



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**  
**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**  
**UNIDAD ZACATENCO**



**DIAGNOSTICO OPERATIVO DEL SISTEMA DE  
DESALOJO DE AGUAS RESIDUALES  
EN LA ESTACIÓN DE BOMBEO “LA ESPERANZA”,  
CIUDAD NEZAHUALCOYOTL, ESTADO DE MÉXICO.**

**T E S I S**

**PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE :  
I N G E N I E R O C I V I L  
P R E S E N T A :  
J U A N J E S U S R U I Z P E R E Z**

*MEXICO, D.F.*

*2006*



## **DEDICATORIAS**

### ***A MIS PADRES***

Rosalína y Jesús

A ustedes que me dieron la vida y con una sonrisa me vieron nacer, los que se desvelan por llevarme por el buen camino, los que se preocupan que sea un hombre de bien y provecho, que sin su amor, apoyo y constancia no habría podido llegar hasta aquí.

Por haberme dado algo muy valioso en la vida EDUCACION. Por lo que les dedico este trabajo que también es suyo, con todo mi amor.

### ***A MIS HERMANOS***

Alejandro y Guadalupe

A mis hermanos les dedico esta tesis como una muestra de mi cariño y respeto hacia ustedes y que algún día superen este trabajo para la satisfacción de nuestros padres.

### ***A MI INSTITUCION***

Le dedico este trabajo a nuestra institución educativa, el Instituto Politécnico Nacional y a nuestra Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, por que en sus instalaciones nos ofreció las armas y las herramientas del conocimiento para convertirnos en hombres útiles a la sociedad "La Técnica al Servicio de la Patria".

### ***A MIS PROFESORES***

A todos nuestros profesores por habernos enseñado sus conocimientos y haber compartido su experiencia para sobresalir en la vida.

Un reconocimiento especial a mis asesores de tesis, Ing. Ramón Cárdenas Zamora, Ing. Lucio Fragoso Sandoval, Ing. Pedro Velásquez Hurtado, Ing. Higinio Moreno quienes me apoyaron para la elaboración del presente trabajo.



## **AGRADECIMIENTOS**

### ***A DIOS***

Gracias Dios mío por el don de la vida, por proteger e iluminar mi camino por darme la fuerza para lograr esta meta a la cual he llegado gracias a ti. Por el infinito amor que me has dado espero no defraudarte.



# INDICE

<b>INTRODUCCION</b>	<b>3</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>6</b>
<b>1 GENERALIDADES.</b>	<b>7</b>
<b>1.1 ESTACION DE BOMBEO.</b>	<b>7</b>
1.1.1 CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO	9
<b>1.2 CARCAMO DE BOMBEO.</b>	<b>11</b>
1.2.1 ARREGLO CARCAMO DE BOMBEO	11
1.2.2 CLASIFICACION DE CARCAMOS	13
1.2.3 HIDRAULICA DE CARCAMOS	14
1.2.4 CONSIDERACIONES EN UN CARCAMO DE BOMBEO	18
<b>1.3 BOMBAS.</b>	<b>27</b>
1.3.1 CLASIFICACION DE LAS BOMBAS	27
1.3.2 BOMBAS CENTRIFUGAS.	28
1.3.3 BOMBA DE TORNILLO.	34
1.3.4 CAPACIDAD DE UNA BOMBA.	35
<b>1.4 DESCARGA.</b>	<b>36</b>
1.4.1 TUBERIAS DE DESCARGA	36
1.4.2 TANQUE DE DESCARGA	37
<b>1.5 SUBESTACION ELECTRICA.</b>	<b>39</b>
<b>1.6 OTRAS PARTES.</b>	<b>41</b>
1.6.1 CASETA DE CONTROLES	41
1.6.2 ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE	41
1.6.3 CASA HABITACION DEL OPERADOR	41
1.6.4 PROTECCION DELAS INSTALACIONES	42
<b>2 SITUACION ACTUAL.</b>	<b>43</b>
<b>2.1 RECOPIACIÓN Y ANALISIS DE INFORMACIÓN.</b>	<b>43</b>
2.1.1 LOCALIZACIÓN.	43
2.1.2 CRECIMIENTO URBANO.	46
2.1.3 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO Y FISICO DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE DE LA PLANTA DE BOMBEO.	47
2.1.4 MEDICIÓN DE PARÁMETROS OPERATIVOS.	56
<b>2.2 ANALISIS HIDRAULICO Y OPERACIÓN EN CONDICIONES ACTUALES.</b>	<b>58</b>
2.2.1 ANÁLISIS TEÓRICO DE CAUDALES DE APORTACIÓN.	58
2.2.1.1 Caudal de Aguas Negras	59
2.2.1.2 Caudal de aguas de lluvia	63



2.2.2	CARCAMO Y EQUIPO DE BOMBEO.	67
2.2.2.1	Potencia Hidráulica y Eficiencia operativa	70
2.2.3	DESCARGA	76
2.2.3.1	Caja de de descarga	76
2.2.3.2	Tuberías de desalojo	76
<b>3</b>	<b>DIAGNOSTICO OPERATIVO Y PROPUESTAS DE SOLUCION.</b>	<b>79</b>
3.1	CARCAMO Y EQUIPO DE BOMBEO.	79
3.2	CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA	82
3.3	CAJA DE DESCARGA Y TUBERIAS DE DESALOJO.	85
3.4	ACCIONES RECOMENDADAS	86
<b>4</b>	<b>EVALUACION DE LAS ACCIONES RECOMENDADAS.</b>	<b>88</b>
4.1	EQUIPOS MECANICOS	88
4.2	CAJA DE DESCARGA Y TUBERIAS DE DESALOJO	100
4.3	COSTOS INDICE	102
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES.</b>	<b>103</b>
	<b>ANEXOS.</b>	<b>104</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA.</b>	<b>105</b>



## INTRODUCCION

En la actualidad CD. Nezahualcoyotl cuenta con una población de 2 millones 800 mil habitantes (según censo de 2000) y un número de 271 278 viviendas de las cuales cuentan con toma de agua 270 073 viviendas; con drenaje 269 735; y con electricidad 270 945. la población beneficiada es de: 2 787 153 habitantes con agua; 2 783 665 habitantes con drenaje y 2 796 152 habitantes con electricidad.

Según estos números la mayoría de vivienda ya cuenta con los servicios básicos, sin embargo existen otros tipos de problemas en CD Nezahualcoyotl, uno de los cuales se deriva, precisamente, con relación al desalojo de aguas, tanto negras como pluviales, las cuales causan grandes inundaciones en algunas zonas del municipio.

### *Problemática*

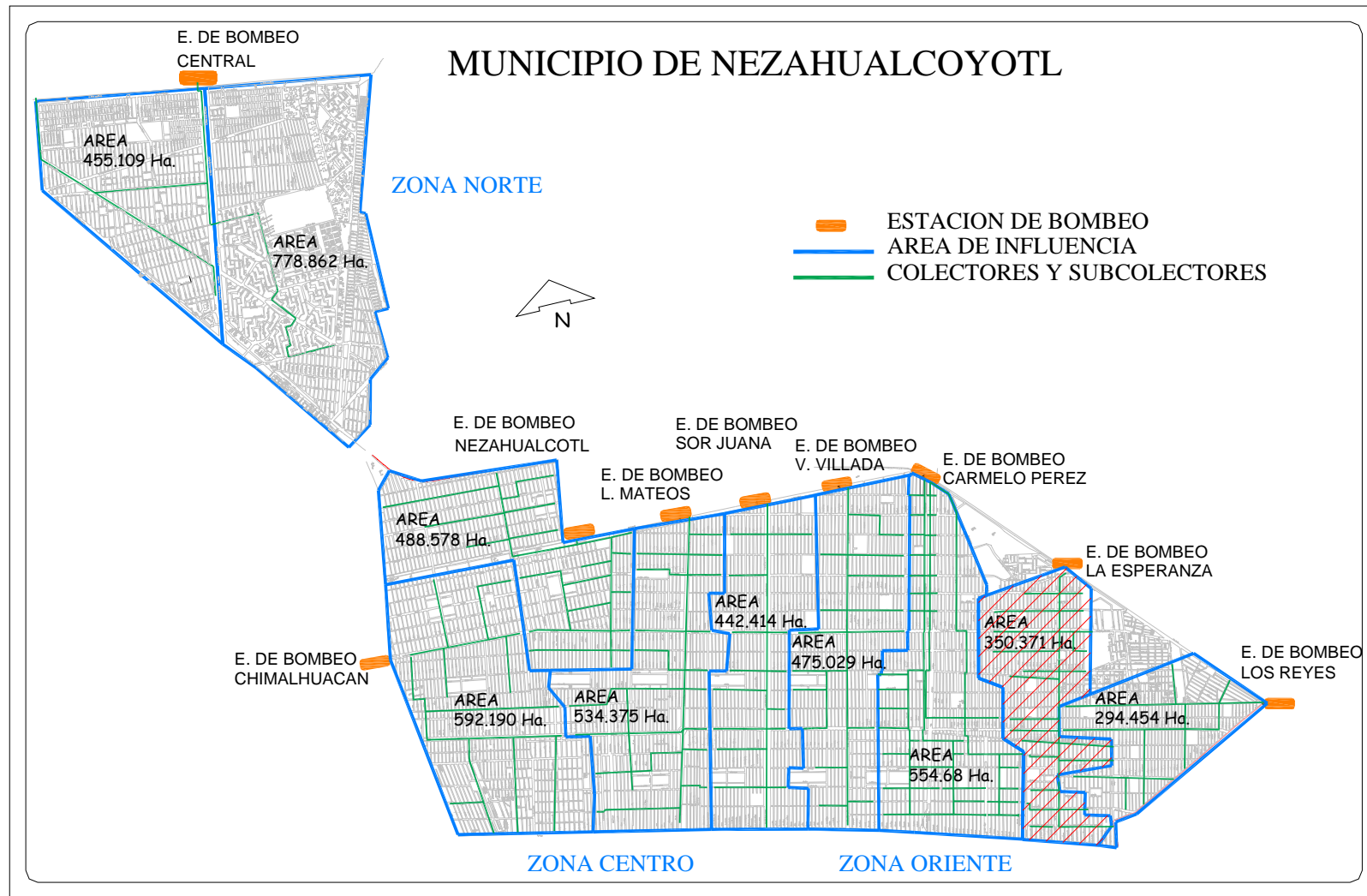
En el municipio de CD Nezahualcoyotl existe un sistema de alcantarillado para el desalojo de aguas en el que se combinan las aguas negras y pluviales, que son conducidas a través de colectores y subcolectores que atraviesan el municipio de suroeste a norte y desembocan en una serie de Estaciones Bombeo ubicadas a lo largo del Río "La Compañía" y el Bordo de Xochiaca, denominadas Los Reyes, La Esperanza, Carmelo Pérez, Vicente Villada, Sor Juana I. de la Cruz, López Mateos, Nezahualcoyotl, San Felipe y Chimalhuacán; este ultimo no descarga directamente al río la Compañía, si no que su descarga es conducida unos 3 km hasta desembocar en el Bordo de Xochiaca. De los cárcamos de cada estación, se bombean las aguas a tanques superficiales de descarga de los cuales salen tuberías que trabajan por gravedad y descargan en el río La Compañía y el Bordo de Xochiaca. Sin embargo debido a las condiciones Geográficas del terreno, que prácticamente es plano y sin desagüe natural (debido a que era un lago) y a la ineficiencia y falta de mantenimiento de los cárcamos, algunas zonas (en especifico las ubicadas al noreste) sufren de inundaciones en épocas de lluvias, aun cuando éstas no son muy intensas.



La construcción de toda obra de ingeniería civil, requiere en su etapa de análisis y diseño, que se consideren todas las condiciones a que estará sujeta dicha obra; debido a que nuestro estudio esta basado en una infraestructura existente, nos limitaremos en cuestiones de diseño y nos enfocaremos mas a la operación hidráulica en condiciones actuales de el sistema de desalojo de aguas residuales; para determinar donde radica la ineficiencia de dicho sistema y así diagnosticar y proponer soluciones para su buen funcionamiento.

La estación de bombeo que estudiaremos será: La Esperanza.

El estudio de la presente tesis se enfoca en el sistema de desalojo de aguas residuales de la Estación de Bombeo la esperanza, dicho estudio fue elaborado en apoyo a la empresa Fro Ingenieros s.a. de c.v., para la elaboración de los trabajos del "Proyecto Ejecutivo para la Rehabilitación de la Estación de Bombeo La Esperanza, Ciudad Nezahualcoyotl, Estado de México"; proyecto elaborado para el Organismo Descentralizado de Agua Potable, alcantarillado y Saneamiento (ODAPAS) de la ciudad de Nezahualcoyotl.



**UBICACIÓN DE ESTACIONES DE BOMBEO Y SUS AREAS DE INFLUENCIA**





## OBJETIVOS

El objetivo principal de este estudio, es lograr tener un funcionamiento óptimo en la estación de bombeo para desalojar en forma inmediata los volúmenes de aguas negras y pluviales captados en la zona, de forma tal que se eviten las inundaciones que ocasionan daños importantes, no solamente a la planta de bombeo, sino también a las viviendas circundantes. Todo a través de la elaboración del ***“Diagnostico Operativo del sistema de desalojo de aguas residuales en la estación de bombeo “La Esperanza”, Ciudad Nezahualcoyotl, Estado de México.”***

## OBJETIVOS PARTICULARES

La presente tesis tiene como objetivo particular, proporcionar una referencia para la elaboración de estudios, diagnósticos, de sistemas de desalojo para aguas residuales y seguir una metodología práctica aplicable para los egresados que se inicien en esta área.

## OBJETIVOS PERSONALES

Desarrollar correctamente el *“Diagnostico Operativo del sistema de desalojo de aguas residuales en la estación de bombeo “La Esperanza”, Ciudad Nezahualcoyotl, Estado de México.”*, para fines prácticos en su utilización.

Aplicar mis conocimientos y poder desarrollarme como ingeniero para aportar beneficios a la sociedad y a la empresa en la que colabore.

Alcanzar un mejor nivel académico que sirva como base para mi desarrollo personal y profesional.

Obtener el título de Ingeniero Civil.



# 1 GENERALIDADES.

## 1.1 ESTACION DE BOMBEO.

Con la finalidad de tener una idea clara del estudio de la presente tesis, a continuación se explica brevemente lo que es una estación de bombeo y las diferentes partes que la conforman; enfocándonos mas en el sistema de desalojo de las aguas residuales en la estación de bombeo la Esperanza, las cuales corresponden a nuestro estudio.

Podemos definir las estaciones de bombeo como el conjunto de instalaciones que se requieren para conducir el agua de un punto bajo a un punto alto, y se emplean en obras de toma en ríos y presas, sistemas de abastecimiento de agua para dar carga a la red de distribución, para elevar el agua de los mantos acuíferos o bien para el caso que nos ocupa, elevar aguas negras o pluviales a los puntos de vertido o desfogue.

Atendiendo las diferentes partes que constituyen una planta de bombeo se puede efectuar una relación de los conceptos mas importantes que deben considerarse para un diseño en general, agrupándolos dentro de la rama de la ingeniería que se trata y así se tiene:

### OBRAS DE INGENIERIA CIVIL.

- Captación
- Alimentación
- Succión o cárcamo
- Conducción
- Descarga
- Casa habitación del personal
- Patio de maniobras
- Caseta de controles
- Oficinas y administración
- Caminos de acceso
- Protección de las instalaciones

### OBRAS DE INGENIERIA MECANICA

- Equipo de bombeo
- Protección y control
- Accesorios y otros
- Medición del agua bombeada
- Equipo de servicio y mantenimiento



## OBRAS DE INGENIERIA ELECTRICA

- Línea de transmisión
- Subestación
- Equipo de Medición
- Equipo de control y protección
- Alimentación de baja tensión
- Alumbrado

Las estaciones de bombeo son necesarias para la impulsión de:

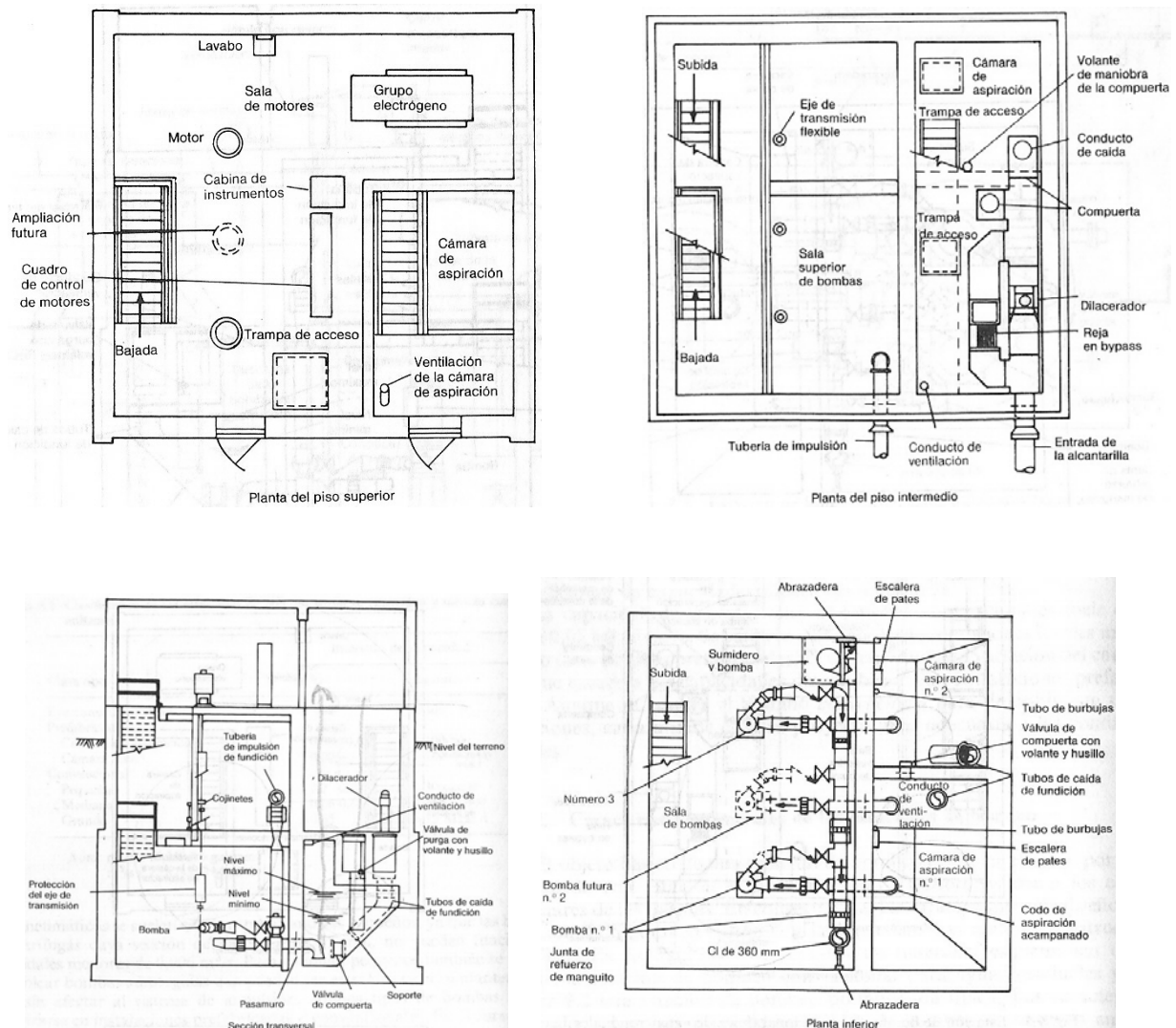
1. Aguas residuales domesticas crudas
2. Aguas pluviales
3. Aguas residuales industriales
4. Aguas residuales de redes de alcantarillado unitario
5. Fangos producidos en las plantas de tratamiento
6. Efluentes tratados
7. Redes de agua en las plantas de tratamiento

Las principales condiciones y factores que afectan a la necesidad de recurrir al uso de estaciones de bombeo en las redes de alcantarillado son las siguientes:

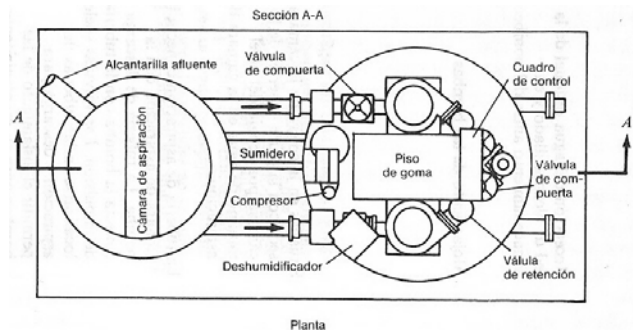
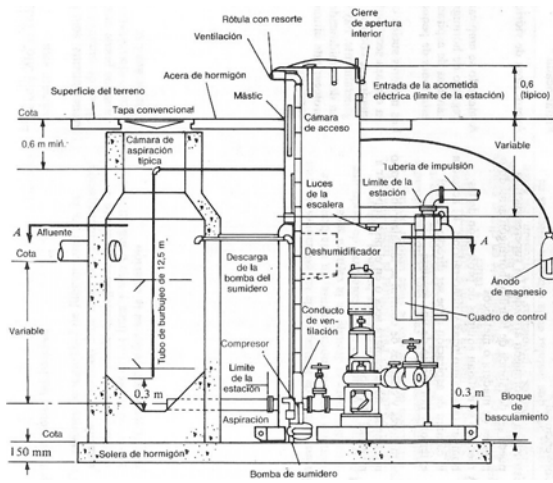
1. Cuando la cota de la zona a servir es demasiado baja para que sus aguas residuales puedan ser evacuadas por gravedad a los colectores existentes o en proyecto.
2. Cuando la omisión de un bombeo, aun en el caso de que ello sea factible, supone un coste de construcción excesivo debido a la necesidad de efectuar grandes excavaciones para la construcción de la alcantarilla que de servicio a una zona determinada.

## 1.1.1 CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO

El objeto básico de una estación de bombeo es elevar el agua, por lo que dentro de una estación se incluyen, tanto las bombas como los equipos auxiliares de las mismas. En consecuencia, las características de diseño de las estaciones de bombeo varían con la capacidad y el método constructivo a emplear. En la figura 1.1.1 se muestra un diagrama esquemático de una moderna estación de bombeo convencional para aguas residuales y en la figura 1.1.2. una estación de bombeo prefabricada típica.



**Figura 1.1.1 ESTACION DE BOMBEO CONVENCIONAL TIPICA DE AGUAS RESIDUALES**



**Figura 1.1.2 ESTACION DE BOMBEO PREFABRICADA DE DOS BOMBAS.**

## 1.2 CARCAMO DE BOMBEO.

El cárcamo de bombeo es una estructura construida de concreto o mampostería que forma parte de un arreglo en donde se descarga el conducto de la toma y se instalan las bombas suministrándole un gasto determinado de agua para elevarla al nivel deseado.

El cárcamo de bombeo es necesario para recibir el agua residual antes de su bombeo. En ocasiones se instalan en la misma, algún dispositivo para proteger las bombas, tal como rejas o dilaceradores. El volumen del cárcamo va a depender del tipo de bombas ya sea de velocidad constante o variable. Si se eligen bombas de velocidad constante, el volumen debe de ser suficiente para evitar que los ciclos de funcionamiento sean demasiado cortos, lo cual supone una frecuencia elevada de arranques y paradas.

### 1.2.1 ARREGLO CARCAMO DE BOMBEO

El arreglo del cárcamo de bombeo se puede subdividir en cuatro secciones como se muestra en la figura 1.2.1.

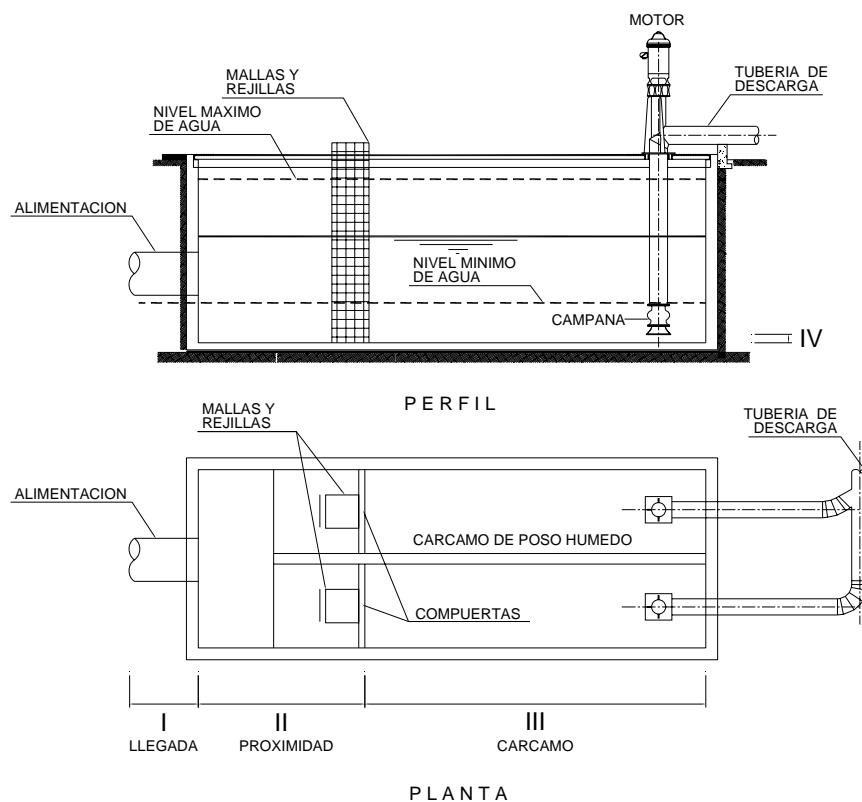


Fig No 1.2.1. ZONA O SUBDIVISION DE LAS ZONAS DEL CÁRCAMO DE ACUERDO CON SU FUNCIÓN



## Zona I

El agua se puede tomar de un río o de otra fuente y conducida a la estación de bombeo como flujo superficial o flujo interno a través de una esclusa de toma, esto puede ser por uno o varios canales de toma. Para el caso que nos compete el agua que se conduce al cárcamo en estudio, son aguas negras y aguas pluviales captadas a través de la red de alcantarillado, colectores y emisores. La entrada de flujo a la zona II con frecuencia es a través de una estructura de control tal como un vertedor.

## Zona II

Esta contiene estructuras tales como: mallas y/o rejillas (para remover la materia sólida del agua), compuertas (para controlar el gasto) y paredes de división para encausar el flujo hacia la zona III. Todas las bombas independientemente de su tamaño pueden obstruirse con trapos u otros materiales normalmente presentes en el agua residual. Cuanto mayor sea la bomba, mayor es el tamaño de los sólidos que puede bombear, pero toda bomba puede atascarse con trapos.

Los trapos tienen tendencia a engancharse a los componentes de la bomba, acumulándose hasta que, eventualmente, producen su atascamiento. Para proteger las bombas frente a este problema, en la mayoría de las estaciones de bombeo, excepto en las más pequeñas, se suele instalar algún dispositivo en la cámara de aspiración que separe o desmenuce los trapos y otros materiales. Los dispositivos más comúnmente utilizados son las rejas y dilaceradores.

*Rejas.* Una reja es un dispositivo formado por un conjunto de barras paralelas cuya misión es separar los objetos contenidos en el agua residual a medida que pasa a su través. La separación de las barras varía entre 25 y 150 mm dependiendo del grado de protección necesario. Normalmente, las rejas de las estaciones de bombeo son de limpieza automática, aunque en caso de emergencia se utilizan rejas de limpieza manual, situadas en canales de bypass, cuando las de limpieza automática están fuera de servicio.

Los residuos extraídos en las rejas han de ser evacuados a alguna zona adecuada para ello, o bien pueden triturarse y ser retornados al agua residual.

### Zona III

El cárcamo o zona de bombeo, usualmente es rectangular; excepto para aplicaciones de drenaje, tiene un piso plano. Un cárcamo puede servir a mas de una bomba (cárcamo común o múltiple); la toma puede ser un tubo abocinado suspendido como se ve en la figura 1.2.2 o se puede construir en toda o en parte de una pared. El objeto primario del cárcamo es proporcionar un volumen almacenado y amortiguar cualquier patrón de flujo extremadamente distorsionado que surja de la zona II.

### Zona IV

Como se ve en la figura 1.1.3. esta es una sección corta de tubo entre la bomba y el impulsor de la bomba, en algunos casos, esta sección puede ser bastante larga y tal vez contener varios cambios de dirección y de sección transversal. El flujo siempre debe de llenar esta sección del tubo para asegurar que no haya superficie libre. Con un tubo de entrada largo, los patrones de flujo en la bomba están influenciados por el diseño de los cambios de dirección y de la sección transversal del tubo y no son influenciados por condiciones adversas de la toma.

## 1.2.2 CLASIFICACION DE CARCAMOS

Según la colocación del equipo de bombeo, los cárcamos, se clasifican como de cámara húmeda (fig. 1.2.2.a.) y de cámara seca (fig. 1.2.2.b.).

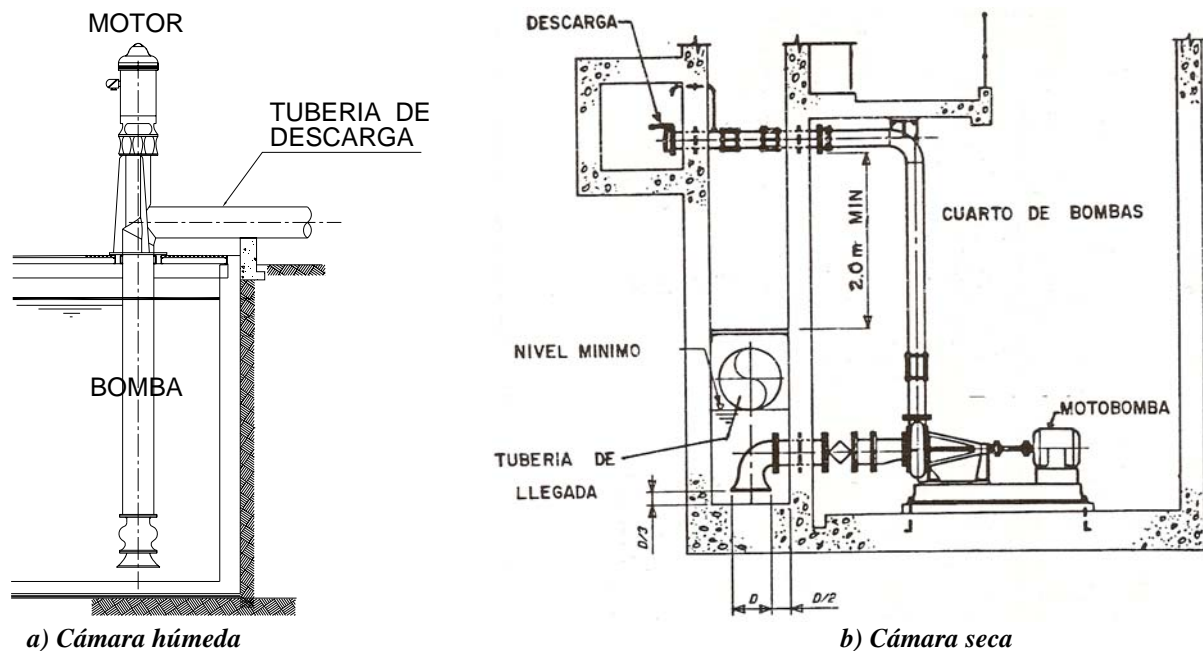


Fig No 1.2.2- CLASIFICACION DE CARCAMOS





*Cámara húmeda.* En los cárcamos de cámara húmeda la bomba se encuentra sumergida en el líquido contenido en el cárcamo. La obra civil de estos cárcamos es simple y mas económica pero el equipo de bombeo requiere el vaciado de la cámara donde esta la bomba que necesita de servicio, sea de reparación o de mantenimiento rutinario. Esto implica la existencia de compuertas. Otra alternativa es no vaciar la cámara, sino izar la columna completa para dar el servicio fuera del carcomo requiriéndose una grúa permanente (solo para instalaciones grandes) que permitan sacar toda la columna. Estos cárcamos, que son usados extensivamente en la CNA, utilizan bombas de flujo axial, con el impulsor bajo el nivel del líquido o bombas centrifugas con válvula de retención a la descarga de los equipos de bombeo. Este tipo de carcomo es de uso frecuente en los sistemas de agua potable y alcantarillado. (Fig. 1.2.2.a.)

*Cámara seca.* Los cárcamos de cámara seca tiene un alojamiento estanco, donde va el equipo de bombeo. Su construcción es mas cara que la de los cárcamos húmedos pero el mantenimiento del equipo es mas rápido y mas económico puesto que el equipo mecánico esta fuera del fluido. El tubo abocinado volteado hacia abajo (fig.1.2.2.c.), es un arreglo muy popular en aplicaciones de drenaje, puesto que permiten una cubierta de agua mas abajo en el cárcamo que una admisión horizontal (fig.1.2.2.b.), y en general esta menos sujeta a la acción de vórtices a niveles similares de agua.

### 1.2.3 HIDRAULICA DE CARCAMOS

La operación hidráulica de los equipos de bombeo descansa de manera decisiva en el funcionamiento hidráulico correcto del cárcamo correspondiente. Hay características de flujo que dan como resultado baja eficiencia de bombeo, limitaciones en las condiciones de operación, y en casos graves, causan el desgaste prematuro y producen daños substanciales a los equipos.

El funcionamiento hidráulico de un cárcamo es una función directa de las condiciones hidráulicas del flujo de entrada y de la geometría de las paredes internas que limitan al flujo. Debido a que no es posible predecir analíticamente dicho funcionamiento, a causa del gran número de variables que intervienen, la experimentación en modelo hidráulico reducido es la única vía confiable de análisis; como aproximación (a veces no muy confiable), se dispone de recomendaciones y normas acerca de la hidrodinámica a la entrada del cárcamo y de la configuración de las fronteras del flujo. Se hace notar que el estudio de dicha información presenta el inconveniente de que los criterios son más bien particulares, lo que dificulta la elaboración y la utilización de conclusiones aplicables a una variedad de casos.



Las recomendaciones mas conocidas son las de la Asociación Británica de Investigación Hidromecánica (BHRA) y la del Hydraulics Institute Standarts (HIS). Sin embargo, en la práctica se ha comprobado que dichas recomendaciones son sólo aproximaciones de relaciones entre geometría de cárcamo e hidrodinámica correcta. En el caso de diseños importantes, se recomienda enfáticamente el uso de modelos hidráulicos para comprobar la buena operación hidráulica. Un modelo a la escala apropiada, bien diseñado y operado correctamente, puede dar un adelanto confiable del funcionamiento hidrodinámico de su prototipo, si sus resultados son interpretados correctamente. Sin embargo, no debe menospreciarse la utilidad de las recomendaciones, ya que aún en el caso de que el estudio se realice con ayuda de un modelo hidráulico, un diseño preliminar esencialmente correcto tiende a posibilitar un estudio experimental breve y económico.

El flujo en el cárcamo debe idealmente cumplir con las condiciones que se mencionan a continuación. La diferencia entre estas condiciones y las reales determinara el grado de ocurrencia de problemas en el funcionamiento.

- 1) Uniformidad.- En una sección transversal convenientemente definida de la cámara, la magnitud y la dirección de las velocidades en todos los puntos de la sección deben ser iguales. La falta de estas condiciones se debe generalmente a la asimetría de la estructura con respecto a la dirección del flujo y a la geometría particular del cárcamo, provocando un giro de la masa liquida hasta la entrada de la campana, así como, en casos graves, la formación de vórtices sumergidos y de vórtices superficiales con el consiguiente acarreo de aire.
- 2) Permanencia.- La magnitud y la dirección de las velocidades no deben variar con respecto al tiempo ya que la variación de las velocidades en el tiempo generan fuerzas irregulares, no equilibradas en el impulsor; esto provoca la aparición de vibraciones, las cuales con el tiempo pueden dañar a los cojinetes y a otras partes de la bomba.
- 3) Homogeneidad.- El flujo debe de ser de una sola fase: es decir, no debe de haber arrastre de aire o de vapor. La inclusión de aire en el flujo puede deberse a varias causas: sumergencia insuficiente, altas velocidades y vorticidad. La formación de burbujas de vapor de agua y de aire disuelto es el resultado de las bajas presiones debidas en general a los vórtices sumergidos y a las altas velocidades cerca de la campana de succión, presentándose la cavitación en el impulsor y en otras partes de la bomba, con graves consecuencias en casos extremos.



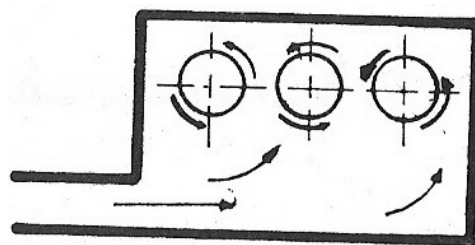
- 4) Vorticidad.- No debe presentarse vórtices superficiales de los tipos 2 y 3 (criterio de John L. Dicmas) , ni vórtices sumergidos de los tipo de B y C. Ya que el efecto de estos sobre la eficiencia de las bombas puede ser seria, debida a la introducción de aire o vapor y a la rotación de la masa líquida. En este ultimo aspecto y dependiendo de la rotación de la dirección de la rotación del vértice y de la del impulsor de la bomba, puede aumentar o disminuirse erráticamente la carga sobre el equipo, lo que se traduciría en esfuerzos adicionales y sobre todo en riesgo. Con respecto a la introducción de aire o vapor de agua a la columna de succión, esto puede generar cavitación.
- 5) Prerrotacion.- El flujo que llega al impulsor de la bomba no debe presentar un giro excesivo; los principales fabricantes de bombas aceptan una prerrotacion menor de 5 r.p.m.
- 6) Simetría.- El perfil de velocidades en cualquier sección transversal al flujo debe ser simétrico en relación con el eje del canal.
- 7) Turbulencia.- La turbulencia generada por pilas o cualquier otra discontinuidad en el flujo debe ser amortiguada antes de que entre a la campana de succión.

Uno de los problemas reales que se genera en el diseño impropio de un cárcamo de bombeo ocurren precisamente en la superficie del agua en forma de vórtices. Los vórtices se producen por recirculaciones localizadas en la superficie libre del agua, que pueden desarrollarse para formar un vórtice. Si esta perturbación continua, el flujo del agua arrastrará aire por debajo de la campana de succión. Esto introduce aire en el impulsor afectando al equipo debido a la variación del patrón del flujo normal. Esta condición producirá una operación inestable de la bomba, al disminuir el flujo se provocará una sobrecarga que ocasiona cavitación. vibraciones o ruidos.

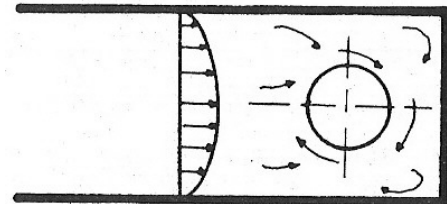
La formación de vórtices en un cárcamo de bombeo se puede considerar que se debe principalmente a las siguientes causas:

1. Los vórtices generados por la rotación del fluido cercano a la campana de succión provocada por un cambio en la dirección del flujo en el canal de acceso (fig. 1.2.3.a.)
2. Los vórtices que se generan por un gradiente alto de la velocidad, ya que la distribución del flujo en la vecindad de la frontera sólida induce un flujo rotacional; esto es, las paredes del cárcamo constituyen una fuente de vorticidad (fig. 1.2.3.b.)

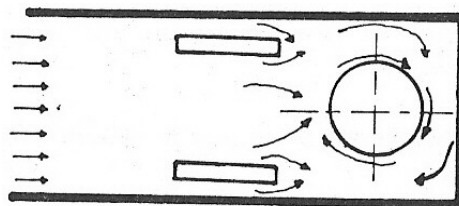
3. Los vórtices que son provocados por algunas obstrucciones en la estructura, como un muro divisorio, columna de rejilla, alguna esquina, etc. ya que éstas tienden a dejar estelas rotacionales alternantes (fig. 1.2.3.c.)
4. Por una sumergencia insuficiente (fig.1.2.3.d.)
5. Cuando se presentan flujos oblicuos con respecto al eje del cárcamo con varias bombas y que al menos una no esté en operación ya que se provocará una corriente tangencial a una porción de masa inmóvil o casi inmóvil, que tienda a invertir la dirección original del flujo.



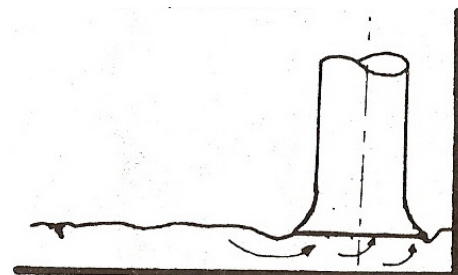
*a) Cambio en la dirección del flujo*



*b) Gradiente de velocidad*



*c) Obstrucciones*



*d) Sumergencia insuficiente*

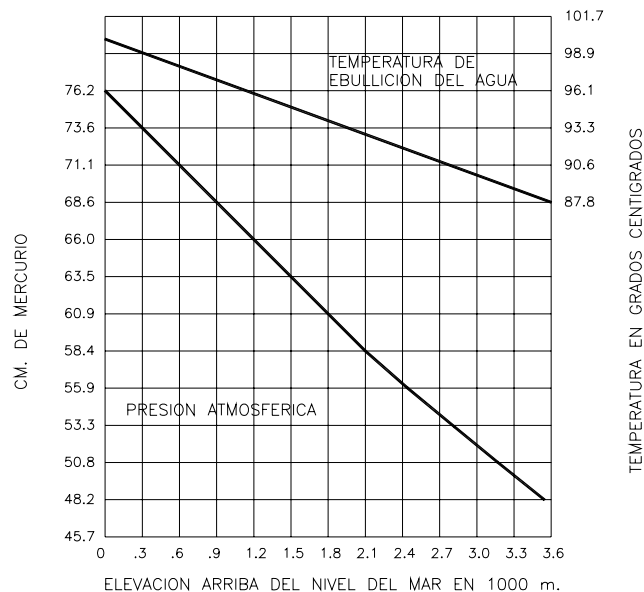
**Fig No 1.2.3. CAUSAS EN LA FORMACION DE VORTICES.**



## 1.2.4 CONSIDERACIONES EN UN CARCAMO DE BOMBEO

### Presión

*Presión Atmosférica.* También llamada presión barométrica, es aquella que se tiene en un lugar debido al peso de la atmósfera, por lo cual, varía con la altura con relación al nivel del mar, teniendo a cero metros un valor de  $1.033 \text{ kg/cm}^2$  (en condiciones normales), que corresponden a una columna de mercurio de 0.760 m. ò a 10.33 m. de columna de agua. Figs. 1.2.4. y 1.2.6.



**Fig No 1.2.4. PRESIONES ATMOSFERICAS PARA ALTITUDES HASTA DE 3660 METROS.**

*Presión Manométrica.* Es la presión que se tiene en una superficie, sin considerara la presión atmosférica y por ello suele llamarse presión relativa.

*Presión Absoluta.* Se llama así, a la presión resultante de considerar la atmosférica, mas aquella que la producen otras causas o sea la manométrica. Se mide arriba del cero absoluto y puede estar arriba o debajo de la presión atmosférica.

*Presión negativa.* Cuando la presión absoluta es menor que la atmosférica se dice que se tiene una presión negativa. Un ejemplo de cuando se tiene esta clase de presión es el siguiente:

Si se introduce un tubo, abierto en ambos extremos, en un recipiente con agua Figs. 1.2.5.; el nivel del liquido será igual dentro y fuera del tubo. Si con una bomba se extrae el aire por su parte superior, el agua subirá dentro del tubo, debido a la presión



atmosférica y al vacío efectuado, hasta una altura igual al del barómetro en ese lugar, suponiendo un vacío perfecto y despreciando la tensión del vapor de agua. En estas condiciones la presión absoluta en A, ( $P_A$ ) será igual a la presión manométrica. Esta presión con relación a la de B, ( $P_B$ ) es mayor en un valor correspondiente a la carga hidrostática "h", por lo tanto:

$$P_A = P_B + \delta h$$

Siendo  $\delta$  el peso específico del agua

Luego

$$P_B = P_A + \delta h$$

La presión manométrica en B, ( $P_B$ ) valdrá:

$$P_b = P_A - \delta h - P_A$$

Puesto que  $P_A$  es igual a la presión atmosférica

Por lo tanto:

$$P_b = -\delta h; \text{ y la carga será: } -\frac{\delta h}{\delta} = -h$$

A esta carga también se la llama carga de vacío o de succión.

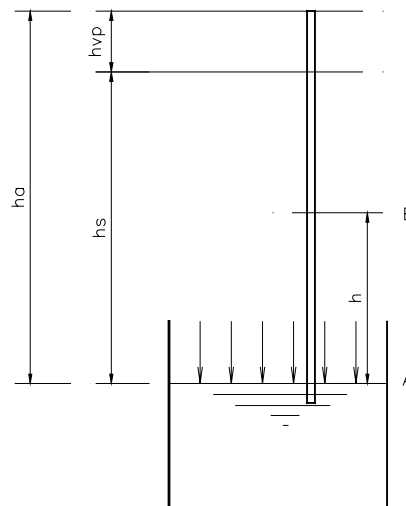


Fig No 1.2.5. PRESION NEGATIVA.



*Limite de carga negativa.* Si " $h_a$ " es la altura que corresponde a la presión barométrica y " $h_{vp}$ " es la equivalente a la tensión del vapor, la altura limite de la columna ( $h_s$ ) será:

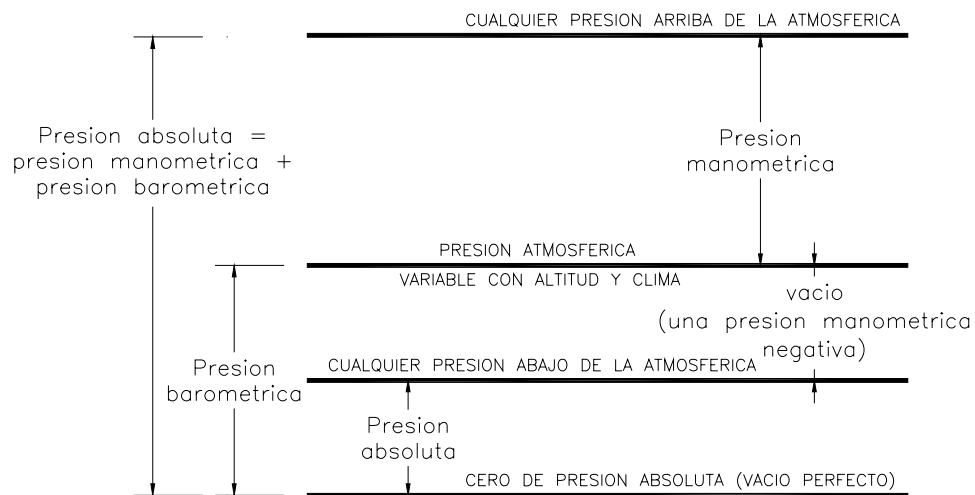
$$h_s = h_a - h_{vp}$$

Aun cuando la bomba extractora de aire, continuara trabajando después de que el agua alcanzo la altura " $h_s$ ", el nivel dentro del tubo ya no subirá mas y lo que se consigue es extraer el vapor de la superficie dentro del tubo. Cuando el liquido se llegara a calentar la altura " $h_s$ " descendería por que " $h_{vp}$ " aumenta y en el punto de ebullición " $h_s$ " valdría cero.

Por lo anterior la carga negativa máxima que pueda tenerse depende la presión barométrica del lugar y de la tensión del vapor y esta de la temperatura. A nivel del mar la altura de succión máxima teórica es de 10.33 m.

*Presión de vapor.* Es la presión que ejerce el vapor de la superficie libre de un liquido cuando este se encuentra a una temperatura arriba de su congelación. También se define como la presión a la cual se vaporiza un liquido si se le agrega calor o a la que el vapor de una cierta temperatura se condensa a liquido y se le quita calor.

En el caso del agua, la presión de vapor tiene valores definidos a cualquier temperatura y se pueden ver en las tablas de vapor. Al convertir las presiones de vapor a carga en metros, se debe considerar la temperatura del agua bombeada.



**Fig No 1.2.6. PRESIONES.- RELACION DE TERMINOS EMPLEADOS.**



## *Cavitación*

Cuando en el seno de un líquido en movimiento, la presión local se reduce a la correspondiente al vapor de ese líquido a la temperatura dominante se presenta una formación de bolsas de vapor que desaparecen súbitamente al entrar en otra zona donde la presión tiene un valor tal, que se condensan, es decir, se tornan a líquido suavemente. A este fenómeno de formación y desaparición rápida de cavidades llenas de vapor del líquido que fluye porque pasa de una baja a alta presión se le llama cavitación.

Este fenómeno se puede presentar en las turbinas, bombas, válvulas, en los cambios bruscos de la sección de tubería<sub>1</sub> etc., así como en las partes estacionarias de las estructuras hidráulicas que están propensas a baja presión y alta velocidad del agua.

La cavitación en las maquinas hidráulicas ocasiona una disminución en su rendimiento, ruido, vibración y generalmente las corroe. Esto último hizo pensar a los investigadores que este fenómeno era de naturaleza química (debido a la oxidación). Sin embargo, de acuerdo con los estudios y observaciones realizados al respecto se ha comprobado y aceptado que más bien su naturaleza es mecánica, ya que también se llega a presentar en materiales como la madera, el concreto y hasta en el vidrio.

Cuando las bolsas de vapor se originan en la succión o entrada del impulsor de una bomba, las burbujas son arrastradas al interior de los alabes, sufriendo así un cambio de baja a alta presión y por lo tanto, se condensan súbitamente, originando al mismo tiempo una implosión. El proceso en sí y su repetición constante causa un choque de fuerte presión en las superficies metálicas de tal suerte que pueden llegar a provocar fatigas de ruptura de material y consecuentemente la picadura y erosión del mismo, esto amén de menor rendimiento, ruido y vibraciones perjudiciales.

De acuerdo con lo anterior, lo primero que se nos ocurre pensar para evitar la cavitación en bombas, es no dar lugar a la vaporización del agua, en otras palabras, mantener siempre en la succión una presión arriba de la del vapor de agua y concretamente contar con un CNSP suficiente. Además de cuidar este concepto, algunos fabricantes recomiendan otras medidas prácticas como las siguientes:





#### En bombas horizontales:

1. Cargas mucho menores que la correspondiente a la máxima eficiencia.
2. Capacidad mucho mayor que la que se tiene con la máxima eficiencia.
3. Elevación de succión mayor o CNSP menor que la recomendada por el fabricante.
4. Temperaturas de líquido mayores que las consideradas en el diseño del sistema.
5. Velocidades superiores que las consideradas por el fabricante.

#### En bombas verticales:

1. Cargas mayores que la correspondiente a la máxima eficiencia.
2. Capacidad mucho menor que la correspondiente a la máxima eficiencia.
3. Elevación de succión mayor o CNSP menor que la recomendada por el fabricante.
4. Temperaturas de líquido mayores que las consideradas en el diseño del sistema.
5. Velocidades superiores que las consideradas por el fabricante.

### *Sumergencia*

Puede definirse como la carga estática que actúa en la bomba debido al ahogamiento del primer impulsor. Numéricamente es la distancia vertical, en metros, entre el nivel del agua en el carcom y el eje horizontal del primer impelente, que es el adyacente a la campana de succión.

Esta carga siempre es necesaria para el funcionamiento en sí, de la bomba; también evita la posibilidad de que el aire que se encuentre arriba de la superficie del agua entre al impulsor (disminuyendo su eficiencia) durante el funcionamiento y además favorece una instalación al aumentar el N.P.S.H. (carga neta de succión positiva) en forma semejante a lo que sucede con la carga estática de succión en una bomba de eje horizontal que se localiza abajo del nivel del agua en el suministro.



La sumergencia requerida para una bomba, operando en determinadas condiciones, es dato del fabricante y generalmente puede verse en la carta que contiene la curva de eficiencia del modelo.

En algunas bombas el valor de la sumergencia es relativamente pequeño y en otras puede ser grande; por ello, este factor debe tomarse en cuenta al seleccionar el equipo ya que puede influir en forma notable, para fijar la profundidad del carcomo y la longitud de la columna de succión.

### *Nivel dinámico*

Se acostumbra llamar así, al nivel del agua en el suministro cuando opera la bomba.

Este termino es mas propio y usual en problemas de bombeo de agua subterránea, por que en este caso si hay una diferencia, generalmente notable, entre el nivel estático del acuífero que es cuando no trabaja el equipo y el que se tiene en el pozo estando funcionando aquel.

### *Carga total de una bomba de eje vertical*

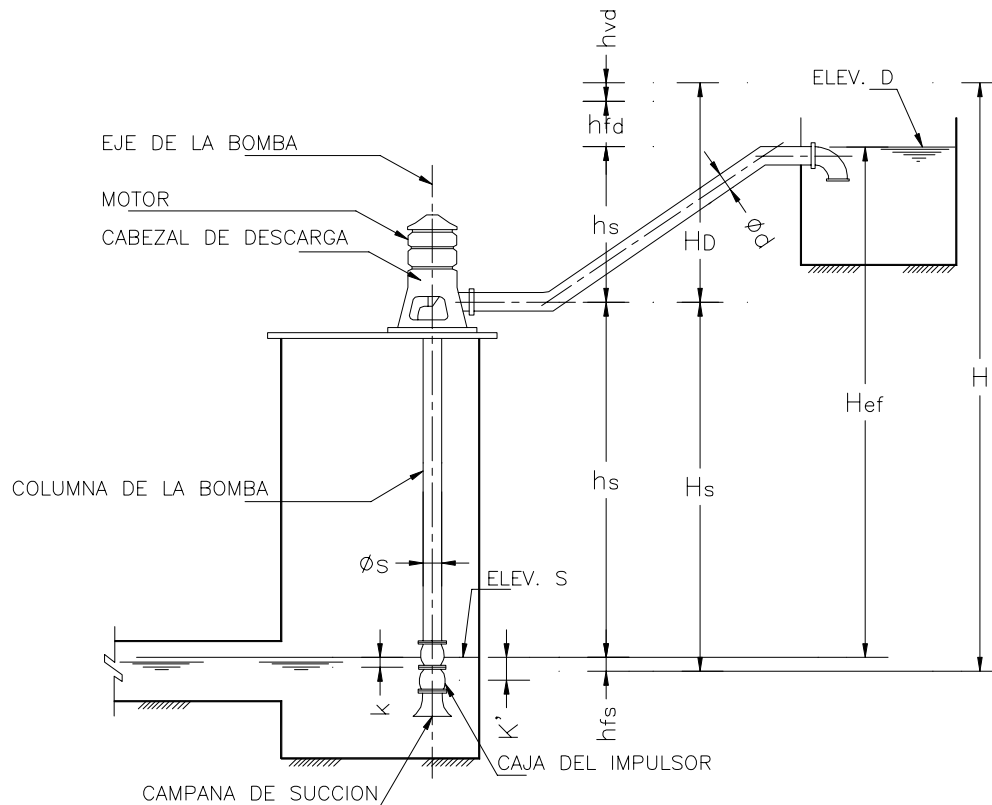
Debido al funcionamiento e instalación de las bombas verticales, la carga total valdrá siempre. La suma de la carga de succión y la carga de descarga, como puede observarse en la figura 1.2.8. que representa un caso típico de bombeo con este tipo de unidades.

Por lo tanto se puede escribir:

$$\begin{aligned}H &= H_s + H_D \\H_s &= h_s + h_{fs} \\H_D &= h_d + h_{fd} + h_{vd}\end{aligned}$$

Substituyendo (a) y (b) en (1):

$$H = h_s + h_{fs} + h_d + h_{fd} + h_{vd}$$



$$H = h_{et} + h_{fs} + h_{fd} + h_{vd} = H_s + H_D \quad \text{Para } \phi_s = \phi_d$$

$$H = H_s + H_D - h_{vd} - h_{vs} \quad \text{Para } \phi_s \neq \phi_d$$

Fig No 1.2.7. INSTALACION TIPICA DE UNA BOMBA VERTICAL.

O bien:

$$H = h_{et} + h_{fs} + h_{fd} + h_{vd} \text{ ya que:}$$

$$H_{et} = h_s + h_d$$

Representando:

$H$  = Carga dinamica total o altura manometrica total.

$H_s$  = Carga total en la succion.

$h_s$  = Carga estatica de succion.

$h_{fs}$  = Perdida por friccion en la columna de succion y cabezal de descarga.

$H_D$  = Carga de descarga.



$h_d$  = Carga estatica de descarga.

$h_{fd}$  = Carga de fricción en la descarga.

$h_{vd}$  = Carga de la velocidad de descarga.

### ***Carga neta de succión positiva (CNSP o NPSH)***

Se define como la presión disponible o requerida para establecer un flujo a través del elemento de succión al ojo del impulsor o carcasa de una bomba, cuyo valor nunca deberá reducirse al correspondiente a la presión de vapor del liquido manejado. Se expresa en metros de columna del liquido bombeado equivalente a una presión en  $\text{kg/cm}^2$ .

Se ha observado (lo dicen las autoridades relacionadas con problemas de bombeo) que una determinación incorrecta de la C.N.S.P. puede ocasionar fundamentalmente problemas de cavitación en mayor o menor grado, disminución de eficiencia de las unidades y por ende problemas en operación de un sistema de bombeo.

***C.N.S.P. Requerida.*** Es la diferencia mínima de presión entre la carga de succión y la presión de vapor liquido manejado, que necesita una bomba para operar a determinada capacidad. En nuestro caso la presión de vapor corresponderá al agua.

Su valor depende del diseño de cada bomba, siendo diferente para cada tipo y modelo, pero principalmente, es función de la capacidad del trabajo y de las velocidades del agua en la succión y en los impulsores; por lo tanto los siguientes factores influyen para valuar su magnitud: forma y área de los conductos de succión, diámetro del ojo del impulsor, forma y numero de alabes, espacio entre ellos, velocidad especifica de la bomba y otras características propias de fabricaron, como la flecha y cubo del impulsor.

Siendo la C.N.S.P. una característica propia de cada modelo de bomba, su valor es un dato proporcionado por los fabricantes y se puede encontrar en catálogos editados por las curvas vendedoras. Esta carga generalmente la refiere al eje horizontal de la bomba o del impulsor.

***C.N.S.P. Disponible.*** Es la diferencia entre la presión absoluta que se tiene en una instalación y la presión de vapor de agua.



De acuerdo con la definición anterior, la C.N.S.P. disponible, dependerá fundamentalmente del lugar en que se lleve a cabo el bombeo y de la presión de vapor de agua a la temperatura dominante en ese lugar, así como de las condiciones físicas de la instalación; considerando lo ultimo, será factible si se desea alterar su valor (lo cual no puede hacerse con la C.N.S.P. requerida) dadas unas características, variando algún elemento de esas condiciones ; por ejemplo: si se quiere aumentar para tener la exigida por una bomba horizontal, se puede variar el diámetro y la longitud de la tubería de succión o cambiar la localización de la bomba a otro nivel o una combinación de estas posibilidades. En bombas verticales muchas veces para lograr mayor C.N.S.P. disponible se recurre al aumento de la sumergencia. En otras ocasiones, también se podrá disminuir el gasto de cada unidad aumentando el numero de bombas.

En toda instalación y para cualquier condición de trabajo, la C.N.S.P. disponible deberá ser como mínimo, igual al valor de la C.N.S.P. requerida por la bomba de que se trate; pero se recomienda que este valor mínimo, sea un poco mayor por lo que podemos escribir:

$$\text{C.N.S.P. disponible} \geq \text{C.N.S.P. requerida}$$

$$(\text{C.N.S.P.})_d \geq (\text{C.N.S.P.})_r$$

## 1.3 BOMBAS.

Las bombas normalmente empleadas en el campo de las aguas residuales (centrífugas, de tornillo y de desplazamiento positivo), así como algunas bombas especiales de aplicación en ciertos casos, se estudian en esta sección.

### 1.3.1 CLASIFICACION DE LAS BOMBAS

De acuerdo con el Hydraulic Institute, todas las bombas pueden clasificarse en dos grupos básicos, las de energía cinética y las de desplazamiento positivo. En la figura 1.3.1 se indican las bombas correspondientes a cada grupo. Como puede verse, las bombas centrífugas, que son las de uso mas extendido en el campo de ingeniería sanitaria, están clasificadas como bombas de energía cinética. Los tres tipos de bombas centrífugas son las de flujo radial, flujo mixto y flujo axial. En general, las bombas de flujo radial y mixto se emplean para el bombeo de aguas residuales y pluviales. Las bombas de flujo axial se pueden emplear para el bombeo de efluentes tratados o aguas pluviales exentas de agua residual.

Las bombas de tornillo, cuyo uso se está haciendo cada vez más popular, se clasifican como de desplazamiento positivo. Además de las mencionadas, hay una gran variedad de bombas, tanto de desplazamiento positivo como de energía cinética, que se emplean en aplicaciones especiales en el campo de la ingeniería sanitaria.

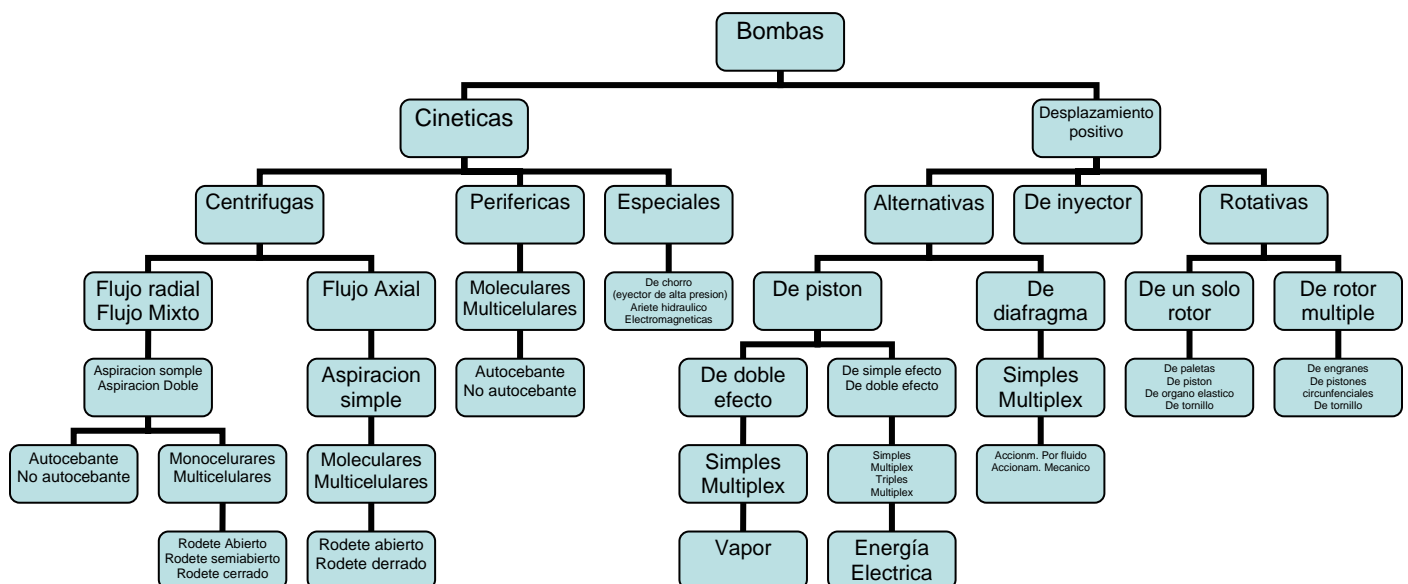


Fig No 1.3.1. CLASIFICACION DE LAS BOMBAS.

### 1.3.2 BOMBAS CENTRIFUGAS.

Las bombas centrífugas se clasifican en de flujo radial, mixto y axial. Antes de tratar sobre cada una de ellas en particular, es conveniente tener un conocimiento sobre las características generales de las bombas centrífugas.

*Características de las bombas.* Una bomba centrífuga consta de dos elementos principales: un elemento rotativo denominado *rodete*, el cual fuerza al líquido a seguir un movimiento rotativo y la carcasa o cuerpo de la bomba, la cual tiene por objeto dirigir el líquido hacia el rodete y hacia la salida. Al girar el rodete, el líquido sale del mismo con presión y velocidad superiores las que tenía a su entrada. La velocidad de salida del fluido se convierte parcialmente en presión antes de abandonar la bomba por la boquilla de descarga. La conversión de la velocidad en presión tiene lugar dentro de la carcasa, la cual puede ser de dos tipos, de voluta o de difusión.

En una carcasa del tipo voluta, el tamaño del canal que rodea al rotor aumenta gradualmente hasta el de la boquilla de descarga de la bomba (véase figura 1.3.2. a) y la mayor parte de la conversión de la velocidad en presión tiene lugar en la boquilla cónica de descarga. En una carcasa del tipo de difusión, el rodete descarga el líquido a través de un canal provisto de unas chapas guía (ver figura 1.3.2. b). La conversión de la velocidad en presión tiene lugar durante el paso entre las guías. Antiguamente a este tipo de bombas se les denominaba bombas de turbina. Su uso es raro en el bombeo de aguas residuales sin tratar pero, en cambio, está muy extendido en aplicaciones de bombeos de alta presión para agua potable o efluentes tratados.

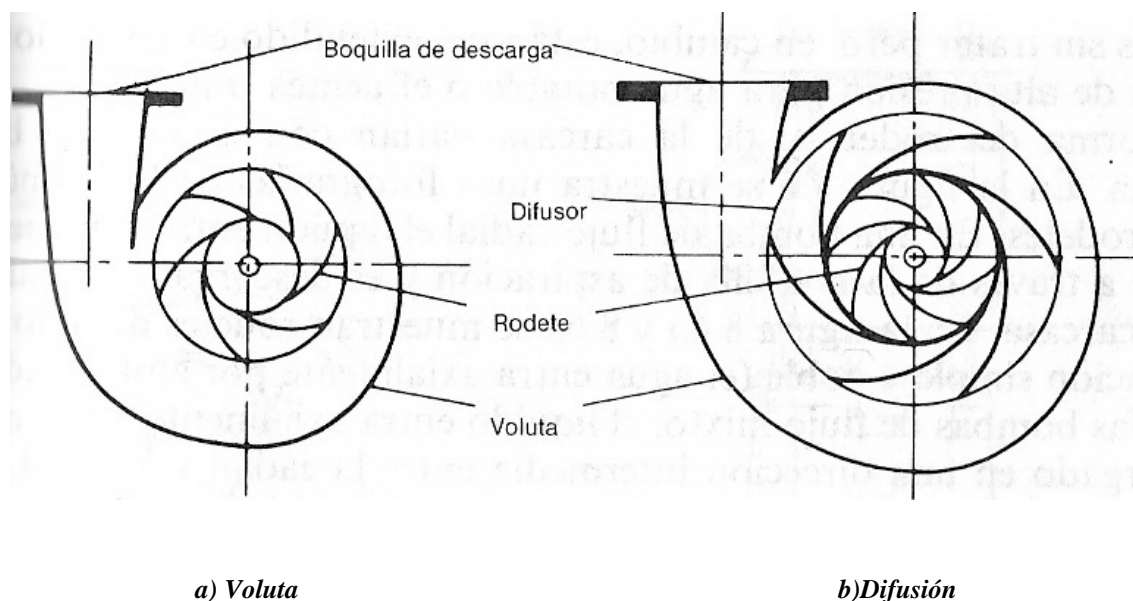
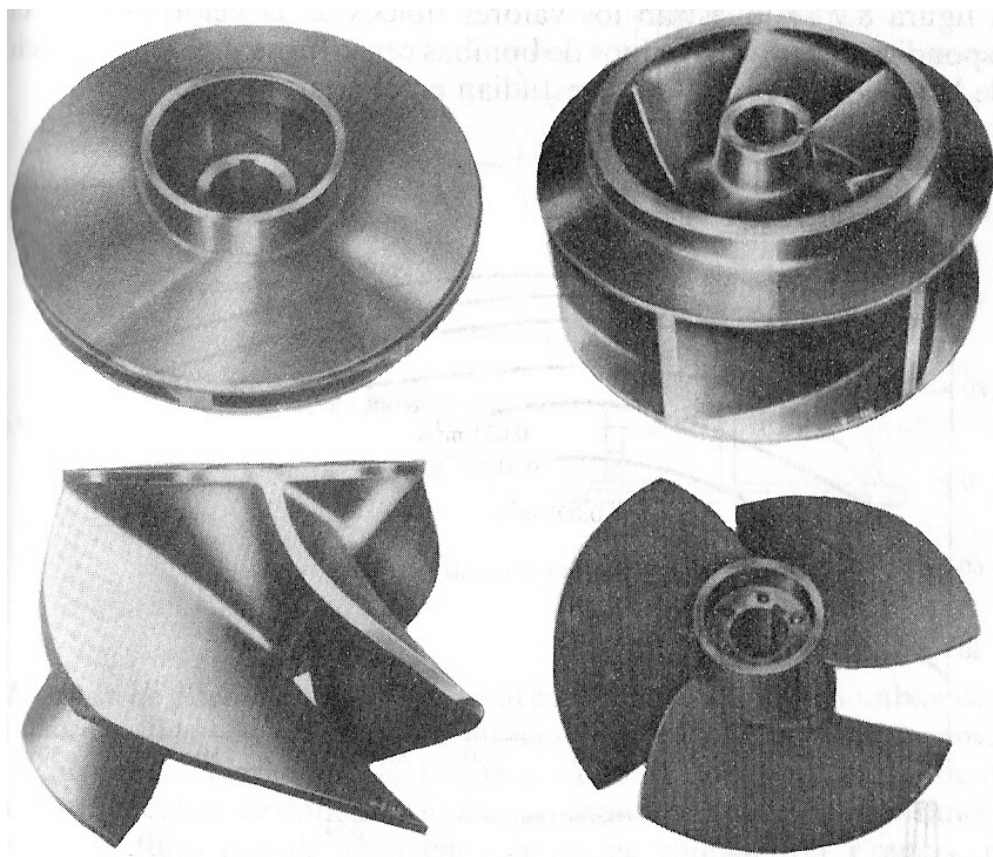


Fig No 1.3.2.CARCASAS DE BOMBAS.

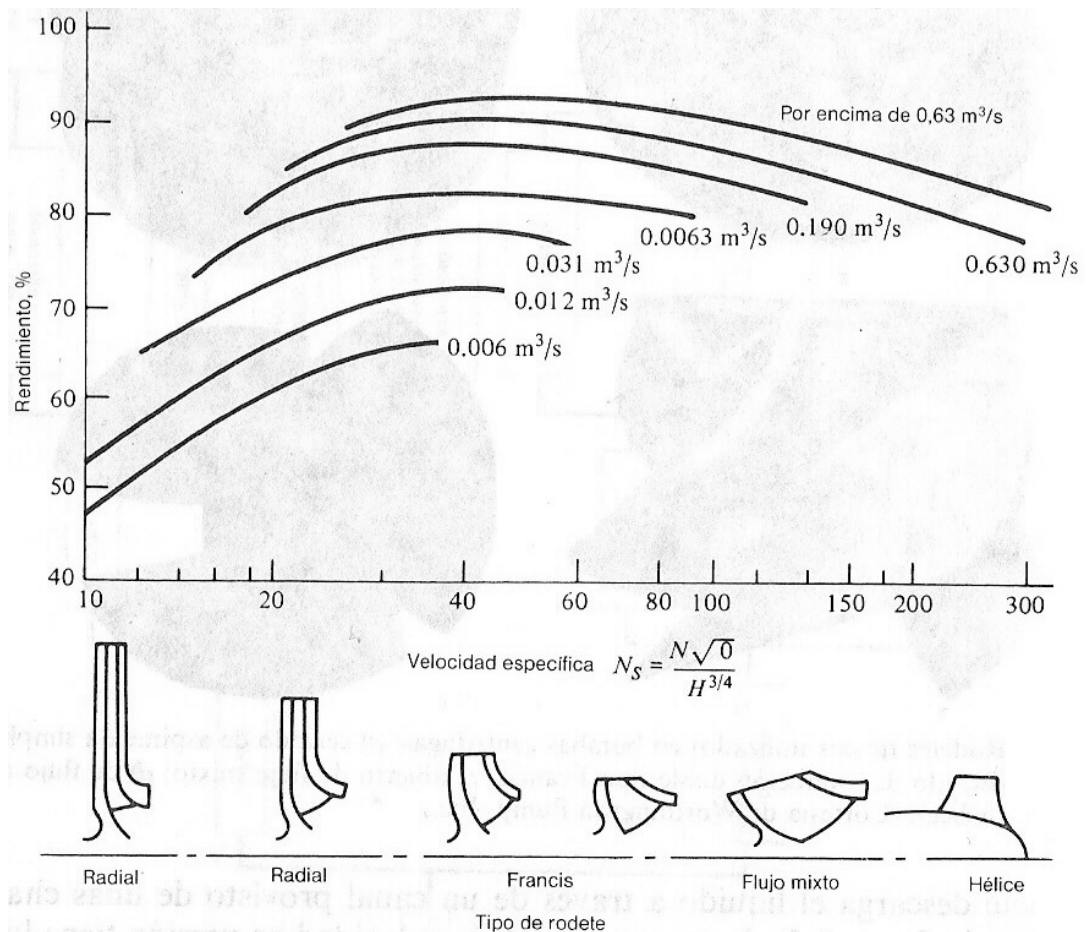
La forma del rodete y de la carcasa varían con el tipo de bomba centrífuga. En la figura 1.3.3. se muestran unas fotografías de los principales tipos de rodetes. En una bomba de flujo radial el líquido entra axialmente en el rodete a través de la boquilla de aspiración y es descargado radialmente hacia la carcasa. En la figura 1.3.3.a y 1.3.3.b se muestran rodetes de flujo radial de aspiración simple y doble (el agua entra axialmente por ambos lados del eje). En las bombas de flujo mixto, el líquido entra axialmente en el rodete y es descargado en una dirección intermedia entre la radial y la axial. En la figura 1.3.3.c se muestra un rodete de flujo mixto. En una bomba de flujo axial, el líquido entra y sale del rodete axialmente. En la figura 1.3.3.d se ilustra un rodete de flujo axial.



**Fig No 1.3.3. RODETES TÍPICOS USADOS EN BOMBAS CENTRIFUGAS: a) CERRADO DE ASPIRACION SIMPLE; b) CERRADO DE ASPIRACION DOBLE TIPO FRANCIS; c) ABIERTO DE FLUJO MIXTO; d) DE FLUJO AXIAL (HELICE).**



A menudo, las bombas centrífugas se clasifican de acuerdo con un valor conocido como *velocidad específica*, el cual varía según la forma del rodete. En la figura 1.3.4. se muestran los valores típicos de la velocidad específica correspondientes a diversos tipos de bombas centrífugas.



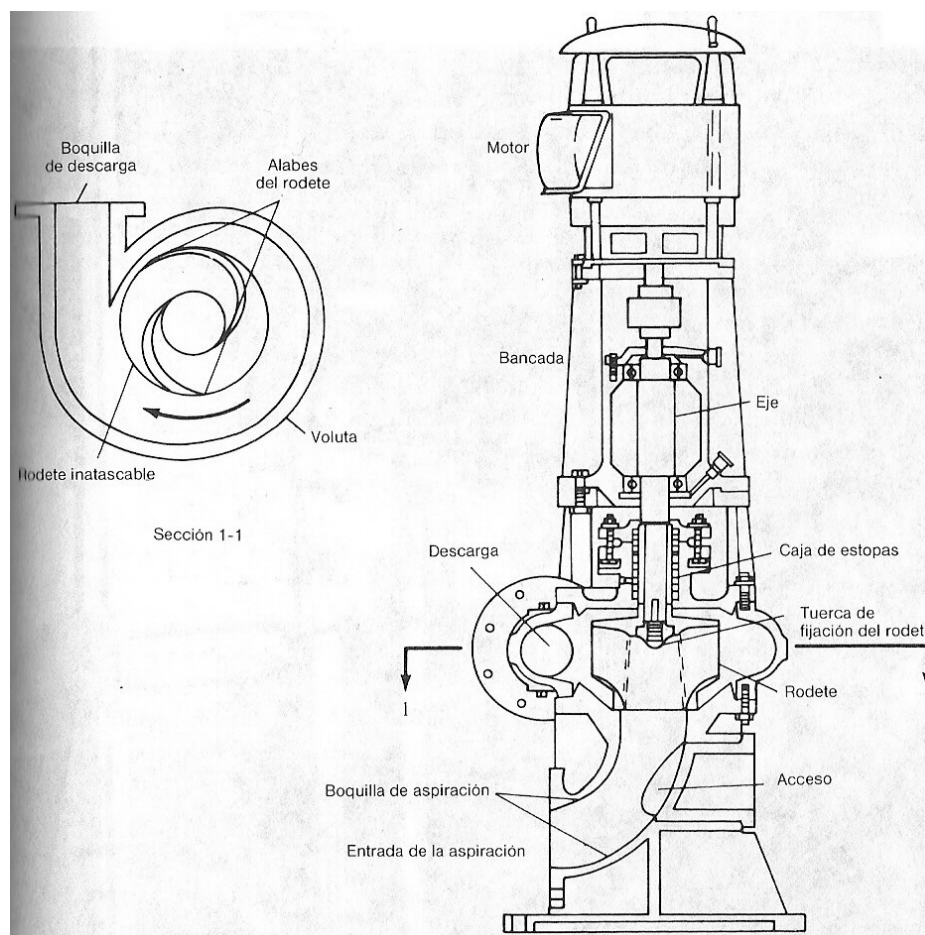
**Fig No 1.3.4. RENDIMIENTO DE LA BOMBA RESPECTO A LA VELOCIDAD ESPECIFICA Y AL TAMAÑO DE LA BOMBA.**

**Bombas de flujo radial.** Los rotores utilizados en las bombas de flujo radial se clasifican en rotores de aspiración simple o doble. También pueden clasificarse de acuerdo con la forma y tamaño de sus canales, los cuales pueden ser rectos o de doble curvatura tal como en el rodete tipo Francis. Las bombas de flujo radial, incluyendo a las de rodete tipo Francis, tienen velocidades específicas variables entre 10 y 80 (véase figura 1.3.4.).

Debido a que los trapos y otros materiales presentes en el agua residual podrían atascar rápidamente las pequeñas secciones de paso típicas de las bombas de flujo radial, las utilizadas para bombear agua residual son, generalmente, de doble aspiración, del tipo voluta y equipadas con rodetes inatascables como el mostrado en la figura 1.3.5. Las bombas de aspiración doble, en las que el líquido entra axialmente por ambos lados del rodete estando el eje del mismo centrado sobre las entradas, no se suelen utilizar para el bombeo de agua residual porque los trapos tienen tendencia a arrollarse sobre el eje, atascando las bombas.

Los ejes de las bombas pueden ser horizontales o verticales. Sin embargo, se prefieren las bombas verticales por cuestión de limitación de espacio.

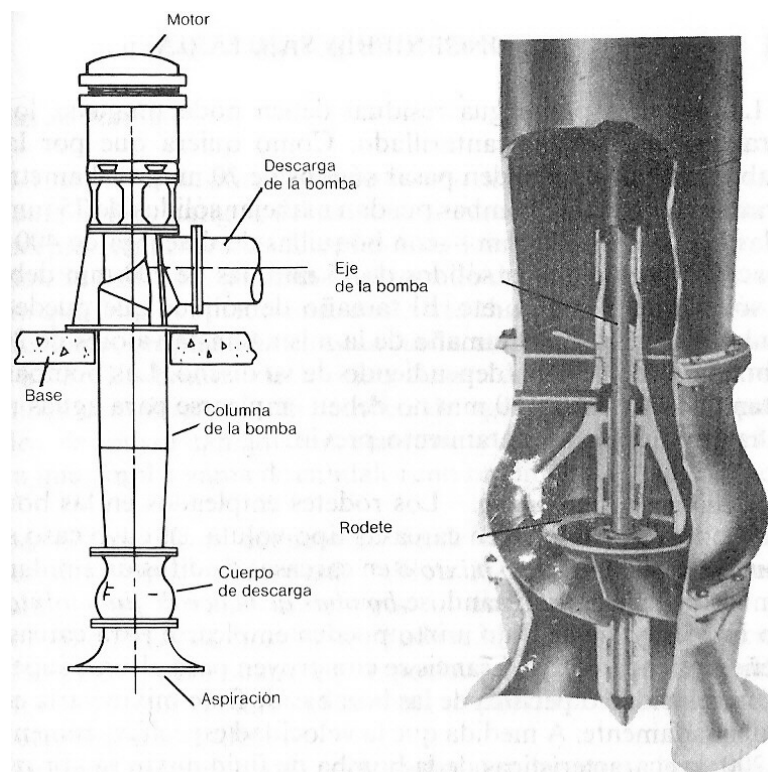
Las bombas inatascables tienen secciones de paso abiertas y un número mínimo de canales (no excediendo de dos en los de tamaño pequeño y limitado a tres, máximo cuatro, en las de gran capacidad) (véase figura 1.3.5.). Prácticamente todos los rodetes son cerrados.



**Fig No 1.3.5. BOMBA VERTICAL DE FLUJO RADIAL PARA AGUAS RESIDUALES.**

Las bombas para agua residual deben poder manejar los sólidos que entran en la red de alcantarillado. Como quiera que por la mayoría de lavabos domésticos pueden pasar sólidos de 70 mm de diámetro, es practica normal exigir que las bombas puedan manejar sólidos de 75 mm. La mayoría de las bombas de 100 mm con boquillas de descarga de 400 mm tienen capacidad para manejar sólidos de 75 mm, las de 200 mm deben poder con sólidos de 100 mm, etc. El tamaño de sólidos que puede manejar una bomba aumenta con el tamaño de la misma hasta valores de 200 mm o mas en bombas de 900 mm, dependiendo de su diseño. Las bombas inatascables de tamaño inferior a 100 mm no deben emplearse para aguas residuales que no hayan sufrido un tratamiento previo.

*Bombas de flujo mixto.* Los rodetes empleados en las bombas de flujo mixto pueden instalarse en carcasas tipo voluta, en cuyo caso se denominan bombas de voluta de flujo mixto o en carcasas de difusión similares a las de las bombas de hélice, designándose *bombas de hélice de flujo mixto*. Los rodetes tipo Francis y los de flujo mixto pueden emplearse para carcasas del mismo diseño, los rodetes tipo Francis se construyen para alturas superiores a 30 m.

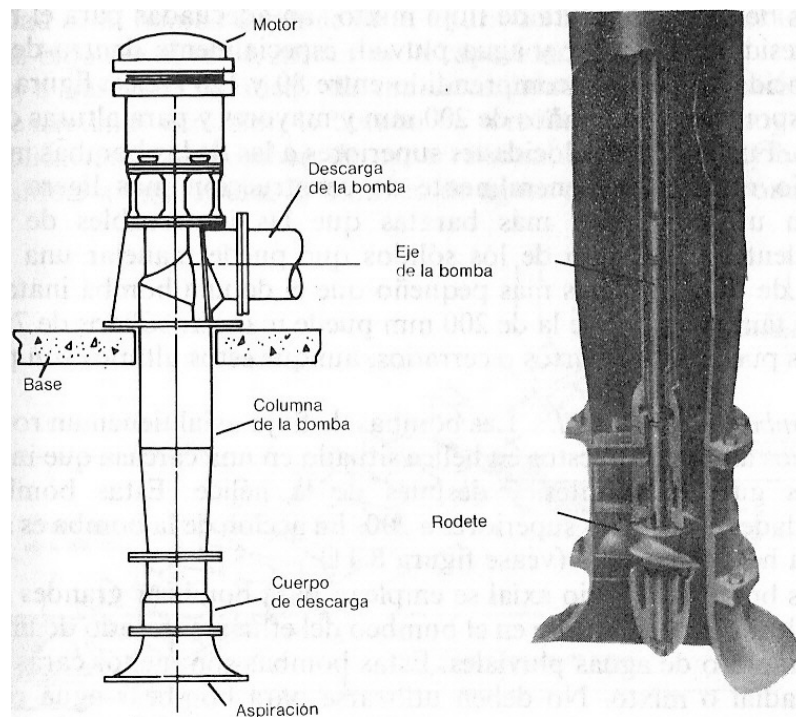


**Fig No 1.3.6. BOMBA CENTRIFUGA VERTICAL DE FLUJO MIXTO.**

La velocidad específica de las bombas de flujo mixto varía entre 80 y 200, aproximadamente. A medida que la velocidad específica aumenta de 80 a 120 y a 200, las características de la bomba de flujo mixto se aproximan a las de una bomba de flujo axial. El tamaño del rodete y el diseño de la bomba también varían.

Las bombas de voluta de flujo mixto son adecuadas para el bombeo de agua residual sin tratar y agua pluvial, especialmente dentro del intervalo de velocidad específica comprendido entre 80 y 120 (véase figura 1.3.6). Las hay disponibles en tamaños de 200 mm y mayores y para alturas de hasta 15 Y 18 m. Funcionan a velocidades superiores a las de las de bombas inatascables de flujo radial, son generalmente de construcción más ligera y, cuando puedan utilizarse; son más baratas que las inatascables de capacidad equivalente. El tamaño de los sólidos que puede manejar una bomba de voluta de flujo mixto es más pequeño que el de una bomba inatascable del mismo tamaño, aunque la de 200 mm puede manejar sólidos de 75 mm. Los rodetes pueden ser abiertos o cerrados, aunque estos últimos son preferibles.

*Bombas de flujo axial.* Las bombas de flujo axial tienen un rotor dotado de varios álabes dispuestos en hélice situado en una carcasa que incluye unos canales guía fijos antes y después de la hélice. Estas bombas tienen velocidades específicas superiores a 200. La acción de la bomba es similar a la de una hélice de barco (véase figura 1.3.7.).

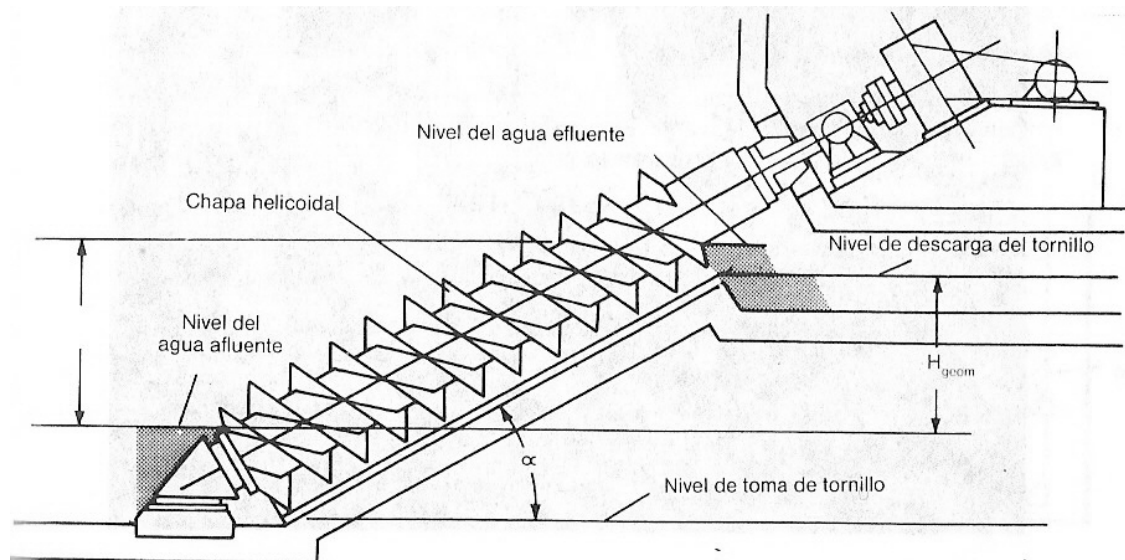


**Fig No 1.3.7. BOMBA CENTRIFUGA VERTICAL DE FLUJO AXIAL.**

Las bombas de flujo axial se emplean para bombear grandes caudales a poca altura, especialmente en el bombeo del efluente tratado de una estación depuradora o de aguas pluviales. Estas bombas son menos caras que las de flujo radial o mixto. No deben utilizarse para bombear agua residual sin tratar, fangos, o agua pluvial que no haya sido sometida a un desbaste previo porque pueden obturarse con los trapos.

### 1.3.3 BOMBA DE TORNILLO.

La bomba de tornillo, clasificada como bomba de desplazamiento positivo, es probablemente la más antigua del mundo, aunque sólo recientemente ha recibido una aceptación generalizada en los Estados Unidos, para el bombeo de agua residual. Se basa en el principio del tornillo de Arquímedes, en el cual un eje giratorio que lleva acoplado una, dos o tres chapas helicoidales gira en una cuneta inclinada, empujando el agua hacia arriba a través de aquélla (véase figura 1.3.7). La bomba de tornillo tienen dos ventajas principales sobre las bombas centrífugas en el bombeo de aguas residuales: 1) puede manejar sólidos de mayor tamaño sin atascarse y 2) funciona a velocidad constante para una amplia gama de caudales con rendimientos relativamente buenos.



**Fig No 1.3.6. SECCION TRANSVERSAL DE UNA BOMBA DE TORNILLO TIPICA.**

Las bombas de tornillo se encuentran desde tamaños de 0.3 a 3 m. de diámetro exterior y capacidades desde 0.01 a 3.2 m<sup>3</sup>/s, aunque algunos fabricantes suministran tamaños superiores. El ángulo de inclinación está normalizado en 30 o 38°. Una bomba montada a 30° tiene mayor capacidad que una instalada a 38°, pero ocupa más espacio. La altura total de bombeo está limitada a unos 9 m. Esta limitación viene impuesta con las necesidades estructurales del propio tornillo.



Las bombas son, normalmente, accionadas por motores de velocidad constante y reductores con salida de 30 a 50 rpm. Los rendimientos normales son del 85 % a la capacidad máxima y del 65 % al 25 % de dicha capacidad. La capacidad de la bomba depende de la altura del líquido sobre el tornillo, cuanto más bajo sea el nivel, menor es la capacidad.

Debido a sus características de inatascabilidad y a su capacidad de bombeo de caudales variables, la bomba de tornillo puede ser muy útil en diversas aplicaciones de bombeo de agua residual incluyendo: 1) bombeo de agua residual a baja altura, 2) bombeo de aguas pluviales, 3) bombeo de fangos de retorno y 4) bombeo de efluentes tratados. Otro uso potencial es en una estación depuradora que vaya a ampliarse a un tratamiento secundario o avanzado, ya que en estos casos sólo se requiere una pequeña elevación para conseguir la carga hidráulica necesaria para poder efectuar el tratamiento adicional sin dejar de utilizar el emisario de salida de la planta.

La mayoría de las bombas de tornillo se instalan en el exterior y solamente el grupo motorreductor está alojado en el interior de un edificio. Las bombas se montan sobre unos canales de entrada independientes dotados de compuertas, de manera que pueda aislarse la entrada a la bomba para proceder a su vaciado para el mantenimiento del cojinete de apoyo sumergido. La cota de descarga suele estar por encima del nivel máximo del agua en el canal de descarga, con lo que no se precisan válvulas de retención ni compuertas de aislamiento. Aunque la bomba de tornillo funciona a velocidad baja, el tornillo debe estar bien protegido por razones de seguridad. Preferiblemente, el canal debe ubicarse con una rejilla o entramado o, como precaución mínima, debe aislarse con barandilla.

#### 1.3.4 CAPACIDAD DE UNA BOMBA.

La capacidad (caudal) de una bomba es el volumen de líquido bombeado por unidad de tiempo y se expresa, generalmente, en litros por segundo o metros cúbicos por segundo.



## 1.4 DESCARGA.

Puede decirse que la descarga de una planta de bombeo comprende todos los elementos e instalaciones que se requieren para conducir el agua, desde la salida de la bomba hasta donde se inicia su distribución.

De acuerdo a lo anterior, en la descarga de la planta se distinguen básicamente los siguientes elementos: tubería de descarga y tanque de descarga.

### 1.4.1 TUBERIAS DE DESCARGA

#### *Descargas cortas*

Cuando la descarga se hace inmediatamente al cárcamo, lo mas conveniente es que en cada bomba desfogue individualmente a un tanque o pileta, mediante una tubería que resulta ser corta y cuyo diámetro se elige igual al diámetro de la descarga de la bomba que, en el caso de bombas verticales será el codo cabezal. Esto generalmente se usa para evitar piezas especiales de reducción o ampliación que no se justifican dado la longitud de la tubería.

En estos casos el fenómeno del golpe de ariete que se puede tener por el paro de las bombas no es considerable y los accesorios de protección como son las válvulas; tanto para las bombas como para las tuberías, se eliminan.

En general, para evitar que el impulsor de las bombas gire en sentido contrario al normal de trabajo, debido al regreso del poco volumen de agua retenido en la tubería y columna de succión; en el caso de bombas verticales, los motores eléctricos están provistos de un control llamado "trinquete de no retroceso" y el caso de motores de combustión y bombas verticales, el cabezal de engranes es el que impide ese movimiento. Por otra parte el regreso de este volumen de agua, ocasiona un lavado a los impulsores de la bomba, lo cual es beneficioso.

#### *Descargas largas*

Cuando la descarga se localiza lejos del equipo de bombeo y se tengan varias bombas, cada una de ellas también puede descargar individualmente, no obstante, es usual por razones económicas, conectarlas a tubería común de mayor diámetro y con ella conducir el gasto total hasta el sitio elegido. En ocasiones será necesario o conveniente mas de una tubería común lo cual dependerá de la magnitud del gasto, del numero de bombas y de la forma que se prevea para combinar la operación del sistema.



Las características de la tubería de descarga, como son: diámetro, material, espesor, etc., se determinan mediante un estudio técnico-económico que permita elegir aquella que ofrezca mayor seguridad contra los esfuerzos a que estará sometida, previendo todas las contingencias, pero que además tengan los mismos costos, tanto iniciales como de conservación, así como los que se originan por las pérdidas por fricción que se tengan en el sistema.

Respecto al diámetro debe considerarse que para un gasto ( $Q$ ) y clase de tuberías dadas, en una de menor diámetro se tienen mayores pérdidas de energía por fricción y consecuentemente esto origina un aumento en la carga de descarga del sistema y por lo tanto en la potencia requerida por la bomba lo cual se traduce en el aumento en los costos de operación.

Es recomendable en la elección del diámetro de la tubería de descarga, un análisis mas o menos detallado, especialmente cuando se trata de una longitud grande, pues en ocasiones las pérdidas por fricción que se puedan tener en ella, ocasionan una variación en el valor de la carga manométrica, en tal forma, que puede influir notablemente en la elección del tamaño del motor y en los costos operativos de la planta, esto, independientemente de otros factores intangibles del proyecto en cuestión.

En cuanto al material y espesor de las tuberías, estos dependerán principalmente de los esfuerzos a que estará sometida debido a las presiones normales de trabajo y las que se tienen por producirse el fenómeno llamado "golpe de ariete", que se presenta en el arranque y paro de las bombas. Las tuberías empleadas con mas frecuencia son las de asbesto-cemento, acero, fierro y concreto.

#### 1.4.2 TANQUE DE DESCARGA

Ordinariamente este tanque se construye sobre la superficie, de sección rectangular, construido de concreto o mampostería; pero puede presentarse la necesidad de sobre elevarlo con relación al terreno, es decir, construir un tanque elevado con el fin de proporcionar en la zona de descarga final (canal, rio, etc.) , las presiones requeridas.

Dependiendo de las características ó magnitud del proyecto podrá ser o no necesario un tanque de descarga propiamente dicho, pues en ocasiones para gastos pequeños, la bomba puede descargar directamente a un canal en un tramo que desde luego deberá estar revestido.





### *Localización del tanque*

En general cuando se trata de proporcionar un gasto mediante conductos funcionados por gravedad, la localización el tanque de descarga, en cierto modo, esta condicionada principalmente: a la topografía de la zona de la descarga final (canal, río, etc.), y a la ubicación del equipo de bombeo. Es decir topográficamente se buscara situarlo a una elevación suficiente para dominar el sitio de la descarga final (canal, río, etc.). Respecto a la ubicación del equipo de bombeo, esta deberá considerarse a fin de prever en cada posibilidad de descarga: la longitud de tubería, problemas de cruce, topografía y clase de terreno por el eje de la tubería de descarga.



## 1.5 SUBESTACION ELECTRICA.

En los casos en que es empleada la energía eléctrica para mover las bombas, es necesario instalar una subestación eléctrica, la cual tiene por objeto cambiar las características de la energía aprovechada (generalmente de alto a bajo voltaje) y suministrar la requerida para el equipo de bombeo.

Esencialmente una instalación de este tipo consta de las siguientes partes:

Transformador.- Mediante estos aparatos se cambia el voltaje de la corriente, obteniéndose el deseado.

Seccionador.- Se emplea para proteger la instalación contra fallas debidas a sobre corriente causadas por un corto circuito.

Cuchillos Fusibles.- Sirven para proteger la instalación contra sobre corrientes por fallas en la línea de alimentación y además desconectar con carga al transformador, a fin de darle a este servicio de mantenimiento.

Aparta Rayos.- Protege la subestación contra las descargas atmosféricas.

Equipo de medición.- Registra la cantidad de energía consumida.

La magnitud de la subestación dependerá principalmente de la potencia de cada motor y de la total en la instalación. En proyectos pequeños (con menos de 100 HP) bastara instalar transformadores comerciales, equipados con elementos citados anteriormente, en postes situados cerca de la caseta de controles. Cuando la potencia que demanda el sistema de bombeo es mayor de 100 KVA por razones técnicas y económicas se utilizan los transformadores de piso, puestos en una plataforma de concreto y generalmente se hace necesario elaborar un proyecto detallado del sistema eléctrico de la planta, para lo cual se deberá proporcionar al proyectista los siguientes datos:

1. De la localización del proyecto: Coordenadas geográficas, Municipio, estado, croquis.
2. De la línea eléctrica de alimentación.- Voltaje, frecuencia, numero de fases y capacidad interruptiva en MVA. Posibilidad de cambios en el ciclaje.



3. Servicio de bombeo.- intermitente, continuo, tiempo máximo de trabajo diario.
4. De las bombas.- numero, tipo, velocidad, tamaño.
5. De los motores.- numero, tipo, velocidad, capacidad (en H.P.), ciclaje y tamaño.
6. Arrancadores.- manual, automático o ambos. A tensión completa, atención reducida.
7. Del control de niveles.- Se deberán indicar los niveles para los cuales se desee arrancar o parar las bombas automáticamente.
8. Accionamiento de otros mecanismos.- Cuando las válvulas o compuertas de la obra de toma, grúas para mover el equipo, etc., son accionadas con motores eléctricos deberá conocerse la capacidad de las maquinas.
9. Del alumbrado.- Se indicara la necesidad de alumbrado en algunas partes de la planta, además de la casa habitación para el operador y en donde se ubiquen los controles.
10. De los planos de proyecto.- Se proporcionara el plano topográfico del sitio para la subestación, el general de la estación de bombeo, así como el de detalles que sean necesarios a fin de conocer la disposición de sus partes y localizar la subestación en el lugar mas conveniente de acuerdo con esta disposición.



## **1.6 OTRAS PARTES.**

### **1.6.1 CASETA DE CONTROLES**

Se construye para alojar los controles eléctricos que operan a las bombas, como son arrancadores, estación de botones, etc.

Se localiza de tal manera que el acceso a ella sea rápido y fácil. Generalmente se procura que este cerca de la subestación para acortar la longitud de los cables que conducen la energía de bajo voltaje. Sus dimensiones dependerán de los artefactos que aloja, dotándosele de una buena alimentación.

### **1.6.2 ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE**

En el caso de tener motores de combustión ya sea de gasolina, disel, etc., será necesario disponer de un deposito para almacenar el combustible empleado y asegurarse de el para evitar interrupciones del servicio por ese elemento.

La capacidad deberá estar de acuerdo con el consumo de los motores y considerando el tiempo que se necesita para proveerse de el nuevamente.

Se ubicara en ese lugar un poco alejado de los motores y no expuesto a chispas o flamas, procurando que un vehiculo tenga acceso fácil a el para su llenado. Mediante tuberías subterráneas el combustible llegara a los motores.

### **1.6.3 CASA HABITACION DEL OPERADOR**

Es la vivienda del personal encargado de vigilar, cuidar y operar el sistema de bombeo.

Deberá de proyectarse con las partes necesarias de una casa para ese objeto, se localizara un poco mas alejada de los demás elementos que forman en si la planta.

Es frecuente que la residencia que se construyo para el personal encargado de la construcción de la obra, sirva posteriormente para el operador y por ello es conveniente ubicar dicha residencia previendo su empleo futuro. En otras ocasiones, no se hace necesario una casa habitación propiamente dicha, considerando la magnitud del proyecto, la permanencia de la persona encargada de operar las bombas, etc., y será suficiente construir una caseta anexa a la de los controles, o en otro sitio. En cualquier caso en el lugar de las instalaciones se deberá contar siempre con servicios sanitarios y de agua potable.



## 1.6.4 PROTECCION DELAS INSTALACIONES

Se deberán proteger los elementos de una planta de bombeo expuestas a animales, personas ociosa y del agua de lluvia. Para lo primero se construyen cercas de alambre, bardas de tabique, mampostería o muros de celosía, en los lugares que se crean necesarios, procurando que con esto queden integradas todas las partes de la planta.

Cuando los botones no sean del tipo intemperie, se protegerán del agua de lluvia mediante una caseta. Esta se proyecta pensando en el espacio que debe haber para maniobras al mover las maquinas, ya sea para alguna reparación, darles servicio de mantenimiento o por cualquier otra eventualidad; por ejemplo, tratándose de bombas verticales la caseta es diseñada con vanos en el techo con objeto de poder, en un momento dado, extraer la bomba vertical mediante una grúa instalada en este sitio. La altura de esta caseta estará de acuerdo con el tamaño del motor y de la longitud de los tramos de columna de succión. También se le proveerá de una buena instalación.

Por otra parte, será necesario construir drenes, cunetas y desagües para impedir el escurrimiento del agua pluvial dentro de la planta.



## 2 SITUACION ACTUAL.

### 2.1 RECOPIACIÓN Y ANALISIS DE INFORMACIÓN.

Con el objeto de llevar a cabo el estudio antes descrito se hace indispensable disponer de la mayor información posible en lo concerniente a los elementos funcionales de la estación de bombeo, información que en la actualidad no existe o es muy escasa.

Se consulto al Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), con el fin de conocer la población actual en Cd. Nezahualcoyotl y determinar los gastos de aguas negras aportados a la estación de bombeo.

Así mismo, para determinar los gastos pluviales aportados a la estación de bombeo, es necesario determinar el área de aportación por lo que se solicito el plano de colectores y emisores existentes.

Con la finalidad de disponer de una información confiable y actualizada se desarrollaron las siguientes actividades:

#### 2.1.1 LOCALIZACIÓN.

El municipio de Nezahualcoyotl se localiza en la porción este del estado de México, entre los paralelos 19°21'56" y 19°30'04" de latitud norte y los meridianos 98°57'57" y 99°04'17" de longitud oeste; con una altitud de 2,440 metros sobre el nivel del mar y ocupando una extensión territorial de 63.44 km<sup>2</sup>. Colinda al norte con el municipio de Ecatepec, al este con los de Atenco y Chimalhuacán, al oeste con el Distrito Federal y al sur con el municipio de la Paz y con el Distrito Federal. Los terrenos que pertenecen al municipio no presentan pendientes considerables ya que se ubican en una vasta llanura sin alteraciones que antiguamente era ocupada por el lago de Texcoco.

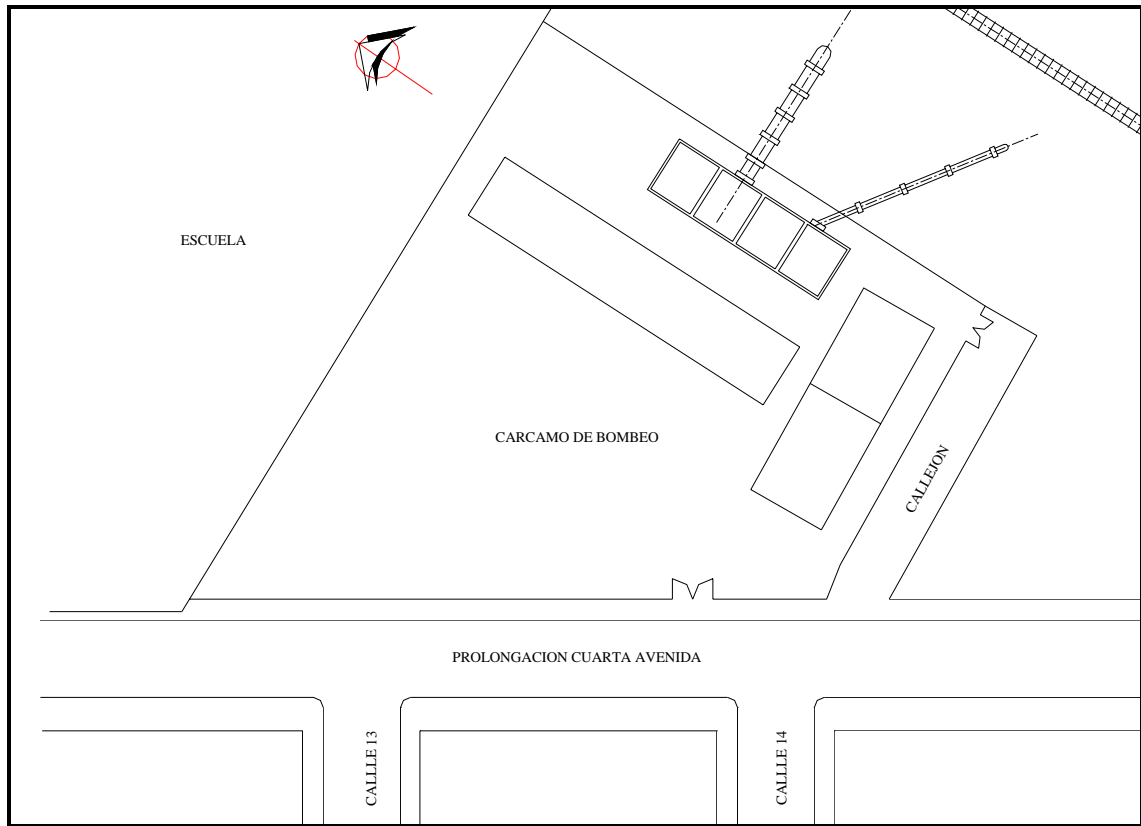
#### *Ubicación de la Estación de Bombeo*

La Estacion de Bombeo Esperanza se encuentra ubicado en Prolongación Cuarta Avenida y Calle 14, en la Colonia Esperanza; su función principal es el recibir las aguas residuales del colector "Tepozanes" para posteriormente bombearlas al Río de la Compañía. Actualmente se encuentra su infraestructura en muy malas condiciones y su funcionamiento no responde a las necesidades de desalojo de aguas (pluviales principalmente).



*Fig No 2.1.1. VISTA GENERAL DEL CARCAMO.*

El predio del cárcamo es de forma irregular y prácticamente plano; su lado principal esta orientado hacia el suroeste con una longitud de 64.40 m (siendo el lado mayor) dando hacia la calle prolongación cuarta avenida. Hacia el norte colinda con una escuela primaria y tiene una longitud de 68.00 m. Hacia el este colinda con la vía del ferrocarril con una longitud de 53.00 m. Y hacia el sur colinda con un callejón sin nombre y tiene una longitud de 33.47 m.



**Fig No 2.1.2. UBICACIÓN DE LA ESTACION DE BOMBEO.**

El acceso principal esta ubicado hacia la calle prolongación cuarta avenida y da hacia el patio de maniobras, inmediatamente después del patio, se encuentra el cárcamo de bombeo. En el lado este se encuentra el tanque de cambio de régimen (del cual salen las tuberías que descargan las aguas al río). En el lado sur se encuentra ubicado el cuarto de control de motores y en la esquina sureste se ubica la subestación eléctrica.





## 2.1.2 CRECIMIENTO URBANO.

### *Perfil demográfico*

Hoy en día México pertenece al grupo de los estados latinoamericanos con el aumento poblacional más grande. Solamente entre 1960 y 1980 el país dobló el número de sus habitantes (de 34.9 millones en 1960 a más de 70 millones en 1980). Ese crecimiento rápido se concentra sobre todo en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM), donde actualmente vive uno de cada cuatro mexicanos, con una tasa media de crecimiento entre 1950 y 1970 de 3.3 % en todo el país y 5.4 % en la aglomeración capitalina

En el año de 1963 se fundó en el área de asentamiento más activa, es decir en los terrenos de Chimalhuacán, el municipio de Nezahualcoyotl, que obtuvo su total independencia comunal el 1º de Enero de 1967. Hoy se considera a Nezahualcoyotl una ciudad, con un área de 62 km<sup>2</sup>. El área construida mide casi 10 Km. de este a oeste y de 4 a 5 Km. de norte a sur.

Ciudad Nezahualcoyotl es considerada, según su cifra de población, una enorme colonia proletaria de difícil paralelo en otro país latinoamericano. Este asentamiento de capas sociales bajas se ha desarrollado en los últimos veinte años casi de cero; en el periodo 1960-1970 tuvo una tasa de crecimiento de 26 % (la de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México fue de 5.4 % en la misma década). Y entre 1970 y 1975 fue de 14.4 %.

En el marco de una red de calles geométrica, Nezahualcoyotl se ha poblado, durante la década de los años 60 y 70 del suroeste al noroeste.

La forma en que se fue desarrollando la zona poblada y la subdivisión en colonias o cuadros fue de la siguiente manera: Aproximadamente entre 1955 y 1964, cuadros Juárez Pantitlán y Romero. Alrededor de 1964, cuadros Maravillas, Agua Azul, Pirules, Evolución Amp. Villada 1-2, Metropolitana 1-3, Vicente Villada, El palmar. Entre 1965 y 1970, cuadros Aurora 1-3. Alrededor de 1970, cuadros Estado de México 1-2, Virgencitas, El Sol, 1-3. Y posteriormente los cuadros de Las Águilas, Loma Bonita, La perla-reforma, Esperanza-Reforma, y Aurora 4.

En la actualidad CD. Nezahualcoyotl tiene una población de 2 millón 800 mil habitantes (según censo de 2000) y un número de 271 278 viviendas de las cuales cuentan con toma de agua 270 073 viviendas; con drenaje 269 735; y con electricidad 270 945. la población beneficiada es de: 1 224 614 habitantes con agua; 1 221 332 habitantes con drenaje y 1 225 045 habitantes con electricidad.



Según estos números la mayoría de vivienda ya cuenta con los servicios básicos, sin embargo existen otros tipos de problemas en CD Nezahualcoyotl, uno de los cuales se deriva, precisamente, con relación al desalojo de aguas, tanto negras como pluviales, las cuales causan grandes inundaciones en algunas zonas del municipio.

### 2.1.3 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO Y FISICO DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE DE LA PLANTA DE BOMBEO.

#### *Levantamiento topográfico*

Consistió en realizar un levantamiento ha detalle de toda la infraestructura existente en el cárcamo de bombeo de "La Esperanza" registrando su planimetría y altimetría, así como características de los elementos electromecánicos que en estos operan y de igual forma de los pozos de visita del colector de llegada.

El equipo utilizado para dichos trabajos consistió en una estación total y un nivel fijo, con los datos recabados se elaboraron los planos de conjunto y de detalle, los cuales se presentan en los planos del anexo correspondiente.

El Método empleado para la conformación de la planimetría, fue el método de radiaciones, en donde los vértices del polígono de apoyo resultaron de base para la obtención de las esquinas de las obras existentes comprendidas dentro de la estación de bombeo. El cierre de la poligonal preliminar fue mediante compensación angular tanto horizontal como vertical rectificándose con ello una excedencia no mayor, en el cierre angular, dado por la siguiente expresión:

$$N = \pm a'' (n)1/2$$

En Donde:

N= Diferencia entre la suma de ángulos externos del polígono preliminar del levantamiento topográfico y la suma de ángulos exteriores dada por la expresión  $Ang. Ext = 180^\circ (n+2)$ , siendo n el número de lados del polígono levantado;

a''= Aproximación en segundos del Equipo Utilizado ( en este caso estación total comprendida por teodolito electrónico Wild TC1610 con distanciómetro DI 2002 de rayo infrarrojo; este equipo empleado es de una aproximación de 5'');

n= número de lados del polígono previo levantado.



Relativo a los trabajos de altimetría, el empleo de un nivel fijo en la aplicación de estadía tradicional, permitió fijar una elevación física arbitraria, desde la cual fue posible referenciar diferencias de elevación entre todas las estructuras físicas existentes en cuestión; así mismo se dieron los correspondientes niveles a los vértices del polígono topográfico levantado para tener con esto un dato de elevación, arrojado por la estación total, lo suficientemente confiable.

La posición y dato de elevación, asignados arbitrariamente, se encuentran referenciados en los planos topográficos correspondientes, y que se anexan al presente. Igualmente se anexa el cálculo de las elevaciones para cada uno de los puntos radiados mediante el levantamiento planimétrico.

El proceso electrónico de las coordenadas topográficas toma un dato original base arbitrario tanto en latitud como en longitud, y el resultado de dicho proceso se muestra adjunto a los datos de elevaciones de los puntos topográficos levantados.

Con los datos recabados se elaboraron los planos de conjunto y de detalle, los cuales se presentan en el anexo correspondiente.



**Trabajos Topográficos  
Registro de Niveles en el Cárcamo "La  
Esperanza",**



**Ubicación de Pozos de Visita con Estación  
Total Cárcamo "La Esperanza",**

**Radiaciones de Puntos en el Patio de  
Maniobras con Estación Total Cárcamo "La  
Esperanza",**



**Levantamiento Altimétrico del  
Cárcamo "La Esperanza" con  
Nivel**

**Fig No 2.1.3. TRABAJOS TOPOGRAFICOS.**



**Fig No 2.1.4. ESTADO ACTUAL DE LA ESTACION DE BOMBEO LA ESPERANZA.**

Con el levantamiento topográfico tenemos definida la ubicación de la infraestructura existente en posición y elevación, lo que nos permitirá tener datos prácticos para nuestro estudio en las diferentes partes que componen la Estación de Bombeo. Para el estudio que nos ocupa las partes de la Estación que serán analizadas son las siguientes: Cárcamo de bombeo, Equipos de Bombeo, Caja de Descarga, y tuberías de desalojo. Por lo tanto será necesario realizar un levantamiento físico de las partes antes mencionadas y así poder obtener datos prácticos para la realización de los análisis correspondientes.

## ***Levantamiento físico de estructuras y equipo electromecánico existente***

### ***Cárcamo de bombeo***

El cárcamo de bombeo tiene 243.92 m<sup>2</sup> (35.35 x 6.90 m) orientado su lado mayor de sur a norte. En la parte sur se localizan 5 bombas alineadas a distancias desiguales, seis registros del lado poniente y una grúa viajera para poder manipular las bombas. En la parte norte se localiza la zona de rejillas que sirven para filtrar los desechos sólidos que contienen las aguas residuales, esta zona esta cubierta con una estructura metálica de 53.00 m<sup>2</sup> y una altura de 10.50 m.

El cárcamo esta compuesto de una losa de fondo y muros perimetrales de concreto armado de 0.50 m de espesor, tiene una profundidad de 7.50 m. en la zona de rejillas y de 8.00 m. en la zona de bombas (medidas desde el lecho superior de la cubierta al lecho superior de la losa de fondo).

El sistema de rejillas esta formado por dos hojas cada una, con dimensiones de 2 m de ancho por 5.50 m de altura, estructuradas a base de solera de 3" de ancho por ½" de espesor con espaciamiento de 1" de diámetro para retención de sólidos



***Fig No 2.1.5. CARCAMO DE BOMBEO.***

### **Equipos de bombeo**

El cárcamo de bombeo la esperanza cuenta con 5 (Cinco) equipos de bombeo verticales de las siguientes características de fabrica:

Bomba	Motor	Velocidad	Marca	Gasto	Carga
	(HP)	(rpm)		(lps)	(m)

No 5	300	585	Worthington	2,000	8.90
No 4	125	880	Worthington	500	8.90
No 3	200	880	Worthington	1,000	8.90
No 2	200	880	Worthington	1,000	8.90
No 1	200	880	Worthington	1,000	8.90

**5,500 l.p.s**



**BOMBA No 5**



**BOMBA No 1**

**Fig No 2.1.6. EQUIPOS DE BOMBEO EXISTENTES.**

Los datos de gasto de cada bomba son los teóricos proporcionados por personal de la ODAPAS que de acuerdo a estos, la PB La Esperanza debe contar con una capacidad de 5.5 m<sup>3</sup>/seg.

Actualmente la planta de bombeo "LA ESPERANZA" cuenta con cinco equipos de bombeo tipo vertical instalados los cuales bombean aguas negras y aguas pluviales.

La capacidad de los equipos de bombeo a continuación se describen.



### **EQUIPO DE BOMBEO N° 1:**

MOTOR ELECTRICO TRIFASICO BOMBA CENTRIFUGA VERTICAL DE FLUJO MIXTO

N° de fases	3	GASTO =	1000 l.p.s.
MARCA:	US	CARGA =	8.90 mts
POTENCIA:	200 HP	N° DE PASOS =	2 Pasos
VOLTAJE:	440.0 V.	MARCA =	WORTHINGTON
AMPERES;	273.0 Amp.	VELOCIDAD =	880 rpm.
ARMAZON;	1507 P		
TIPO;	VERTICAL		
F.S.	1.15		
VELOCIDAD:	880 r.p.m.		

### **EQUIPO DE BOMBEO N°2:**

MOTOR ELECTRICO TRIFASICO BOMBA CENTRIFUGA VERTICAL DE FLUJO MIXTO

N° de fases	3	GASTO =	1000 l.p.s.
MARCA:	US	CARGA =	8.90 mts.
POTENCIA:	200 HP.	N° DE PASOS =	2 Pasos
VOLTAJE:	440.0 V.	MARCA =	WORTHINGTON
AMPERES:	273.0 Amp	VELOCIDAD =	880 rpm.
ARMAZON:	1507 P		
TIPO :	VERTICAL		
F.S.	1.15		
VELOCIDAD:	880 r.p.m		

### **EQUIPO DE BOMBEO N°3:**

MOTOR ELECTRICO TRIFASICO BOMBA CENTRIFUGA VERTICAL DE FLUJO MIXTO

N° de fases	3	GASTO =	1000 l.p.s
MARCA:	US	CARGA =	8.90 mts.
POTENCIA:	200 HP	N° DE PASOS =	2 Pasos
VOLTAJE:	440.0 V	MARCA =	WORTHINGTON
AMPERES:	273.0 Amp.	VELOCIDAD =	880 rpm.
ARMAZON:	1507 P		
TIPO :	VERTICAL		
F.S.	1.15		
VELOCIDAD:	880 r.p.m.		





#### **EQUIPO DE BOMBEO N°4:**

MOTOR ELECTRICO TRIFASICO BOMBA CENTRIFUGA VERTICAL DE FLUJO MIXTO

N° de fases	3	GASTO =	1000 l.p.s.
MARCA:	US	CARGA =	8.90 mts.
POTENCIA:	125 HP.	N° DE PASOS =	2 Pasos
VOLTAJE:	440.0 V.	MARCA =	WORTHINGTON
AMPERES;	238.0 Amp.	VELOCIDAD =	900 rpm.
ARMAZON;	1507 P		
TIPO ;	VERTICAL		
F.S.	1.15		
VELOCIDAD:	900 r.p.m.		

#### **EQUIPO DE BOMBEO N°5:**

MOTOR ELECTRICO TRIFASICO BOMBA CENTRIFUGA VERTICAL DE FLUJO MIXTO

N° de fases	3	GASTO =	2000 l.p.s.
MARCA:	US	CARGA =	8.90 mts.
POTENCIA:	300 HP.	N° DE PASOS =	2 Pasos
VOLTAJE:	440.0 V	MARCA =	WORTHINGTON
AMPERES:	435.0 Amp.	VELOCIDAD =	585 rpm.
ARMAZON:	1507 P		
TIPO:	VERTICAL		
F.S.:	1.15		
VELOCIDAD:	585 r.p.m.		

#### ***Tuberías de descarga***

Cada equipo de bombeo cuenta con una tubería que descarga al tanque. Las bombas No. 1,2,3 y 4 cuentan con una tubería de acero de 24" de diámetro y la bomba No. 5 con una tubería de acero de 36" de diámetro.



***Fig No 2.1.7.TUBERIAS DE DESCARGA.***

### ***Caja de descarga y tuberías de desalojo***

Ésta se compone de una losa de fondo y muros perimetrales de concreto armado de 0.25 m de espesor, tiene una profundidad de 4.90 m. (medida desde el borde superior de los muros al lecho superior de la losa de fondo) y tiene unas dimensiones interiores de 20.00 m. por 5.53 m. En la parte superior de la caja se localizan tres traveses distribuidas uniformemente atravesando la caja en su lado corto. En la parte inferior atraviesan la caja unos perfiles metálicos con la finalidad de sostener la tubería que llega desde el cárcamo de bombeo. Se localizan cuatro escaleras marinas formadas por varillas de 1" de diámetro.

La caja de descarga cuenta con dos líneas de conducción de 48" y 24" de diámetro de concreto, con una longitud de 57.00 m cada una; que descargan al río "La compañía"



***Fig No 2.1.8. CAJA DE DESCARGA.***



***Fig No 2.1.9. DE IZQUIERDA A DERECHA.- TUBERIAS DE DESALOJO DEL TANQUE AL RIO "LA COMPAÑÍA" DE 24" Y 36 "DE DIAMETRO RESPECTIVAMENTE.***



## 2.1.4 MEDICIÓN DE PARÁMETROS OPERATIVOS.

Como complemento del levantamiento de campo se realizo la medición de los parámetros operativos que se describen a continuación:

### **PRESIÓN.**

La presión determinada es la suficiente para pasar el agua a la caja de descarga con una presión de 12 m.c.a.

### **CORRIENTE.**

Los resultados de la medición de corriente se resumen a continuación:

	MOTOR N°1	MOTOR N°2	MOTOR N°3	MOTOR N°4	MOTOR N°5
<b>AMPERES.</b>					
FASE 1	180.00	158.00	150.00	190.00	315.00
FASE 2	171.00	161.00	145.00	185.00	312.00
FASE 3	180.00	165.00	140.00	175.00	314.00
<b>PROMEDIO =</b>	177.00	161.33	145.00	183.33	313.67

### **VOLTAJE.**

Los resultados de la medición de voltaje

	MOTOR N°1	MOTOR N°2	MOTOR N°3	MOTOR N°4	MOTOR N°5
<b>VOLTAJE</b>					
FASE 1-2	450.00	450.00	450.00	450.00	450.00
FASE 1-3	450.00	450.00	450.00	450.00	450.00
FASE 2-3	450.00	450.00	450.00	450.00	450.00

### **FACTOR DE POTENCIA.**

	MOTOR N°1	MOTOR N°2	MOTOR N°3	MOTOR N°4	MOTOR N°5
<b>FACTOR DE POTENCIA</b>	0.74	0.73	0.71	0.76	0.78



Con el levantamiento físico de las estructuras de la Estación de Bombeo, conocemos las condiciones en las que se encuentra; lo cual nos permitirá desarrollar los análisis necesarios que nos ayudaran a conocer la funcionalidad de la misma; y así detectar las deficiencias y proponer la solución mas optima para una mejor funcionalidad de los problemas que resulten del sistema de desalojo de aguas residuales.



## **2.2 ANALISIS HIDRAULICO Y OPERACIÓN EN CONDICIONES ACTUALES.**

Los análisis hidráulicos serán solamente los necesarios para determinar la funcionalidad y determinar donde se presenta la problemática del sistema de desalojo de aguas residuales.

En base a las condiciones actuales del sistema de desalojo de aguas residuales, será necesario realizar los siguientes análisis, caudales de aportación tanto de aguas negras como pluviales (teórico), caudal influente (practico), capacidad del equipo de bombeo, potencia hidráulica y eficiencia operativa del equipo de bombeo, consumo de energía eléctrica, capacidad de la caja de descarga y de las tuberías de desalojo al río la compañía.

### **2.2.1 ANÁLISIS TEÓRICO DE CAUDALES DE APORTACIÓN.**

Para llevar a cabo la revisión de las condiciones de operación hidráulica se hace indispensable conocer los gastos de aportación tanto de las aguas negras como aguas pluviales, por lo que se requiere contar con información de:

- Áreas de aportación de cada colector
- Densidad de población, dotación
- Coeficientes de escurrimiento
- Características de la tormenta de diseño



### 2.2.1.1 Caudal de Aguas Negras

Los caudales teóricos de aguas negras fueron determinados de manera global para la zona en estudio, considerando el área de aportación a la Planta de bombeo, así como la población servida cuyos resultados se muestran a continuación:

Gasto Teórico:

***Datos Generales:***

Área Total Cd. Nezahualcoyotl	= 63.44 Km <sup>2</sup>
Población Total Cd. Nezahualcoyotl	= 2'800,000 Hab
Num. de Tomas	= 360,000
Índice de Hacinamiento	= 8 Hab/Toma

***Zona de Estudio "La Esperanza":***

Área de aportación	= 350 Ha.
Dotación Media	= 150 Lts/Hab/Día
Densidad de Población	= 441 Hab/Ha
Población	= 154,477 Hab.
Aportación (80 % Dotación)	= 120 Lts/Hab/Día
Gasto Medio Diario	= <b>214</b> lps
Gasto Mínimo	= <b>107</b> lps
Coefficiente de Harmon	= 2.17
Gasto Máximo	= <b>466</b> lps

#### ***Área de aportación.***

Esta área se determinó empleando el plano de colectores y emisores existentes en Ciudad Nezahualcoyotl, elaborado por la ODAPAS de tal forma que se definieron los parte aguas de cada cuenca en función del trazo de dichos colectores y se cuantifico el área por medio de Auto CAD, obteniendo un valor de: (Ver Fig. No. 2.2.1)



### Área de Aportación PB La Esperanza = 350 Ha.

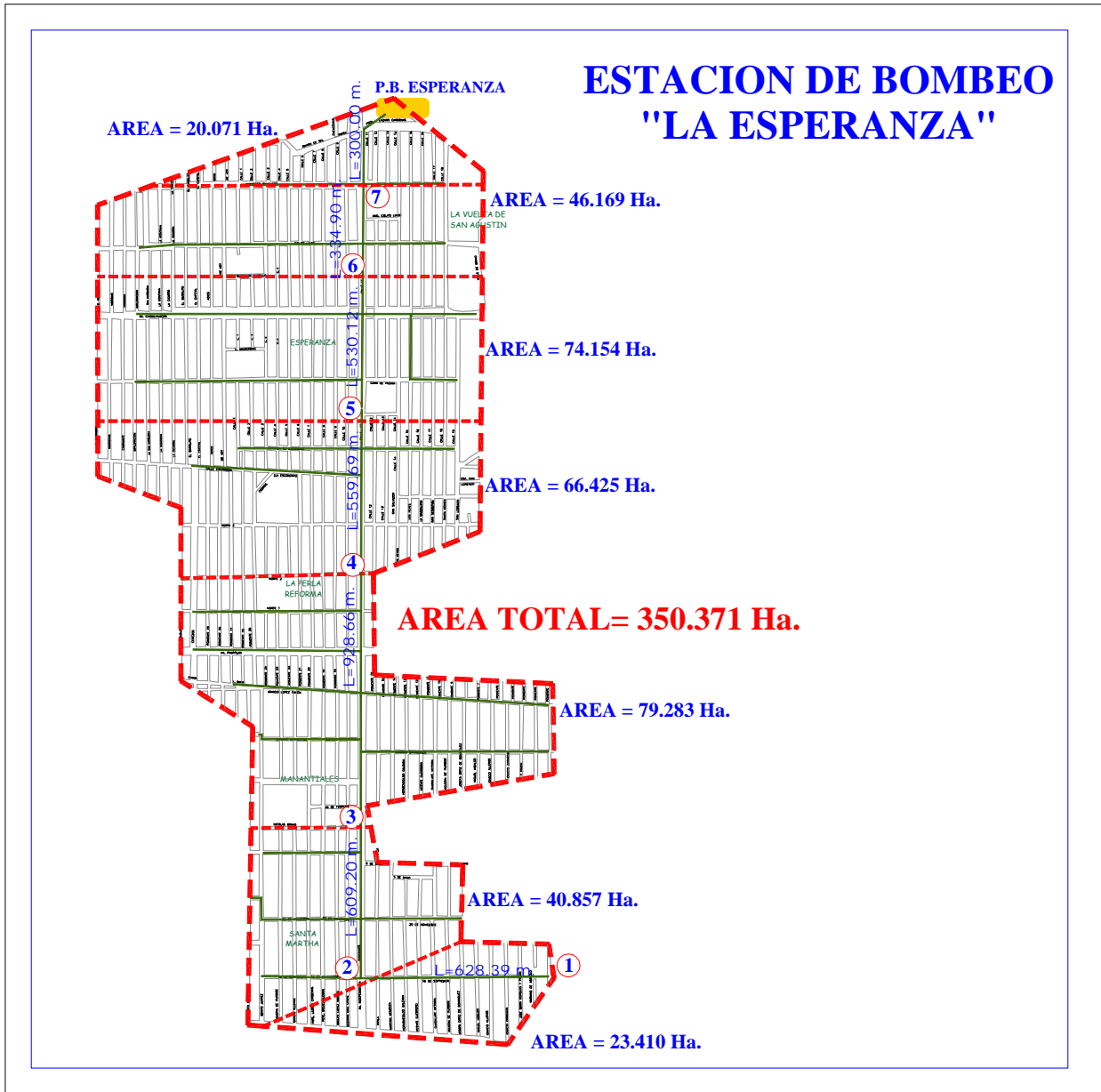


Fig No 2.2.1. AREA DE APORTACIÓN AL CÁRCAMO LA ESPERANZA.



### ***Determinación del gastos de Aguas Negras***

Mediante los datos obtenidos determinaremos el Gasto máximo de aguas negras que descarga en la Estación de Bombeo; como a continuación se describe.

#### ***Densidad de población***

La densidad de población será igual a la población total entre el área total, de cd. Nezahualcoyotl.

$$Dp = \frac{\text{Población Total}}{\text{Área Total}} = \text{Hab/Ha}$$

$$Dp = \frac{2'800,000 \text{ Hab}}{6344 \text{ Has}} = 441 \text{ Hab/Ha}$$

$$**Dp = 441 Hab/Ha**$$

#### ***Población en el área de estudio***

La población será igual a la Densidad de población por el Área de estudio.

$$Pt = \text{Densidad de Población} \times \text{Área de estudio} = \text{Hab}$$

$$Pt = 441 \text{ Hab/Ha} \times 350 \text{ Ha} = 154,477 \text{ Hab}$$

$$**Pt = 154,477 Hab**$$

#### ***Aportación***

La aportación es volumen diario de agua residual entregado a la red de alcantarillado, considerando en este caso un 80% de la dotación.

$$\text{Aportación} = \text{Dotación} \times 0.80 = \text{Its/hab/día}$$

$$\text{Aportación} = 150 \text{ It/hab/día} \times 0.80 = 120 \text{ It/hab/día}$$

$$**Aportación = 120 It/hab/día**$$

#### ***Gasto medio diario***

El gasto que en termino medio se consume en un día cualquiera del año se obtiene de la siguiente forma.

$$Q_{\text{med}} = \frac{\text{Población} \times \text{Aportación}}{86400} = \text{It/seg}$$





$$Q_{med} = \frac{154,477 \text{ Hab} \times 120 \text{ lt/hab/día}}{86400} = 214 \text{ lt/seg}$$

$$Q_{med} = 214 \text{ lt/seg}$$

### *Gasto mínimo*

Se considera la mitad del gasto medio.

$$Q_{min} = 0.5 \times Q_{med} = \text{lt/seg}$$

$$Q_{min} = 0.5 \times 214 \text{ lt/seg} = 107 \text{ lt/seg}$$

$$Q_{min} = 107 \text{ lt/seg}$$

### *Gasto máximo*

El gasto máximo instantáneo es el valor máximo de escurrimiento que se puede presentar en un instante dado.

El gasto máximo se obtiene a partir del coeficiente de Harmon (M).

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}}$$

Donde P es la Población servida, en miles de habitantes.

El coeficiente de variación máxima instantánea, se aplica considerando que:

- Cuando la población es menor a 1000 habitantes, el coeficiente M es constante e igual a 3.8
- Para una población mayor a 63,454, el coeficiente M se considera constante e igual a 2.17.

Así, la expresión para el calculo de gasto máximo instantáneo es:

$$Q_{max \text{ inst}} = M \times Q_{med}$$

$$Q_{max \text{ inst}} = 2.17 \times 214 \text{ lt/seg} = 466 \text{ lt/seg}$$

$$Q_{max \text{ inst}} = 466 \text{ lt/seg}$$



### ***2.2.1.2 Caudal de aguas de lluvia***

La determinación del gasto pluvial se tomó en consideración que la planta de bombeo se ubica en una zona urbana habitacional, por lo que se recomienda emplear un periodo de retorno entre 3 y 7 años.

#### ***Área de aportación.***

Esta área se determinó empleando el plano de colectores y emisores existentes en Ciudad Nezahualcoyotl, elaborado por la ODAPAS de tal forma que se definieron los parte aguas de cada cuenca en función del trazo de dichos colectores y se cuantifico el área por medio de Auto CAD, obteniendo un valor de 350 Ha. (Ver Fig. No. 2.2.1.)

#### ***Tormenta de diseño:***

En el caso del gasto pluvial se recopiló la información concerniente a intensidades de lluvia, la cual fue obtenida de estaciones climatológicas cercanas a la zona de estudio, con lo que se elaboran las curvas de intensidad duración periodo de retorno (i-D-Tr), en este caso se obtuvo información de las estaciones climatológicas a cargo de la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica, del Departamento del Distrito Federal, dichas estaciones son:

- Estación No 13- López Mateos
- Estación No 14- PB. Churubusco L.
- Estación No 29- PB. Unidad Ejercito de Oriente \*

De éstas Estaciones se selecciono como representativa la No. 29 Unidad Ejército de Oriente, localizada, en el Monumento Cabeza de Juárez, del Iztapalapa. Considerando un periodo de 1982 al 2001, en información concerniente a Precipitación e Intensidades de Lluvia. (Ver Anexo 1)

#### ***Coefficiente de escurrimiento***

El valor de este coeficiente determina la cantidad de agua que escurre y finalmente entra al sistema de drenaje, es decir engloba las perdidas por filtración, evaporación y retención que se produce en el área de aportación.

Su valor depende de la pendiente del terreno, tipo de superficie, nivel de aguas freáticas, saturación del terreno, etc.



Para el caso que nos ocupa y debido a la poca pendiente del terreno y al gran numero de calles pavimentadas y casas con losas de concreto, se selecciono un coeficiente de escurrimiento de  $C = 0.6$  como valor representativo de zonas residenciales multifamiliar compacto o como la media considerada para casa habitación, de acuerdo con la tabla 3.11, Pág. 130 del Manual de Hidráulica Urbana, Tomo1, Editado por la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica.

$$C = 0.6$$

### *Determinación de gastos pluviales, Aplicación del Método Racional Americano*

De acuerdo al principio de concentración, la rapidez de escurrimiento en un área donde no hay retención o almacenamiento de agua, puede expresarse como:

$$Q = K * C * i * A$$

Donde :  $Q$  = Gasto Pluvial en Lps

$C$  = Coeficiente de Escurrimiento ( 0.6 )

$I$  = Intensidad de Lluvia en mm

$A$  = Área drenada en Hectáreas correspondiente a cada Cárcamo

$K$  = Const. de Conversión 27.78

El artificio de este método consiste en hacer variar las intensidades de lluvia a partir de su tiempo de concentración, esto se debe principalmente a la forma en que ocurren las lluvias, es decir, lluvias de gran intensidad son de corta duración y viceversa, lluvias de poca intensidad son de larga duración.

El gasto máximo se obtiene cuando el tiempo de duración de la lluvia es igual o mayor al tiempo de concentración de la cuenca de aportación.

La determinación de los gastos pluviales en la cuenca de aportación a la Estación de Bombeo La Esperanza se presenta en la tabla No 2.2.1.

Como puede verse en dicha tabla, el gasto máximo de aportación de aguas de lluvia es de:

$$Q_{\text{pluvial}} = 6,000 \text{ lps}$$



De lo anterior se obtuvo un gasto máximo por efecto de la precipitación de  
QEsperanza = 6,000 lps para un Tr = 5 años

**RESUMEN:**

**GASTO MAXIMO DE AGUAS NEGRAS = 466 LPS**

**GASTO MAXIMO DE AGUAS PLUVIALES = 6,000 LPS**



## DIAGNOSTICO OPERATIVO DE LA ESTACION DE BOMBEO "LA ESPERANZA", CIUDAD NEZAHUALCOYOTL, EDO. MÉXICO.

### DETERMINACION DE GASTOS DE LLUVIA METODO RACIONAL AMERICANO

TRAMO	Longitud (m)	Área ( Ha )		Tiempo de Concentración ( min )		Int (cm/hor)	Gasto (lps)
		Parcial	Acumulada	Parcial	Acumulada	5	5
	Tr	Tr					
1 - 2	628.39	23.40	23.40	10.47	20.47	2.20	842.62
2 - 3	609.20	40.86	64.26	10.15	30.63	1.85	1,945.84
3 - 4	928.66	79.30	143.56	15.48	46.10	1.35	3,172.22
4 - 5	559.69	66.40	209.96	9.33	55.43	1.20	4,123.95
5 - 6	530.12	74.15	284.11	8.84	64.27	1.10	5,115.34
6 - 7	334.90	46.20	330.31	5.58	69.85	1.05	5,676.84
7 - PB.	300.00	20.00	<b>350.31</b>	5.00	<b>74.85</b>	1.04	<b>5,963.23</b>

Tabla No 2.2.1. DETERMINACION DE GASTOS DE LLUVIA.



## 2.2.2 CARCAMO Y EQUIPO DE BOMBEO.

Para poder determinar la funcionalidad y capacidad del cárcamo y del equipo de bombeo en condiciones actuales determinaremos con datos prácticos el gasto de entrada y de salida.

### *Análisis de Caudal de Influyente:*

El fin de este análisis es determinar el gasto de llegada al cárcamo de bombeo, en determinado tiempo, y en una hora específica; para tener un dato práctico del gasto del caudal influente.

Para determinar el caudal del Influyente se realizaron aforos volumétricos en el cárcamo de bombeo para lo cual se realizaron las siguientes actividades:

- a).- Determinar las dimensiones interiores del cárcamo de bombeo
- b).- Abatir el nivel del cárcamo lo más posible
- c).- Medir el tiempo de recuperación del tirante de operación antes del abatimiento
- d).- cuantificar el volumen aportado al cárcamo en ese lapso de tiempo
- e).- Determinar el gasto de aportación dividiendo del volumen entre el tiempo

De los resultados del aforo se determino que el gasto de llegada en un lapso de **1 hora con siete minutos es de 58.69 lps**, los resultados se observan en la tabla siguiente:

### DIMENSIONES DEL CÁRCAMO SECCION 1

Profundidad	Largo	Ancho
8.00	33.85	4.00

### MEDICION DEL CAUDAL INFLUENTE PLANTA BOMBEO LA ESPERANZA

Seg por Dia = 86,400 Seg

	INICIO	FINAL	DIFERENCIA	DIMENSIONES			VOL. m3	VOL AFOR. L.P.S.
				Largo	Ancho	Alto		
Niveles	5.08	6.90	1.82	32.45	4.00	1.82	236.24	58.69
Tiempo	09:06:45 a.m.	10:13:50 a.m.	01:07:05					

Tabla No 2.2.2. DETERMINACION DEL GASTO DE LLEGADA(PRACTICO).

### Capacidad del equipo de bombeo

Con objeto de verificar la capacidad de desalojo de los equipos instalados, se realizaron aforos volumétricos cuyos trabajos consistieron en:

- a).- Determinar las dimensiones interiores del cárcamo de bombeo.
- b).- Iniciar el bombeo con un tirante y equipo específico.
- c).- Medir el tiempo de abatimiento del tirante con la operación del equipo de bombeo.
- d).- Cuantificar el volumen abatido en el cárcamo en ese lapso de tiempo.
- e).- Determinar el gasto total dividiendo del volumen entre el tiempo.
- f).- Determinar el gasto de la bomba restando al gasto total el gasto de entrada (aguas negras).



De los resultados de estos trabajos, se determinaron los siguientes gastos por bomba:

Bomba	1er Aforo Gasto (lps)	2do Aforo Gasto (lps)
No 5	335.57	451
No 4	195.95	256
No 3	84.02	158
No 2	58.69	75
No 1	67.30	158
<b>Suma =</b>	<b>741.33</b>	<b>1,098</b>

Tabla No 2.2.3. GASTOS POR EQUIPO DE BOMBEO.

Para fines de análisis se considerara el 1er aforo dado que es el mas despreciable.



De acuerdo con los datos teóricos de gasto de cada bomba, la Planta de Bombeo "La Esperanza" debería contar con una capacidad de 5,500 lps., sin embargo, de acuerdo con los resultados de los aforos realizados, la capacidad de los equipos de bombeo es de 741 lps. De aquí se deduce que en estiaje la planta no tiene ningún problema para desalojar las aguas servidas, sin embargo, el problema se presenta en temporada de lluvias ya que el gasto de aportación es de 6,000 lps, por lo tanto tiene un déficit de 5,259 lps.





### 2.2.2.1 Potencia Hidráulica y Eficiencia operativa

#### Potencia Hidraulica

Es la requerida en la flecha de la bomba, conocida como potencia al freno en kw o BHP. La eficiencia de la bomba corresponde a las condiciones de diseño Q y H, obtenidos de la curva correspondiente de la bomba seleccionada.

$$P.H. = \frac{\gamma QH}{1000\eta}$$

#### Eficiencia operativa

La eficiencia de una bomba se mide en base al caudal que descarga contra una altura dada y con un rendimiento determinado. El caudal de la bomba es función del diseño de proyecto. La información sobre el diseño de la bomba viene suministrada por medio de una serie de curvas características. El rendimiento de la bomba  $E_p$  --el cociente entre la potencia útil y la absorbida por la bomba-- viene dado por:

$$E_p = \frac{\text{potencia}_{-}\text{util}}{P_i} = \frac{\gamma QH_t}{P_i}$$

Donde:

$E_p$  = rendimiento de la bomba, adimensional

$P_i$  = potencia absorbida, kW, kN-m/s

$\gamma$  = peso específico del agua, kN/m<sup>3</sup>

Q = caudal, m<sup>3</sup>/s

$H_t$  = altura manométrica total, m.

Los rendimientos de las bombas suelen variar dentro de un intervalo comprendido entre el 60 y el 85%. Las pérdidas de energía en el interior de una bomba pueden clasificarse como volumétricas mecánicas e hidráulicas. Las pérdidas volumétricas tienen lugar por la existencia de pequeñas separaciones que existen entre la carcasa y el rotor por donde pueden producirse fugas. Las pérdidas mecánicas son originadas por fricciones mecánicas en las empaquetaduras y cojinetes, discos internos y esfuerzos cortantes creados por el líquido.



Para la determinación de la eficiencia operativa se tomo como base los datos obtenidos en campo de cada una de las bombas como son, gasto aforado, lectura de amperaje promedio, voltaje promedio de fases así como los datos de placa de los motores.

Con la información obtenida se realizo el cálculo para determinar las eficiencias operativas por equipo con las siguientes expresiones:

#### EQUIPO DE BOMBEO N° 1

$$\eta_{Total} = \frac{P.H.}{P.e.} =$$

**Donde :**  
 $h_{total}$  = Eficiencia Total Electromecánica  
 P.H. = Potencia Hidráulica (Calculada)  
 P.e. = Potencia Eléctrica del Sistema (Calculada)

$$P.H. = \frac{Q \times C.D.T.}{76} = \frac{66.58 \times 8.65}{76} = 7.58 \quad \text{H.P.}$$

**Donde :**

P.H. = Potencia Hidráulica (H.P.)  
 Gasto aforado  
 Q = 66.58 l.p.s.  
 C.D.T. = desnivel del terreno maximo = 8.65 MTS.  
 76 = Coeficiente de Conversión

Para el calculo de la Potencia eléctrica del sistema se calcula de la siguiente ecuación

$$P.e. = (I \text{ pro.} / I \text{ placa}) \times P.p. = 148.74 \quad \text{H.P.}$$

**Donde :**

P.e. = Potencia Eléctrica del Sistema  
 I pro. = Corriente medida en campo promedio de las fases 177.00 Amp.  
 I.p. = Corriente de placa del motor 238.00 Amp.  
 P.p = Potencia de placa del motor 200.00 H.P.  
 Por lo tanto la eficiencia electromecánica (HP.total)

$$\eta_{Total} = \frac{P.H.}{P.e.} \times 100 = \frac{7.58}{148.74} \times 100 = 5.09 \quad \%$$

**Donde :**

$h_{total}$  = Eficiencia Total (Calculada)  
 P.H. = Potencia Hidráulica = 7.58 H.P.  
 P.e. = Potencia Eléctrica del Sistema = 148.74 H.P.

#### CONCLUSION:

El equipo de bombeo presenta una eficiencia muy baja lo que presenta costos de energia altos



## EQUIPO DE BOMBEO N° 2

$$\eta_{Total} = \frac{P.H.}{P.e.} =$$

Donde :

$h_{total} =$	Eficiencia Total
P.H. =	Electromecánica
P.e. =	Potencia Hidráulica (Calculada)
	Potencia Eléctrica del Sistema (Calculada)

$$P.H. = \frac{Q \times C.D.T.}{76} = \frac{57.97 \times 8.65}{76} = 6.60 \text{ H.P.}$$

Donde :

P.H. =	Potencia Hidráulica (H.P.)		
Q =	Gasto aforado	57.97	l.p.s
C.D.T. =	desnivel del terreno maximo =	8.65	MTS.
76 =	Coefficiente de Conversión		

Para el calculo de la Potencia eléctrica del sistema se calcula de la siguiente ecuación

$$P.e. = (I \text{ pro.} / I \text{ placa}) \times P.p. = 135.57 \text{ H.P.}$$

Donde :

P.e. =	Potencia Eléctrica del Sistema		
I pro. =	Corriente medida en campo promedio de las fases	161.33	Amp.
I.p. =	Corriente de placa del motor	238.00	Amp.
P.p. =	Potencia de placa del motor	200.00	H.P.

Por lo tanto la eficiencia electromecánica (HP.total)

$$\eta_{Total} = \frac{P.H.}{P.e.} \times 100 = \frac{6.60}{135.57} \times 100 = 4.87 \%$$

**Donde :**

$h_{total} =$	Eficiencia Total (Calculada)		
P.H. =	Potencia Hidráulica =	6.60	H.P.
P.e. =	Potencia Eléctrica del Sistema	135.57	H.P.

### CONCLUSION:

El equipo de bombeo presenta una eficiencia muy baja lo que presenta costos de energía altos



### EQUIPO DE BOMBEO N° 3

Donde :

$$\eta_{Total} = \frac{P.H.}{P.e.} =$$

$h_{total} =$   
P.H. =  
P.e. =

Eficiencia Total  
Electromecánica  
Potencia Hidráulica (Calculada)  
Potencia Eléctrica del Sistema (Calculada)

$$P.H. = \frac{Q \times C.D.T.}{76} = \frac{73.70 \times 8.65}{76} = 8.39 \text{ H.P.}$$

Donde :

P.H. = Potencia Hidráulica (H.P.)  
Gasto aforado  
Q = = 73.70 l.p.s  
C.D.T. = desnivel del terreno maximo = 8.65 MTS.  
76 = Coeficiente de Conversión

Para el calculo de la Potencia eléctrica del sistema se calcula de la siguiente ecuación

$$P.e. = (I \text{ pro.} / I \text{ placa}) \times P.p. = 116.19 \text{ H.P.}$$

Donde :

P.e. = Potencia Eléctrica del Sistema  
I pro. = Corriente medida en campo promedio de las fases 145.00 Amp.  
I.p. = Corriente de placa del motor 156.00 Amp.  
P.p. = Potencia de placa del motor 125.00 H.P.

Por lo tanto la eficiencia electromecánica (HP.total)

$$\eta_{Total} = \frac{P.H.}{P.e.} \times 100 = \frac{8.39}{116.19} \times 100 = 7.22 \%$$

Donde :

$h_{total} =$  Eficiencia Total (Calculada)  
P.H. = Potencia Hidráulica = 8.39 H.P.  
P.e. = Potencia Eléctrica del Sistema = 116.19 H.P.

### CONCLUSION:

El equipo de bombeo presenta una eficiencia muy baja lo que que presenta costos de energia altos



#### EQUIPO DE BOMBEO N° 4

Donde :

$$\eta_{Total} = \frac{P.H.}{P.e.} =$$

$h_{total} =$	Eficiencia Total
$P.H. =$	Electromecánica
$P.e. =$	Potencia Hidráulica (Calculada)
	Potencia Eléctrica del Sistema (Calculada)

$$P.H. = \frac{Q \times C.D.T.}{76} = \frac{349.23 \times 8.65}{76} = 39.75 \text{ H.P.}$$

Donde :

P.H. =	Potencia Hidráulica (H.P.)		
	Gasto aforado		
Q =	=	349.23	l.p.s
C.D.T. =	desnivel del terreno maximo =	8.65	MTS.
76 =	Coeficiente de Conversión		

Para el calculo de la Potencia eléctrica del sistema se calcula de la siguiente ecuación

$$P.e. = (I \text{ pro.} / I \text{ placa}) \times P.p. = 154.06 \text{ H.P.}$$

Donde :

<b>P.e. =</b>	Potencia Eléctrica del Sistema		
I pro. =	Corriente medida en campo promedio de las fases	183.33	Amp.
I.p. =	Corriente de placa del motor	238.00	Amp.
P.p. =	Potencia de placa del motor	200.00	H.P.

Por lo tanto la eficiencia electromecánica (HP.total)

$$\eta_{Total} = \frac{P.H.}{P.e.} \times 100 = \frac{39.75}{154.10} \times 100 = 25.80 \%$$

**Donde :**

$h_{total} =$	Eficiencia Total (Calculada)		
P.H. =	Potencia Hidráulica =	39.75	H.P.
P.e. =	Potencia Eléctrica del Sistema =	154.06	H.P.

#### CONCLUSION:

El equipo de bombeo presenta una eficiencia muy baja lo que presenta costos de energía altos



### EQUIPO DE BOMBEO N° 5

$$\eta_{Total} = \frac{P.H.}{P.e.} =$$

Donde :

$h_{total} =$	Eficiencia Total
P.H. =	Electromecánica
P.e. =	Potencia Hidráulica (Calculada)
	Potencia Eléctrica del Sistema (Calculada)

$$P.H. = \frac{Q \times C.D.T.}{76} = \frac{335.37 \times 8.65}{76} = 38.17 \text{ H.P.}$$

Donde :

P.H. = Potencia Hidráulica (H.P.)  
 Gasto aforado  
 Q = = 335.37 l.p.s  
 C.D.T. = desnivel del terreno maximo = 8.65 MTS.  
 76 = Coeficiente de Conversión

Para el calculo de la Potencia eléctrica del sistema se calcula de la siguiente ecuación

$$P.e. = (I \text{ pro.} / I \text{ placa}) \times P.p. = 272.75 \text{ H.P.}$$

Donde :

P.e. = Potencia Eléctrica del Sistema  
 I pro. = Corriente medida en campo promedio de las fases 313.67 Amp.  
 I.p. = Corriente de placa del motor 345.00 Amp.  
 P.p. = Potencia de placa del motor 300.00 H.P.

Por lo tanto la eficiencia electromecánica (HP.total)

$$\eta_{Total} = \frac{P.H.}{P.e.} \times 100 = \frac{38.17}{272.75} \times 100 = 13.99 \%$$

**Donde :**

$h_{total} =$  Eficiencia Total (Calculada)  
 P.H. = Potencia Hidráulica = 38.17 H.P.  
 P.e. = Potencia Eléctrica del Sistema = 272.75 H.P.

### CONCLUSION:

El equipo de bombeo presenta una eficiencia muy baja lo que que presenta costos de energia altos



## 2.2.3 DESCARGA

### 2.2.3.1 *Caja de de descarga*

Esta planta de bombeo presenta derrames en la caja de descarga al presentarse lluvias de mediana intensidad, por lo que es necesario revisar la capacidad de descarga y analizar la solución mas adecuada.

### 2.2.3.2 *Tuberías de desalojo*

La energía disponible en la tubería existente entre la caja de descarga y el Río de la Compañía, es como máximo 53 cm, ya que los tirantes de la SLA en él canal se incrementan considerablemente en época de lluvias.

La caja de cambio de régimen cuenta con dos líneas de conducción de concreto de 48" y 24" de diámetro con longitud de 57.00 m que descargan al río "La compañía".

Considerando un coeficiente de rugosidad para tubería de concreto usada de 0.012 el gasto máximo antes de que derrame la caja de descarga es de 4.5 m<sup>3</sup>/seg., ver tabla No. 2.2.4.

Se pudo observar, a través de la sección longitudinal del tanque de descarga al Río "La Compañía", que existe una elevación de 100.25 m, en la Superficie Libre del Río, ligeramente por debajo de la Elevación de la descarga en el Tanque que es de 100.65 m, en una longitud de 55.00 m aproximadamente; situación que en temporada de lluvias se agrava, ya que el nivel en el Río se eleva hasta los 102.00 m, con lo que no se logra la descarga adecuada al Río.



**Analisis Hidraulico para determinacion de la Capacidad de Descarga del Tanque, para las Condiciones Actuales del Carcamo la Esperanza, Cd. Nezahualcoyotl, Edo. Mexico.**

Puntos		Tramo	Elevacion Terreno	Longitud (m)	Diametro (m)	Clase o Tipo	Rugosidad n	Constante "K"	Perdidas hf	Elevacion Piez.	Carga Disp.	Gastos (m3/s)	Vel. (m/s)	Sh
Puntos	Tanque													
Tanque de Descarga			102.450		48"					102.450				
		Tanque de Descarga Canal "La Compañía"		57.000	1.219		0.012	0.0005	0.450			3.915	3.354	0.0079
Canal "La Compañía"			102.000							102.000				
Tanque de Descarga			102.450		24"					102.450				
		Tanque de Descarga Canal "La Compañía"		57.000	0.610		0.012	0.0207	0.450			0.618	2.114	0.0079
Canal "La Compañía"			102.000							102.000				
<b>Gatsto Total =</b>												<b>4.533</b>		

*Tabla No 2.2.4. CAPACIDAD DEL TANQUE DE DESCARGA.*



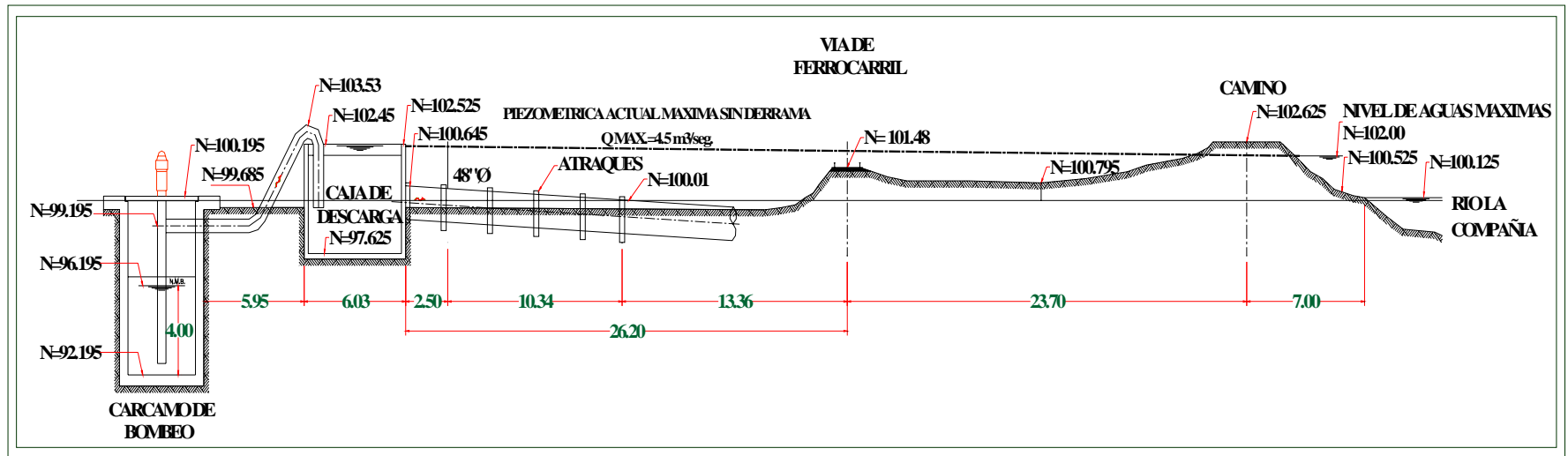


Fig No2.2.2. SECCION LONGITUDINAL DE LA DESCARGA DEL CARCAMO "LA ESPERANZA" AL RIO LA COMPAÑÍA EN CONDICIONES ACTUALES.



### **3 DIAGNOSTICO OPERATIVO Y PROPUESTAS DE SOLUCION.**

De acuerdo con la información proporcionada por el personal de ODAPAS y los análisis realizados; el área de influencia al cárcamo "La Esperanza", presenta problemas de inundación en temporada de lluvias debido a las siguientes causas:

- La planta de bombeo solo puede evacuar hasta 746.14 lps.
- El gasto máximo pluvial esperado cada 5 años es del orden de 6000 lps.
- Los colectores existentes presentan problemas de asolvamiento y hundimientos.
- El nivel del agua en el tanque de descarga es inferior al nivel en el Rio "La Compañía" en época de lluvia y aun cuando el bombeo desaloje un gasto apropiado, este no es descargado al río debido a que la carga hidráulica es mayor en este que en el tanque.

A continuación se describen cada uno de estos puntos.

#### **3.1 CARCAMO Y EQUIPO DE BOMBEO.**

Como se menciona, el objetivo principal de este estudio es lograr tener un funcionamiento óptimo del sistema para desalojar en forma inmediata los volúmenes de aguas negras y pluviales captados en la zona; por lo que, con los análisis realizados se obtuvo un diagnostico en cual se detectaron los problemas y a continuación se propondrá la solución mas adecuada.

##### ***Cárcamo de Bombeo***

El bombeo de aguas residuales deberá realizarse continuamente por los problemas que se derivan de su almacenamiento y evitar que estén en estado séptico (asolvamiento del cárcamo, descomposición de las aguas negras y generación de malos olores). Un máximo de retención de 30 minutos es aconsejable, además este tiempo deberá equilibrarse con los arranques de hora permitidos por el equipo de bombeo que pueden ser de 5 a 12 arranques por hora dependiendo del equipo.

Así mismo es importante mencionar que los tirantes de operación en época de estiaje deberán ser menores a la clave del tubo de descarga, para permitir que el colector descargue libremente y evitar azolves en la red de alcantarillado.



La zona de rejillas no presenta ningún problema, no así la zona destinada para los residuos detenidos por las rejillas, por lo que se destinara una zona correcta para la colocación de dichos residuos, y evitar problemas ambientales y una mala vista en la estación.

### ***Equipo de Bombeo***

La operación en el cárcamo de bombeo "La Esperanza", actualmente es a través de cinco Bombas Verticales, con las siguientes características:

Bomba	Motor	Velocidad	Gasto Bombeado
	(HP)	(rpm)	(lps)
No 5	300	585	335.57
No 4	125	880	195.95
No 3	200	880	84.02
No 2	200	880	58.69
No 1	200	880	67.30

**Gasto Total = 741.33 Lps**

las cuales bombean un gasto mínimo de 59 lps y máximo de 336 lps, dependiendo del equipo.

Considerando que el gasto de aportación actual es de aproximadamente 60 lps. la operación de los equipos de bombeo en la planta se realiza de forma alternada, a intervalos de una hora por equipo, tiempo en el que se logra recuperar el nivel en el cárcamo, para tener la carga dinámica requerida por los equipos.

Esta situación de arranque y paro no es apropiada, ya que los consumos de energía eléctrica son muy altos, así como el desgaste que se genera en los equipos.

Otro problema importante que se presenta, es el funcionamiento hidráulico de los colectores y en toda la red de alcantarillado; ya que al elevarse el nivel en el cárcamo de bombeo, la pendiente hidráulica disminuye, creando un Remanso Hidráulico en toda la Red, con lo que la velocidad disminuye, dando como resultado que los sólidos en suspensión que son arrastrados por las aguas negras se sedimenten y por consecuencia el grado de azolve en los conductos aumente.



Por lo antes descrito, se recomienda que la operación de los equipos de bombeo sea tal que logre mantener los tirantes mínimos requeridos de manera que el remanso hacia aguas arriba sea el mínimo.

### ***Propuesta de solución para bombeo aguas negras***

Para lograr esto se recomienda la instalación adicional de dos equipos de bombeo, de 40 HP, exclusivamente para desalojo de aguas negras, de las cuales una estará en operación y la otra de reserva, y en caso de que el gasto de aportación de aguas negras llegue a ser mayor al de proyecto estas trabajaran simultáneamente, incluso de ser necesario se podrá operar alguno de los equipos actualmente instalados para las aguas pluviales, de forma tal que se evite sobreelevar los tirantes mínimos en el cárcamo.

Tenemos que la capacidad del equipo de bombeo es de 741.33 lps, suficiente para desalojar el gasto máximo instantáneo de aguas negras, sin embargo para desalojar las aguas pluviales con un periodo de retorno de 5 años presenta un déficit de 5,258.67 lps. Esto significa que se requiere una capacidad máxima de 6,000 lps.

### ***Propuesta de solución para propuesta de aguas pluviales***

Para desalojar el agua de lluvia se propone el cambio de los equipos existentes por bombas de 1,200 lps c/u con capacidad de 200 hp.

Esta modulación permitirá tener flexibilidad para manejar las aguas pluviales que se vayan presentando de acuerdo con las intensidades de lluvia, así mismo permitirá un ahorro sustancial en los consumos de energía.

Cabe mencionar que en base a las propuestas de solución la fontanería y todos los aditamentos del equipo de bombeo deberá substituirse para la correcta operación de los mismos.

### ***Factibilidad de utilizar los equipos existentes.***

Debido a que el bombeo de aguas negras es continuo los 365 días del año, y el gasto es muy inferior al gasto de aguas de lluvia resulta ineficiente utilizar los equipos actuales de bombeo ya que tienen una capacidad demasiado sobrada para este gasto, lo que redundaría en unos costos de energía eléctrica demasiado altos, por otra parte, cuando se presenta el gasto de precipitación pluvial los equipos actuales son insuficientes para desalojar el agua pluvial, además de que la subestación eléctrica tiene únicamente capacidad para operar tres equipos al mismo tiempo, ante esta situación resulta no factible seguir utilizando los mismos equipos.



## 3.2 CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA

Para la reducción de los costos operativos se proponen las siguientes acciones:

Para el manejo de las aguas de lluvia se propone la instalación de 5 (Cinco) equipos de bombeo de 1,200 lps c/u y 200 HP dando una capacidad total de 6,000 lps con lo cual se cubre una tormenta de diseño con periodo de retorno de 5 años.

Instalar dos equipos de bombeo con capacidad de 215 lps c/u y 40 HP, para el manejo de las aguas negras, uno en operación y otro de reserva, operando en forma alternada.

Se realizó la evaluación de los consumos anuales de energía eléctrica para el bombeo de aguas negras con los equipos actuales de 200 hp con respecto a los equipos propuestos de 40 hp, en el primer caso el costo anual de energía eléctrica para un gasto de 215 lps resulto de \$317,308 en el segundo caso el costo anual de energía eléctrica resulto de \$ 63,461.62 dando como resultado un ahorro anual de \$ 253,846.48, el análisis detallado se muestra en la tabla No. 3.2.1.

De igual forma se realizó la evaluación de los consumos de energía anuales para el bombeo de aguas pluviales, con los equipos actuales 4 de 200 hp y uno de 300 hp con respecto a los equipos propuestos de 300 hp, en el primer caso el costo anual de energía eléctrica para un gasto de 1200 lps resulto de \$78,496.56 en el segundo caso el costo anual de energía eléctrica resulto de \$ 107,040.76 dando como resultado una diferencia de \$ 28,544.20, notamos que el costo de energía con los equipos propuestos es mayor que con el equipo actual; sin embargo, como ya se menciono los equipos actuales son insuficientes para desalojar el agua pluvial, además de que la subestación eléctrica tiene únicamente capacidad para operar tres equipos al mismo tiempo, el análisis detallado se muestra en la tabla No. 3.2.2.

De los resultados observamos un ahorro considerable del costo de energía eléctrica lo cual hace factible el cambio del equipo de bombeo actual por el propuesto.



**Estudio de Tarifas de Energia Electrica**

Tipo de Tarifa	Costo KWH	Horas Anuales
		bombero 24 hrs
Tarifa Base	\$ 0.19873	3,042.00
Tarifa Intermedia	\$ 0.23924	4,968.00
Tarifa Punta	\$ 0.76585	750.00

**Totales 8,760.00**

Consideraciones :

\* Total de Horas en el año para una operación de 24 hrs/dia = **8,760.00**

**COSTO DE ENERGIA ELECTRICA CARCAMO LA ESPERANZA ( Analisis para las Bombas de Aguas Negras )**

Desnivel Hidraulico =	12.00	Tiempo de Operación = 12 Hrs "A"	Verticales 200 HP
Longitud Conduccion =	20.00	Tiempo de Operación = 24 Hrs "B"	Sumergible 40 HP
Diametro tuberia =	0.36		
Factor de fricción n =	0.014	Eficiencia de los Equipos = 80%	
Factor K =	0.50080505		

	Gasto m3/seg	Perdidas de Carga m	Carga Dinamica m	Potencia HP	KWH	Costo Anual de Energia			Volumen Anual de Bombeo m3/s	Costo de EE por m3 de agua \$/m3	
						Base	Intermedia	Punta			
						0.11987	0.23924	0.76585			
						Total					
<b>A</b>	0.215	0.46	12.46	200.00	149.14	\$54,384.45	\$177,259.50	\$85,664.15	\$317,308.10	6,798,816.00	\$0.0467
<b>B</b>	0.215	0.46	12.46	40.00	29.83	\$10,876.89	\$35,451.90	\$17,132.83	\$63,461.62	6,798,816.00	\$0.0093

Ahorro Anual de Energia Electrica = **\$253,846.48**

Lo que significa un ahorro de \$ 253846.47 en el costo de energia para COMPARACION de 24 hrs de operación con 12 hrs de Operación Alternada

**Tabla No 3.2.1. ANALISIS DE COSTO DE ENERGIA ELECTRICA PARA EL EUIPO DE BOMBEO DE AGUAS NEGRAS.**



Estudio de Tarifas de Energía Eléctrica

Tipo de Tarifa	Costo KWH	Horas Anuales
		bombeo 2 hrs/Día
Tarifa Base	\$ 0.19873	-
Tarifa Intermedia	\$ 0.23924	400.00
Tarifa Punta	\$ 0.76585	-

Totales 400.00

Consideraciones :

\* Total de Horas en el año para una operación de 2 hrs/día, Durante 6 Meses = 360.00

**COSTO DE ENERGIA ELECTRICA CARCAMO LA ESPERANZA ( Analisis para las Bombas de Aguas Pluviales )**

Desnivel Hidraulico = 12.00  
 Longitud Conduccion = 20.00  
 Diametro tuberia = 0.61  
 Factor de friccion n = 0.014  
 Factor K = 0.02816473

Eficiencia de los Equipos = 80%

Gasto	Perdidas de Carga	Carga Dinamica	Num. de Equipos Instalados	Potencia HP	KWH	Costo Anual de Energia			Costo Total de Consumo al Años de la Capacidad Instalado
						Base	Intermedia	Punta	
						0.11987	0.23924	0.76585	
A	1.800	1.83	13.83	1	300.00	223.71		\$21,408.15	\$21,408.15
B	1.800	1.83	13.83	4	200.00	149.14		\$14,272.10	\$57,088.41
<b>Consumo de Energia Eléctrica Condiciones Actuales =</b>									<b>\$78,496.56 /Anuales</b>

Gasto	Perdidas de Carga	Carga Dinamica	Num. de Equipos Instalados	Potencia HP	KWH	Costo Anual de Energia			Costo Total de Consumo al Años de la Capacidad Instalado
						Base	Intermedia	Punta	
						0.11987	0.23924	0.76585	
A	1.800	1.83	13.83	5	300.00	223.71		\$21,408.15	\$107,040.76
<b>Consumo de Energia Eléctrica Condiciones de Proyecto =</b>									<b>\$107,040.76 /Anuales</b>
<b>Diferencia =</b>									<b>\$28,544.20 /Anuales</b>

**Tabla No 3.2.2. ANALISIS DE COSTO DE ENERGIA ELECTRICA PARA EL EQUIPO DE BOMBEO DE AGUAS PLUVIALES.**



### 3.3 CAJA DE DESCARGA Y TUBERIAS DE DESALOJO.

Así mismo de los resultados del análisis hidráulico de la capacidad de descarga del tanque y dos líneas de conducción de 48" y 24" de diámetro con longitud de 57.00 m se deduce que la capacidad máxima de la línea es de 4.53 m<sup>3</sup>/s. De igual forma que en el bombeo se tiene capacidad suficiente para desalojar el gasto máximo instantáneo de aguas negras que es de 466 lps y se presenta el mismo problema con las aguas pluviales que con un periodo de retorno de 5 años arroja un gasto de 6000 lps mismo que resulta mayor a la capacidad de desalojo de las líneas existentes.

#### *Propuestas de solución*

**1.- Tubería paralela.-** Se propone una línea paralela de descarga con diámetro de 1.50 m. y 57 m de longitud, con esta línea se tendrá capacidad para desalojar los 6 m<sup>3</sup>/seg, sin embargo presenta los siguientes inconvenientes:

Construcción de un cruce con vía de ferrocarril.

Ruptura de la pared del tanque de descarga en su parte inferior, en aguas negras sin posibilidad de paro.

Descarga al Río de la Compañía a nivel inferior de la SLA.

Esta alternativa presenta un costo índice de obra de \$ 953,458 y un costo anual de operación por consumo de energía eléctrica de \$78,497

**2.- Sobreelevación de la caja de descarga.-** La línea piezométrica necesaria para descargar los 6 m<sup>3</sup>/seg requiere de una energía de posición de 0.80 m. con respecto al nivel de descarga, por lo que la caja de descarga deberá tener una sobreelevación de 1.53 m arriba del nivel existente.

Con esta alternativa se presenta la siguiente desventaja:

Incremento de la carga dinámica total a vencer de los equipos de bombeo con el siguiente incremento en los costos de operación por energía eléctrica.

El costo de obra es de \$ 715,857.00 además de un costo anual de operación por energía eléctrica de \$ 63,461.00

Como puede apreciarse, la sobre elevación de la caja de descarga tiene un costo de obra y de operación menor, comparada con la alternativa de instalar una tubería paralela, por lo que resulta más factible.

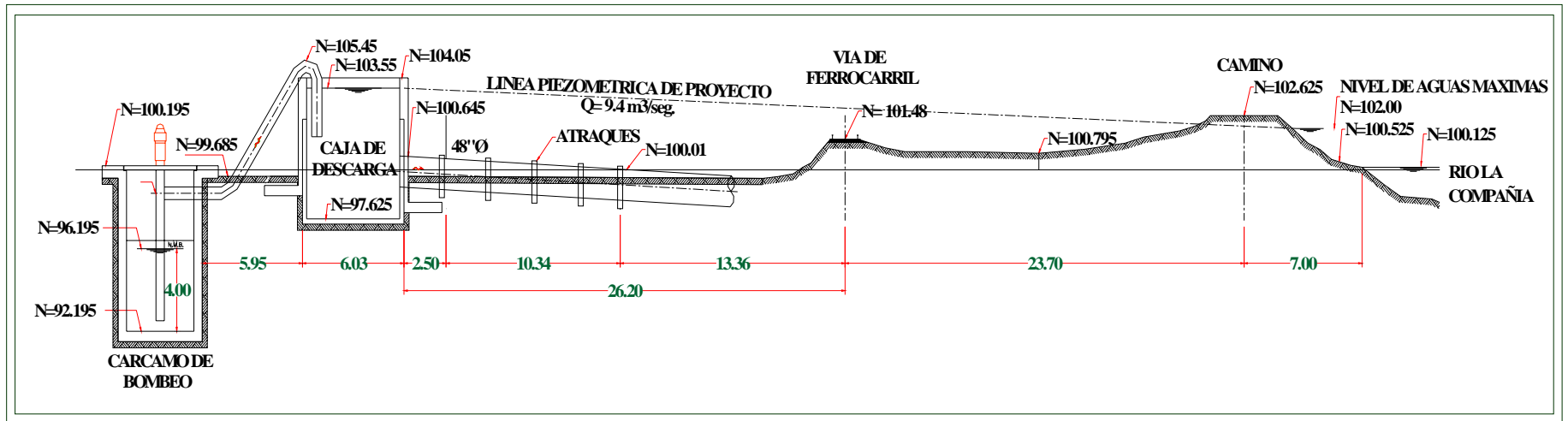




### 3.4 ACCIONES RECOMENDADAS

Para mejorar la eficiencia operativa del sistema de desalojo de aguas negras y pluviales es necesario realizar las siguientes acciones:

- Para el manejo de las aguas de lluvia se propone la instalación de 5 (Cinco) equipos de bombeo de **1,200 lps** c/u y **200 HP** dando una capacidad total de **6,000 lps** con lo cual se cubre una tormenta de diseño con periodo de retorno de **5 años**.
- Instalar dos equipos de bombeo con capacidad de **215 lps** c/u y **40 HP**, para el manejo de las aguas negras, uno en operación y otro de reserva, operando en forma alternada. Con esto se lograra un ahorro aproximado de \$ 250,000.00 al año en consumo de energía eléctrica, ya que actualmente las aguas negras se desalojan operando los equipos de 200 hp.
- Cambio de la instalación eléctrica, Transformadores, Interruptores, Arrancadores, Conductores, etc., adecuados a los nuevos equipos de bombeo.
- Adecuar la planta de emergencia a las nuevas condiciones de operación.
- Sobreelevación del Tanque de Descarga **1.50 m**, para incrementar el gradiente hacia el Río "La Compañía", y lograr el desalojo de las aguas pluviales.



**Fig No 3.4.1 SECCION LONGITUDINAL DE LA DESCARGA DEL CARCAMO "LA ESPERANZA" AL RIO LA COMPAÑÍA (PROPUESTA DE SOLUCION).**



## 4 EVALUACION DE LAS ACCIONES RECOMENDADAS.

### 4.1 EQUIPOS MECANICOS

#### *Equipos mecánicos para el desalojo de aguas negras*

Debido a que el bombeo de aguas negras es continuo los 365 días del año, y el gasto es muy inferior al gasto de aguas de lluvia, se propone la instalación de dos equipos de bombeo con capacidad de **215 lps** cada uno. La carga a vencer también será inferior, ya que la elevación del nivel de la SLA en el tanque de descarga es como máximo la elevación de la cota de la clave del tubo instalado, por lo que la elevación de descarga será inferior a la actual, de acuerdo a la figura 3, el desnivel máximo será de 8.77 m.

Cuando se presente precipitación pluvial, el nivel en el tanque de descarga subirá por lo que la tubería de descarga de los equipos de aguas negras contara con válvula de no retroceso (Check) así como con válvula de seccionamiento tipo compuerta para cualquier eventualidad.

La operación de estos equipos será: uno en operación y otro de reserva operando alternadamente. Como el gasto de 215 lps es representativo del gasto medio de aguas negras, cuando se presente el gasto máximo serán operados los dos equipos simultáneamente. En caso de gastos máximos extraordinarios, será posible abatir el nivel operando por un corto tiempo un equipo de aguas de lluvia.

Para el funcionamiento electromecánico se realizo el análisis técnico y económico de equipos de bombeo tipo sumergible y vertical, analizando las marcas KSB Y NASSA JOHNSTON, verificando que ambos equipos cumplan con las condiciones de operación requeridas por el sistema,

De los resultados del análisis se observo que los equipos verticales presentan mejores condiciones de operación y mantenimiento además de resultar más económicos, por lo tanto se realizo el cálculo con este equipo bajo las siguientes consideraciones:

## DATOS DE PROYECTO

1.- PROFUNDIDAD DEL CARCAMO (Pc)	8.00 Mts.
2.- GASTO TOTAL (Q)	215.00 l.p.s.
3.- NIVEL DE BOMBEO MAXIMO CARCAMO (Nbmax)	96.35 Mts.
4.- NIVEL DE BOMBEO MINIMO CARCAMO (Nbmin)	92.93 Mts.
5.- NIVEL DE LOSA SUPERIOR EN EL CARCAMO	100.13 Mts.
6.- NIVEL DE LOSA INFERIOR DEL CARCAMO	92.13 Mts.
7.- NIVEL MAXIMO A VENCER	101.00 Mts.
8.- PERDIDAS EN LA LINEA DE CONDUCCION	0.30 Mts.
9.- DESNIVEL MAXIMO A VENCER (D.Max.V)	8.07 Mts.
9.- DESNIVEL MINIMO A VENCER (D.Min. V)	4.65 Mts.
10- CARGA ESTATICA MAXIMA (C.Emax)	8.37 Mts.
11- CARGA ESTATICA MINIMA (C.Emin)	4.95 Mts.

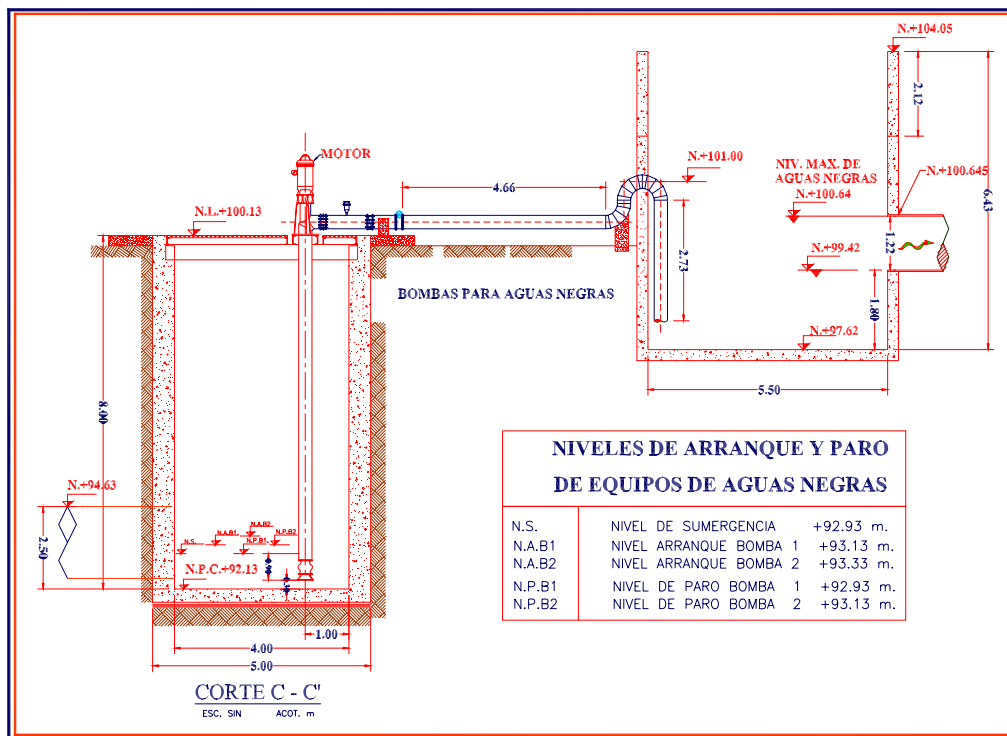


Fig No 4.1.1. ARREGLO DE FONTANERIA PARA EL MANEJO DE AGUAS NEGRAS.

## 1.- SELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO

### DATOS DE ANALISIS

➤ GASTO (Q) =	215.00 l.p.s =	3407.75 G.P.M.
➤ CARGA MAXIMA	8.37 Mts.	27.46 pies
➤ CARGA MINIMA	4.95 Mts.	16.24 pies



## 2.- SUMERGENCIA MINIMA (SM)

De acuerdo a la gráfica de las Normas del Instituto de Hidráulica en donde nos indica que la sumergencia mínima para un gasto de 215.00 l.p.s. es de 1.25 Mts.

## 3.- CALCULO DEL DIAMETRO DE LA TUBERIA

DATOS.

GASTO (Q) = 215.00 l.p.s

VELOCIDAD (V) = 2.0 m/seg.

De la siguiente expresión calculamos el diámetro de la tubería.

$$Dia. = \sqrt{Area \div 0.785}$$

Donde el Area es:

$$Area = \frac{Q}{V} = \frac{0.215}{2} = 0.1075m^2$$

Por lo tanto el diámetro de la tubería es

$$Dia. = \sqrt{Area \div 0.785} = \sqrt{0.1075 \div 0.785} = \sqrt{0.136} = 0.37Mts. = 11.27 plg.$$

El valor de la tubería mas cercano el de diámetro de 12".

## 4.- CALCULO DEL ESPESOR DE LA TUBERIA

Para el calculo del espesor de la tubería los factores aplicados son las de las Normas AWWA y ANSI B31.1 en la expresión basada en la ecuación de BARLOW tenemos que.

DATOS.

Presión máxima de diseño (P) = 2 Kg/cm<sup>2</sup>

Diámetro del tubo (D) = 30.48 cm

Esfuerzo permisible del tubo (S) = 1250 Kg/cm<sup>2</sup>

Eficiencia de la soldadura = 0.6

Sobrepresión por corrosión = 0.35

De la siguiente expresión calculamos el espesor de la tubería

$$e = \frac{PD}{2SE} + c = \frac{2 \times 30.48}{2 \times 1250 \times 0.6} + 0.35 = 0.39cm$$

Por lo tanto el espesor de la tubería será de 5.16 mm que es el valor comercial

## 5.- PARA EL CÁLCULO DE LAS PERDIDAS POR FRICCIÓN EN LA COLUMNA (PFC)

Para un gasto de 215.00 l.p.s. (3407.75 G.P.M.) la columna cuyo diámetro recomendado es el 30.48 cm. (12") y de flecha de 1 1/2" las perdidas son de 3.60 pies por cada 100 pies de columna.



#### DATOS.

Longitud de columna (Lc) =	6.50 Mts.
Perdidas por fricción por cada 100 pies (Pc) =	3.60 pies
Constante (Con.)	3.281

Por lo tanto tenemos que

$$Pfc. = \frac{Lc \times Pc \times Con.}{100} = \frac{6.50 \times 3.60 \times 3.281}{100} = 0.76 Mts.$$

Perdidas por fricción en el codo de descarga es de 0.33 pies (0.10 mts.) (Anexo 3).

### 6.- CALCULO DE LA CARGA DINAMICA TOTAL

#### DATOS.

Carga Estática Máxima =	8.37 Mts.	27.46 pies
Carga Estática Mínima =	4.95 Mts.	16.24 pies
Perdidas por fricción en la columna =	0.76 Mts.	
Perdidas por fricción en el codo de descarga =	0.10 Mts.	

De la siguiente expresión calculamos la C.D.Tmax..

$$CDT. = CE + Pfc. + Pgcd = 8.37 + 0.76 + 0.10 = 9.23 Mts. = 30.28 pies$$

De la siguiente expresión calculamos la C.D.Tmin..

$$CDT. = CE + Pfc. + Pgcd = 4.95 + 0.76 + 0.10 = 5.81 Mts. = 19.06 pies$$

#### 6.1.- CURVA CARACTERISTICA DE LA BOMBA.

La altura a que la bomba puede impulsar los diversos caudales a velocidad de funcionamiento constante se establece en los ensayos de bombeos que realizan los fabricantes. La altura manométrica de la bomba es la diferencia entre las energías existentes en las boquillas de descarga y aspiración de la bomba según la ecuación de Bernoulli.

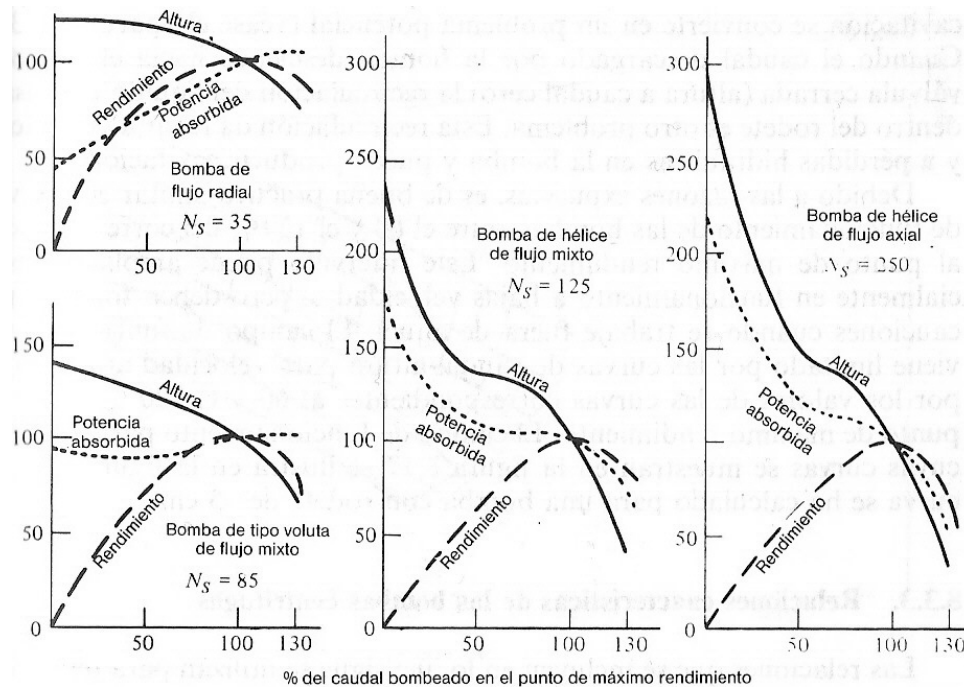
En el curso del ensayo se varía el caudal de bombeo actuando sobre una válvula dispuesta en la descarga de la bomba y se mide la altura correspondiente. Los resultados del ensayo se representan gráficamente dando lugar a una curva de alturas-caudales para la velocidad de giro empleada. Al mismo tiempo, se miden el rendimiento y la potencia absorbida y los valores resultantes se representan sobre el mismo diagrama. El conjunto de estas curvas se denomina curvas características de la bomba.

Los fabricantes de las bombas suministran la información relativa al comportamiento de sus bombas en forma de unas curvas características o curvas de la bomba. En la mayoría de las bombas características se representa gráficamente la altura manométrica total  $H_t$  en metros, el rendimiento  $E$  en tanto por ciento y la potencia



absorbida  $P$  en kilovatios en las ordenadas y el caudal  $Q$  en metros cúbicos por segundo en la abscisa. La forma general de estas curvas varía con la velocidad específica.

Las curvas características para bombas centrífugas típicas de flujo radial, de voluta de flujo mixto, de hélice de flujo mixto, y de flujo axial se muestran en la figura 1.3.8. Las variables se han representado como porcentaje de sus valores respecto a los del punto de máximo rendimiento.



**CURVAS CARACTERISTICAS TIPICAS DE BOMBAS CENTRIFUGAS.**

Para la selección y diseño del equipo de bombeo se analizan dos diferentes tipos de fabricantes los cuales son NASSA JONHSTON Y FAIRBANKS MORSE

De las curvas de operación de cada uno de los fabricantes (Anexo 2) tenemos los siguientes datos

A.- NASSA JONHSTON		
MODELO	NJ-14-MS	
GASTO =	215.00 l.p.s.	3407.75 G.P.M.
CARGA =	9.23 Mts.	30.28 pies
CARGA/PASO =	4.61 m/p.	15.14 p/p
Nº PASOS =	2	
EFF =	80 %	
VELOCIDAD	880 r.p.m.	

B.- FAIRBANKS MORSE		
MODELO	FIG 6310	
GASTO =	215.00 l.p.s.	3407.75 G.P.M.
CARGA =	9.23 Mts.	30.28 pies
PIES/PASO =	4.61 m/p.	15.14 p/p
Nº PASOS =	2.0	
EFF =	73%	
VELOCIDAD	880 rpm	



**POR LO TANTO:** La bomba seleccionada es centrífuga de tipo vertical de la Mca. NASSA JOHNSTON Mod. **NJ 14 MS a 880 r.p.m**, que nos proporciona para un gasto de 215.00 l.p.s. (**3407.75 G.P.M.**) una carga de 4.61 m/paso (**15.14 pies/paso**) y una eficiencia de 80.00 %

## 7.- CALCULO DE NÚMERO DE PASOS

DATOS

Carga dinámica total (C.D.T.) =	9.23 Mts.	30.28 pies
Gasto (Q) =	215.00 l.p.s	3407.75 G.P.M.
Carga por paso (C/P) =	4.61 Mts.	15.14 pies

Por lo tanto el número de pasos es:

$$Np = \frac{CDT}{CPP} = \frac{9.23}{4.61} = 2.0 \text{ pasos}$$

Considerando 2 pasos la carga por paso será de 9.23 m.

Por lo tanto la bomba operara con 1 pasos y con una eficiencia de 80.0%

## 8.- CALCULO DE POTENCIA HIDRAULICA

DATOS

GASTO (Q) =	215.00 l.p.s	2377.50 G.P.M.
Carga Dinámica Total (C.D.T.) =	9.23 Mts.	30.28 pies
Eficiencia de la Bomba ( $\eta$ ) =	82 %	

De la siguiente ecuación calculamos la potencia hidráulica mínima requerida

$$PH = \frac{Q \times CDT}{76 \times \eta} = \frac{215.00 \times 9.23}{76 \times 0.80} = 32.63HP :$$

## 9.- CALCULO DE PERDIDAS EN LA FLECHA

De acuerdo a los datos de fabricante tenemos que para una flecha de 1 15/16" de diámetro de perdidas de potencia son de 0.92 hp. por cada 100 pies de longitud de columna por lo tanto

DATOS:

Perdidas por fricción en la flecha (Pff) =	0.92 HP.
Longitud de columna (Lc). =	6.50 Mts.

De la siguiente expresión calculamos las perdidas en la flecha

$$Pf = (Pff \times Lc \times 3.281) \div 100 = (0.92 \times 6.50 \times 3.281) \div 100 = 0.19HP.$$





## 10.- CALCULO DEL EMPUJE AXIAL (EA)

DATOS.

Constante de empuje (K) =	42	
Carga dinámica total (C.D.T.) =	9.23 Mts.	30.28 pies
Longitud de columna (Lc). =	6.50 Mts.	21.32 pies
Peso del impulsor (Pimp) =	70.0 lb	
Peso de la flecha (Pf) =	10.5 lb	

Por lo tanto el empuje axial es:

$$K_t = K \times CDT = 42 \times 30.28 = 1271.76 lb.$$

$$K_a = P_f \times L_c = 6.21 \times 10.50 = 65.20 lb.$$

$$\text{Empuje axial} = K_t + K_s + K_a = 1271.00 + 65.20 + (70.0 \times 2) = 1476.20 lb.$$

De acuerdo a los datos de fabricante la carga axial máxima permitida es de 7500 lbs.

## 11.- CALCULO DE PERDIDAS EN EL BALERO

De la siguiente expresión calculamos las perdidas en el balero.

$$HP_{fb} = \frac{0.0123 \times RPM \times EMPUJEAXIA \ L}{100 \times 1000} = \frac{0.0123 \times 880 \times 1476.20}{100 \times 1000} = 0.16 HP.$$

$$HP_{fb} = PH + P_f + HP_{FB} = 32.63 + 0.19 + 0.16 = 32.98 HP.$$

## 12.- LA POTENCIA HIDRAULICA TOTAL

De la siguiente expresión calculamos la potencia hidráulica total.

El motor más cercano a nuestro valor es un motor eléctrico vertical trifásico de 40 HP. para operar a un voltaje de 440 V., 60 H.Z. a un velocidad de 880 r.p.m. para intemperie, con una eficiencia de 89.0 % y un factor de potencia de 83.0 %

El análisis detallado para la selección y calculo del los equipos corresponden al proyecto electromecánico.

### Equipos mecánicos para el desalojo de aguas pluviales

Para el manejo de las aguas de lluvia se propone la instalación de 5 (Cinco) equipos de bombeo de **1,200 lps c/u** y **200 HP** dando una capacidad total de **6,000 lps** con lo cual se cubre una tormenta de diseño con periodo de retorno de **5 años**, la selección de los equipos se realizó bajo las siguientes consideraciones:

#### DATOS DE PROYECTO

- |  |                |
|--|----------------|
| 1.- PROFUNDIDAD DEL CARCAMO (Pc)           | 8.00 Mts.      |
| 2.- GASTO TOTAL (Q)                        | 6000.00 l.p.s. |
| 3.- NIVEL DE BOMBEO MAXIMO CARCAMO (Nbmax) | 95.03 Mts.     |
| 4.- NIVEL DE BOMBEO MINIMO CARCAMO (Nbmin) | 94.60 Mts.     |
| 5.- NIVEL DE LOSA SUPERIOR EN EL CARCAMO   | 100.13 Mts.    |
| 6.- NIVEL DE LOSA INFERIOR DEL CARCAMO     | 92.13 Mts.     |
| 7.- NIVEL MAXIMO A VENCER                  | 103.17 Mts.    |
| 8.- PERDIDAS EN LA LINEA DE CONDUCCION     | 0.20 Mts.      |
| 9.- DESNIVEL MAXIMO A VENCER (D.Max.V)     | 8.57 Mts.      |
| 10.- DESNIVEL MINIMO A VENCER (D.Min. V)   | 8.14 Mts.      |
| 11.- CARGA ESTATICA MAXIMA (C.Emax)        | 8.77 Mts.      |
| 12.- CARGA ESTATICA MINIMA (C.Emin)        | 8.34 Mts.      |

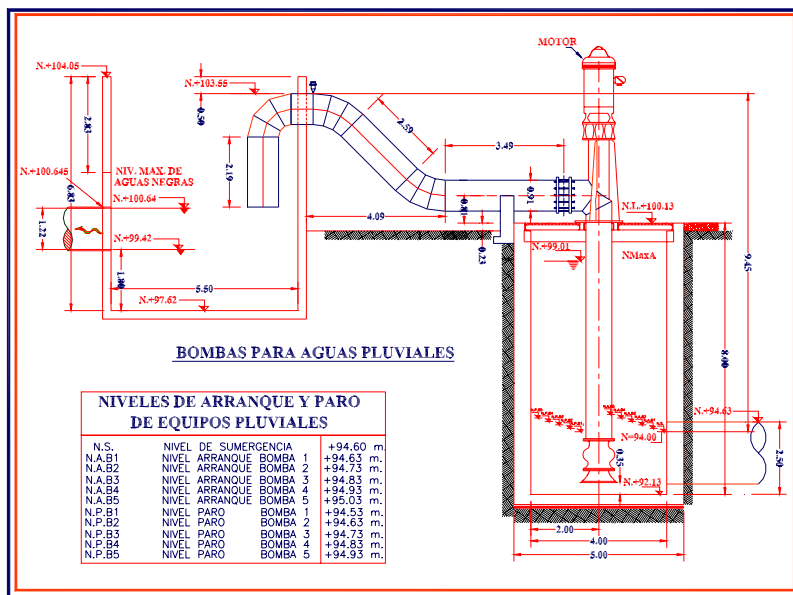


Fig No 4.1.2. ARREGLO DE FONTANERIA PARA EL MANEJO DE AGUAS PLUVIALES.



## 1.- SELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO

### DATOS DE ANALISIS

➤ GASTO (Q) =	1,200.00 l.p.s =	19,020.00 G.P.M.
➤ CARGA MAXIMA	8.77 Mts.	28.77 pies
➤ CARGA MINIMA	8.34 Mts.	27.36 pies

## 2.- SUMERGENCIA MINIMA (SM)

De acuerdo a la gráfica de las Normas del Instituto de Hidráulica en donde nos indica que la sumergencia mínima para un gasto de 1200.00 l.p.s. es de 3.50 Mts., para el diseño, sin embargo considerando que se trata de un estudio para mejorar la operación de la planta con la infraestructura existente se considero manejar como profundidad mínima la cota al lomo del tubo en la descarga, por lo que los niveles de arranque y para también se propusieron a intervalos de 10 cm, con el objeto de evitar la formación de un de remanso en el colector de descarga que favorezca la sedimentación

## 3.- CALCULO DEL DIAMETRO DE LA TUBERIA

### DATOS.

GASTO (Q) =	1200.00 l.p.s
VELOCIDAD (V) =	3.0 m/seg.

De la siguiente expresión calculamos el diámetro de la tubería.

$$Dia. = \sqrt{Area \div 0.785}$$

Donde el Area es:

$$Area = \frac{Q}{V} = \frac{1.20}{3} = 0.40m^2$$

Por lo tanto el diámetro de la tubería es

$$Dia. = \sqrt{Area \div 0.785} = \sqrt{0.40 \div 0.785} = \sqrt{0.509} = 0.7138Mts. = 28.10 p lg.$$

El valor de la tubería mas cercano el de diámetro de 30 plg.

## 4.- CALCULO DEL ESPESOR DE LA TUBERIA

Para el calculo del espesor de la tubería los factores aplicados son las de las Normas AWWA y ANSI B31.1 en la expresión basada en la ecuación de BARLOW tenemos que.

### DATOS.

Presión máxima de diseño (P) =	2 Kg/cm <sup>2</sup>
Diámetro del tubo (D) =	76.20 cm
Esfuerzo permisible del tubo (S) =	1250 Kg/cm <sup>2</sup>
Eficiencia de la soldadura =	0.6
Sobrepresión por corrosión =	0.35

De la siguiente expresión calculamos el espesor de la tubería



$$e = \frac{PD}{2SE} + c = \frac{2 \times 76.20}{2 \times 1250 \times 0.6} + 0.35 = 0.451 \text{ cm}$$

Por lo tanto el espesor de la tubería será de 6.40 mm que es el valor comercial

## 5.- PARA EL CÁLCULO DE LAS PERDIDAS POR FRICCIÓN EN LA COLUMNA (PFC)

Para un gasto de 1200.00 l.p.s. (19020.00 G.P.M.) la columna cuyo diámetro recomendado es el 50.80 cm. (30") y de flecha de 3 7/16" las perdidas son de 1.30 pies por cada 100 pies de columna (Anexo 2).

DATOS.

Longitud de columna (Lc) =	5.57 Mts.
Perdidas por fricción por cada 100 pies (Pc) =	1.30 pies
Constante (Con.)	3.281

Por lo tanto tenemos que

$$Pfc. = \frac{Lc \times Pc \times Con.}{100} = \frac{5.57 \times 1.30 \times 3.281}{100} = 0.2376 \text{ Mts.}$$

Perdidas por fricción en el codo de descarga es de 0.46 pies (0.14 mts.) (Anexo 3)

## 6.- CALCULO DE LA CARGA DINAMICA TOTAL

DATOS.

Carga Estática Máxima =	8.77 Mts.
Carga Estática Mínima =	8.34 Mts.
Perdidas por fricción en la columna =	0.23 Mts.
Perdidas por fricción en el codo de descarga =	0.14 Mts.

De la siguiente expresión calculamos la C.D.Tmax..

$$CDT. = CE + Pfc. + Pfcd = 8.77 + 0.23 + 0.14 = 9.14 \text{ Mts.} = 29.98 \text{ pies}$$

$$CDT. = CE + Pfc. + Pfcd = 8.34 + 0.23 + 0.14 = 8.71 \text{ Mts.} = 28.57 \text{ pies}$$

De la siguiente expresión calculamos C.D.Tmin..

Para la selección y diseño del equipo de bombeo se analizan dos diferentes tipos de fabricantes los cuales son NASSA JONHSTON Y WORTHINGTON.



De las curvas de operación de cada uno de los fabricantes (Anexo 2) tenemos los siguientes datos

A.- NASSA JONHSTON		
MODELO	NJ-30-LS	
GASTO =	1200.00 l.p.s.	19020. G.P.M.
CARGA =	9.14 Mts.	29.98 pies
CARGA/PASO =	9.14 m/p.	29.98 p/p
Nº PASOS =	1.0	
EFF =	83.0%	
VELOCIDAD	590 r.p.m.	

B.- WORTHINGTON		
MODELO	30-KMD	
GASTO =	1200.00 l.p.s.	19020. G.P.M.
CARGA =	9.14 Mts.	29.98 pies
PIES/PASO =	9.14 m/p.	29.98 p/p
Nº PASOS =	1.0	
EFF =	73%	
VELOCIDAD	700 rpm	

**POR LO TANTO:** La bomba seleccionada es centrífuga de tipo vertical de la Mca. NASSA JOHNSTON Mod. **NJ 30 LS a 705 r.p.m.**, que nos proporciona para un gasto de **1200.00 l.p.s. (19020.00 G.P.M.)** una carga de **9.52 m/paso (31.23 pies/paso)** y una eficiencia de 84.00 % (Anexo 4).

## 7.- CALCULO DE NÚMERO DE PASOS

DATOS

Carga dinámica total (C.D.T.) =	9.52 Mts.	31.23 pies
Gasto (Q) =	1200.00 l.p.s	19020.00 G.P.M.
Carga por paso (C/P) =	9.52 Mts.	31.23 Pies/paso

Por lo tanto el numero de pasos es:

$$Np = \frac{CDT}{CPP} = \frac{9.52}{9.52} = 1.0 \text{ pasos}$$

Considerando 1 pasos la carga por paso será de 9.52

Por lo tanto la bomba operara con 1 pasos y con una eficiencia de 84.0%

## 8.- CALCULO DE POTENCIA HIDRAULICA

DATOS

GASTO (Q) =	1200.00 l.p.s	19020.00 G.P.M.
Carga Dinamica Total (C.D.T.) =	9.52 Mts.	31.23pies
Eficiencia de la Bomba ( $\eta$ ) =	83 %	

De la siguiente ecuación calculamos la potencia hidráulica mínima requerida

$$PH = \frac{Q \times CDT}{76 \times \eta} = \frac{1200.00 \times 9.14}{76 \times 0.83} = 173.87 HP :$$



## 9.- CALCULO DE PERDIDAS EN LA FLECHA

De acuerdo a los datos de fabricante tenemos que para una flecha de 3 **7/16"** de diámetro de perdidas de potencia son de 2.24 hp. por cada 100 pies de longitud de columna por lo tanto (Anexo 5)

DATOS:

Perdidas por fricción en la flecha (Pff) = 2.24 HP.  
Longitud de columna (Lc). = 5.57 Mts.

De la siguiente expresión calculamos las perdidas en la flecha

$$Pf = (Pff \times Lc \times 3.281) \div 100 = (2.24 \times 5.57 \times 3.281) \div 100 = 0.40HP.$$

## 10.- CALCULO DEL EMPUJE AXIAL (EA)

DATOS.

Constante de empuje (K) = 194  
Carga dinámica total (C.D.T.) = 9.14 Mts. 29.98 pies  
Longitud de columna (Lc). = 5.57 Mts. 18.27 pies  
Peso del impulsor (Pimp) = 550 lb  
Peso de la flecha (Pf) = 38.00 lb

Por lo tanto el empuje axial es:

$$Kt = K \times CDT = 194 \times 29.98 = 5816.12lb.$$

$$Ka = Pf \times Lc = 38.00 \times 18.27 = 694.26lb.$$

$$\text{Empuje axial} = Kt + Ks + Ka = 5816.12 + 694.26 + 550 = 7060.38 \text{ lb.}$$

De acuerdo a los datos de fabricante la carga axial máxima permitida es de 11300 lbs.

## 11.- CALCULO DE PERDIDAS EN EL BALERO

De la siguiente expresión calculamos las perdidas en el balero.

$$HPfb . = \frac{0.0123 \times RPM \times EMPUJEAXIA}{100 \times 1000} \times L = \frac{0.0123 \times 600 \times 7060 .38}{100 \times 1000} = 0.521 HP .$$

## 12.- LA POTENCIA HIDRAULICA TOTAL

De la siguiente expresión calculamos la potencia hidráulica total.

$$HPfb . = PH + Pf + HPFB = 173 .87 + 0.40 + 0.521 = 174 .79 HP .$$

El motor más cercano a nuestro valor es un motor eléctrico vertical trifásico de 200 HP. para opera a un voltaje de 440 V., 60 H.Z. a un velocidad de 600 r.p.m. para intemperie, con una eficiencia de 91.5% y un factor de potencia de 87.0 %

Los planos (Anexo 4) y presupuestos (Anexo 3) de la rehabilitación del equipo de bombeo se muestran en el anexo correspondiente.



## 4.2 CAJA DE DESCARGA Y TUBERIAS DE DESALOJO

De las propuestas de solución para la caja de descarga y tuberías de desalojo se obtuvieron los siguientes resultados.

### Analisis Hidraulico para determinacion de la Capacidad de Descarga del Tanque, del Carcamo la Esperanza, Cd. Nezahualcoyotl, Edo. Mexico.

Con una sobreelevacion de la caja de descarga de 1.50 m.

Puntos		Tramo	Elevacion Terreno	Longitud (m)	Diametro (m)	Clase o Tipo	Rugosidad n	Constante "K"	Perdidas hf	Elevacion Piez.	Carga Disp.	Gastos (m3/s)	Vel. (m/s)	Sh
Puntos	Tanque													
Tanque de Descarga			103.950		48"					103.950				
		Tanque de Descarga Canal "La Compañía"		57.000	1.219		0.012	0.0005	1.950			8.150	6.981	0.0342
Canal "La Compañía"			102.000							102.000				
Tanque de Descarga			103.950		24"					103.950				
		Tanque de Descarga Canal "La Compañía"		57.000	0.610		0.012	0.0207	1.950			1.286	4.400	0.0342
Canal "La Compañía"			102.000							102.000				
Gasto Total =												9.436		

Podemos observar que al sobreelevar la caja de descarga, se obtiene mayor carga con respecto al nivel de el Río la Compañía, esta energía de posición permite de manera eficiente el desalojo de las aguas, y resuelve el problema de los derrames de agua que se presentan en temporada de lluvias.



### Caja de descarga

Fue necesario sobreelevar el nivel de los muros 1.53 m. El tanque esta formado por muros de concreto armado y para lograr la sobre elevación fue necesario prolongar los muros, a los cuales es necesario romper la corona 0.60 m. para poder traslapar el acero de refuerzo de la sobre elevación.

También fue necesario repetir las traveses de refuerzo en la parte superior del cárcamo que atraviesan en el claro corto, estas se colocaron sobre los mismos ejes y con las mismas dimensiones.

Como fue necesario remplazar la tubería que proviene del cárcamo y además se agregaron dos bombas menores, fue necesario, por un lado, perforar el muro existente; ya que la fontanería de las bombas agregadas atraviesa a una altura baja, para lograrlo se reforzó el muro y la tubería en la zona donde atraviesa.

#### TANQUE DE DESCARGA ESTRUCTURAL SOBRE ELEVACION DE MUROS

##### Cantidades de Obra

Concepto	Lado	Cantidad	Longitud	Ancho	Altura	Volumen
Demolición	A	2	20.50	0.25	0.60	6.15
	B	2	6.00	0.25	0.60	1.80
	Orif. Desc.	2	0.50	0.25		0.10
Volumen Total de Demolicion = 8.05 m3						

Concepto	Lado	Cantidad	Largo	Altura	Longitud Acero
Acero	A	4	20.50	2.15	1,041.60
	B	4	6.00	2.15	345.60
	A	4	2.15	20.50	1,144.00
	B	4	2.15	6.00	341.00
	Trabe	30	6.60		198.00
	Estribos	3	2.00	6.00	241.80

= 3,312.00 m  
Varilla del No 4 (1/2")  $\phi$  = 0.993 = 3,288.82 Kg  
10 % = 328.88 Kg

Peso Total de Acero = 3,617.70 Kg

Concepto	Lado	Cantidad	Longitud	Altura	Area
Cimbra Metalica	A	4	20.50	2.30	188.60
	B	4	6.00	2.30	55.20
	Trabe	9	5.50	0.50	24.75
Total de Cimbra = 268.55 m2					

Concepto	Lado	Cantidad	Longitud	Ancho	Altura	Volumen
Concreto	A	2	20.50	0.25	2.15	22.04
	B	2	6.00	0.25	2.15	6.45
	Trabes	3	5.50	0.40	0.50	3.30
Volumen Total de Concreto = 31.79 m3						

Los planos (Anexo 4) y presupuestos (Anexo 3) de la rehabilitación de la caja de descarga y tuberías de desalojo se muestran en el anexo correspondiente.





### 4.3 COSTOS INDICE

Las acciones para el mejoramiento de la eficiencia operativa tiene un costo índice total de:

**\$ 3'277,016.00** dividida de la siguiente manera:

- Sobreelevación del muro perimetral del tanque de descarga, incluye todos los aditamentos para su correcta construcción:  
**\$ 715,857.00**
- Suministro e Instalación de equipos de bombeo, incluye fontanería y todos los aditamentos para su correcta operación:  
**\$2,561,159.00**

Los presupuestos y planos se muestran en el anexo correspondiente.



## 5 CONCLUSIONES.

Las inundaciones en el área de influencia de la estación de bombeo La Esperanza son debidas, a que la capacidad actual del sistema de desalojo de aguas negras y pluviales es insuficiente, mas que nada en temporada de lluvias. Básicamente la falta de capacidad se presento en los equipos de bombeo y en la caja de descarga, derivándose de ahí todas las partes necesarias para el funcionamiento de los mismos.

Con el estudio realizado y los resultados obtenidos; se propuso la solución mas adecuada a estas deficiencias; las cuales pretenden satisfacer la problemática del sistema de desalojo de las aguas y no se provoquen mas inundaciones. Es importante mencionar que este estudio es solo una parte del proyecto ejecutado, refiriéndonos a que fue necesario realizar los proyectos de: rehabilitación de la Subestación Eléctrica, Cuarto de control de motores, Motores, Planta de emergencia, así como las obras civiles correspondientes para el mejoramiento de la Estación de Bombeo.



## **ANEXOS.**



## BIBLIOGRAFIA.

- METCALF-EDDY, 1994. INGENIERIA SANITARIA REDES DE ALCANTARILLADO Y BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES. 2da. EDICION, LABOR S.A. COLOMBIA.
  
- PEDRO LOPEZ ALEGRIA, 2002. ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y DISPOSICION Y ELIMINACION DE EXCRETAS. 3ra REIMPRESION, ALFAOMEGA. MEXICO, D.F.
  
- ARACELI SANCHEZ SEGURA, 1995. PROYECTO DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO. INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL. MEXICO, D.F.
  
- HIDRAULIC INSTITUTE STANDARS, 1975. 13 TH EDITION, LOWA.
  
- COMISION NACIONAL DEL AGUA, 1994. MANUAL DE DISEÑO DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO, LIBRO V 4.1, DISEÑO DE INSTALACIONES MECANICAS Y SELECCIÓN DE EQUIPO MECANICO. COMISION NACIONAL DEL AGUA. MEXICO, D.F.
  
- ING. OCTAVIO VELASCO SANCHEZ, 1976. APUNTES DE SELECCIÓN Y OPERACIÓN DE BOMBAS DE AGUA Y SISTEMAS DE BOMBEO. FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNAM. MEXICO, D.F.