

NORMA TÉCNICA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

NDI-ME-AA-002

**CRITERIOS PARA SELECCIÓN DE BOMBAS CENTRÍFUGAS,
SUMERGIBLES, TORNILLO**



Código	NDI-ME-AA-002
Estado	VIGENTE
Versión	1.0 – 14/12/2012
Fuente	GUENA – EMCALI EICE ESP – DISEÑO
Tipo de Documento	NORMA TÉCNICA DE MAQUINARIA Y EQUIPOS
Tema	ACUEDUCTO - ALCANTARILLADO
Comité	TÉCNICO DE APROBACIÓN DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

Título	CRITERIOS PARA SELECCIÓN DE BOMBAS CENTRÍFUGAS, SUMERGIBLES, TORNILLO
---------------	--

ÍNDICE

	Pág.
1. PROLOGO	4
2. OBJETO	5
3. ALCANCE	5
4. DEFINICIONES	5
5. REFERENCIAS NORMATIVAS	6
6. REQUISITOS	6
6.1 SELECCIÓN DE BOMBAS ROTODINÁMICAS	6
6.2 LEYES DE SIMILITUD	7
6.2.1 Por Cambio de Velocidad	7
6.2.2 Por Cambio de Tamaño	7
6.3 SELECCIÓN DEL IMPULSOR (ROTOR)	8
6.3.1 Bombas de Flujo Radial	8
6.3.2 Bombas de Flujo Axial	8
6.3.3 De Flujo Mixto	8
6.4 DETERMINACIÓN DEL NPSH	10
6.5 SELECCIÓN DEL MOTOR DE LA BOMBA	10
6.6 SELECCIÓN DE BOMBAS SUMERGIBLES	11
6.7 SELECCIÓN DE BOMBAS DE TORNILLO DE ARQUÍMEDES	11
6.7.1 Condiciones de Operación	11
6.7.2 Requisitos de Operación de la Estación	12
6.7.3 Dimensiones y Configuración de la Bomba	12
6.8 CONSIDERACIONES ADICIONALES	12
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	13

1. PROLOGO

La Unidad Estratégica de los Negocios de Acueducto y Alcantarillado - UENAA ha establecido el Área Funcional Sistema de Normas y Especificaciones Técnicas para gestionar el desarrollo y la actualización de las normas y especificaciones técnicas a ser utilizadas por el personal de EMCALI EICE ESP, contratistas, consultores, usuarios y otras partes interesadas. La misión principal del área, consiste en la normalización de los procesos, productos y servicios, para estar acorde con el estado del arte tecnológico y las exigencias gubernamentales, en beneficio de los diferentes sectores que participan en el desarrollo de la infraestructura del entorno y de la comunidad en general.

La versión final de esta Norma Técnica fue revisada y aprobada a través de los Comités Técnico y de Aprobación y ordenada su Publicación y Cumplimiento mediante la resolución de Gerencia General de EMCALI EICE ESP No. GG-001255 del 12 de Julio de 2011.

2. OBJETO

Determinar las condiciones técnicas para la selección de bombas, que se requieren en las estaciones de bombeo de agua tratada y aguas servidas, de los sistemas de acueducto y alcantarillado de EMCALI EICE ESP.

3. ALCANCE

Aplica para las bombas cinéticas que utiliza EMCALI EICE ESP en las estaciones de bombeo de aguas tratadas y aguas servidas. Estas bombas se clasifican en centrífugas de eje horizontal de carcasa partida y de carcasa enteriza, centrífugas sumergibles de eje vertical para pozos secos y húmedos, y de tornillo.

4. DEFINICIONES

4.1. ALTURA DINÁMICA

Distancia a la cual se puede elevar un líquido si se tienen en cuenta tanto la altura estática como las pérdidas por fricción y locales en los lados de succión y de descarga.

4.2. ALTURA ESTÁTICA

Desnivel físico o diferencia vertical de alturas que existe entre dos puntos. La altura desde la succión hasta la bomba es la altura estática de succión, y en forma análoga, la altura desde la bomba hasta la descarga es la altura estática de descarga.

4.3. BOMBAS DE TORNILLO DE ARQUÍMEDES

Aquellas que mediante una hélice transfieren energía potencial al agua, al llevarla desde un punto bajo a uno más alto, sin adicionarle velocidad ni presión, diferente de la indispensable para cambiarla de altura. Las bombas de tornillos funcionan en canales abiertos.

4.4. BOMBAS ROTODINÁMICAS

Aquellas que convierten la energía de un impulsor en movimiento rotativo, en velocidad y presión. Para la aplicación práctica de esta norma, se consideran como rotodinámicas las bombas centrífugas, incluyendo las bombas sumergibles que se utilizan para aguas servidas. Las rotodinámicas elevan el agua mediante tubos (conductos cerrados).

4.5. NPSH

Diferencia entre la presión estática absoluta (metros) y la presión de vapor (metros), denominada altura neta positiva de aspiración (succión), que da una reserva de presión estática para evitar o limitar la cavitación. El NPSH requerido (es una característica de la bomba) debe ser menor que el NPSH disponible (es una característica de la instalación)

4.6. LONGITUD EQUIVALENTE

Conversión o equivalencia de cada accesorio de una tubería (como codos, tees, válvulas) en una longitud correspondiente de tubería recta, de igual diámetro que el accesorio, la cual produce una pérdida por fricción igual a la que produciría ese accesorio

5. REFERENCIAS NORMATIVAS

EMPRESAS MUNICIPALES DE CALI – EMCALI EICE ESP

- Bombas sumergibles de pozo seco para estaciones de bombeo provisionales. EMCALI EICE ESP (NCO-ME-AA-013).
- Criterios de diseño de estaciones de bombeo para acueducto. EMCALI EICE ESP (NDI-SE-IT-001).

6. REQUISITOS

6.1 SELECCIÓN DE BOMBAS ROTODINÁMICAS

Deben considerarse los siguientes factores para seleccionar una bomba centrífuga:

1. Determinar el fluido de trabajo.
2. Dibujar aproximadamente la instalación.
3. Datos:
 - H_{st} : altura estática total
 - H_{ss} : altura estática de succión
 - H_{sd} : altura estática de descarga
 - L: longitud de la tubería

$$H_{st} = H_{ss} + H_{sd}$$

4. Seleccionar diámetro de tubería.
5. Dibujar estación de bombeo con accesorios.
6. Elaborar lista de accesorios.
7. Calcular pérdidas por accesorios y por tubería, H_f mediante el diagrama de equivalencias de accesorios en tubería recta y las tablas de pérdida de altura por fricción, según el material y sus condiciones (años de uso); las pérdidas por fricción incluyen las pérdidas por fricción en la succión H_{sf} , y las de fricción en la descarga H_{df} .
8. Calcular cabeza dinámica total:

$$H_{dt} = H_{st} + H_f = H_{ss} + H_{sd} + H_{sf} + H_{df}$$

9. Tener en cuenta las pérdidas (eficiencia) causadas por la altura sobre el nivel del mar a la cual va a funcionar la bomba.
10. Calcular el caudal requerido para la instalación.

11. Seleccionar, con la información de la cabeza dinámica y el caudal, el tipo de bomba, de acuerdo con las curvas características suministradas por los fabricantes; las curvas y tablas suministran, adicionalmente la información de la velocidad del motor y tipo de rotor.

6.2 LEYES DE SIMILITUD

Es necesario poder predecir el comportamiento de una misma bomba funcionando a diferentes velocidades, así como el comportamiento de bombas de determinado tamaño a partir de otra de diferente tamaño pero de las mismas proporciones geométricas.

Esta situación puede presentarse cuando se presentan diferencias en la altura de succión de la bomba, superiores al 20% de la inicialmente calculada para la operación de la bomba, que influye directamente en su caudal, o para cubrir alturas debidas a cambios en el diámetro del impulsor, sin que este cambio exceda de un 20%.

El resultado de estos cálculos puede confirmarse con las curvas características de las bombas, para la variación analizada.

Para estos casos deben considerarse las siguientes leyes de similitud:

6.2.1 Por Cambio de Velocidad

De acuerdo con el comportamiento de altura (H) y caudal (Q) de una bomba que funciona a una velocidad (n), y una potencia P se debe tener en consideración:

$$Q \text{ varía con } n : Q \propto n$$

$$H \text{ varía con } n^2 : H \propto n^2$$

$$P \text{ varía con } n^3 : P \propto n^3$$

Donde,

H: altura manométrica

Q: caudal

P: potencia

n: velocidad de rotación

6.2.2 Por Cambio de Tamaño

Para dos bombas con diferente tamaño, pero con la misma semejanza y proporciones geométricas, se debe tener en consideración:

$$Q \text{ varía con } D^3 : Q \propto D^3$$

$$H \text{ varía con } D^2 : H \propto D^2$$

$$W \text{ varía con } D^5 : W \propto D^5$$

Donde,

D es el diámetro del impulsor de la bomba

6.3 SELECCIÓN DEL IMPULSOR (ROTOR)

Las bombas centrífugas se clasifican, de acuerdo con la construcción del impulsor o rotor, de la siguiente forma:

- De flujo radial
- De flujo axial
- De flujo mixto

6.3.1 Bombas de Flujo Radial

- De succión simple o succión doble
- Autocebantes o no autocebantes
- De una etapa o multietapas
- De rotor abierto
- De rotor semiabierto
- De rotor cerrado

6.3.2 Bombas de Flujo Axial

- De succión simple
- De una etapa o multietapas
- De rotor abierto

6.3.3 De Flujo Mixto

- De succión simple
- De una etapa o multietapas
- De rotor semiabierto
- De rotor cerrado

El impulsor o rotor de una bomba puede ser de tipo radial, axial y mixto, y cada uno cumple con características de bombeo de acuerdo con el valor de N_s , para cada tipo de bomba:

Tipo de rotor	N_s (cm)	Caudal	Altura	Eficiencia
Flujo radial	290	Medio y bajo	Media y alta	Media y media alta
Flujo axial	20	Grande y muy grande	Muy baja y baja	Alta y muy alta
Flujo mixto	83	Medio y grande	Baja y media	Media alta y alta

El valor de la velocidad específica N_s , obtenido de las leyes de similitud, es un "número para clasificar" las bombas, independientemente de su velocidad y de su tamaño; está dado por la fórmula:

$$N_s = n \sqrt{Q} / (H)^{3/4}$$

Que se calcula para los puntos donde la eficiencia η es máxima, donde:

N_s : velocidad específica (adimensional)

n : velocidad de rotación de la bomba en revoluciones por minuto (r.p.m.)

Q : caudal en (m³/s)

H : altura dinámica en (m)

Cada fabricante posee las cartas que relacionan la velocidad específica con sus variables, para la correcta selección del tipo de bomba y del tamaño del rotor.

El proveedor debe suministrar las cartas parametrizadas de altura H contra caudal Q , que se emplearon para la selección de la bomba, donde se observen los comportamientos para las variaciones de diámetro del impulsor, y de la potencia en las diferentes eficiencias obtenidas.

Las cartas deben incluir, también, la característica de NPSH contra caudal.

Los valores incluidos en las cartas deben estar en las unidades del Sistema Internacional.

El material de los rotores puede ser, dependiendo de las características del agua y de las necesidades específicas de EMCALI EICE ESP:

- Bronce
- Hierro fundido
- Acero inoxidable
- Con anillo de desgaste para ambientes muy corrosivos y abrasivos.

Es necesario considerar los tamaños y características de partículas en suspensión para seleccionar adecuadamente el rotor.

6.4 DETERMINACIÓN DEL NPSH

La altura positiva neta de succión (NPSH) es el concepto más utilizado para definir las condiciones de succión mínimas que se requieren para evitar la cavitación en la bomba.

Deben considerarse dos parámetros para definir este concepto:

- El NPSH disponible (NPSH_d) que se refiere a las condiciones generales de diseño del sistema.
- El NPSH requerido (NPSH_r), que se refiere a las condiciones mismas de operación de la bomba en la succión, como función de su velocidad y capacidad, y es determinada por el fabricante.

Para evitar la cavitación, el valor de NPSH_d debe ser, por lo menos igual que el valor de NPSH_r.

$$NPSH_d = \frac{P_s}{\rho g} + H_s - H_f - H_v$$

Donde,

NPSH_d: NPSH disponible

P_s: presión absoluta en la superficie del agua en la succión (tanque, embalse)

H_s: altura de succión, en términos de cabeza con respecto al eje de la bomba

H_f: altura correspondiente a pérdidas por fricción en la succión

h_v: presión de vapor del agua, expresada en términos de cabeza

ρ: es la densidad del agua

g: es la constante de la gravedad (9,81 m/s²)

Es necesario tener en cuenta que la presión absoluta en la succión, P_s, es la presión atmosférica que depende de la altura del sitio donde va a funcionar la bomba, sobre el nivel, y la presión de vapor del agua, h_v, depende de la temperatura del agua y de su misma composición (partículas y contaminantes).

El término H_s - H_f se puede reemplazar por H_a, que corresponde a la altura neta en la entrada de la bomba, con respecto al eje de la bomba.

Las presiones son absolutas, es decir están referidas al cero absoluto.

6.5 SELECCIÓN DEL MOTOR DE LA BOMBA

Deben tenerse en cuenta los factores de eficiencia de la bomba, de eficiencia del motor y de la altura sobre el nivel del mar para determinar la potencia necesaria del motor; la potencia de salida del motor debe ser mayor que la potencia hidráulica requerida por la bomba.

$$P_m = P / \eta$$

Donde,

P_m: potencia de salida del motor

P: potencia hidráulica

η : eficiencia de la bomba

El proveedor debe calcular la potencia para todas las condiciones de operación de la bomba, seleccionando el motor para la peor condición, que corresponde a la máxima altura.

La potencia del motor debe tener, por lo menos, un 10% de margen de potencia, por encima del valor de consumo total, de la curva de potencia de la bomba.

6.6 SELECCIÓN DE BOMBAS SUMERGIBLES

Se utilizan para estaciones de bombeo provisionales de aguas servidas de pozo seco o húmedo. Se refiere como provisional debido a que se instala para funcionar mientras se construye la estación definitiva. Para características de la bomba, véase la norma de EMCALI EICE ESP "NCO-ME-AA-013 Bombas sumergibles de pozo seco para estaciones de bombeo provisionales".

Por ser bombas rotodinámicas, los criterios que aplican para su selección corresponden a los mismos contenidos en los numerales 6.1 a 6.5 de esta norma.

6.7 SELECCIÓN DE BOMBAS DE TORNILLO DE ARQUÍMEDES

Las bombas de tornillo se utilizan exclusivamente para estaciones de bombeo definitivas de aguas servidas, donde se requiere manejar grandes caudales; debe tenerse en cuenta que las bombas de tornillo funcionan con una eficiencia estable, independientemente del nivel del agua en el lado de succión.

La altura de bombeo está determinada por cada fabricante para cada diseño en particular, y debe considerarse para alturas considerables, la realización de estaciones de dos etapas. Deben considerarse los siguientes factores para seleccionar las bombas de tornillo:

6.7.1 Condiciones de Operación

- Operación
- Condiciones ambientales de operación
- Temperatura ambiente
- Humedad relativa
- Líquido a bombear
- Temperatura del agua
- Viscosidad absoluta del agua
- Elevación de la estación, con respecto al nivel del mar
- Tamaño máximo de elementos extraños

6.7.2 Requisitos de Operación de la Estación

- Caudal de diseño
- Diferencia de alturas entre la succión y la descarga (altura estática)
- Rendimiento en el punto de diseño
- Velocidad de diseño sugerida
- Potencia mínima del motor
- Velocidad del motor
- Relación de transmisión
- Ángulo de inclinación de la bomba.

6.7.3 Dimensiones y Configuración de la Bomba

- Diámetro exterior del tornillo
- Espesor mínimo del espiral
- Vueltas del espiral
- Longitud total
- Diámetro del tubo central
- Espesor mínimo de la pared del tubo

6.8 CONSIDERACIONES ADICIONALES

Para la completa selección de los equipos en una estación deben consultarse adicionalmente las normas técnicas de EMCALI EICE ESP "NDI-SE-IT-001 Criterios de diseño de estaciones de bombeo para acueducto" y "NDI-SE-RA-008 Criterios de diseño de estaciones de bombeo de alcantarillado".

Cada diseño debe incluir la definición de la cantidad de bombas que deben instalarse en la estación, así como el tamaño de cada una de ellas, para hacer óptima la operación del sistema, de acuerdo con las necesidades que el servicio deba cubrir.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL. Seminario internacional sobre diseño, montaje, operación y mantenimiento de estaciones de bombeo. Cali: Acodal, 1990

BURTON, John y LOBOGUERRERO, Jaime. Bombas rotodinámicas y de desplazamiento positivo. Bogotá: Universidad de los Andes, 1991

HIDRAULICA DE TUBERIAS – Juan G. Saldarriaga V. Profesor de Ingeniería Hidráulica Universidad de los Andes

KARASSIK, Igor. Manual de bombas. México: Mc Graw Hill, 1983

MARKS. Manual del ingeniero mecánico. México: Prentice Hall Inc. Publishers Co, 1988

Normas de Diseño y Construcción de Acueducto y Alcantarillado de Empresas Municipales de Cali, 1999.

Normas de Acueducto y Alcantarillado de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga, 2006.

Normas de Acueducto y Alcantarillado de Aguas de Cartagena S.A. ESP, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Cartagena, 2005.

Normas de Diseño de Acueducto y Alcantarillado de las Empresas Públicas de Medellín (EPM) ,2006.

SANKS, Robert L. Pumping station design. Boston: Butterworth Heinemann, 1989

Sistema de Normas Técnicas de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (SISTEC), 2006.

TCHOLANOGLIOUS, George. Redes de alcantarillado y bombas de aguas residuales. Bogotá: Metcalf & Eddy, 1994

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. Seminario: Bombas y estaciones de bombeo. Bogotá: UniAndes, 1977

WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION. Diseño de estaciones de bombeo de aguas residuales y aguas pluviales. Manual práctico FD-4. WPCF, 1984