

---

## **9. INSTALACIONES DE BOMBEO**

### **9.1. INTRODUCCIÓN**

En este capítulo se hará referencia a aquellos componentes que, sin formar parte de la bomba, son elementos esenciales en toda instalación de bombeo, y que, de su diseño y desempeño, dependen el funcionamiento de la bomba y la instalación en su conjunto. En concreto, en esta parte se abordarán los equipamientos hidráulicos de las tuberías de aspiración e impulsión, las cámaras de aspiración, los problemas causados por diseños inadecuados de éstas, y recomendaciones generales para su correcto diseño y adecuado desempeño.

Por obvias razones, otros componentes no hidráulicos, tales como caseta de bombeo, subestación eléctrica, transformador, motor eléctrico, prensaestopas, sellos mecánicos, sistema de lubricación, etc., no serán tratados aquí

### **9.2. COMPONENTES DE LAS INSTALACIONES DE BOMBEO**

Los siguientes son los principales elementos constituyentes de una típica instalación de bombeo:

- La bomba o grupo de bombas
- Las tuberías de succión y de impulsión
- La cámara de aspiración
- Equipamiento de aspiración
- Equipamiento de impulsión
- El depósito de descarga

---

### 9.3. LA BOMBA O GRUPO DE BOMBAS

La instalación de la bomba o de grupos de bombas debe diseñarse en función de aspectos locales y particulares, tales como: temperatura y altura sobre el nivel del mar de la localidad; temperatura y naturaleza del líquido que se ha de impulsar; ubicación del eje de la bomba, con respecto al nivel superficial del agua en el depósito de aspiración; su NPSH<sub>req</sub>; el NPSH<sub>disp</sub>; la  $H_{s, \text{máx}}$ ; tipo de asociación de las bombas (simple o elemental, en serie o en paralelo), según la necesidad.

En instalaciones de bombeo elemental, el mínimo número de bombas es dos, con una en reserva, alternando su operación con la otra.

En instalaciones con dos o más bombas asociadas en serie o en paralelo, es aconsejable que sean iguales, y debe haber siempre, como mínimo, una bomba más que alterne su funcionamiento con las demás del grupo. La velocidad de giro de las bombas puede ser constante o variable, según las necesidades y variaciones de los consumos.

### 9.4. TUBERÍAS DE SUCCIÓN Y DE IMPULSIÓN

La tubería de succión debe ser lo más corta posible, con el menor número de accesorios posible, y con un diámetro nunca menor que el de la tubería de impulsión. Todo ello con el fin de reducir la altura de succión positiva, la velocidad del flujo y las pérdidas de carga.

La velocidad máxima del flujo en la tubería de aspiración debe ser del orden de 1.5 m/s, con el objeto de prevenir la cavitación de la bomba, debida ésta, a su vez, por las excesivas pérdidas de carga.

La velocidad del flujo en la boca de entrada de la bomba es del orden de 2.5 m/s, mayor que la del flujo en la tubería de aspiración, por lo cual el acoplamiento entre el extremo final de ésta y la brida de entrada a la bomba se realizará por medio de un cono recto, de 10° a 30° de apertura.

A la salida de la bomba, la velocidad del flujo es del orden de 3.0 a 7.0 m/s, y en la tubería de impulsión se fija, en general, entre 1.0 y 1.5 m/s. Por ello, se debe acoplar un difusor entre la brida de salida de la bomba y el extremo inicial de la tubería de impulsión, el cual es, generalmente, un cono recto, con ángulo de 8° a 10° de apertura.

## 9.5. EQUIPAMIENTO DE IMPULSIÓN

El equipamiento de la impulsión, además del acople arriba mencionado, incluye, también, las válvulas: una de retención, seguida de una de compuerta. La finalidad de la primera es la evitar el vaciado de la tubería de impulsión, a través de la bomba, cuando ésta se detenga, así como impedir que el rodete gire en sentido inverso al concebido en su diseño, cuando se produzca el retorno del agua. La válvula de compuerta sirve para aislar la bomba de la tubería de impulsión: además, se puede utilizar para variar el punto de funcionamiento del sistema de bombeo, cuando haya necesidad de ello. Esta última es la razón por la cual se le llama válvula de regulación.

El equipo de impulsión puede contener, además, uno o varios dispositivos de protección del sistema de bombeo contra sobrepresiones y/o depresiones producidas por golpes de ariete. Entre dichos dispositivos, se cuentan válvulas anticipadoras de onda, válvulas de alivio, chimeneas de alivio, ventosas, calderines y tanques hidroneumáticos.

## 9.6. EQUIPAMIENTO DE ASPIRACIÓN

Las tomas de las bombas se realizan a partir de un depósito o una cámara de aspiración. Cuando el sistema de bombeo es grande y está equipado con bombas acopladas en paralelo, se dispone de un canal de alimentación general, desde el cual se realiza la toma de cada bomba. En cualquier caso, se aplican los conceptos y las recomendaciones del epígrafe 9.8.3.

Entre los componentes a instalar en la tubería de aspiración, se tienen:

### 9.6.1. Boca de aspiración

Su función es la de alimentar uniformemente a la bomba. Su forma debe ser abocinada (acampanada) o de cono convergente-divergente, como se muestra en la Figura 9.1. Además, debe emplearse cuando la velocidad del flujo en la tubería de aspiración es mayor que 0.8 m/s, en virtud de que la pérdida de carga localizada en la entrada de ésta puede ser relativamente grande. En conclusión, su forma tiene doble finalidad: uniformizar el flujo de entrada a la tubería de aspiración, y reducir las pérdidas de carga por entrada a la misma.

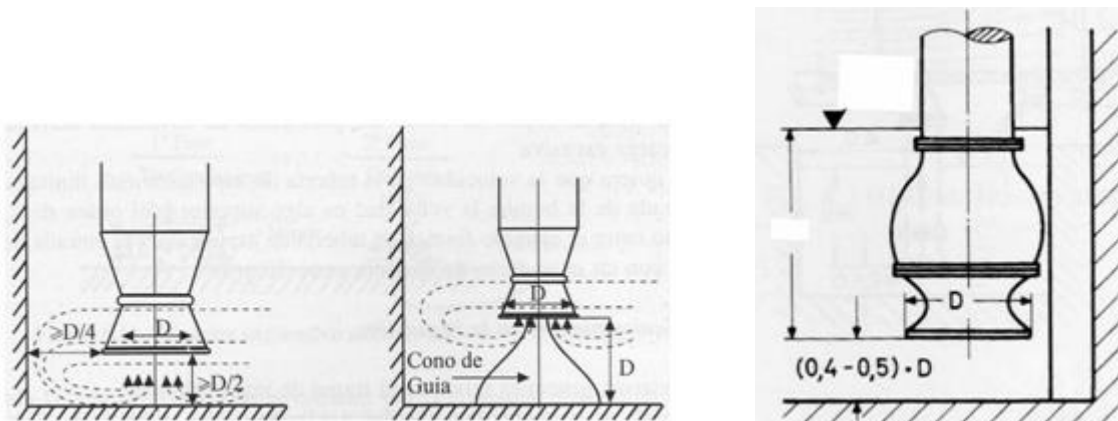


Figura No. 9.1 Boca de aspiración en forma de cono convergente divergente.

Tomada de la Referencias 2 y 9

### 9.6.2. Dispositivo antivórtices

Para eliminar la rotación del agua en la boca de aspiración, se debe realizar un adecuado diseño de la cámara de aspiración, o, en su defecto, se instala una cruceta metálica, de poco espesor, justo en la entrada de dicha boca.

### 9.6.3. Filtro o colador

Consiste en un cilindro perforado que se coloca en la parte inferior de la boca de aspiración del tubo de succión, cuya función es impedir que sólidos arrastrados por el flujo (arenas, madera, papel, cartón, telas, etc.) ingresen al interior de la bomba, y puedan dañar el rodete.

#### 9.6.4. Válvula de pie

Es realmente una válvula antirretorno que se instala en la base de la tubería de aspiración, y se concibe con el doble propósito de i) impedir el vaciado de la tubería de aspiración, evitando, de paso, el descebado de la misma y de la bomba, y ii) en procedimientos de cebado, retener el agua que llena a la tubería de aspiración.

La válvula de pie presenta la desventaja de producir altas pérdidas de carga, por lo cual disminuye el  $NPSH_{disp}$ , aumentando el riesgo de cavitación de la bomba.

#### 9.6.5. Válvula de aspiración

Se instala en la tubería de aspiración, en casos en que la bomba opera en carga, permitiendo, con su cierre total, el acceso y desmonte de la bomba, sin necesidad de vaciar el tanque de aspiración. En este caso se prescinde de la válvula de pie y del sistema de cebado.

#### 9.6.6. Colector de aspiración

Se requiere de éste cuando se instalan varias bombas acopladas en paralelo, tal como se muestra en la Figura 9.2. Consiste en un conducto a presión con derivaciones que alimentan dos o más tuberías de aspiración, para lo cual las derivaciones deben hacerse en ángulo, a fin de evitar la formación de bolsas de aire.

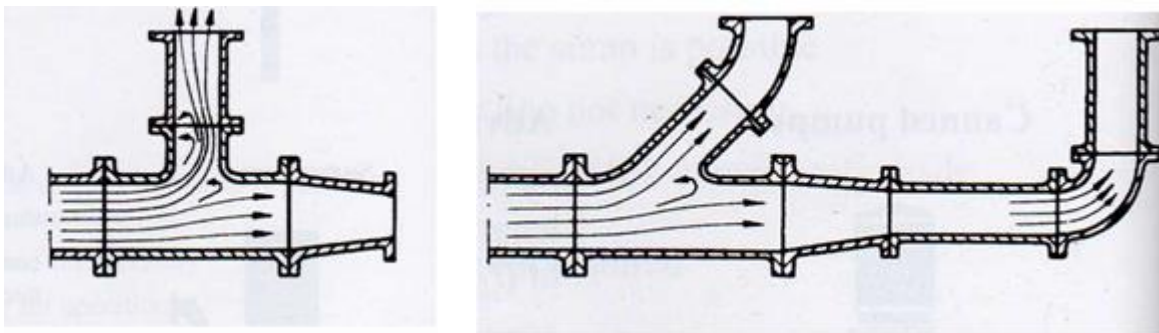


Figura No. 9.2 Colector de aspiración para alimentación de dos o más bombas en paralelo: a) diseño en ángulo (errado); b) diseño en ángulo (acertado). Tomada de la Referencia 9.

---

## 9.7. EL DEPÓSITO DE DESCARGA

El depósito de descarga del sistema de bombeo es un tanque superficial, enterrado, semienterrado o elevado, según las condiciones topográficas del emplazamiento. Puede ser cilíndrico, esférico o paralelepípedo, prefabricado o vaciado en el sitio. Su capacidad se determina en función de la variación de los consumos de agua, y de la modulación de su alimentación por el sistema de bombeo.

El depósito de descarga estará dotado de dispositivos de control de nivel (válvulas de flotación o boya), tubería de salida y válvula de descarga, tubería y válvula de desagüe, tubería y válvula de rebose, medidores de caudales de salida, cubierta y sistema de ventilación, y demás que se requieran, en función de su aplicación.

## 9.8. LA CÁMARA DE ASPIRACIÓN

La cámara de aspiración, también llamada depósito de aspiración o cárcamo de bombeo, es un componente primordial de todo sistema de bombeo, pues de su diseño y funcionamiento dependen las condiciones del flujo de entrada a la tubería de succión de la instalación. Consiste en depósito de sección rectangular, cuadrada o circular, y su función principal es la garantizar un flujo lo más uniforme posible, invariable en el tiempo y libre de existencia de aire.

### 9.8.1. Características de un adecuado diseño de la cámara de aspiración

A continuación se listan las características que debe reunir un correcto diseño de la cámara de aspiración:

- Aseguramiento de flujo uniforme
- Disipación de energía cinética del flujo de llegada, lo más lejos posible de la aspiración de las bombas. En casos en que no se pueda garantizar esta condición, es aconsejable el empleo de pantallas de aquietamiento.

- Evitar la presencia de obstáculos al paso del agua, antes de llegar al sitio de toma de las bombas.
- Guiar suavemente las líneas de corriente hacia la boca de aspiración.
- Evitar zonas muertas o de estancamiento, a fin de prevenir la acumulación de sedimentos que puedan ser aspirados por la bomba.
- Disponer de los elementos necesarios para la retención de sólidos.
- Mantener velocidades del flujo por debajo de valores máximos recomendados, a fin de evitar turbulencias y disminuir las pérdidas de carga. Estas velocidades son: 0.6 m/s, para el flujo de entrada a la cámara; 0.3 m/s, para el flujo de aproximación a la toma; 1.0 m/s, para la entrada a la toma, formada comúnmente por una boca abocinada; y 1.5 m/s, para la tubería de aspiración propiamente dicha. En caso de arrastre de sólidos, las velocidades mínimas se pueden aumentar hasta 0.7 m/s.

### 9.8.2. Problemas más frecuentes en la cámara de aspiración

Los siguientes son los problemas de más frecuente aparición, debidos a un diseño inadecuado de la cámara de aspiración:

- Entrada de aire en el tubo de aspiración de la instalación. Véase la Figura 9.3.

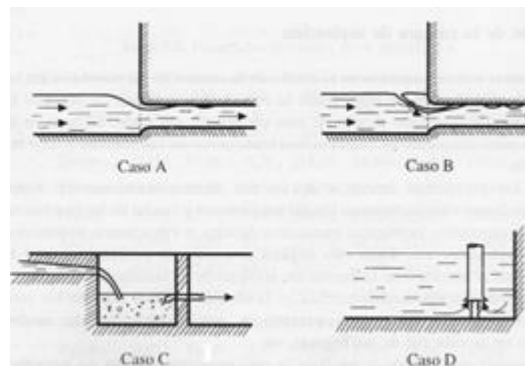


Figura No. 9.3 Diversas causas de entrada de aire al conducto de aspiración de la bomba.

Tomada de la Referencia 2.

- Grandes turbulencias originadas por distorsión del campo de velocidades de la masa de fluidos, al aproximarse a la entrada a la boca de aspiración. Véase la Figura 9.4.

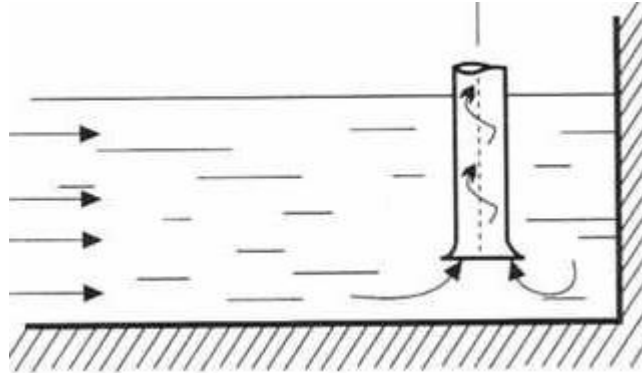


Figura No. 9.4 Formación de flujo rotacional, debido a alta turbulencia, cerca de la tubería de aspiración de una bomba. Adaptada de la Referencia 2.

- Turbulencia desarrollada en la estela que forman los obstáculos al flujo de aproximación. Véase la Figura 9.5.

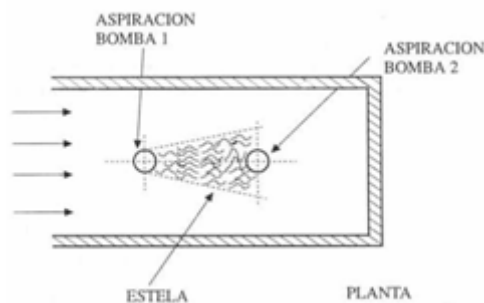


Figura No. 9.5 Estela generada por el alineamiento de las tuberías de aspiración. Adaptada de la Referencia 2.

- La mejor solución para evitar la turbulencia arriba aludida es ubicar las tomas de las bombas de forma no alineada en el sentido del flujo, sino perpendicularmente a éste.



### 9.8.3. Dimensiones recomendables para la cámara de aspiración

El análisis físico-matemático de las condiciones del flujo en la cámara de aspiración, para un sistema de bombeo, es supremamente complicado. No obstante, existen recomendaciones de diseño avaladas por ensayos de modelos físicos reducidos de diferentes sistemas.

Las dimensiones recomendadas, extraídas de las referencias 2 y 7, son las siguientes:

- Boca de aspiración. Su forma debe ser acampanada, para asegurar un flujo uniforme a la entrada de la boca de aspiración. Véanse las Figuras 9.6

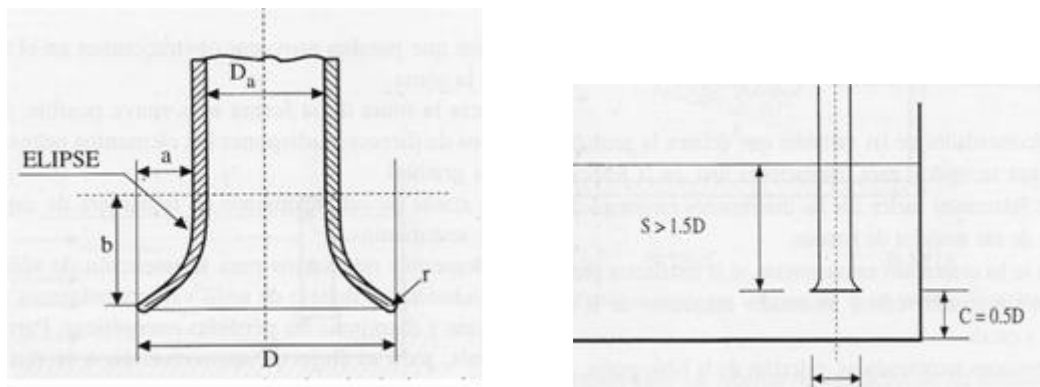


Figura No. 9.6 Dimensiones y sumergencia mínima recomendadas para la boca de aspiración. Adaptada de la Referencia 2.

- Sumergencia mínima. Es la cota mínima de agua sobre la boca de entrada a la tubería de aspiración, y que se debe especificar a fin de evitar la formación de vórtices superficiales. Junto con la distancia,  $C$ , de la boca de entrada de la tubería al fondo de la cámara de aspiración, definen la profundidad de excavación y el volumen muerto a considerar. Véase la Figura 9.7.

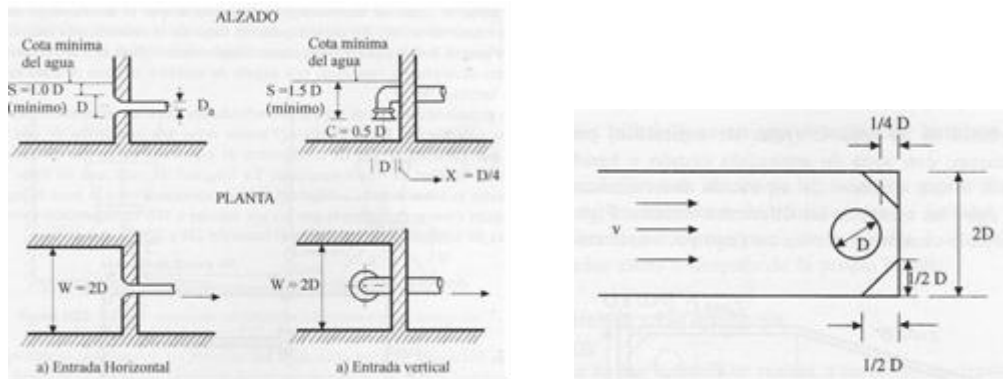


Figura No. 9.7 Dimensiones recomendables para sumergencia mínima, distancia al fondo de la cámara de aspiración y reducción de zonas muertas. Adaptada de la Referencia 2.

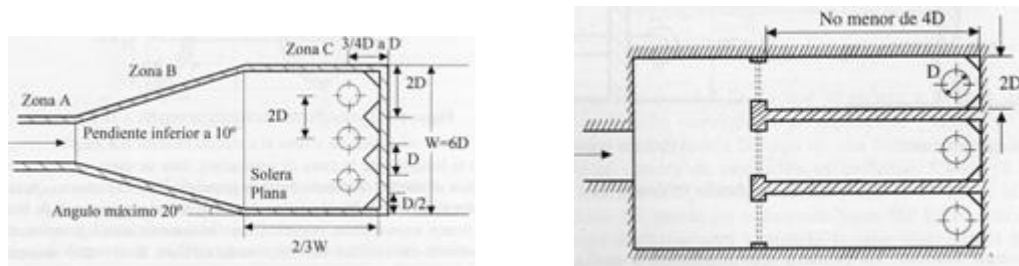


Figura No. 9.8 Dimensiones recomendables para cámaras de aspiración, en casos de varias bombas dispuestas transversalmente o con compartimentos individuales. Adaptada de la Referencia 2.