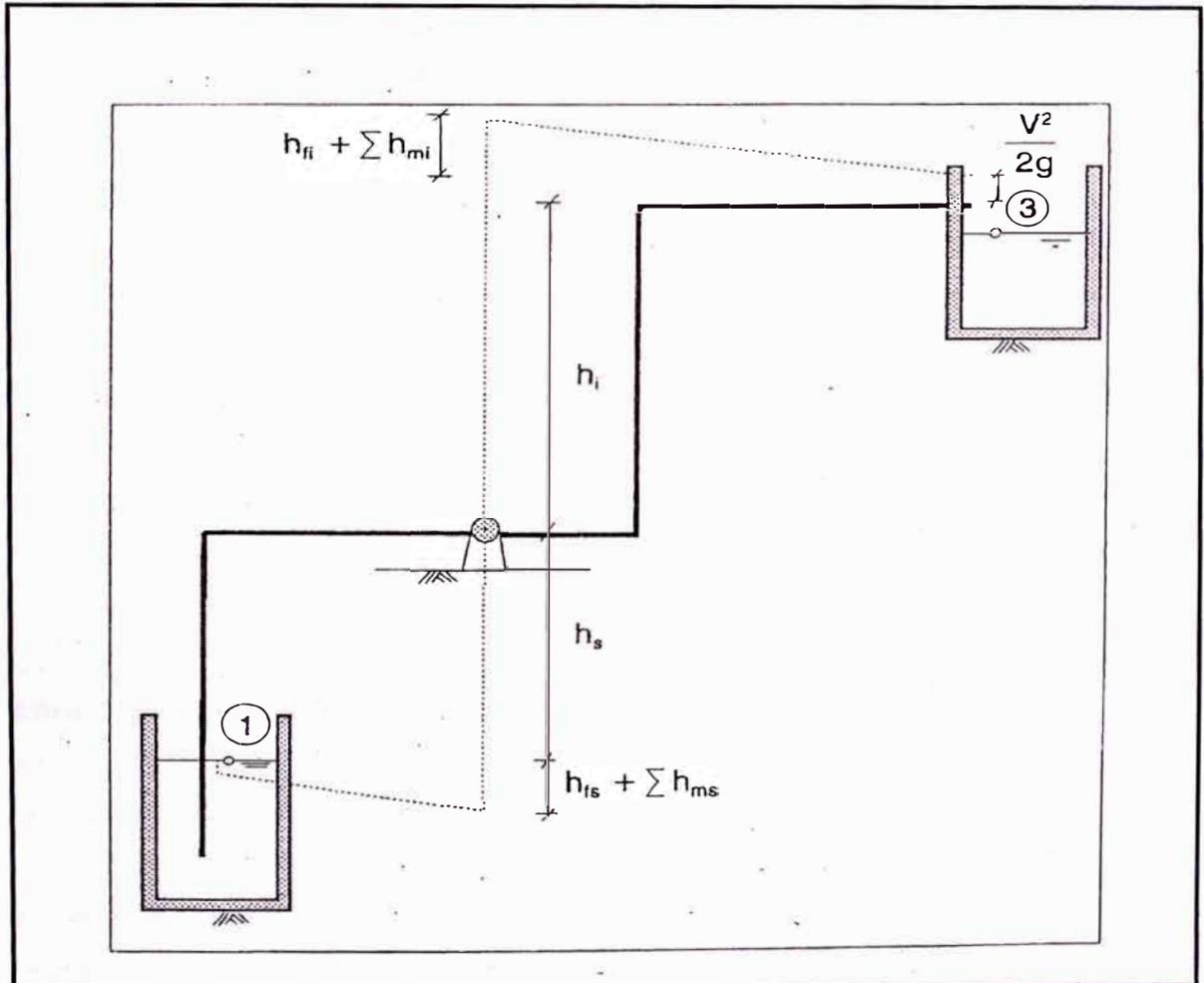


Fig. 2.7 Línea de Energía en el esquema de bombeo (ver Bibliografía N°4)

- j. **Eficiencia de una bomba centrífuga:** Nos indica el porcentaje de energía neta absorbida o aprovechada por el fluido a su paso por la bomba.

$$\text{Eficiencia (n)} = \frac{\text{Energía neta absorbida por el fluido}}{\text{Energía entregada al eje de la bomba}} \quad 2.7$$

k. **Potencia absorbida por la bomba ( $Pot_N$ ):** Se calcula como sigue:

$$Pot_N = \frac{\gamma \times Q \times H}{76 \times n_{bomba}} \quad 2.8$$

Donde:

$Pot_N$	Potencia absorbida de la bomba en HP.
$\gamma$	Peso específico del fluido bombeado.
Q	Caudal bombeado (m <sup>3</sup> /h).
H	Altura Dinámica Total (m).
$n_{bom}$	Eficiencia e la bomba (%).

l. **Viscosidad:** Es la propiedad de un líquido a resistir cualquier fuerza que tienda a producir un flujo. Es evidente que la cohesión entre las partículas de un fluido es la que origina que ofrezca resistencia análoga a la fricción. Un incremento en la temperatura del fluido normalmente reduce la viscosidad, inversamente, una reducción en la temperatura incrementa la viscosidad.

Las pérdidas por fricción en tuberías se incrementan conforme se incrementa la viscosidad.

m. **Efecto de la viscosidad:** Los líquidos viscosos tienden a reducir el caudal, la altura dinámica total y la eficiencia de la bomba, incrementando en consecuencia la potencia absorbida.

n. **Peso específico ( $\gamma$ ):** El peso específico de un fluido es definido como el resultado de dividir el peso del fluido (a la temperatura que se encuentre) entre el peso de volumen igual de agua.

Se toma como referencia agua a 15.6° C (60° F).

o. **NPSH:** Siglas en ingles de "Net Positive Suction Head" que significa Altura Neta de Succión Positiva. Corresponde a la cantidad de energía que dispone el líquido al ingreso de la bomba.

Otros conceptos adicionales que también se deben conocer para realizar una correcta elección de los equipos de bombeo son:

## Cavitación

Durante la operación de la bomba centrífuga, no debe permitirse que la presión en cualquier punto dentro de la bomba caiga por debajo de la presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo. Debe haber siempre suficiente energía disponible en la succión de la bomba para conseguir que el fluido ingrese al impulsor venciendo las pérdidas entre la brida de succión y la entrada al impulsor.

La cavitación es un fenómeno que ocurre cuando la presión absoluta dentro del impulsor se reduce hasta alcanzar la presión de vapor del líquido bombeado y se forman burbujas de vapor. Estas burbujas colapsan antes de salir del impulsor originando erosión del material con el que se está en contacto.

La cavitación se manifiesta como ruido, vibración, reducción del caudal, de la presión de descarga y de la eficiencia. Con el tiempo, todos los elementos de la bomba en contacto con la cavitación presentan una fuerte erosión.

La posibilidad de cavitación se describe por medio de un parámetro adimensional que está dado por la siguiente expresión (ver ítem 6 Bibliografía)

$$\frac{P - P_v}{\rho \times \left( \frac{v^2}{2} \right)} \quad 2.9$$

Donde:

- P            Presión absoluta en el punto considerado.
- P<sub>v</sub>        Presión absoluta de vaporización del líquido a temperatura existente.
- ρ            Densidad del líquido.
- V            Velocidad media del líquido.

### NPSH disponible (NPSH)

Es la cantidad de energía disponible (referido al eje de la bomba) sobre la presión de vapor que dispone el líquido en la brida de succión de la bomba a la temperatura de bombeo. Se expresa en metros de columna del líquido bombeado.

El NPSH disponible depende de las características del sistema en el cual opera la bomba, del caudal y de las condiciones del líquido que se bombea, tales como: clase de líquido, temperatura, gravedad específica, entre otras.

El NPSH disponible puede ser calculado por la siguiente ecuación:

$$NPSH_D = \frac{(P_s - P_v) \pm S - h_{fs}}{9850 \times \gamma} \quad 2.10$$

Donde:

NPSH <sub>D</sub>	NPSH disponible en metros (m)
P <sub>s</sub>	Presión absoluta en el recipiente de succión en pascal (P <sub>a</sub> )
P <sub>v</sub>	Presión de vapor absoluta del líquido en pascal (P <sub>a</sub> ) a la temperatura de bombeo.
γ	Peso Específico del líquido a la temperatura de bombeo.
S	Altura de succión estática (+) ó altura de elevación estática (-) en metros (m).
h <sub>fs</sub>	Pérdida de energía por fricción en la línea de succión expresada en metros (m) del líquido bombeado.

### **NPSH requerido (NPSH<sub>R</sub>).**

Es el valor mínimo de la energía disponible sobre la presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo, requerida en la brida de succión de la bomba, para permitir que opere satisfactoriamente (sin cavitación) a una determinada velocidad de rotación del impulsor. Se expresa en metros de columna del líquido bombeado.

El NPSH requerido depende exclusivamente del diseño de la bomba y de las condiciones de operación, siendo su valor proporcionado por el fabricante.

Para que no cavite una bomba centrífuga el NPSH disponible debe superar al NPSH requerido, es decir, debe cumplirse la siguiente relación:

$$NPSH_D > NPSH_R \quad 2.11$$

**Inadecuadas condiciones de succión.** Cuando un sistema ofrece un  $NPSH_D$  insuficiente, para una selección óptima de la bomba, hay varias alternativas para resolver el problema.

Podemos encontrar formas para incrementar el  $NPSH_D$  reducir el  $NPSH_R$  ó conseguir ambas cosas:

Para incrementar el  $NPSH$  podemos:

1. Reducir la elevación estática de succión de la instalación, es decir, acercar la bomba al reservorio de succión.
2. Reducir las pérdidas de energía en la línea de succión empleando la mínima cantidad de accesorios, aumentando el diámetro de la tubería, etc.
3. Enfriar el líquido antes de bombearlo, con la finalidad de disminuir su presión de vapor (en los líquidos calientes).

Para reducir el  $NPSH_R$  podemos:

1. Escoger un modelo de bomba que proporcione el punto de operación requerido a una menor velocidad de rotación.
2. Emplear varias bombas en paralelo.

## 2.6 Líneas de Conducción por Bombeo

Para la conducción de las aguas servidas se debe utilizar tuberías de hierro fundido dúctil (según lo especificado en las Normas Técnicas para ejecución de obras de SEDAPAL) aunque en algunos casos, debidamente sustentados, podría usarse también tuberías de polietileno de alta densidad.

### ***Tuberías de Hierro Fundido Dúctil***

El hierro dúctil se produce al darle tratamiento al hierro fundido con base de azufre y agregándole magnesio bajo condiciones estrechamente controladas, lo cual forma un material dúctil que supera, por márgenes muy amplios, al hierro gris, en cuanto a su ductilidad y resistencia a la tensión y al impacto.

Algunas de las propiedades por las que se prefiere usar este tipo de tuberías para la conducción de líquidos a presión son las siguientes:

- Resistencia a la tensión.
- Resistencia a la flexión.
- Soporta cargas de aplastamiento severas.
- Resistente a la corrosión.  
Resistencia a presiones interiores altas y a reventarse.
- Alto coeficiente de Flujo ( $C = 140$ ).
- Prácticamente libre de mantenimiento.
- Fácil de instalar.

### ***Tuberías de Polietileno de Alta Densidad***

Las tuberías de alta densidad son estructuras hechas con materiales de alto peso molecular y alta densidad, que les dan una excelente resistencia a la abrasión, alta resistencia al impacto y a la presión.

La superficie interior del tubo, por su suavidad, ofrece una baja resistencia al flujo de agua o lodo, evitando incrustaciones o depósitos, como también una alta resistencia a la mayoría de corrosivos químicos.

Estas tuberías son fuertes y ligeras, lo que hace su instalación más económica por su manejo, al no necesitar equipos pesados para su colocación, como también por su longitud (hasta 12 m.) se reduce el número de uniones acortando el tiempo de instalación.

Su flexibilidad también permite adaptarse a las imperfecciones de terrenos ondulados reduciendo cierto número de conexiones y aditamentos.

Las propiedades más saltantes de esta clase de tubería son:

- Alta durabilidad.
- Resistencia a cargas de impacto.
- Resistencia química.
- Resistencia a la abrasión.
- Resistencia a la intemperie.

- Bajo peso.
- No necesitan de mantenimiento.

Este tipo de tubería tiene muchos campos de aplicación entre los que se encuentran las redes de agua potable, alcantarillado, relaves mineros, redes de distribución de gas, ductos telefónicos y eléctricos, irrigación agrícola, transporte y desechos químicos riesgosos, instalaciones submarinas, tomas de agua salada, desagües corrosivos, redes para emisiones industriales, etc.

## 2.7 Características de los Equipos de Bombeo

Para la elevación o transporte de las aguas servidas a lugares adecuados para su tratamiento se encuentran entre los más utilizados, los siguientes tipos de bombas:

### a. Eyectores Neumáticos o Bombas Neumáticas

Son equipos que tienen la ventaja de poder recibir las aguas residuales sin cribado previo. Están constituidos por una cámara metálica a la cual el agua residual es conducida directamente desde un colector alimentador. Cuando el nivel alcanza una altura determinada, automáticamente un comando eléctrico acciona un compensador que inyecta aire en la cámara con lo que el agua residual es impulsada a la tubería de salida. Las válvulas de entrada y salida también funcionan automáticamente. No es necesaria alguna operación manual.

El siguiente cuadro muestra algunas de las características de estos tipos de equipos

Características	Valores Mínimos	Valores Máximos
Caudales de impulsión	2.00 l / s	20.00 l / s
Alturas Manométricas	3.00 m	15.00 m
Potencia del motor compresor (con aire comprimido)	1.50 Hp	20.00 Hp
Potencia del motor compresor (sin aire comprimido)	1.50 Hp	30.00 Hp

Cuadro N° 2.3 Valores mínimos y máximos para Bombas Neumáticas (ver Bibliografía N°7)

## **b. Bombas Centrífugas**

Las bombas centrífugas, accionadas por motores eléctricos o de combustión interna, son las bombas de uso más frecuente para la impulsión de aguas servidas y son fabricadas para distintas capacidades. Generalmente se emplean por su elevado rendimiento y son insustituibles cuando se deben salvar grandes alturas de impulsión. Técnicamente las bombas para aguas servidas tienen ciertas características que las diferencian con las bombas para agua limpia a pesar de regirse por los mismos principios hidráulicos. El impulsar líquido con materias en suspensión hace que estas bombas posean un tipo especial de rotor (impulsor), además de registros de inspecciones junto a las bocas de entrada y de salida para poder realizar su limpieza. Estas bombas son denominadas “roto dinámicas” por que su movimiento es siempre rotativo. El elemento transmisor de energía, llamado rodete, transmite la energía mecánica suministrada por un motor al fluido en forma de energía cinética.

Estas bombas para atender a su gran campo de aplicación son fabricadas en los más variados modelos, pudiendo ser seleccionados tomando en cuenta diversos criterios

### **Movimiento del Líquido**

- a) Aspiración o succión simple (rotor simple)
- b) Doble aspiración

### **Admisión del Líquido**

- a) Radial
- b) Diagonal
- c) Helicoidal

### **Numero de Impulsores (o etapa)**

- a) Un impulsor
- b) Varios impulsores

Estas bombas deben, generalmente, trabajar ahogadas. Esto es con carga en la entrada, de manera que el funcionamiento, en su inicio, se produzca sin la necesidad de la operación previa de cebado. De esta forma se obtienen las siguientes ventajas:

Prescindir de la válvula de pie, cuyo funcionamiento sería deficiente con líquidos que contienen sólidos.

- Se facilitan las condiciones para la automatización del funcionamiento del equipo de bombeo.

En la mayoría de los casos, las bombas centrífugas para aguas residuales se utilizan en estaciones de bombeo que trabajan intermitentemente debido a la oscilación de los caudales de llegada. Por esto es recomendable lograr que la operación sea totalmente automatizada.

Una de las diversas clasificaciones de bombas centrífugas es la que se muestra en el siguiente cuadro.

<b>CLASIFICACION DE BOMBAS CENTRIGUGAS</b>			
<i>Dirección de flujo</i>	<i>Posición de eje</i>	<i>Presión engendrada</i>	<i>Entrada a la bomba</i>
Flujo radial	Eje vertical	Baja presión	Aspiración simple
Flujo axial	Eje horizontal	Presión media	Aspiración doble
Flujo radio – axial	Eje inclinado	Alta presión	

Cuadro N° 2.4 Clasificación de Bombas Centrífugas.<sup>3</sup>

Entre los tipos de bombas centrífugas para aguas residuales que se utilizan en estaciones de bombeo se destacan las siguientes:

- De eje horizontal.
- De eje vertical para instalación en cámara húmeda, esto es dentro del pozo de bombeo.
- Conjunto motor – bomba sumergible.
- 

### **Elementos Constitutivos de las Bombas Centrífugas.**

Los siguientes son los elementos de estos tipos de bombas:

- **Rodete:** Este elemento esta conectado con el motor de la bomba y gira con respecto al eje del mismo. Consta de varios alabes que orientan el fluido dentro del rotor e imparten la energía cinética del fluido.

Rodete Cerrado. Las caras posterior y anterior conforman una caja y entre ambas caras se fijan los alabes.

Rodete Semiabierto. Los alabes están fijados a una sola cara.

Rodete abierto. Sin cara posterior o anterior, los alabes están sujetos al núcleo o parte central.

- **Corona directriz:** Consta de una serie de alabes fijos que amplían la sección de flujo gradualmente, transformando la energía cinética en energía de presión, siendo este elemento opcional.
- **Caja espiral:** Denominado también la "Carcasa", hace parte del sistema difusor y conduce el agua a la tubería de impulsión. En ella se realiza otra etapa de la conversión de energía cinética en energía de presión.
- **Tubo Difusor:** Este elemento hace el empate entre la bomba y la tubería de impulsión. Puede ser recto o de forma tronco – cónica; en este último caso realiza otra etapa de conversión de energía.

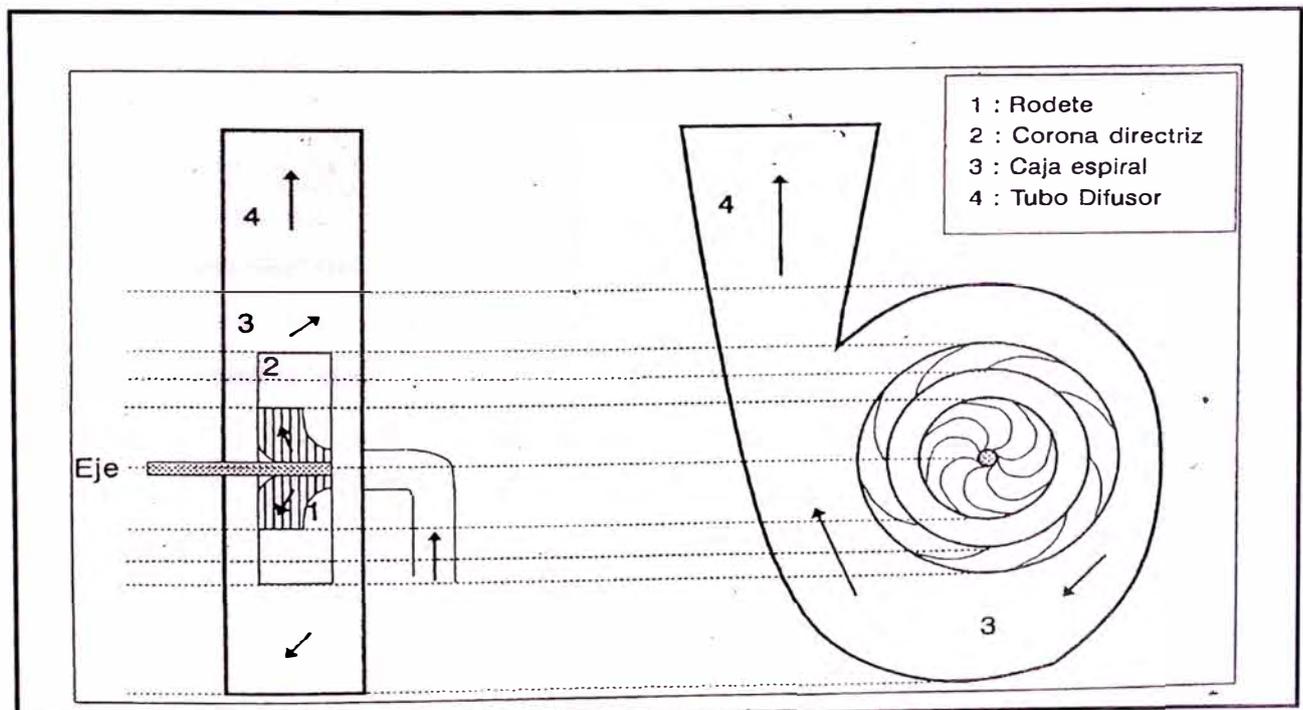


Fig. 2.8 Elementos constitutivos de una bomba Centrífuga (ver Bibliografía N°7)

## Numero Específico de Revoluciones

Existe una clasificación muy precisa de las bombas, la cual esta asociada con la forma del rodete y en la cual se agrupan familias de bombas geoméricamente semejantes. Esta clasificación numérica esta dada por el número especifico de revoluciones o velocidad especifica y se indica en la tabla siguiente.

Este número es independiente de caudal, altura de elevación o tamaño de la bomba siempre y cuando sean geoméricamente semejantes. El número especifico de revoluciones,  $n_s$  no es adimensional y por lo tanto debe calcularse en unidades consistentes entre ellas.

$$n_s = \frac{NQ^{1/2}}{H^{3/4}} \quad 2.12$$

En donde:  $n_s$  = Numero especifico de Revoluciones.

$$N = \text{Revoluciones/min} = \frac{60\omega}{2\pi} \text{ (con } \omega = \text{ velocidad angular)}$$

Q = Caudal (m<sup>3</sup>/s)

H = Altura dinámica de impulsión (m)

## Sistema de Bombeo

Un “sistema de bombeo” es el conjunto de tuberías y accesorios tales como codos, válvulas, uniones, etc., que forman parte de la instalación de un equipo de bombeo.

Cuando queremos seleccionar correctamente una bomba, debemos calcular con precisión la “resistencia” al flujo de líquido que ofrece el sistema completo a través de todos sus componentes (tuberías + accesorios).

La bomba debe suministrar la energía necesaria para vencer esta “resistencia”, que está formada por la altura estática total más las pérdidas en las tuberías y accesorios. La altura estática total es una magnitud que generalmente permanece constante para diferentes caudales, mientras que la resistencia de las tuberías y accesorios varía con el caudal.

La curva del sistema es una representación gráfica de la energía que se necesita proporcionar al fluido para originar diferentes caudales por el sistema de tuberías y accesorios.

$$H_{\text{sistema}} = H_{\text{SD}} (\text{altura estática total}) + H_{\text{SD}} (\text{altura estática total})$$

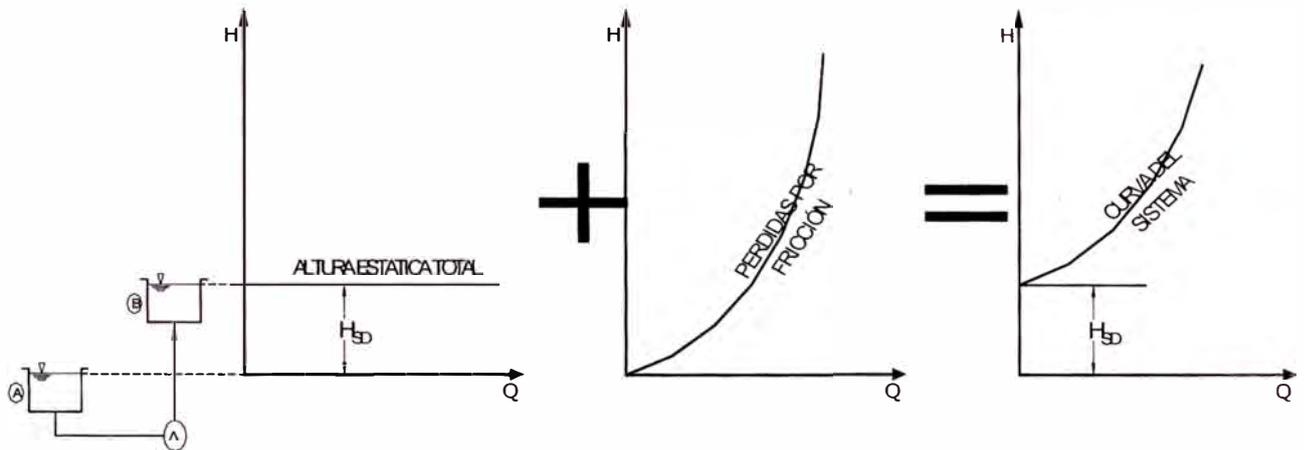
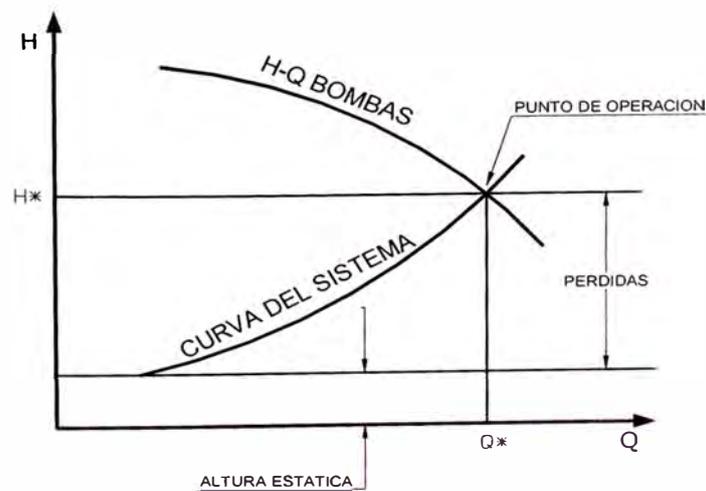


Figura N° 2.9 Punto de trabajo de un equipo de bombeo

**Punto de operación o de trabajo de un equipo de bombeo**

Si representamos en un solo gráfico la curva H-Q de la bomba y la curva del sistema, ambas curvas se cortarán en un punto. Esta intersección determina exactamente el punto de operación de la bomba instalada en el sistema analizado. Figura N° 2.10



La selección óptima de una bomba será aquella en la cual el punto de operación determinado por la “curva del sistema” coincida con el de su máximo rendimiento. Sin embargo, en la práctica es habitualmente suficiente que el punto de operación se encuentre en un rango adecuado de rendimiento. Esta recomendación es particularmente importante en el bombeo de líquidos con sólidos en suspensión.

Si desea determinar correctamente el punto de funcionamiento de una bomba centrífuga es sumamente importante establecer exactamente la curva del sistema. Conocida aquella, la selección de la bomba más apropiada es rápida.

### **Curvas de Performance de los equipos de bombeo**

Las Curvas de Performance son resultado de ensayos realizados con los equipos de bombeo, representando en un solo gráfico los siguientes parámetros en función del caudal:

- ADT - Altura Dinámica Total (m)
  - Eficiencia - Porcentaje de energía neta aprovechada (%)
  - NPSHr - Net Positive Suction Head requerido. Índice de capacidad de succión de la bomba (m).
  - Potencia absorbida por bomba en el punto de operación indicado (Kw).
- a. **Curva H / Q Inclinada:** funcionamiento con mínima variación de caudal en situaciones que presenta alturas de bombeo variables o un progresivo aumento de presión por envejecimiento del sistema de bombeo.
  - b. **Curva de potencia sin sobrecarga:** permite seleccionar el motor de accionamiento de tamaño óptimo. La curva de H / Q es aproximadamente paralela a la curva de potencia del motor. Queda graficada la potencia nominal estándar más cercana para motores eléctricos de 50 y 60 Hz.
  - c. **Capacidad de Succión:** bajo requerimiento de NPSH conseguido por el efecto de “tornillo” del impulsor.
  - d. **Elevada Eficiencia:** amplio rango y buen nivel de eficiencia gracias a la mínima turbulencia que genera el impulsor.

## CAPÍTULO 3.0 DISEÑO HIRAU-LICO Y ESTRUCTURAL DE UNA CAMARA DE BOMBEO

### 3.1 CRITERIOS GENERALES PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LAS CÁMARAS DE BOMBEO

Una vez definido el volumen útil se tienen que elegir adecuadamente las dimensiones de la Cámara de Bombeo.

Generalmente las Cámaras de Bombeo son rectangulares, cuadradas o circulares (en planta). Estas cámaras deben poseer dimensiones mínimas necesarias para facilitar el asentamiento de las piezas, permitir el acceso y evitar grandes velocidades y agitación de las aguas (formación de torbellinos nocivos).

Según el Nuevo Reglamento de Elaboración de Proyectos de SEDAPAL, las Cámaras de Bombeo de desagües o aguas residuales estarán constituidas por una cámara húmeda destinada a almacenar los desagües y una cámara seca para alojar a los equipos de bombes y sus elementos complementarios.

El dimensionamiento de la cámara seca que tendrá dos compartimientos: el primero, para alojar los equipos, tableros, tuberías, accesorios y válvulas; y el segundo, para alojar la fuente de energía eléctrica independiente (grupo electrógeno). Se debe hacer considerando el área suficiente para albergar a todos ellos.

La cámara húmeda se dimensionará teniendo en cuenta su capacidad, la cual se determina en función de los caudales de ingreso y bombeo, para no llegar a un tiempo de almacenamiento que genere procesos biológicos avanzados, ni tener intervalos de tiempo muy cortos entre dos arranques consecutivos de los equipos.

Algunas dimensiones recomendadas para el dimensionamiento de la cámara húmeda son las siguientes:

- a. Altura entre fondo de la cámara húmeda y la boca de la tubería de succión:

$$H_1 \geq 0.50 D_{SUC} \geq 0.50 \text{ m.}$$

- b. Altura entre la boca de la tubería de succión y el nivel mínimo:

Por condición hidráulica:  $H_2 \geq (V^2 / 2g) + 0.20$

Para impedir la entrada de aire:  $H_2 \geq 2.50 D_{SUC} + 0.10$

- c. Altura útil (distancia entre niveles máximo y mínimo)

Esta altura de operación de bombas es del orden de 1.00 m pudiendo variar dependiendo de la capacidad requerida de la cámara, de la profundidad de llegada de la tubería de ingreso de desagüe o de la forma de la cámara. Como altura mínima se puede tomar 0.60 m.

$$H_3 \geq 0.60 \text{ m.}$$

- d. Altura mínima entre el nivel máximo y la cota inferior de la tubería de rebose:

$$H_4 \geq 0.20 \text{ m.}$$

- e. Altura mínima entre la cota inferior de la tubería de rebose y de la cota inferior de la tubería de llegada:

$$H_5 \geq 0.50 \text{ m.}$$

- f. Altura libre sobre la cota inferior de la tubería de llegada.

Esta altura varía de acuerdo a cada proyecto pues depende de diversos factores principalmente de la profundidad de llegada de la tubería de desagüe.

Se puede estimar su valor mínimo en:

$$H_6 \geq 1.00 \text{ m.}$$

Sumando todas estas alturas se podrá determinar la profundidad total de la cámara húmeda. Fig. N° 3.1

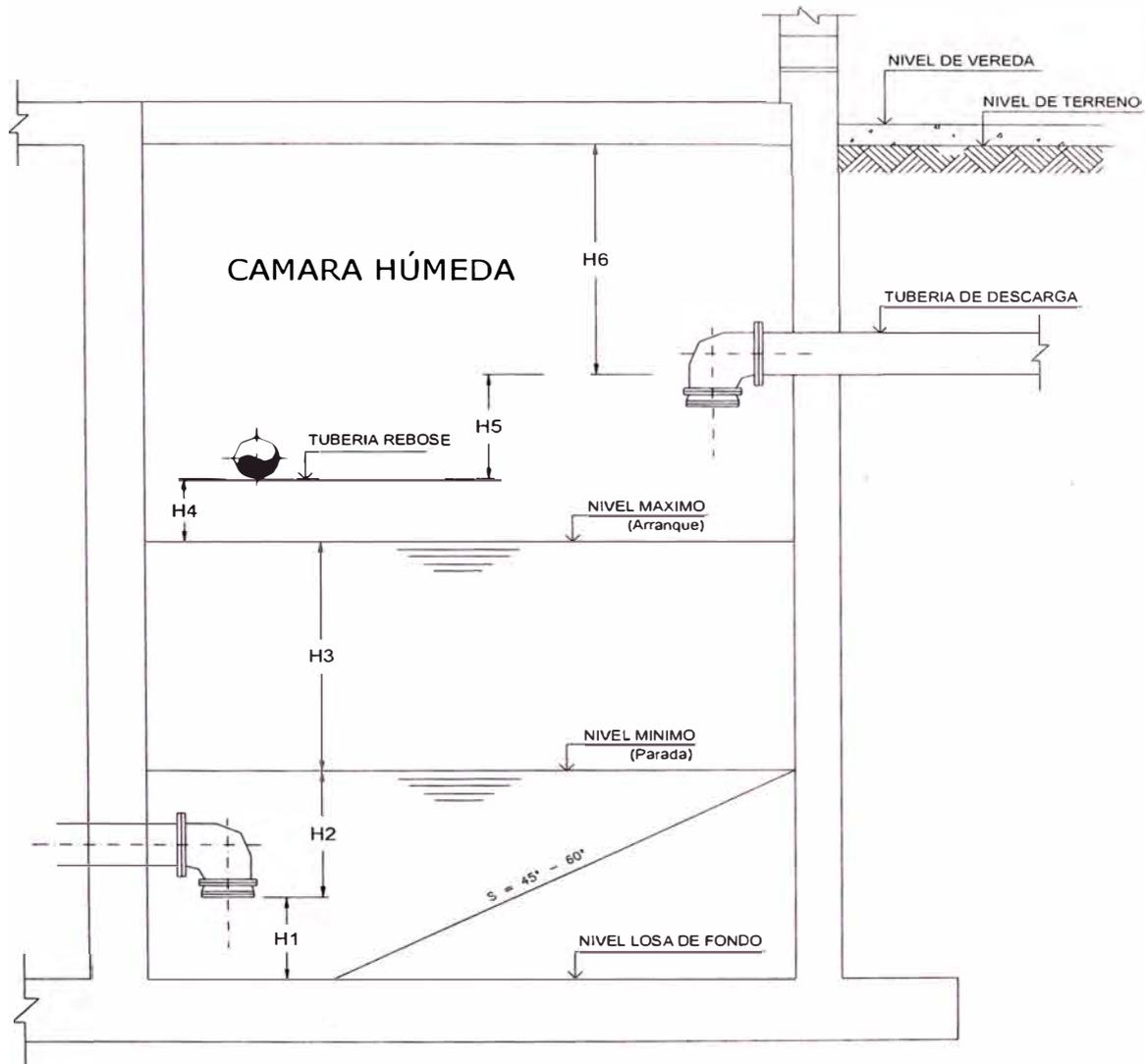


Figura N° 3.1 Dimensionamiento de Cámara de bombeo (ver Bibliografía N°2)

### 3.2 Cálculo del Caudal de Bombeo (ver Bibliografía N°2)

El caudal de bombeo se puede determinar a través de las siguientes expresiones:

- En función del caudal mínimo.

$$Q_{\text{bombeo}} = k_1 * Q_{\text{min}} \quad 3.1$$

Donde:  $Q_{\text{bombeo}}$  Caudal de bombeo ( $\text{m}^3 / \text{h}$ ).

$k_1$  Coeficiente calculado.

$Q_{\text{min}}$  Consumo mínimo ( $\text{m}^3 / \text{h}$ ).

- En función del período de retención.

$$Q_{bombeo} = \frac{T * Q_{dis}^2}{T * Q_{dis} - V_u} \quad 3.2$$

Donde:	$Q_{bombeo}$	Caudal de bombeo ( $m^3 / h$ ).
	T	Período de retención (h).
	$Q_{dis}$	Caudal de diseño o máximo ( $m^3 / h$ ).
	$V_{\text{útil}}$	Volumen útil ( $m^3$ ).

En ambos casos se debe cumplir:  $Q_{bombeo} > Q_{diseño}$

### 3.3 Determinación del Diámetro Económico de Tubería de Impulsión

Teóricamente el diámetro de la tubería de impulsión puede ser cualquiera. Si se toma un diámetro grande se tendrán pérdidas de carga pequeñas y potencias de sistema de bombeo reducidas. Las bombas serían de menor costo pero las tuberías serían de costo elevado. Si por el contrario se establece un diámetro pequeño, resultarán pérdidas grandes y mayor potencia de máquinas. El costo de la tubería sería bajo y los sistemas de bombeo serán costosos.

Por eso es necesario calcular un diámetro conveniente para que el costo total de las instalaciones sea mínimo. Esto se puede obtener con la fórmula de Bresse:

Para instalaciones de uso continuo:  $D = k\sqrt{Q}$  3.3

Para instalaciones de uso por horas:  $D = 1.3(N/24)^{1/4}\sqrt{Q}$  3.4

#### (Ecuación de Marquardt)

Donde:	D	Diámetro económico.
	K	Coficiente que varia entre 0.7 a 1.6 (Cuadro N° 3.1)
	N	Número de horas de bombeo por día.
	Q	Caudal de bombeo.

Cuadro N° 3.1 Diámetro económico de tuberías de descarga.

Fórmula de Bresse  $D = k\sqrt{Q}$  (ver ítem 7 Bibliografía)

D, mm.	Q en l / s			
	K = 1.0	K = 1.2	K = 1.3	K = 1.5
50	2.5	1.7	1.5	1.1
75	5.6	3.9	3.3	2.5
100	10.0	6.9	5.9	4.4
150	22.5	17.4	13.3	10.0
200	40.0	27.8	23.6	17.8
250	63	43	37	28
300	90	64	53	40
350	123	85	73	54
400	160	111	95	70
450	203	141	120	90
500	250	174	150	100
550	303	210	180	134
600	360	250	213	160

Las velocidades recomendadas en la tubería de impulsión son:

**Cuadro N° 3.2** Velocidad media más económica en tuberías. (Según Richter).

(Ver Bibliografía N°7)

<b>Velocidad media mas económica en tuberías ( m/s )</b>	
Tuberías de succión en bombas centrifugas, de acuerdo con la carga de succión, longitud, temperatura del agua (menos de 70 °C)	0.5 a 1.0
Tuberías de descarga en bombas	1.5 a 2.0

### 3.4 Criterios para determinar el Equipo de Bombeo – Motor

Para seleccionar los equipos de bombeo que más se adecuan a las condiciones de operación deseadas debemos conocer lo siguiente:

- Número y tipo de unidades de bombeo.

- Determinar la naturaleza exacta del fluido a bombear. Explicar de qué fluido se trata, su composición, propiedades químicas y físicas entre las que no deben faltar:
  - Temperatura.
  - Gravedad específica.
  - Viscosidad.
  - PH.
  - Sólidos en suspensión, características, diámetro máximo del sólido, concentración.
- Indicar los caudales máximo y mínimo requeridos (l / s, m<sup>3</sup> / h).
- Funcionamiento de bombas: en serie o en paralelo.
- Determinar el tipo de servicio: continuo o intermitente.
- Disponibilidad del tipo de energía para el accionamiento: motor eléctrico, de combustión, etc.
- Especificar dimensiones de las instalaciones y del espacio disponible.

## **Funcionamiento de Bombas**

Hay casos en que las necesidades de un sistema exigen que varíe la carga o el gasto. En esos casos se deben usar las bombas en serie o en paralelo.

### ***Bombas en paralelo***

En el caso de que las bombas operen en paralelo se debe sumar sus capacidades para una misma carga. A menudo se comete el error de suponer que el caudal total de dos bombas, de iguales características, que operan en paralelo es igual al doble del caudal entregado por cada una de ellas, lo cual no es correcto. Los ensayos muestran que el caudal total entregado es menor. Esto se puede ver en el siguiente gráfico.

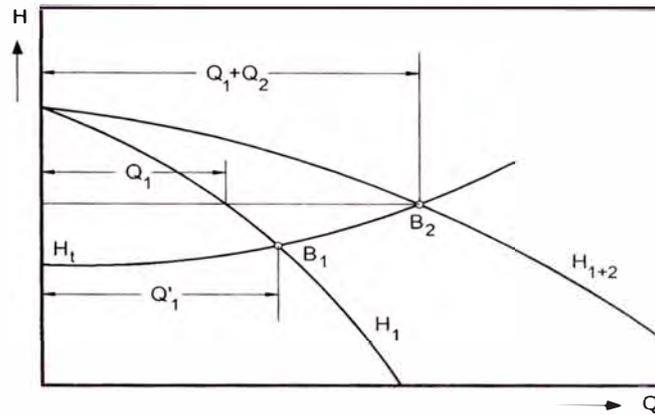


Figura N° 3.2 Funcionamiento de bombas en paralelo.

### Bombas en serie

Mientras que el servicio de bombas en paralelo es muy frecuente y usado, la conexión en serie se aplica en un reducido número de casos, especialmente cuando no es posible disponer de una bomba que alcance por sí sola la altura necesaria. En este caso el rendimiento requerido se obtiene agregando las cargas a la misma capacidad. Como en el caso anterior el siguiente gráfico muestra el funcionamiento de dos bombas en serie.

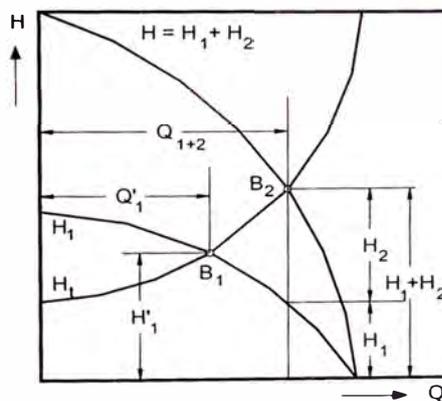


Figura N° 3.3 Funcionamiento de bombas en serie.

Con toda esta información se puede realizar el proceso de selección de los equipos de bombeos y de los motores requeridos. El procedimiento de selección tiene las siguientes etapas:

1. Cálculo de pérdidas de carga en tuberías y accesorios

En este paso se debe calcular todas las pérdidas de carga correspondiente a las tuberías y accesorios presentes en el sistema de bombeo. Las principales pérdidas de cargas a tener en cuenta son:

- a. Pérdidas de carga en tuberías de succión
    - Válvulas de pie y rejilla.
    - Codo de 90°.
    - Tubería de succión.
    - Válvula compuerta.
    - Unión flexible.
    - Reducción excéntrica.
  
  - b. Pérdidas de carga en tubería de descarga
    - Ampliación concéntrica.
    - Unión flexible.
    - Válvulas de retención.
    - Válvula compuerta.
    - Codo de 90°.
    - Yee.
    - Tubería de descarga.
    - Válvula de purga de aire.
  
  - c. Pérdidas de carga en tubería de impulsión
2. Cálculo del N. P. S. H. disponible

Este valor deberá ser mayor que el valor de N. P. S. H. requerido de la bomba a seleccionar.
  
  3. Definición del tipo de funcionamiento de la bomba

Se debe escoger la forma en que las bombas funcionarán al momento de elevar o bombear el desagüe. Como se mencionó anteriormente se debe escoger entre el funcionamiento en serie o en paralelo.

#### 4. Selección del equipo de bombeo

La selección de la bomba se realiza a través de las Curvas de Performance. Cada bomba tiene una Curva de Performance característica con la cual se puede determinar si cumple con los requerimientos buscados. Los datos a utilizar para hacer la selección son:

- Altura dinámica total (H)
- Caudal de bombeo (Q)
- Eficiencia de operación (%)

Los que se busca es hallar el Punto de Operación de mayor eficiencia, el cual se ubica intersectando las líneas que parten de los valores de H y Q dados a partir de cada uno de sus respectivos ejes.

Para cada bomba se ubicará un Punto de Operación y el que logre un mayor nivel de eficiencia será el que determine cual será la elegida.

Algunas empresas proveedoras de equipos de bombeo tienen software o programas especiales que realizan la selección y muestran todas las posibles soluciones entre sus equipos.

#### 5. Cálculo de la potencia del motor

Se recomienda que la potencia del motor a usar sea de 1.15 a 1.20 veces la potencia de la bomba evitando así un posible recalentamientos de éste y las pérdidas mecánicas de transmisión de energía.

La potencia de un sistema de bombeo estará dado por:

$$P_{ot} = \frac{\gamma \times Q \times H}{76n} \quad 3.5$$

Donde:

Pot	Potencia del sistema. (HP)
$\gamma$	Peso específico del líquido a ser elevado.
Q	Caudal o descarga. (m <sup>3</sup> / s)
H	Altura manométrica total. (m)
$\eta$	Eficiencia del sistema de bombeo. $\eta = \eta_{\text{motor}} * \eta_{\text{bomba}}$

### Accesorios y equipos complementarios

Entre los principales accesorios y equipos que forman parte de los sistemas de bombeo son los siguientes:

#### Válvula de pie con coladera

La coladera es una malla que impide la entrada de cuerpos extraños que puedan dañar la bomba. La colocación de la válvula de pie depende del sistema de bombeo: si se trata de succión negativa, es decir, que el eje de la bomba está localizado por encima del nivel del agua en el pozo húmedo, es necesaria la válvula de pie con el fin de impedir que la tubería de succión se desocupe y por consiguiente se descebe la bomba. Por el contrario, si la succión es positiva (el nivel del agua en el pozo húmedo se encuentra por encima del eje de la bomba) no será necesaria la colocación de la válvula de pie.

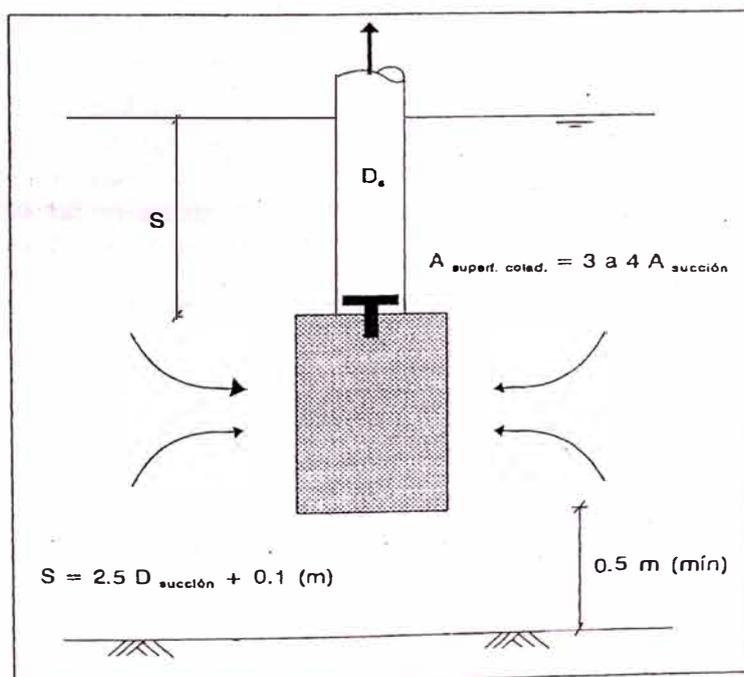


Fig. 3.4 Válvula de pie con coladera (ver Bibliografía N°7)

El área de la coladera debe ser de 3 a 4 veces el área de la tubería de succión. Por otra parte, la coladera debe tener una sumergencia adecuada de manera que se evite la entrada de aire a la tubería de succión cuando el nivel del agua en el pozo húmedo se encuentre en su punto más bajo. La sumergencia recomendada es:

$$S = 2.5 \times D_s + 0.10 \quad 3.6$$

Siendo:                    S        = sumergencia.  
                              D<sub>s</sub>     = diámetro de la tubería de succión (m).

Igualmente se recomienda que exista una distancia mínima de 50 cm. desde el fondo del pozo hasta la coladera.

### **Tubería de succión**

El diámetro de la tubería de succión nunca debe ser inferior al diámetro de la tubería de impulsión ni tampoco inferior al diámetro del orificio de entrada de la tubería de succión a la bomba. Se recomienda utilizar el diámetro comercial inmediatamente superior al de la tubería de impulsión. La velocidad del agua en esta tubería debe estar comprendida entre 0.6 y 0.9 m/s.

Se debe procurar diseñar esta tubería lo más recta y corta posible, evitando codos y uniones T horizontales.

### **Reducción excéntrica**

En el caso que el diámetro de la tubería de succión sea mayor que el diámetro de entrada a la bomba, se debe colocar una reducción excéntrica con el fin de evitar la acumulación de aire que ocurriría en la parte superior de la reducción concéntrica.

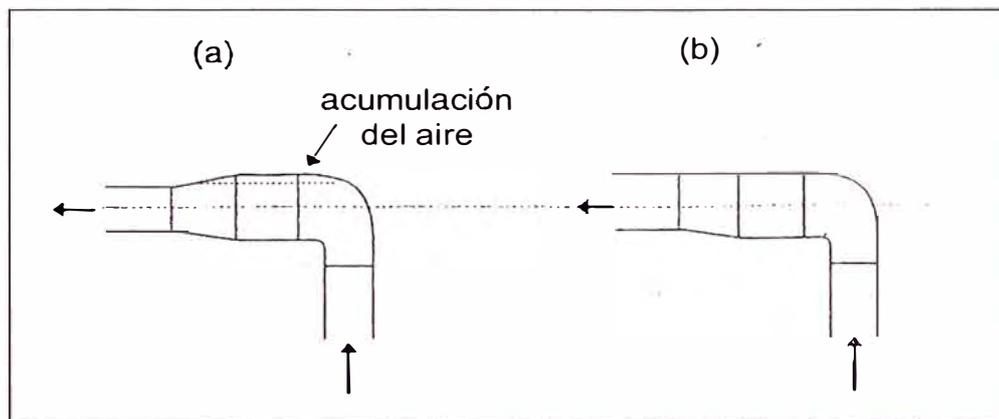


Fig. 3.5 (a) Reducción excéntrica. (b) Reducción concéntrica.  
(ver Bibliografía N°7)

### Ampliación concéntrica

Del lado de la impulsión no existe problema con la formación de bolsas de aire y por lo tanto, de ser necesario el cambio de diámetro, la ampliación puede ser concéntrica.

### Válvula de retención o Check

La función de esta válvula es permitir el paso del agua en la dirección del bombeo y evitar el flujo inverso. De no existir esta válvula, al detener el bombeo quedaría actuando sobre el rodete, y por consiguiente sobre el eje de la bomba, toda la cabeza estática de impulsión, lo cual llevaría a posibles daños del rodete y del eje a largo plazo. Necesariamente para su funcionamiento se debe instalar conjuntamente con una válvula de alivio. La válvula de retención debe ser colocada entre la válvula de compuerta y la bomba.

### Válvula de alivio

Es una válvula del tipo modulante. Cuando se encuentra en operación actúa por la presión de la línea a través de un sistema de control piloto, abre rápidamente para mantener una presión constante en la línea y cierra gradualmente para evitar las ondas de sobrepresión.

Generalmente se coloca en la zona baja del sistema con relación a la zona alta de gran demanda, actuando la válvula para mantener la presión deseada y evitar la caída de presión en la zona superior.

En bombeos, durante su operación, la válvula mantiene una presión constante y provee protección contra los golpes de ariete que suele suceder al parar el bombeo.

### **Válvula compuerta**

Consiste en una compuerta deslizante de movimiento vertical, y de geometría rectangular o circular. El desplazamiento de la compuerta se lleva a cabo mediante el giro de un eje, accionado por un volante, llave de cuadrillo, motor eléctrico, etc. A igualdad de diámetro con la tubería en que se instala, apenas si presenta pérdida de carga cuando está totalmente abierta. Por ello y por ser una válvula que presenta unas buenas características en lo que a estanquidad se refiere es muy utilizada como válvula todo – nada. Sirve cuando está cerrada, para interrumpir el flujo en caso de eventuales reparaciones o sustituciones.

### **Válvula de purga de aire**

Este tipo de válvula permite la salida de pequeñas cantidades de aire durante el funcionamiento de los equipos de bombeo cuando la tubería se encuentra trabajando con sobrepresión interna. Se colocarán inmediatamente después de una válvula de interrupción en tuberías principales.

### **Otros dispositivos complementarios**

La mayoría de las Cámaras de bombeo requieren de los siguientes dispositivos auxiliares:

- a) Boyas o electrodos para el accionamiento de las llaves de comando de los motores ubicados en función a niveles máximos y mínimos de agua residual en la cámara húmeda.
- b) Bomba para el agua de condensación, de infiltración o de filtración que eventualmente pueden presentarse en la cámara seca.
- c) Puente grúa, teclé u otro mecanismo para la suspensión del conjunto elevatorio de bombas.

## **3.5 Diseño Estructural de la Cámara de bombeo**

Para el diseño estructural de la Cámara de Bombeo debe considerar principalmente las presiones a las que serán sometidos los muros por parte del terreno que la circunda y del líquido que contendrá.

También se debe tener en cuenta las cargas verticales que se originan por estructuras construidas sobre los muros y de las cargas vivas en sus losas.

En la actualidad existen varios programas de cómputo con los que se pueden modelar los diferentes casos que se pueden presentar y obtener valores reales de los momentos y esfuerzos presentes en las estructuras de concreto que se desean diseñar. Otra forma de obtener estos valores es por medio de tablas que determinan momentos y fuerzas cortantes como resultado de experiencias sobre modelos de reservorios basados en la teoría de Placas y Láminas de Timoshenko, uno de los diversos autores del tema.

Cabe hacer mención que el diseño de este tipo de estructuras se hace usando el método de cargas de servicio.

El primer paso para realizar el diseño estructural es hacer un predimensionamiento las estructuras que formarán parte de la Cámara de Bombeo, es decir asumir valores para los espesores de los muros exteriores (sea de forma rectangular o cilíndrica), los muros interiores (los que separan las distintas zonas dentro de la cámara), la losa de fondo, la losa superior o de techo y cualquier otro elemento o estructura de concreto que forme parte de la Cámara.

Algunos valores sugeridos para el predimensionamiento de los elementos estructurales principales de una Cámara de Bombeo son:

<b>Tipo de elemento</b>	<b>Espesor</b>
Muros exteriores	0.20 a 0.25 m.
Muros interiores	0.25 m.
Losa de fondo	0.30 m.
Losa superior o de techo	0.20 a 0.25 m.

Los requerimientos para el concreto y el acero a usar son:

Resistencia del concreto a compresión	$f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$
Resistencia a la fluencia	$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

No se debe olvidar que los equipos de bombeo transmiten vibraciones durante su funcionamiento por lo que se debe dimensionar las bases de concreto para absorber dichas vibraciones.

### 3.5.1 Cálculo de momentos y espesores de muros

Los muros estarán sometidos al empuje del terreno, así como del líquido que se almacenará en el interior. Por esto, se debe tener en cuenta para el cálculo de momentos y esfuerzos en la estructura los siguientes tipos de empuje:

#### Empuje del terreno

El empuje mínimo horizontal de tierra esta dado por:

$$P_t = K_a \times \gamma_s \times Z \quad 3.7$$

$$K_a = \text{tg}^2(45^\circ - \phi/2) \quad 3.8$$

Donde:	$P_t$	Empuje mínimo horizontal del terreno.
	$\gamma_s$	Densidad especifica del terreno (kN / m3)
	Z	Profundidad de la estructura (m)
	$K_a$	Coefficiente de empuje activo.
	$\phi$	Ángulo de fricción interna.

La fuerza o empuje resultante por unidad de longitud de muro se puede hallar por la expresión de empuje activo:

$$E_t = \frac{1}{2} \times K_a \times \gamma_s \times H^2 \quad 3.9$$

Donde:	$E_t$	Empuje por unidad de longitud del terreno.
	H	Profundidad total de la estructura (m)

La línea de acción está a la profundidad de  $2H/3$ .

### Empuje de presión de agua

El empuje debido a la presión del agua con respecto a la profundidad de la estructura esta dado por:

$$E_a = \frac{1}{2} \times \gamma_a \times H_a^2 \quad 3.10$$

Donde:  $E_a$  Empuje por unidad de longitud del agua.  
 $\gamma_a$  Peso específico del agua ( $\text{kN} / \text{m}^3$ )  
 $H_a$  Altura o nivel de líquido en el interior (m)

La línea de acción está a la profundidad de  $2H_a/3$ .

Para el cálculo de los momentos y esfuerzos podemos usar Tablas de Diseño y Programas de cómputo de Diseño Estructural. A continuación se dan algunas recomendaciones para el cálculo en cada caso.

El cálculo de la estructura se realiza con el programa SAP 2000. En sus últimas versiones este programa nos permite estudiar casi cualquier estructura entre las cuales se tienen los muros rectangulares, los muros cilíndricos e incluso losas circulares. Para desarrollar un modelo en este programa, se recomienda los siguientes pasos:

- Definir las unidades en la que se trabajara el modelo.
- Elaborar la geometría según las plantillas del programa (Wall, Cylinder o Dome).
- Asignar restricciones a nudos de apoyo.
- Referenciar cada sección de la estructura. Cuando se usa una plantilla ésta se ubica siempre tomando como referencia el origen, por lo que se debe trasladar cada una de las secciones a una coordenada adecuada para que no se superpongan.
- Definir las propiedades del material de las estructuras.

- Definir las secciones tipo Shell (Muros, losas).
- Asignar a los elementos las secciones tipo Shell.
- Definir estados de carga (peso propio, presión de agua, presión del terreno).
- Asignar cargas estáticas o de presión a elementos con secciones tipo Shell.
- Definir combinaciones de carga.
- Correr el programa.
- Visualizar resultados.

Para losas circulares se deberá calcular previamente las coordenadas de puntos internos para poder modelarlas.

### 3.6 Diseño de muros

Aplicando tablas de diseño o programas de diseño estructural el máximo momento flector vertical se ubica, generalmente, cerca de la parte inferior del muro donde se une a la losa de fondo. Calculado este momento podemos verificar el espesor del muro (supuesto anteriormente) y determinar el acero de refuerzo usando las siguientes expresiones:

$$A_s = \frac{M}{\phi \times f_y \times (d - a/2)} \quad 3.11$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f'_c \times b} \quad 3.12$$

Donde:	$A_s$	Área de refuerzo de tracción.
	$M$	Momento último de diseño.
	$\phi$	Factor de reducción de resistencia.
	$f_y$	Esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo
	$d$	Peralte de muro.
	$b$	Ancho de la cara en compresión del muro (100.00 cm.)
	$a$	Profundidad de esfuerzo de compresión en el concreto.

En el caso del muro interior, que separa la cámara húmeda de la cámara seca, sólo se encontrará sometido a la presión de agua, la cual originará mayores momentos cuando se encuentre llena la cámara húmeda hasta su nivel máximo.

Para el refuerzo horizontal se puede tomar como valor mínimo:

$$A_{s \min} = 0.0018 \times b \times e \quad 3.13$$

Donde:  $A_{s \min}$ . Área mínima de refuerzo de tracción.  
b Ancho de muro (100.00 cm.)  
e Espesor de muro.

### 3.7 Diseño de Losas

#### Diseño de Losa de Techo

Para el diseño de la losa de techo se debe considerar como una losa armada en dos direcciones y apoyada en todo su borde. Las cargas que se deben tener en cuenta son el peso propio y las cargas vivas que soporte la misma (equipos y otros).

Esta losa va tener dos aberturas cuyos bordes son vigas y deben tener el refuerzo necesario, que debe ser tomado en cuenta cuando se realice los cálculos y diseño respectivos.

Existen tablas de diseño de losas armadas en dos direcciones como la del ACI que puede ser usado para el caso de losas rectangulares o cuadradas. Para las losas circulares existen tablas de diseño que proporcionan momentos radiales y tangenciales. En ambos casos los momentos que se obtienen son conservadores.

El diseño será realizado mediante el uso de un programa de diseño estructural con el que se puede obtener resultados más exactos.

Otra forma aproximada para el diseño de la losa superior o de techo es el de tomar franjas de 1.00 m. de ancho afectadas por las sobrecargas correspondientes y calcular los momentos de diseño como para el cálculo de viguetas. Esta forma de cálculo

podría usarse si es que no se cuenta con los medios o tecnología suficientes para realizarlo con mayor precisión.

### Diseño Losa de Fondo

Al igual que la losa para el techo, la losa de fondo se considera como una losa armada en dos direcciones con sus bordes empotrados. Las sobrecargas a tener en cuenta son el peso propio de concreto y el peso propio del agua (en la cámara húmeda) y en la cámara seca el peso de los equipos de bombeo y accesorios a instalarse. Las cargas distribuidas a tener en cuenta son las generadas por el peso de los muros de borde o cuba y del muro central que divide la cámara húmeda con la cámara seca.

Cuando las zonas tengan un nivel freático alto, deberá tomar en cuenta las fuerzas de subpresión que actuarán sobre la losa de fondo, evitando posibles asentamientos diferenciales y levantamientos de la estructura (especialmente durante la construcción de la losa de fondo).

### Distribución de armadura de refuerzo

En cada sección de la estructura de la cámara se tendrá una distribución casi similar que depende de los momentos que debe resistir. Algunos valores recomendados para el diseño y colocación del refuerzo son:

Cuantía de refuerzo vertical  $0.0025 \leq \rho_v = A_s / (e * b) \leq 0.06$

Cuantía de refuerzo horizontal  $0.0025 \leq \rho_h$

Espaciamiento máximo  $s \leq 3 * e \quad s \leq 30 \text{ cm.}$

La distribución recomendada para cada uno de los elementos de la estructura es la siguiente:

### Muros

Deberán tener un doble enmallado vertical (si son muros de espesor mayor a 0.25 m) y adicionalmente un refuerzo en la parte inferior hacia el lado exterior de la cámara. La altura de este refuerzo dependerá de donde se encuentren los momentos máximos generados por las fuerzas de empuje. El muro central debe tener ese mismo refuerzo hacia el lado de la cámara húmeda. El refuerzo vertical deberá extenderse hasta

alcanzar la losa de fondo y el sobrecimiento de los muros que se levanten sobre ellos. El refuerzo horizontal se extenderá en toda la extensión del muro.

### Losa de fondo

La losa de fondo tendrá una doble malla de acero de refuerzo con varillas dispuestas de forma perpendicular. El acero de la malla inferior es de mayor diámetro que el de la malla superior. En la zona donde se levantarán los muros exteriores e interiores se debe colocar una viga de amarre para asegurar la posterior colocación de los refuerzos verticales de los muros. Dependiendo del diseño algunas losas tienen una ampliación de su espesor, en las zonas donde se levantarán los muros, en los cuales también deben colocarse refuerzos mínimos para formar una sola unidad con la losa principal.

### Losa de techo

Similar a la losa de fondo, esta llevara una doble malla de acero de refuerzo pero que dependerá de las longitudes máximas de los paños que se formarán debido a las aberturas existentes en la losa. Las viguetas de cada paño de losa se apoyarán en los bordes de los muros y en las vigas existentes en los bordes de las aberturas. Generalmente se usa un mismo diámetro de acero de refuerzo para la malla superior e inferior.

### Diseño por esfuerzo cortante

Para la verificación del esfuerzo cortante se aplica las siguientes ecuaciones:

$$V_c > \frac{V_u}{\phi} \quad 3.14$$

$$V_c = 0.53 \times \sqrt{f'_c} \times b \times d \quad 3.15$$

Donde:	$V_c$	Resistencia nominal del concreto.
	$V_u$	Resistencia requerida de diseño.
	$\phi$	Factor de reducción de resistencia ( $\phi = 0.75$ ).
	$f'_c$	Resistencia a la compresión del concreto (kg / cm <sup>2</sup> )

- b Ancho de la cara en compresión del muro (1.00 m.)
- d Peralte del muro.

Si no se cumple esta relación se deberá tomar como cuantía mínima de diseño horizontal el valor determinado por la siguiente expresión:

$$\rho_h \geq \frac{V_u - \phi \times V_c}{\phi \times f \times b \times d} \quad 3.16$$

## CAPÍTULO 4            APLICACION

### 4.1      Generalidades

Para diseñar esta estación de bombeo debemos cumplir con las especificaciones que aplican a este sistema, según el Reglamento de Elaboración de Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado para Habilitaciones Urbanas de Lima Metropolitana y Callao de SEDAPAL del 2004, que indica lo siguiente respecto a estaciones de Bombeo:

- Toda estación de bombeo esta conformada por la caseta y su equipamiento.
- Cada caseta esta constituida por una cámara húmeda destinada a almacenar los desagües, una cámara seca para alojar a los equipos y sus elementos complementarios.
- La capacidad de la cámara húmeda se determinara en función de los caudales de ingreso y de bombeo, para no llegar a un tiempo de almacenamiento que genere procesos biológicos avanzados, ni tener intervalos de tiempo muy cortos entre dos arranques consecutivos de los equipos. El dimensionamiento mínimo en planta de la cámara húmeda, estará dado por el número y tipo de los equipos de bombeo, con sus elementos complementarios.
- El piso de la cámara húmeda deberá tener una pendiente mínima de 1 en vertical y 2 en horizontal hacia la succión de las bombas.
- El dimensionamiento de la cámara seca tendrá dos compartimientos: el primero será para alojar a los equipos, tableros, tuberías, accesorios y válvulas; y el segundo para alojar la fuente de energía eléctrica.
- Tanto la cámara seca como la húmeda, deberán tener fácil acceso de las maquinarias, personal de operación y mantenimiento y contar con las dimensiones apropiadas de puertas y/o accesos que permitan el manipuleo, montaje y desmontaje de los equipos de bombeo.
- Los equipos y elementos complementarios que requiere toda estación de bombeo de desagües son los siguientes:
  - a) Tres electrobombas con sus correspondientes accesorios, para trabajo secuencial y simultáneo de dos de ellas, manteniendo a la otra alternadamente en reserva.

- b) Sistema de control automático de arranque y parada en forma secuencial de los equipos de bombeo, con relación al nivel de desagüe en la cámara húmeda.
- c) Válvulas check de control automático, para apertura rápida y cierre lento.
- d) Uniones flexibles tipo Dresser
- e) Válvulas de aire de desagüe.
- f) Válvulas tipo Bola.
- g) El diseño de la cantidad de electrobombas serán planteadas de manera que nos permita el menor número de arranques y paradas y sujeto a la demanda de descarga en las condiciones mínimas, intermedias y máximas de evacuación de tal forma que genere un mínimo consumo de energía eléctrica.

## 4.2 Datos básicos de Diseño

### Población:

<u>Usos de la Tierra</u>	<u>Densidad</u>
Para Uso de Vivienda	7 Hab. /Vivienda

**Dotación** (Ver Cuadro 2.5 del informe Bombeo de las Aguas Residuales de la Universidad Nacional de Educación y Población Aledaña al Colector Chosica, Formulación en Marco del SNIP):

<u>Tipo de Habilitación</u>	<u>Dotación</u>
Vivienda	150 l./hab./día
Centros universitarios	25 l./alum./día

### Variación de consumo o gasto:

Máximo Diario	:	1.30
Máximo Horario	:	2.60

### Demanda contra incendio:

Por tratarse de una habilitación urbana con una población menor de 10,000 habitantes no se considera demanda contra incendio.

### Caudales de distribución del sistema de alcantarillado:

Se considera que el ochenta por ciento (80%) del caudal de agua potable consumido ingresa al sistema de alcantarillado. El porcentaje señalado se aplicará al caudal máximo horario de agua potable.

Basándose en los datos básicos de diseño tendremos:

### Requerimiento de consumo de agua potable:

Cuadro N° 4.1

Habilitaciones	N° Lotes	Población (Hab)	Q prom. l/s	Q.M. Hor. l/s
A.H. Luis Bueno Quino	26	166	0.29	0.75
A.H. Oswaldo Burga Saldaña	78	491	0.85	2.22
A.H Santo Domingo	197	1462	2.54	6.60
Asoc Los Cañaverales	21	132	0.23	0.60
Coop Villa Del Sol	187	1103	1.91	4.98
Urb La Cantuta	61	287	0.50	1.30
Urb Villa Chosicana	58	342	0.59	1.54
Universidad Enrique Guzman y Valle	1	10000	2.89	7.52
Club Regatas	1	200	0.35	0.90

Caudal Promedio: 10.16 l/s  
36.58 m<sup>3</sup>/h

### Caudales de distribución al sistema de alcantarillado.

Cuadro N° 4.2

Habilitaciones	N° Lotes	Población (Hab)	Q.M. Hor. l/s	Porcentaje %	Q dis. l/s
A.H. Luis Bueno Quino	26	166	0.75	80	0.60
A.H. Oswaldo Burga Saldaña	78	491	2.22	80	1.77
A.H Santo Domingo	197	1462	6.60	80	5.28
Asoc. Los Cañaverales	21	132	0.60	80	0.48
Coop. Villa Del Sol	187	1103	4.98	80	3.98
Urb. La Cantuta	61	287	1.30	80	1.04
Urb. Villa Chosicana	58	342	0.59	80	1.24
Universidad Enrique Guzman y Valle	1	10000	2.89	80	6.02
Club Regatas	1	200	0.35	80	0.72

Caudal de Diseño: 22.12 l/s  
76.05 m<sup>3</sup>/h

### 4.3 Descripción del Proyecto

#### 4.3.1 Cámara de bombeo de desagüe

##### Objetivo.

El objetivo del Proyecto evacuar las aguas servidas que, por las condiciones topográficas adversas de la zona, no permite drenarlo por gravedad. La ubicación se ha determinado para recibir el desagüe por gravedad y bombearlo a la red colectora principal.

##### Alcances del Proyecto.

Desde esta cámara se impulsará el desagüe hacia el buzón S/N ubicado en la intersección de la calle Solea y la carretera Central.

La Cámara de Bombeo tiene las siguientes características:

Caudal de diseño	21.12 l / s.
Forma de la cámara	Cilíndrica.
Radio interior	2.85 m.
Volumen útil de la cámara húmeda	19.84 m <sup>3</sup> .
Caudal de bombeo	44.18 l / s – 159.02 m <sup>3</sup> / h.

##### Línea de Impulsión.

La línea de impulsión existente es de fierro ductil y tiene un Diámetro exterior de 200mm, se ha asumido un espesor de 3/16" debido a que no fue posible verificar físicamente, esta línea de impulsión descargará las aguas servidas desde la Cámara de Bombeo, hasta el empalme con el buzón indicado.

Esta línea de impulsión se encuentra en buenas condiciones por lo que no se requiere cambiar la tubería que has sido instalado en el año de 1,987 por la ONG JICA.

Para determinar el diámetro requerido actualmente usamos la ecuación de Bresse.

Fórmula de Bresse  $D = k\sqrt{Q}$  , con k: 1.3

$$D = 6,11$$

a partir del cual seleccionamos una tubería de diámetro 8" respectivamente, por la ser la tubería comercial inmediata superior y que coincide con el diámetro de la tubería existente.

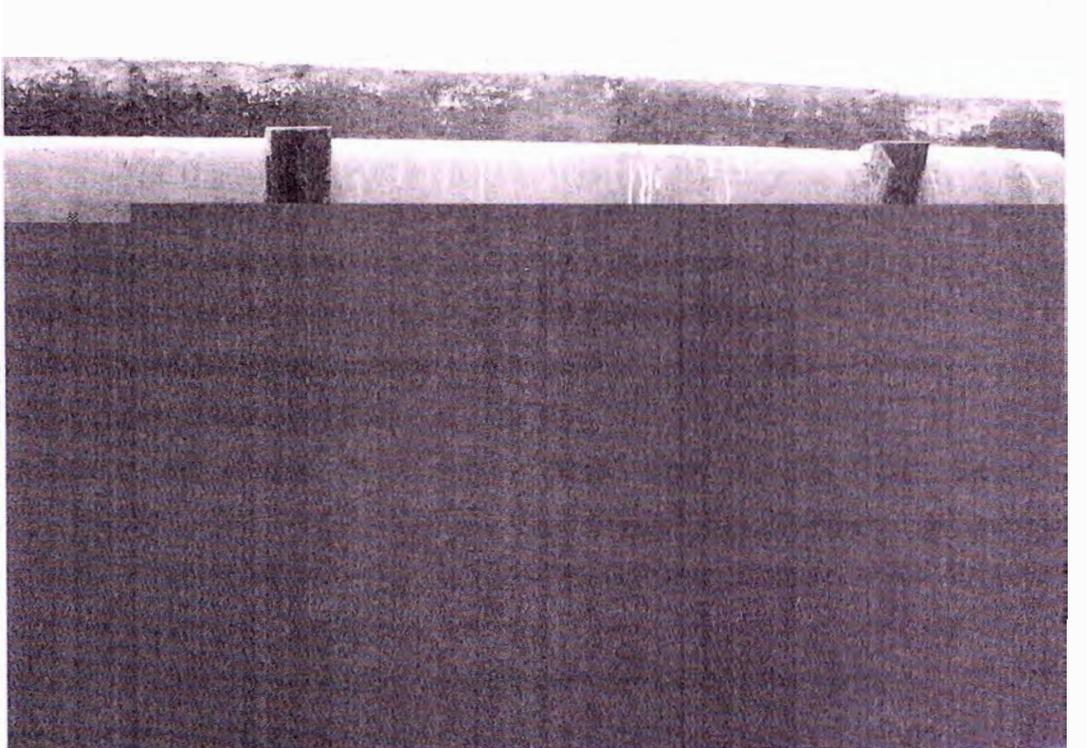


Fig. N° 4.1 Tubería de Impulsión existente.

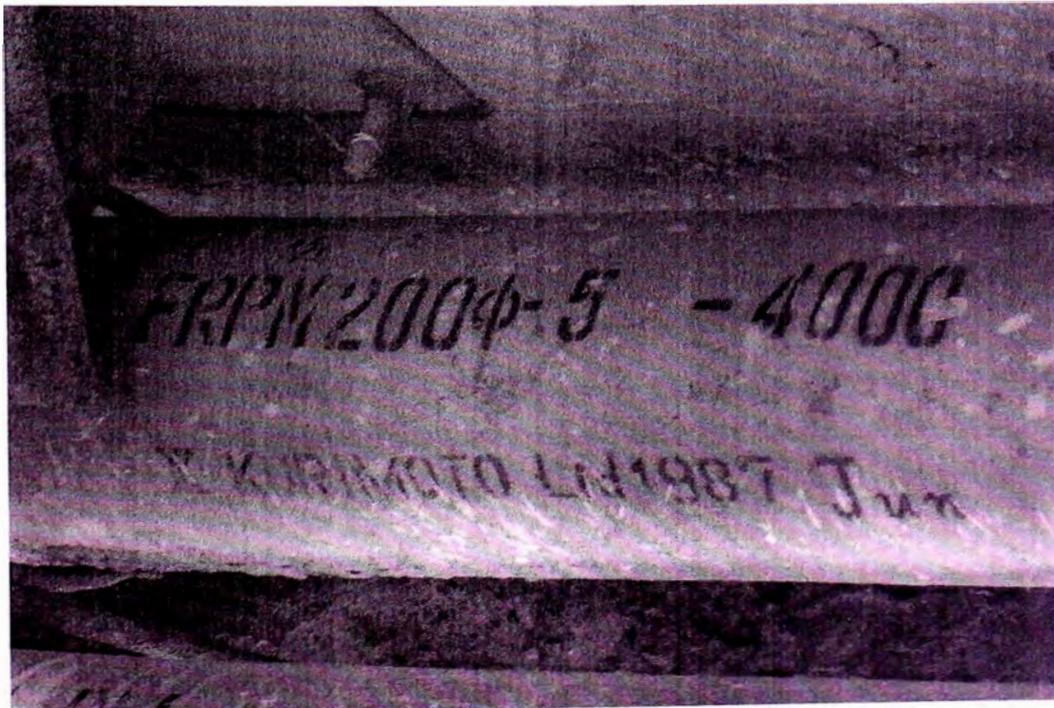


Fig: N°4.2 Marca, Modelo, diámetro exterior y longitud de la tubería.

## 4.4 DISEÑO HIDRAULICO DE LA CAMARA DE BOMBEO

OBRA: Cámara de Bombeo para Desagüe

UBICACIÓN: Margen izquierdo del Río Rímac (UNE y zonas aledañas)

### 4.4.1 CALCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO

#### Densidad Poblacional:

Dotación Promedio viviendas:	150 l/hab/día
Dotación Centros Universitarios:	25 l/alum./día
Variación del Gasto Máximo Horario:	2.6
Variación del Gasto Máximo Diario:	1.3
Caudal para el alcantarillado:	80% del caudal de agua potable. (Considerado según Reglamento de SEDAPAL)

Del cuadro N° 4.2, se obtienen los caudales de diseño y promedio.

Caudal de Diseño: 21.12 l/s  
76.05 m<sup>3</sup>/h

Caudal Promedio: 10.16 m<sup>3</sup>/h

Se realizaron mediciones de caudal directo de la Tubería que descarga las aguas residuales al río y los resultados obtenidos fueron los siguientes:

#### Caudales obtenidos de mediciones que descargan directo al río

Cuadro N° 4.3

Aforo	Fecha	Volumen (l)	Tiempo(seg)	Caudal(l/s)	Caudal(m <sup>3</sup> /h)
1	18/11/2007	9,7	1,3	7,46	26,86
	18/11/2007	8,6	1,0	8,60	30,96
	18/11/2007	9,4	1,3	7,23	26,03
	18/11/2007	7,6	0,9	8,44	30,40
2	19/11/2007	8,1	1,1	7,36	26,51
	19/11/2007	9,0	1,1	8,18	29,45
	19/11/2007	8,8	1,1	8,00	28,80
	19/11/2007	7,8	0,95	8,21	29,56
3	15/12/2007	8,7	1,1	7,91	28,47
	15/12/2007	8,9	1,15	7,74	27,86
	15/12/2007	9,2	1,3	7,08	25,48
	15/12/2007	8,2	0,95	8,63	31,07

De ambos resultados obtenidos se toma el mayor para efecto del diseño de la cámara de bombeo.

### Caudales Máximo y Mínimo.

Caudal Máximo:  $Q_{\max} = Q_{\text{diseño}}$   
 $Q_{\max} = 76.05 \text{ m}^3/\text{h}$   
 Caudal Mínimo:  $Q_{\min} = Q_{\text{promedio}} \cdot 0.8 \cdot 0.5$   
 $Q_{\min} = 14.62 \text{ m}^3/\text{h}$   
 $K = Q_{\max}/Q_{\min}$        $K = 5.20$

### Periodos de Retención Máximo y Mínimo

Periodo de retención máximo: 30 min.  
 Periodo de retención mínimo: 07 min.  
 $a = PR_{\max}/PR_{\min}$        $a = 4.29$

#### 4.4.2 Calculo del Volumen Útil de la Cámara.

Se debe cumplir lo siguiente:

$$(a - k^2)^2 > 4(k - a)k(k - 1)(1 + a)$$

517.76 > 420.54 se cumple la relación.

Además:

$$(k - a)^2 k^2_1 + (a - k^2)k_1 + k(k - 1)(1 + a) = 0$$

Desarrollando la ecuación cuadrática se obtiene lo siguiente:

$$Ak^2_1 + Bk_1 + C = 0$$

Donde  $A = 0.84$   
 $B = -22.75$   
 $C = 115.42$   
 $K_1 = 6.74$  y  $K_1 = 20.50$

De ambos valores se toma el menor por que será el más económico.  
 Luego el volumen se calcula a partir de la siguiente formula.

$$V_{ch} = \frac{PR_{\min} \times Q_{mix} \times k(k_1 - 1)}{(k_{11} + k - 1)}$$

$$V_{ch} = 16757.85 \text{ l}$$

$$V_{ch} = 16.76 \text{ m}^3$$

### Forma de la Cámara de Bombeo.

La cámara de bombeo será de forma circular con un diámetro de 6.10m

Tendrá un muro divisorio de concreto de espesor:  $e = 0.25\text{m}$

### Calculo del Área de la Cámara Húmeda.

$$A_{ch} = A_t/2 - A_{md}/2.$$

$$A_{ch} = 12.40\text{m}^2$$

### Calculo del tirante Util.

$$T_u = N_{\max} - N_{\min}.$$

$$T_u = 1.60\text{m}^2$$

### Volumen Útil de la Cámara Húmeda

Se expresa como el producto del área de la cámara húmeda y el tirante útil.

$$V_{ch} = A_{ch} \cdot T_u.$$

$$V_{ch} = 19.84\text{m}^3$$

Debe cumplirse que el  $V_{ch} < V_{ch}$

$$16.76 < 19.84 \quad \text{ok.}$$

### 4.4.3 Calculo del Caudal de Bombeo y Periodo de Retención

Volumen del plano inclinado a descontar: 0.0m<sup>3</sup>

Volumen útil: 19.84 m<sup>3</sup>

Periodo de retención sugerido (T): 30 min.

### Caudal de bombeo.

Se determina a partir de la siguiente ecuación.

$$Q_b = \frac{T \times Q_{dis}^2}{T \times Q_{dis} - V_u}$$

$$Q_b = 159.02 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_b = 44.18 \text{ l/s}$$

### Periodo de Parada.

$$P_p = \frac{V_u}{Q_{dis}}$$

$$P_p = V_u/Q_{dis}.$$

$$P_p = 0.26 \text{ horas}, P_p = 15.65 \text{ min.}$$

### Periodo de Funcionamiento

$$P_f = \frac{V_u}{Q_b - Q_{dis}}$$

$$P_f = 0.24 \text{ horas}$$

$$P_f = 14.35 \text{ min.}$$

### Periodo de Retención Calculado

El periodo de retención calculado es la suma del periodo de parada mas el periodo de funcionamiento.

$$P_r = P_p + P_f$$

$$P_r = 0.50 \text{ horas} = 30 \text{ min.}$$

### CALCULO DE LA PERDIDA DE CARGA DEL EQUIPO DE BOMBEO.

#### CALCULO DE VELOCIDADES

Caudal de bombeo por Equipo: 21.12 l/s.

Cuadro N° 4.4 Perdida de carga en tuberías y accesorios

Vel.	Ø tubería (m)	Radio (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Area (m <sup>2</sup> )	V (m/s)	V <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )	
Va	0.10	0.050	0.0221	0.0079	2.811	7.904	
Vb	0.10	0.050	0.0221	0.0079	2.811	7.904	
Vc	0.16	0.080	0.0221	0.0201	1.098	1.206	
<b>PERDIDA DE CARGA EN ACCESORIOS</b>							
Item	Accesorios	Cantidad	Perdida Carga media	Valor	HL (m)		
1	de deposito a tubería ( entrante)	1	0.50Va <sup>2</sup> /2g	0.2014	0.201		
2	Codo de 100mm x 90°	1	0.90Va <sup>2</sup> /2g	0.3626	0.363		

3	Válvula Compuerta abierta Ø100mm	1		$0.20Va^2/2g$	0.0806	0.081	
4	Contracción Gradual - entrante	1		$0.50(Va-Vb)^2/2g$	0.0000	0.000	
5	Contracción Gradual - saliente	1		$0.50(Va-Vb)^2/2g$	0.0000	0.000	
6	Codo de Ø160mm x 90°	1		$0.90Vc^2/2g$	0.0553	0.055	
7	Válvula Check Ø160mm	1		$2.50Vc^2/2g$	0.1537	0.154	
8	Válvula Compuerta abierta Ø160mm	1		$0.20Vc^2/2g$	0.0123	0.012	
9	Codo de 160mm x 90°	1		$0.90Vc^2/2g$	0.0553	0.055	
10	Yee Ø160 x 160mm	1		$1.80Vc^2/2g$	0.1106	0.111	
11	Codo de Ø160mm x 90°	1		$0.90Vc^2/2g$	0.0553	0.055	
Sub total Perdida de Carga en accesorios (m)						<b>1.087</b>	
<b>PERDIDA DE CARGA EN TUBERIAS</b>							
Item	Tuberías	C (coef.)	D (cm)	L (m)	Q l/seg	S m/m	HL (m)
1	interior de la cámara	140	16.00	5	22.08	0.00725	0.036
2	fuera de la cámara	100	16.00	260.5	22.08	0.01351	3.519
Sub total Perdida de Carga en accesorios (m)						<b>3.555</b>	

PÉRDIDA DE CARGA TOTAL EN LA CAMARA DE BOMBEO: 4.642m

### CALCULO DE LA ALTURA DE LA BOMBA.

$$H_{bomba} = Z_d - Z_a + H_{perdida}$$

Zd = 815.00m. Cota final a nivel de terreno.

Za = 795.00m. Cota inicial a nivel de terreno.

Hbomba = 24.642m

### CALCULO DE LA POTENCIA DE LA BOMBA

$$P_{bomba} = \frac{\gamma Q x H_{bomba}}{75n}$$

Q: Caudal (m3/s)

γ: Peso específico del agua (kg/m3)

n: eficiencia

Pb = 10.37cv

Pb = 10.23hp

## SELECCIÓN DE LA BOMBA

Para seleccionar el modelo de bomba a usar se debe calcular primero la curva del sistema.

### Determinación de la curva del sistema

Para determinar la curva del sistema se aplica la ecuación de Hazen y Williams para calcular las alturas de carga para determinados caudales, de este cálculo se obtiene el siguiente grafico.

Cuadro N° 4.5 calculo de la carga H(m)

Q	Hb	Z	hs	hi	L	C	D
0	20,330	20,33	0,000	0,000	0,2065	120	8
10	20,616	20,33	0,143	0,143	0,2065	120	8
15	20,936	20,33	0,303	0,303	0,2065	120	8
20	21,362	20,33	0,516	0,516	0,2065	120	8
25	21,890	20,33	0,780	0,780	0,2065	120	8
30	22,516	20,33	1,093	1,093	0,2065	120	8
35	23,237	20,33	1,454	1,454	0,2065	120	8
40	25,052	21,33	1,861	1,861	0,2065	120	8

A partir de este cálculo se obtiene la curva del sistema.

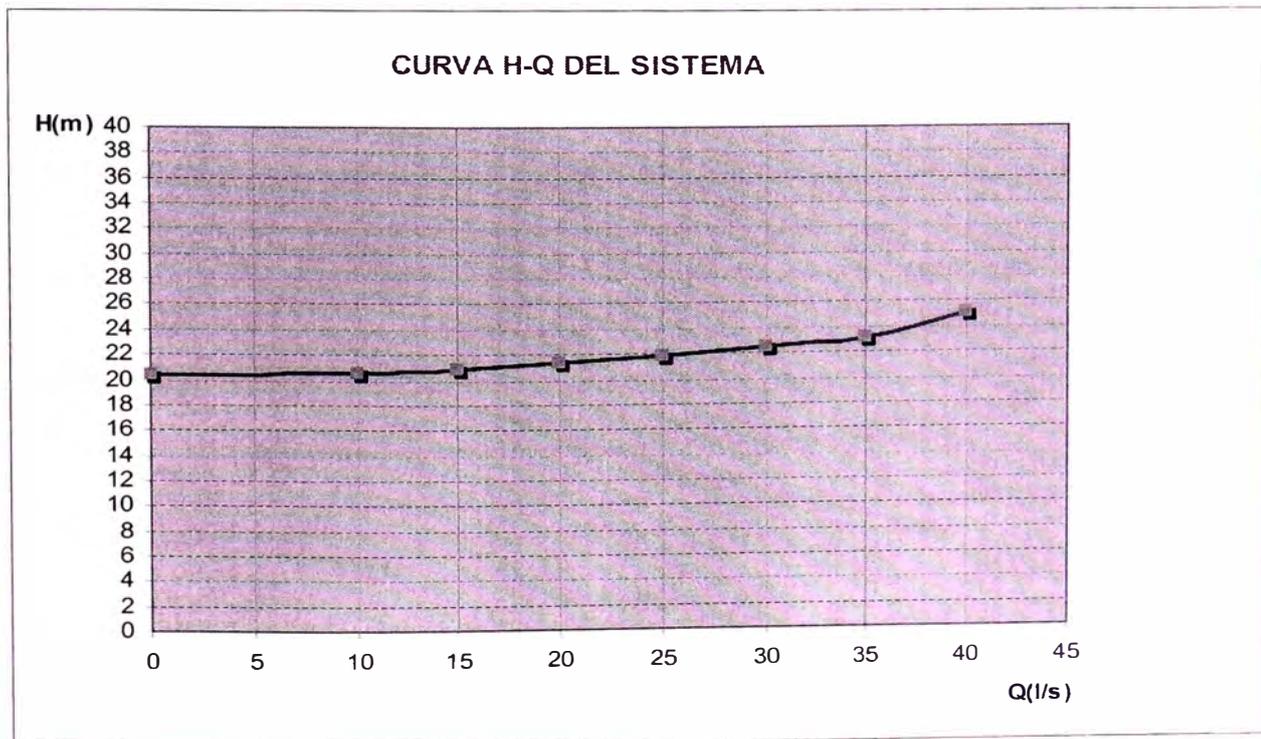


Fig. 4.3 Curva del sistema

Aplicado el Watercad se realizó el cálculo de la curva HvsQ de la bomba del fabricante de tal forma que esta curva al interceptarse con la curva del sistema nos determino el punto de operación de la bomba instalada en el sistema indicado.

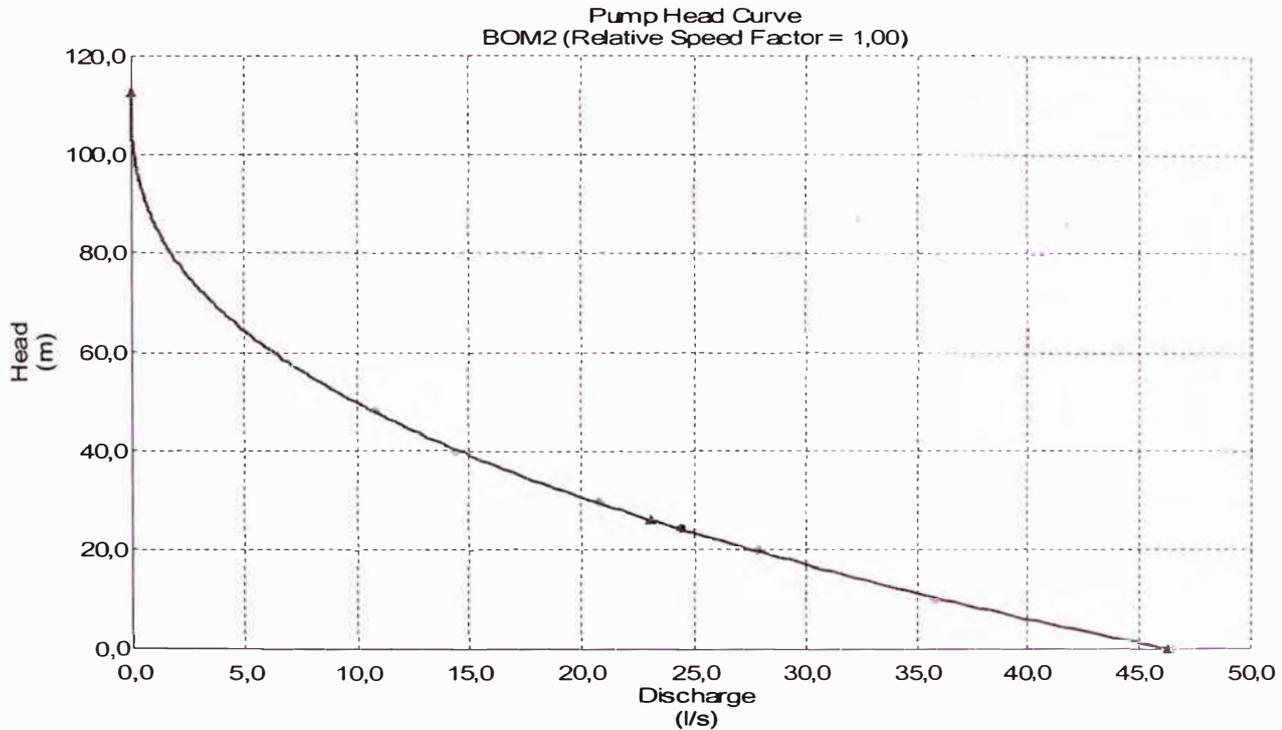


Fig. 4.4 Curva H-Q de la bomba del fabricante

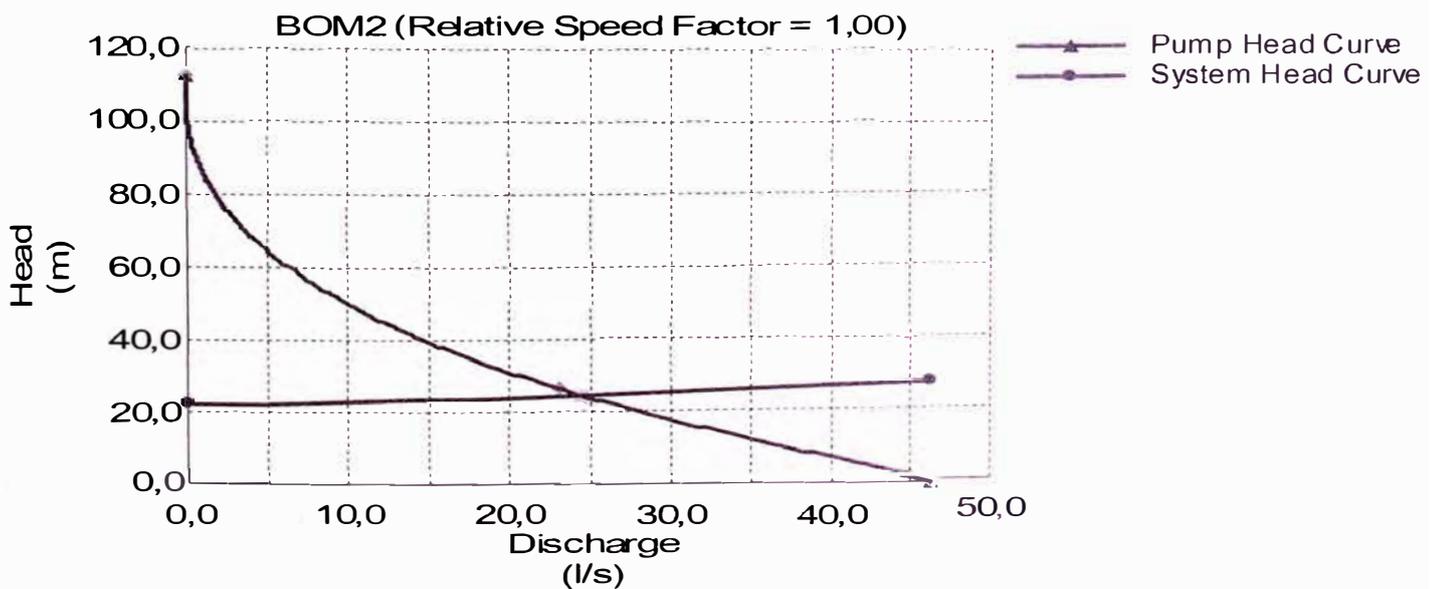


Fig. 4.5 Esta curva representa la intersección de las dos anteriores y el punto donde se cortan es el punto de trabajo del equipo de bombeo.

2 POLOS  
POLES

EMPRESA  
CERTIFICADA ISO  
14001- 9001

**hidrostat**  
SOLUCIONES CON TECNOLOGÍA

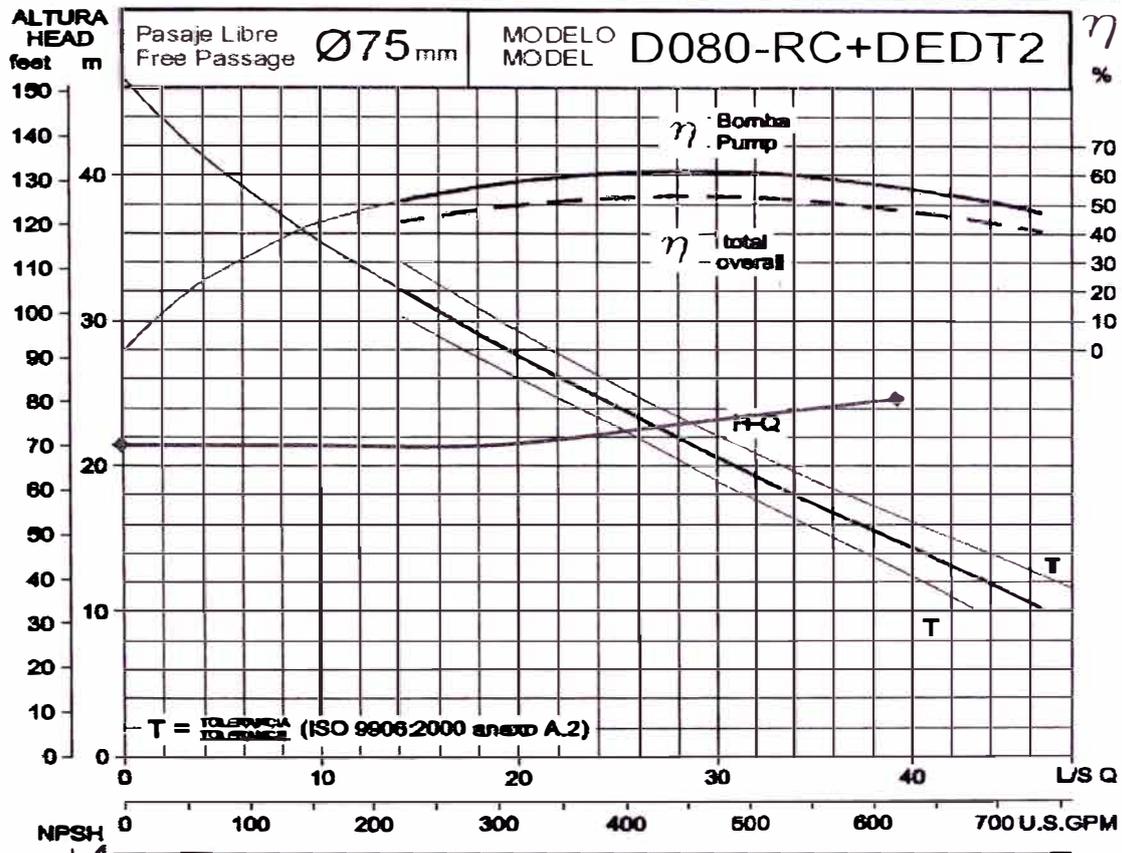


Fig. 4.6 Punto de trabajo de la bomba seleccionada.

La selección óptima de una bomba será aquella en la cual el punto de operación determinado por la curva del sistema coincida con el de su máximo rendimiento, en este caso se cumple ese criterio tal como se puede apreciar en la fig. 4.6

Por lo tanto el modelo seleccionado es el siguiente:

Modelo: D080-RC- HIDROSTAL  
 Altura dinámica: 24.64m  
 Diámetro de Succión: 6"  
 Diámetro de Descarga: 4"  
 Velocidad del motor: 3500rpm  
 Frecuencia requerida: 60 Hz

Caudal Mínimo a bombear: 159.02 m<sup>3</sup>/h

Rendimiento: 75%

### **CALCULO DEL NPSH (ALTURA NETA DE SUCCION POSITIVA)**

Debe cumplirse lo siguiente: NSPH disponible > NSPH requerido

$$\text{NSPH} = (P_s - P_v - 9.85 \cdot \gamma) \pm s - h_{fs}$$

Donde:

$P_s$  = Presión absoluta en el recipiente de succión (Pa)

$P_v$  = Presión de Vapor Absoluta del líquido a la temperatura de bombeo (Pv)

$\gamma$  = Gravedad Específica del Líquido a la temperatura de bombeo.

$S$  = Altura de Succión Estática (+) o Altura de elevación estática (-) m.

$h_{fs}$  = Perdida de energía por fricción en la línea de succión (m)

Modelo de Bomba: D080 RC- HIDROSTAL

NSPHd: 8.5m

$P_s$ (pa): 97.35

$P_v$ (pa): 4.25

$S$ (m): 0.80m

$H_{fs}$ : 0.932m

NSPHr: 3.8m

De donde: NSHPd > NSPHr

## **CONCLUSIONES**

- Los sistemas de bombeo en un proyecto de alcantarillado son necesarios cuando la disposición final del flujo por gravedad ya no es posible. Esto ocurre cuando para la instalación de tuberías y construcción de cámaras de inspección (buzones) se debe realizar excavaciones a gran profundidad.
- Las Cámaras de Bombeo tienen un alto costo al inicio de su operación y exigen gastos de operación y sobre todo, mantenimiento permanente y cuidadoso. Por lo que su implementación debe ser decidida luego de haber agotado todas las posibilidades que indiquen que no es posible un sistema a gravedad
- Los proyectos sanitarios deben desarrollarse teniendo en cuenta futuras ampliaciones o el crecimiento poblacional del área de influencia correspondiente
- La selección del sitio la ubicación de la estación de bombeo se debe tener en cuenta los siguientes factores:
  - a) La menor diferencia de nivel desde el punto de succión de la cámara hasta el punto de descarga, en este caso al buzón de la red colectora principal.
  - b) La ubicación del recorrido en lo posible más corto de la tubería de bombeo, teniendo en cuenta que todo el área por donde este haga su recorrido este libre de problemas legales.
  - c) Facilidades de suministro de energía eléctrica.
  - d) Menor movimiento de tierras.
- Para seleccionar el equipo de bombeo se ha utilizado el Watercad para generar las curvas de la bomba e interceptarla con la curva del sistema, Para el caso de este informe el modelo de la bomba se determino interceptando la curvas de la bomba que lo da el fabricante y la curva del sistema.
- La tubería de impulsión existente será utilizada en este proyecto por las buenas condiciones en la que se encuentra, a pesar del tiempo que tiene instalado.
- Se instalaran tres bombas, el sistema de funcionamiento es en paralelo, dos de ellas funcionan alternadas y la tercera como reserva.



período de retención máximo de 30 minutos, recomendación de Sedapal considerado en este informe.

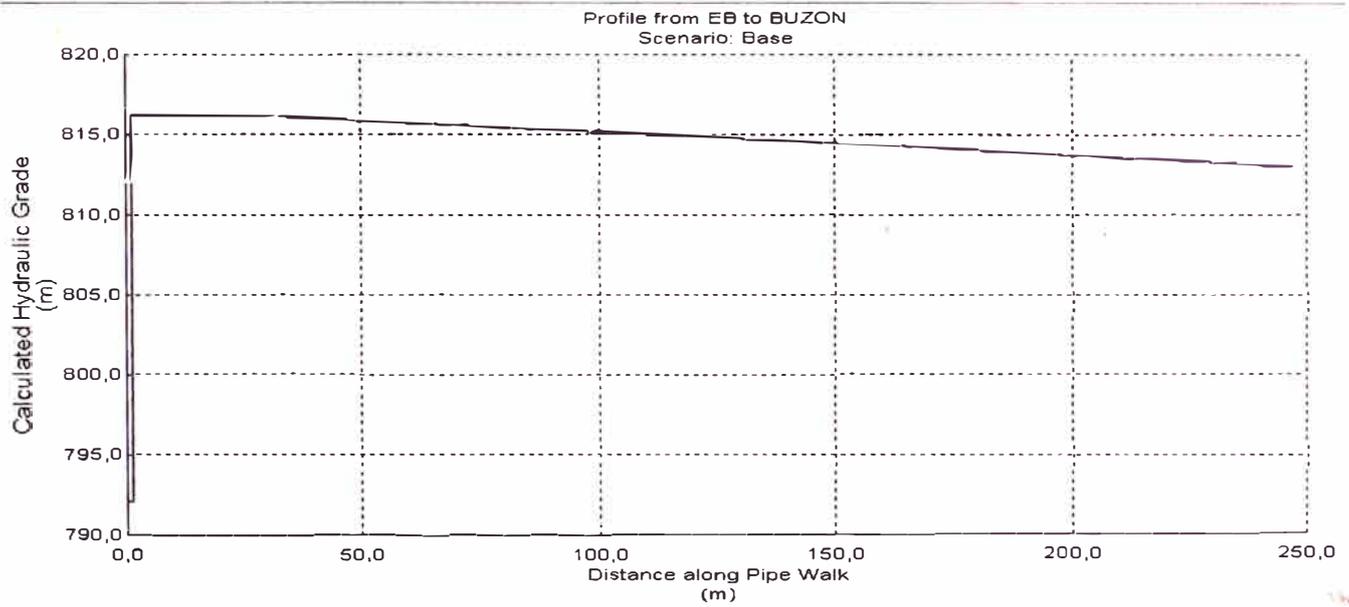
- o Para minimizar los depósitos de sólidos, las paredes de la Cámara Húmeda deberán tener una inclinación entre los 45° y 60° con la horizontal.
- o Se recomienda utilizar las tuberías de impulsión existentes donde solo se utilizara una de las dos tuberías, la segunda permanecerá de reserva para futuras ampliaciones.
- o Se recomienda realizar el mantenimiento de los equipos de acuerdo a las indicaciones del fabricante Hidrostal, para de esta manera garantizar la durabilidad y vida útil de los equipos.

## BIBLIOGRAFIA.

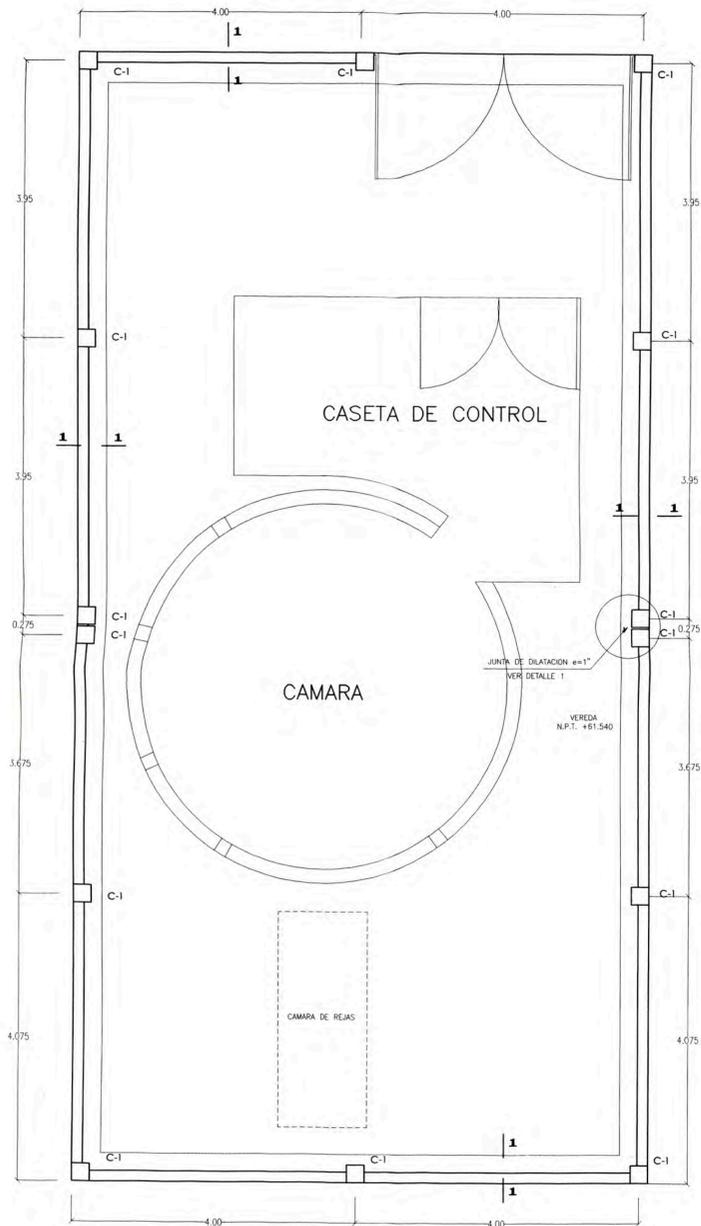
1. AGÜERO PITTMAN, ROGER, "*Agua Potable para Poblaciones Rurales*", Asociación Servicios Educativos Rurales (SER), Lima 1997.
2. ARIAS GOVEA, EDUARDO, "*Alcantarillado y Drenaje Pluvial*" Tomo I  
Primera Edición – Octubre 2005
3. ARLETTE BELTRAN, BLANCO, "Guía de Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Universidades", MEF- PERU
4. AROCHA RAVELO, SIMÓN, "*Abastecimiento de Agua – Teoría y Diseño*"  
Ediciones Vega D. R. L., Caracas 1983.
5. AROCHA RAVELLO, SIMON, "Diseño de Desagüe y Alcantarillado"  
Ediciones Vega S.R.L – Abril 1983
6. BACHUS LARRY AND CUSTODIO ANGEL, "Know and Understand Centrifugal Pumps", Elsevier Inc, 2003, 360 Park Avenue South, New York.
7. DE AZEVEDO N, J., "*Manual de Hidráulica*",  
Harper & Row Latinoamericana, HARLA. 1976.
8. FREDERICK S. MERRIT, "*Manual del Ingeniero Civil*",  
Mc Graw – Hill, México 1984
9. GERENCIA DE DESARROLLO E INVESTIGACIÓN, "*Especificaciones Técnicas para la ejecución de obras*". SEDAPAL, Lima 2000.
10. GERENCIA DE DESARROLLO E INVESTIGACIÓN, "*Nuevo Reglamento de elaboración de proyectos de agua potable y alcantarillado para habilitaciones urbanas*". SEDAPAL, Lima 2000.
11. HIDROSTAL, "*Manual de Bombas*", Hidrostal, Lima 2000

12. LOPEZ CUALLA, RICARDO ALFREDO, *“Diseño de Acueductos y Alcantarillados”*  
2da Edición, Alfaomega Grupo Editor S. A. de C. V. Santa Fe de Bogotá 1999.
13. Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, Cámara Peruana de la Construcción, CAPECO, *“Reglamento Nacional de Construcciones”*, Lima 2006
14. Ministerio de Economía y Finanzas, <http://www.mef.gob.pe/DGPM/normatividad.php>, Normatividad Vigente, Portafolio de proyectos de inversión pública - Sistema Nacional de Inversión pública SNIP.
15. MORALES MORALES, ROBERTO. *“Diseño en Concreto Armado”*, ACI – 318-05 Capítulo Peruano, Lima 2006.
16. RIVERA FEIJOO, JULIO, *“Análisis y Diseño de Reservorios de Concreto Armado”*, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima 1986.
17. SOTELO AVILA, GILBERTO, *“Hidráulica General Volumen 1 Fundamentos”*  
Limusa – Noriega Editores, México 2002.

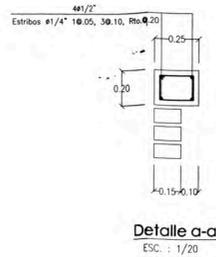
## Anexos



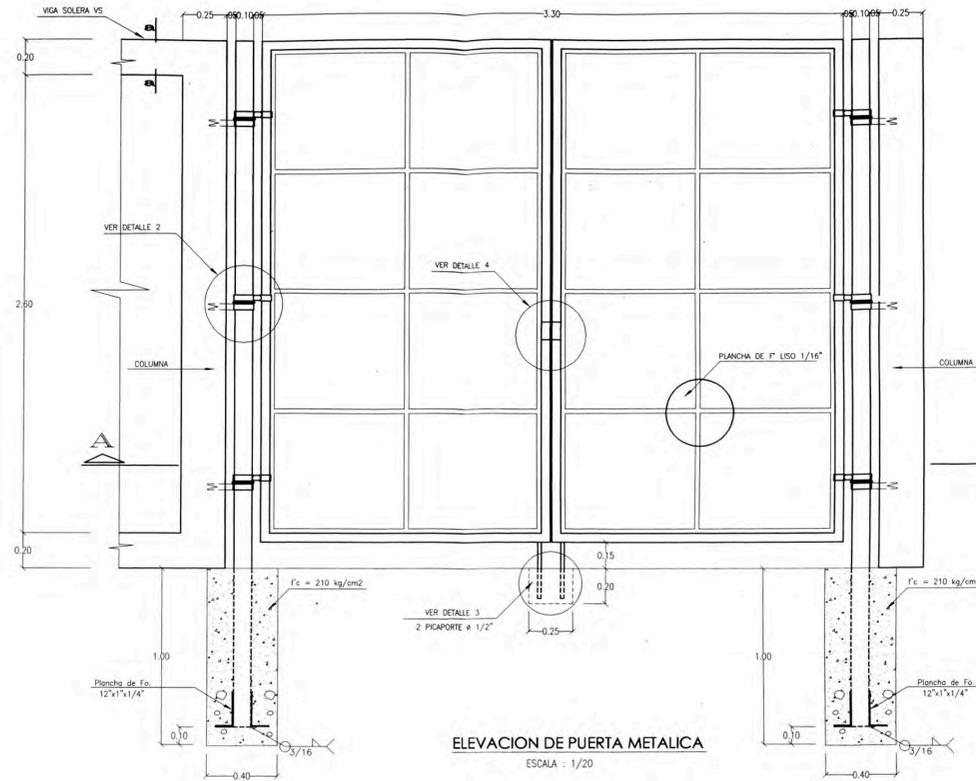
Anexo 1 Línea de gradiente Hidráulico



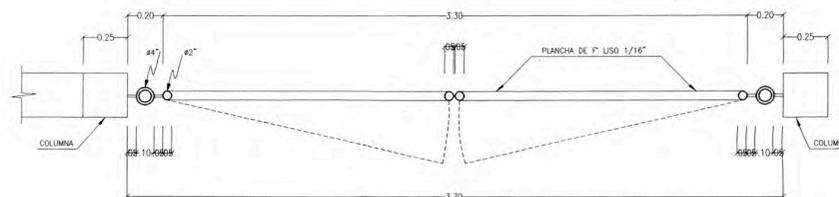
**CERCO PERIMETRICO**  
ESC. 1/50



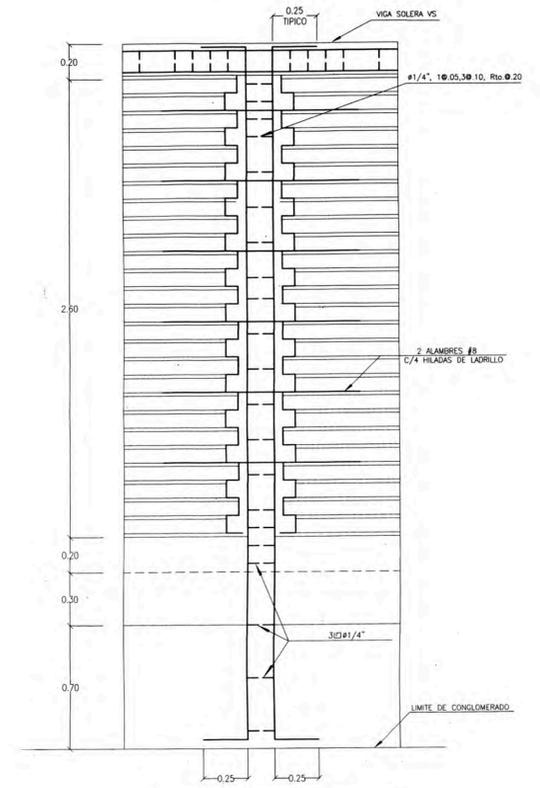
**Detalle a-a**  
ESC. 1/20



**ELEVACION DE PUERTA METALICA**  
ESCALA : 1/20

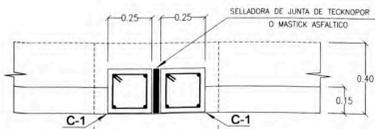


**CORTE A-A**  
ESCALA : 1/20

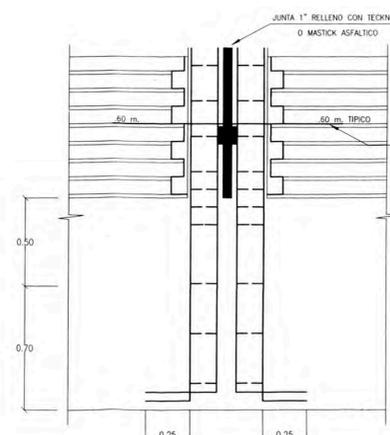


**DETALLE DE CONFINAMIENTO DE MURO**  
ESCALA : 1/20

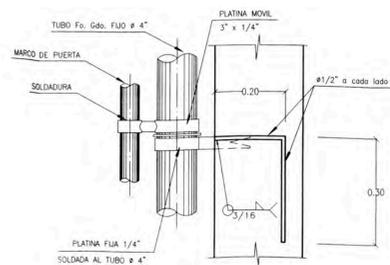
ESPECIFICACIONES TECNICAS	
CONCRETO	$f'_c = 100 \text{ kg/cm}^2 + 30\% \text{ piedra grande } 6'' \text{ max.}$
CIMENTO	$f'_c = 100 \text{ kg/cm}^2 + 25\% \text{ piedra mediana } 3'' \text{ max.}$
SOBRECIMENTO	$f'_c = 100 \text{ kg/cm}^2 + 25\% \text{ piedra mediana } 3'' \text{ max.}$
CONCRETO ARMADO	$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
ACERO	$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
CIMENTO	Los muros serán de ladrillo macizo tipo kk hecho a máquina, asentado con mortero cementoarena / 1/4, tipo 2 caravista.
RECUBRIMIENTO	
COLUMNAS DE CERCO	2.5 cm.
VIGAS DE CERCO	2.5 cm.
CAPACIDAD ADMISIBLE DEL TERRENO	$q_t = 1.4 \text{ kg/cm}^2$ (Verificar en obra)



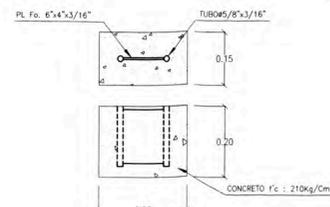
**DETALLE 1**  
ESCALA : 1/20



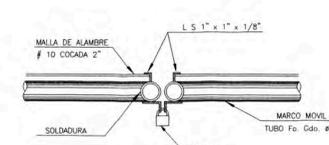
**DETALLE DE JUNTA**  
ESCALA : 1/20



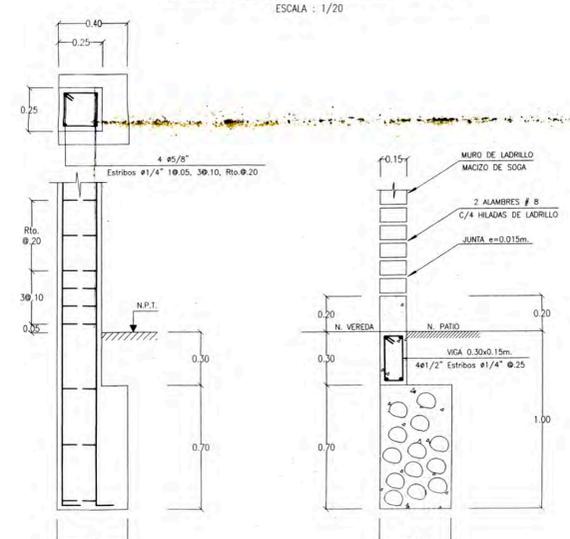
**DETALLE 2**  
ESCALA : 1/10



**DETALLE 3**  
ESCALA : 1/10



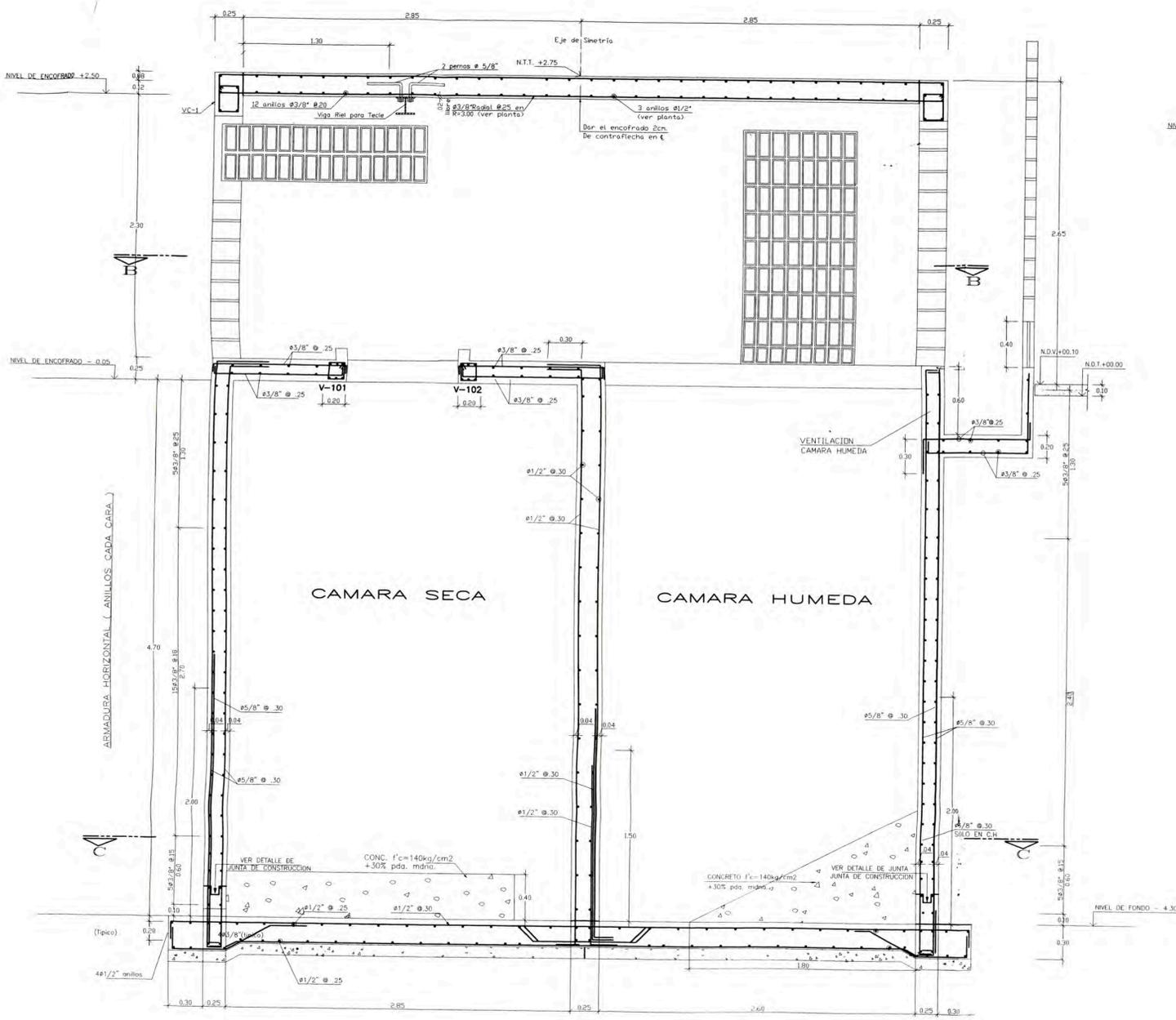
**DETALLE 4**  
ESCALA : 1/10



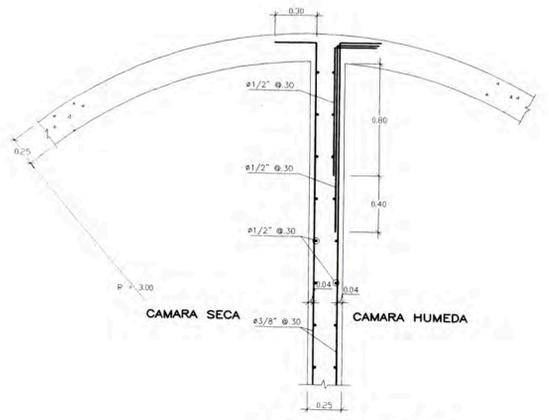
**SECCION 1-1**  
ESCALA : 1/20

**DETALLE DE COLUMNA C-1**  
ESCALA : 1/20

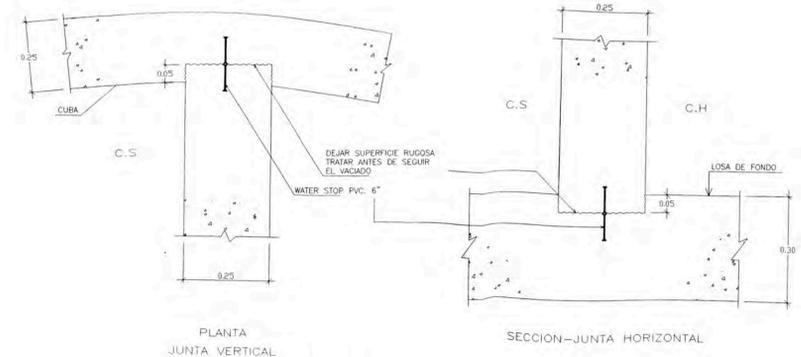
CONSULTORIA		PROPIETARIO	
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA		VARMAB	
PROYECTO		PLANO	
BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACION Y ZONAS ALEDAÑAS		CIMENTACION DEL CERCO PERIMETRICO DE LA ESTACION DE BOMBEO	
PROFESIONAL RESPONSABLE	DISEÑO	DIBUJO	DEPARTAMENTO
		VARMAB	LIMA
REVISADO	FECHA	ESCALA	PLANO
	14-12-07	1/1000	LIMA
			DISTRITO LURINCHICO-CHOSICA
			E-01



**SECCION A-A**  
ESCALA 1/25

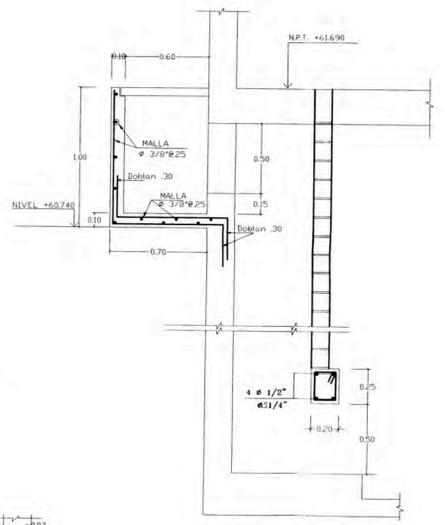


**PLANTA DE ENCUENTRO**  
**MURO DIVISORIO CENTRAL**  
ESCALA 1/25

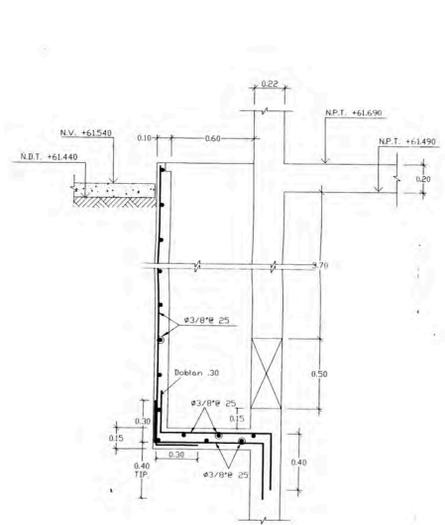


**JUNTAS DE CONSTRUCCION**  
**MURO DIVISORIO CENTRAL**  
ESCALA 1/10

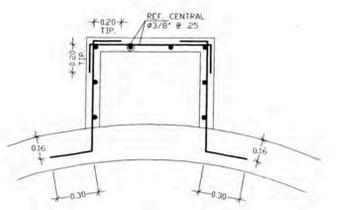
**DETALLE DE JUNTA DE CONSTRUCCION**  
ESCALA 1/25



**SECCION Y-Y**  
ESCALA 1/25



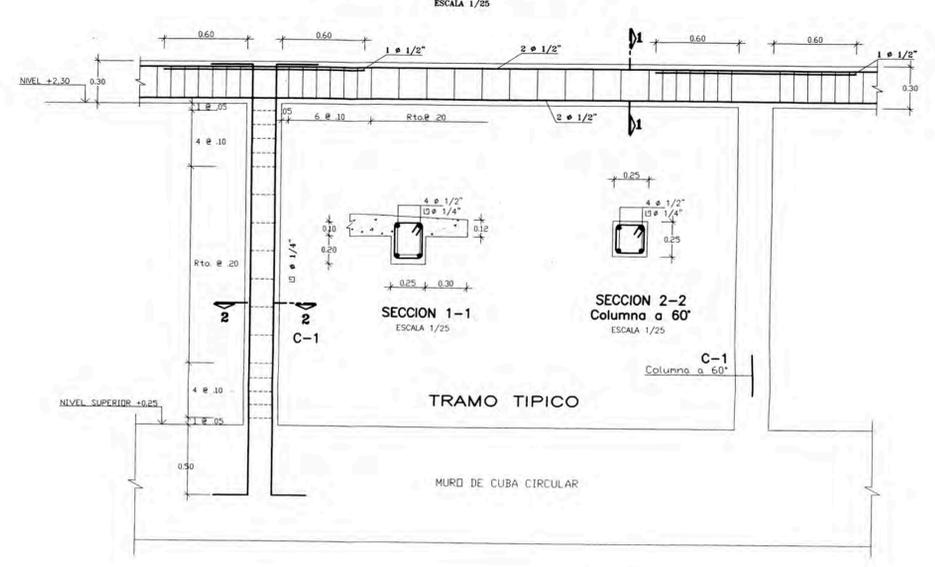
**SECCION X-X**  
ESCALA 1/25



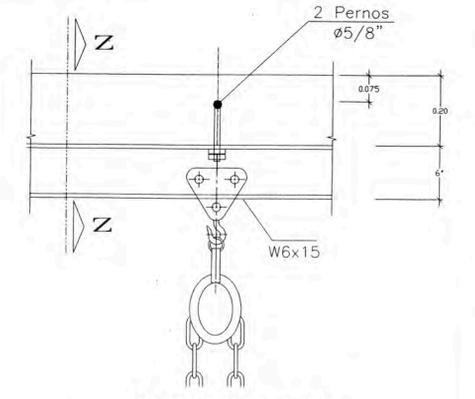
**DETALLE B**  
ESCALA 1/25

**NOTA:**  
-SE RECOMIENDA TENER CUIDADO DE CONTROLAR EN LO POSIBLE CUALQUIER FILTRACION DE AGUA QUE ALTERE LA RESISTENCIA DEL SUELO  
-LAS COLUMNAS DE AMARRAR SE VACIARAN DESPUES DE HABER LEVANTADO LOS MUROS DENTADOS DE LADRILLO A SU ALTURA FINAL  
-PARA EL USO DE ADITIVOS SEGUIR LAS RECOMENDACIONES DEL FABRICANTE.

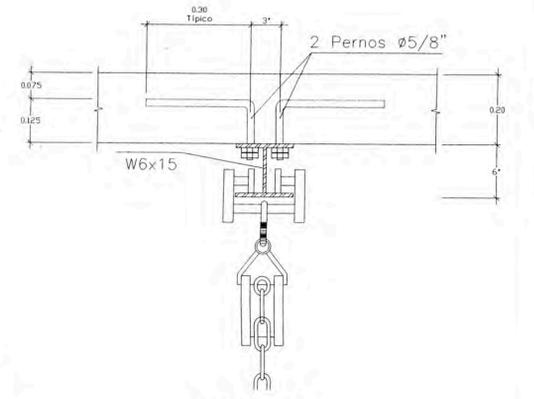
**VIGA CIRCULAR VC-1**



**TRAMO TIPICO**  
MURO DE CUBA CIRCULAR



**DETALLE DE APOYO**  
**VIGA RIEL EN LOSA DE TECHO**



**CORTE Z-Z**  
ESCALA: 1/10

**ESPECIFICACIONES TECNICAS**

**CONCRETO :** CUBA Y LOSA DE FONDO: f'c = 245 kg/cm2  
RESTO EN GENERAL f'c = 210 kg/cm2  
SOLADO DE CIMENTACION f'c = 100 kg/cm2

**CEMENTO :** PORTLAND TIPO II EN GENERAL

**ACERO :** fy = 4,200 KG.CM2

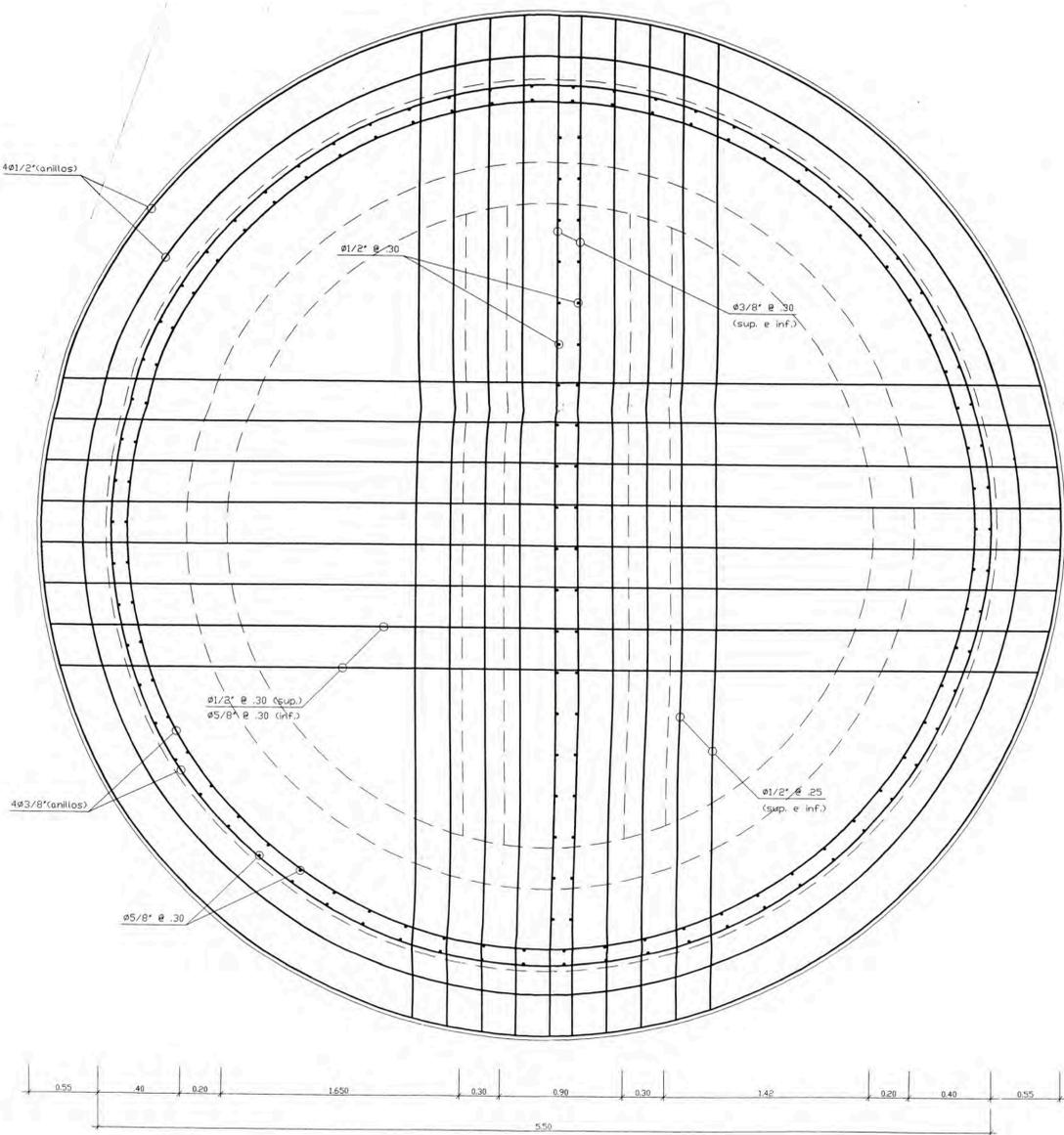
**RECUBRIMIENTO :**  
LOSA DE TECHO = 3cm LIBRES  
LOSA DE PISO = 3cm  
MUROS = 4cm  
COLUMNAS Y VIGAS = 3cm AL ESTRIBO  
LOSA DE FONDO = 4 y 5cm LIBRES

**EMPALMES**  
CUBA, ANILLOS # 3/8" = 40cm  
RESTO = SEGUN R.N.C

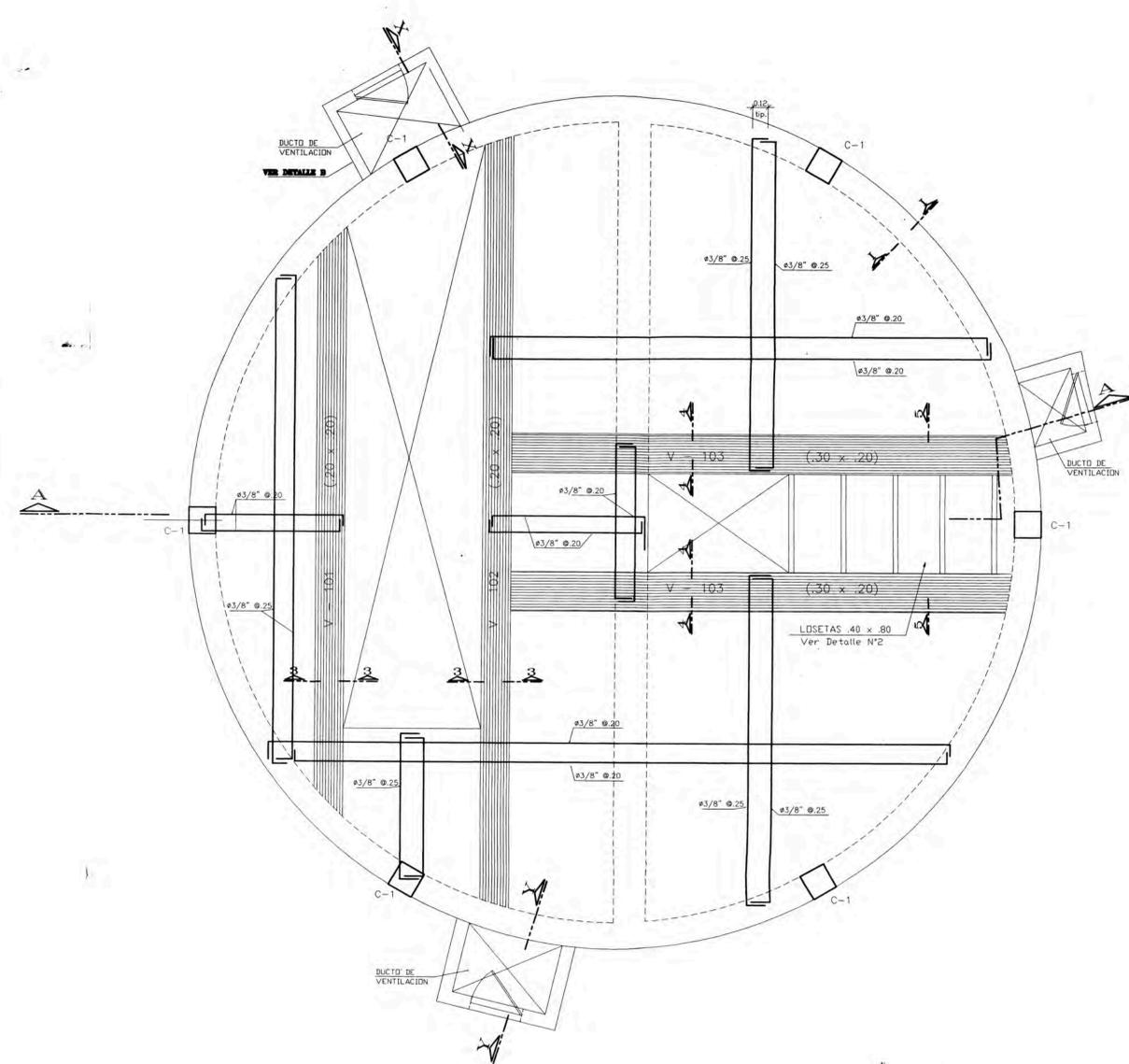
**REVESTIMIENTOS**  
TARRAJEAR TODAS LAS SUPERFICIES INTERIORES DE LA CAMARA HUMEDA INCLUYENDO EL CIELRASO EN DOS CAPAS:  
LA 1ª CON MEZCLA 1:1:2 CEMENTO/ARENA FINA/ARENA GRUESA DE 2cm DE ESPESOR Y ACABADO RAYADO.  
LA 2ª A LAS 24 HORAS CON MEZCLA 1:2 CEMENTO/ARENA FINA DE 1/2cm DE ESPESOR Y ACABADO PULIDO, DISPONINDO MEDIAS CANAS DE 5cm DE RADIO EN TODAS LAS ARISTAS.  
EN AMBOS CASOS SE AGREGARA A LA MEZCLA ADITIVO IMPERMEABILIZANTE EN LA PROPORCION RECOMENDADA POR EL FABRICANTE Y APROBADA POR EL ING. INSPECTOR.  
PINTAR TODAS LAS SUPERFICIES EXTERIORES ENTERRADAS CON DOS MANOS CRUZADAS DE ASFALTO LIQUIDO INDUSTRIAL RC-60 O EQUIVALENTE.

**LOSA DE TECHO**  
**DUCTO VENTILAC.**  
**CAMARA HUMEDA**  
ESCALA 1/25

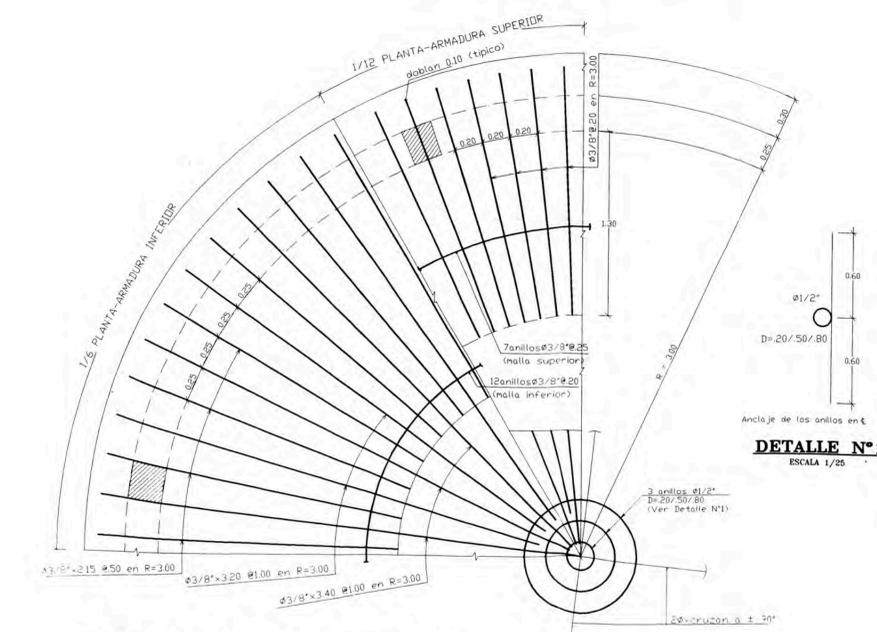
CONSULTORA <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b>		PROPIETARIO <b>VARMAB</b>	
PROYECTO <b>BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACION Y ZONAS ALEDAÑAS</b>		PLANO <b>ESTRUCTURA CAMARA BOMBEO DESAGUE CIMENTACION Y MUROS</b>	
PROFESIONAL RESPONSABLE	DISENYO REVISADO	ELABORADO FECHA	DEPARTAMENTO LIMA ESCALA INDICADA
		VARMAB 14-12-07	PROVINCIA LIMA PLANO E02



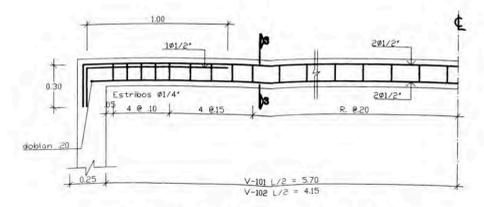
**LOSA DE FONDO, H=.25**  
ESCALA 1/25



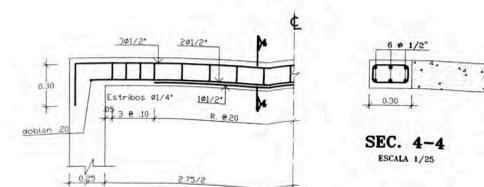
**LOSA DE PISO, H=.20**  
ESCALA 1/25



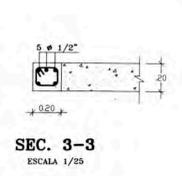
**LOSA DE TECHO H=.12/.20**  
ESCALA 1/25



**VIGAS V-101 Y V-102**  
ESCALA 1/25

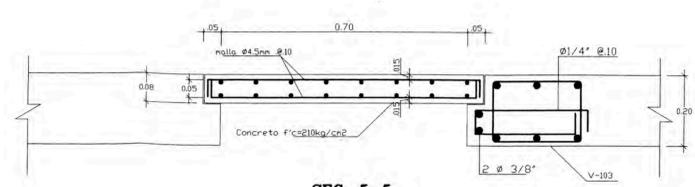


**VIGA V-103**  
ESCALA 1/25



**SEC. 4-4**  
ESCALA 1/25

**DETALLE DE VEREDA**  
ESCALA 1/25



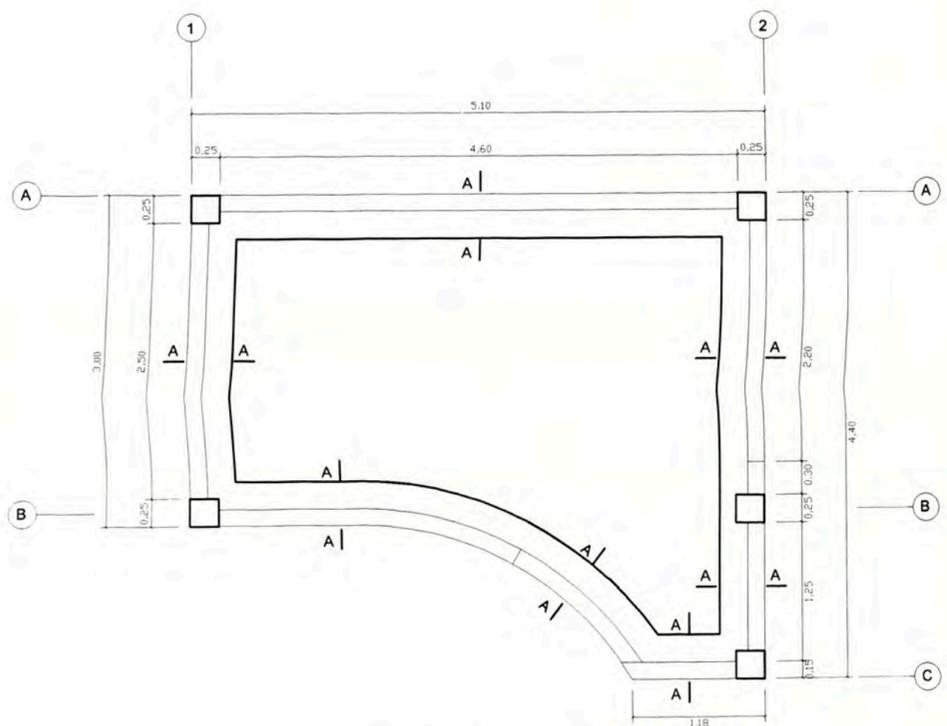
**SEC. 5-5**  
Tapas removibles pre fabricadas de .40x.80

**DETALLE N° 2**  
ESCALA 1/10

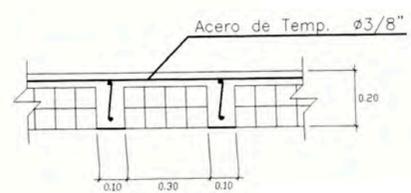
ESPECIFICACIONES TECNICAS	
<b>CONCRETO :</b>	CUBA Y LOSA DE FONDO $f'_c = 245 \text{ kg/cm}^2$ RESTO EN GENERAL $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ SOLADO DE CIMENTACION $f'_c = 100 \text{ kg/cm}^2$
<b>CEMENTO :</b>	PORTLAND TIPO II EN GENERAL
<b>ACERO :</b>	$f_y = 4,200 \text{ KG.CM}^2$
<b>RECUBRIMIENTO :</b>	LOSA DE TECHO = 2cm LIBRES LOSA DE PISO = 3cm LIBRES MUROS = 4cm COLUMNAS Y VIGAS = 3cm AL ESTRIBO LOSA DE FONDO = 4 y 5cm LIBRES
<b>EMPALMES</b>	CUBA , ANILLOS $\phi 3/8'' = 40\text{cm}$ RESTO = SEGUN R.N.C.
<b>REVESTIMIENTOS</b>	TARRAJEAR TODAS LAS SUPERFICIES INTERIORES DE LA CAMARA HUMEDA INCLUYENDO EL CIELORASO EN DOS CAPAS: LA 1ª CON MEZCLA 1:1:2 CEMENTO/ARENA FINA/ARENA GRUESA DE 2cm DE ESPESOR Y ACABADO PULIDO , DISPONRIENDO MEDIAS CARAS DE 5cm DE RADIO EN TODAS LAS ARISTAS. EN AMBOS CASOS SE AGREGARA A LA MEZCLA ADITIVO IMPERMEABILIZANTE EN LA PROPORCION RECOMENDADA POR EL FABRICANTE Y APROBADA POR EL ING. INSPECTOR. PINTAR TODAS LAS SUPERFICIES EXTERIORES ENTERRADAS CON DOS MANOS CRUZADAS DE ASFALTO LIQUIDO INDUSTRIAL RC-60 O EQUIVALENTE

**NOTA:**  
-SE RECOMIENDA TENER CUIDADO DE CONTROLAR EN LO POSIBLE CUALQUIER FILTRACION DE AGUA QUE ALTERE LA RESISTENCIA DEL SUELO  
-LAS COLUMNAS DE AMARRE SE VACIARAN DESPUES DE HABER LEVANTADO LOS MUROS DENTADOS DE LADRILLO A SU ALTURA FINAL  
-PARA EL USO DE ADITIVOS SEGUIR LAS RECOMENDACIONES DEL FABRICANTE.

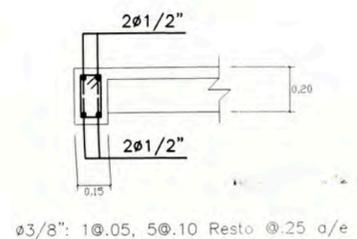
CONSULTORIA		PROPIETARIO	
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA		VARMAB	
PROYECTO BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACION Y ZONAS ALEDAÑAS		PLANO ESTRUCTURA DE CAMARA DE BOMBEO DESAGUE LOSA Y VIGAS	
PROFESIONAL RESPONSABLE	DISEÑO	DEBIDO	DEPARTAMENTO
	REVISADO	FECHA	ESCALA
		14-12-07	INDICADA
			PLANO
			EEB



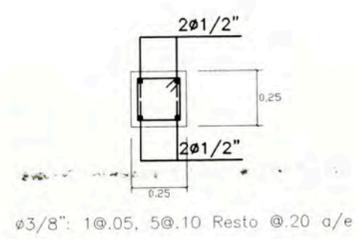
**CIMENTACION**  
Escala 1:50



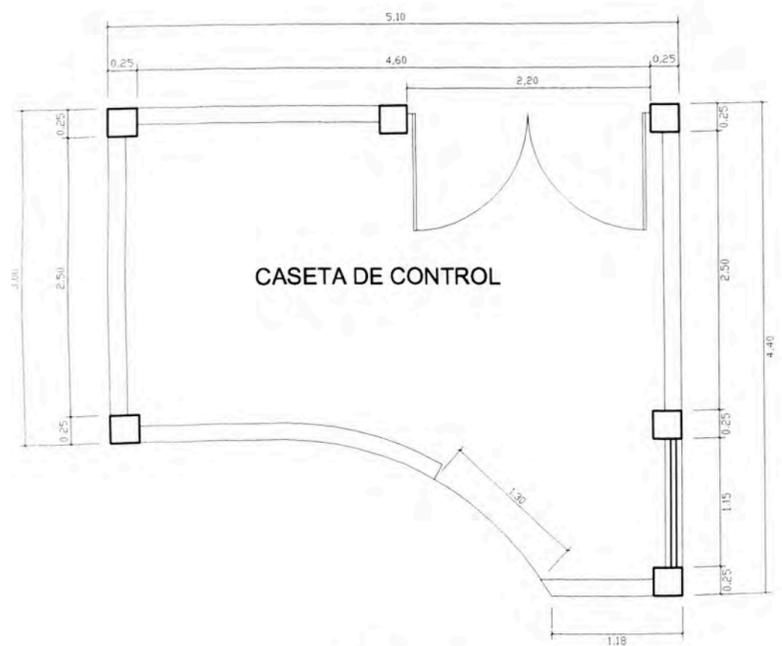
**ALIGERADO TIPICO**  
Escala: 1/20



**VIGA CHATA: 0.15 X 0.25**  
Escala: 1/25



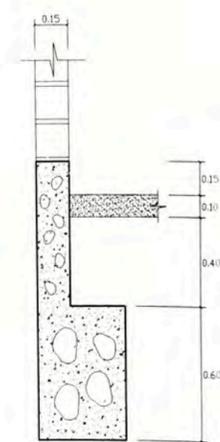
**COLUMNA: 0.25 X 0.25**  
Escala: 1/25



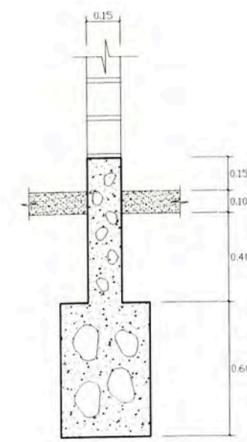
**PLANTA**  
Escala 1:50



**ALIGERADO**  
Escala 1:50



**A - A**

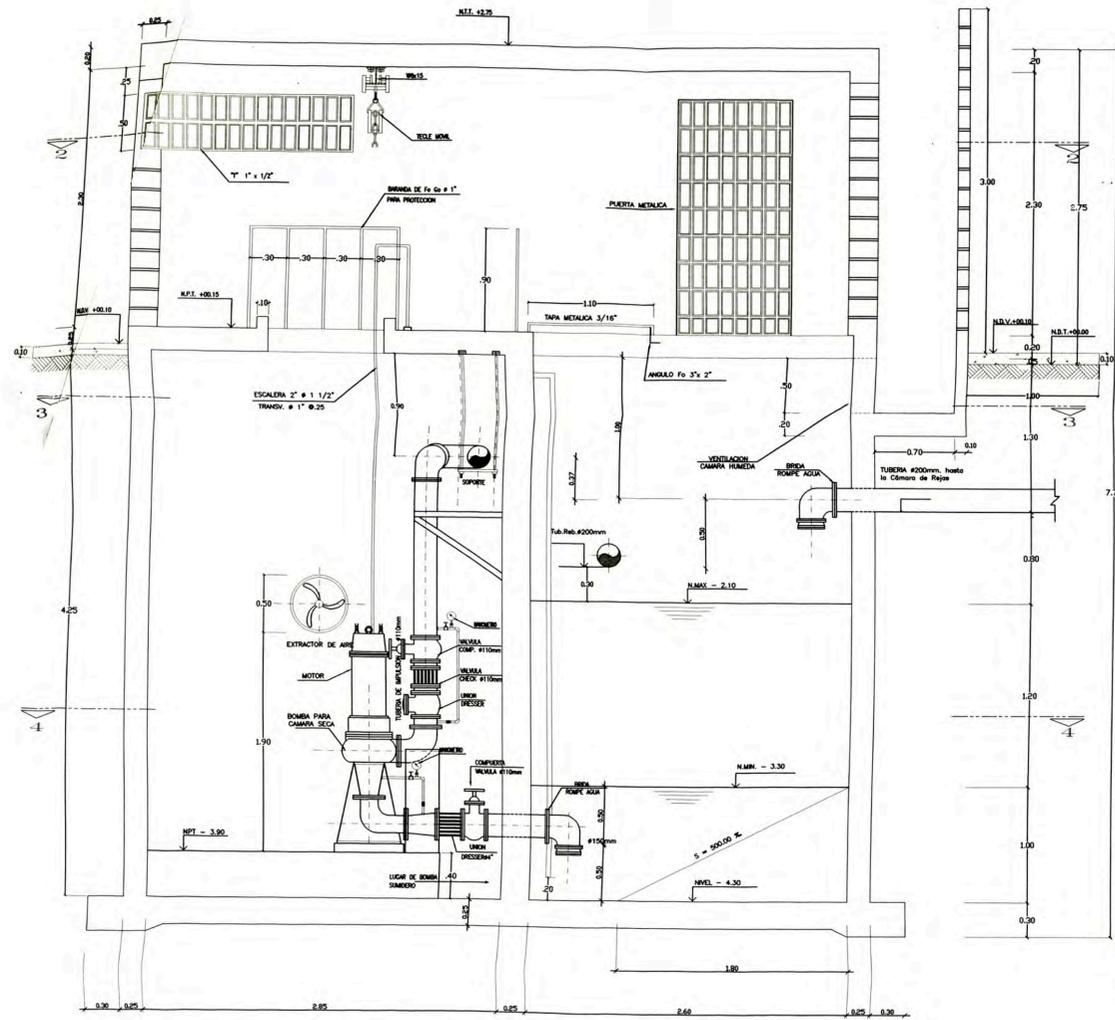


**B - B**

**SECCIONES**  
Escala 1:50

**CASETA DE CONTROL**

CONSULTORIA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA		PROPIETARIO VARMAB			
PROYECTO BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACION Y ZONAS ALEDAÑAS			PLANO ESTRUCTURAS CASETA DE CONTROL		
PROFESIONAL RESPONSABLE	DISEÑO	DIBUJO VARMAB	DEPARTAMENTO LIMA	PROVINCIA LIMA	DISTRITO LURIGANCO-CHOSICA
	REVISADO	FECHA 14-12-07	ESCALA 1/1000	PLANO	E-04

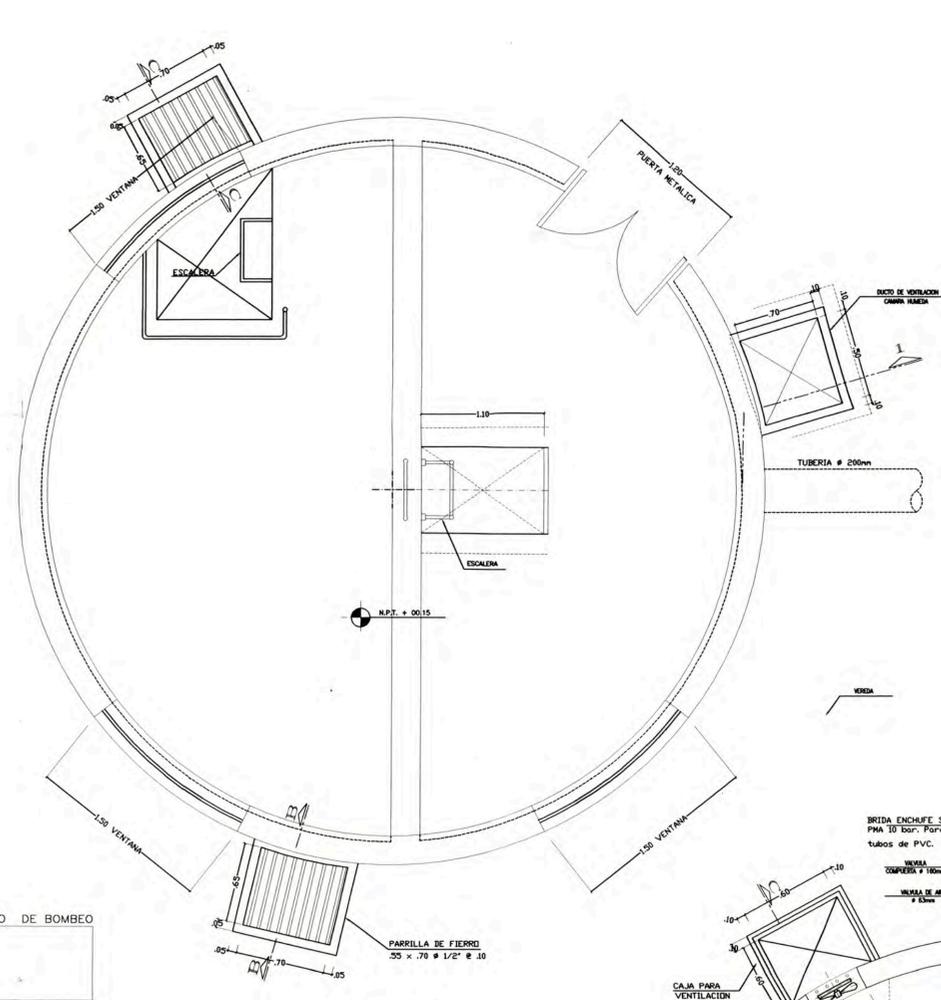


SECCION 1-1  
ESCALA 1/25

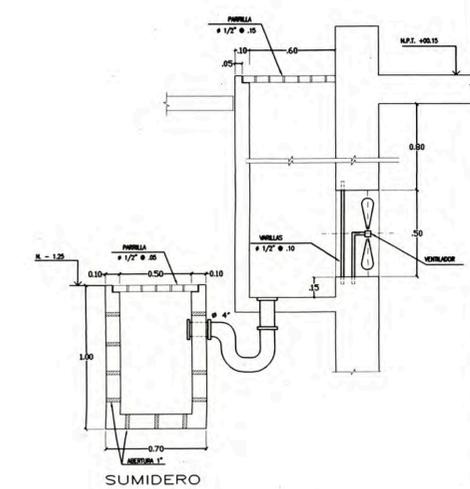
CARACTERISTICAS: EQUIPO DE BOMBEO  
 Q= 24 LPS  
 HDT=24.64mts  
 TRIFASICA 220V  
 AUTOCEBANTE, HIDROSTAL  
 # SUCCION: 150 mm.  
 # IMPULSION: 152.4 mm.

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LAS BOMBAS

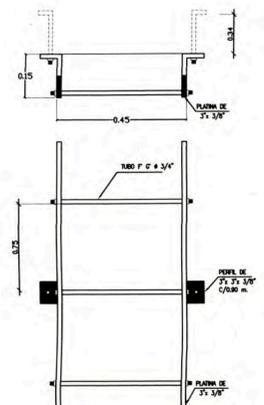
MOTOBOMBA	DOBRO-RC - HIDROSTAL
BOMBA	A SECO
INSTALACION	A SECO
PESO	75.9 Kg
POTENCIA	11.5 HP
n	3500



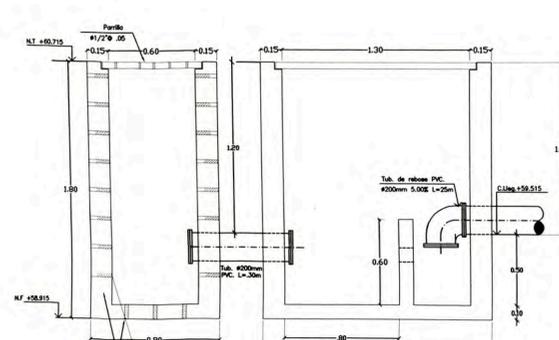
SECCION 2-2  
ESCALA 1/25



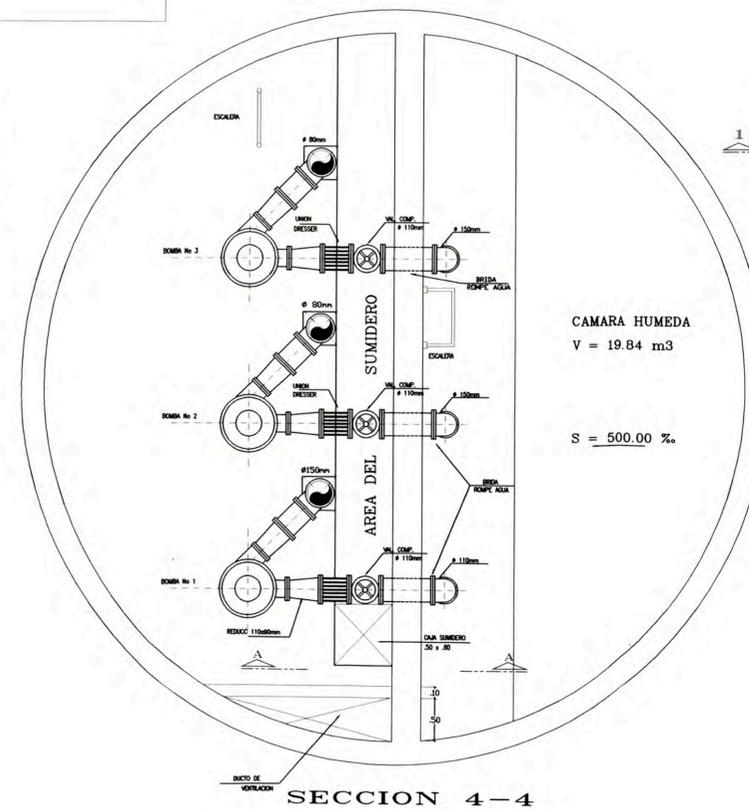
SECCION C-C  
ESCALA 1/20



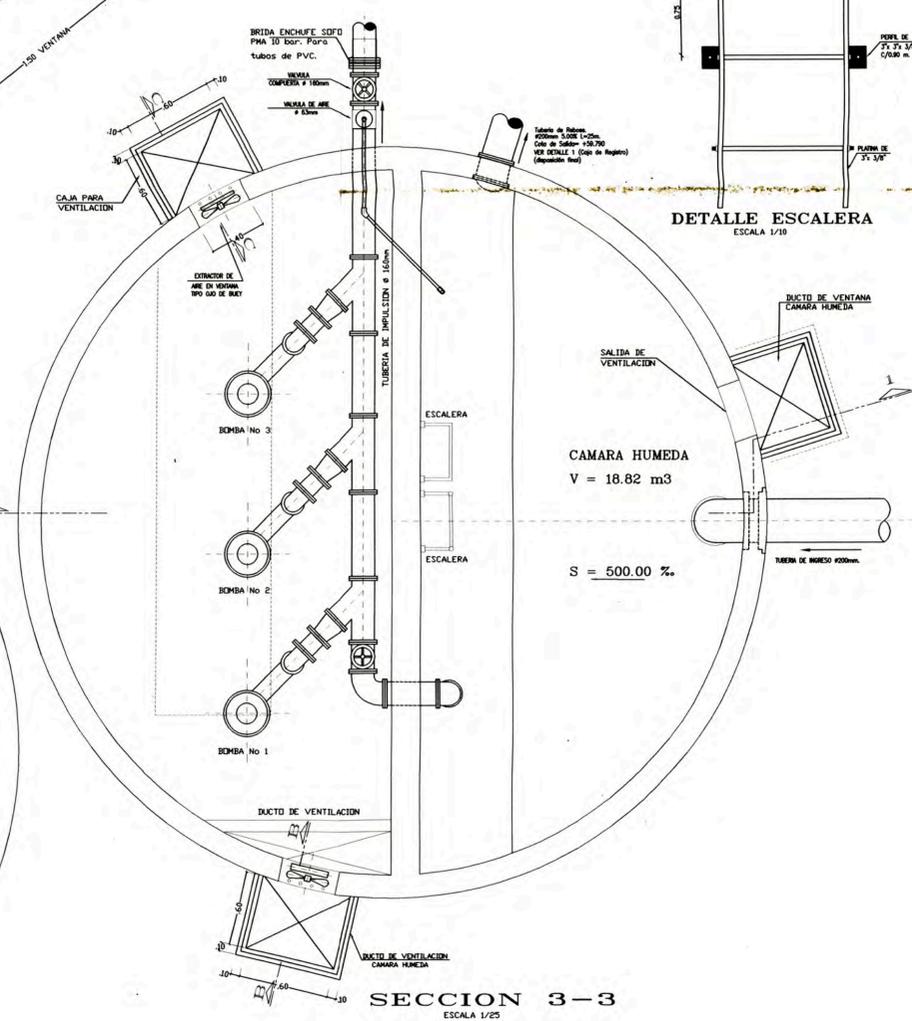
DETALLE ESCALERA  
ESCALA 1/10



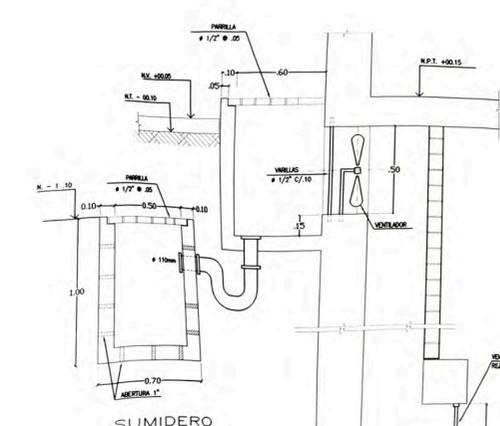
DETALLE 1 (Caja de registro)



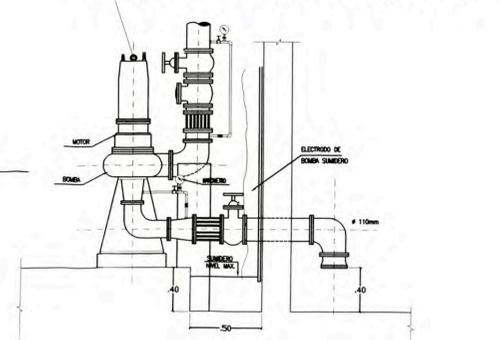
SECCION 4-4  
ESCALA 1/25



SECCION 3-3  
ESCALA 1/25



SECCION B-B  
ESCALA 1/20



SECCION A-A  
ESCALA 1/25

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	PROFESORADO	VARMAB
PROYECTO	BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACION Y ZONAS ALEDAÑAS	PLANO
PROFESIONAL RESPONSABLE	DIAGRAMA	DEPARTAMENTO
PROYECTADO	FECHA	INDICADA
REVISADO	FECHA	INDICADA
PROYECTADO	FECHA	INDICADA
REVISADO	FECHA	INDICADA
PROYECTADO	FECHA	INDICADA
REVISADO	FECHA	INDICADA