

ISBN 978-987-4035-11-0



4a. edición enero 2019

Material no apto para la venta

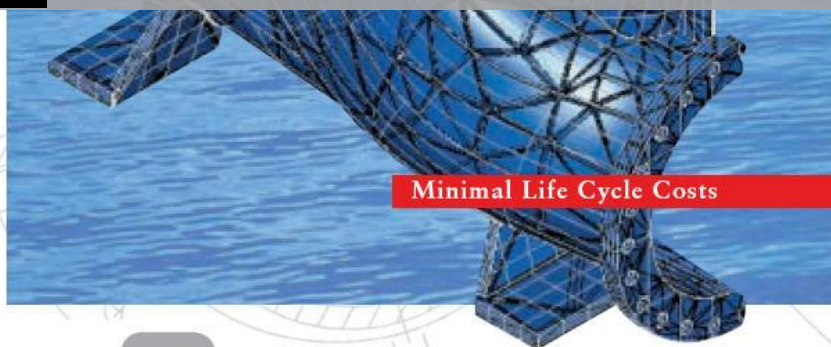
ISBN 978-987-4035-11-0

RDLO –
OUR NEW WORLD-CLASS PUMP



**RED
PROTEGER**

SISTEMAS FIJOS DE PROTECCIÓN EN BASE A
AGUA



Minimal Life Cycle Costs



Ing. Néstor Adolfo BOTTA

AUTOR



Néstor Adolfo BOTTA es Ingeniero Mecánico recibido en el año 1992 en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata; Ingeniero Laboral recibido en el año 1995 en la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional La Plata y Diplomado en Ergonomía recibido en el año 2018 en la Facultad de Química e Ingeniería del Rosario de la Pontificia Universidad Católica Argentina.

Es el Titular de la empresa Red Proteger, empresa dedicada a la Capacitación y Divulgación de conocimientos en materia de seguridad e higiene en el trabajo (www.redproteger.com.ar).

Desarrolló funciones como Responsable de Higiene y Seguridad en el Trabajo en empresas como SOIME SRL, TRADIGRAIN ARGENTINA SA, AMANCO ARGENTINA SA, MOLINOS RÍO DE LA PLATA SA y SEVEL ARGENTINA SA.

Asesoró a diversas empresas entre las que se destacan AKZO NOBEL SA, CERVECERÍA Y MALTERÍA QUILMES SAICAYG y APACHE ENERGÍA ARGENTINA SRL.

Su extensa actividad docente lo ubica como:

- Profesor en la UCA de Ing. de Rosario para la Carrera de Posgrado de Higiene y Seguridad en el Trabajo en la asignatura de Riesgo y Protección de Incendios y Explosiones.
- Profesor Titular en la Universidad Nacional del Litoral para la Carrera de Técnico en Seguridad Contra Incendios en la asignatura de Seguridad Contra Incendios III. Sistema de educación a distancia.
- Profesor en la Universidad Nacional del Litoral - Sede Rosario, para la Carrera de Lic. en Seguridad y Salud Ocupacional en la asignatura de Práctica Profesional.
- Profesor Titular en el Instituto Superior Federico Grote (Rosario – Santa Fe) para la Carrera de “Técnico Superior en Seguridad e Higiene en el Trabajo” para las asignaturas de Higiene y Seguridad en el Trabajo I, Seminario Profesional, Prevención y Control de Incendios II, y Prevención y Control de Incendios I.
- Profesor Interino Cátedra “Elementos de Mecánica”. Carrera “Técnico Superior en Seguridad e Higiene en el Trabajo”. ISFD Nro. 12 La Plata – 1.996
- Ayudante Alumno Cátedra “Termodinámica”. Universidad Nacional de La Plata - Facultad de Ingeniería.
- Ayudante Alumno Cátedra “Análisis Matemático”. Universidad Nacional de La Plata - Facultad de Ciencia Económicas.

Datos de Contacto

e-mail: nestor.botta@redproteger.com.ar

Botta, Néstor Adolfo
Sistemas fijos de protección en base a agua / Néstor Adolfo Botta. - 4a ed mejorada.
- Rosario : Red Proteger, 2019.
Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-987-4035-11-0

1. Prevención y Protección contra Incendios . I. Título.
CDD 344.0537

®Todos los derechos reservados.

El derecho de propiedad de esta obra comprende para su autor la facultad exclusiva de disponer de ella, publicarla, traducirla, adaptarla o autorizar su traducción y reproducirla en cualquier forma, total o parcial, por medios electrónicos o mecánicos, incluyendo fotocopia, copia xerográfica, grabación magnetofónica y cualquier sistema de almacenamiento de información. Por consiguiente, ninguna persona física o jurídica está facultada para ejercitar los derechos precitados sin permiso escrito del Autor.

Editorial Red Proteger®

Rosario – Argentina

info@redproteger.com.ar

www.redproteger.com.ar

INDICE

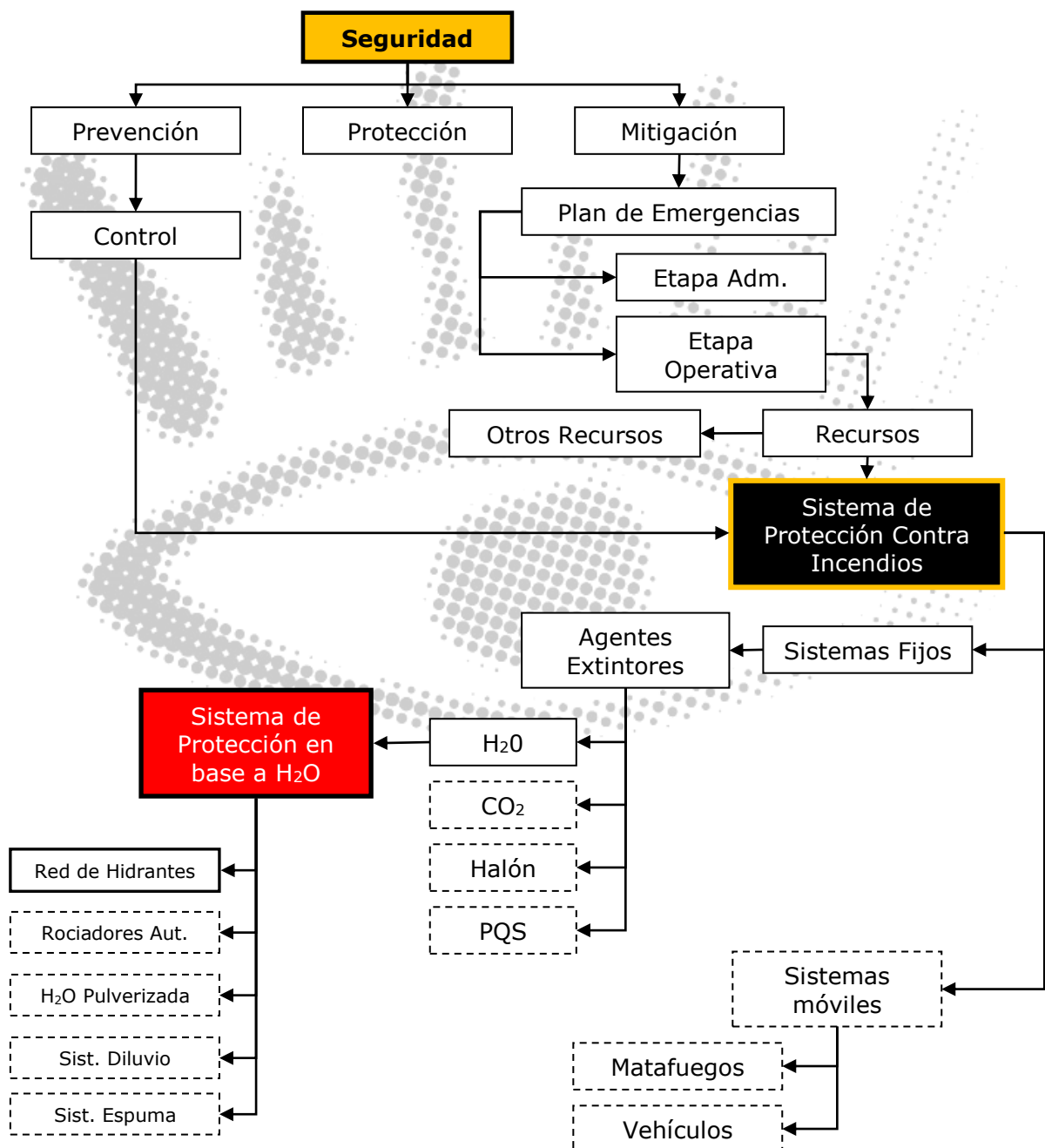
- 1) QUE ES UN SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS. QUE FUNCIÓN CUMPLE
- 2) COMPOSICIÓN BÁSICA DE UNA RED FIJA EN BASE A AGUA
- 3) SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
- 4) SISTEMA DE REPOSICIÓN DE AGUA
 - 4.1) Condiciones del Agua
 - 4.2) Fuentes de Reposición
- 5) DEPÓSITOS
 - 5.1) Depósito de Gravedad
 - 5.2) Depósito de Aspiración
 - 5.3) Depósitos Bajo Nivel
 - 5.4) Depósitos de Tela Cauchatada Apoyados en Terraplenes
 - 5.5) Depósitos a Presión
 - 5.6) Tanque del Tipo Australiano
 - 5.7) Dos Problemas Típicos en las Aspiraciones de las Bombas
- 6) SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA
 - 6.1) Materiales
 - 6.2) Acoplamiento de Tuberías
 - 6.3) Tuberías y Accesorios
 - 6.4) Válvulas
 - 6.5) Técnicas de Instalación de las Tuberías
 - 6.6) Métodos de Anclaje
- 7) SISTEMAS DE IMPULSIÓN
- 8) BOMBAS DE INCENDIO
 - 8.1) Principios de Funcionamiento de la Bomba Centrífuga
 - 8.2) Tipos de Bombas Centrífugas
 - 8.3) Comparación de Bombas
- 9) ESTUDIO DE LAS PRESIONES
 - 9.1) Variación de la Presión en un Fluido en Reposo
 - 9.2) Principio de Pascal
 - 9.3) Ley de Continuidad
 - 9.4) Variación de la Presión en un Fluido en Movimiento
 - 9.5) Presión Normal
 - 9.6) Presión de Velocidad
 - 9.7) Altura Total
 - 9.8) Cambios de las Presiones con la Sección
 - 9.9) Teorema de Bernoulli
 - 9.10) Las Pérdidas de Presión
- 10) SELECCIÓN DEL SISTEMA DE IMPULSIÓN
 - 10.1) Que es la Instalación o Sistema
 - 10.2) Curva Característica de la Instalación
 - 10.3) Punto de Funcionamiento Nominal de la Instalación
- 11) CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DEL TANQUE DE ALTURA
- 12) CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DE LA BOMBA
 - 12.1) Caudal de Impulsión de la Bomba
 - 12.2) Altura de Impulsión de la Bomba
 - 12.3) Curvas Características de la Bomba

- 12.4) Tipos de Rodetes y Tipo de Curvas
- 12.5) Tipos de Curvas Caudal-Presión
- 13) SELECCIÓN DE LA BOMBA
- 14) VERIFICACIÓN DE LA CURVA DE LA BOMBA
- 15) FUNCIONAMIENTO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS EN PARALELO
- 16) VARIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE BOMBEO
 - 16.1) Variación de la Velocidad
 - 16.2) Torneado de Rodetes
- 17) ELECCIÓN DEL TAMAÑO DEL MOTOR DE LA BOMBA
 - 17.1) Potencia Absorbida por la Bomba
 - 17.2) Determinación de la Potencia del Motor
- 18) PASOS PARA LA SELECCIÓN LA BOMBA
 - 18.1) Punto de Servicio de la Bomba
 - 18.2) Selección del Fabricante de la Bomba y Modelo
 - 18.3) Verificación de la Curva Caudal-Presión
 - 18.4) Potencia Absorbida por la Bomba
 - 18.5) Selección de la Velocidad de Rotación de Motor
 - 18.6) Características Constructivas de la Bomba
 - 18.7) Selección de Bomba con Rodete Torneado
- 19) COMPONENTES BÁSICOS DE UNA SALA DE BOMBEO PARA INCENDIOS
 - 19.1) Funcionamiento de la Sala de Bombas
 - 19.2) Fuerza Motriz Eléctrica para Bombas de Incendios
 - 19.3) Circuitos de Alimentación
 - 19.4) Motores
 - 19.5) Tablero de Control
 - 19.6) Bombas Accionadas por Motor Diesel
 - 19.7) Enfriamiento del Motor
 - 19.8) Emplazamiento y Alojamiento de Bombas Contra Incendios
 - 19.9) Pruebas de Aceptación
 - 19.10) Prueba Hidrostática y Limpieza de Tuberías de Succión
 - 19.11) Pruebas de Flujo
 - 19.12) Pruebas al Controlador
 - 19.13) Suministro de Energía de Emergencia
 - 19.14) Pruebas Anuales de las Bombas
 - 19.15) Verificación de la Curva Caudal-Presión
 - 19.16) Bombas Centrífugas Horizontales. Aspectos de Diseño
- 20) CAVITACIÓN
 - 20.1) ¿Cuáles son los efectos de la Cavitación?
 - 20.2) Cavitación en Bombas
 - 20.3) Cavitación en Tuberías
 - 20.4) Cavitación en Válvulas
- 21) GOLPE DE ARIETE
- 22) TANQUES HIDRONEUMÁTICO

1) QUE ES UN SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS. QUE FUNCIÓN CUMPLE

¿Qué es un sistema de protección contra incendios?

La pregunta parece por demás de obvia, pero si salimos de las respuestas obvias y conocidas, podemos decir, que una red de protección contra incendios es un recurso que surge durante el diseño de la etapa operativa de un plan de emergencias, para hacerle frente a algún tipo de problema específico. El sistema de protección contra incendios pensado y diseñado en forma aislada NO SIRVE, es una parte minúscula pero muy importante de un sistema mucho mayor y más complejo que son los planes de emergencias; y éstos son una organización con recursos que sigue procedimientos preestablecidos, con el fin de mitigar los efectos de los accidentes de cualquier tipo.



En términos más amplios, el sistema de protección contra incendios se inserta en el sistema general de seguridad de la empresa, es parte de este sistema.

Una red de incendios es básicamente una instalación de agua, similar a la que lleva agua a la caldera o a los equipos de procesos, pero que cumple una función extremadamente importante. Es el último recurso que dispone una empresa cuando tiene un incendio, y por consiguiente a diferencia de otras instalaciones, esta no puede fallar a la hora de ser requerida.

A diferencia de otras instalaciones de agua que funcionan gran parte del tiempo y en todo momento se puede saber si lo está haciendo bien o mal, la red de incendios está parada casi en un 99% del tiempo, funciona como mucho un par de horas por semana cuando se hacen las pruebas de funcionamiento. En estas circunstancias no es fácil determinar problemas; los controles, las inspecciones y el mantenimiento en esta situación cumplen un papel muy importante.

La red de incendios está parada casi todo el tiempo, pero cuando se la necesita debe funcionar, debe arrancar y cumplir con parámetros de funcionamiento tales como: presión, caudal y tiempo de funcionamiento, además, no debe ser dañada por los problemas que tiene que controlar.

La red de incendios no es una instalación más de la empresa, debe ser una instalación de alta confiabilidad, diseñada para cumplir objetivos específicos como el control y extinción de incendios, y el enfriamiento de equipos e instalaciones.

El diseño de una red de incendios tiene dos partes fundamentales, la primera es cumplir con su objetivo y por ende debe ser diseñada por especialistas en protección contra incendios, y tiene que ver con la ubicación de hidrantes y/o equipos de protección, selección del tipo de equipos de protección a usar, caudales, presión, simultaneidad de usos de equipos, tiempo de reserva de agua, ubicación y diseño de la sala de bombas, ubicación de tanque de agua, tendido de cañerías para evitar ser dañados durante el problema a controlar, etc. La otra parte tiene que ver con el diseño hidráulico y mecánico que es similar a cualquier red de agua.

2) COMPOSICIÓN BÁSICA DE UNA RED FIJA EN BASE A AGUA

Una red de protección fija en base a agua para protección contra incendios es una instalación fija compuesta por las siguientes partes:

1- Sistema de abastecimiento de agua

- Subsistema de reposición: Sistema capaz de reponer la reserva de un depósito utilizado como fuente de alimentación de agua de la red de incendios. El sistema de reposición incluye los subsistemas de: fuente de provisión de agua, sistema de impulsión primario y cañerías de transporte hasta el sistema de depósito o reserva de agua.
- Subsistema de alimentación, depósito, reserva: Volumen de agua capaz de permitir el funcionamiento de la red de incendios durante un tiempo de autonomía mínimo necesario. Autonomía significa en forma independiente de la fuente de reposición, es decir, sin que ésta esté funcionando o cargando agua.
- Subsistema de impulsión: Es el conjunto de medios (equipos de bombeo, depósito de presión, depósito de altura, etc.) o circunstancias naturales (elevación de la reserva de agua) que permiten lograr y mantener las condiciones de presión (P) y caudal (Q) requeridos en los sistemas de protección contra incendios.

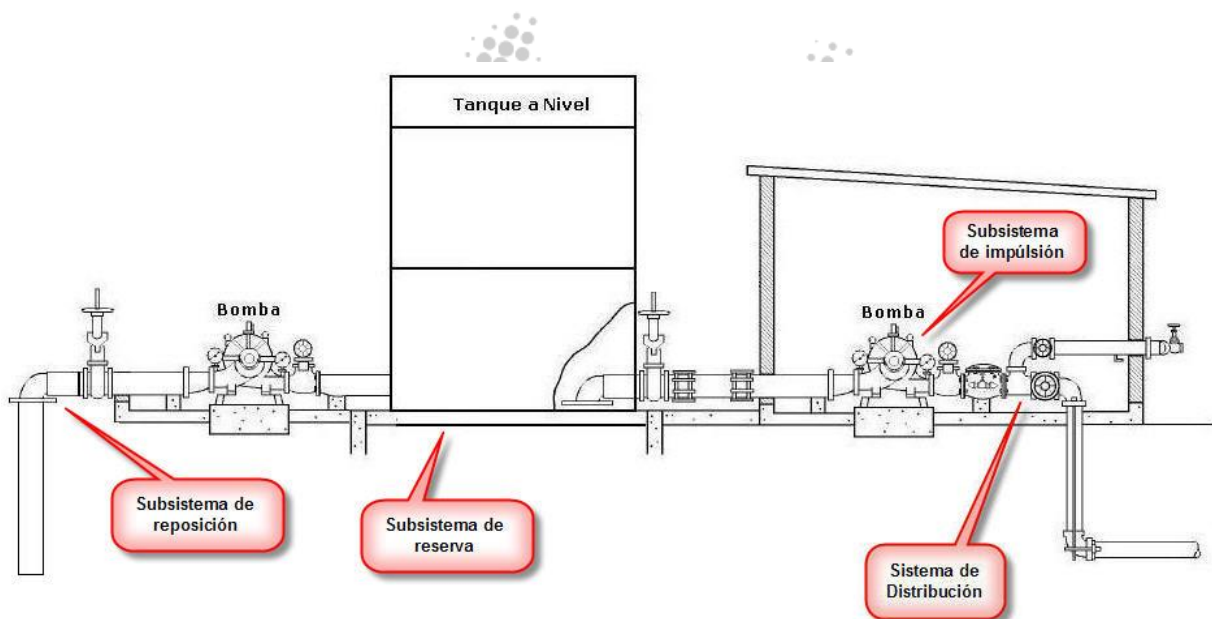
2- Sistema de distribución de agua o red general de incendios. Conjunto de tuberías, válvulas y accesorios que permiten la conducción del agua desde el sistema de

abastecimiento de agua hasta los puntos de conexión de cada sistema de protección contra incendios específicos.

- 3- Sistemas de protección contra incendios. Son las instalaciones de protección contra incendios específicos, que emplean, en el caso que nos ocupa, agua como agente extintor, alimentadas desde la red general de incendios.

Un sistema de protección específico comienza a partir de la válvula de corte existente en la acometida de conexión del mismo a la red general de incendios. Entre los sistemas de protección podemos encontrar con:

- Sistemas de Red Fija de Hidrantes y Mangueras.
- Sistemas de Rociadores automáticos.
- Sistemas de Rociadores de diluvio.
- Sistemas de Pulverizadores.
- Sistemas de Espumas.



3) SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

El objetivo del sistema de abastecimiento de agua es satisfacer los requerimientos de agua del escenario que tenga la mayor demanda combinada de los sistemas de protección instalados. Los parámetros que debe satisfacer son: caudal (m^3/h), presión (bar) y tiempo de reserva o autonomía (minutos).

El caudal lo define la reposición de agua, la presión lo establece la bomba o el sistema de impulsión y el tiempo lo determina la reserva o depósito.

Los sistemas de abastecimiento de agua lo podemos clasificar:

- Sistema de abastecimiento principal o inicial.
- Sistema de abastecimiento secundario o de respaldo.

No todas las plantas requieren de un sistema de abastecimiento secundario. Esto se debe justificar luego de una evaluación de las pérdidas potenciales. En las empresas de alto

riesgo en materia de incendio, el sistema secundario o de respaldo es indispensable. Un tanque de GLP no puede en ninguna circunstancia quedarse sin agua de refrigeración cuando está involucrado en un incendio.

El sistema principal debe ser altamente confiable y debe satisfacer:

- La demanda del mayor escenario esperable de agua en caudal y presión de los sistemas de extinción instalados.
- Satisfacer estos requerimientos durante el tiempo en mínimo exigido en horas.

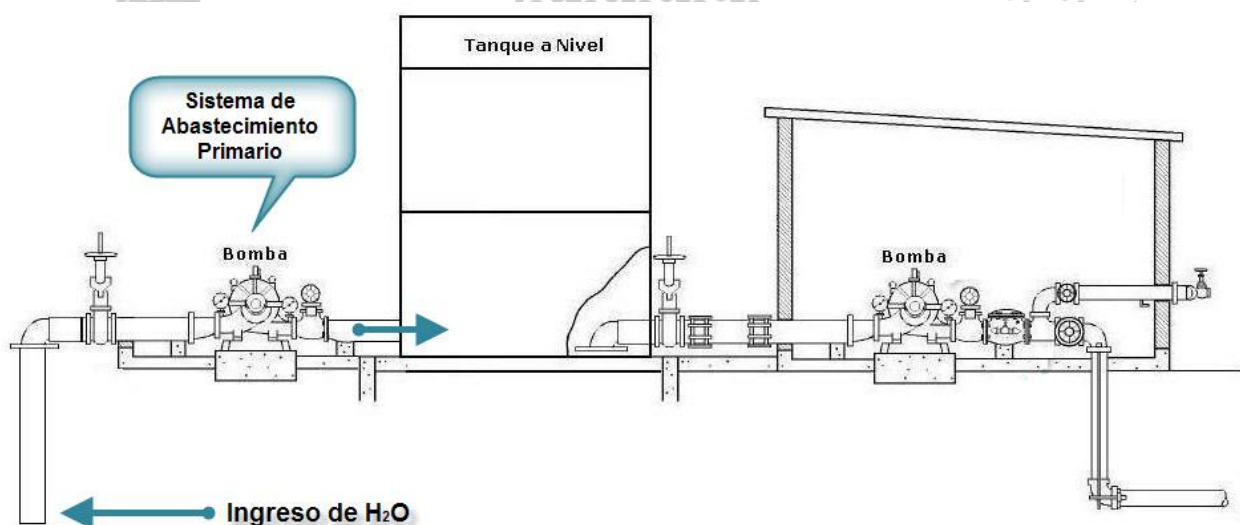
Todo sistema de abastecimiento de agua, en algún momento llega a estar fuera de servicio por razones de mantenimiento, daños a tuberías o equipos, mejoras, reubicaciones, etc. Por lo tanto, dependiendo del riesgo de incendio y de la importancia estratégica de las instalaciones o del potencial de peligro para la vida de los ocupantes, es una buena medida disponer de un suministro secundario de agua contra incendio.

Un sistema de abastecimiento secundario debe satisfacer algunos requisitos:

- Debe calificar como suministro principal.
- Debe estar ubicado separadamente y alejado lo suficientemente (otro lugar físico distante del primera) del suministro principal.

El arreglo de equipos, válvulas, tanques y tuberías debe ser hecho de tal manera que un simple incidente o falla no pueda afectar a los dos suministros simultáneamente.

4) SISTEMA DE REPOSICIÓN DE AGUA



El sistema de reposición en su sentido más amplio abarca cualquier masa de agua disponible como fuente de suministro, tanto si está contenida por una barrera artificial como

natural. Los ríos, lagunas y puertos son ejemplos de instalaciones de reposición. Otras fuentes de agua libre, como pantanos o embalses, se emplean, algunas veces, en la lucha contra el fuego bien para complementar los suministros públicos de agua o bien como fuente primaria, especialmente en aquellos casos en que el suministro público es insuficiente en caudal o cuando carece de fiabilidad.

Cuando se piensa en la fuente de reposición y el diseño de esta, no hay que olvidar de qué manera se va a llevar esta masa de agua hacia el tanque de reserva de la red de incendios, en términos técnicos, debemos diseñar un subsistema de abastecimiento primario que consistente en: fuente de agua, sistema de impulsión, por lo general bombas primarias, y sistema de transporte del agua hasta el tanque de reserva.

Dependiendo de donde proviene el agua hay que incluir un subsistema de tratamiento de agua.

Un buen sistema de reposición de agua debe al menos garantizar durante todo el año un caudal de al menos el 150% del caudal nominal de la red de incendios.

4.1) Condiciones del Agua

No hay limitaciones con respecto a la calidad de agua que se puede usar para apagar un incendio, salvo los elementos sólidos que tengan en suspensión que puedan llegar a tapan las salidas de los rociadores o dañar la bomba de incendios.

La principal limitación con respecto al agua es cuando la red de incendios no está siendo utilizada y el agua queda estancada o quieta dentro de la misma. Para este caso el agua a utilizar en las instalaciones deberá ser preferiblemente dulce y limpia. No obstante, se podrán usar aguas salitrosas, agresivas o de cualquier otro tipo si se tienen en cuenta sus características químicas para la selección de los equipos, tuberías, válvulas y accesorios que componen el abastecimiento de agua y los sistemas de protección contra incendios.

Tipo de Agua	Adecuación de la Red de Incendios
Dulce y limpia	Ninguna.
Dulce y c/sólidos suspensión	Filtrado y clarificado como mínimo, antes del depósito.
Agua salada, dura o salitrosa	<p><u>Tratamiento del agua:</u> Alternativa por lo general costosa por los importantes volúmenes de agua y la necesidad de reponer agua tratada para mantener la presión del sistema. En esta situación se llena la cañería con agua tratada a partir de la brida de impulsión de la bomba. El tk y la bomba permanecen con agua sin tratar.</p> <p><u>Llenado con agua dulce y limpia:</u> Se llena la cañería con agua dulce y limpia a partir de la brida de impulsión de la bomba. El tk y la bomba permanecen con agua sin tratar. En este caso se debe disponer de un segundo sistema de reposición de agua y presurización, que tiene como objetivo reponer agua dulce y limpia a la red de incendios, motivo de las pérdidas que normalmente existen.</p> <p>En muchos casos pasa que el agua dulce y limpia proveniente de la red pública no alcanza para abastecer a la red de incendios en funcionamiento, pero si puede usarse para llenar la cañería durante el reposo.</p> <p>Después de cada utilización se deberá proceder al lavado y limpieza por flujo de agua dulce todas las tuberías del abastecimiento de agua y de los sistemas</p>

	<p>de protección contra incendios antes de dejarlo en estado de reposo nuevamente.</p> <p><u>Sistema de cañería seca:</u> A partir de la brida de impulsión de la bomba, el sistema está vacío de agua y lleno de aire o nitrógeno a presión. Se debe disponer de un sistema de presurización de aire o batería de nitrógeno para mantener la presión en la cañería.</p> <p>Llenar con el agua sin ningún tipo de adecuación y aumentar la inspección y el mantenimiento de la red. El costo del mantenimiento y reparación de la red aumenta en forma considerable, así como la posibilidad de fallas.</p>
Zona de Congelación	<p><u>Llenado con agua con anticongelante:</u> Se llena la cañería con agua dulce, limpia y con el agregado de anticongelante. En este caso se debe disponer de un segundo sistema de reposición de agua con anticongelante y presurización, que tiene como objetivo reponer agua a la red de incendios, motivos de las pérdidas que normalmente existen. Debido a los importantes volúmenes de agua de la red de incendios, este es una alternativa costosa.</p> <p>Sistema de cañería seca.</p> <p>Sistema de cañería aislada y/o calefaccionada, según el nivel de temperatura ambiente y el tiempo de permanencia de la baja temperatura.</p>

4.2) Fuentes de Reposición

Toda fuente de reposición debe cumplir al menos con dos condiciones básicas: caudal y régimen, llamando régimen a la capacidad de esa fuente de suministrar un determinado caudal durante todo tiempo. De nada sirve una excelente fuente de reposición, por ejemplo, arroyo de llanura, que tiene un muy buen caudal, pero que durante alguna época del año se congela o se queda sin agua suficiente para abastecer.

La fuente de agua que se elija como reposición para la red de incendios deberá proveer del caudal mínimo que se necesita durante TODO el año.

El disponer de más de una fuente de reposición de agua es una buena alternativa que aumenta la fiabilidad de nuestra red de incendios.



4.2.1) Redes Públicas de Distribución

Las redes públicas de distribución son fuentes de alimentación de agua de estructura y componentes similares a un privado, pero destinados a satisfacer las demandas en uno o varios usos, de un número indeterminado de consumidores.

Las redes públicas nos pueden presentar las siguientes alternativas:

- Capaz de garantizar las condiciones de presión y caudal necesarios en los sistemas de protección contra incendios durante el tiempo de autonomía.
- Capaz de garantizar las condiciones de caudal y no la de presión, en este caso debemos adicionar un equipo de bombeo de refuerzo.

Si la red pública no puede garantizar caudal en cantidad y/o régimen puede ser de utilidad para llenar la red de incendio con agua dulce y limpia cuando ésta se encuentra en reposo.

4.2.2) Fuentes Inagotables

Las fuentes inagotables no implican que siempre tengan agua o en los caudales que se necesitan para abastecer la red de incendios. Podemos estar frente a ríos de deshielos, lagos que se congelan, épocas de bajo nivel, etc.

Dentro de las fuentes de reposición de agua inagotables naturales podemos encontrar:

- Ríos
- Lagos
- Mares
- Océanos

Fuentes de reposición de agua inagotables artificiales:

- Canales
- Embalses
- Pozos

Las fuentes de reposición de agua inagotables podrán tener los siguientes usos:

- Fuentes de reposición de agua.
- Sustituto del depósito de reserva, utilizando un equipo de bombeo que aspire directamente de dicha fuente o cualquier otro sistema de impulsión válido, alternativa no recomendable porque se reduce la fiabilidad de la red de incendios.

Al analizar una fuente inagotable natural en relación con una fuente como las redes públicas, debemos tener en cuenta el tratamiento del agua, que como mínimo, en el mejor de los casos debe ser un tratamiento de clarificación para quitarles los sólidos en suspensión.

En redes de incendios para empresas de alto riesgo siempre es recomendable disponer de varias fuentes de reposición.

5) DEPÓSITOS

Los depósitos se emplean para el almacenamiento de agua y constituyen la reserva del sistema de protección contra incendio.

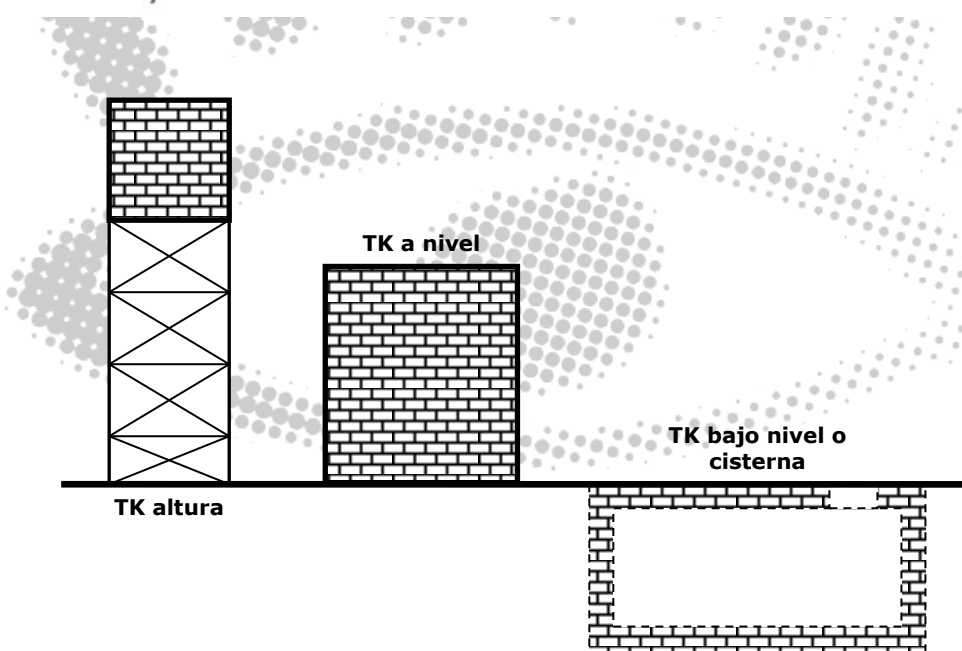
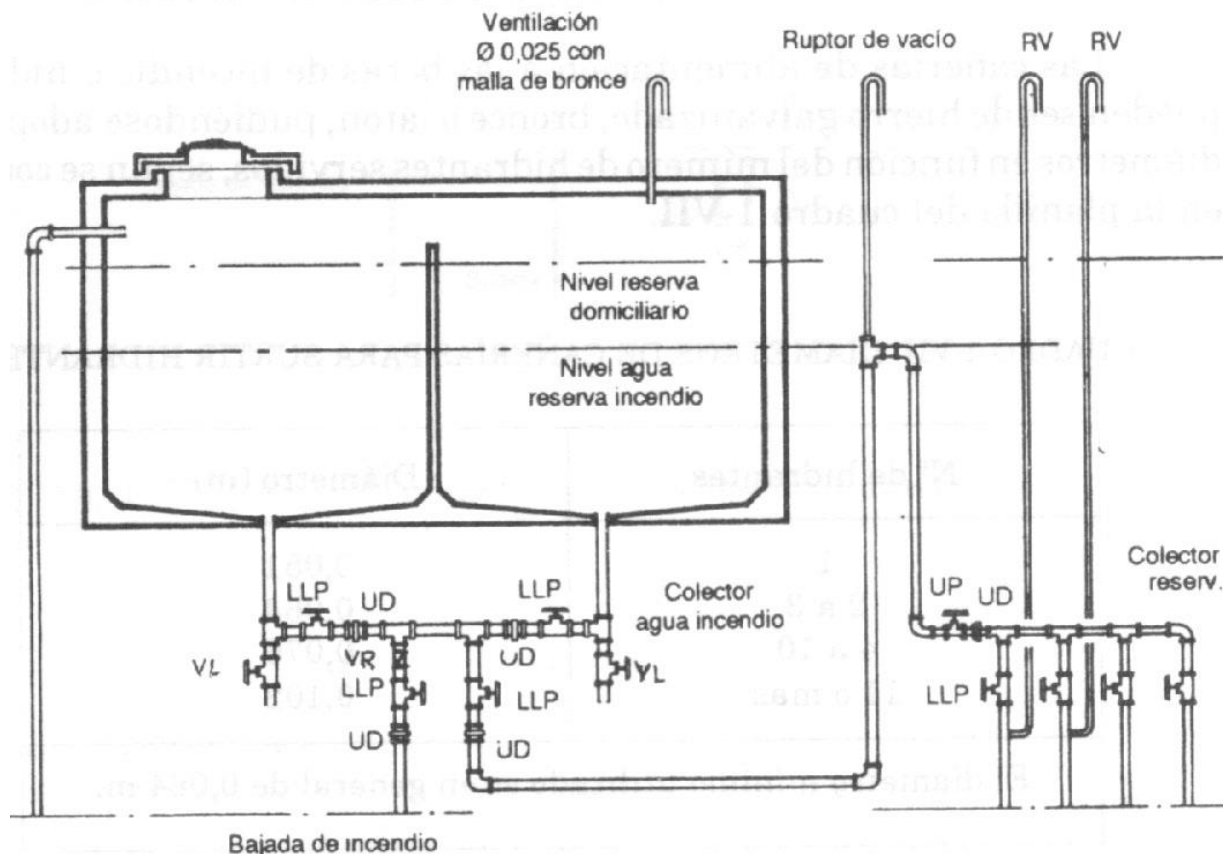
¿Qué significa que constituyen una reserva? Que, si el sistema de abastecimiento tiene algún problema, la red de incendios dispone de agua por un determinado tiempo sin que ingrese agua al tanque, es decir, le otorga autonomía a la red de incendios del abastecimiento de agua.

Los depósitos o tanques (TK) se pueden clasificar o dividir entre **Mixtos** y **Exclusivos** para Incendios, y pueden agruparse en los siguientes tipos:

- **Depósitos a nivel bajo o sobre superficie.** Este tipo de depósito va asociado a un equipo de bombeo y se les denominan depósitos de aspiración.
- **Depósitos Elevados.** Son aquellos en los que existe una diferencia de altura positiva entre el nivel mínimo del agua en el depósito y los puntos de aplicación de los sistemas de protección contra incendios. También se les denominan depósitos de gravedad.
- **Depósitos de Presión.** Son depósitos cerrados, en los que la presión necesaria en los sistemas de protección contra incendios se garantiza mediante un gas, normalmente aire comprimido. Son por lo general tanque de baja capacidad y de un muy bajo nivel de aplicación en protección contra incendios.

Los depósitos mixtos son los que se usan en forma compartida tanto para servicios sanitarios, servicios industriales e incendio, es decir, desde un mismo tanque se abastecen varios servicios distintos. En este caso al volumen de agua que es necesario para abastecer a los servicios de plantas hay que sumarle la reserva necesaria para incendio, y ésta última debe ser de uso exclusivo mediante la aspiración desde la base del tanque, mientras que los demás servicios deben aspirar mediante un caño de pesca a una altura superior, garantizando de esta forma que en el tanque siempre quede disponible la reserva de agua para caso de incendio.





Lo recomendable es que los depósitos de agua destinados a la lucha contra el fuego no se empleen para ningún otro fin, aunque hay algunos autores que recomiendan el uso mixto para preservar la "salud" del tanque. Un problema radica en el frecuente llenado del depósito, necesario cuando el agua se emplea para otros fines, este es un inconveniente serio porque el depósito es un recipiente de decantación con gran acumulación de sedimento, de modo que las tuberías podrían quedar obstruida o el tanque tener que salir de servicio más frecuentemente para limpieza, situación que dejaría sin agua a la red de incendios.

Otra consideración importante respecto al empleo de los depósitos para más de un fin es que al momento del incendio pudiera no haber suficiente agua disponible. En estos casos, el depósito no estará lleno más que en raras ocasiones, puesto que los usos domésticos e industriales consumirán constantemente su contenido. Es posible que al crecer la industria que se sirve del depósito, el nivel normal del agua sea cada vez más bajo. Si ocurriera un incendio varios años después de la instalación del depósito, es posible que el agua disponible fuera insuficiente en cantidad.

El uso de depósitos compartidos tiene una solución que es instalar caño de pesca o tomas superiores para los usos industriales o domésticos.

Cuando se usa un depósito mixto este debe cumplir con las condiciones constructivas y de ubicación para el uso más exigente y crítico, que en este caso es para protección contra incendios.

5.1) Depósito de Gravedad

Los depósitos de gravedad deben instalarse sobre una estructura (torre) independiente de acero u hormigón armado, con sus cimientos directamente sobre el terreno. El emplazamiento elegido debe ser tal que el depósito no se vea amenazado por un incendio originado en edificios contiguos. En caso contrario, si no hubiera suficiente espacio la estructura que quede expuesta debe estar adecuadamente protegida contra incendios. Esta protección, cuando sea necesaria, debe incluir todos los elementos estructurales situados a menos de 6 metros de edificaciones combustibles o de aberturas por las que pudiera propagarse un incendio.

Generalmente es común pensar que es económico instalar los depósitos de gravedad con suficiente capacidad y altura para que puedan conectarse directamente al sistema de protección contra incendios, proporcionando alimentación suficiente, tanto a los hidrantes y a las mangueras de extinción, como a los sistemas automáticos de extinción.

Hace algunos años, dada la capacidad limitada y las pocas necesidades de presión, un depósito de gravedad con una capacidad mínima de 110 m³, cuyo fondo estuviera por lo menos a 23 metros sobre el suelo, podía servir adecuadamente tanto a los hidrantes para las mangueras como a los sistemas de extinción.

El creciente aumento en el tamaño de las industrias y los mayores requerimientos de los sistemas de protección contra incendios modernos, tanto en volumen de agua como de presión hacen inadecuado el uso de los depósitos de gravedad; para éstos casos un depósito de aspiración y una bomba es más económico que un depósito de gravedad con o sin bomba de refuerzo.

Para lograr altas presiones con un tanque de altura o de gravedad es necesario elevar la base del tanque a una razón de 10 metros por cada un bar de presión, por lo tanto para obtener una presión de 7 bar en una lanza, se requeriría una altura de la base del tanque de más de 70 metros, si, además, tenemos en cuentas las pérdidas; y si sumamos que actualmente es necesario disponer de grandes volúmenes de agua almacenada, construir un tanque muy alto y de gran capacidad es muy complejo y extremadamente costoso.

Las grandes ventajas de estos tanques es que no necesitan de sistemas de impulsión como las bombas, son de fácil localización dentro de un predio, porque debajo de ellos se pueden hacer construcciones, siempre y cuando se tomen los recaudos de tener estructura propia y exclusiva y de resistencia al fuego adecuada.

Como su locación puede ser central respecto a las aplicaciones a abastecer, la distribución de presión será más óptima y por consiguiente las pérdidas de presión en el sistema de distribución serán menores.

El mantenimiento en este tipo de tanques es más costos y más riesgoso, por tener que hacer trabajos en altura.

Los depósitos elevados se pueden construir completamente de acero. Algunas veces se emplean torres de hormigón armado y también se pueden situar directamente encima de las estructuras a las que se suministra agua. También se puede emplear el hormigón para la construcción del depósito mismo.

Ventajas	Desventajas
<p>La altura. Produce presión de impulsión.</p> <p>Fácil ubicación.</p> <p>Ocupa poco espacio.</p> <p>Se puede usar el área inferior.</p>	<p>La altura. Limitación para conseguir altas presiones.</p> <p>Baja Capacidad.</p> <p>Mantenimiento riesgoso.</p> <p>Tiene que ser resistentes al fuego, especialmente los que se encuentra cercanos o sobre edificaciones.</p> <p>Antisísmicos.</p> <p>Estructura independiente.</p> <p>Muy complejo y costoso aumentar la capacidad del <u>tk</u> una vez construido.</p>

5.2) Depósito de Aspiración

Se denominan así porque necesitan de una bomba de aspiración para poder hacer uso del agua que tienen almacenada.

Los depósitos de aspiración deben situarse de modo que se reduzca al mínimo la longitud de las conducciones de agua. La caseta de bombas debe estar colocada cerca del depósito para que la pérdida de presión y energía en la succión sean mínima.

Estos depósitos no deben estar situados donde puedan verse expuestos al incendio de edificaciones combustibles, cerca de ventanas por las que pudieran propagarse fuegos interiores o cerca de lugares donde puedan sufrir algún tipo de daño como por ejemplo los efectos de una explosión.

Los depósitos de aspiración o nivel no tienen limitación en cuanto a su capacidad de almacenamiento de agua.

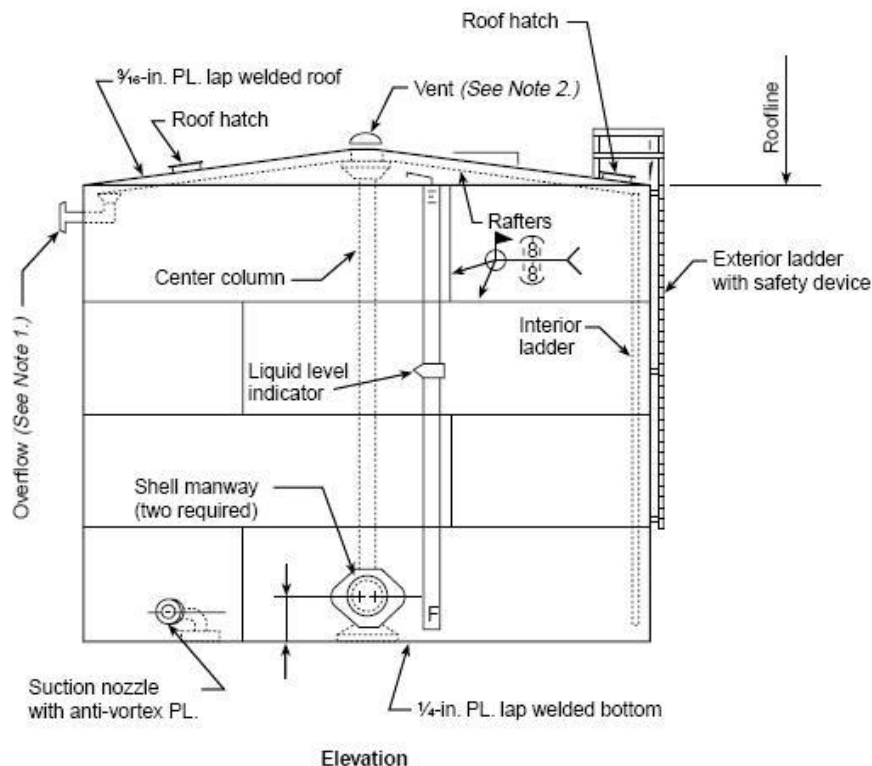
Uno de sus principales problemas, además, de necesitar una bomba, es que suelen ser tanques de gran tamaño y por consiguiente ocupan un considerable espacio físico, por lo que su ubicación dentro de un predio industrial es dificultoso, se deben localizar, por lo general, hacia los extremos de los predios, situación que en muchos casos mejora su exposición a daños, pero aumenta la pérdida de presión en las conducciones.

El sistema de tanques a nivel nos permite una fácil ampliación del volumen sin tener que modificar el tanque, con sólo agregar otro tanque más en la zona e interconectarlos es suficiente, por principio de vasos comunicantes ambos tanques conforman un nuevo tanque más grande.

Este tipo de tanques son, por lo general, de acero.

Los tanques a nivel son por lo general de poca altura, esto se debe a que estructuralmente son autosostenidos, es decir, las lonjas de acero inferior cargan con el peso de la parte superior y el techo, a más altura, el espesor del acero inferior aumenta y con esto aumenta el valor del mismo, por consiguiente para tener un tanque a nivel de gran volumen se los suele hacer petisos y de gran diámetro.

Al espacio que ocupa el tanque a nivel hay que sumarle el espacio para la sala de bombas, lugar donde al menos deben entrar tres bombas con sus respectivos tableros de control y espacio suficiente para el movimiento de las mismas en caso de reparación.



Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> Gran capacidad. Posibilidad de Interconectar <u>TKs</u>. Facilidad de aumentar reserva de agua. Fácil mantenimiento, y de bajo nivel de riesgo. Costo bajo, al menos en comparación con el <u>tk</u> de altura. En principio cualquier tipo de <u>tk</u> sirve, tiene pocos requisitos. 	<ul style="list-style-type: none"> Necesita si o si un sistema de impulsión. Ocupo mucho espacio. Dificultad de ubicarlo.

5.3) Depósitos Bajo Nivel

El tanque bajo nivel o enterrado es una opción cuando no hay espacio en la superficie para el tanque a nivel, este tipo de tanque permite usar su techo (piso) como espacio de trabajo. Es en términos generales una pileta de hormigón armado cerrada en su parte superior.

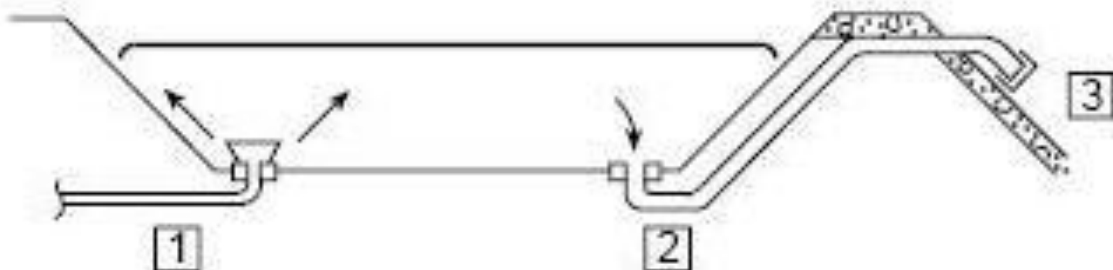
Ventajas	Desventajas
<p>Uso del Espacio Aéreo.</p> <p>Fácil mantenimiento, y de bajo nivel de riesgo.</p> <p>Fácil ubicación.</p>	<p>Dificultad de detectar pérdidas.</p> <p>Costo elevado si se quieren tener grandes volúmenes.</p> <p>Necesidad de uso de bombas verticales del tipo sumergida o turbina.</p>

5.4) Depósitos de Tela Cauchada Apoyados en Terraplenes

Los depósitos de tela cauchada apoyada en terraplenes pueden emplearse como depósitos de aspiración para la protección contra incendios. Estos depósitos constan generalmente de un revestimiento interior del embalse y una cubierta integral. Están calculados para apoyarse en sus cuatro costados sobre taludes de tierra. El material con que se construyen estos depósitos es una tela de nylon recubierta con un compuesto elastómero que proporciona resistencia a la abrasión y a la intemperie. El depósito se apoya en los costados de una excavación, desmonte o zanja especialmente preparada para el efecto.

Se los puede construir con sistemas fijos de carga y descarga de agua o ser éstos un simple caño colocado sobre el talud.

Este tipo de depósitos son por general para usos transitorios.



5.6) Tanque del Tipo Australiano

Entre las ventajas de este tanque podemos mencionar su fácil construcción, económico, su gran tamaño; incombustible; etc. pero debido a su escasa altura, a lo sumo llega a los tres metros, hace que ocupen un área extremadamente grande si se quiere almacenar

volúmenes grandes de agua. Debido también a su escasa altura, el tanque debe estar levemente elevado para poder colocar la aspiración desde la base, o se debe colocar la bomba en un pozo de bombas, así se puede realizar la succión desde la base del tanque y aprovechar al máximo la altura del tanque como depósito.

Es un tanque que no requiere para su construcción mano de obra especializada como en el caso de un tanque a nivel de acero el cual debe ser realizado con costuras de soldadura y montado con grúas.

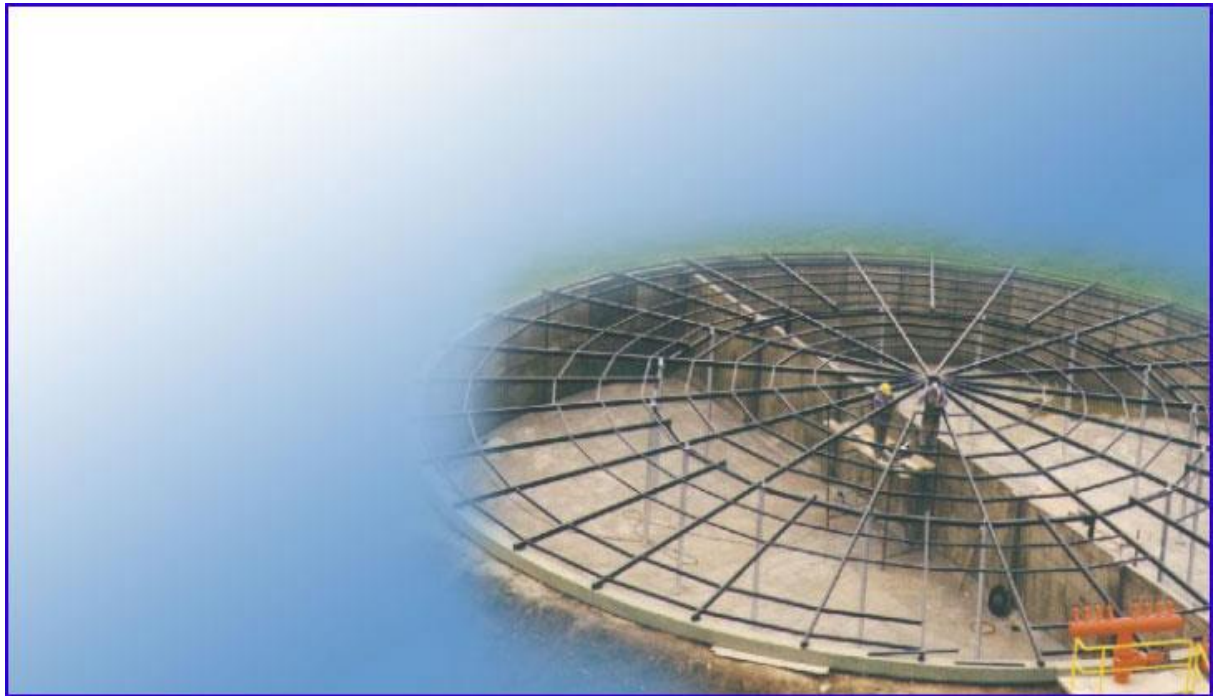


DIAMETRO MTS	CANTIDAD PLACAS	ALTURA MTS	CAPACIDAD MTS ³	DIAMETRO MTS	CANTIDAD PLACAS	ALTURA MTS	CAPACIDAD MTS ³
9,90	20	1,50	115	9,90	40	3,00	230
14,00	28	1,50	230	14,00	56	3,00	460
16,71	35	1,40	308	16,71	70	2,80	616
19,10	40	1,40	401	19,10	80	2,80	802
21,42	44	1,40	501	21,42	88	2,80	1000
23,38	48	1,40	600	23,38	96	2,80	1200
27,50	108	1,40	830	27,50	216	2,80	1660
29,03	114	1,40	920	29,03	228	2,80	1840
30,56	120	1,40	1020	30,56	240	2,80	2040
33,10	130	1,40	1200	33,10	260	2,80	2400
35,65	140	1,40	1400	35,65	280	2,80	2800
38,20	150	1,40	1600	38,20	300	2,80	3200
40,74	160	1,40	1800	40,74	320	2,80	3600
43,29	170	1,40	2000	43,29	340	2,80	4000
45,84	180	1,40	2300	45,84	360	2,80	4600
48,89	192	1,40	2600	48,89	384	2,80	5200
51,44	202	1,40	2900	51,44	404	2,80	5800
52,46	206	1,40	3020	52,46	412	2,80	6040

DIAS CONSULTAR

2 435047 - Venado Tuerto - Santa Fe
- www.aguapiscinas.com.ar

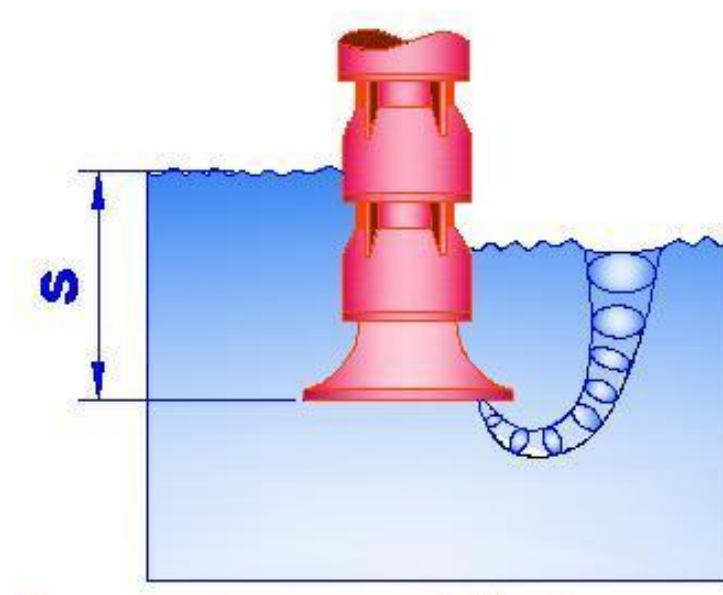




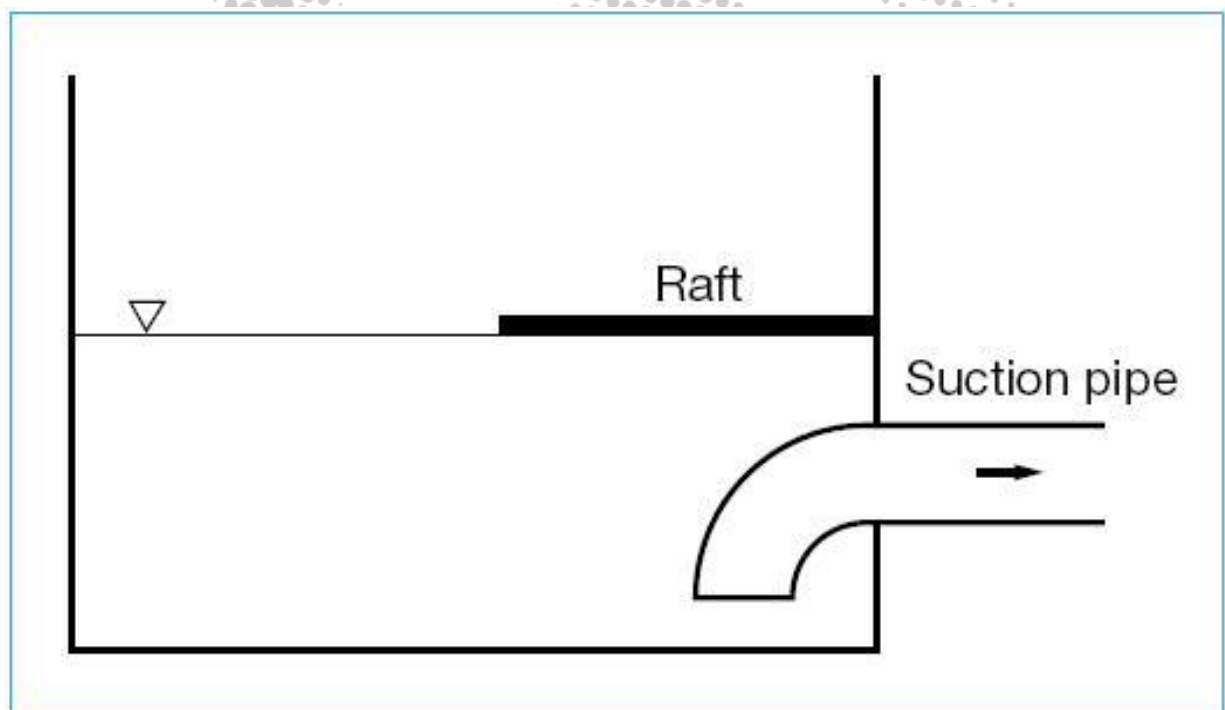
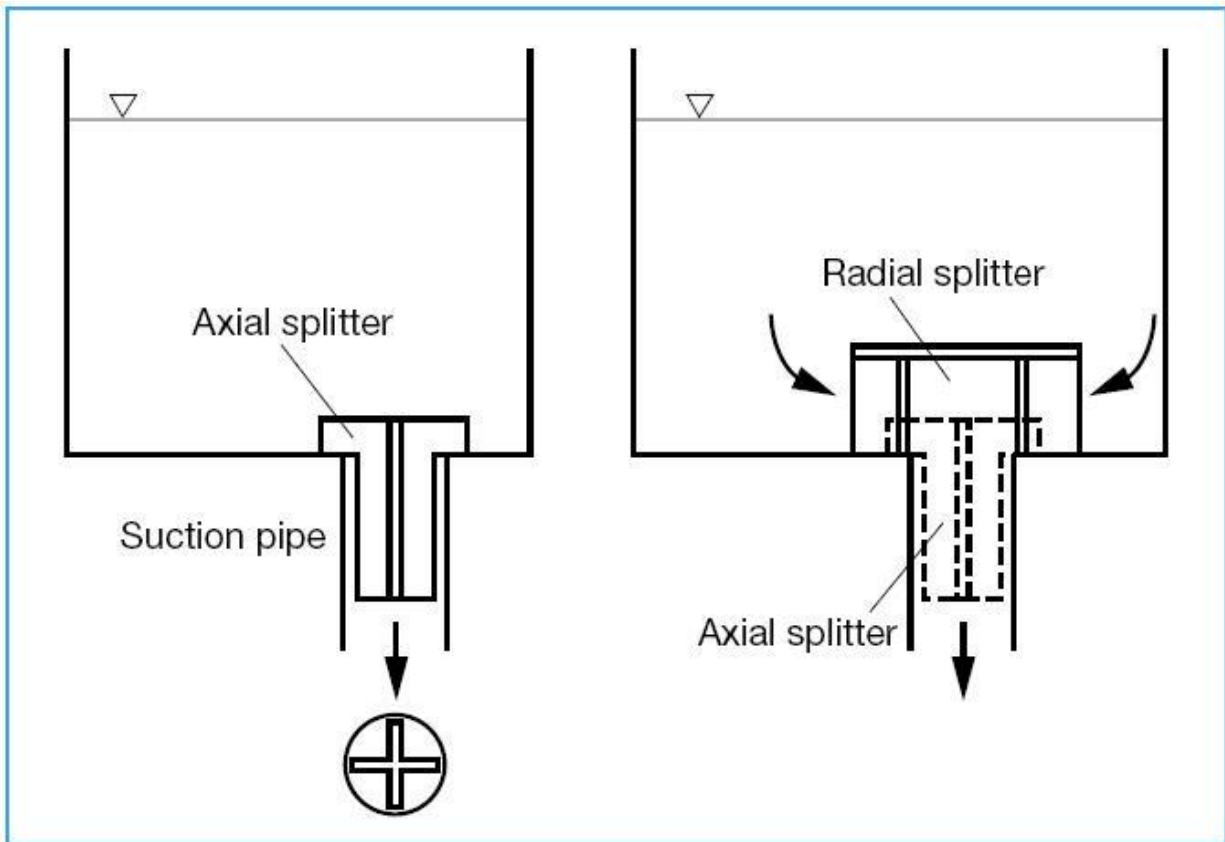
5.7) Dos Problemas Típicos en las Aspiraciones de las Bombas

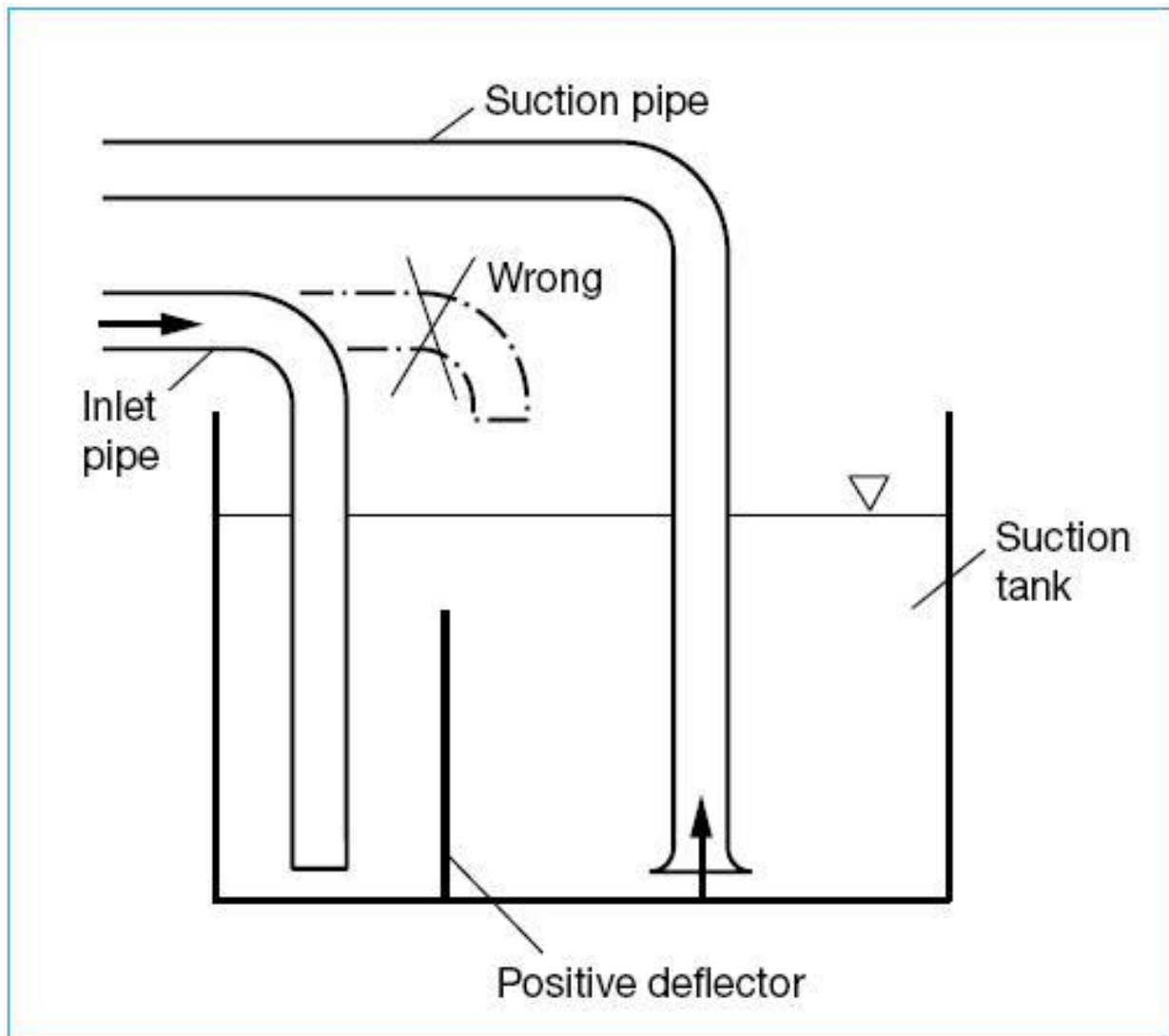
5.7.1) El Vórtice en la Aspiración

Cuando la tubería de aspiración no está suficientemente inmersa en el depósito puede tener lugar la entrada de aire en la bomba debido a la rotación del agua con formación de torbellinos (vórtice). Comenzando con la formación de una cavidad en forma de embudo a nivel superficial, surge bruscamente como un canal de aire desde la misma superficie hasta la embocadura de la tubería de aspiración. Con una suficiente inmersión o tomando las medidas necesarias, puede evitarse esta formación de vórtice, la cual se hace más considerable cuanto mayor sea el caudal bombeado.



Cuando no sea posible conseguir, temporal o permanentemente, de la altura de líquido necesario, se recurre a dispositivos como los representados en las figuras siguientes, para evitar la succión de aire por vórtice.





5.7.2) Bolsas de Aire en la Aspiración

El aire ocupa siempre los puntos altos de la conducción de líquidos y si éste no tiene salida al exterior, se acumula en estos puntos produciendo un estrangulamiento en el paso del agua con la consiguiente reducción del caudal, pudiendo ocasionar incluso una obstrucción total.

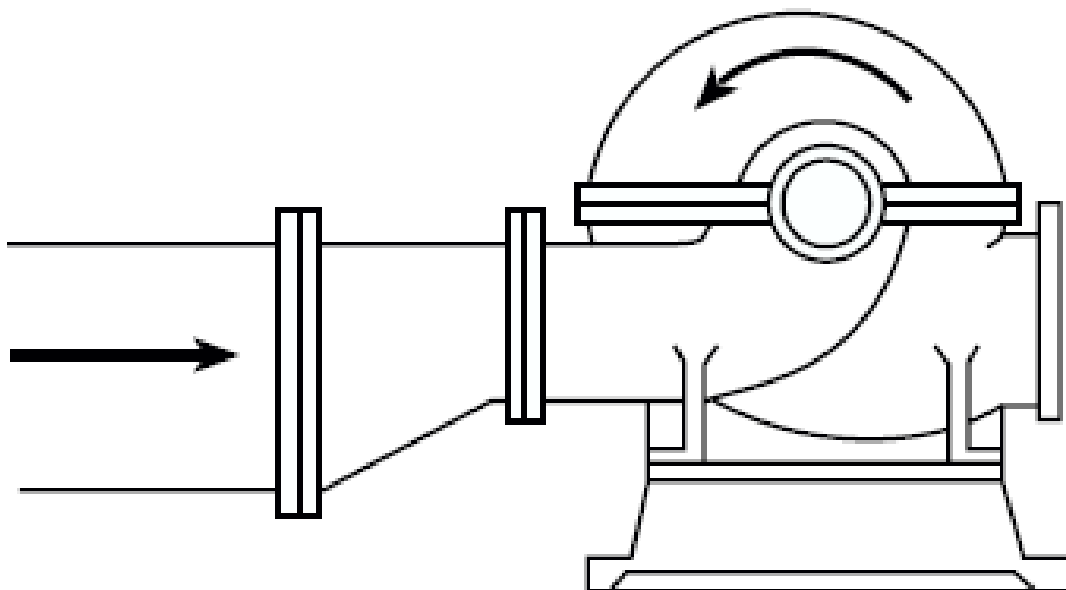
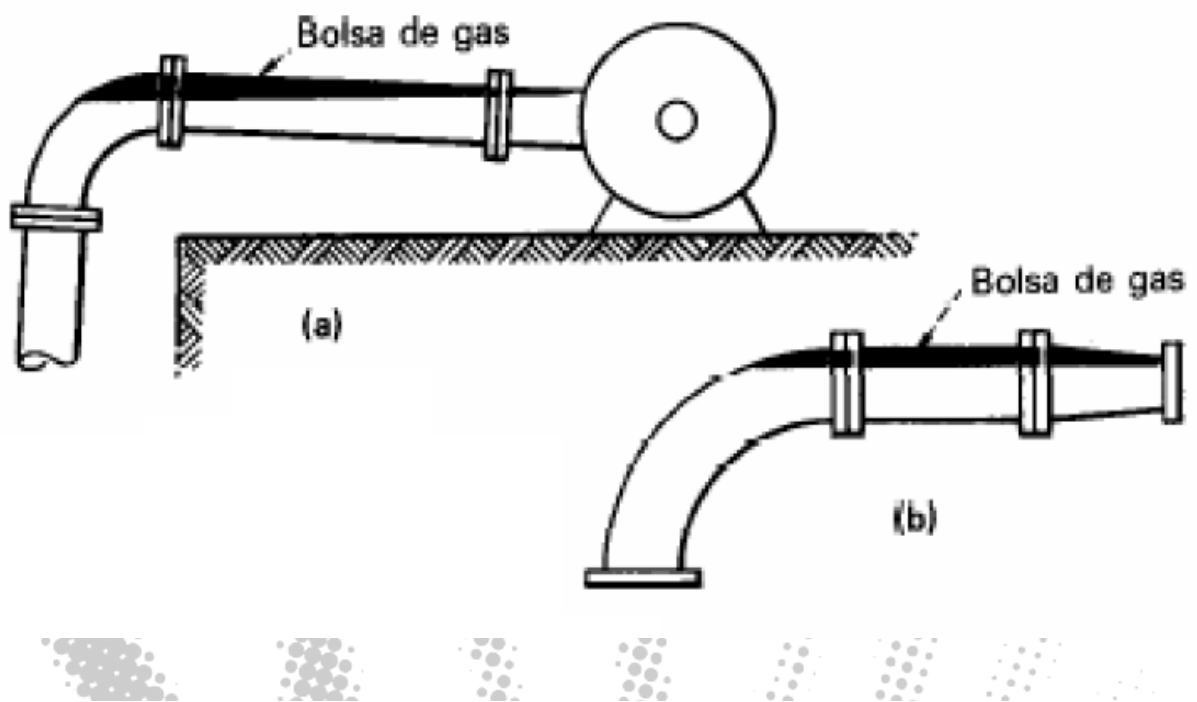
Las principales causas que producen bolsas de aire en la aspiración son las siguientes:

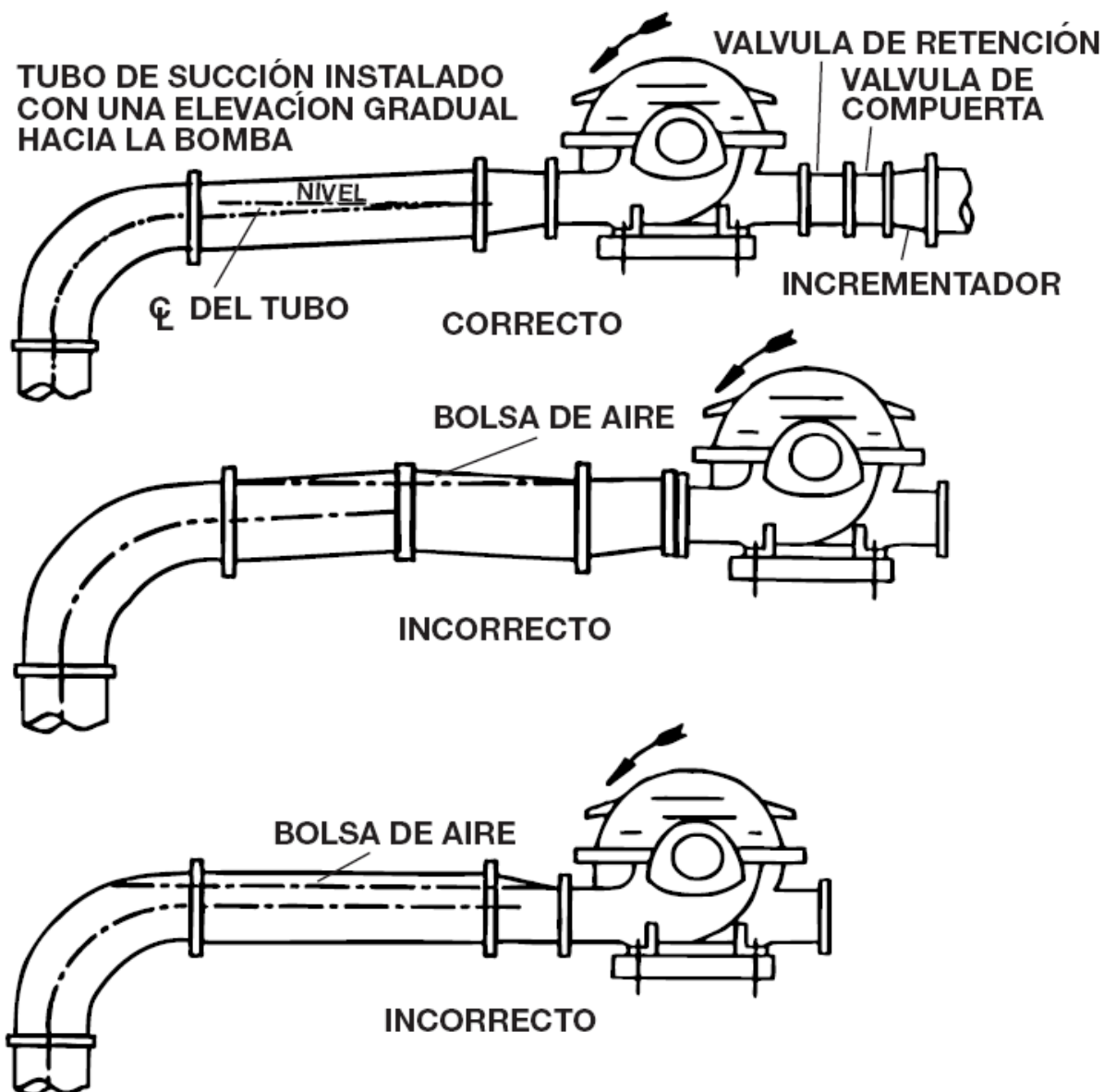
- Puntos altos en la tubería
- Reductores concéntricos que llegan a la boquilla de la bomba
- Juntas más pequeñas que el tubo o colocadas excéntricas

La forma de evitar las bolsas de aire son:

- Una pendiente gradual de los tubos
- Reductores excéntricos

- Juntas con diámetro interior mayor que el del tubo.





6) SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA

El objetivo del sistema de distribución de agua es el de transportar los caudales de agua requeridos por los sistemas de protección instalados, de forma eficiente y confiable. Es decir, el sistema de abastecimiento junto con la red de tuberías de distribución deben garantizar una disponibilidad (caudal y presión) apropiada para que los sistemas de protección contra incendios puedan desempeñarse como se espera.

6.1) Materiales

Actualmente hay una interesante variedad de materiales para construir las redes de incendios, lo más recomendable es recurrir a normas que establezcan que materiales sirve para que situaciones.

Algunos de los más usados son:

- Tradicionalmente se usan las tuberías de acero sin costura de sch 40.
- Tubos negros o galvanizados según norma IRAM 2502.
- Tubos ASTM A53 Schedule 40.
- Tubos ASTM A53 Schedule 80.
- PVC, PRFV, PPN PP para cañerías enterradas.

Los ramales aéreos de acero se recomiendan siempre hacerlo de acero, mientras que para las cañerías enterradas se aceptan materiales sintéticos como PVC (Policloruro de Vinilo), PRFV (Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio), PPN (Polipropileno) y PP (Polietileno de Alta Densidad)

La prueba de presión es por lo general superior al 50% a la máxima presión de trabajo prevista.

6.2) Acoplamiento de Tuberías

Los sistemas de unión de cañerías que se usan en redes de incendios son los indicadas en el siguiente cuadro. El roscado queda limitado a diámetros reducidos siendo por lo general la combinación soldadura + brida o soldadura + ranurado las que se usan, imponiéndose actualmente el ranurado por sobre el bridado por múltiples ventajas.

	Ranurado	Soldable	Bridado	Roscado
Una unión en cada junta	Si	No	Si	No
Amortigua vibración y ruido	Si	No	No	No
Permite la contracción y expansión	Si	No	No	No
Deflexión angular después del ajuste	Si	No	No	No
Flexibilidad cuando se necesita	Si	No	No	No
Menos riesgo de incendio al instalar	Si	No	Si	Si
Fácil mantenimiento o reparación	Si	No	Si	No
Más económico	Si	No	No	No



Bridas



Ranurado



Ranurado

6.3) Tuberías y Accesorios

Aunque normalmente se usan las tuberías de acero sin costura de sch 40, que, además, es lo que la mayoría de las compañías de seguro recomiendan; el tipo de cañería debe determinarse para cada instalación en particular, tomando en consideración su resistencia al fuego, presión máxima de trabajo, condiciones de instalación, tipo de suelo, corrosión, cargas externas debidas a tráfico o de otra índole.

Todos los accesorios como "T", codos, uniones, reducciones, bridas, etc., deben ser del tipo y clase compatible con la tubería utilizada.

6.4) Válvulas

Se necesitan con el fin de lograr la confiabilidad que se desea. Las válvulas de seccionamiento se instalan para limitar la cantidad de equipos o sistemas de protección contra incendios fuera de servicio; cuando ocurre un daño en la red, se repara o durante una ampliación, además, las válvulas controlan el suministro de agua a la red y controlan el agua a los sistemas.

Las válvulas de seccionamiento deben ser preferentemente del tipo válvulas compuerta con indicación de su posición.

Estas válvulas no podrán cerrarse en menos de cinco (5) segundos cuando se operan a máxima velocidad desde su posición totalmente abierta.

Son aceptables las válvulas de compuerta subterráneas equipadas con un poste indicador. Si no hay otra alternativa se permite el uso de válvulas enterradas con una boca de calle y llave en "T".

Todas las válvulas deben tener identificación para indicar su función y lo que controlan. Igualmente debe existir un medio de garantizar que se encuentren en su posición normalmente abierta (o cerrada), esto puede realizarse por medio de elementos de supervisión con indicación en su sitio constantemente atendido o por medio de candado u otros medios que garanticen su posición.

Algunas compañías aseguradoras requieren válvulas de seccionamiento, como se indica:

- Una a cada lado de toda conexión que suministra agua a la red.
- A lo largo de las tuberías principales, de tal forma que el número de unidades de protección contra incendios (rociadores, hidrantes, etc.) ubicadas entre dos válvulas de seccionamiento no sean excesivas.
- A cada lado de un río, canal, vías férreas, etc., cuando una tubería principal tiene que pasar por debajo de ella.
- En la intersección de los lazos o anillos más importantes.

6.4.1) Válvula Reductora de Presión

La válvula de control reductora de presión es la válvula de control hidráulico que reduce la alta presión de aguas arriba a un valor deseado de presión inferior por medio la incorporación de válvulas piloto reductoras de presión.

El reductor de presión de la válvula de control regula el valor de la presión aguas abajo continuamente y lo mantiene constante sin ser afectado por el caudal de aguas arriba y los valores de presión.

Cuando no hay flujo existe en el sistema, se cierra por sí misma automáticamente. Cuando el valor de presión de entrada en la válvula disminuye por debajo del valor ajustado a la presión de aguas abajo, se abre completamente por sí misma. La válvula puede ser usada en posición vertical y horizontal en el sistema.

6.4.2) Válvula de Alivio Rápido



6.4.3) Válvula Sostenedora de Presión

La válvula de control hidráulico sostenedora de presión mantiene valor de presión constante aguas arriba de la válvula.

La válvula se abre cuando la presión de la línea alcanza el nivel de presión ajustado en la válvula.

Se asegura de que la bomba de motor dentro de los sistemas de bombeo se inicie sin carga. También evita las ondas de presión positivas causadas por la bomba durante el arranque. La válvula controla valor de la presión aguas arriba continuamente y lo mantiene en un valor constante sin ser afectado por los cambios en las tasas de flujo. Cuando no existe flujo, se cierra y sella por sí misma de manera total.



6.5) Técnicas de Instalación de las Tuberías

Normalmente las tuberías de las redes de distribución de agua para incendio se instalan subterráneas para evitarles daños mecánicos (vehículos, explosiones, incendios), si esto no es posible, o no se adopta este tipo de disposición, se deberán tomar las precauciones necesarias para minimizar los daños.

Las tuberías subterráneas se deberán enterrar a una profundidad de 0,80 m por encima del tubo como mínimo. En caso de cruce de vehículos, la distancia será de 0,90 m y en el cruce de vías férreas de 1,20 m.

Nunca se deberán instalar tuberías por el centro de una calle y menos por debajo de edificaciones o equipos de proceso. Se dará preferencia a las aceras y zonas verdes.

El trazado de las tuberías, deberá ser preferiblemente en tramos rectos y formando un anillo de alimentación. Se deberán instalar válvulas de seccionamiento en puntos estratégicos con el fin de dar flexibilidad al sistema.

Los tubos se deberán apoyar en toda su longitud y no únicamente en los extremos (campanas o espigas), o sobre bloques.

Durante los lapsos de tiempo que dure la suspensión normal o forzada de los trabajos, todas las aberturas de las tuberías se deben tapar para evitar que entren piedras y otros materiales extraños al sistema.

Para el caso de tuberías a la vista, éstas no deben instalarse en áreas de alto riesgo o en sitios donde estén sujetas a daños mecánicos o por incendio. Se pueden ubicarlas en áreas de alto riesgo cuando existe un sistema de rociadores automáticos que las protege. Las tuberías y todos los accesorios se deberán proteger contra la corrosión cuando estén expuestas a la intemperie u otras condiciones ambientales adversas.

6.6) Métodos de Anclaje

Con excepción de las juntas soldadas en tuberías de acero y las juntas con diseño especial que impida su deslizamiento, se deben contemplar métodos de anclaje para las "T", tapones, codos, curvas, hidrantes y tubos unidos por juntas del tipo deslizantes.

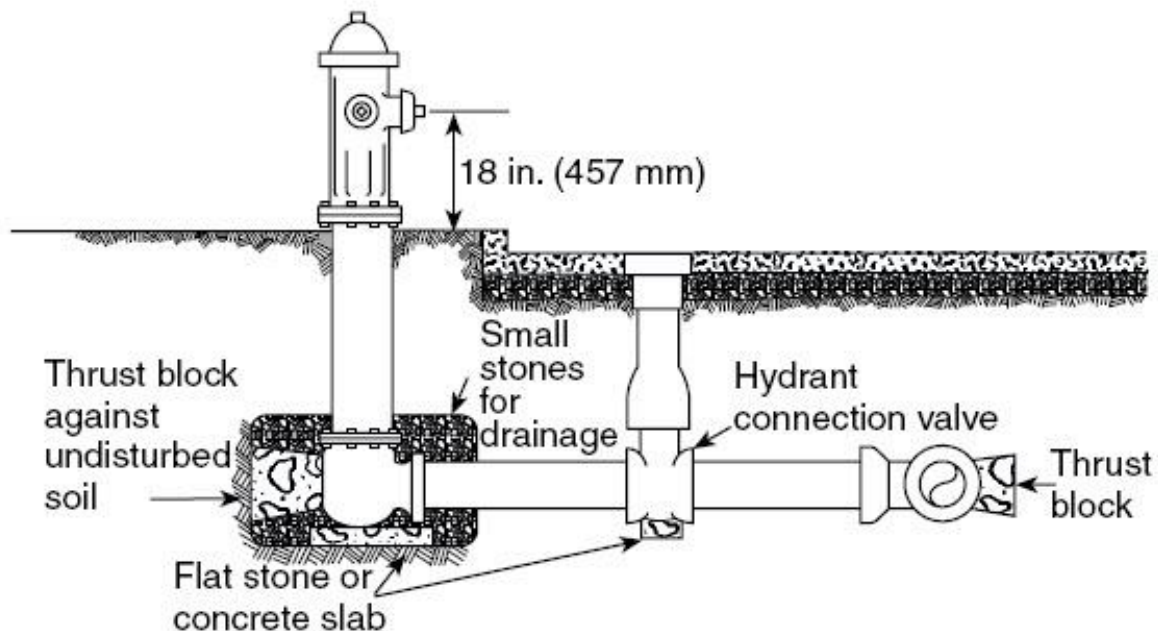


FIGURE A-4-3.3 Typical hydrant connection

Los métodos más usuales son:

- Bloques de empuje.
- Abrazaderas y tirantes.
- Juntas mecánicas.
- Juntas deslizantes con bridas de retención.

La selección del método dependerá de las condiciones del suelo, espacio disponible y del tipo de tubería que se va a instalar.

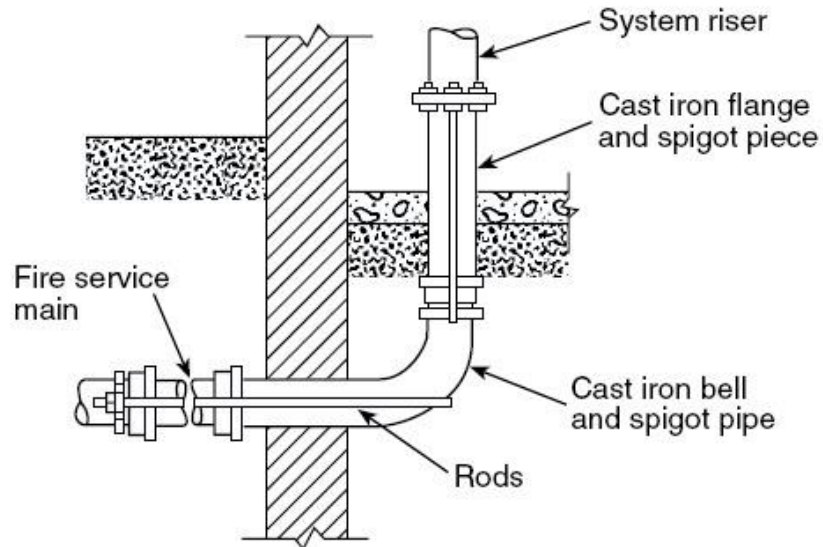


FIGURE A-8-6.2(b) Typical connection to a fire protection system riser

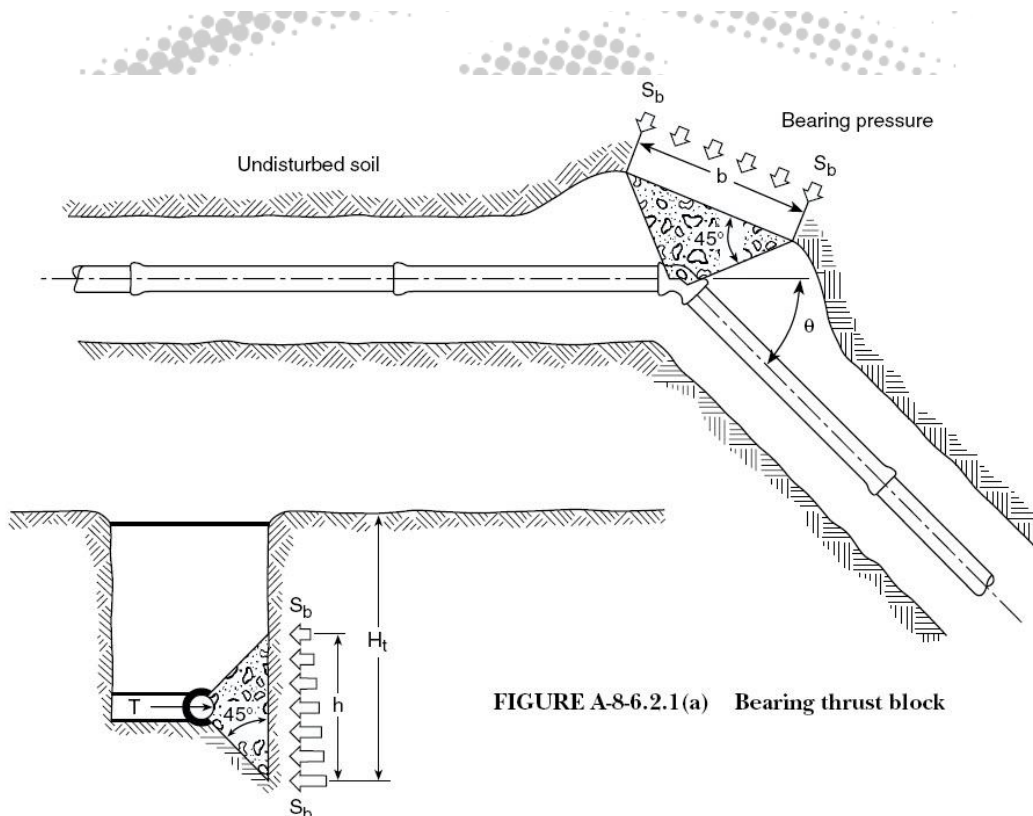


FIGURE A-8-6.2.1(a) Bearing thrust block

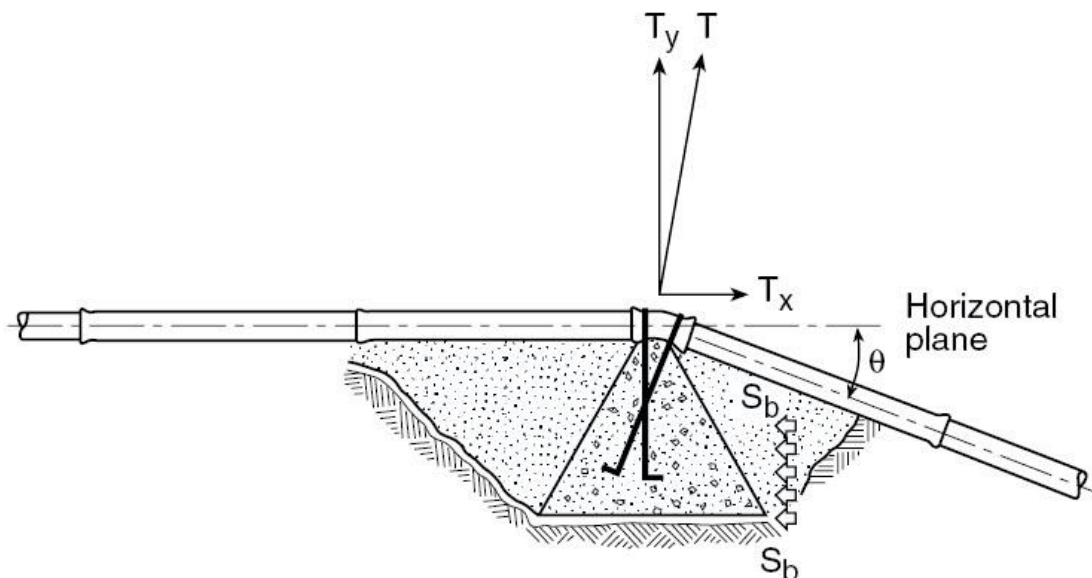


FIGURE A-8-6.2.1(b) Gravity thrust block

7) SISTEMAS DE IMPULSIÓN

Los tipos de sistemas de impulsión que se emplean en sistemas de protección contra incendios son:

- Presión propia (redes de uso público).
- Presión de altura (depósitos o fuentes elevadas).
- Equipos de bombeo.
- Presurización neumática (depósitos de presión).

El cuadro indica las posibles combinaciones de fuentes de alimentación (con reserva de agua suficiente) y sistemas de impulsión.

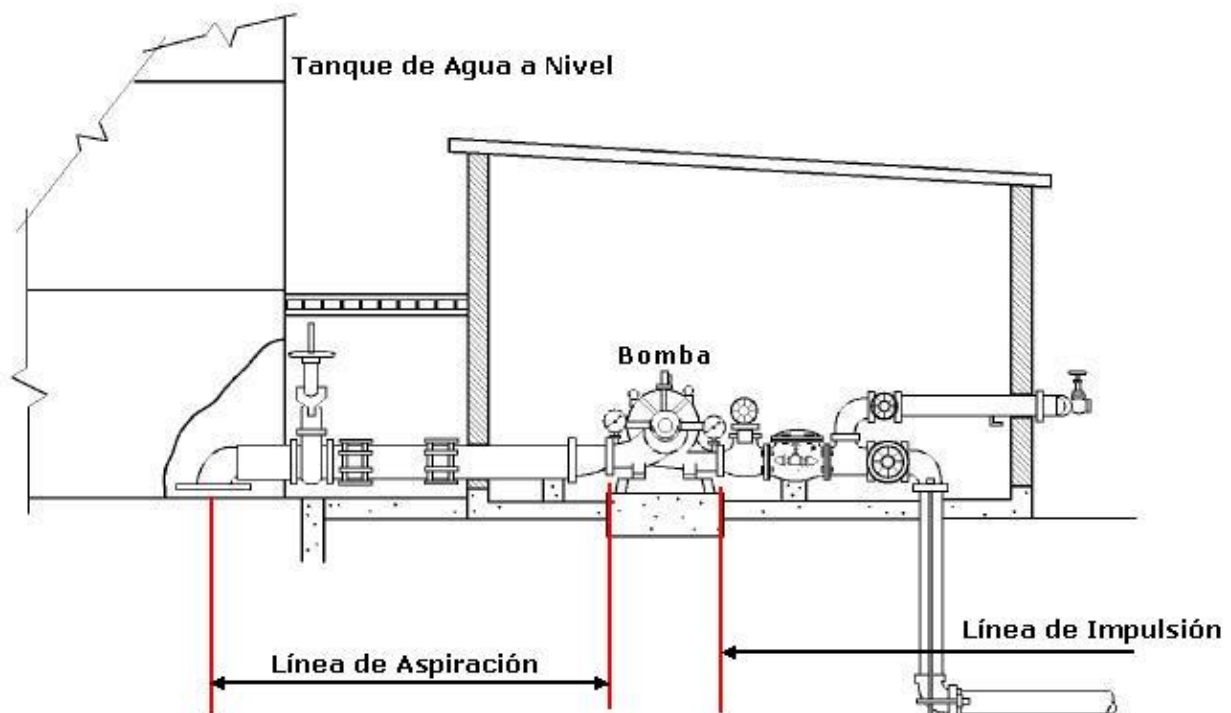
FUENTE DE ALIMENTACIÓN DE AGUA		SISTEMA DE IMPULSIÓN	
Red Pública	Presión suficiente	Presión propia	
	Presión insuficiente	Presión propia + equipo bombeo refuerzo	
Fuentes Inagotables	Altura suficiente	Presión de altura	
	Altura insuficiente	Presión de altura + equipo bombeo refuerzo	
		Equipo de bombeo	
Depósitos	Depósito de aspiración	Equipo de bombeo	
	Depósito elevado	Altura suficiente	Presión de altura
		Altura insuficiente	Presión de altura + equipo bombeo refuerzo
	Depósito de presión	Presión neumática	

8) BOMBAS DE INCENDIO

Hay en día la bomba de incendio es del tipo centrífuga. Su solidez, fiabilidad, fácil mantenimiento y características hidráulicas, así como la variedad de formas de accionamiento (motores eléctricos, turbinas de vapor y motores de combustión interna) han dejado a las antiguas bombas de lado.

En una instalación para una bomba de incendios nos encontramos con los siguientes elementos básicos:

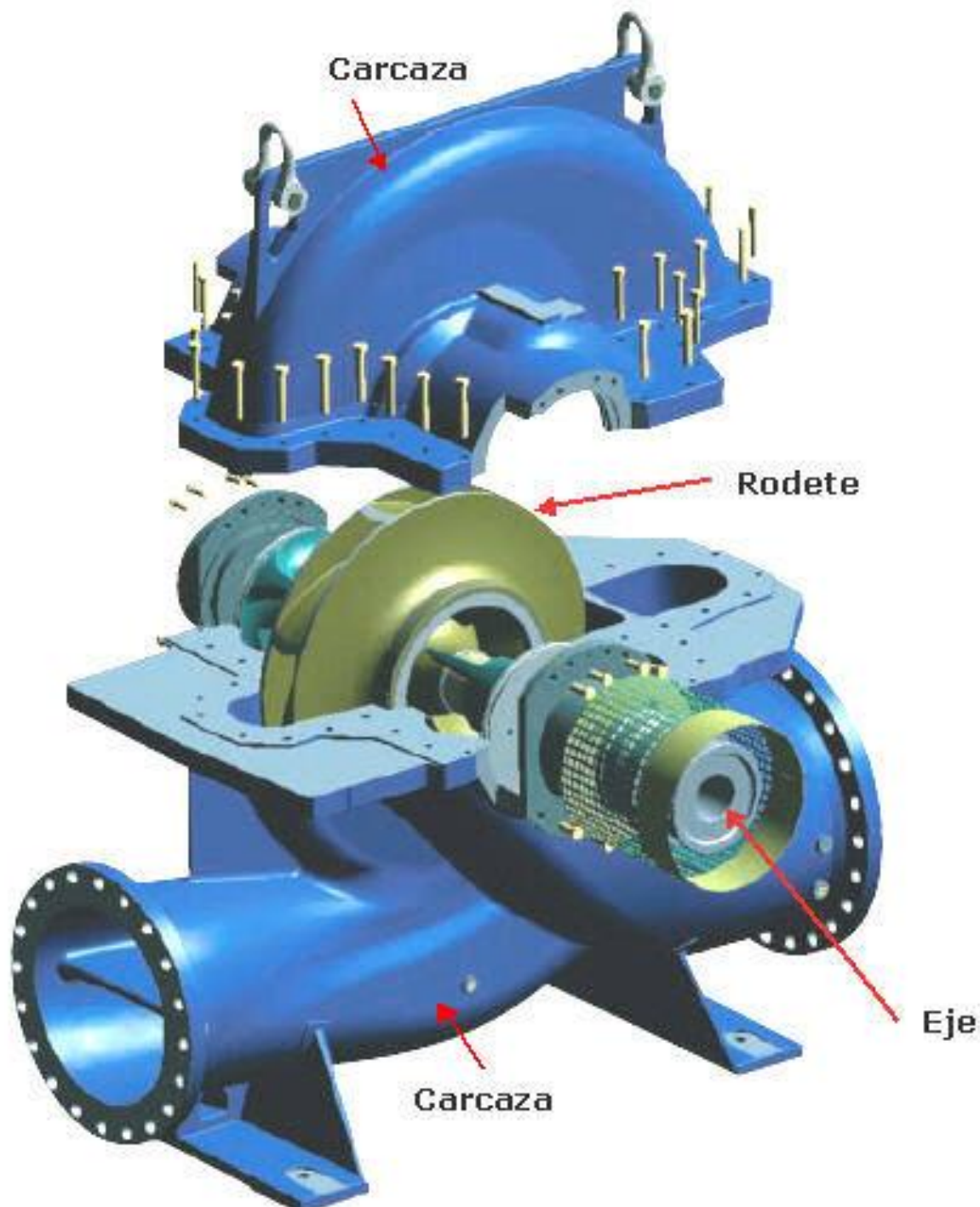
- **Línea de aspiración:** conjunto de tubería, válvulas y accesorios que se encuentran aguas arriba de la brida de aspiración de la bomba.
- **Línea de impulsión:** conjunto de tubería, válvulas y accesorios que se encuentran aguas debajo de la brida de impulsión de la bomba hasta la válvula de corte que independiza el equipo de bombeo de la red general de incendios.
- **Bomba:** máquina hidráulica que proporciona presión al líquido que circula a su través, para lo cual se le necesita aportar de energía. La bomba usada para incendios es del tipo "bomba centrífuga", bomba en la que la presión se desarrolla principalmente por efecto de la fuerza centrífuga.

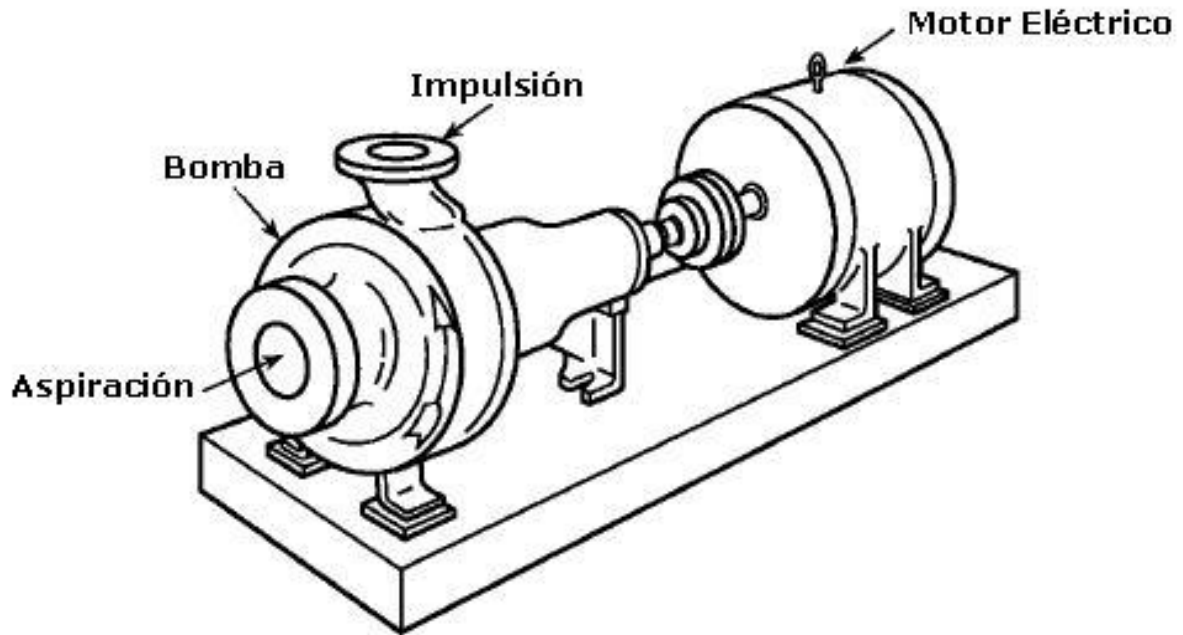


Una bomba está compuesta por las siguientes partes básicas:

- **Carcasa o cámara:** envolvente que encierra las partes de una bomba centrífuga en contacto con el líquido.
- **Rodete o impulsor:** dispositivo móvil solidario con el eje de la bomba cuya misión es comunicar la presión al líquido.

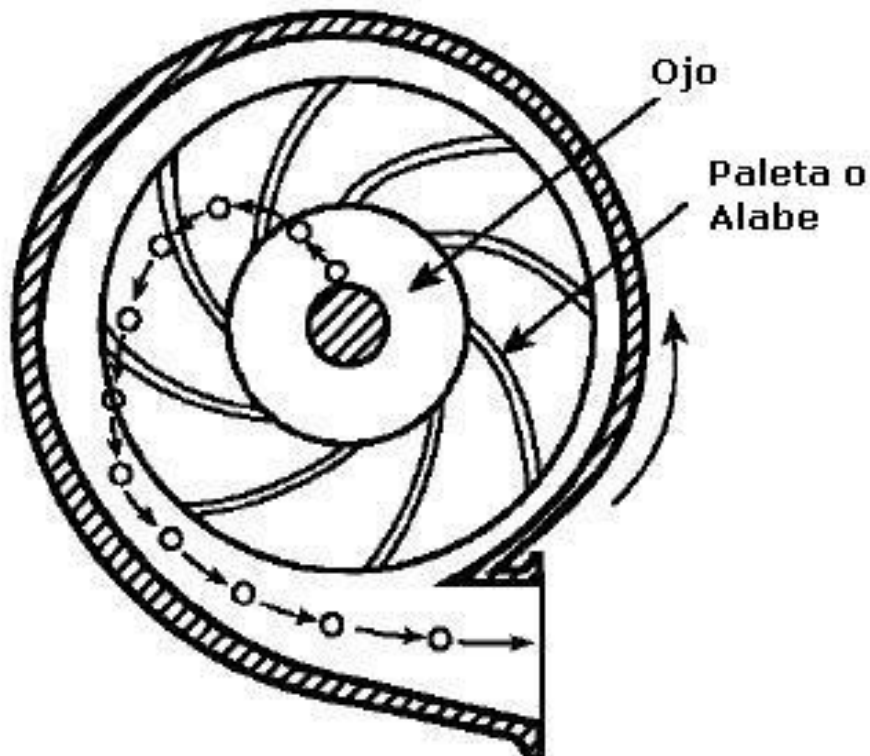
Un motor, eléctrico o de explosión, entrega energía a la bomba que se usa en parte para aspirar el agua y en parte para impulsarla. En una red de incendios la función principal de la bomba es elevar la presión del agua, por lo que la mayor parte de la energía entregada por el motor la necesitaremos para impulsar el agua.

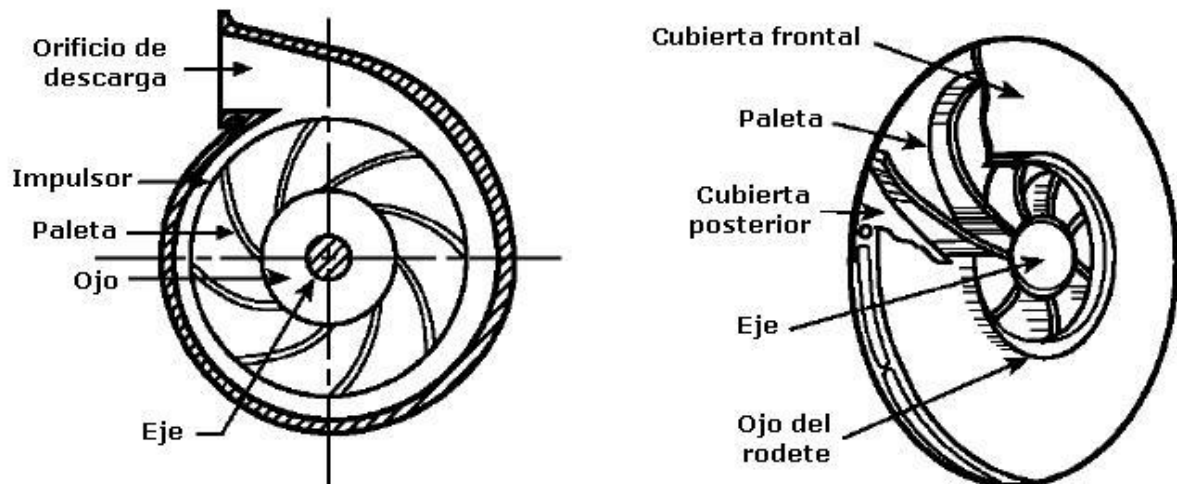




8.1) Principios de Funcionamiento de la Bomba Centrífuga

Los dos componentes principales de las bombas centrífugas son el disco llamado impulsor o rodete y la envuelta o caja dentro de la que gira. El principio de funcionamiento es la conversión de la energía cinética en energía de presión. La energía del motor se transmite directamente a la bomba por su eje, haciendo girar el rodete a gran velocidad.





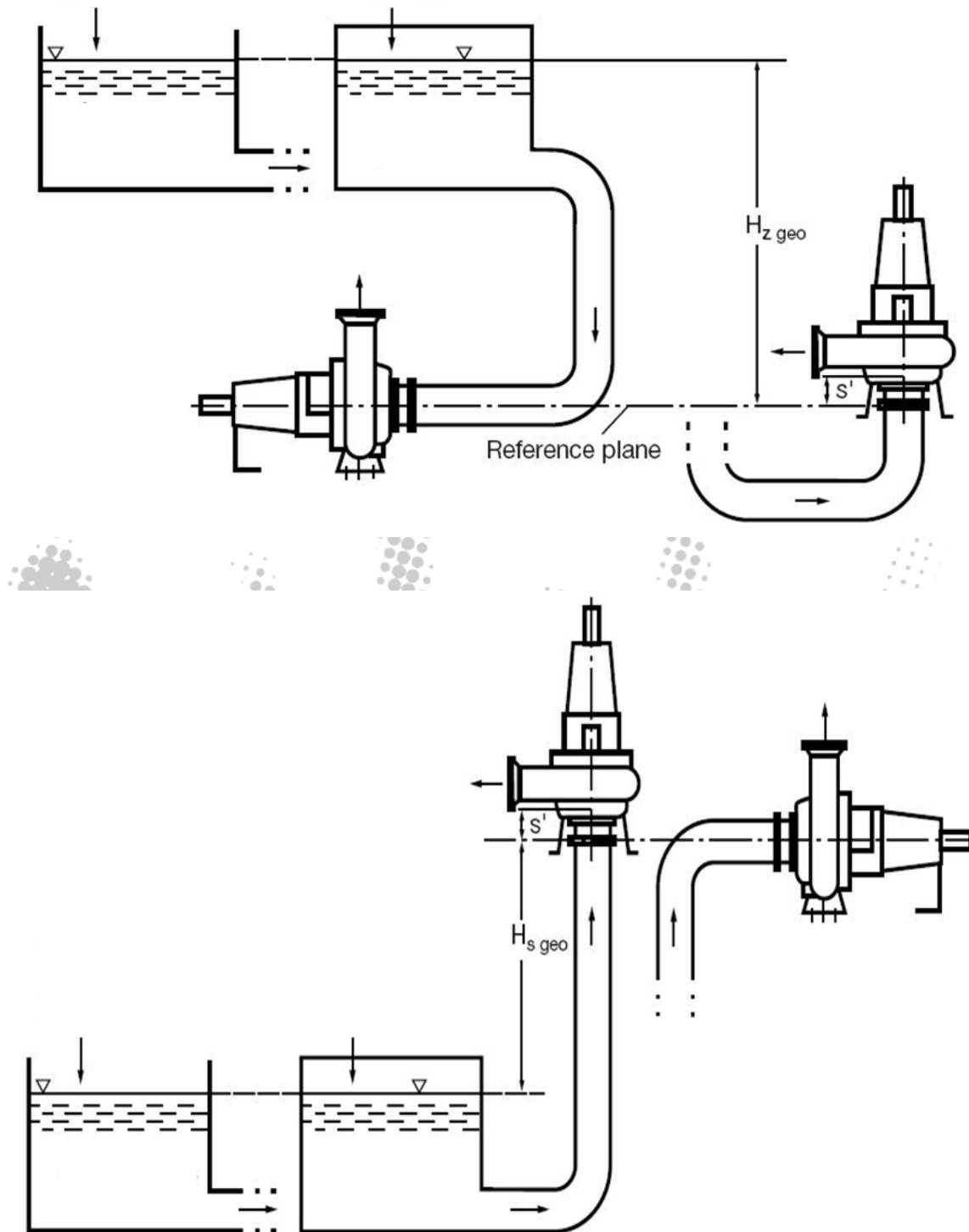
La bomba centrífuga con difusor de caracol, de doble aspiración, de una sola etapa y eje horizontal es el tipo más comúnmente empleado por el servicio de protección contra incendios. En estas bombas, el flujo de agua tras entrar por el orificio de aspiración y pasar al interior de la caja se divide y entra por ambos lados del rodete a través de una abertura llamada "ojo" de la bomba. La rotación del rodete a alta velocidad produce en el ojo del rodete de la bomba un vacío, es decir, un efecto de aspiración, haciendo que el agua sea aspirada desde el tanque hacia el ojo del rodete. La velocidad de giro del rodete le entrega al agua energía cinética haciendo que ésta se conduzca a alta velocidad desde el ojo del rodete hasta el extremo del alabe o paleta. La energía cinética adquirida por el agua en su paso a través del rodete se convierte en energía de presión por la reducción de la velocidad del agua al chocar en el interior de la carcasa o cámara. Por principio de conservación de la energía, al reducirse la velocidad del agua y con ello su energía cinética, ésta se convierte en energía de presión y en pérdidas por rozamiento, turbulencia y choque del agua en la carcasa.

8.2) Tipos de Bombas Centrífugas

8.2.1) Tipos de Bombas según el Pelo de Agua

En función de cómo esté instalada la bomba con respecto al nivel del agua aspiración, las podemos clasificar en:

- **Bomba en carga:** para las bombas horizontales de aspiración, aquellas en las que cualquiera que sea el nivel del depósito o fuente, éste se encuentra por encima de la parte más alta de la bomba.
- **Bomba en aspiración:** aquella que no está en carga. Estas bombas, con el objeto de evitar el vaciado de la línea de aspiración con la bomba parada cuentan con una válvula de pie (válvula antirretorno en el comienzo de la línea). No son instalaciones recomendadas para incendios, una falla o una basura que evite el correcto cierre de la válvula antirretorno, produce el vaciado de la bomba y de la línea de impulsión.



8.2.2) Tipos de Bombas según la Aspiración

En función de cómo sea la presión de la línea de aspiración, a las bombas las podemos clasificar en:

- Bomba de aspiración: bomba que toma el agua de una reserva de agua a presión atmosférica a través de una tubería.

- Bomba de refuerzo o el línea: bomba que aspira de una línea a presión, como por ejemplo una bomba conectada directamente a la red pública de agua.

8.2.3) Tipos de Bombas según su Forma Constructiva

En función de cómo está construida y armada físicamente, a las bombas las podemos clasificar en:



8.2.4) Bombas Centrífugas de Eje Horizontal

Bomba centrífuga cuyo eje de rotación se encuentra normalmente en posición horizontal.

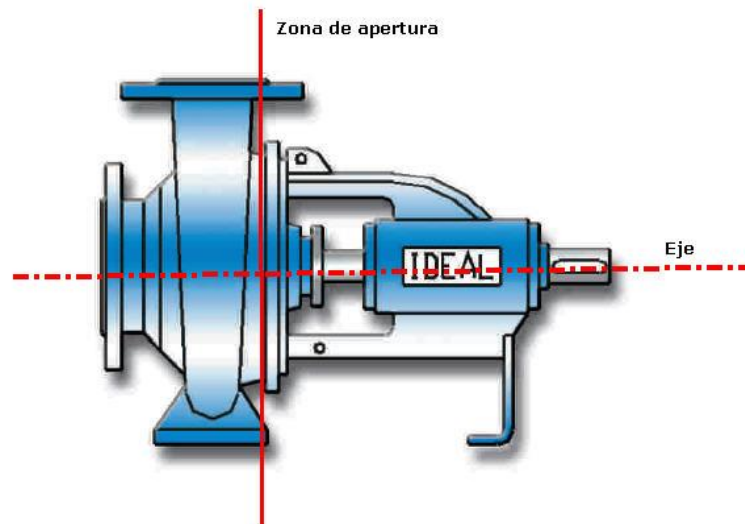
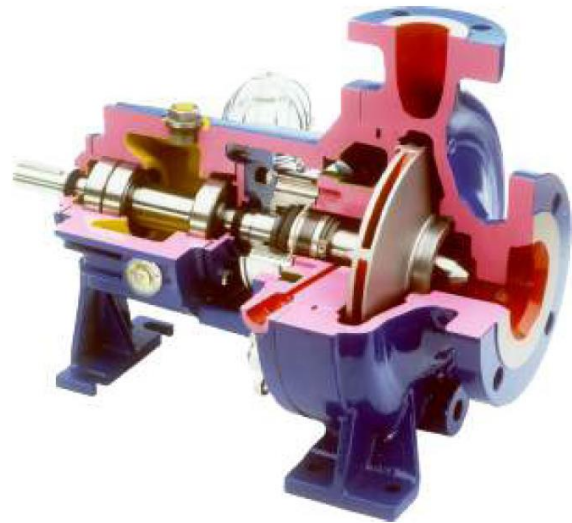
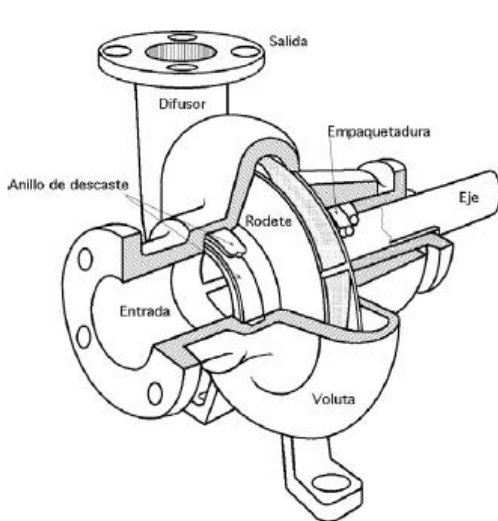
Las bombas de eje horizontal son para instalarse principalmente de forma tal que funcione con presión de aspiración positiva, es decir, como bomba en carga. Si la fuente de suministro de agua fuera de tales características que no pudiera evitarse la aspiración por elevación, es decir, la bomba funcionaría como bomba en aspiración, debe considerarse la posibilidad de instalar bombas de incendios verticales de tipo turbina.

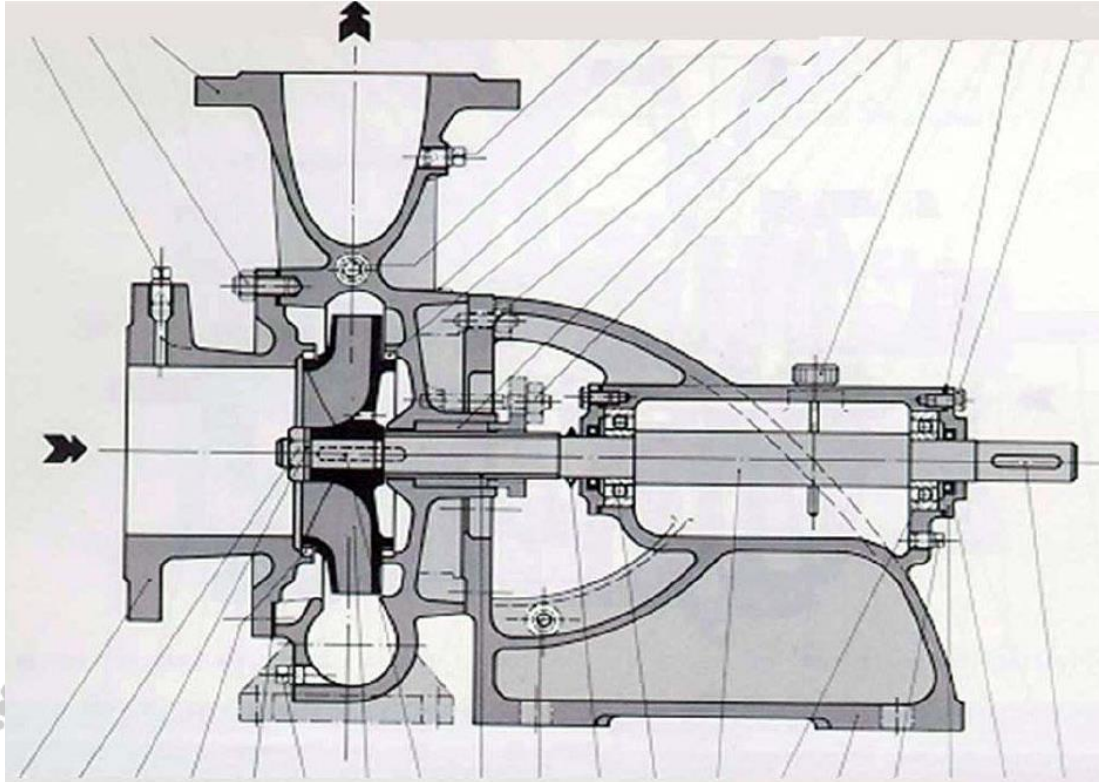
Cuando se tome agua de arroyos, lagunas u otros medios de agua al aire libre debe disponerse de tomas con filtros para impedir que los peces, materias extrañas, etc., entren en la bomba y, por consiguiente, en el sistema de alimentación de protección contra el fuego.

Es la bomba usada en los tanques de aspiración, su uso principal es como bomba principal de incendios.

a) Bomba Horizontal Tipo Caracol o de Cámara Partida Verticalmente

Bomba horizontal en la que el desmontaje de la carcasa se realiza en un plano perpendicular al eje de la bomba.

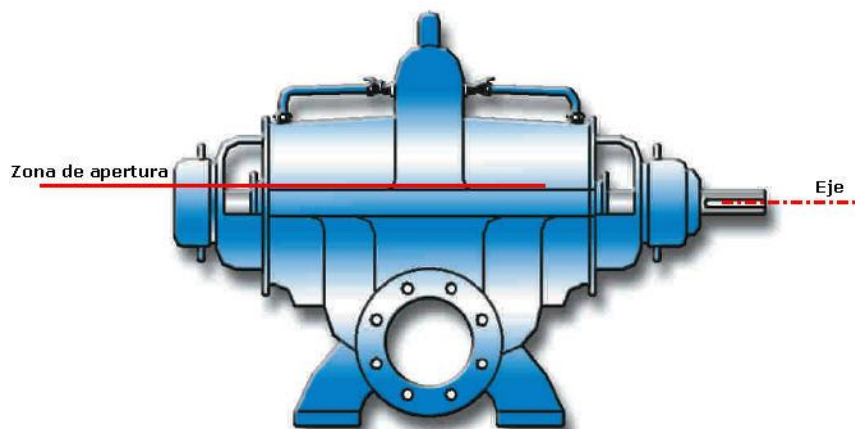




b) Bomba Horizontal de Cámara Partida Horizontalmente

Bomba horizontal cuya cámara está dividida por un plano que contiene al eje de la bomba. Los planos de las bridas de aspiración y de impulsión son paralelos al eje de la bomba.





8.2.5) Bombas Centrífugas de Eje Vertical

Bomba centrífuga cuyo eje de rotación se encuentra normalmente en posición vertical. Tenemos dos variantes de este tipo de bombas:

a) Bomba Vertical Tipo Turbina

Bomba centrífuga de eje vertical en la que los rodetes se encuentran sumergidos en el líquido del que aspiran.

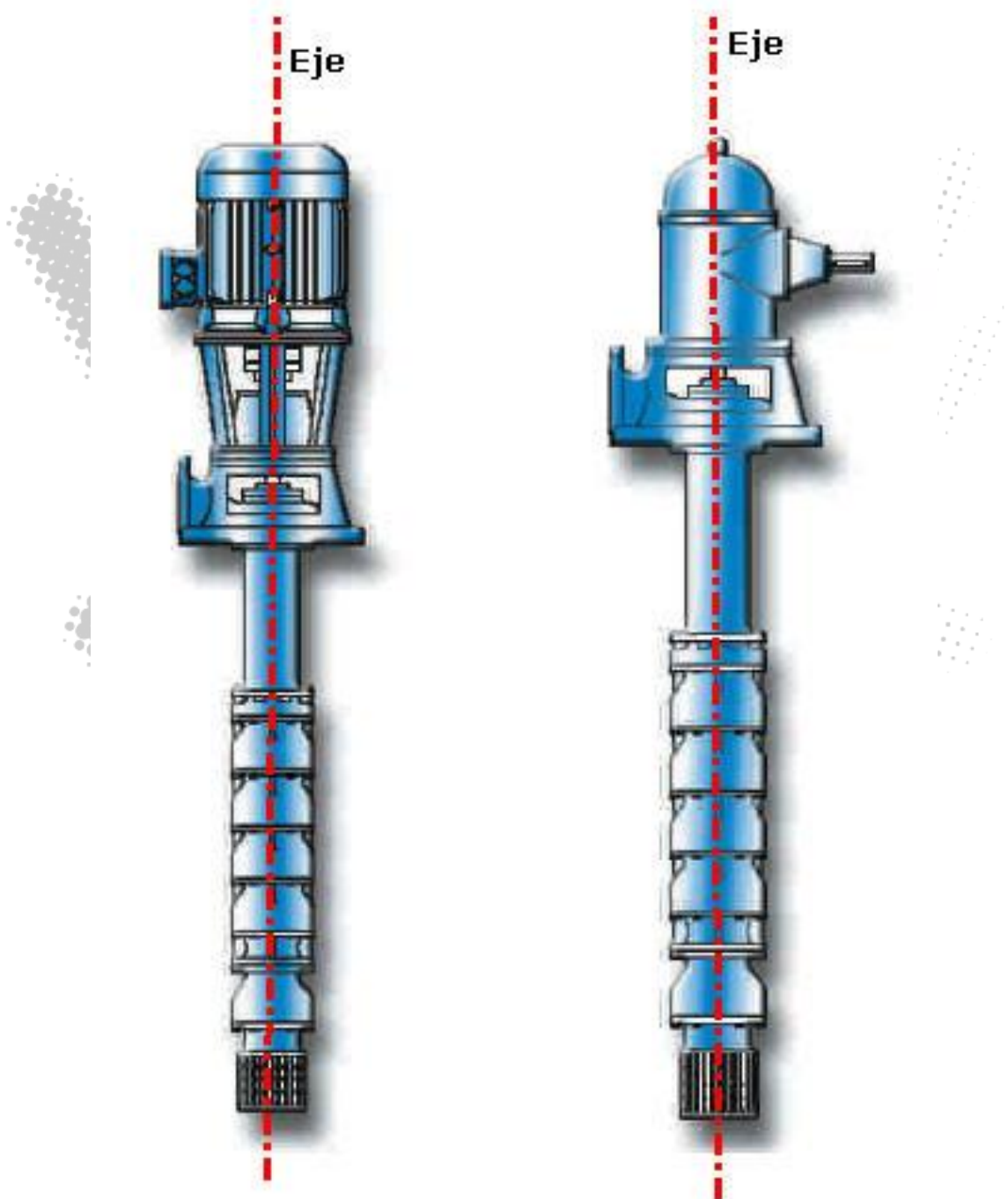
Las bombas verticales de tipo turbina se emplean para elevar agua de pozos no profundos. Como bombas de incendios se recomiendan para aquellos casos en que las bombas horizontales trabajan con altura de aspiración, es decir, como bomba en aspiración. Una característica destacable de las bombas verticales es su capacidad de funcionar sin cebado. Las bombas verticales pueden emplearse para bombear agua de arroyos, lagunas, pozos, etc., así como en servicio de refuerzo.

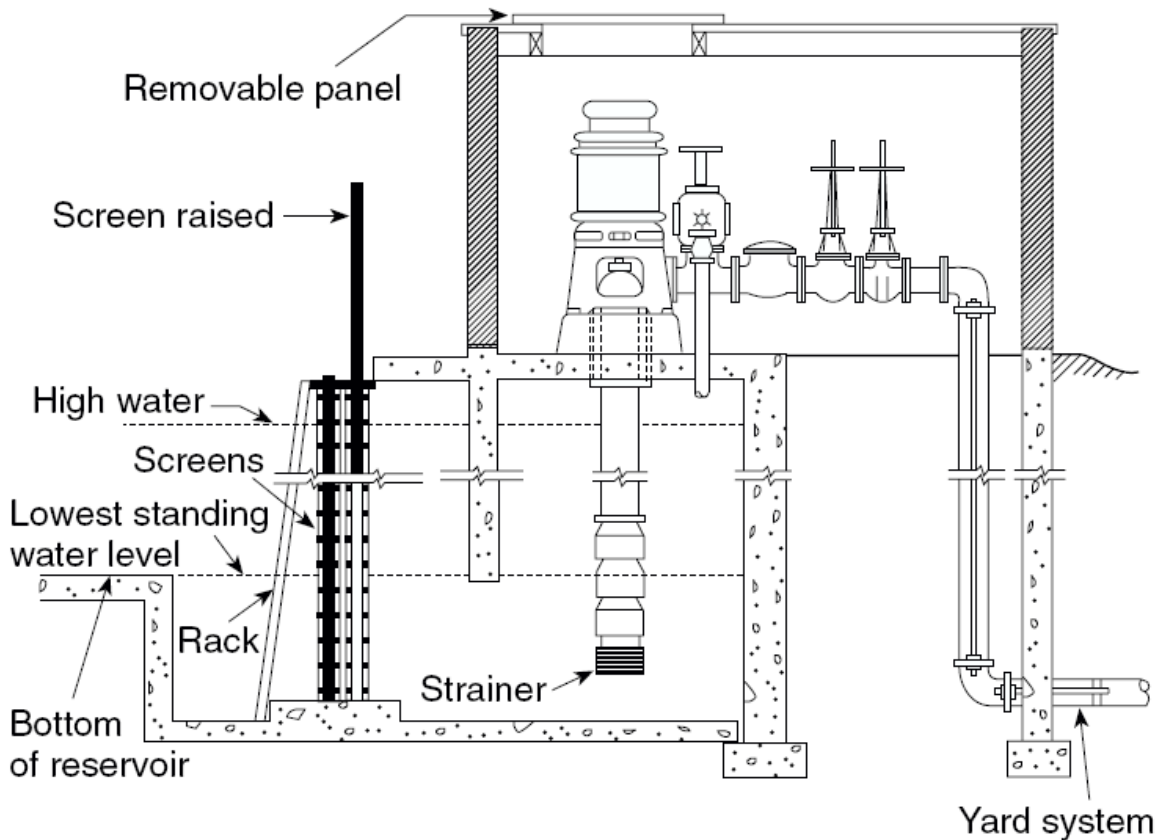
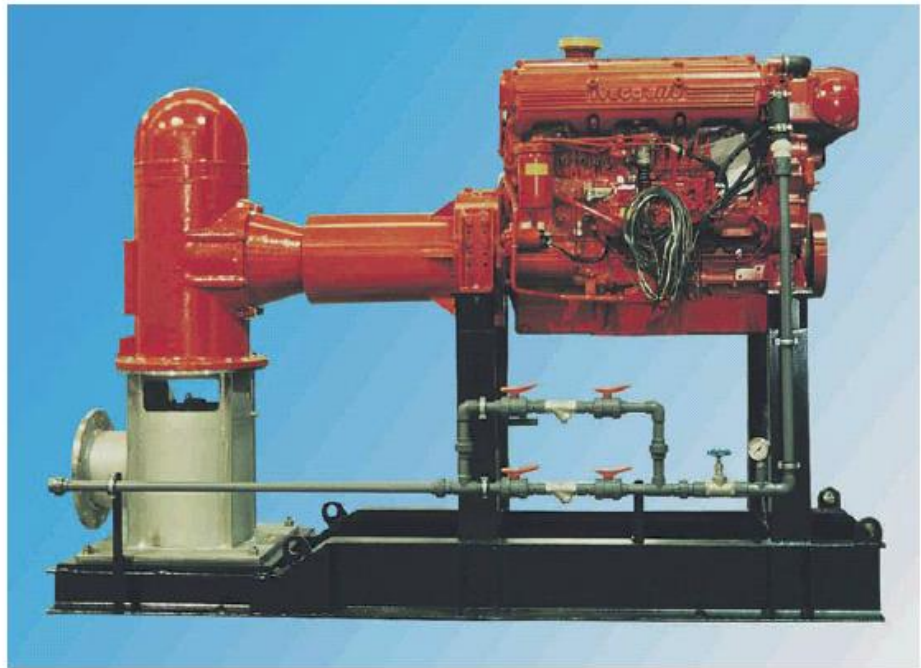
No se recomienda, para el servicio de incendios la aspiración de agua de pozos, aunque es aceptable cuando se haya establecido la adecuación y fiabilidad del pozo. En muchos casos,

el coste de instalación de una bomba de incendios para pozos profundos es prohibitivo, especialmente si el nivel de bombeo a la capacidad máxima se encontrara a más de 15 metros por debajo del nivel de la superficie.

Las bombas verticales de incendios típicas consisten esencialmente en un cabezal de motor o un engranaje de accionamiento en ángulo recto, un tubo vertical y un acoplamiento de descarga, un eje motor a la vista o encerrado, el conjunto de la caja de la bomba (que contiene los rodetes) y un filtro de aspiración. Su operatividad es comparable a la de las bombas centrífugas horizontales de varias etapas. Con la excepción de la presión de cierre (a caudal cero), la curva característica es igual a la de las bombas horizontales.

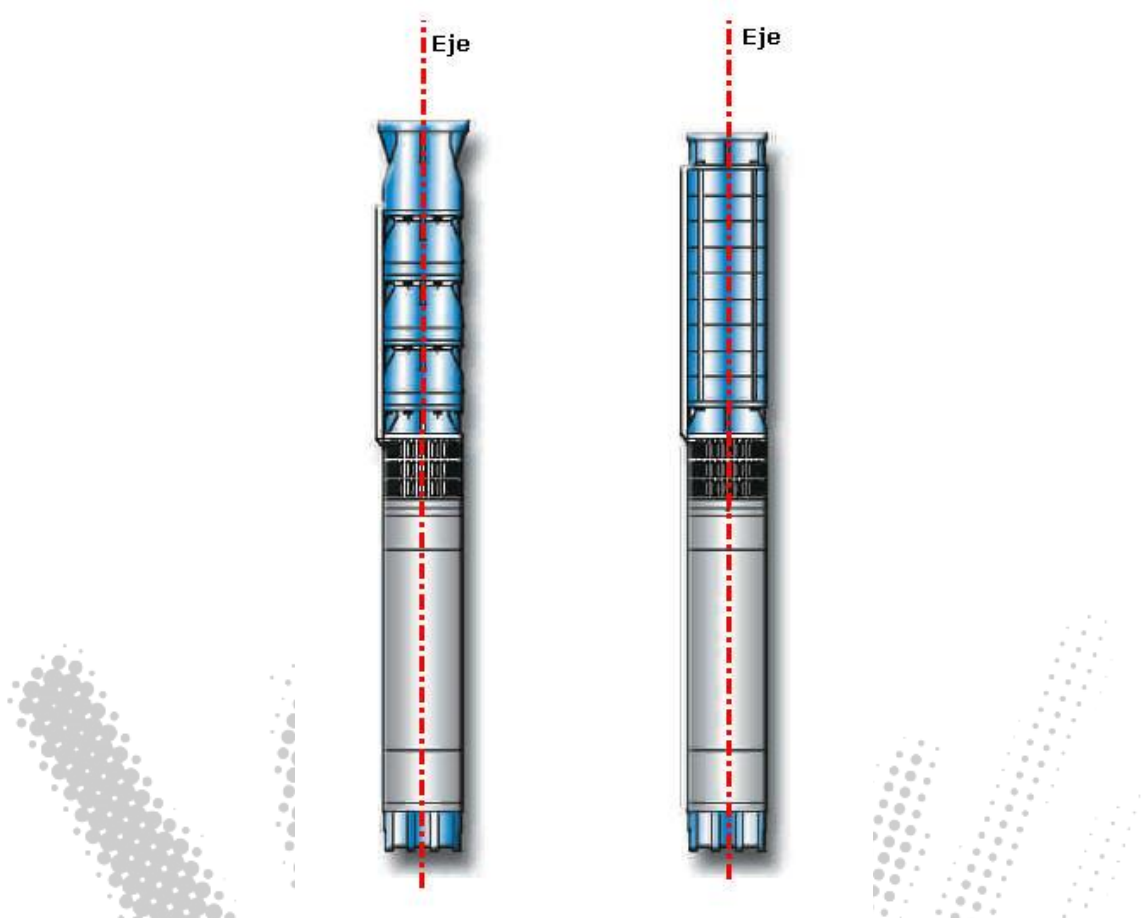
Otro uso de estas bombas es cuando no hay espacio suficiente para instalar una bomba horizontal.



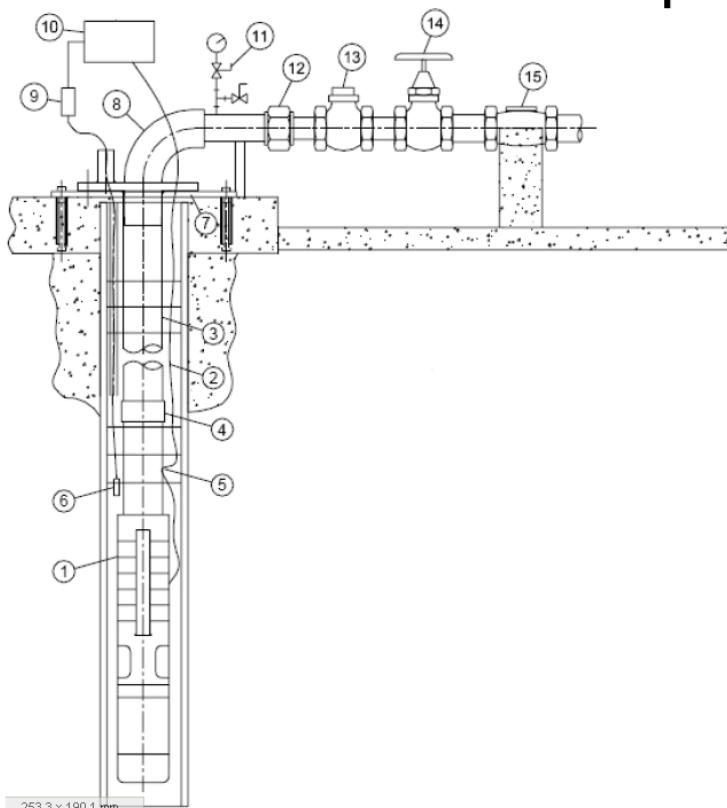


b) Bomba Sumergida

El motor y los rodets se encuentran sumergidos en el líquido que aspiran. Su uso principal son para pozos profundos.



Bombas de pozo profundo



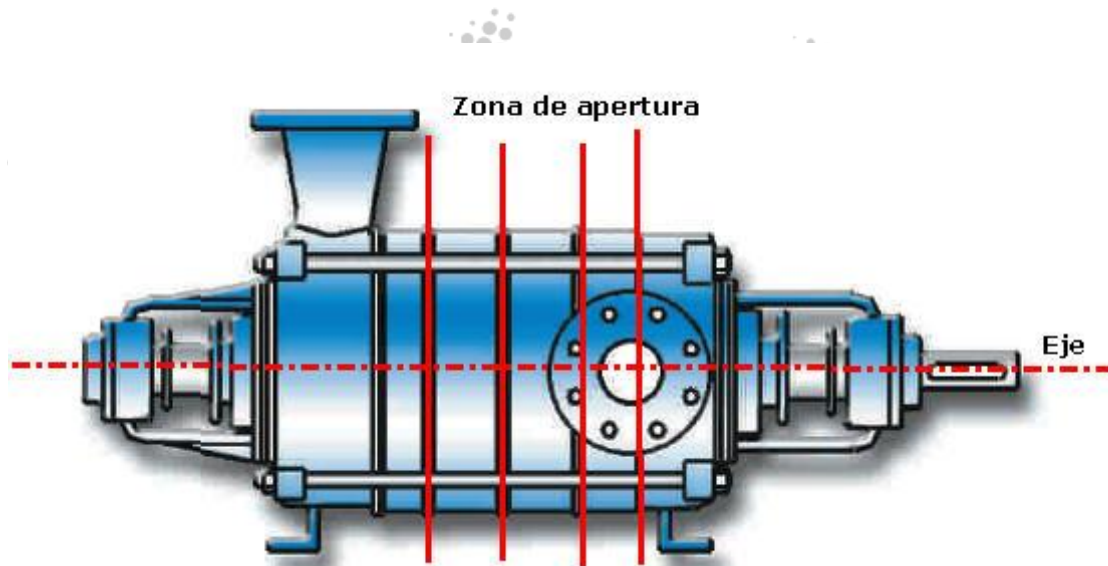
- 1.- Bomba Sumergible
- 2.- Cable Sumergible
- 3.- Tubería
- 4.- Unión
- 5.- Abrazadera de Cable
- 6.- Electrodo de Nivel
- 7.- Collar de Soporte
- 8.- Codo Descarga
- 9.- Control de Nivel
- 10.- Red Eléctrica
- 11.- Manómetro
- 12.- Unión Universal
- 13.- Válvula Check
- 14.- Válvula Compuerta
- 15.- Medidor Caudal

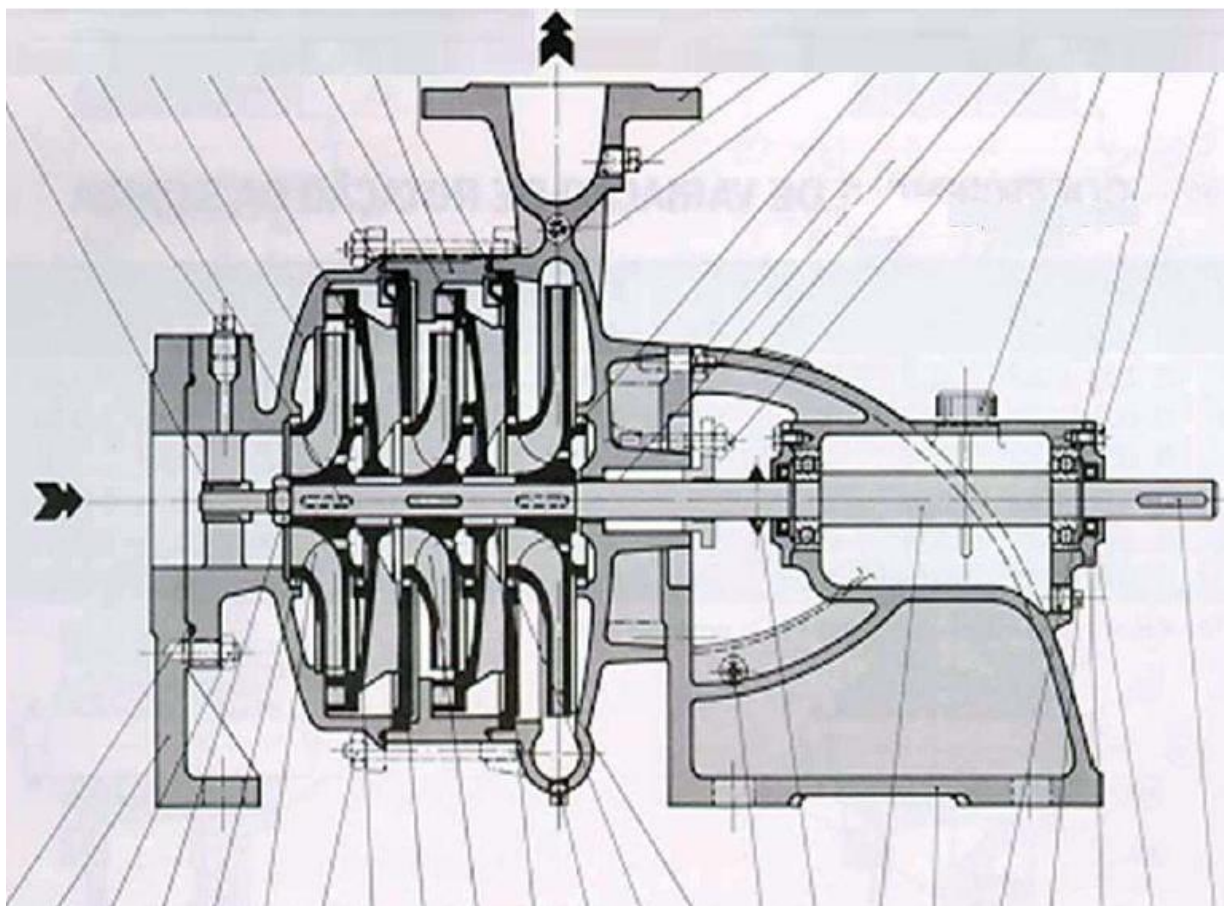
253.3 x 190.1 mm

8.2.6) Bombas de Varias Etapas

Cuando se quiere obtener mayores presiones en una bomba, las soluciones podría ser aumentar la velocidad de rotación del rodete, hacer un rodete más grande, a mayor distancia recorrida por el agua en el rodete sale con mayor velocidad ($v = d/t$) o ambas cosas al mismo tiempo. Pero esto tiene limitaciones del tipo constructivo y técnico, surgen vibraciones excesivas en el rodete, tensiones en el material del rodete que pueden hacer que estos se rompan con mayor facilidad, etc.; por consiguiente surgen las bombas del tipo multietapas.

Para obtener mayores presiones, se montan dos o más rodetes, con sus respectivas cajas envueltas, unidos a un mismo eje como una sola unidad, formando una bomba de varias etapas. La descarga de la primera etapa es aspirada por la segunda; la descarga de la segunda, por la tercera, y así sucesivamente. La capacidad de la bomba es el caudal que puede mover una etapa; la presión es la suma de las presiones de cada una de las etapas, menos una pequeña pérdida de carga.



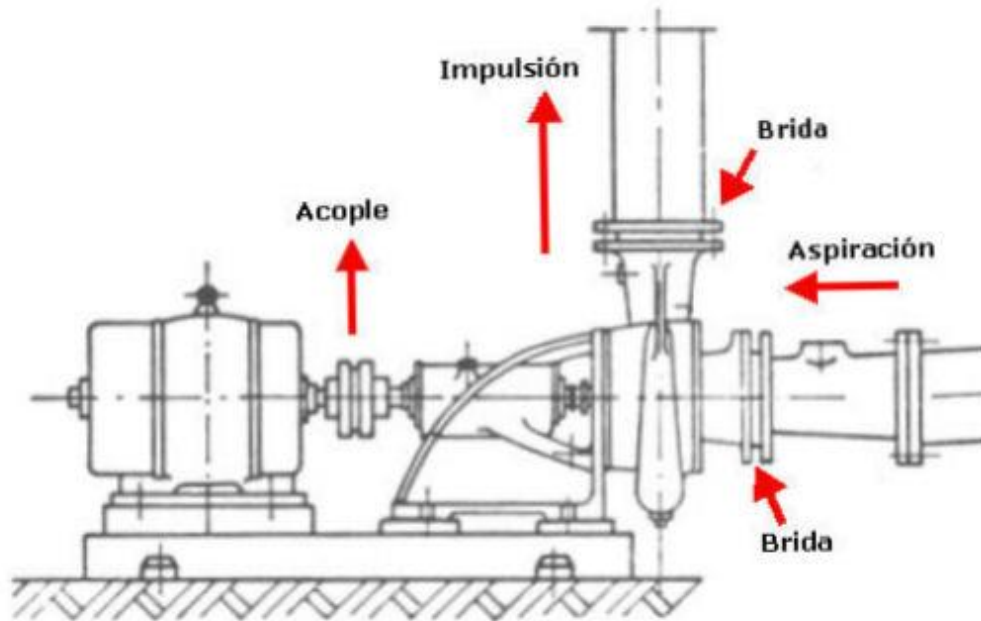


8.3) Comparación de Bombas

Un punto importante para seleccionar una bomba para incendios, entre los tipos de bombas horizontales, es la facilidad del mantenimiento y de las reparaciones.

Lo pasos que se deben dar para reparar una bomba de incendio del tipo de caballete como la de la figura son los siguientes:

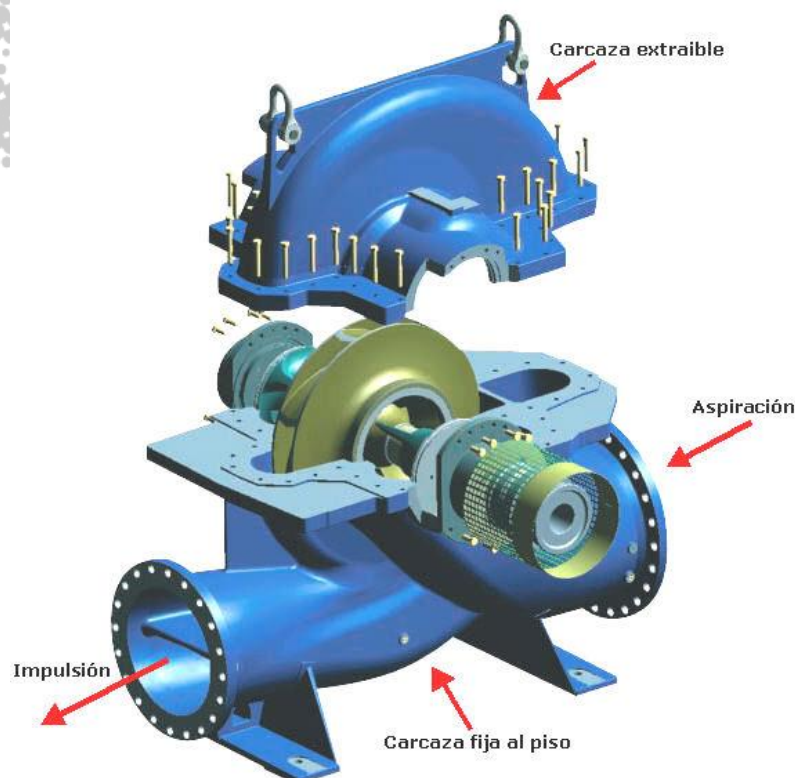
- Desacoplar la bomba del motor, desarmando el acople.
- Desacoplar la bomba de la cañería de impulsión desarmando la brida de impulsión.
- Desacoplar la bomba de la cañería de aspiración desarmando la brida de aspiración.
- Desmontar la bomba de la base.
- Por lo general son bombas grandes, por lo que se requiere una grúa o pluma y equipo de transporte.
- LLEVAR LA BOMBA al taller.



La bomba mostrada en la figura inferior es bomba horizontal partida horizontalmente. En esta bomba se ven a la aspiración e impulsión solidaria a la carcasa que va fija en la base, además, en la carcasa fija va montado el eje, el rodete y todos los accesorios.

Para realizarle el mantenimiento y reparación de esta bomba sólo se debe sacar los tornillos que unen la carcasa fija con la carcasa móvil o "tapa".

Este tipo de bomba es la bomba IDEAL para servicios contra incendios, no sólo por su rapidez de desarme, sino también, porque la aspiración se divide en dos e ingresa por ambos lados del rodete.

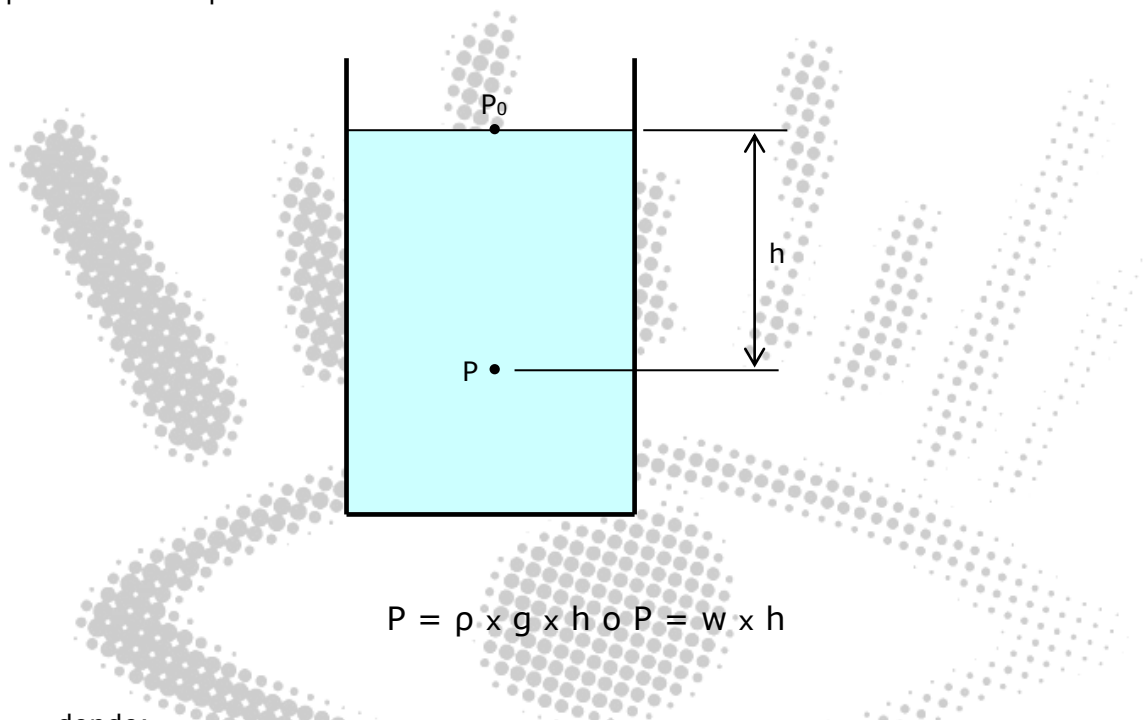


9) ESTUDIO DE LAS PRESIONES

La presión (P) mide la fuerza por unidad de superficie que causa un fluido por compresión. En la hidráulica de protección contra incendios, la presión se mide normalmente en kilopascales (kPa) cuando se usa un manómetro, o en altura (H) en metros de columna de agua. La presión se mide también normalmente como la altura de una columna de mercurio (unidad no usada habitualmente en temas de incendios).

9.1) Variación de la Presión en un Fluido en Reposo

Supongamos un recipiente que contiene un fluido en su interior y que está sometido a una presión " P_0 " (presión atmosférica), en el interior del fluido la presión a que estará sometido un punto " P " cualquiera será:



donde:

ρ = densidad del fluido (1.000 kg/m³ para el agua @ CNPT)

g = aceleración de la gravedad = 9,81 m/s²

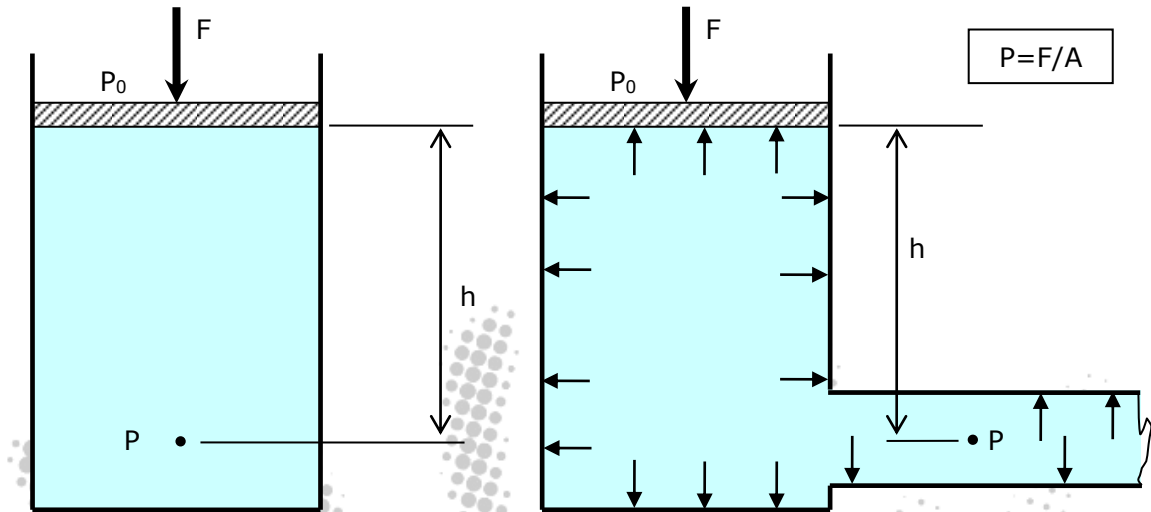
w = peso específico del fluido = $\rho \times g$ (9,81 kPa/m para el agua @ CNPT)

La presión es la misma en todos los puntos del fluido situados a la misma profundidad.

9.2) Principio de Pascal

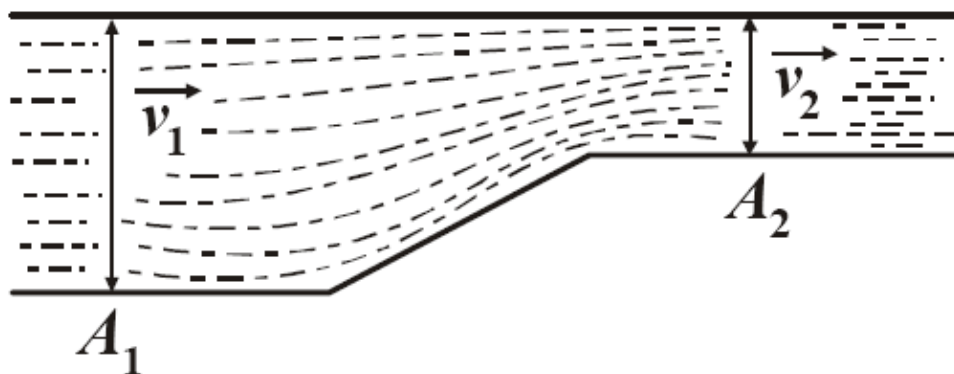
Si aumentamos la presión externa en una cantidad ΔP_0 , como los líquidos son casi incompresibles, la densidad " ρ " permanece casi cte., la ecuación demuestra que, en estas condiciones, el cambio de presión ΔP en el punto P es igual a ΔP_0 .

"La presión aplicada a un fluido contenido en un recipiente se transmite íntegramente a toda porción de dicho fluido y a las paredes del recipiente que los contiene."



9.3) Ley de Continuidad

Una de las propiedades más útiles de un fluido como el agua es que no es comprensible, por lo tanto, cuando el agua fluye en un solo camino, tal como una tubería, la cantidad que pasa por cada sección de la tubería es la misma. Esto se llama la "ecuación de continuidad".



$$Q_1 = A_1 \times V_1$$

$$Q_2 = A_2 \times V_2$$

$$Q_1 = Q_2$$

$$A_1 \times V_1 = A_2 \times V_2$$

donde:

A = área de flujo (m^2)

V = velocidad del fluido (m/s)

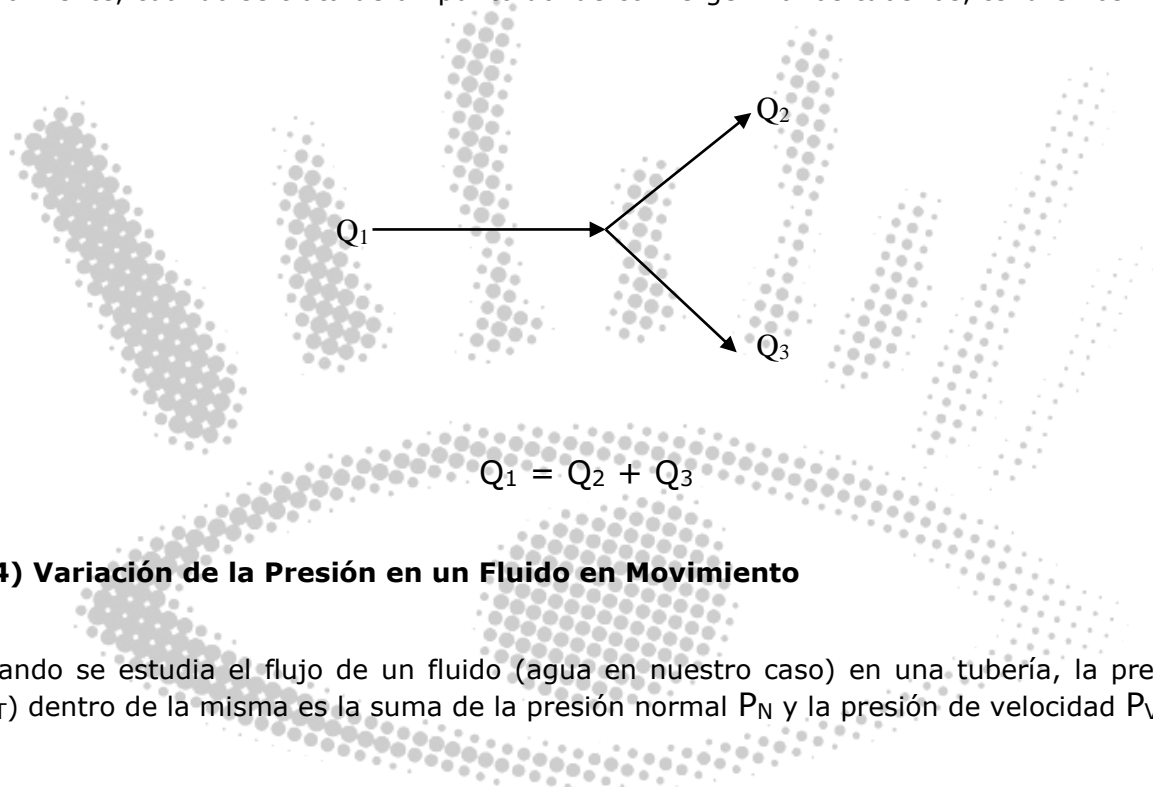
Q = caudal (m^3/s)

Se muestra que la velocidad debe aumentar en A_2 para que fluya la misma cantidad de agua.

Para tuberías circulares o cañerías resulta:

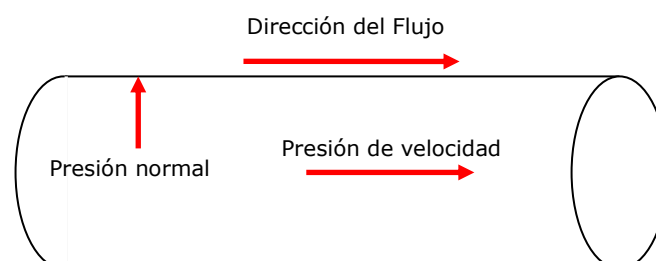
$$D^2_1 \times V_1 = D^2_2 \times V_2$$

Igualmente, cuando se trata de un punto donde convergen varias tuberías, tendremos:



9.4) Variación de la Presión en un Fluido en Movimiento

Cuando se estudia el flujo de un fluido (agua en nuestro caso) en una tubería, la presión (P_T) dentro de la misma es la suma de la presión normal P_N y la presión de velocidad P_V :



$$P_T = P_N + P_V$$

9.5) Presión Normal

La presión normal es la fuerza que ejerce el líquido contra la pared de una tubería o recipiente que lo contiene, ya sea circulando o en reposo. Si es en reposo, esta presión se denomina "presión estática". Si es circulando se denomina "presión residual".

La presión que ejerce una columna de agua está relacionada con su peso específico, a través de la siguiente fórmula:

$$P_N = \rho \times g \times h$$

$$P_N = \omega \times h$$

donde:

ρ = densidad del fluido (masa/volumen) = 1.000 kg/m³ para el agua (CNPT)

g = aceleración de la gravedad = 9,81 m/s²

ω = peso específico del fluido = 9,81 kPa/m para el agua.

$$P_N = 9,81 \times h$$

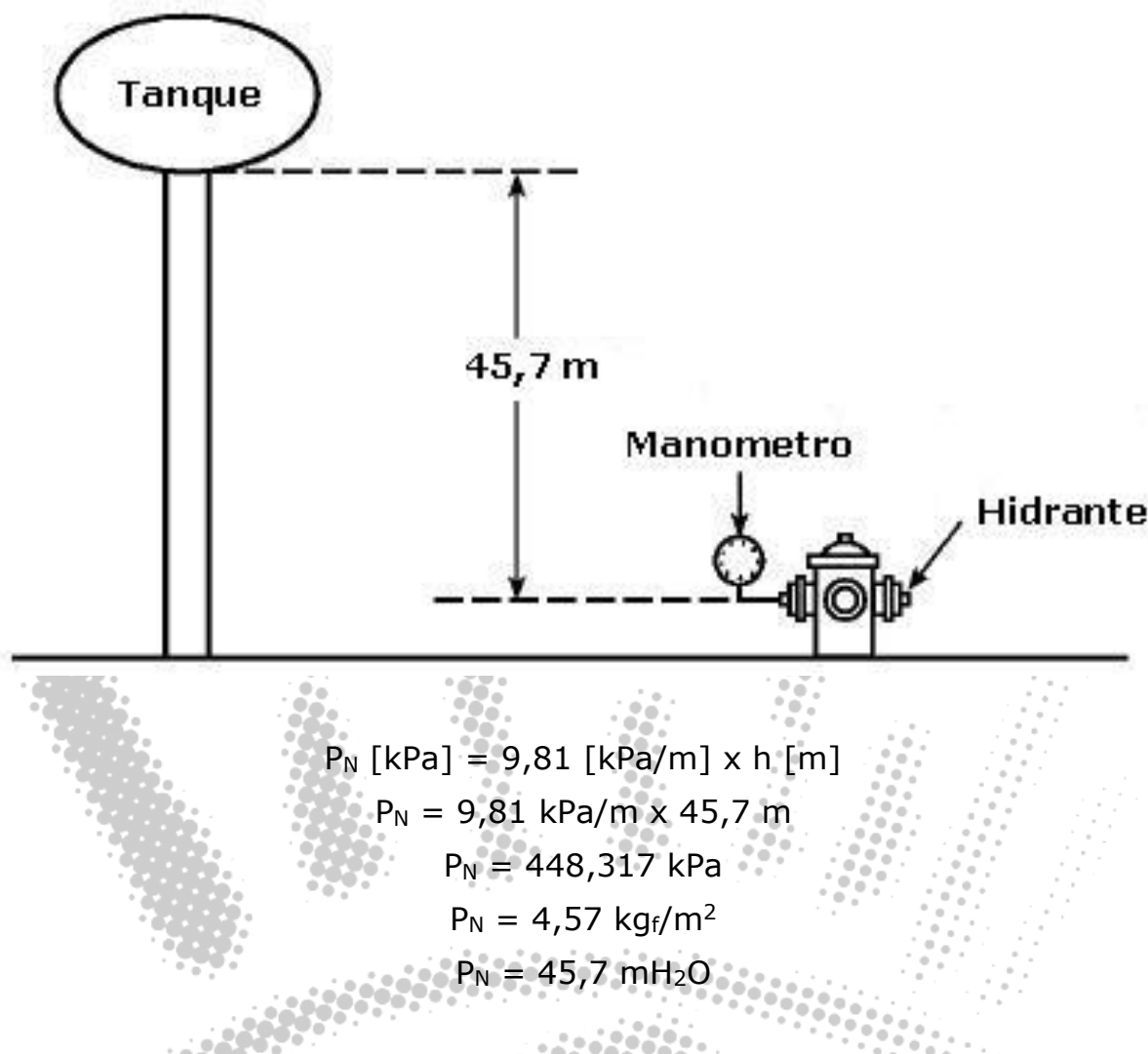
$$h = \frac{1}{9,81} \times P_N = 0,102 P_N$$

Una columna de 25,4 mm de mercurio ejerce una presión de 3,39 kPa, equivalente a 0,3456 m de columna de agua.

La presión atmosférica normal es de 101,4 kPa, equivalente a una columna de agua de 10,35 m y a una columna de mercurio de 760,5 mm.

9.5.1) Presión Generada por un Tanque de Altura

Supongamos un tanque de agua cuya base se encuentra a 45,7 metros de altura, la presión que ejerce esa masa de agua en la boca del hidrante ubicado a nivel del suelo será:



UNIDADES DE PRESION					
kilopascal kN/m ²	atmósfera técnica Kgf/cm ²	milímetro de c. Hg (0°C)	metros de c. agua (4°C)	libras por pulgad ² lib/in ²	bar 100000 Pa
kPa	atm	mm Hg	m H ₂ O	psi	bar (hpz)
1	0,0101972	7,5006278	0,1019745	0,1450377	0,01
98,0665	1	735,560217	1000028	14,2233433	0,980665
0,1333222	0,0013595	1	0,0135955	193367	0,0013332
9,8063754	0,0999972	73,5539622	1	1,4222945	0,0980638
6,8947573	0,070307	51,7150013	0,7030893	1	0,0689476
100	1,0197162	750,062679	10,1974477	14,5037738	1

1 in H₂O (60°F = 15,55°C) = 0,248843 kPa
 in H₂O (60°F=20°C)=0,248641 kPa
 1 atmósfera física (Atm)= 101,325 kPa=760 mm Hg
 in Hg (60°F=20°C)=3,37685 kPa
 1 Torr= (101,325/760) kPa

9.6) Presión de Velocidad

La presión de velocidad o también llamada presión dinámica, es el aumento de presión que se genera en el fluido al comunicarle una aceleración para pasarlo del estado de reposo al estado de movimiento a la velocidad considerada.

La velocidad (v) que adquiere una masa de agua al aplicar sobre ella una presión es la misma que si esta masa cayera libremente, desde el estado de reposo, una distancia equivalente a la altura de presión. Esta relación se representa por la ecuación de Torricelli:

$$v = \sqrt{2gh}$$

siendo:

v : velocidad alcanzada (m/s)

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

h : altura de presión a la que se alcanza esa velocidad (m)

Igual que la presión estática se puede convertir en altura, la presión de velocidad se puede convertir a su vez en una altura estática equivalente. Su relación es:

$$h_v [m] = \frac{v^2}{2g}$$

siendo: h_v la altura de velocidad y como: $P_v = 9,81h_v$, la presión de velocidad se puede expresar como:

$$P_v [kPa] = 9,81 \frac{v^2}{2g}$$

La altura de velocidad o la presión de velocidad se pueden calcular por medio de fórmulas que utilizan la velocidad y la sección de la tubería:

$$h_v = 0,0151v^2 \quad \rightarrow \quad P_v = 0,5v^2$$

Una ecuación útil para el cálculo de la velocidad a partir del caudal, se puede obtener aplicando el principio de conservación de la masa. Para una corriente continua y unidireccional con una velocidad media v , este principio se puede enunciar como:

$$Q = a \times v \quad \rightarrow \quad v = \frac{Q}{a}$$

donde:

v: velocidad media (m/s)

Q: caudal (m³/s)

a: sección de la tubería (m²) = 3,14 d²/4

Expresando el caudal en l/min, el diámetro interior en mm, la presión de velocidad en kPa queda expresada como:

$$P_v = 225 \frac{Q^2}{d^4}$$

donde:

P_v: presión de velocidad (kPa)

Q: caudal (litro/min)

d: diámetro interior de la tubería (mm)

9.7) Altura Total

En cualquier punto de una tubería que contenga agua en movimiento, existe una altura de presión h_n (altura normal) que actúa perpendicularmente a las paredes de la tubería, con independencia de su velocidad; y una altura de velocidad h_v que actúa paralelamente a las paredes, sin ejercer presión sobre las mismas. Por lo tanto, como se indicó anteriormente, la altura total será:

$$H = h_n + h_v$$

$$P_T = 9,81 \times \left(h_n + \frac{v^2}{2g} \right)$$

donde:

P_T: presión total (kPa)

h_n: altura (m)

v: velocidad (m/s)

9.8) Cambios de las Presiones con la Sección

Para un sistema ideal, según el principio de la conservación de la energía, la presión total en el sistema se mantiene constante, es decir, $P_T = \text{cte}$, en todo el trayecto de la cañería.

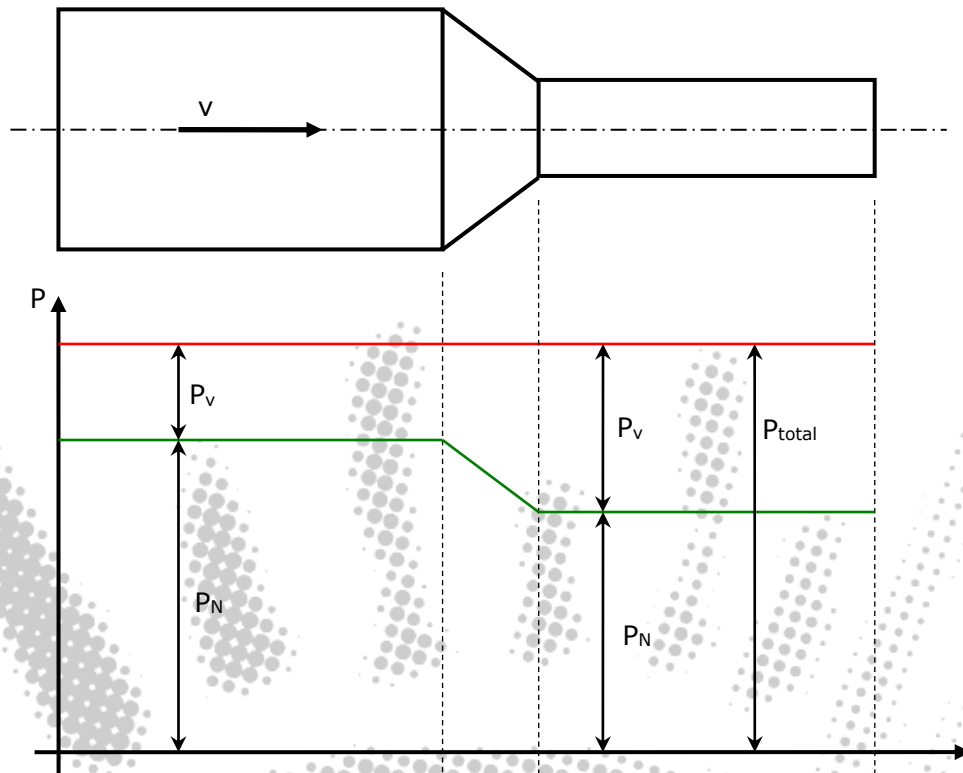


Gráfico de variación de la presión normal y de velocidad en un fluido en movimiento dentro de una sección de cañería

¿Qué pasa cuando una cañería reduce su diámetro?

Si aplicamos la Ley de la Continuidad, como el caudal se mantiene constante, es decir, el mismo que entra es el que sale, ante una reducción de diámetro se tiene que producir un aumento en la velocidad del fluido en la sección que se reduce.

Este aumento de velocidad en el fluido produce un aumento de la presión de velocidad, pero como la presión total se mantiene constante a lo largo de toda la cañería, este aumento de presión de velocidad se produce a costa de la reducción de la presión normal.

Cuando la sección es menor, para un mismo caudal, la velocidad es mayor. Como la presión dinámica o de velocidad es una función del cuadrado de la velocidad ($P_v = 0,5v^2$), la misma va en aumento.

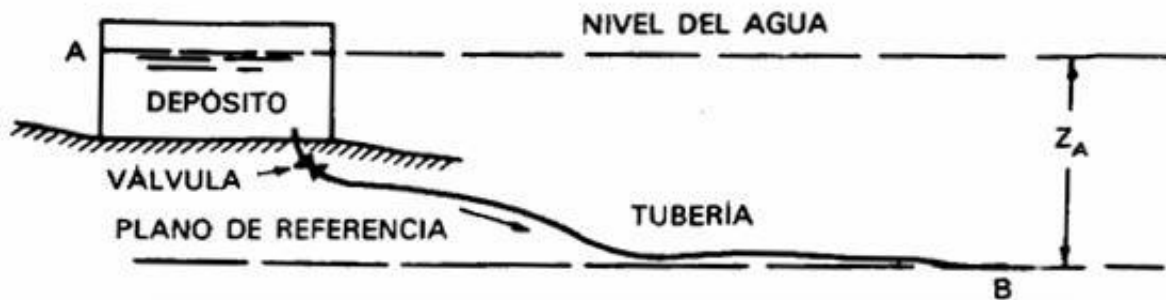
9.9) Teorema de Bernoulli

El teorema de Bernoulli expresa la ley física de conservación de la energía aplicada a los problemas de los fluidos no comprimibles. El teorema se puede expresar como sigue:

“En un fluido estacionario sin rozamiento, la suma de la altura de la velocidad, altura de presión y altura geométrica es constante en todas las partículas del fluido a lo largo de todo su recorrido”.

En otras palabras, la presión total es la misma en todos los puntos del sistema.

Sin embargo, los sistemas reales tienen rozamiento, por lo que en la práctica hay que tener en cuenta las pérdidas debidas a éste y otros factores. Expresado matemáticamente, el teorema de Bernoulli aplicado a los puntos “A” y “B” es:



Representación gráfica de la aplicación del teorema de Bernoulli a un depósito con una tubería

$$P_{\text{Total}} = \text{Constante}$$

$$P_{\text{TotalA}} = P_{\text{TotalB}}$$

$$P_{VA} + P_{NA} + P_{EA} = P_{VB} + P_{NB} + P_{EB} + P_{FA-B}$$

donde:

P_{VA} = Presión de velocidad en el punto A

P_{NA} = Presión normal en el punto A

P_{EA} = Presión de elevación en el punto A

P_{VB} = Presión de velocidad en el punto B

P_{NB} = Presión normal en el punto B

P_{EB} = Presión de elevación en el punto B

P_{FA-B} = Pérdida de Presión por fricción entre el punto A y B

Llevando esta ecuación a altura queda:

$$\frac{v_A^2}{2g} + \frac{P_A}{w} + z_A = \frac{v_B^2}{2g} + \frac{P_B}{w} + z_B + h_{AB}$$

donde:

v: velocidad (m/s)

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

p: presión (kPa)

z: altura geométrica por encima del plano de referencia (m)

w: peso específico del fluido (kN/m³). Para el agua 9,81

h_{AB}: pérdida de altura total entre los puntos "A" y "B" (m)

La velocidad en "A" es prácticamente nula, porque el depósito es muy grande; la presión manométrica en ese punto es cero porque sobre la superficie del agua sólo se ejerce la presión atmosférica. La altura de "A" sobre "B" es z_A, medida en metros.

La altura del punto "B" sobre el plano de referencia es cero; la presión manométrica es también cero, puesto que el agua sale a la atmósfera, de modo que al salir el agua por el orificio sólo existe altura de velocidad.

Por tanto:

$$0 + 0 + z_A = \frac{v_B^2}{2g} + 0 + 0 + h_{AB} \rightarrow \frac{v_B^2}{2g} = z_A - h_{AB}$$

La pérdida de altura h_{AB} es la suma de dos factores: (1) las pérdidas hidráulicas del depósito en el punto donde el agua entra por la tubería, en la válvula y en el orificio de salida, más (2) la pérdida por rozamiento en la tubería. Los valores de los componentes que producen esta pérdida se pueden estimar, como se verá más adelante.

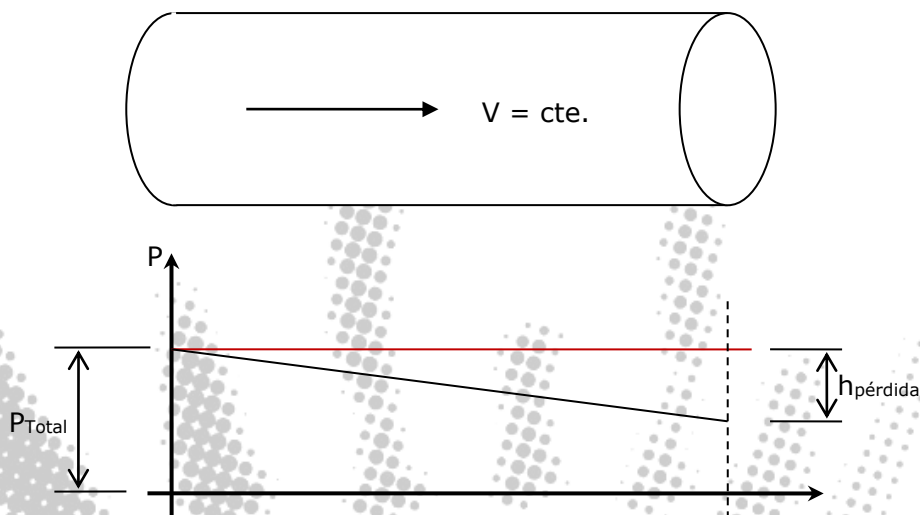
9.10) Las Pérdidas de Presión

Cuando el agua pasa por una tubería, siempre se produce una caída de presión. La pérdida de presión entre dos puntos es debida a:

1. El rozamiento del agua al moverse por las paredes de la tubería.
2. El rozamiento entre las partículas del agua, incluido el que se produce por las turbulencias cuando el agua cambia de dirección o se produce un fuerte aumento o disminución de su velocidad, debidos a cambios bruscos en la sección de las

tuberías. Un cambio de velocidad produce cierta transformación de la presión de velocidad en presión normal o viceversa.

La mayoría de los sistemas de distribución de agua para protección contra incendio funcionan en régimen turbulento, siendo la tubería la principal responsable de las pérdidas por fricción. Las demás pérdidas se consideran en conjunto y se llaman "pérdidas menores" o "pérdidas en accesorios". En el régimen turbulento, el líquido se mueve en una masa uniforme y en cualquier punto cada partícula de agua se mueve rápidamente de forma aleatoria y no en línea recta.



9.10.1) Pérdidas por la Tubería

El cálculo de las pérdidas por fricción y rozamiento se pueden hacer por varios métodos distintos, para protección contra incendios se usan la fórmula de Hazen-Williams:

$$\Delta P = 6,05 \times 10^5 \frac{Q_m^{1,85}}{c^{1,85} \times d_m^{4,87}}$$

donde:

P_m = pérdida de presión en (bar) por cada metro de tubería

Q_m = caudal en litros/min

d_m = diámetro interior de la tubería en mm

c = coeficiente de rozamiento

$$\Delta P = 6,05 \times 10^9 \frac{Q_m^{1,85}}{c^{1,85} \times d_m^{4,87}}$$

donde:

P_m = pérdida de presión en kPa por cada 100 metros de tubería

Q_m = caudal en litros/min

d_m = diámetro interior de la tubería en mm

c = coeficiente de rozamiento

Coeficiente "c" para Hazen-Williams

Tipo de Tubería	Valor de c		
	1 ^a	2 ^b	3 ^c
Hierro fundido sin revestimiento			
10 años de antigüedad	110	90	75
15 años de antigüedad	100	75	65
20 años de antigüedad	90	65	55
30 años de antigüedad	80	55	45
50 años de antigüedad	70	50	40
Hierro fundido sin revestimiento nueva	120		
Hierro fundido con revestimiento interior de cemento	140		
Hierro fundido con revestimiento interior de esmalte bituminoso	140		
De acero normalizado, nueva	140		
De acero remachada, nueva	110		
De amianto cemento	140		
De hormigón armado	140		
Cobre	150		
Plástico	150		

a: Agua ligeramente corrosiva.

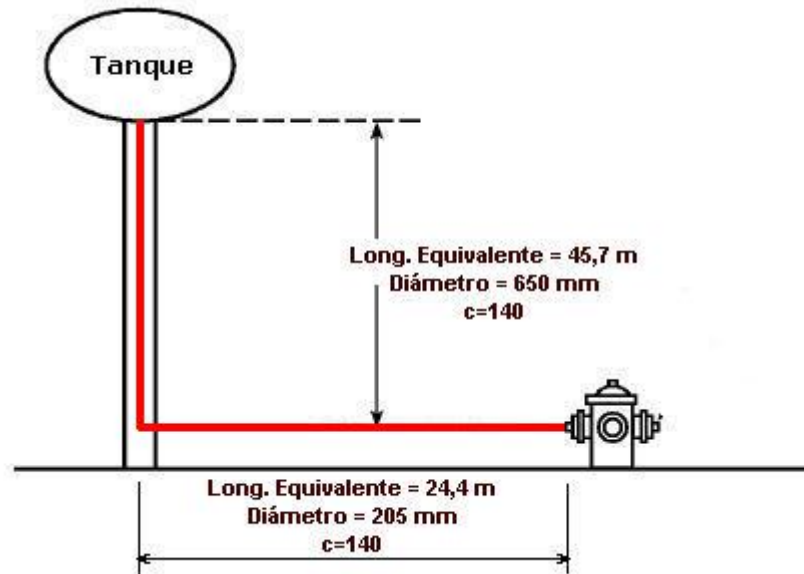
b: Agua moderadamente corrosiva

c: Agua muy corrosiva

Ejemplo 1:

Un tanque elevado a 46,7 metros provee de agua a un hidrante mediante una cañería de acero ($c=140$) de dos tramos, el primer tramo vertical de 650 mm de diámetro y un segundo tramo de 24,4 m de longitud equivalente y una de diámetro 205 mm. El tanque puede proveer de un caudal de agua de 8.516 l/min.

¿Cuál es la presión que se obtiene en la salida del hidrante?



Planteo del Problema

$$P_{\text{Hidrante-real}} = P_{\text{Hidrante-ideal}} - P_{\text{pérdida total}}$$

Cálculo de las Pérdidas

Pérdida de presión entre la base del tanque y el hidrante.

$$\Delta P_{\text{Tramo 1}} = 6,05 \times 10^5 \frac{Q_m^{1,85}}{c^{1,85} d_m^{4,87}} = 6,05 \times 10^5 \frac{8516^{1,85}}{140^{1,85} 650^{4,87}} = 2,4181 \times 10^{-5} \text{ bar / m}$$

$$P_{\text{Total tramo 1}} = \Delta P_{\text{Tramo 1}} \times L$$

$$P_{\text{Total tramo 1}} = 2,4181 \times 10^{-5} \text{ bar/m} \times 45,7 \text{ m}$$

$$P_{\text{Total tramo 1}} = 1,11 \times 10^{-3} \text{ bar}$$

$$P_{\text{Total tramo 1}} = 0,0011 \text{ bar}$$

$$\Delta P_{\text{Tramo 2}} = 6,05 \times 10^5 \frac{Q_m^{1,85}}{c^{1,85} d_m^{4,87}} = 6,05 \times 10^5 \frac{8516^{1,85}}{140^{1,85} 205^{4,87}} = 6,67 \times 10^{-3} \text{ bar / m}$$

$$P_{\text{Total tramo 2}} = \Delta P_{\text{Tramo 2}} \times L$$

$$P_{\text{Total Tramo 2}} = 6,67 \times 10^{-3} \text{ bar/m} \times 24,4 \text{ m}$$

$$P_{\text{Total Tramo 2}} = 0,163 \text{ bar}$$

$$P_{\text{Pérdida total}} = P_{\text{Total tramo 1}} + P_{\text{Total tramo 2}}$$

$$P_{\text{Pérdida total}} = 0,0011 \text{ bar} + 0,163 \text{ bar}$$

$$P_{\text{Pérdida total}} = 0,1638 \text{ bar}$$

Cálculo de la Presión ideal en el hidrante

La presión ideal en el hidrante debido a la altura que tiene el tanque es:

$$P_{\text{Hidrante ideal}} = 9,81 \times h$$

$$P_{\text{Hidrante ideal}} = 9,81 \text{ kPa/m} \times 45,7 \text{ m}$$

$$P_{\text{Hidrante ideal}} = 448,317 \text{ kPa} \quad (1 \text{ kPa} = 0,01 \text{ bar})$$

$$P_{\text{Hidrante ideal}} = 448,317 \text{ kPa} \times 0,01 \text{ bar/kPa}$$

$$P_{\text{Hidrante ideal}} = 4,483 \text{ bar}$$

$$P_{\text{Hidrante ideal}} = 45,7 \text{ mH}_2\text{O}$$

Cálculo de la Presión real en el hidrante

La presión real en el hidrante debido a la altura, teniendo en cuenta ahora las pérdidas de presión en la cañería, es:

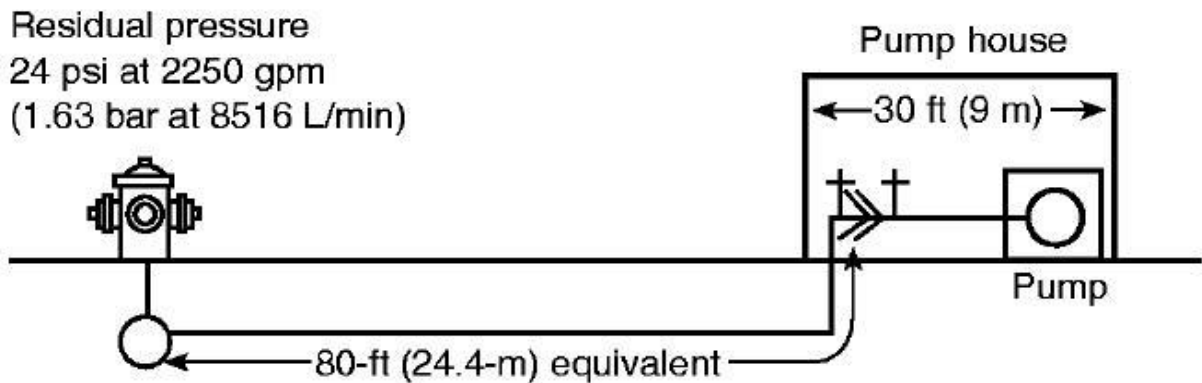
$$P_{\text{Hidrante Real}} = P_{\text{Hidrante ideal}} - P_{\text{pérdida total}}$$

$$P_{\text{Hidrante Real}} = 4,483 \text{ bar} - 0,1638 \text{ bar}$$

$$P_{\text{Hidrante Real}} = 4,319 \text{ bar}$$

Ejemplo 2:

Una bomba de incendio de 5.677 l/min, succiona de una línea con una presión residual de 1,63 bar a 8.516 l/min. La conexión está realizada con una cañería de diámetro interno de 205 mm y una longitud equivalente de 24,4 m y un factor de $c = 140$ y un segundo tramo de una longitud equivalente de 9 m y un factor $c = 120$. La bomba dispone de una válvula de retroceso de flujo que produce una pérdida de 0,54 bar.



$$\Delta P_1 = 6,05 \times 10^5 \frac{Q_m^{1,85}}{c^{1,85} d_m^{4,87}} = 6,05 \times 10^5 \frac{8516^{1,85}}{140^{1,85} 205^{4,87}} = 0,0067 \text{ bar / m}$$

$$P_{1\text{total}} = 0,0067 \text{ bar/m} \times 24,4 \text{ m} = 0,16 \text{ bar}$$

$$\Delta P_2 = 6,05 \times 10^5 \frac{Q_m^{1,85}}{c^{1,85} d_m^{4,87}} = 6,05 \times 10^5 \frac{8516^{1,85}}{120^{1,85} 205^{4,87}} = 0,0089 \text{ bar / m}$$

$$P_{2\text{total}} = 0,0089 \text{ bar/m} \times 9 \text{ m} = 0,07 \text{ bar}$$

$$P_{\text{pérdida total}} = P_{1\text{total}} + P_{2\text{total}} + P_{\text{válvula}} = 0,16 + 0,07 + 0,54 = 0,77 \text{ bar}$$

$$P_S = P_R - P_{\text{pérdida total}} = 1,63 \text{ bar} - 0,77 \text{ bar} = 0,86 \text{ bar}$$

9.10.2) Pérdida por Accesorios. Tubería Equivalente

Se emplea el término "tubería equivalente" para indicar una tubería que tiene las mismas pérdidas por fricción que la tubería a la que sustituye.

Cada accesorio es sustituido por un tramo recto de cañería, de igual diámetro, que produce la misma pérdida.

Se sustituyen todos los accesorios que tiene la cañería en su trayecto, por un tramo extra de cañería del mismo diámetro, que sumado a la existente producen la misma pérdida, y por lo tanto, hidráulicamente son iguales.

Mientras las mayorías de las pérdidas por rozamiento dentro de la tubería suponen la mayor parte de las pérdidas de presión, también se producen otras cuando la tubería cambia de dirección o de tamaño o cuando se instalan válvulas u otros accesorios. Estas pérdidas se conocen generalmente como "pérdidas menores", aunque en algunos casos pueden ser importantes, como en el caso de las válvulas de retención o los trenes anti-reflujo que se instalan normalmente en los sistemas contra incendios.

La magnitud de las pérdidas menores se puede encontrar en muchos documentos de referencia y se expresa de diversas maneras, siendo la más corriente las de longitud equivalente (l/d), coeficiente de resistencia (k) o coeficiente de caudal (C_v).

Para la mayoría de los cálculos, la pérdida por rozamiento se calcula con el método de la longitud equivalente a partir de tablas, que expresan las pérdidas por rozamiento debidas a los accesorios como "longitud equivalente de tubería" que produce la misma pérdida. Esta longitud se suma a la longitud real, obteniéndose así la pérdida total por rozamiento de la tubería y los accesorios.

Accesorios y válvulas	Tubería Equivalente (m)						
	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"
Codos de 45°	0,3	0,3	0,3	0,6	0,6	0,9	0,9
Codos normalizado a 90°	0,6	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1
Codo de gran radio a 90°	0,3	0,6	0,6	0,6	0,9	1,2	1,5
T o Cruz (corriente que gira 90°)	1,2	1,5	1,8	2,4	3,1	3,7	4,6
Válvula de compuerta	--	--	--	--	0,3	0,3	0,3
Válvula de mariposa	--	--	--	--	1,8	2,1	3,1
Válvula de retención con clapeta oscilante	1,2	1,5	2,1	2,7	3,4	4,3	4,9

Accesorios y válvulas	Tubería Equivalente (m)						
	3 1/2"	4"	5"	6"	8"	10"	12"
Codos de 45°	0,9	1,2	1,5	2,1	2,7	3,4	4,0
Codos normalizado a 90°	2,4	3,1	3,7	4,3	5,5	6,7	8,2
Codo de gran radio a 90°	1,5	1,8	2,4	2,7	4,0	4,9	5,5
T o Cruz (corriente que gira 90°)	5,2	6,1	7,6	9,2	10,7	15,3	18,3
Válvula de compuerta	0,3	0,6	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8
Válvula de mariposa	--	3,7	2,7	3,1	3,7	5,8	6,4
Válvula de retención con clapeta oscilante	5,8	6,7	8,2	9,8	13,7	16,8	19,8

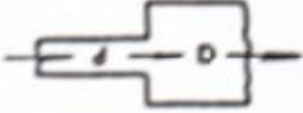
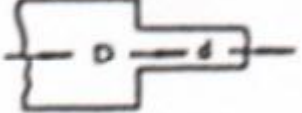
Usar para C de Hazen-Williams = 120. Para otros valores de C, las cifras de esta tabla se deben multiplicar por los siguientes factores:

Valor de C	80	100	120	130	140	150
Factor de multiplicador	0,472	0,713	1,00	1,16	1,32	1,51

Valores prácticos que se emplean para las longitudes equivalentes en función del diámetro de la tubería

Codos de 45°	15 d
Codos de 90°	26 a 32 d
Codos de 90°, curva abierta o suave	20 d
Codos de 90° en escuadra	60 d
Curvas de 180°, codo en U estrecha o cerrada de retorno	75 d
Curvas de 180°, radio medio de retorno	50 d
T (utilizado como codo en la tubería principal)	60 d
T (utilizado como codo en el ramal)	90 d
Válvulas de compuertas abiertas	7 d
Válvulas de globo abiertas	300 d

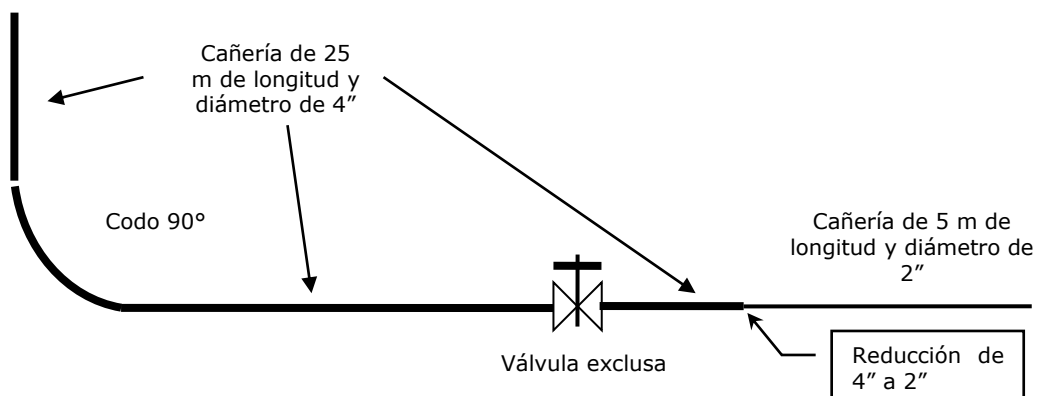
Pérdidas de carga en los cambios de sección expresadas en longitud equivalente de tubo (m)

Diámetro exterior	Ensanchamiento brusco d/D*			Contracción Brusca d/D*		
	1/4	1/2	3/4	1/4	1/2	3/4
Acero						
17,2	0,42	0,24	0,09	0,21	0,15	0,09
21,3	0,54	0,33	0,12	0,27	0,21	0,12
26,9	0,79	0,46	0,15	0,36	0,30	0,15
33,7	0,98	0,61	0,21	0,49	0,36	0,21
42,4	1,4	0,91	0,30	0,70	0,54	0,30
48,3	1,8	1,1	0,36	0,88	0,66	0,36
60,3	2,4	1,5	0,49	1,2	0,91	0,49
73	3,0	1,9	0,61	1,5	1,2	0,61
88,9	4,0	2,4	0,79	2,0	1,5	0,79
101,6	4,6	2,8	0,91	2,3	1,8	0,91
114,3	5,2	3,3	1,2	2,7	2,1	1,2
141,3	7,3	4,6	1,5	3,6	2,7	1,5
168,3	8,8	6,7	1,8	4,6	3,3	1,8
219,1	--	7,6	2,6	--	4,6	2,6
273	--	9,8	3,3	--	6,1	3,3
323,9	--	12,5	3,9	--	7,6	3,9
355,6	--	--	4,9	--	--	4,9
406,4	--	--	5,5	--	--	5,5
457,2	--	--	6,1	--	--	6,1
508	--	--	--	--	--	--
609,6	--	--	--	--	--	--

(*) Entrar en la tabla con el diámetro pequeño.

Ejemplo:

Supongamos la siguiente configuración: tramo de una cañería de acero de Φ 4" y 25 metros de longitud que en su recorrido tiene un codo de gran radio a 90° y una válvula exclusiva normalmente abierta, esta cañería está conectada por medio de una reducción a una cañería de acero de Φ 2" y 5 metros de longitud. ¿Cuál es la longitud equivalente de este conjunto?



Tramo 1:

Codo de gran radio 90° = 1,80 m x 1,32 = 2,376 m
 Válvula exclusiva (compuerta) = 0,60 m x 1,32 = 0,792 m
 Long. Real = 25,000 m
 Long. Equivalente Tramo 1 = 28,169 m

Accesorios y válvulas	Tubería Equivalente (m)						
	3 1/2"	4"	5"	6"	8"	10"	12"
Codos de 45°	0,9	1,2	1,5	2,1	2,7	3,4	4,0
Codos normalizado a 90°	2,4	3,1	3,7	4,3	5,5	6,7	8,2
Codo de gran radio a 90°	1,5	1,8	2,4	2,7	4,0	4,9	5,5
T o Cruz (corriente que gira 90°)	5,2	6,1	7,6	9,2	10,7	15,3	18,3
Válvula de compuerta	0,3	0,6	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8
Válvula de mariposa	--	3,7	2,7	3,1	3,7	5,8	6,4
Válvula de retención con clapeta oscilante	5,8	6,7	8,2	9,8	13,7	16,8	19,8

Usar para C de Hazen-Williams = 120. Para otros valores de C, las cifras de esta tabla se deben multiplicar por los siguientes factores:

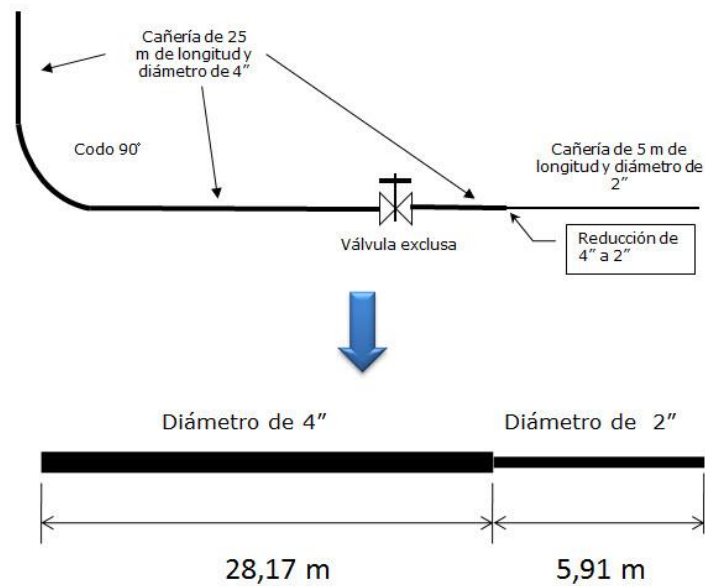
Valor de C	80	100	120	130	140	150
Factor de multiplicador	0,472	0,713	1,00	1,16	1,32	1,51

Tramo 2:

Reducción 4" a 2" = 0,91 m
 Long. Real = 5,00 m
 Long. Equivalente Tramo 2 = 5,91 m

Pérdidas de carga en los cambios de sección expresadas en longitud equivalente de tubo (m)

Diámetro exterior	Ensanchamiento brusco d/D*			Contracción Brusca d/D*		
	1/4	1/2	3/4	1/4	1/2	3/4
Acero						
17,2	0,42	0,24	0,09	0,21	0,15	0,09
21,3	0,54	0,33	0,12	0,27	0,21	0,12
26,9	0,79	0,46	0,15	0,36	0,30	0,15
33,7	0,98	0,61	0,21	0,49	0,36	0,21
42,4	1,4	0,91	0,30	0,70	0,54	0,30
48,3	1,8	1,1	0,36	0,88	0,66	0,36
60,3	2,4	1,5	0,49	1,2	0,91	0,49
73	3,0	1,9	0,61	1,5	1,2	0,61
88,9	4,0	2,4	0,79	2,0	1,5	0,79



Con esta nueva configuración ideal, calculo las pérdidas por Tubería

10) SELECCIÓN DEL SISTEMA DE IMPULSIÓN

Para seleccionar el sistema de impulsión primero se debe analizar cómo varía la presión en función de la variación del caudal en la instalación, y posteriormente analizar lo mismo para los distintos sistemas de impulsión existentes, en nuestro caso bombas y tanque de altura.

10.1) Que es la Instalación o Sistema

La necesidad de movilizar fluidos lleva a implementar un conjunto de elementos que forman lo que se llama el sistema de bombeo. Se compone por diferentes elementos: bomba, caños, válvulas, filtros, tableros, controles, etc.

Cada uno tiene una función específica: la bomba es literalmente el corazón, encargado de generar el movimiento, luego tenemos las tuberías que encausan el fluido, las válvulas que ayudan a ordenar el flujo, etc., entre todos hacen posible la función de abastecer de agua a una red de incendios.

10.2) Curva Característica de la Instalación

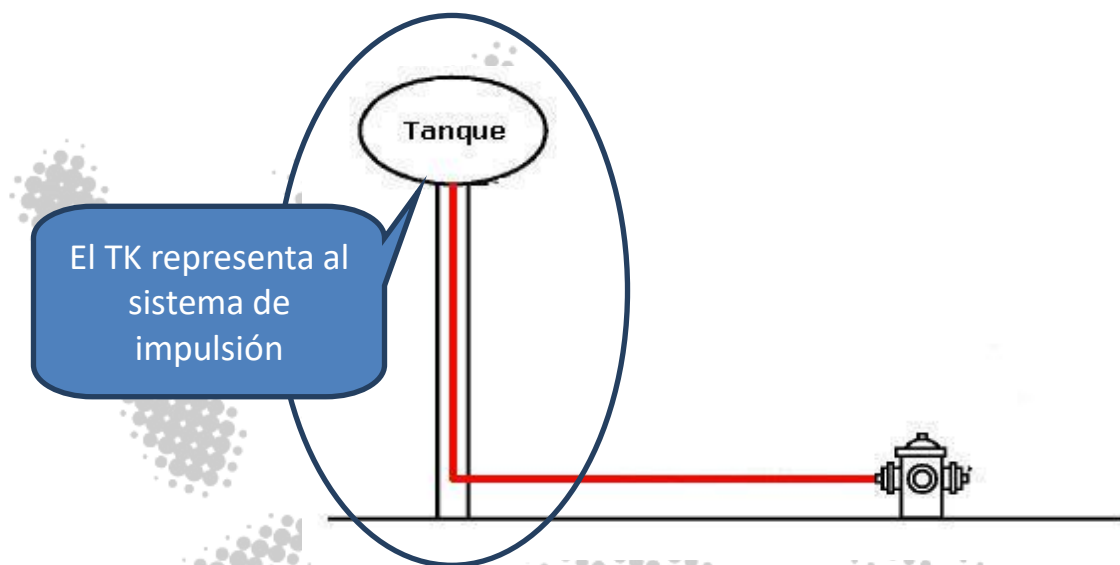
Supongamos un tramo de cañería, si por el mismo circula un caudal mínimo de agua la pérdida de carga será baja, ya que el roce del fluido contra las paredes es leve, pero a medida que el caudal asciende el fluido circula "más apretado" dentro del caño y por ende mayor será el roce contra las paredes, ocasionando mayores pérdidas. Esto hace que la presión de salida del caño sea menor que a la entrada, ya que en el trayecto ha perdido, debido al roce, parte de la energía que le ha otorgado la bomba al fluido para poder trasladarse. Todos los elementos que encausen el agua generan pérdidas de carga, chicas o muy grandes pero las pérdidas siempre están. Todo influye: el pasaje real interno por la cañería, la rugosidad de las paredes internas, el pasaje de las válvulas y controles, filtros o cualquier otro accesorio por donde el líquido circule. Debido a todo esto, mientras más agua

se quiera hacer circular por las cañerías mayor será la necesidad de presión o altura de presión, dado que la pérdida de carga es una función del diámetro de la cañería y del caudal, es decir, a menor diámetro y mayor caudal, mayor pérdida de carga.

La Curva Característica de la Instalación, nos muestra la necesidad de presión en la instalación, conforme aumenta o disminuye el caudal que circula por la misma.

La altura manométrica de una instalación resulta de la suma de la altura geométrica y las pérdidas de carga, ésta es la que se grafica en la curva de la instalación en función del caudal.

Cuando se tiene definido una determinada instalación o sistema donde se conoce la altura a elevar o presión a aplicar a las aplicaciones, largo de las tuberías y material de las mismas, cantidad de codos, curvas, válvulas, etc., se puede calcular la altura manométrica o presión que necesita generar la bomba para los distintos caudales que van de cero al máximo previsto.

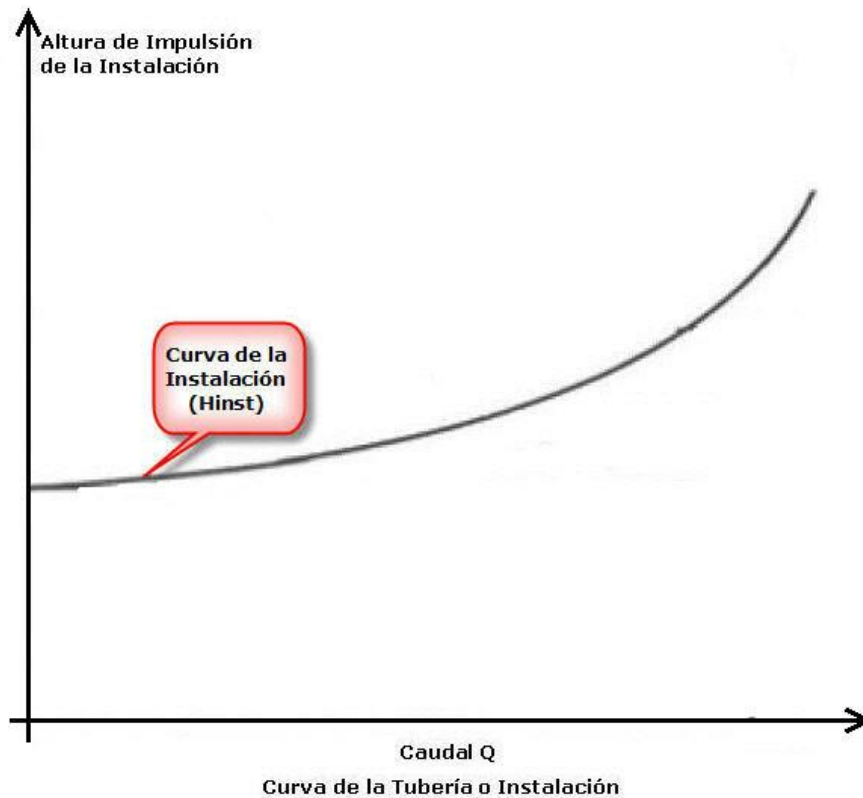


De acuerdo con Bernulli, la altura de impulsión necesaria en la instalación H_{inst} se determina por la siguiente fórmula:

$$H_{inst} = P_{Totalx} = \frac{v_x^2}{2g} + \frac{P_{Nx}}{w} + z_x - h_{Ax}$$

Para un determinado punto fijo en la instalación, supongamos el lugar donde debería ir la bomba mecánica, la representación gráfica de la variación de la altura de la impulsión necesaria en la instalación en ese punto H_{inst} , respecto a la variación de caudal que circula Q , se denomina "curva de la instalación".

La curva de la instalación define la presión que necesito poner en mi sistema de impulsión para poder hacer circular por la instalación un determinado caudal, obviamente, para un mayor caudal es necesario disponer de mayor presión de impulsión.



De acuerdo con Bernulli, la altura de impulsión necesaria en la instalación H_{inst} es el resultado de los siguientes componentes:

H_{GEO} = altura geodésica de impulsión, igual a la diferencia de altura entre los niveles del líquido en la entrada y la salida de la instalación. Si la tubería de impulsión vierte por encima del nivel del líquido, esta altura geodésica estará referida al eje horizontal de la salida.

ΣH_v = suma de todas las pérdidas de carga del sistema (resistencia en la tubería, válvulas y demás accesorios).

$$\frac{v_a^2 - v_e^2}{2g}$$
 = diferencia de alturas dinámicas entre las secciones transversales de la salida y entrada de la instalación.

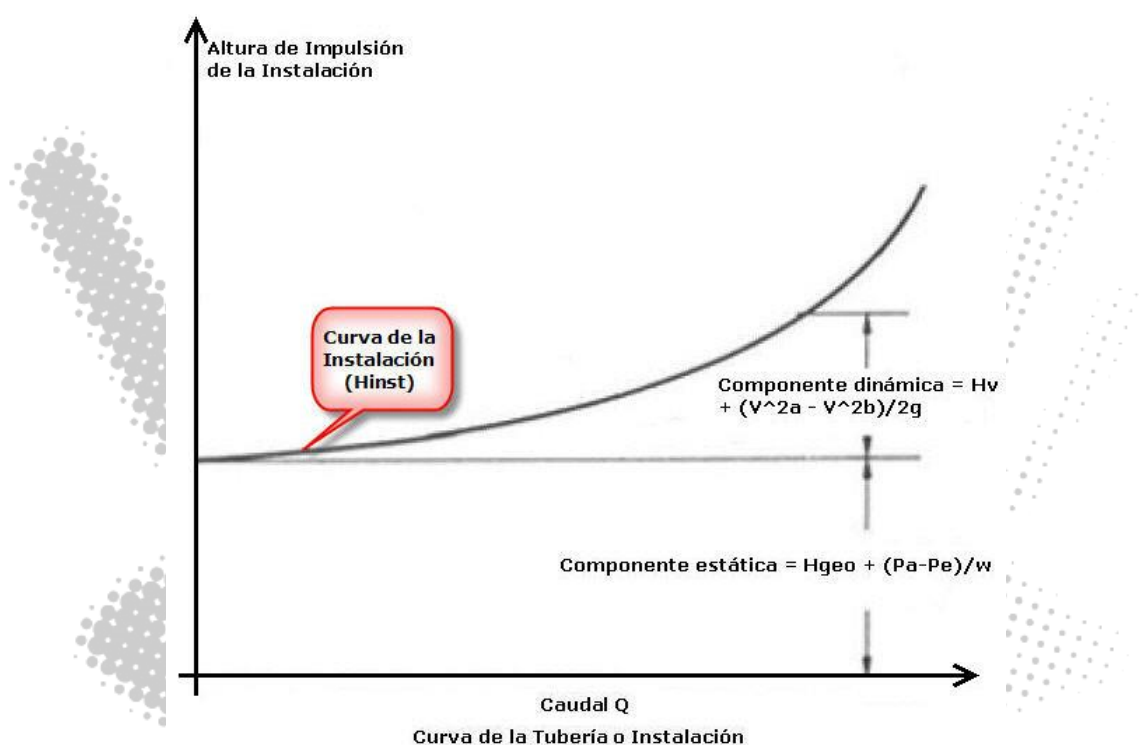
$$\frac{P_a - P_e}{\rho g}$$
 = diferencia de presiones normales entre las secciones transversales de salida y entrada de la instalación.

De aquí se obtiene la altura de impulsión de la instalación:

$$H_{inst} = H_{GEO} + \frac{v_a^2 - v_e^2}{2g} + \frac{P_a - P_e}{\rho g} + \sum H_V$$

Para un determinado punto fijo en la instalación, supongamos el lugar donde debería ir la bomba mecánica, la representación gráfica de la variación de la altura de la impulsión necesaria en la instalación en ese punto H_{inst} , respecto a la variación de caudal que circula Q , se denomina “curva de la instalación”.

La curva de la instalación define la presión que necesita el sistema de impulsión para poder hacer circular por la instalación un determinado caudal, obviamente, para un mayor caudal es necesario disponer de mayor presión de impulsión.



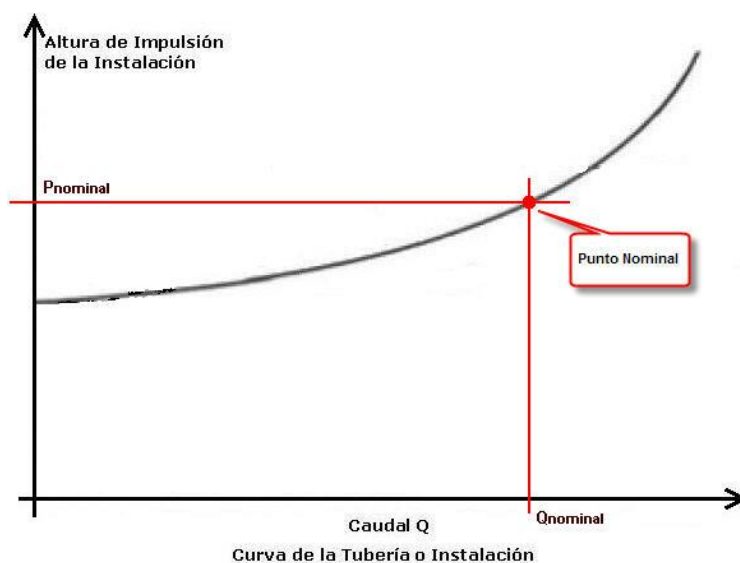
10.3) Punto de Funcionamiento Nominal de la Instalación

Conocida la curva de la instalación H_{inst} , interesa ahora establecer el punto de funcionamiento nominal (Q_N y P_N) de la misma.

¿Qué es el Punto Nominal de funcionamiento?

La instalación compuesta por el tanque y/o la bomba, y las cañerías de distribución de agua, tienen como objetivo el abastecer de agua a las aplicaciones de protección a las cuales conecta, estas aplicaciones consumen cada una de ellas por separado un determinado caudal de agua, estos consumos se pueden dar en forma aislada o en el peor de los casos todos juntos; en la realidad es muy difícil, por no decir imposible, que todos los sistemas de protección contra incendios funcionen al mismo tiempo consumiendo agua,

por lo que el diseñador debe establecer un factor de simultaneidad en los consumos de agua.



El caudal nominal surge de la suma de los consumos de agua de cada una de las aplicaciones de protección a abastecer, teniendo en cuenta el factor de simultaneidad (F_s) que se pueda dar en la empresa.

$$Q_N = (Q_{\text{roc. auto 1}} + Q_{\text{roc. auto 2}} + Q_{\text{hidrantes}} + Q_{\text{espuma tk01}} + Q_x) \times F_s$$

La simultaneidad en el uso de las aplicaciones de protección contra incendios se puede establecer a través de un minucioso estudio de los distintos escenarios donde la red de incendios deba actuar, es decir, hacer un estudio en base a hipótesis de emergencias, y analizar que sistemas de protección pueden llegar a funcionar en forma simultánea en la peor de las emergencias que se tenga que afrontar.

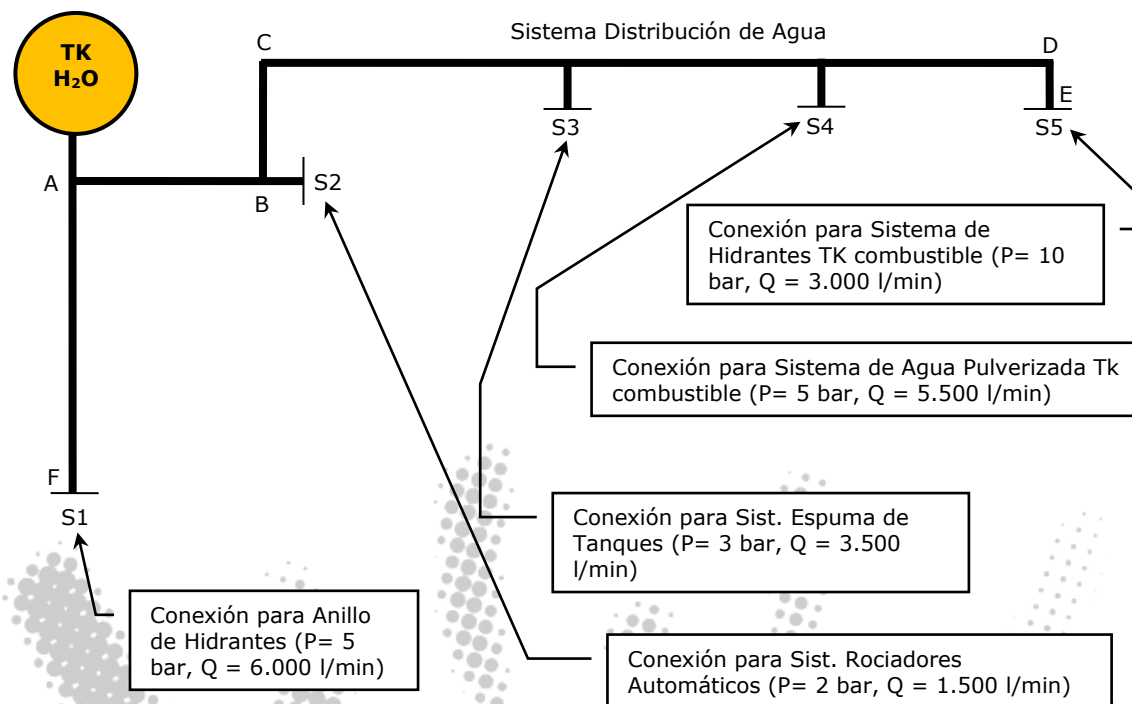
El caudal de agua que necesita cada aplicación debe ser provisto a una determinada presión mínima (también máxima) para que funcione correctamente y pueda extinguir un incendio. De acuerdo al tipo de sistema de protección las presiones mínimas y máximas son distintas, pero el sistema de impulsión es el mismo para todas ellas. Por consiguiente la presión nominal será aquella que resulte de la suma más elevada de, sumar la presión en la aplicación hidráulicamente más desfavorable, más las pérdidas de cargas desde la aplicación más desfavorable hasta el sistema de impulsión.

$$P_N = P_{\text{aplicación+desfavorable}} + P_{\text{pérdida de carga}}$$

Si se logra abastecer con presión a la aplicación en la peor situación, el resto está garantizado, a lo sumo habrá que analizar no pasar la máxima presión admisible para algunos sistemas.

No siempre el sistema de protección que requiere de mayor presión es el hidráulicamente más desfavorable, puede que haya un sistema de protección que requiere menor presión pero que tiene una mayor pérdida de carga.

Ejemplo:



La aplicación más desfavorable, en principio, podría ser la conexión para el Sistema 5 de Hidrantes del TK de combustible (mayor presión), y que además, presenta a simple vista, la mayor pérdida de carga; ante la duda con otra aplicación, se deben hacer los cálculos y verificar cual es la aplicación hidráulicamente más desfavorable.

$$P_N = 10 \text{ bar} + P_{\text{pérdida carga TK-A-B-C-D-E}}$$

Tomada como opción más desfavorable el Sistema 5 de Hidrantes del tk de combustible, queda después verificar mediante cálculo que la presión en el resto de las aplicaciones sean las requeridas.

En este ejemplo propuesto, habría que analizar el Sistema 1 de Anillo de Hidrantes, que aunque tiene una presión requerida muy inferior a la aplicación "S5" y un recorrido también inferior, el mayor caudal que requiere podría hacer que su pérdida de carga sea alta, y por consiguiente se transforme en la "aplicación hidráulicamente más desfavorable", es decir, podría suceder que:

$$P_{NS1} = 5 \text{ bar} + P_{\text{pérdida carga TK-A-F}} > P_{NS5} = 10 \text{ bar} + P_{\text{pérdida carga TK-A-B-C-D-E}}$$

En cuanto al caudal nominal, la peor hipótesis es un incendio en el tanque de combustible, por lo que será necesario poner en marcha sus tres sistemas de protección, hidrantes, espuma y refrigeración por agua pulverizada. Dado el tamaño reducido de la planta es probable que un incendio en el tanque de combustible pueda afectar a las oficinas (rociadores automáticos) y el depósito (anillo de hidrantes), por lo que será necesario tener en cuenta este caudal extra de agua que podría llegar a ser necesario.

En el diseño se podría tomar como caudal nominal al 100% del consumo o considerar como poco probable un doble incendio, y estimar un caudal adicional al requerido por el tanque de combustible considerando un factor de simultaneidad del 50%, también podría utilizar cualquier combinación que el diseñador considere conveniente o más efectiva.

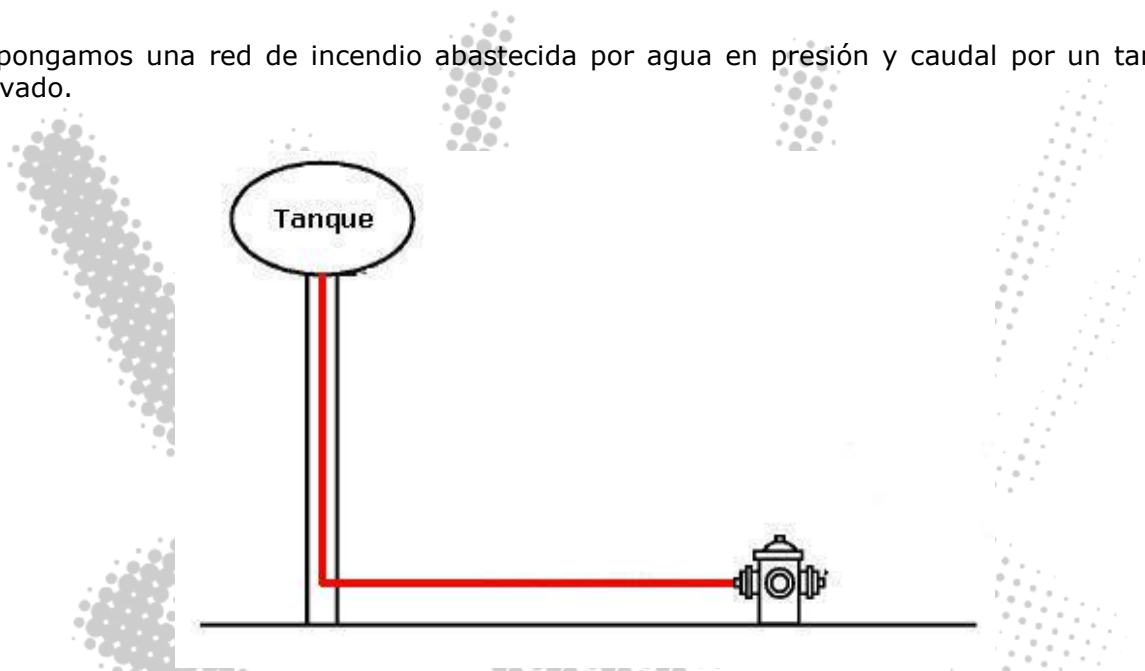
$$Q_N \text{ opción 1} = 3.500 + 5.500 + 3.000 + 1.500 + 6.000 = 19.500 \text{ l/min}$$

$$Q_N \text{ opción 2} = 3.500 + 5.500 + 3.000 + (1.500 + 6.000) \times 0,5 = 15.750 \text{ l/min}$$

$$Q_N \text{ opción 3} = 3.500 + 5.500 + 3.000 = 12.000 \text{ l/min}$$

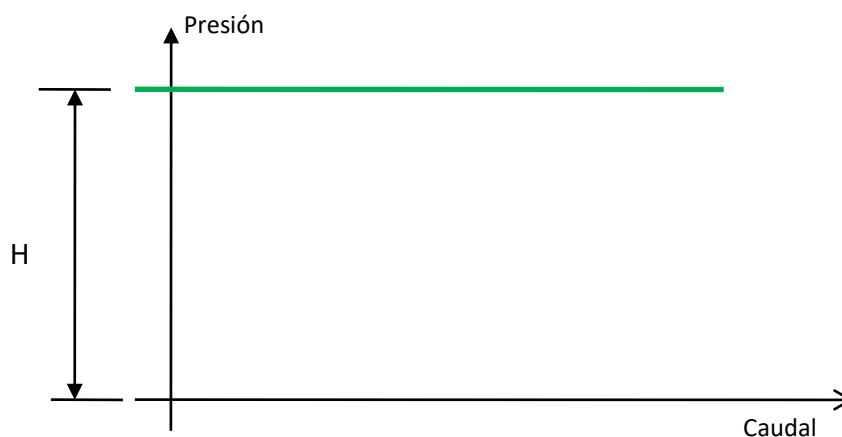
11) CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DEL TANQUE DE ALTURA

Supongamos una red de incendio abastecida por agua en presión y caudal por un tanque elevado.



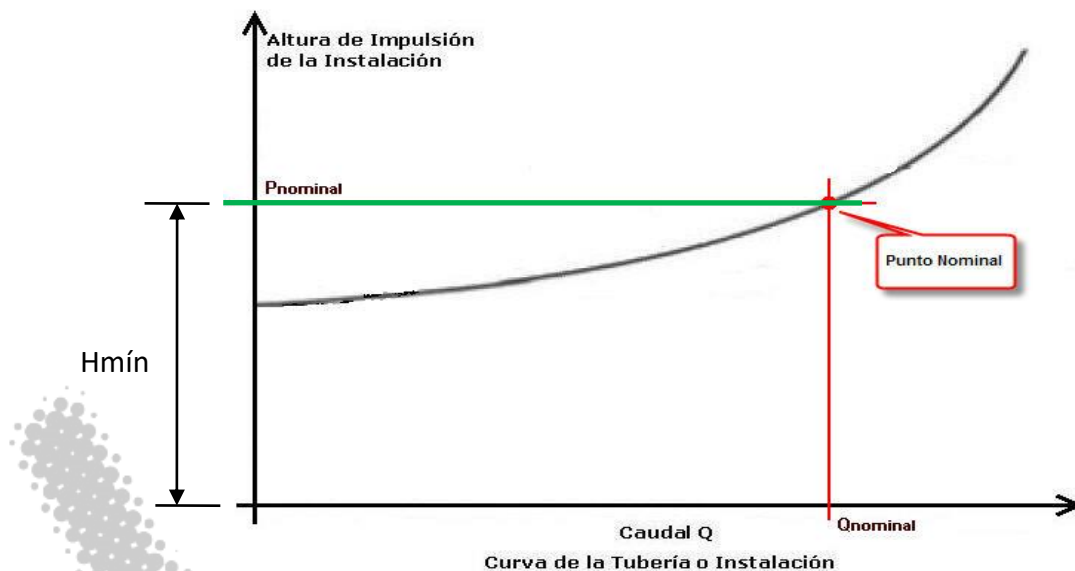
En este caso dado que un tanque en altura ofrece una presión determinada por su altura a la base, la presión que ofrece el tanque es constante para cualquier variación del caudal que le requiramos.

La curva característica de un tanque en altura está dada por el siguiente gráfico:



Selección del Tanque

La altura mínima del tanque, es decir, la altura a la base del tanque, surge de superponer ambas curvas; a la curva característica de la instalación le superponemos la curva característica del tanque, haciéndola pasar por el punto nominal de funcionamiento de la instalación.



12) CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DE LA BOMBA

12.1) Caudal de Impulsión de la Bomba

Es el volumen suministrado por la bomba en la unidad de tiempo en m^3/s (son también usuales l/s y m^3/h).

12.2) Altura de Impulsión de la Bomba

Es el trabajo mecánico utilizable transmitido por la bomba al líquido que impulsa, relacionado con el peso del mismo, expresado en metros.

Dicha altura es independiente de la cantidad del producto bombeado, es decir, una bomba centrífuga impulsa el líquido que bombea a una misma altura H , cualquiera que sea la densidad de éste. La densidad (ρ) interviene en la potencia absorbida por la misma.

12.3) Curvas Características de la Bomba

Las curvas características de las bombas representan gráficamente el comportamiento hidráulico de las mismas. Como el comportamiento de una bomba no es algo constante y varía con el caudal de bombeo, se hace necesario para un mejor estudio e interpretación su graficación.

Las curvas características de las bombas son únicas y tan particulares como una huella digital o ADN de una persona. Hay bombas similares, hasta idénticas en cuanto a sus dimensiones generales, pero mínimas variaciones en el diseño del impulsor y la relación entre todo el conjunto de piezas, hacen que hidráulicamente no rindan lo mismo.

Inclusive una misma bomba también varía su rendimiento a lo largo de su vida, simplemente porque no es inalterable. Sufrir desgastes y pequeños cambios físicos, se ven reflejados en la curva, a veces imperceptible, a veces muy notables.

Por ello son muy importantes los controles periódicos para saber cómo se está comportando ya que ni la bomba ni el sistema se comportan de igual modo transcurrido un tiempo.

Las curvas surgen del ensayo del equipo en un banco de prueba, en el cual se hace trabajar al equipo de cero a su máximo rendimiento. Realizando mediciones en cada uno de los pasos para así conocer el comportamiento de los distintos parámetros.

Los datos que se obtienen de las curvas son: caudal, altura o presión, potencia, eficiencia o rendimiento y ANPA (NPSH). Estos valores tienen un marco o condiciones de trabajo, que son la velocidad de rotación (rpm) y el diámetro del impulsor. El fluido aunque no siempre está expresamente aclarado pero en bombas centrífugas las curvas surgen de pruebas hechas con agua limpia a temperatura ambiente (2 - 20°C) y a nivel del mar, es decir, a un bar. Esto es básicamente porque más allá de que el agua limpia es el fluido más bombeado, significa un valor 1 de densidad, peso específico y viscosidad, y desde esa base se puede transpolar los valores cuando varía el fluido o sus condiciones ambientales.

Las curvas características están compuestas por diferentes curvas individuales, que aunque desmembradas son parte de un grupo de datos concreto el cual forma el punto de operación o nominal.

Las curvas características de las bombas centrífugas horizontales o verticales de turbinas se componen de:

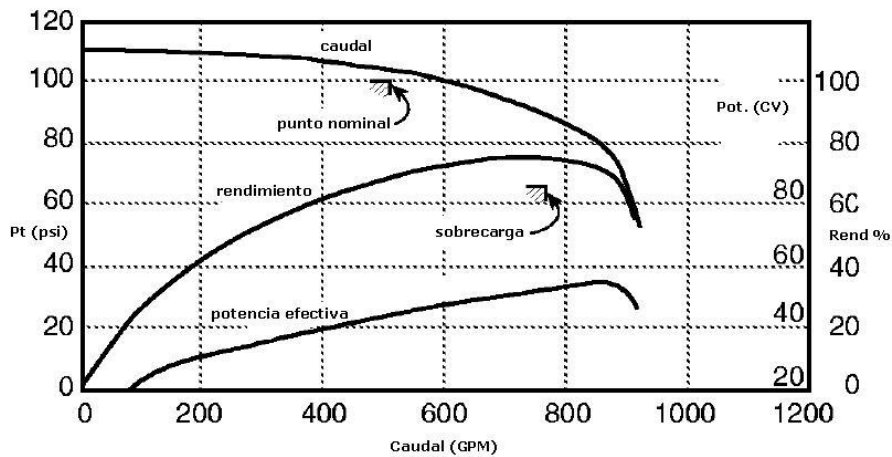
1. Curva caudal-presión. Algunas bombas traen dos curvas de ésta tipo, la de impulsión, que es la más común, y la de aspiración.
2. Curva de potencia efectiva-caudal.
3. Curva de rendimiento-caudal.

La curva caudal-presión es la curva básica y elemental que define el cuánto, cuando y donde del movimiento de un fluido. Con ella se puede saber cuántos litros por hora (cuanto y cuando = caudal) del fluido es movido a una determinada altura o presión (donde). Los otros parámetros (potencia, eficiencia y ANPA) son a referencia de un punto caudal-presión.

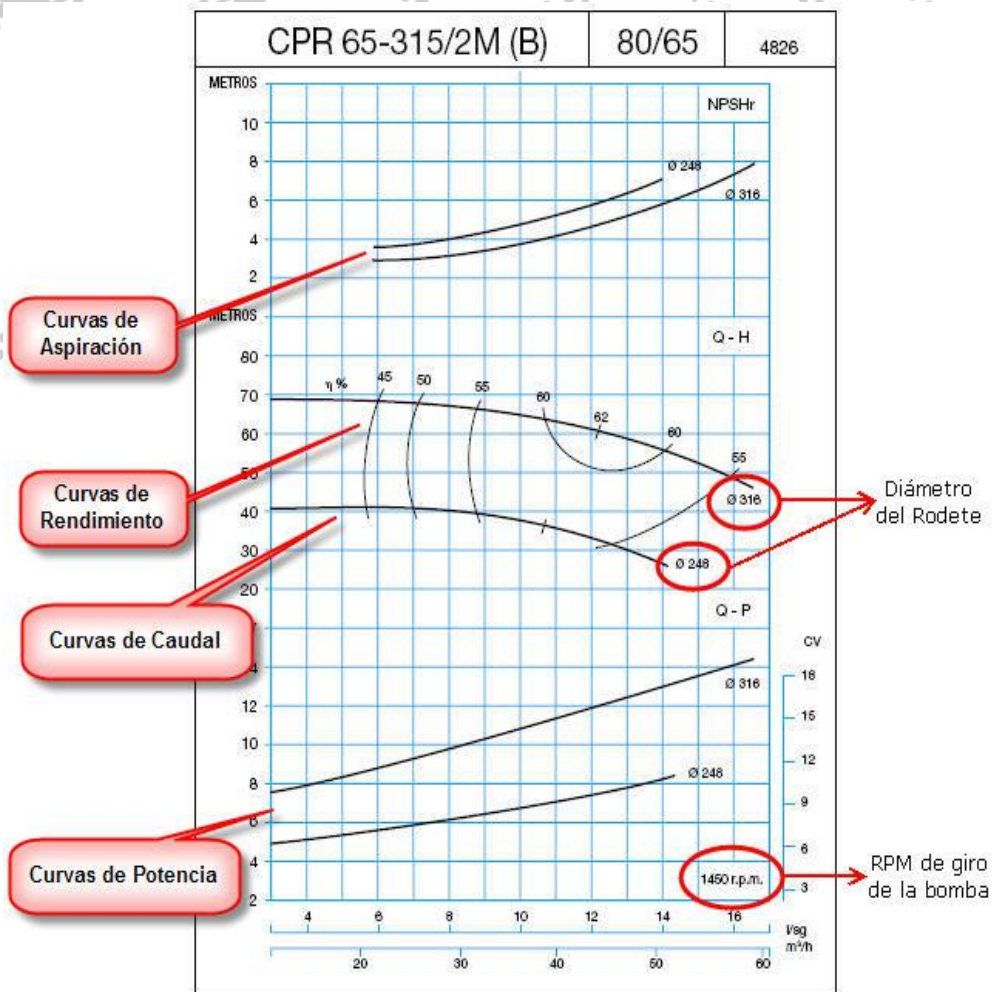
El gráfico de la curva caudal-presión es una curva compuesta de valores x-y, donde los valores de x (eje horizontal) corresponde al caudal (Q) y los valores de y (eje vertical) a la altura o presión (h). La curva va a decir a qué altura o presión debe funcionar la bomba para entregar un determinado caudal.

La curva caudal-potencia es la curva que sirve para conocer cuál será la potencia requerida para lograr el valor de presión y caudal en la bomba, es decir, que HP tendrá el motor eléctrico. La Potencia Eléctrica es la energía que el motor consume de la línea de alimentación eléctrica, válido en bombas monoblock que ya vienen equipadas con su motor. La Potencia Mecánica es la que necesita la bomba en su eje, para bombear el fluido y cumplir el punto de trabajo requerido o punto nominal. En este caso se utiliza en bombas de eje libre sin motor o en equipos que aunque sean monoblock el motor puede ser intercambiado por otro normalizado de diferente marca.

La curva caudal-rendimiento. En estos valores están representados la relación entre lo que entrega (caudal-presión) el equipo y lo que necesita para hacerlo (potencia), cuanto menos necesite más eficiente o mejor rendimiento tendrá la bomba. Si se observa un gráfico de rendimiento se verá que hay un punto central o zona concéntrica que corresponde a los valores de mayor eficiencia, cerca de este punto es la zona de la curva en la que se debe tratar de que opere el equipo, ya que allí es donde mejor se da la transformación de energía. Esta zona habitualmente está ubicada en el tercio central de la curva de caudal-presión.



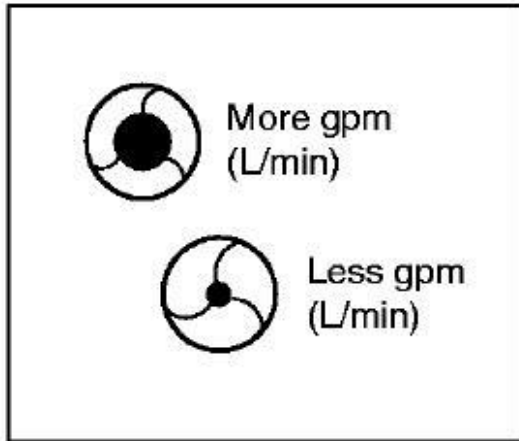
Las curvas características de una bomba es ni más ni menos que un mapa, un gráfico que nos dice qué sucede en cada lugar. Pero tener un mapa no significa estar ubicado. Las curvas sirven para dos situaciones: una es para seleccionar un equipo donde realizados los cálculos previos se tendrán los valores de caudal-altura, se deberá buscar entonces la coincidencia de la curva de la bomba con éstos valores. La otra situación es cuando el equipo ya está en funcionamiento, y en función de los datos de presión y caudal a la salida de la bomba corroboramos que la misma copie la curva.



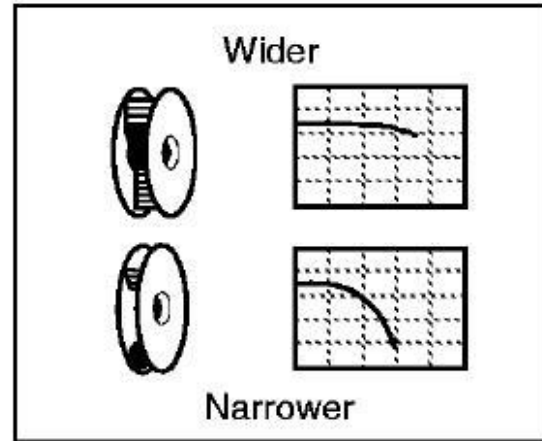
Curvas Características de Catálogo para Selección de Bombas
Bombas Ideal

12.4) Tipos de Rodetes y Tipo de Curvas

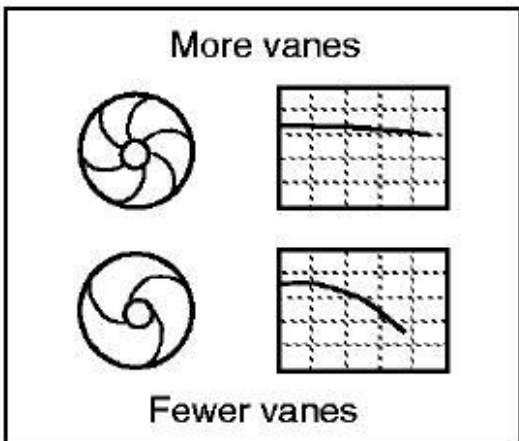
La variación de la forma de la curva de caudal-presión en función del diseño y forma del rodete es la siguiente:



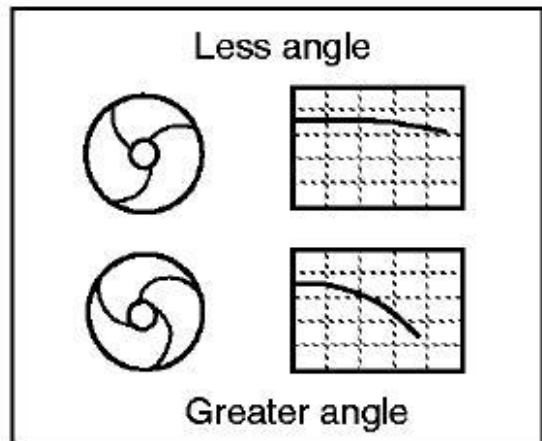
Diameter of eye



Width of impeller



Number of vanes



Angle of vanes

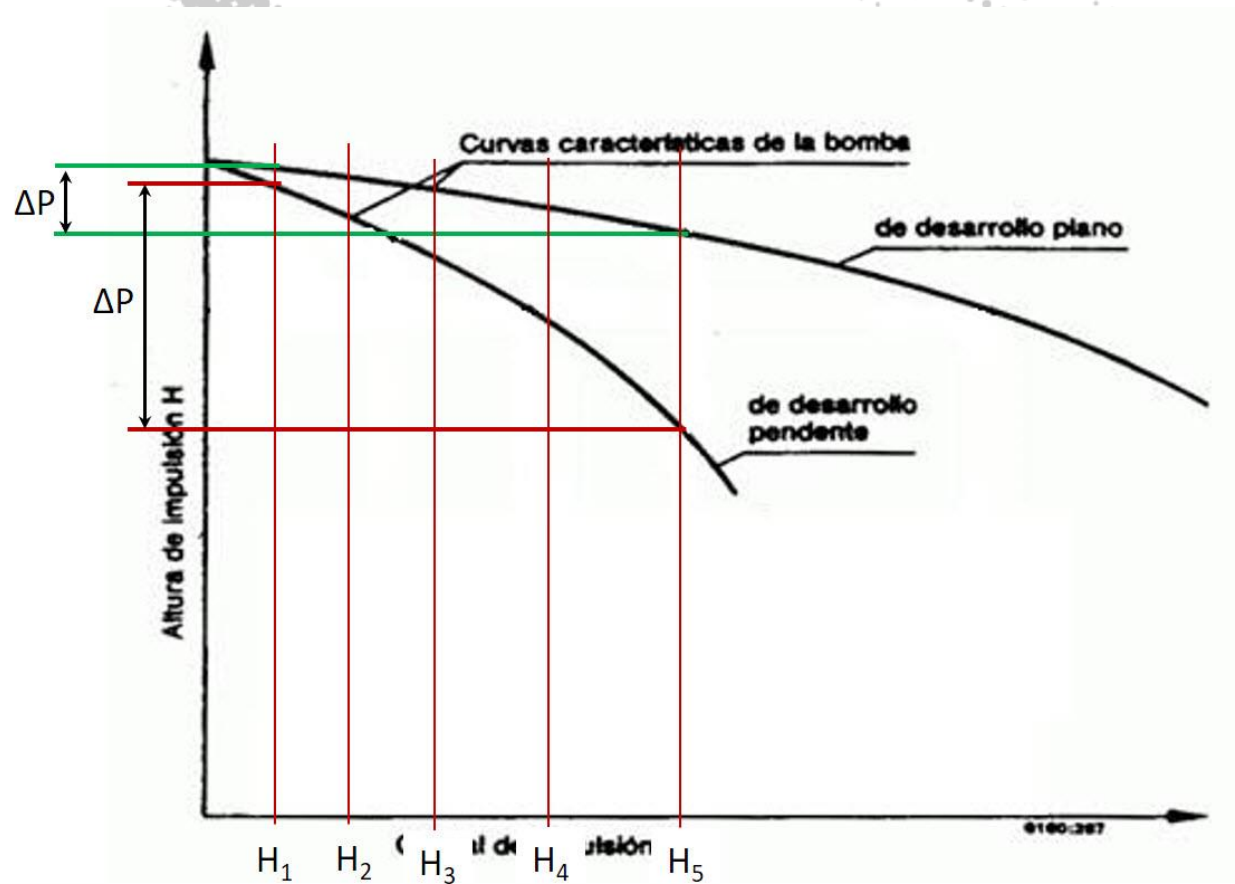
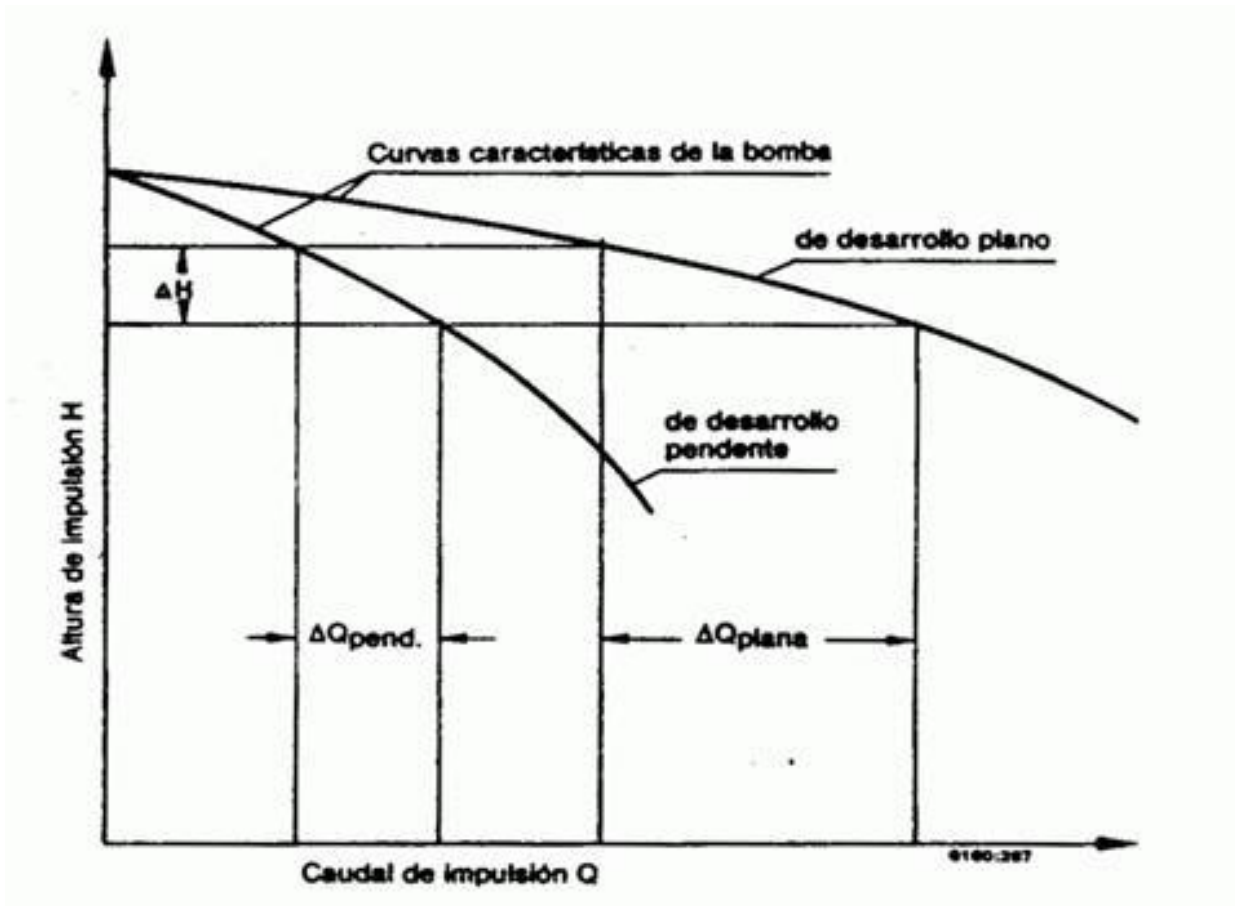
12.5) Tipos de Curvas Caudal-Presión

Según las condiciones de servicio puede ser conveniente una curva plana o pendiente.

Una red de incendios necesita un caudal de agua variable en función de la cantidad de hidrantes o aplicaciones de extinción abiertas o cerradas, pero este caudal de agua debe ser provisto a una presión que no baje más allá de las necesidades de los sistemas de protección, si no, éstos dejan de funcionar adecuadamente; la curva de desarrollo plano ofrece un mayor caudal que una de curva de desarrollo pendiente.

Para un mismo nivel de altura (presión), una curva plana ofrece mayor caudal que con una curva pendiente. Dicho de otra manera, una curva plana ofrece mayor caudal con una menor caída de presión.

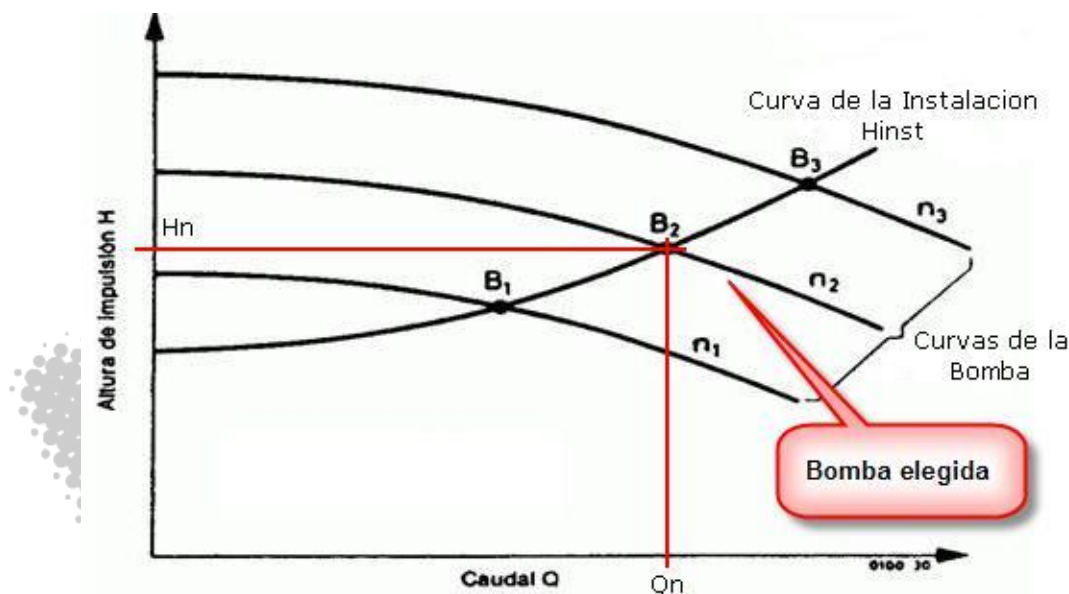
Para servicios de incendios las curvas deben ser del tipo PLANAS.



13) SELECCIÓN DE LA BOMBA

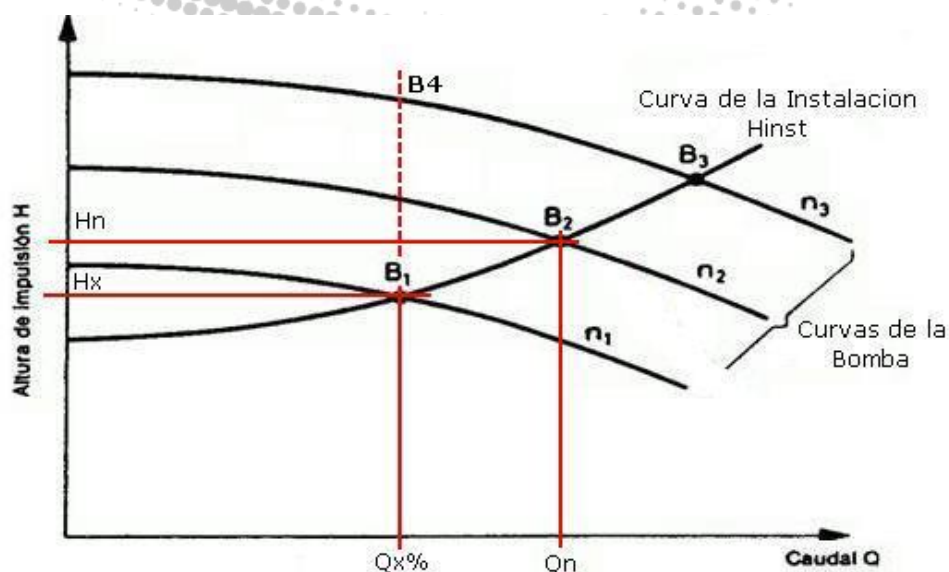
Conocida la curva de la instalación H_{inst} , en la realidad solo interesa establecer el Punto de Funcionamiento Nominal (Q_N y P_N) de la instalación, se debe seleccionar una bomba que satisfaga esa necesidad de caudal y presión.

La bomba adecuada será aquella que sitúe un punto de su curva característica QH sobre la curva de la instalación H_{inst} , en el punto nominal.



Modificar el punto de trabajo B (y con ello el caudal Q y la altura de impulsión H), con rodete radial, en general sólo es posible variando el número de revoluciones n, el diámetro del rodete D o la característica de la instalación H_{inst} , dado por sentado que la bomba funciona libre de cavitación.

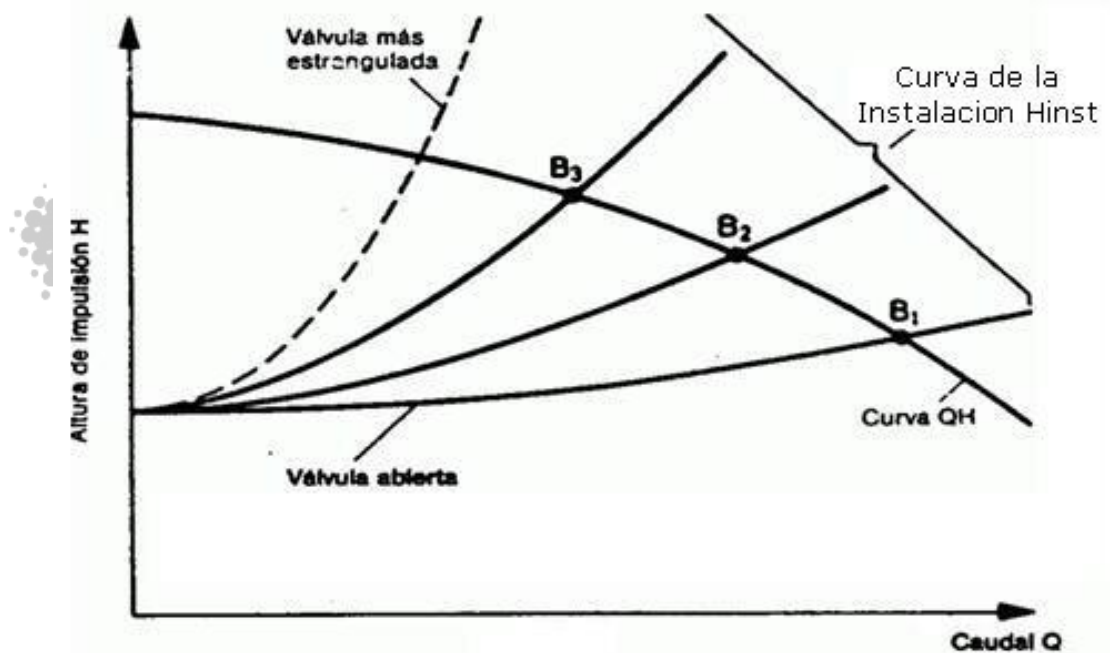
En una red de incendios ya instalada la bomba no es modificable y gira a una velocidad que también es fija y cte. La bomba genera una presión y un caudal que está dado siempre por su curva característica.



Ahora pensemos en una red de incendios real, supongamos que estamos consumiendo un caudal menor ($Q_{x\%}$) al caudal nominal, cosa muy común en una red de incendios. De acuerdo con la curva de la instalación el nuevo punto de funcionamiento recae ahora, siempre siguiendo la curva de la instalación sobre B_1 .

Para este punto de funcionamiento de la instalación la bomba η_2 ya no nos satisface, la bomba que ahora cumple las nuevas condiciones sería la η_1 . Ahora bien, la bomba es fija, no podemos cambiar ni la velocidad de rotación ni el diámetro del rodete. La única alternativa que queda es modificar la curva de la instalación para que pase por el punto de bombeo que para la bomba instalada η_2 , será ahora el B_4 .

En una instalación modificar la curva característica solamente será posible abriendo o estrangulando un órgano de regulación, como un hidrante o una válvula exclusiva.



14) VERIFICACIÓN DE LA CURVA DE LA BOMBA

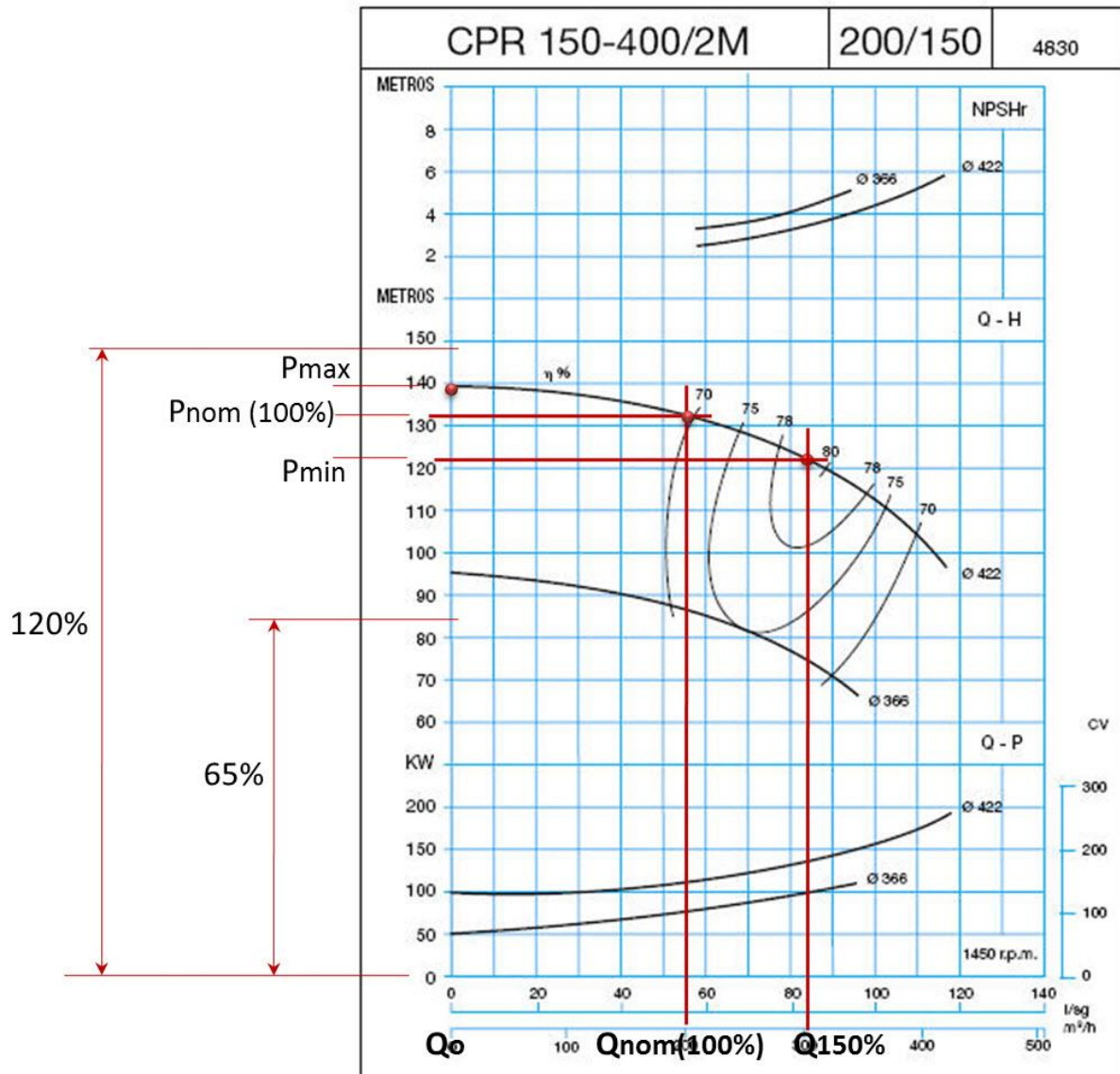
La bomba de incendio debe tener una curva de caudal-presión suave o de desarrollo "plano". Que tan plana debe ser la curva está determinado por las normas en la materia.

Una vez seleccionada la bomba se debe verificar si la planitud en la curva cumple los parámetros normados.

La forma de la curva de presión caudal de una bomba de incendio se verifica en los siguientes dos puntos:

Caudal Cero: La presión a caudal cero de una bomba centrífuga horizontal no debe exceder del 120% de la presión nominal al 100% de capacidad. En las bombas verticales la presión total con caudal cero no debe exceder del 140% de la presión nominal al 100% de capacidad. El punto de caudal cero representa la máxima presión total admisible; de otro modo, la bomba tendría una curva característica ascendente o convexa.

Sobrecarga: Al 150% de la capacidad nominal, la presión total no debe ser inferior al 65% de la presión nominal.



15) FUNCIONAMIENTO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS EN PARALELO

Cuando trabajan dos o más equipos en paralelo, se obtiene un incremento del caudal, el rango de presión es el mismo. En esta situación no hay que sumar presión, pero sí, se multiplicará la cantidad de agua movilizada.

Existen situaciones en la que disponer de una única bomba haría a la misma sobredimensionarla y que trabajase en zonas poco recomendables. A mayor tamaño de bomba, no sólo es más costosa, sino que suelen ser modelos fuera de línea o a pedido especial, los tiempos de entrega son mayores y también más complejo el conseguir repuestos. Una mejor solución es disponer de una batería de bombas trabajando en paralelo que entren en funcionamiento de forma progresiva para atender la demanda o todas al mismo tiempo.

La curva característica la obtendremos con la suma, para cada altura, de ambos caudales, proporcionando una nueva curva más plana. Cuando más bombas más plana es la curva.

Conectadas en paralelo se pueden dar dos situaciones, que las bombas sean iguales o sean diferentes, los pasos para el trazado de la curva son los mismos, pero hay diferencias a tener en cuenta.

Dos bombas acopladas idénticas

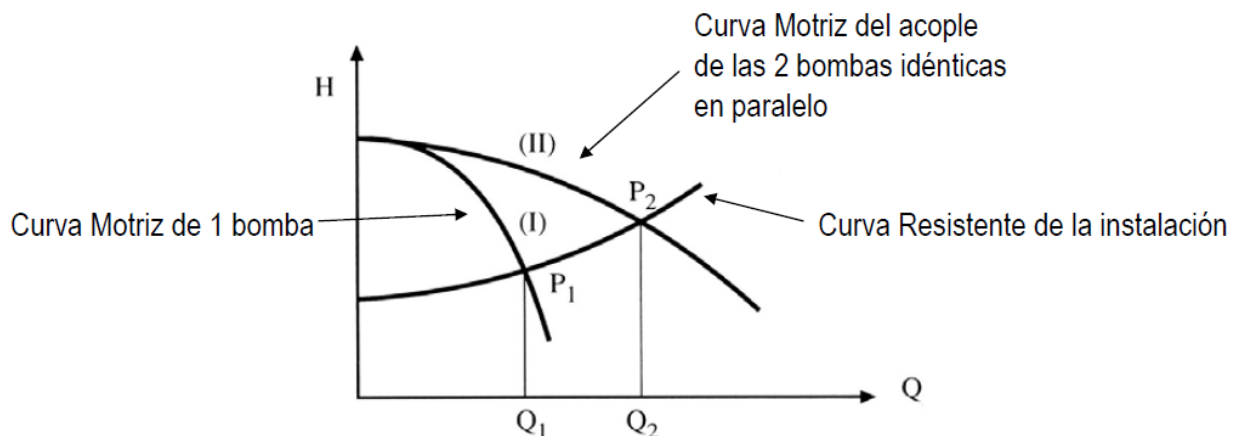
Para trazar la curva en esta situación se deben tomar tres o cuatro valores de altura dentro de la curva. Cuantos más puntos se tomen mayor exactitud se obtendrá.

A cada valor de altura le corresponden valores de caudal utilizando una, dos o tres bombas.

H (m)	Bba1	Bba1 + Bba2
	Q ₁ (m ³ /h)	Q ₁ + Q ₂ (m ³ /h)
15	6	12
20	4,5	9
25	3	6
30	2	4

Tal como sucede con las curvas de una sola bomba, con este gráfico se conocerán las características del conjunto de bombas funcionando al mismo tiempo.

En el gráfico se puede apreciar que Q₂ no es el doble de Q₁, a medida que se agregan bombas sumamos caudal pero cada vez en menor medida, ya que hay que tener en cuenta que a mayor caudal mayores pérdidas en la instalación.

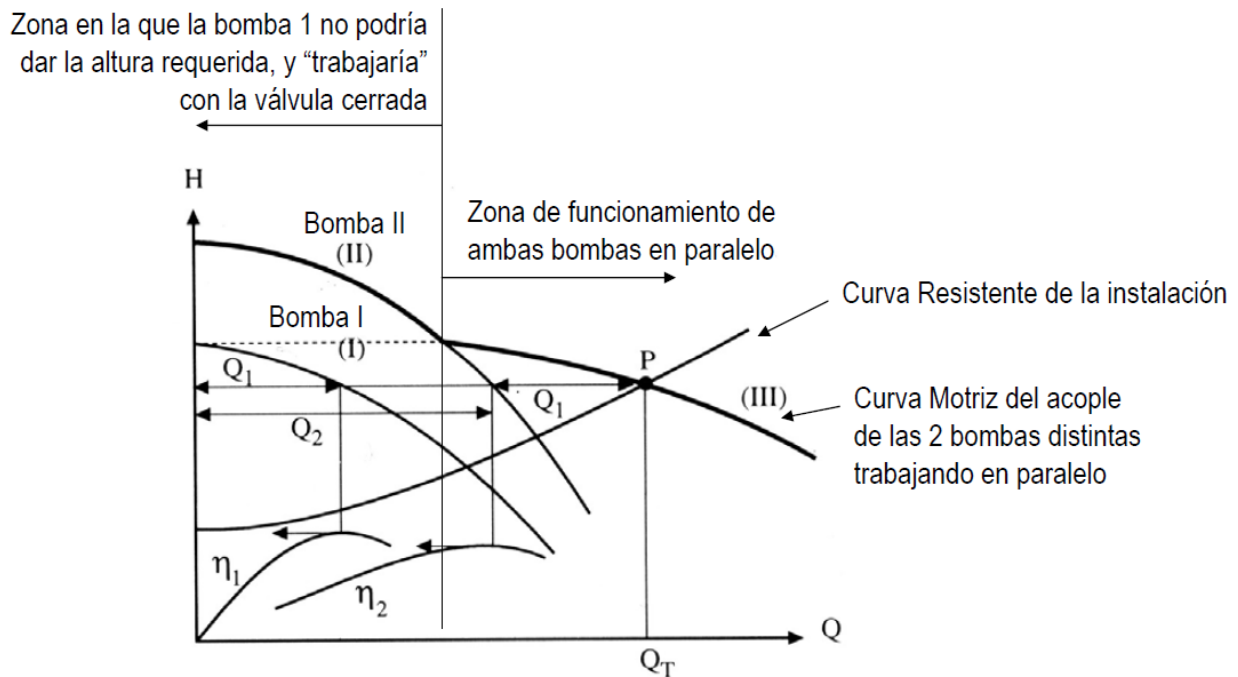


Si las bombas no fuesen idénticas, pero tuviesen la misma ordenada en el origen, la misma altura para caudal cero (0), tendrían un tratamiento totalmente análogo a este.

Bombas con características distintas

Operando dos bombas diferentes en paralelo el procedimiento es igual, pero hay que tener en cuenta que si las dos bombas tienen diferentes rangos de presión (por ejemplo Bba1 H = 20-30 m y Bba2 H = 15-25 m), solo se obtendrá mayor caudal en la franja de presión donde coinciden ambos equipos (en el ejemplo 20-25 m).

La observación es que como hoy un rango de presión que la segunda bomba no llega a abastecer y por ende no sumará caudal. Realmente será útil operar con dos bombas en el rango de presión donde comparten rendimiento.



16) VARIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE BOMBEO

16.1) Variación de la Velocidad

A diferentes revoluciones, una misma bomba centrífuga ofrece diferentes curvas características que están relacionadas entre sí por las leyes de semejanza. Conociendo los valores Q_1 , H_1 y P_1 correspondientes a la velocidad n_1 , los nuevos valores para n_2 serán:

$$Q_2 = \frac{n_2}{n_1} \times Q_1 \quad H_2 = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 \times H_1 \quad P_2 = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3 \times P_1$$

Variando las revoluciones de la bomba se desplaza pues su punto de funcionamiento. En las curvas QH anteriores, a las velocidades n_1 , n_2 , y n_3 , les corresponde un determinado punto de servicio, B_1 , B_2 , B_3 .

16.2) Torneado de Rodetes

Cuando sea necesario reducir la capacidad de una bomba centrífuga manteniendo constante su velocidad n , se puede reducir el diámetro D del rodete.

Para el torneado de rodetes del tipo radial es aplicable (el torneado no causa una reducción semejante geoméricamente pues el paso permanece casi siempre constante) la siguiente relación entre Q , H y diámetro del rodete D :

$$\left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 \approx \frac{Q_1}{Q_2} \approx \frac{H_1}{H_2} \quad D_2 \approx D_1 \times \sqrt{\frac{Q_2}{Q_1}} \approx D_1 \times \sqrt{\frac{H_2}{H_1}}$$

Del modo siguiente puede determinarse el diámetro del rodete o impulsor, véase figura. En el diagrama QH (parte lineal) se traza una recta, con origen en el ángulo formado por las dos coordenadas, que pase por el punto de servicio deseado B₂ y corte la curva característica del rodete entero D₁, resultando el punto B₁. Así habremos obtenido el par de valores Q y H de subíndice 1 y aplicando la fórmula dada podremos determinar el diámetro de torneó D₂.

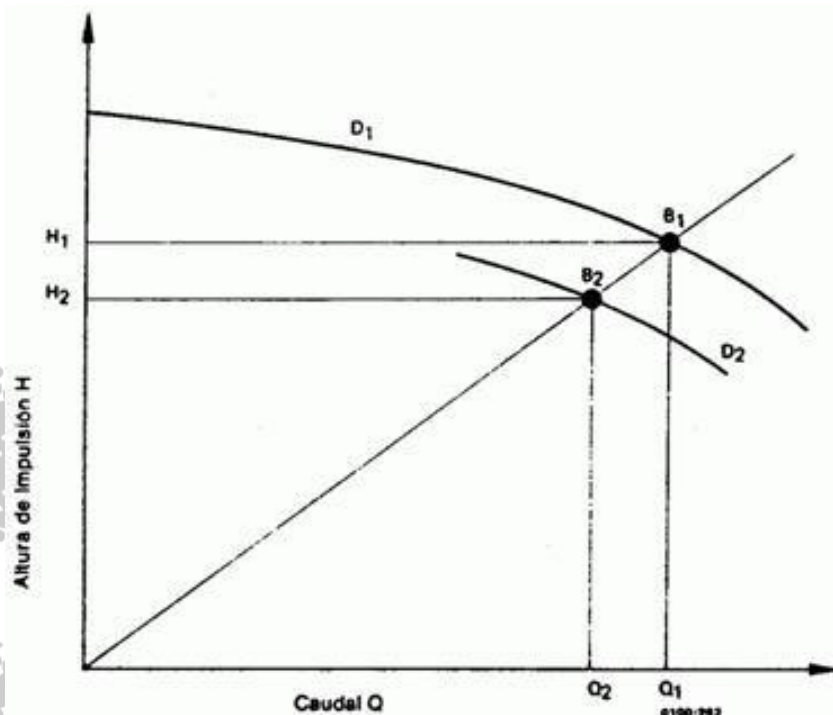


Fig. 19 influencia del diámetro del rodete

17) ELECCIÓN DEL TAMAÑO DEL MOTOR DE LA BOMBA

Partimos de la base que se conocen los datos necesarios, como ser: caudal y altura de impulsión, así como la frecuencia eléctrica de la red.

17.1) Potencia Absorbida por la Bomba

La potencia absorbida por una bomba centrífuga es la requerida por esta en su acoplamiento o al eje de la máquina de accionamiento, potencia mecánica que se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$W = \frac{\rho \times g \times Q \times H}{1000 \times \eta} \quad (KW)$$

donde:

ρ = Densidad (kg/dm³)

g = Aceleración de gravedad 9,81 (m/s²)

η = rendimiento (de curvas características de la bomba)

Q = Caudal de impulsión (l/s)

H = Altura de impulsión (m)

O también como en la práctica se hace:

$$W = \frac{\rho \times Q \times H}{367 \times \eta} \text{ (KW)}$$

donde:

ρ = Densidad (kg/dm³)

g = Aceleración de gravedad 9,81 (m/s²)

η = rendimiento (de curvas características de la bomba)

Q = Caudal de impulsión (m³/h)

H = Altura de impulsión (m)

La potencia absorbida por la bomba W puede obtenerse también, con bastante exactitud, de la curva característica de la bomba.

17.2) Determinación de la Potencia del Motor

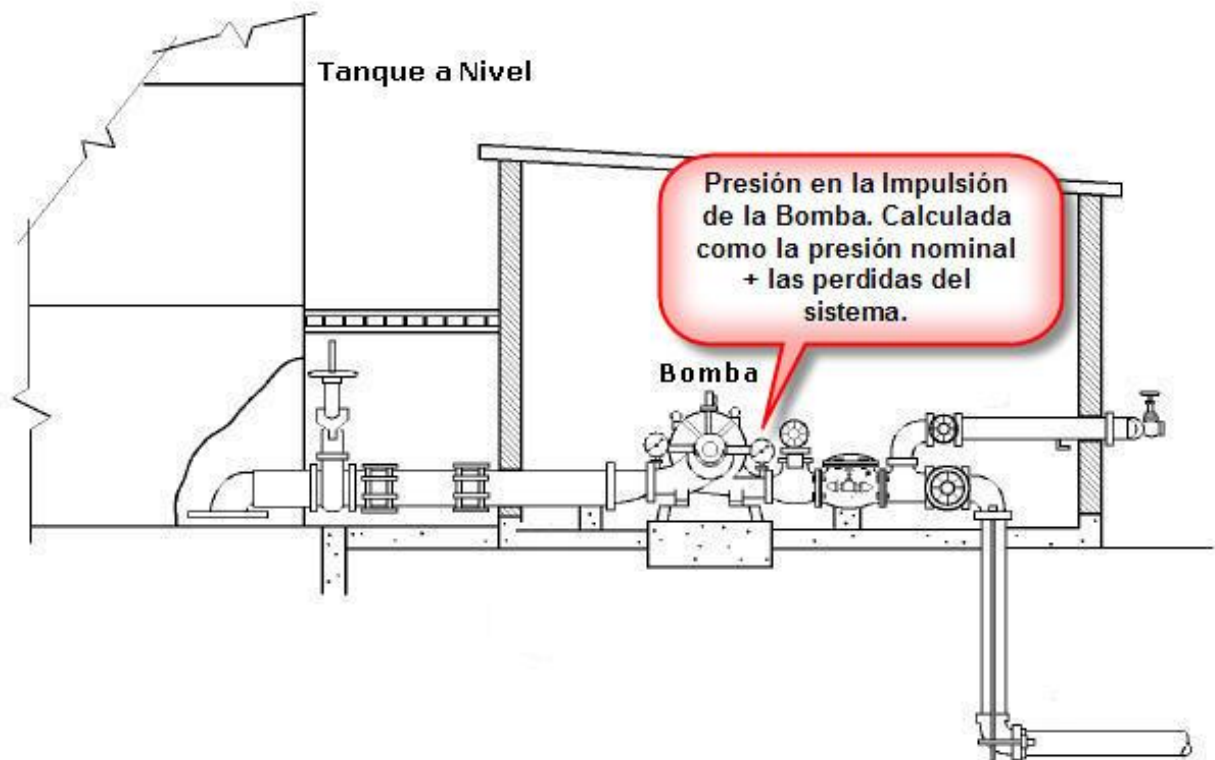
Ante la posibilidad de extremas variaciones de volumen, ha de elegirse la potencia del motor con arreglo al caudal máximo posible de la curva.

Para las bombas de incendios deberíamos calcular la potencia del motor al menos para un caudal que sea del $Q_{150\%}$, o para la máxima capacidad de bombeo de la bomba seleccionada.

18) PASOS PARA LA SELECCIÓN LA BOMBA

18.1) Punto de Servicio de la Bomba

Se debe establecer el punto de servicio nominal a la salida de la brida de impulsión de la bomba, por lo cual se parte del punto de servicio nominal de la instalación (Q_n y P_n). El caudal nominal de la bomba será el caudal de consumo de agua simultánea por las distintas aplicaciones (hidrantes fijos, rociadores, espuma, etc.) a instalar; y la presión nominal a la salida de la brida de impulsión de la bomba será la presión en el punto hidráulicamente más desfavorable más las pérdidas de carga del sistema, desde este punto hasta la brida de impulsión de la bomba.



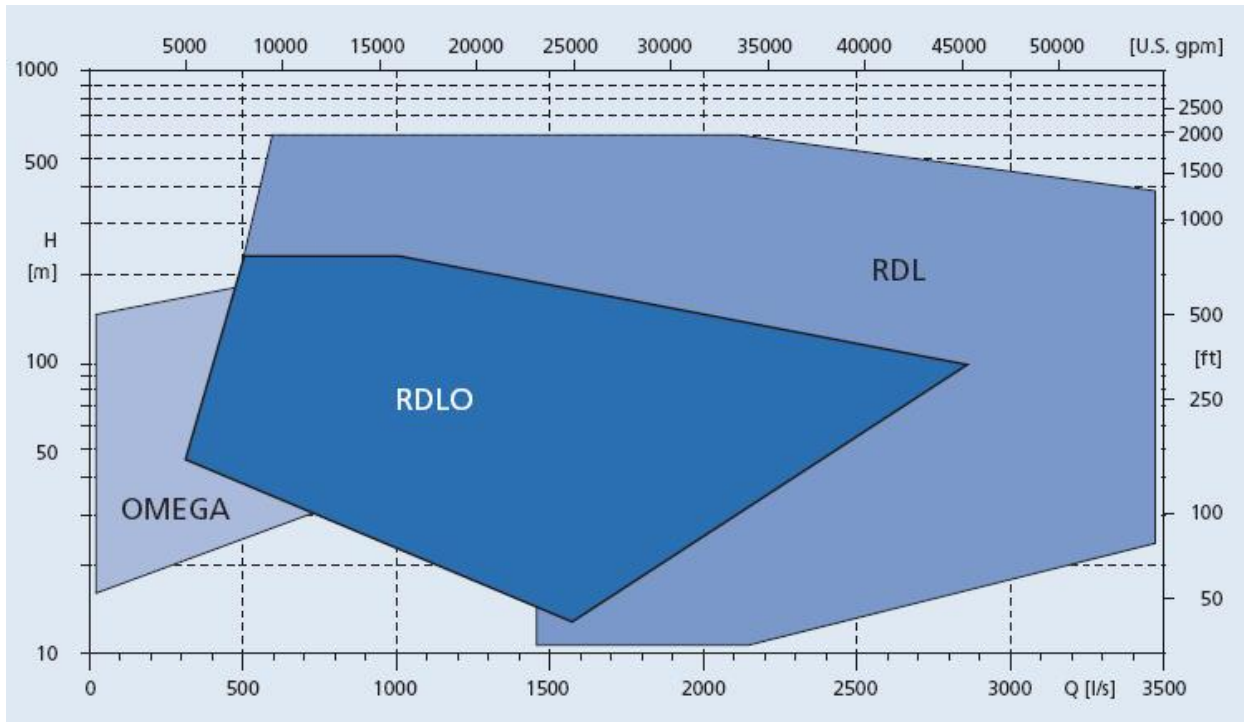
18.2) Selección del Fabricante de la Bomba y Modelo

Para nuestro caso por tratarse de una bomba para servicio de incendios, ya tenemos acotado el modelo, que para el caso típico del esquema anterior, en todos los casos debe ser una bomba horizontal (eje horizontal) de cámara partida horizontalmente.

Muchos fabricantes para el mismo tipo de bomba nos ofrecen varios modelos distintos, para saber qué modelo usar, en los catálogos aparecen gráficos de selección de bomba o llamados MAPAS de bombas.

18.2.1) Bomba KSB

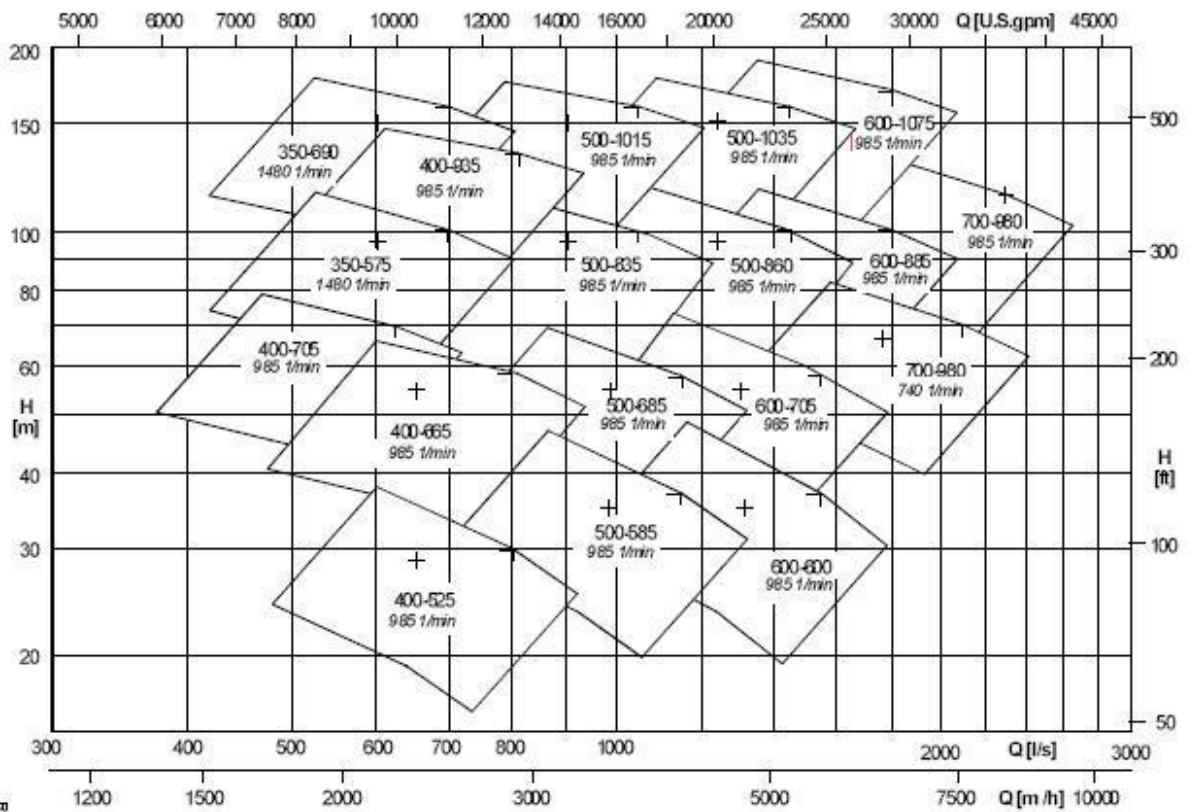
Para las bombas horizontales de cámara partida horizontalmente de la casa KSB (www.ksb.com.ar), la selección del modelo se hace en dos etapas, una primera etapa donde nos indica que modelo usar y después dentro de ese modelo (en otro gráfico), específicamente que sub modelo elegir.



RDLO / RDLO V

Auswahldiagramme 50 Hz / Selection charts 50 Hz / Diagrammes de selection 50 Hz / Diagramma di scelta 50 Hz / Diagramas de selección 50 Hz

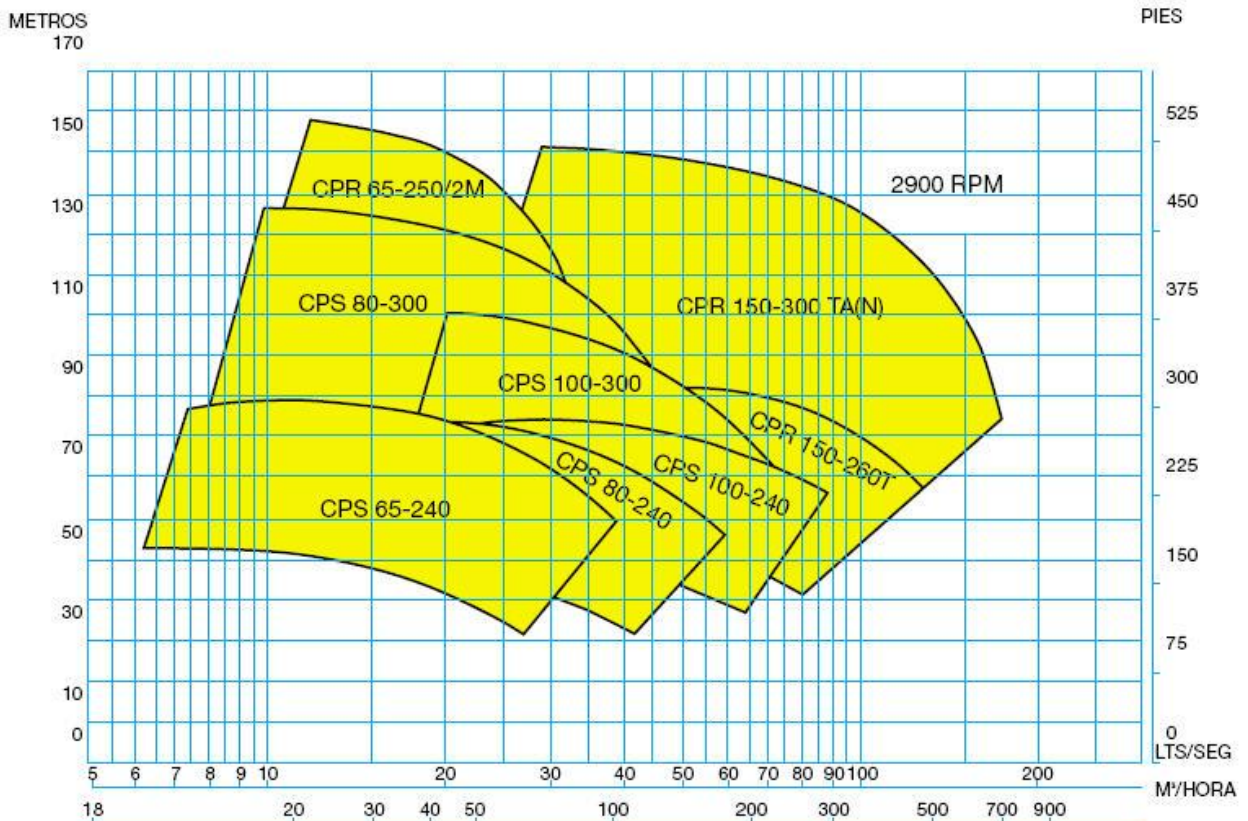
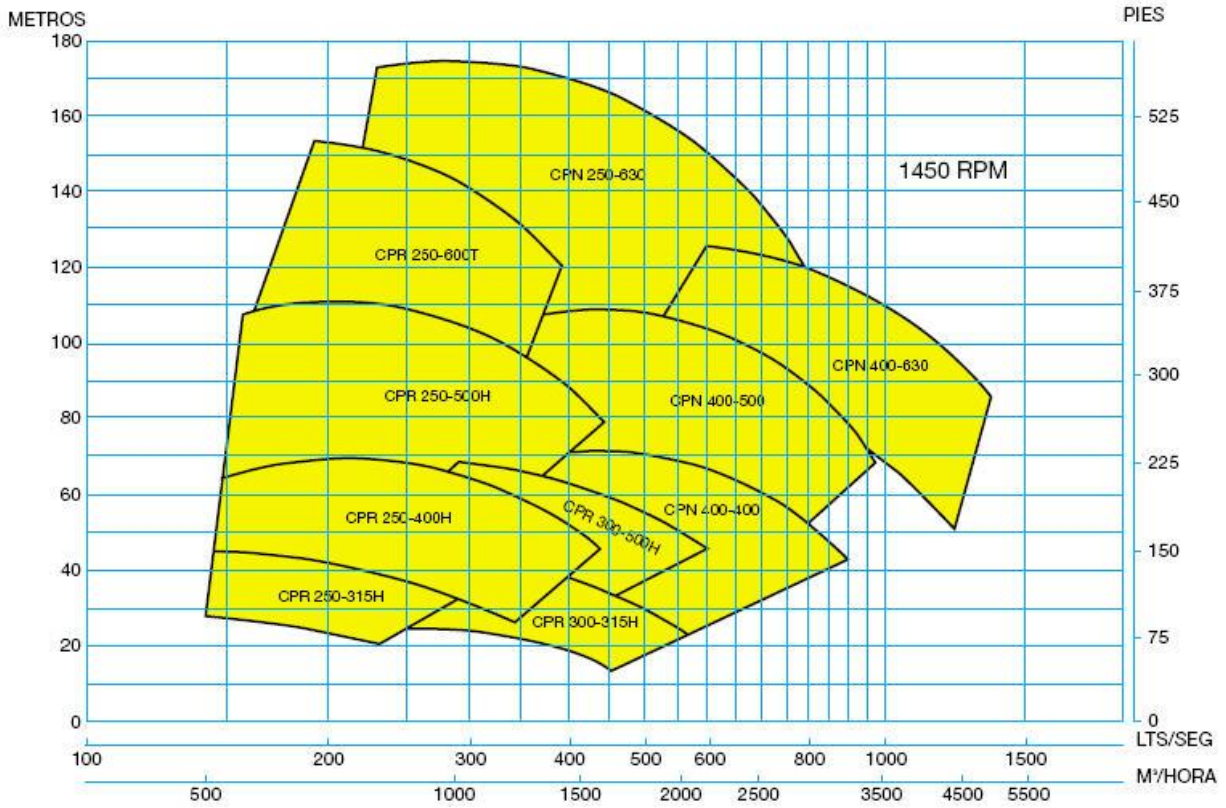
n = 1480, 985, 740 1/min - = η_{opt} RDLO/RDLO V ...
 + = η_{opt} RDLO/RDLO V ...

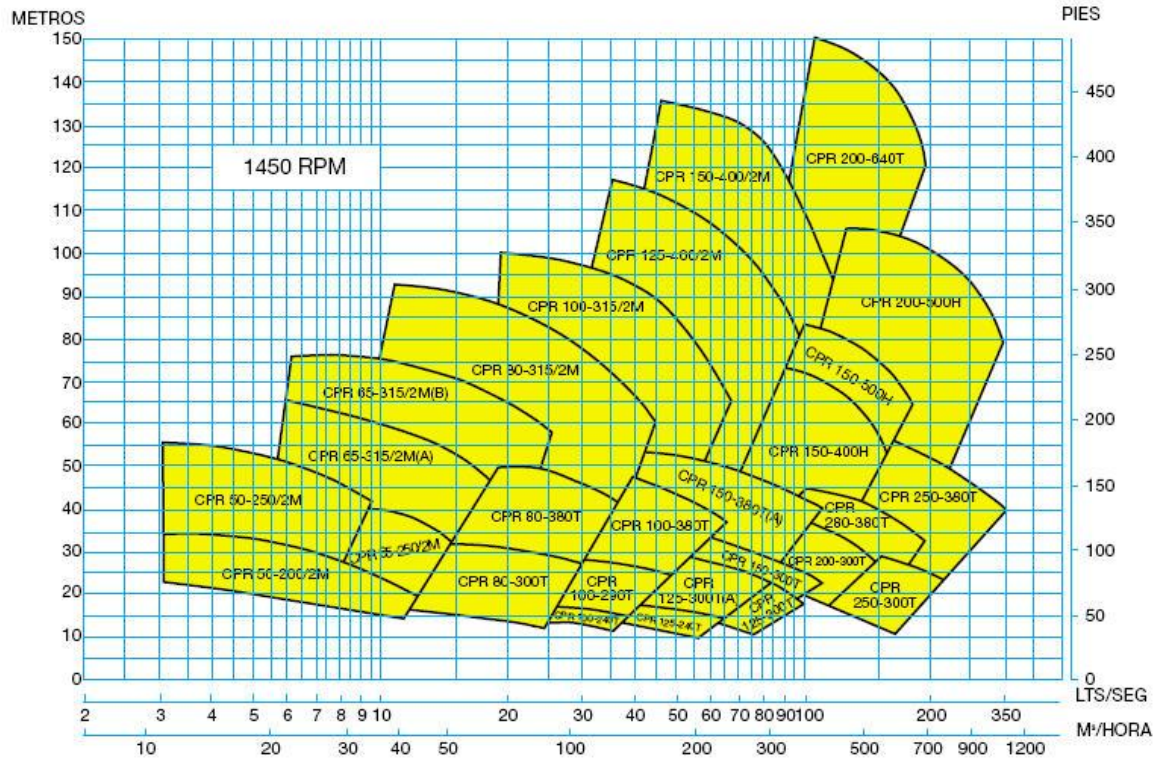


RDLO-KH
1387_45011-30

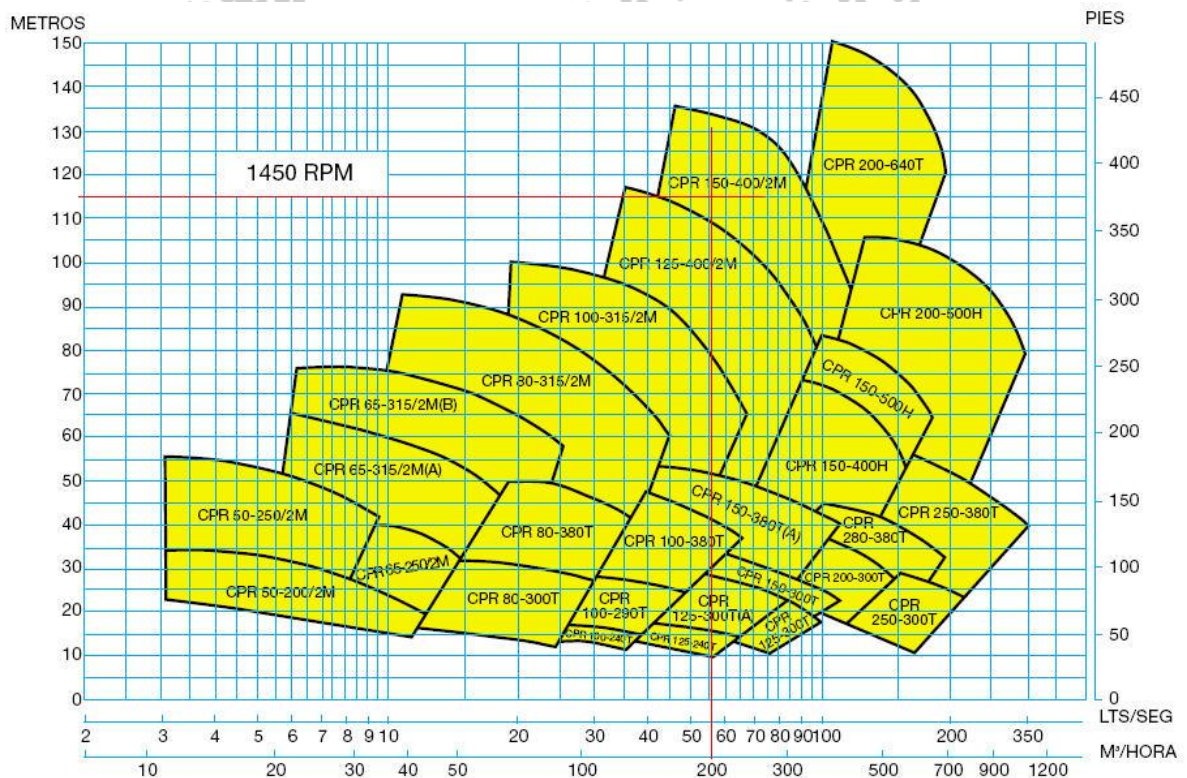
18.2.2) Bomba Ideal

Las bombas IDEAL (www.bombasideal.es) nos presentan tres gráficos de selección de modelos, con distintos rangos de caudales y para distintas rpm.

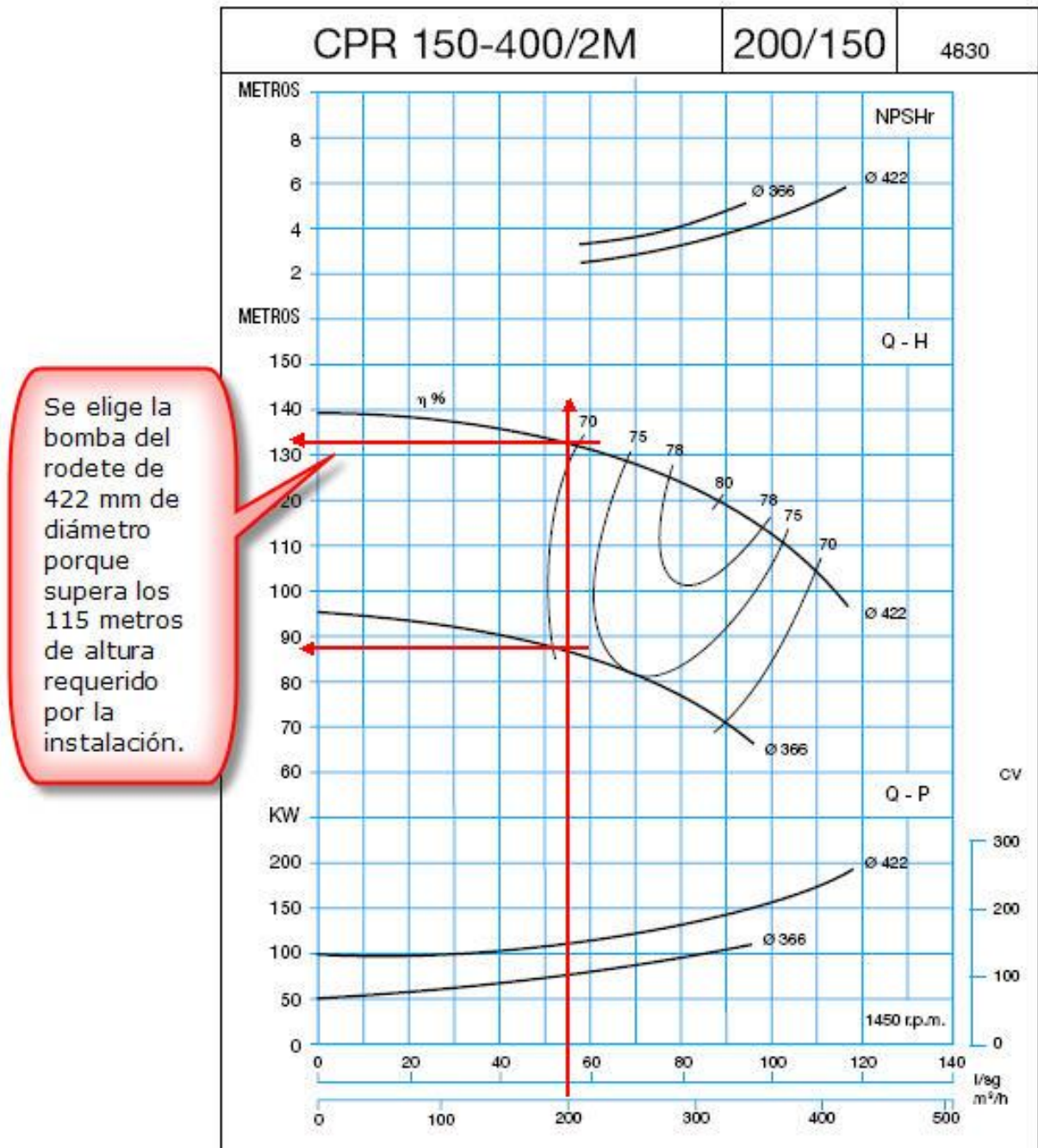




Para seguir con la explicación del proceso, vamos a hacerlo por medio de un ejemplo. Supongamos que tenemos que seleccionar una bomba que nos entregue 200 m³/h a una presión en la brida de salida de 115 mH₂O. Para el ejemplo usaremos una bomba IDEAL, presupondremos que por el caudal a bombear el motor eléctrico girará a unas 1.450 rpm, por lo cual de los tres gráficos elegimos el siguiente:



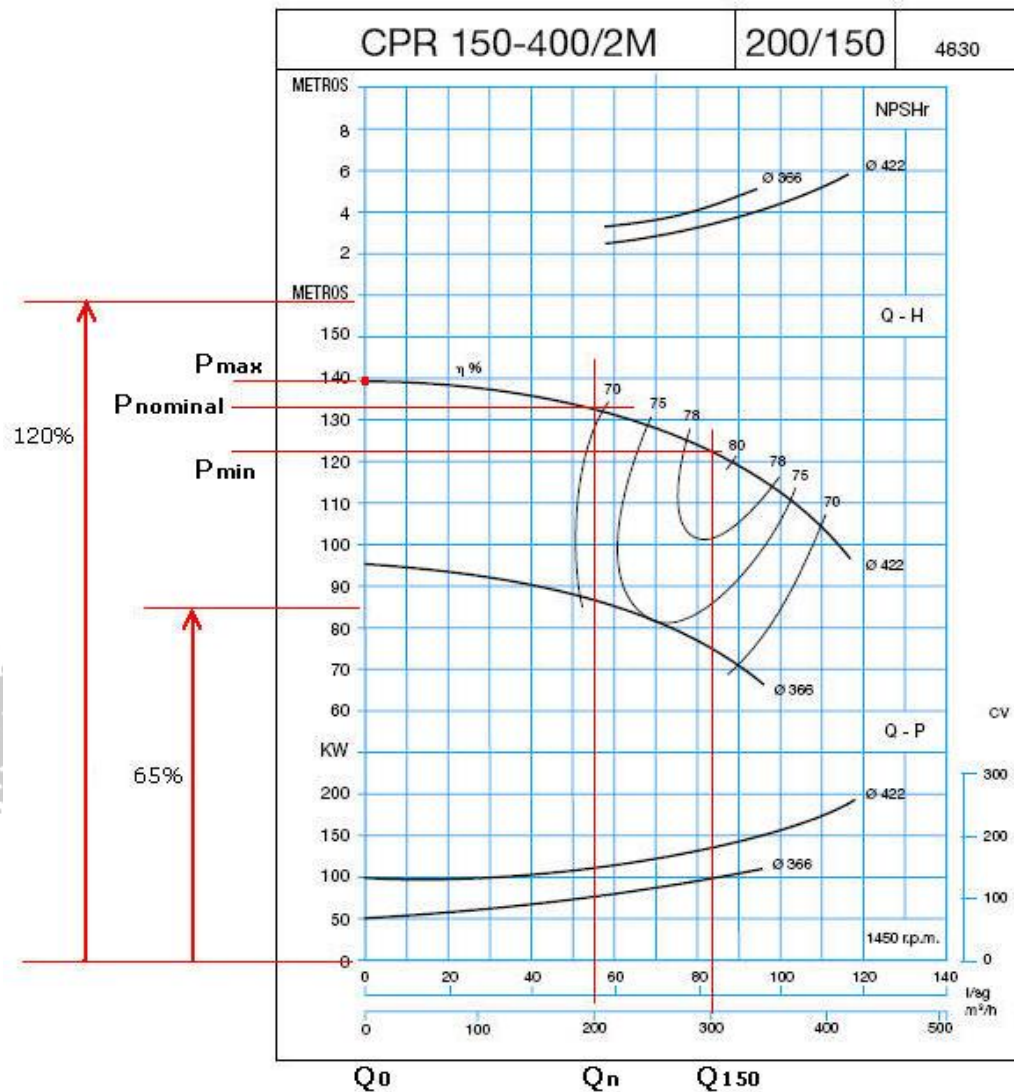
Este gráfico nos recomienda la bomba CPR 150-400/2M. Las curvas características de caudal-presión es la siguiente



No en todos los casos podemos elegir una bomba de rodete intermedio que verifique la presión requerida, eso es una consulta que se debe hacer al fabricante para cada caso en particular.

18.3) Verificación de la Curva Caudal-Presión

Elegida la bomba debemos ahora verificar los puntos de "caudal cero" y "caudal 150%".



18.4) Potencia Absorbida por la Bomba

$$W = \frac{\rho \times Q \times H}{367 \times \eta} \text{ (KW)}$$

$$W = \frac{1 \times 200 \times 133}{367 \times 0,69} = 105KW$$

La potencia absorbida por la bomba puede obtenerse también, con bastante exactitud, de la curva característica de la bomba.

Ante la posibilidad de variaciones de volumen, ha de elegirse la potencia del motor con arreglo al caudal máximo posible de la curva. En nuestro caso como se trata de un sistema de caudal variable y cómo podríamos tener un consumo extremo, es conveniente

seleccionar un motor de potencial tal que nos sirva para un caudal de hasta el 150% del caudal nominal, resulta pues la potencia del motor en:

$$W = \frac{1 \times 300 \times 133}{367 \times 0,79} = 137,620 \text{ KW}$$

18.5) Selección de la Velocidad de Rotación de Motor

Como la presión que genera la bomba está en función de la velocidad de rotación, debemos saber la velocidad exacta a la que girará el motor eléctrico que se acoplará. En nuestro caso para el ejemplo hemos utilizado un motor asincrónico trifásico de la casa "ELETTRONICA SANTERO (www.elettronicasanterno.it).

*MA MOTORE 4 POLI/4 POLE MOTOR

	Tipo de motor/ Motor type	Pn		n _n	M _n	I _{ca} 400V	cosφ	η	Pesos
		kW	CV	RPM	Nm	(A)	P.F.	%	Weight
230 / 240Vac	MJ 56 b 4	0,09	0,12	1340	0,64	0,34	0,65	59	3,6
	MJ 63 a 4	0,12	0,16	1360	0,84	0,4	0,73	59	4,5
	MJ 63 b 4	0,18	0,25	1360	1,26	0,58	0,72	62,5	4,7
	MJ 71 a 4	0,25	0,34	1380	1,73	0,75	0,72	67	6
	MJ 71 b 4	0,37	0,5	1380	2,56	1	0,76	70	6,3
	MJ 80 a 4	0,55	0,75	1400	3,75	1,49	0,76	70,5	10
	MJ 80 b 4	0,75	1	1400	5,12	1,9	0,77	73,6	11
	MJ 90 S 4	1,1	1,5	1400	7,5	2,66	0,78	76,9	13
	MJ 90 La 4	1,5	2	1400	10,23	3,5	0,79	78,6	14
	MJ 100 La 4	2,2	3	1400	15,1	4,70	0,82	82,1	23
MJ 100 Lb 4	3	4	1410	20,32	6,4	0,21	82,8	25	
400 / 690Vac	MJ 112 Ma 4	4	5,5	1435	26,62	8,36	0,82	84,7	28
	MJ 132 S 4	5,5	7,5	1440	36,5	10,9	0,84	86,4	45
	MJ 132 Ma 4	7,5	10	1440	49,7	14,8	0,84	87,3	55
	MJ 132 Mb 4	9,2	12,5	1420	61,8	19,8	0,83	85	85
	MA 160 M 4	11	15	1455	72,2	21,5	0,84	87,9	109
	MA 160 L 4	15	20	1455	98,5	28	0,86	89,9	130
	MA 180 M 4	18,5	25	1470	120,2	34	0,87	90,3	166
	MA 180 L 4	22	30	1470	143,0	40	0,87	91,2	182
	MA 200 L 4	30	40	1470	195,0	54	0,88	91,1	232
	MA 225 S 4	37	50	1475	239,7	67	0,88	90,6	280
	MA 225 M 4	45	60	1475	291,5	80	0,88	92,3	309
	MA 250 M 4	55	75	1480	355,0	96	0,89	92,9	400
	MA 280 S 4	75	100	1485	482,5	133	0,87	93,0	515
	MA 280 M 4	90	125	1485	579,0	159	0,87	93,9	601
	MA 315 S 4	110	150	1485	707,7	188	0,90	93,8	910
MA 315 Ma 4	132	180	1485	847,2	228	0,89	93,9	1046	
MA 315 Mb 4	160	220	1485	1029	276	0,89	94,0	1115	
MA 315 L 4	200	270	1485	1287	337	0,90	94,5	1300	
MA 355 M 4	250	340	1490	1603	421	0,90	95,2	1700	
MA 355 L 4	315	430	1490	2020	528	0,90	95,0	1855	

*Motores MA disponibles hasta 630kW / MA motors available up to 630kW

El motor seleccionado gira a 1.485 rpm, velocidad mayor que la indicada en el catálogo, por lo cual debemos corregir los valores de catálogo para saber los parámetros de impulsión real. Para esto aplicaremos las Leyes de Semejanza para bombas.

$$Q_2 = \frac{n_2}{n_1} \times Q_1$$

$$Q_2 = \frac{1485}{1450} \times 200$$

$$Q_2 = 205$$

$$H_2 = \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 \times H_1$$

$$H_2 = \left(\frac{1485}{1450} \right)^2 \times 133$$

$$H_2 = 139,5$$

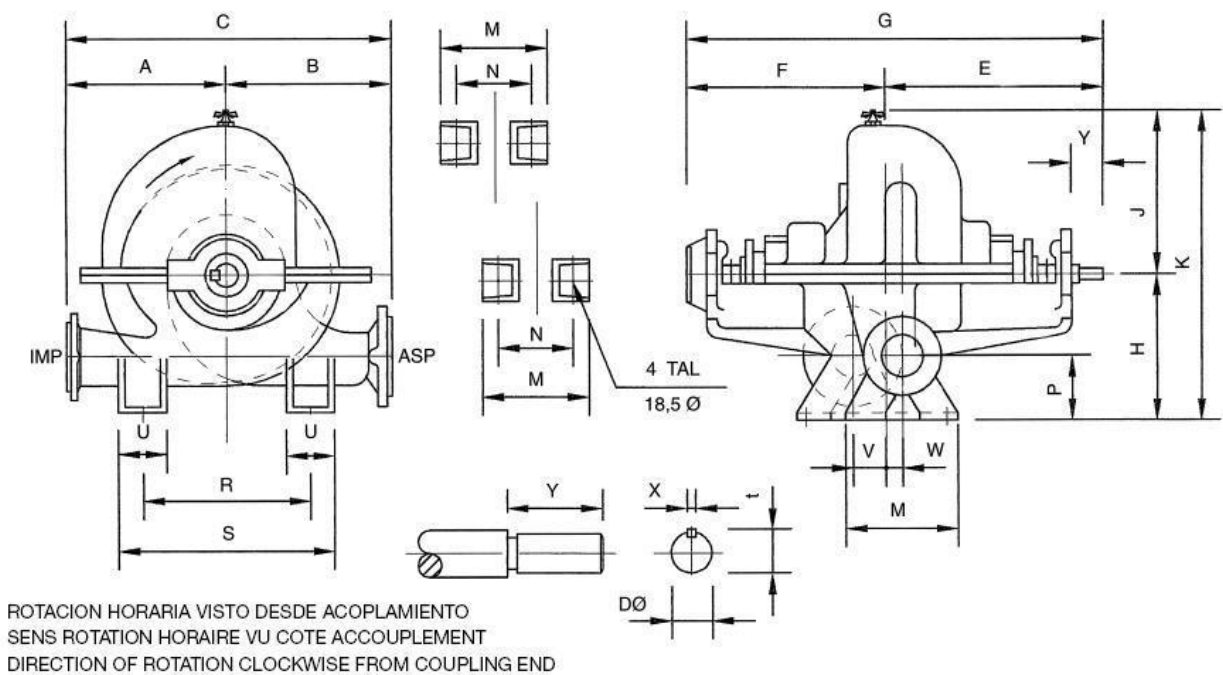
El punto nominal de la bomba en la brida de impulsión resulta a la velocidad de rotación del motor eléctrico seleccionado (1485 rpm) de un caudal de 205 m³/h y 139,5 mH₂O.

18.6) Características Constructivas de la Bomba

De acuerdo con el catálogo del fabricante las características de esta bomba son:

- DIMENSIONES
- DIMENSIONS

CPR - 2M



TIPO / TYPE	SUC ASP	DEL IMP	A	B	C	E	F	G	H	J	K	M	N
CPR 50-200/2M	80	50	225	225	450	400	232	732	230	217	200	160	120
CPR 50-250/2M	65	50	225	250	475	374	316	690	245	230	475	160	120
CPR 65-250/2M	100	65	250	250	500	435	367	802	260	252	512	200	150
CPR 65-315/2M(A)	80	65	275	275	550	378	349	766	285	265	550	200	150
CPR 65-315/2M(B)	80	65	275	275	550	378	349	766	285	265	550	200	150
CPR 80-315/2M	100	80	265	300	565	431	358	789	290	305	595	200	160
CPR 100-315/2M	125	100	340	350	690	540	441	981	350	352	702	260	210
CPR 125-400/2M	150	125	365	375	740	575	479	1054	400	420	820	360	300
CPR 150-400/2M	200	150	400	425	825	630	623	1129	425	495	920	360	300

● LIMITES DE FUNCIONAMIENTO ● LIMITES DE FONCTIONNEMENT ● OPERATIONAL LIMITS

TIPO TYPE	HIERRO FUNDIDO FONTE CAST IRON GG-25		HIERRO FUNDIDO FONTE CAST GGG-40		BRONZE Rg-5		ACERO INOX. ACIER INOX. ST. STEEL AISI 316-304		VELOCIDAD VITISE SPEED
	Pp Kg/cm ²	Pt Kg/cm ²	Pp Kg/cm ²	Pt Kg/cm ²	Pp Kg/cm ²	Pt Kg/cm ²	Pp Kg/cm ²	Pt Kg/cm ²	MAX RPM
CPR 50-200 / 2M	25	12,5	37,5	18,7	25	12,5	37,5	18,7	3000
CPR 50-250 / 2M	11	5,5	16,5	8,2	11	5,5	16,5	8,2	1800
CPR 65-250 / 2M	28	14	42	21	28	14	42	21	3000
CPR 65-315 / 2M	14	7	21	10,5	14	7	21	10,5	1800
CPR 80-315 / 2M	18	9	27	13,5	18	9	27	13,5	1750
CPR 100-315 / 2M	20	10	30	15	20	10	30	15	1750
CPR 125-400 / 2M	24	12	36	18	24	12	36	18	1800
CPR 150-400 / 2M	26	13	39	19,6	26	13	39	19,5	1600

18.7) Selección de Bomba con Rodete Torneado

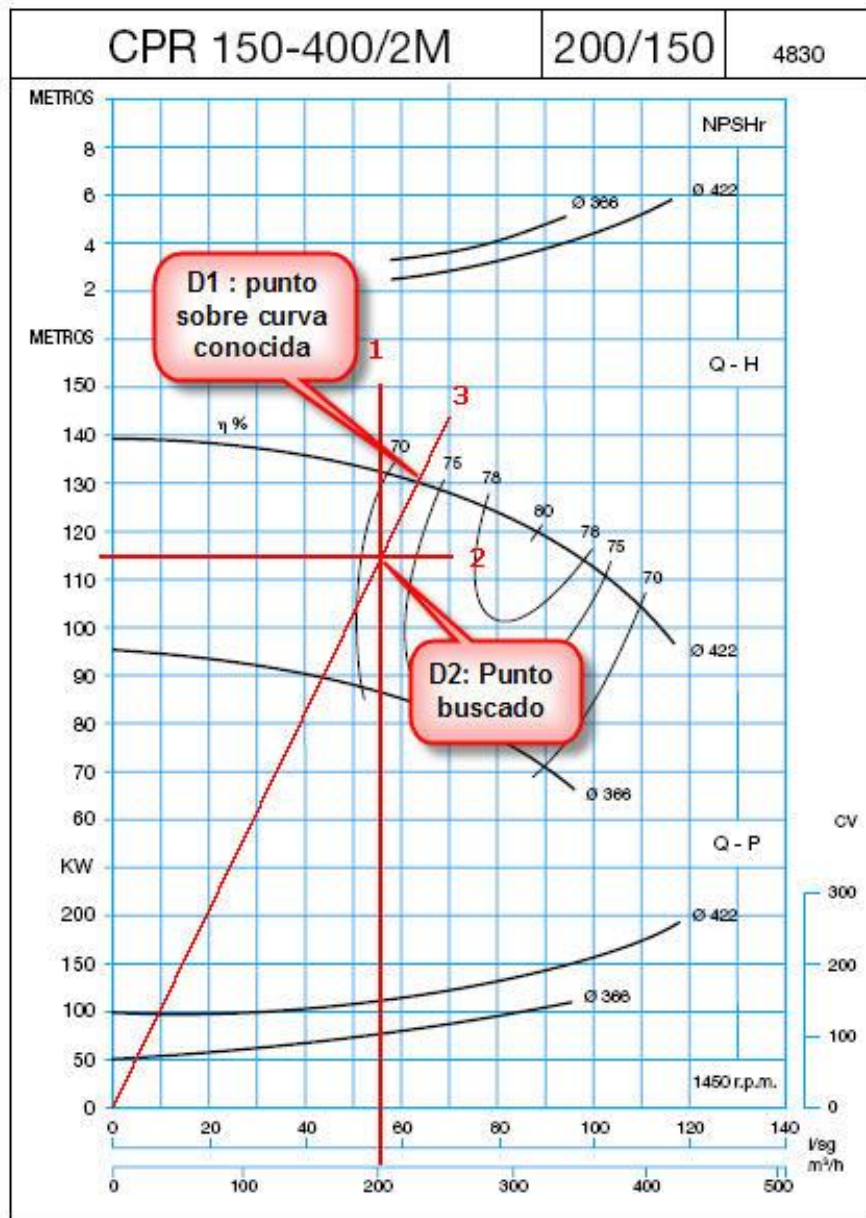
Supongamos en este caso que el fabricante nos deja seleccionar un rodete intermedio entre los indicados en las curvas características de caudal-presión, en este caso se debe proceder de la siguiente manera:

1. Trazar una recta vertical en el punto de caudal de servicio buscado.
2. Trazar una recta horizontal en el punto de presión buscado hasta cruzar la recta vertical anterior, ese será nuestro punto buscado D₂.
3. Trazar una recta, con origen en el punto de servicio cero y por el punto de servicio deseado D₂ y que corte la curva característica del rodete entero D₁. Así habremos obtenido el par de valores Q y H de subíndice 1.
4. Aplicando la fórmula correspondiente a la semejanza de los rodetes, se puede determinar el diámetro de torneado D₂. No se puede determinar el diámetro del nuevo rodete torneado directamente del gráfico.

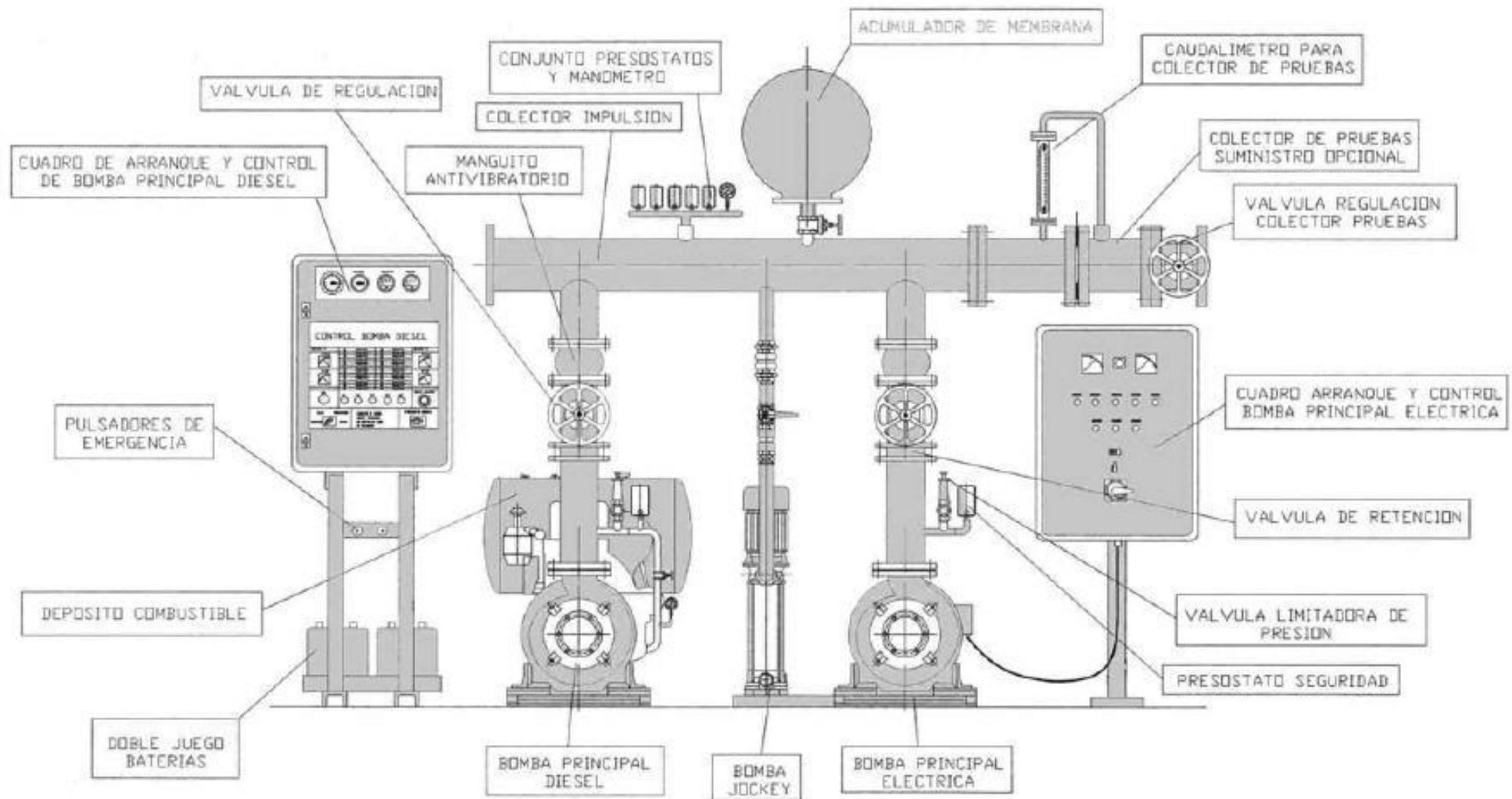
$$D_2 \approx D_1 \times \sqrt{\frac{H_1}{H_2}}$$

$$D_2 \approx 422 \times \sqrt{\frac{115}{130}}$$

$$D_2 \approx 397$$



19) COMPONENTES BÁSICOS DE UNA SALA DE BOMBEO PARA INCENDIOS





Decir que la sala de bombas es el corazón de la red de incendios, no es errado. Una red de incendios es una instalación de agua como muchas otras, como la de agua para uso industrial o como la de agua para consumo humano. Lo que distingue una red de incendios de otras instalaciones similares, es el objetivo que persigue, un sistema de protección contra incendios debe estar disponible para funcionar siempre, y especialmente debe funcionar y BIEN cuando existe un incendio, en ese momento no tiene oportunidad para que falle, ni la sala de bombas ni ningún otro componente.

Un sistema de protección contra incendios debe ser una instalación de alta fiabilidad, o si queremos utilizar terminología de los sistemas de gestión, debe ser una instalación que nos GARANTICE la extinción y control de un incendio.

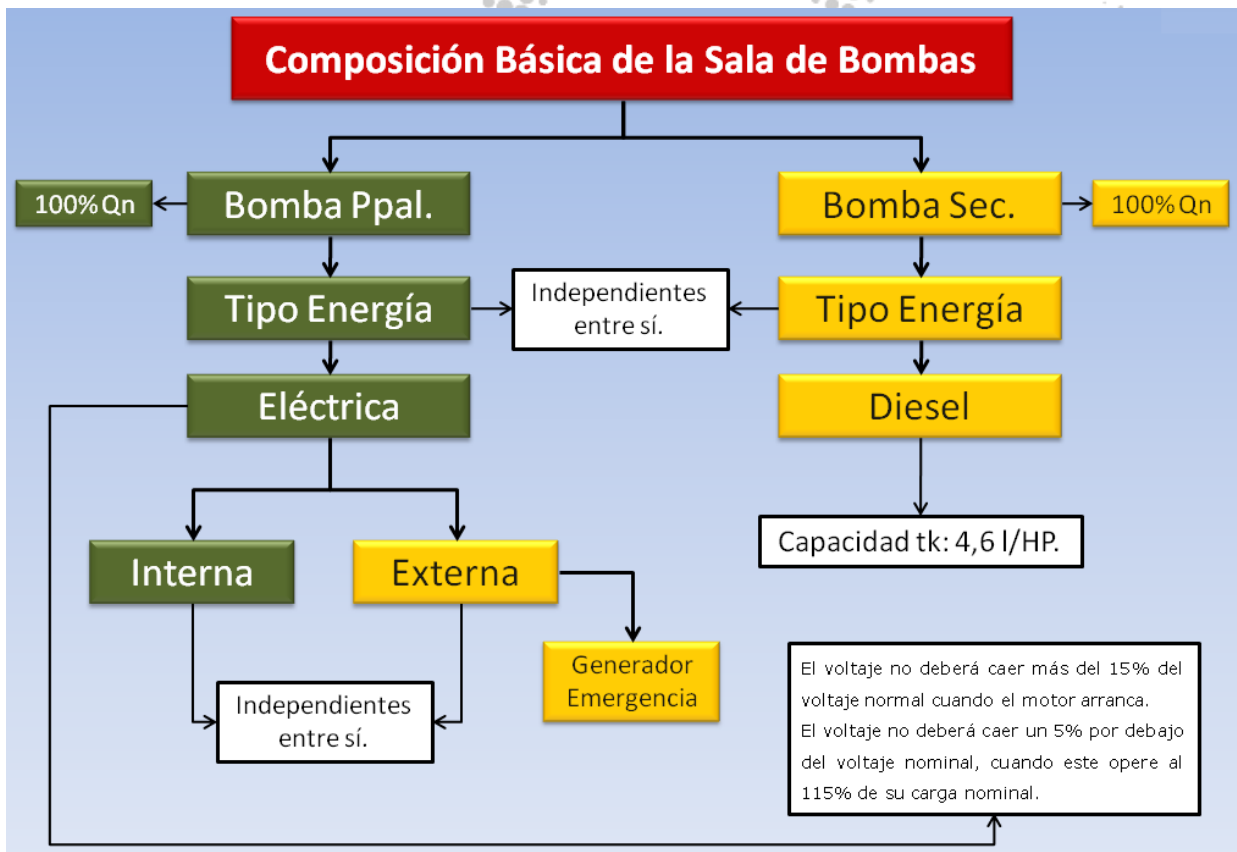
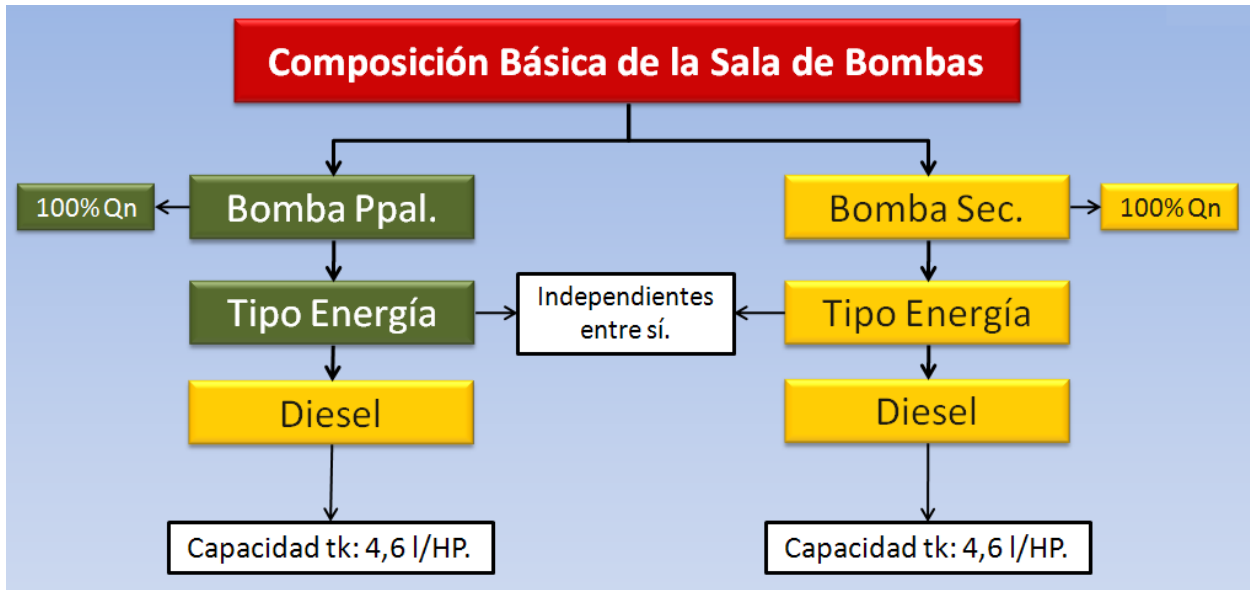
Siguiendo este análisis, la sala de bombas debe tener al menos dos bombas, cada una con capacidad de bombear el Q_N y P_N y motorizada cada una de ellas con equipos de diferente energía.

La composición de una sala de bomba puede ser la siguiente:

- **Bomba Principal.** Bomba con capacidad de bombear el Q_N y P_N y motorizada con motor eléctrico alimentado con dos fuentes eléctricas distintas e independientes. Una de ellas interna de la empresa (tablero eléctrico interno), y la otra directamente de una alimentación externa exclusiva desde el proveedor de energía. La bomba principal debe estar conectada en automático mediante un presóstato. Por este motivo SIEMPRE la red de incendio debe ser mantenida bajo presión o presurizada.

Se podría reemplazar la segunda alimentación eléctrica por un generador eléctrico propio y exclusivo para la sala de bombas. No es buena idea usar como soporte de energía la generación propia de la empresa para usos generales o productivos, dado que el problema de incendio podría ser este generador.

- **Bomba Secundaria o de Respaldo.** Bomba con capacidad de bombear el Q_N y P_N y motorizada con motor a explosión. Tiene como función entrar en funcionamiento en caso de falla de la bomba principal, tanto sea por fallas en la bomba, fallas en el motor o en la alimentación eléctrica del motor. La idea de que sea una bomba motorizada con un motor a explosión es tener una alternativa de bombeo con una fuente de potencia autónoma e independiente.
- **Bomba de Mantenimiento de Presión.** Bomba que tiene como función mantener la presión de la red de incendio. Es por lo general una bomba multietapas de alta presión y bajo caudal, denominada habitualmente "bomba jockey". El caudal de esta bomba debe ser menor al menor consumo de la red de incendios, por ejemplo un hidrante de 2 1/2". La presión de esta bomba, por lo general debe ser igual a la máxima presión estática que proporciona el sistema de bombeo.



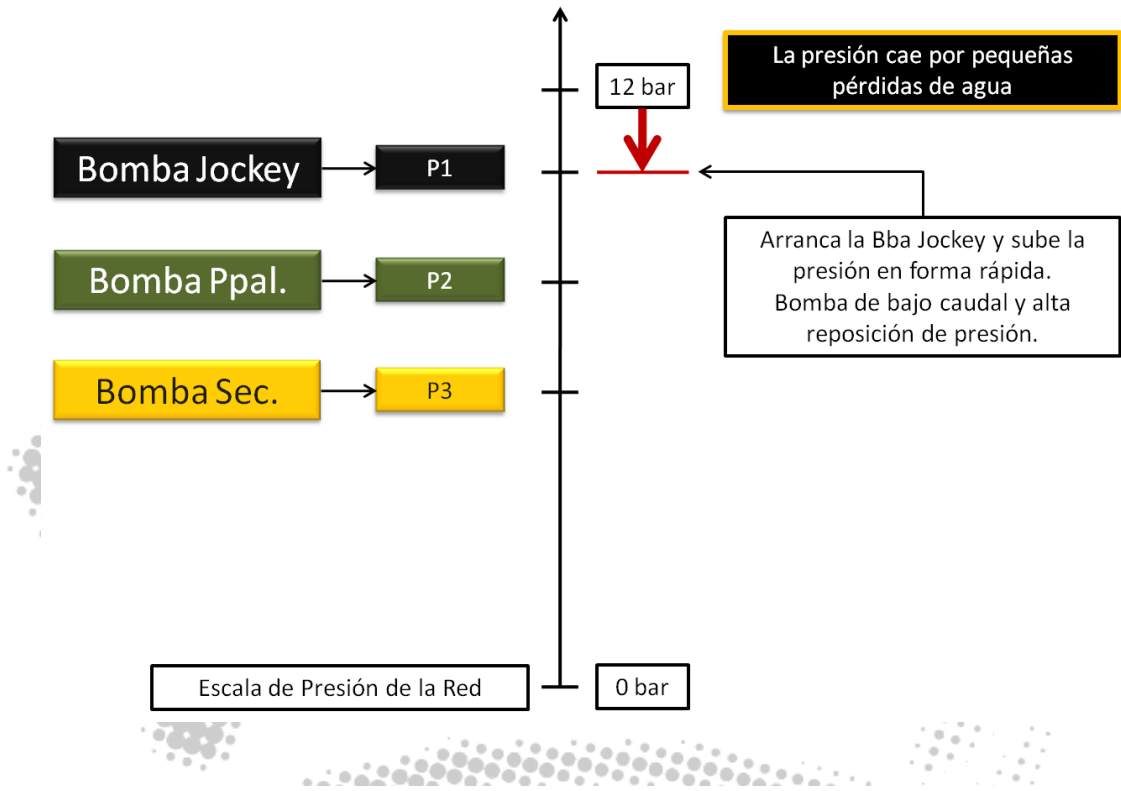
19.1) Funcionamiento de la Sala de Bombas

Para automatizar el arranque de las bombas se utilizan presostatos, el que se coloca a la bomba de presurización se taria a una presión superior al de la bomba ppal., por ejemplo 7 kg/cm² y la bomba ppal. a 6 kg/cm².

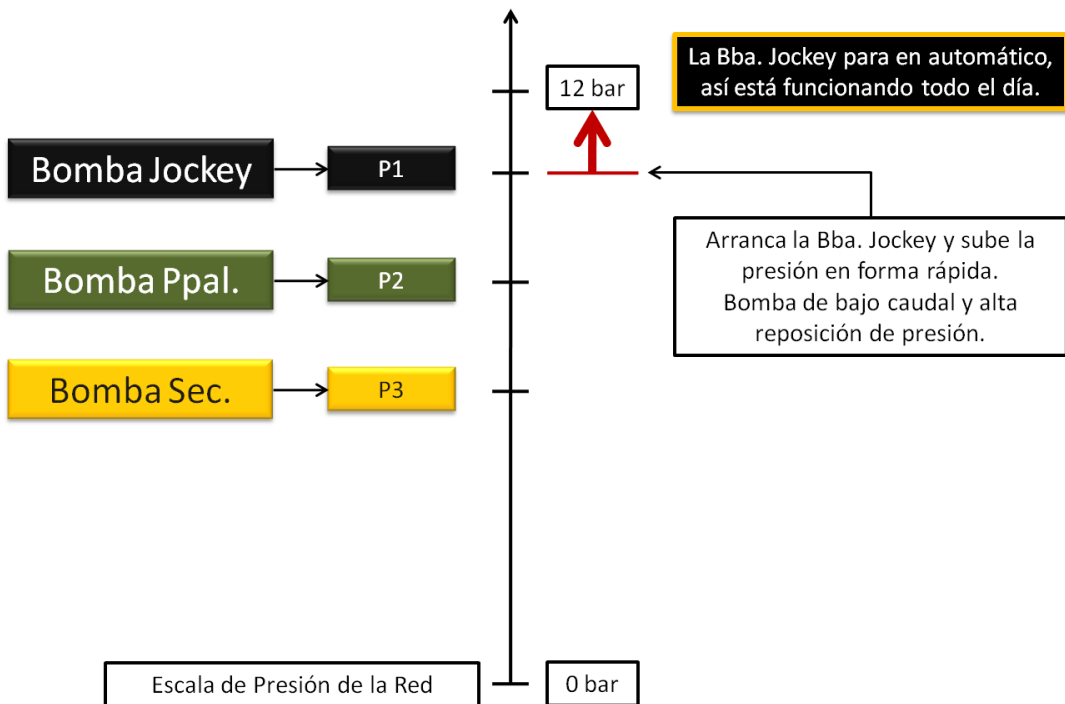
Ante una pérdida de agua por falla en una brida, perdida de agua por un hidrante, corrosión de cañería, etc., la presión cae, y cuando lo hace por debajo del valor de tarado de la bomba jockey, esta arranca y presuriza la red hasta lograr la presión requerida, en este

momento el presostato detecta una presión superior a la de tarado y para en forma automática.

Funcionamiento de la Sala de Bombas

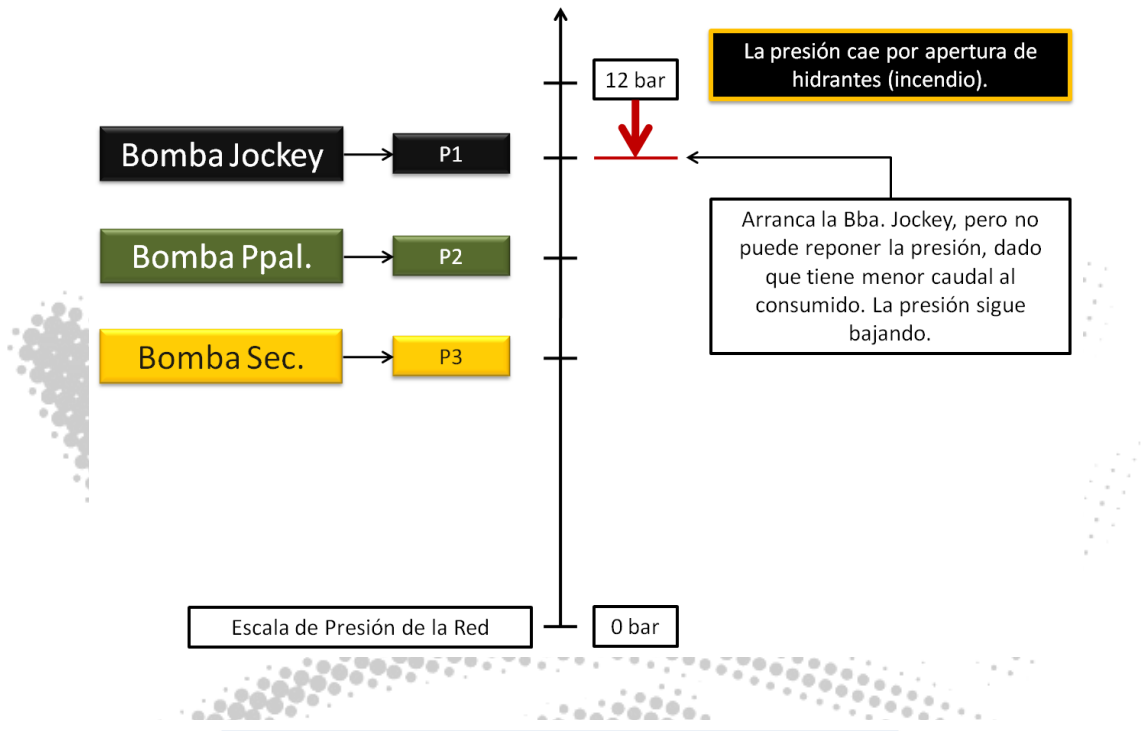


Funcionamiento de la Sala de Bombas

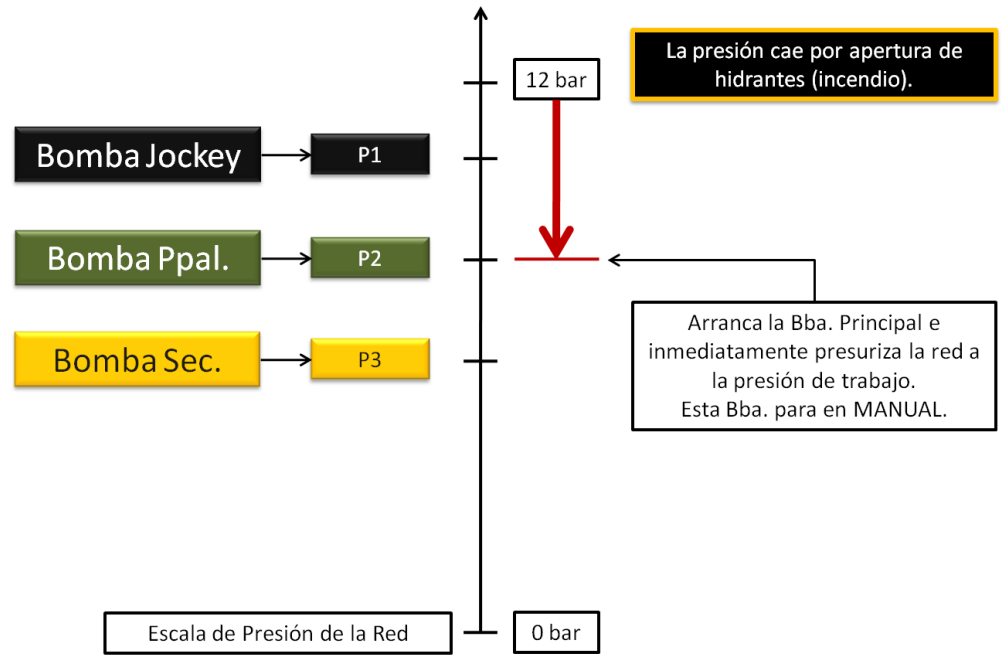


Si se produce la apertura de un hidrante, o rociadores, o cualquier aplicación conectada a la red de incendios, la presión cae por consumo de agua, y nuevamente arranca primero la bomba jockey, como esta es una bomba de bajo caudal, no podrá mantener la presión requerida para el consumo de agua de unos o varios hidrantes, por consiguiente la presión sigue bajando, aún con la bomba jockey en marcha, cuando la presión cae por debajo del tarado del presostato de la bomba ppal., esta arranca.

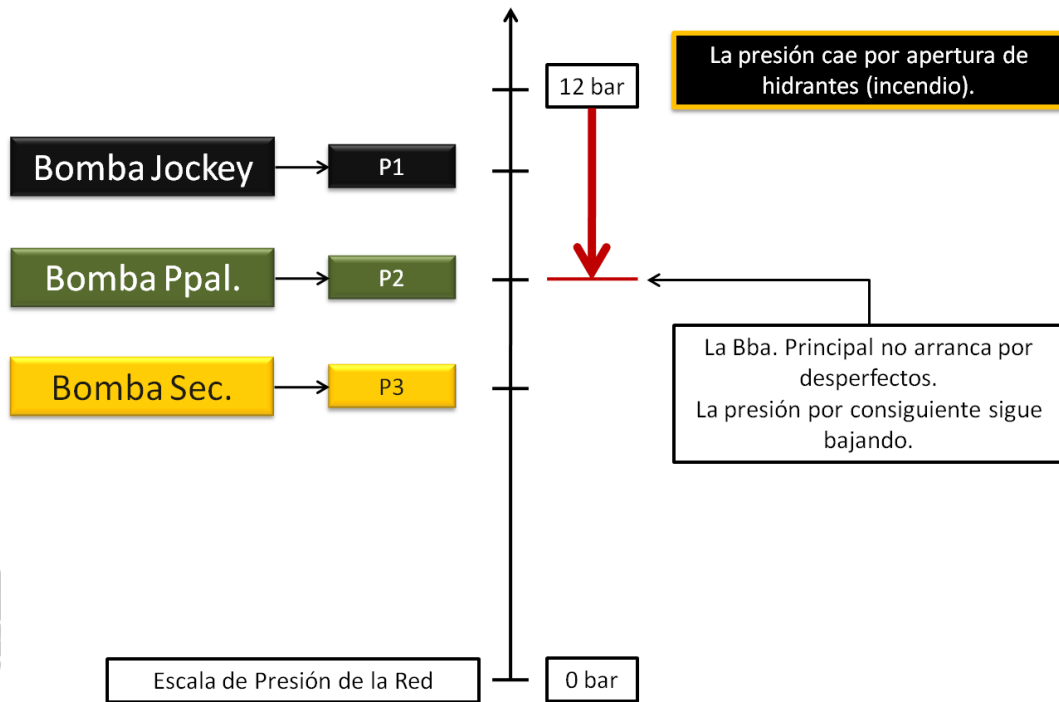
Funcionamiento de la Sala de Bombas



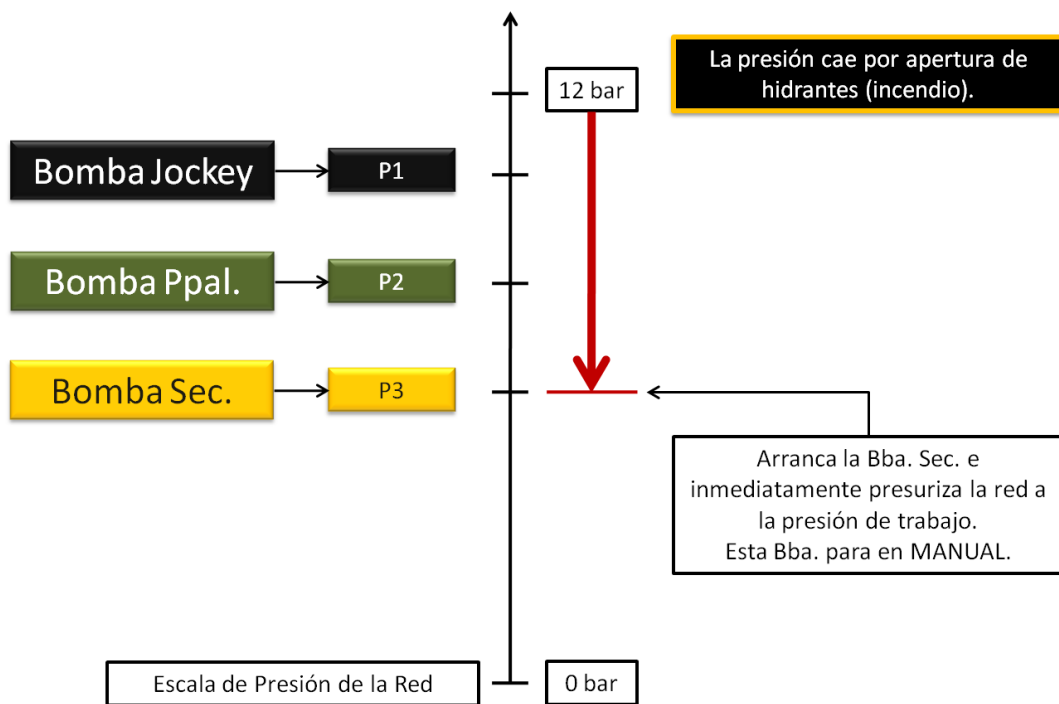
Funcionamiento de la Sala de Bombas



Funcionamiento de la Sala de Bombas



Funcionamiento de la Sala de Bombas



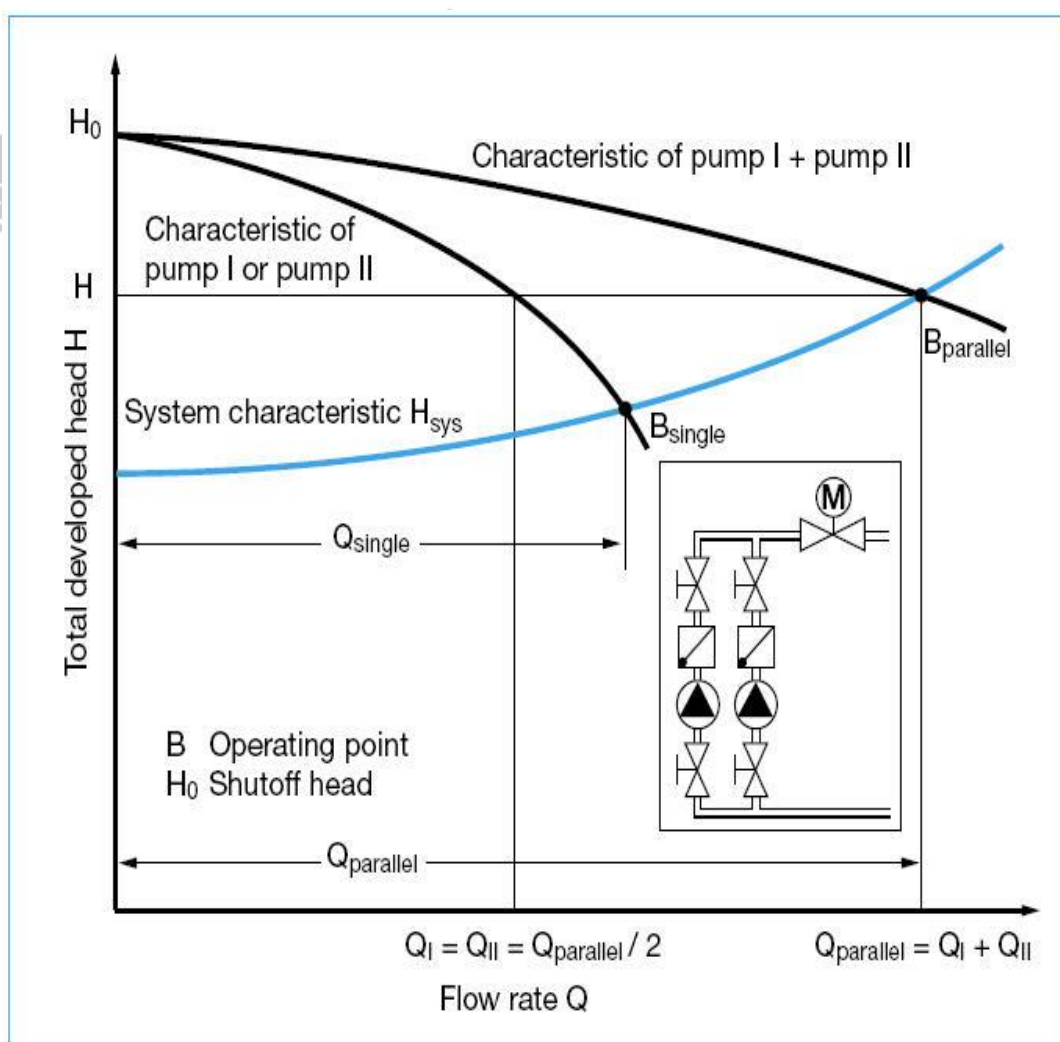
Jamás la bomba ppal. y secundaria deben parar en automático, este paso se debe hacer en forma manual desde la sala de bombas una vez concluido el incendio.

La bomba principal y la bomba secundaria, jamás deben funcionar ambas al mismo tiempo, para eso se debe instalar un enclavamiento eléctrico que impida el arranque de una cuando la otra está funcionando.

¿Qué sucede cuando ambas bombas funcionan juntas?

Es como tener instaladas dos bombas en paralelo. Vamos a tener un 200% del caudal o más y por consiguiente un considerable aumento de la presión, presión que no fue la considerada en el diseño del sistema, del consumo de agua del sistema y por consiguiente del tiempo de duración de la reserva y del abastecimiento, además, podemos dañar la instalación o lastimar a los bomberos.

La bomba secundaria es de reemplazo, con el objetivo de darle mayor fiabilidad al sistema de bombeo.



19.2) Fuerza Motriz Eléctrica para Bombas de Incendios

El tipo de energía necesaria para accionar las bombas de incendios se escoge teniendo en cuenta su fiabilidad, adecuación, economía y seguridad. La fiabilidad del suministro de energía eléctrica de la red pública puede juzgarse por medio del historial de interrupciones del servicio, o mediante una revisión de las fuentes de abastecimientos y de la red de distribución del sistema en cuestión.

Casi todas las normas exigen que los motores de potencia de las bombas de incendios tengan dos alimentaciones eléctricas independientes. Esto se consigue con, por ejemplo, una alimentación eléctrica de dentro de la empresa, y la otra directamente desde la red pública con una red de alimentación interna propia y exclusiva, por lo general esta alimentación proviene de otro tablero externo (otro medidor), distinto al que se usa para el general de la planta.

19.3) Circuitos de Alimentación

Los conductores que suministran la energía a las bombas y sus accesorios, serán dedicados para este uso solamente y protegidos contra daños por el fuego, fallas estructurales, ratones o accidentes operacionales.

El voltaje en los terminales del Controlador no deberá caer más del 15% del voltaje normal (voltaje nominal del controlador) cuando el motor arranca. El voltaje en los terminales del motor no deberá caer un 5% por debajo del voltaje nominal del motor, cuando este opere al 115% de su carga nominal.

19.4) Motores

Los motores deben estar listados para servicio contra incendio, cumplir con los requerimientos de NEMA Standard MG-1 y NEMA Standard Design B. El motor debe estar calificado para servicio continuo.

La potencia del motor debe ser tal, que bajo ninguna condición de carga de la bomba y de voltaje, exceda la máxima corriente nominal del motor multiplicado por su factor de servicio.

19.5) Tablero de Control

Tanto el tablero de control como el interruptor de transferencia, si lo hubiera, deberán estar específicamente listados para el servicio de bombas contra incendio accionadas por motor eléctrico. Igualmente su diseño será adecuado para la corriente de corto circuito disponible en sus terminales y listado como equipos de acometida.

El control se ubicará lo más cerca posible del motor que controla y lo tendrá a la vista. El gabinete será como mínimo NEMA 2, totalmente ensamblado, cableado y probado en fábrica. Tendrá, sus instrucciones de operación y diagrama eléctrico.

19.6) Bombas Accionadas por Motor Diesel

Los motores de combustión interna tienen la ventaja de que no dependen de un suministro continuo exterior.

En el diseño de un sistema de bombas contra incendios se debe tener en cuenta el disponer de un servicio de bombeo con suministro totalmente independiente de cualquier abastecimiento externo de energía, para lo cual los motores a explosión, con una buena reserva de combustible, son la mejor solución a los problemas de fiabilidad en el suministro de energía para las bombas contra incendio. Hay que considerar que un motor a explosión requiere más mantenimiento que un motor eléctrico, además, el motor a explosión al estar compuestos de una gran cantidad de elementos, tiene mayor posibilidad de fallo.

El motor diesel debe estar aprobado y listado para este uso. La potencia nominal (SAE) se establece a 25°C y a 91 m sobre el nivel del mar. Se debe deducir 3% la potencia nominal SAE por cada 300 m por encima de los 91 m. Se debe deducir 1% la potencia nominal SAE por cada 5,6°C por encima de 25°C.

Cuando se utiliza un cabezal de engranajes, hay que deducir la pérdida de potencia que ocurre en dicho engranaje.

La potencia neta después de todas las deducciones deberá ser igual o mayor que la máxima potencia requerida por la bomba en la condición de máxima carga.

Los instrumentos que debe tener el motor son:

- Gobernador de velocidad que mantenga la bomba dentro de un 10% de su velocidad nominal.
- Parada por sobre velocidad cuando esta exceda 20% de su valor nominal.
- Tacómetro para indicar las revoluciones por minuto, debe incluir un indicador de las horas de servicio del motor.
- Indicador de presión de aceite.
- Indicador de la temperatura del sistema de enfriamiento.
- Todo el cableado del motor se hará en fábrica.
- Contactores para el arranque directo del motor con las baterías (en caso de que falle el control del motor).

El arranque por lo general se hace eléctricamente por medio de baterías, sin embargo se puede hacer también por medio de arranque hidráulico o por presión de aire.

Para el arranque eléctrico se requiere:

- El equipo de arranque tomará la corriente de un banco de baterías.
- Cada motor debe disponer de dos unidades o conjunto de baterías.
- Cada unidad o conjunto de baterías debe tener el doble de la capacidad requerida para mantener la velocidad de arranque del motor durante un ciclo de arranque de tres minutos. Cada ciclo comprende seis intentos de arranque de 15 segundos seguido de 15 segundos de reposo.
- Deben existir dos medios de recarga de las baterías. Uno, el del motor y el otro un cargador automático que toma la energía de una fuente externa de corriente alterna.
- Las baterías se ubicarán en un estante por encima del nivel del piso, en un sitio donde no estén expuestas a excesiva vibración, temperatura o inundación por agua.

El suministro de combustible debe cumplir:

- Capacidad de un galón por HP, más 5% para expansión y 5% de sumidero.
- Un tanque para cada bomba con sus respectivas tuberías protegidas contra daños mecánicos u de otro tipo.
- La conexión de salida del tanque debe estar al mismo nivel con la conexión de entrada a la bomba de combustible.
- El tanque estará sobre el piso, no se debe usar visor de vidrio como indicador de nivel, debe tener sus conexiones de llenado, drenaje y ventilación.
- Debe instalarse un sistema para el control de derrames.

19.7) Enfriamiento del Motor

El sistema de enfriamiento del motor debe ser del tipo circuito cerrado y es parte integral del motor aprobado. NFPA 20 permite uno de los siguientes sistemas:

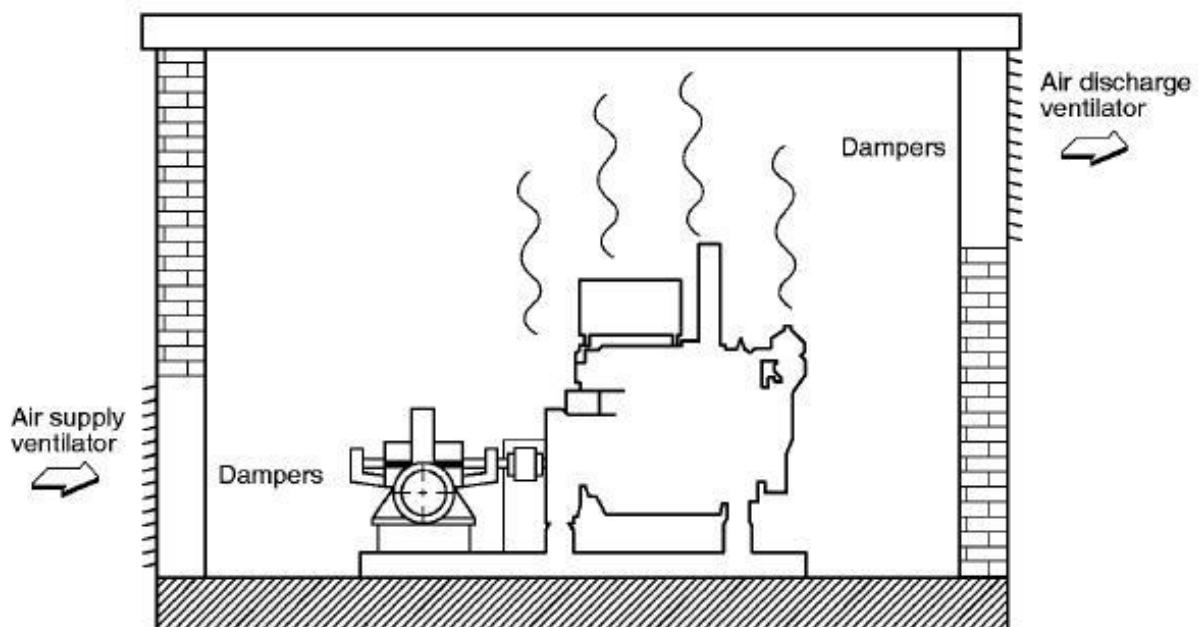
- Sistema con intercambiador de calor, que incluye una bomba de circulación accionada por el motor, el intercambiador de calor y un control de temperatura.
- Sistema de radiador, que incluye una bomba de circulación accionada por el motor, un radiador, un ventilador accionado por motor y su control de temperatura.

19.8) Emplazamiento y Alojamiento de Bombas Contra Incendios

Las bombas centrífugas se deben alojar en edificios de construcción resistente al fuego e incombustible. Incluso en climas tan benignos que no existe peligro de congelación, se necesita tener las bombas bien guardadas y aisladas para protegerlas contra suciedad, la corrosión y la manipulación indebida. Es deseable que exista una separación estructural entre la sala de bombas y otras partes del edificio.

Las salas de bombas y las instalaciones eléctricas de energía deben estar lo más limpias posible de riesgos de incendio, explosión, inundación, etc.

Las salas de bombas deben disponer de iluminación artificial, iluminación de emergencia, ventilación natural y sumidero de desagüe en el piso. Es preferible su emplazamiento en lugar seco y elevado. Para las bombas movidas por motor de explosión, es esencial disponer de calefacción para mantener la temperatura del motor, ventilación, y emplazarlas en lugar elevado.

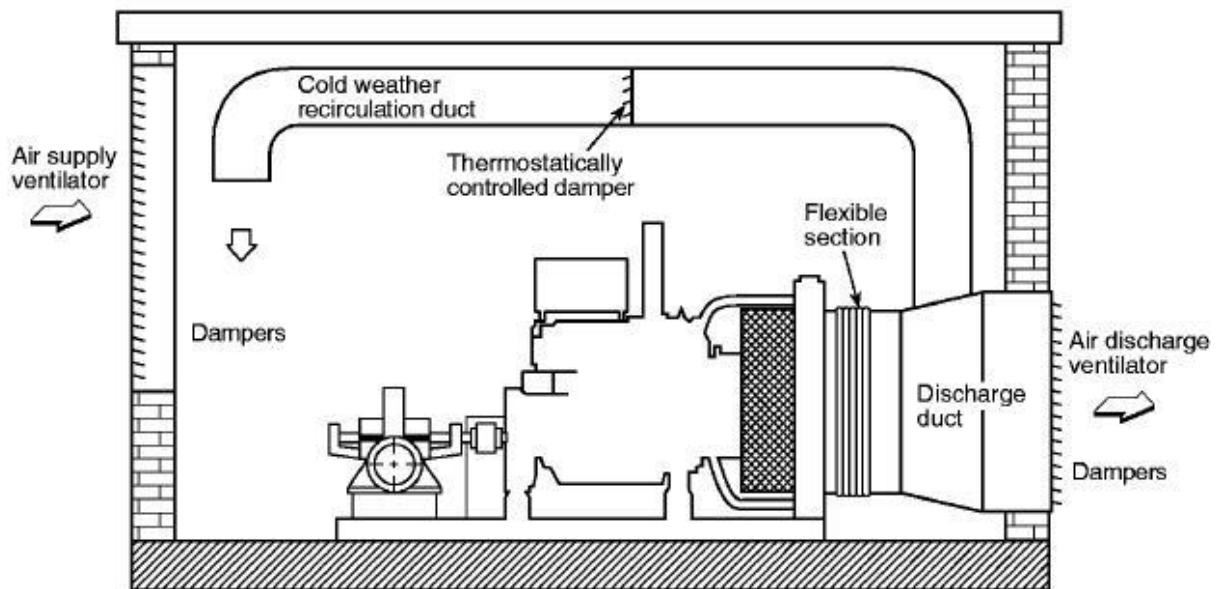


**Sala de Bombas con Ventilación Natural
para Motor a Explosión**

Las salas de bombas deben ser suficientemente grandes como para que se pueda acceder fácilmente a todos los equipos e instalaciones para su inspección y mantenimiento.

La sala de bombas debe tener una pendiente hacia un drenaje adecuado para evitar daños por agua a los equipos.

La sala de bombas deberá estar adecuadamente ventilada para el funcionamiento del motor, remoción de vapores peligrosos y aire para el enfriamiento del radiador si lo hubiera. Cada motor tendrá su propio sistema de escape de productos de la combustión. Se utilizará un conector flexible, un silenciador y un tubo de salida para los gases de combustión.



**Sala de Bombas con Ventilación Forzada
para Motor a Explosión**

19.9) Pruebas de Aceptación

Tienen como objetivo garantizarle al propietario que recibe un sistema de bombeo que éste se desempeña de acuerdo a lo esperado. Las pruebas verifican:

- Que la bomba se desempeña de acuerdo a la curva certificada del fabricante.
- Que el motor está en capacidad de accionar la bomba en las diferentes condiciones de carga.
- Que el control opera satisfactoriamente bajo todas las circunstancias tanto en condiciones automáticas y manuales, con los diferentes suministros de energía si los hay.
- La bomba debe operar satisfactoriamente a las condiciones de flujo mínimo, nominal y sobre carga, sin ningún recalentamiento objetable del algún componente.

19.10) Prueba Hidrostática y Limpieza de Tuberías de Succión

- La tubería de succión y descarga se deberán probar a una presión no menor de 200 psi, o 50 psi por encima de la máxima generada por el sistema, lo que sea mayor, durante dos horas.

- La tubería de succión debe estar libre de objetos que puedan dañar el equipo de bombeo. Un flushing es recomendado o una inspección cuidadosa de la instalación (tanque y tuberías de succión).

19.11) Pruebas de Flujo

- Las pruebas de caudal mínimo, nominal y sobre carga se realizarán controlando la cantidad de agua que fluye por los equipos aprobados de medición.
- Se deberá medir el voltaje y amperaje del motor eléctrico.
- Para el caso del motor diesel, se debe medir la velocidad del motor diesel.

19.12) Pruebas al Controlador

- Como mínimo deben realizarse seis (6) arranques automáticos y seis (6) manuales.
- En el caso de las bombas accionadas por motores diesel, los arranques se dividirán entre los dos grupos de baterías.
- Si existe un suministro alternativo de energía los arranques se dividirán entre los dos servicios.

19.13) Suministro de Energía de Emergencia

En las instalaciones donde se disponga de un suministro de energía de emergencia y un interruptor de transferencia, la pérdida del suministro principal de energía se simulará y debe ocurrir la transferencia cuando la bomba esté operando en el punto de sobrecarga.

19.14) Pruebas Anuales de las Bombas

Hay pruebas de las bombas de incendios se llevan a cabo anualmente para constatar que la bomba, el motor, la aspiración y el suministro de energía funcionan adecuadamente, y para corregir las faltas que pudieran descubrirse. El funcionamiento de las características hidráulicas de la bomba se mide por una prueba de caudal. Se comprueban tres puntos de la curva normalizada: (1) a caudal cero (válvula cerrada); (2) a caudal nominal; y (3) con un caudal de sobrecarga a 150% de la capacidad nominal o más.

También se comprueba el funcionamiento automático abriendo los hidrantes exteriores o los drenajes de la conducción vertical de los rociadores, concediéndosele la debida atención a la distribución del sistema de protección contra incendios.

El nivel de agua de las lagunas o estanques, el estado de los filtros de aspiración y de la toma, los depósitos elevados, etc., se examinan también cuidadosamente.

Se investiga el historial de interrupciones del suministro de energía, de las bajas del nivel y los fallos de cualquier clase que tenga que ver con la bomba, el motor o sus equipos. Se examinan los registros de los manómetros de los grupos de mando de los motores, cuando se disponga de ellos.

19.15) Verificación de la Curva Caudal-Presión

La forma de la curva caudal-presión de la bomba de incendio se debe verificar midiendo como mínimo los siguientes tres puntos, como sigue:

Caudal Cero: Cuando la bomba funcione a la velocidad nominal, y cerrada la válvula de descarga, el punto de caudal cero debe caer sobre la curva.

Caudal Nominal: La presión correspondiente debe pasar a través o por encima del punto de capacidad y presión nominales.

Caudal a Sobrecarga: Al 150% de la capacidad nominal la presión total no debe ser inferior al 65% de la presión nominal. En este caso, también la presión debe pasar a través o por encima del punto de sobrecarga.

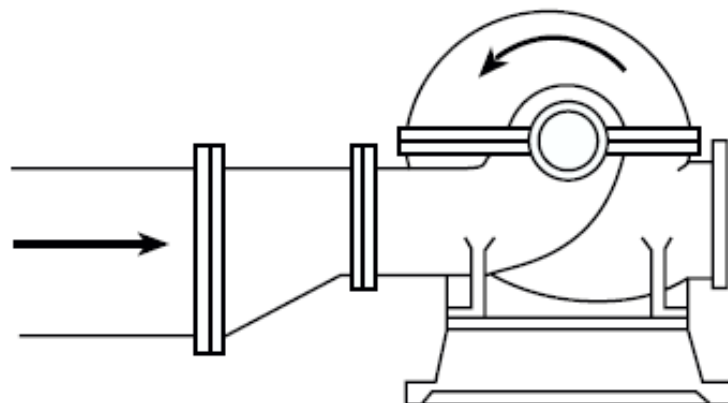
Se deben controlar las bombas utilizando su correspondiente curva real de caudal-presión, y no utilizando la curva del catálogo de selección de bombas. La curva real debe ser entregada por el fabricante con la bomba.

Todas las presiones se deben medir en la brida impulsión de la bomba respectiva, y para medir caudal, es conveniente tener instalado en el colector de agua de impulsión un caudalímetro fijo del tipo de placa orificio o venturi.

19.16) Bombas Centrífugas Horizontales. Aspectos de Diseño

19.16.1) Diseño de la Aspiración. Colector de Entrada o de Aspiración

- El colector de aspiración será lo más corto posible y recto. No formará espacios donde pueda alojarse el aire.
- Debe evitar la entrada de aire y formación de bolsas de aire.
- No deben usarse codos en el plano horizontal.
- Usar reducción excéntrica para la conexión a la aspiración de la bomba.
- La cañería de entrada a aspiración de la bomba debe mantener un tramo recto de al menos 10 diámetros.



- Usar juntas mecánicas flexibles para compensar asentamientos.
- Usar válvula de compuerta con supervisión.
- Instalar alarma por bajo nivel.
- Instalar placa antivórtice.

- Manómetro con capacidad de medir vacío.

El tamaño de la tubería de aspiración de una sola bomba o de las bombas que deban funcionar simultáneamente se deberán dimensionar al 150% de su caudal nominal de las bombas y su tamaño será tal que:

- No exceda los 4,5 m/s de velocidad del agua.
- La presión en la brida de aspiración de la bomba no debe ser menor a 0 bar. Excepto cuando la base del tanque está al mismo nivel o por encima de la base de la bomba, se tolera una presión mínima de -0,2 bar.
- Su tamaño debe ser como mínimo el indicado en la tabla 2-20 de NFPA 20.

19.16.2) Diseño de la Descarga. Colector de Salida o de Impulsión

Table 2-20 Summary of Fire Pump Data

Pump Rating		Minimum Pipe Sizes (Nominal)						
		Suction ^{1, 2} (in.)	Discharge ¹ (in.)	Relief Valve (in.)	Relief Valve Discharge (in.)	Meter Device (in.)	Number and Size of Hose Valves (in.)	Hose Header Supply (in.)
gpm	L/min							
25	95	1	1	3/4	1	1 1/4	1 — 1 1/2	1
50	189	1 1/2	1 1/4	1 1/4	1 1/2	2	1 — 1 1/2	1 1/2
100	379	2	2	1 1/2	2	2 1/2	1 — 2 1/2	2 1/2
150	568	2 1/2	2 1/2	2	2 1/2	3	1 — 2 1/2	2 1/2
200	757	3	3	2	2 1/2	3	1 — 2 1/2	2 1/2
250	946	3 1/2	3	2	2 1/2	3 1/2	1 — 2 1/2	3
300	1,136	4	4	2 1/2	3 1/2	3 1/2	1 — 2 1/2	3
400	1,514	4	4	3	5	4	2 — 2 1/2	4
450	1,703	5	5	3	5	4	2 — 2 1/2	4
500	1,892	5	5	3	5	5	2 — 2 1/2	4
750	2,839	6	6	4	6	5	3 — 2 1/2	6
1,000	3,785	8	6	4	8	6	4 — 2 1/2	6
1,250	4,731	8	8	6	8	6	6 — 2 1/2	8
1,500	5,677	8	8	6	8	8	6 — 2 1/2	8
2,000	7,570	10	10	6	10	8	6 — 2 1/2	8
2,500	9,462	10	10	6	10	8	8 — 2 1/2	10
3,000	11,355	12	12	8	12	8	12 — 2 1/2	10
3,500	13,247	12	12	8	12	10	12 — 2 1/2	12
4,000	15,140	14	12	8	14	10	16 — 2 1/2	12
4,500	17,032	16	14	8	14	10	16 — 2 1/2	12
5,000	18,925	16	14	8	14	10	20 — 2 1/2	12

¹Actual diameter of pump flange is permitted to be different from pipe diameter.

²Applies only to that portion of suction pipe specified in 2-9.3.

- La cañería de descarga debe dimensionarse de forma tal que con la bomba operando al 150% de su caudal nominal la velocidad del agua no exceda de los 6,5 m/s.
- Tamaño mínimo según tabla 2-20 de NFPA 20.

- La presión de trabajo de todos los componentes debe ser la adecuada a la máxima presión de descarga del sistema de bombeo.
- Instalar válvula de retención a cada bomba.
- Instalar una válvula a la descarga tipo compuerta a cada bomba. Deben estar supervisadas.
- Instalar manómetro.
- Instalar caudalímetro.

19.16.3) Elementos Requeridos

a) Válvula de Alivio

Se requiere cuando la bomba es accionada por motor diesel y los componentes del sistema no soportan la máxima presión que pudiera presentarse en caso de una sobre velocidad del motor.

También es recomendable para bombas accionadas eléctricamente para cuando no hay consumo de agua y evitar una sobre presión en la red.

La presión máxima a la que pudiera estar sometido el sistema se calcula en base a 121% de la máxima presión a flujo cero de la bomba más la presión máxima estática a la succión.

La descarga puede ir a un drenaje o al tanque de reserva de agua, en este último caso se requiere un cono de visión.

b) Válvula de Alivio de Circulación

Se usan para evitar el recalentamiento cuando la bomba trabaja a flujo cero.

Se deberá calibrar para que la apertura automática ocurra por debajo de la presión a flujo cero a la mínima presión de succión.

Las bombas accionadas con motor diesel enfriado por agua no la requieren.

El tamaño mínimo será de ¾" para bombas cuya capacidad no exceda los 9.462 l/min y de 1" para capacidades de 11.355 a 18.925 l/min.

c) Válvula de Alivio de Aire

Se deberá ubicar en la bomba, deberá ser del tipo flotador y con una descarga a la atmósfera de ½".

d) Medidor de Flujo

Debe tener una capacidad de medición no menor del 175% de la capacidad nominal de la bomba.

El tamaño y tubería de medición no será menor al requerido por la tabla 2-20 de NFPA 20.

e) Manifold de Pruebas

El tamaño y número de válvulas requerido es establecido según la capacidad nominal de la bomba en la tabla 2-20 de NFPA 20.

Usualmente las válvulas se instalan en un manifold y el tamaño de la tubería de alimentación se establece en la tabla 2-20 de NFPA 20.

f) Presóstato

Debe de instalarse uno por cada bomba para automatizar la entrada en funcionamiento de cada bomba en forma escalonada.

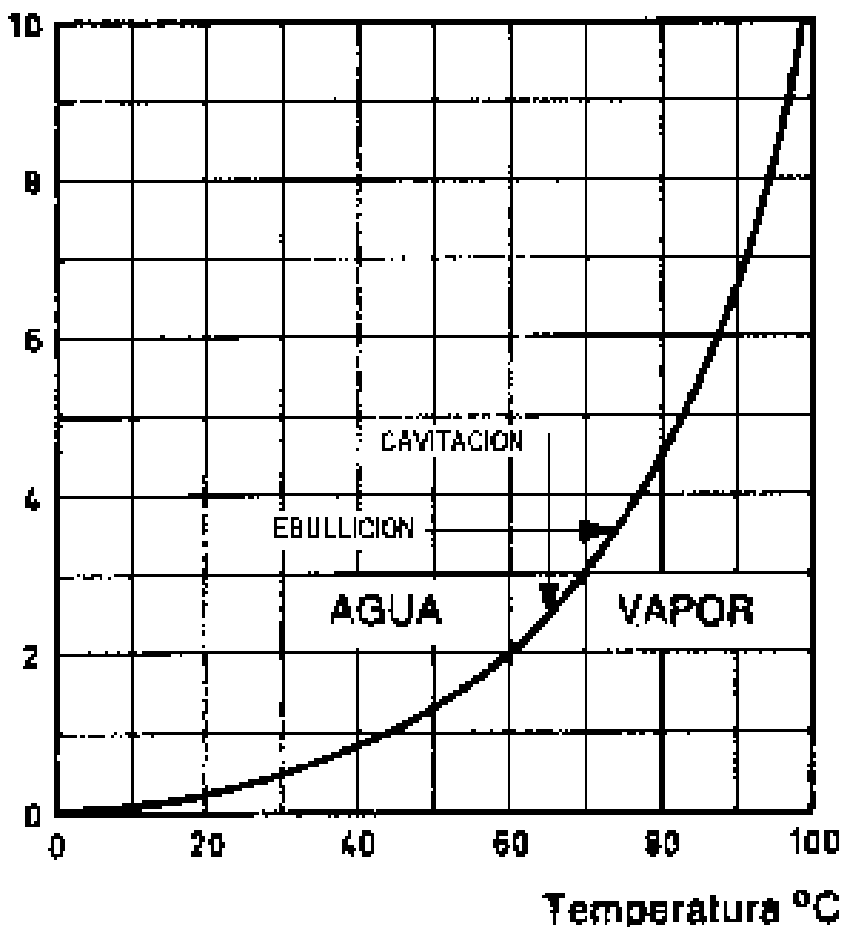
Se deben instalar en cada bomba en el sector de impulsión después de la válvula de retención y antes de la válvula de cierre.

No se debe instalar válvulas de corte antes del presóstatos, en cambio se puede utilizar válvulas de retención.

20) CAVITACIÓN

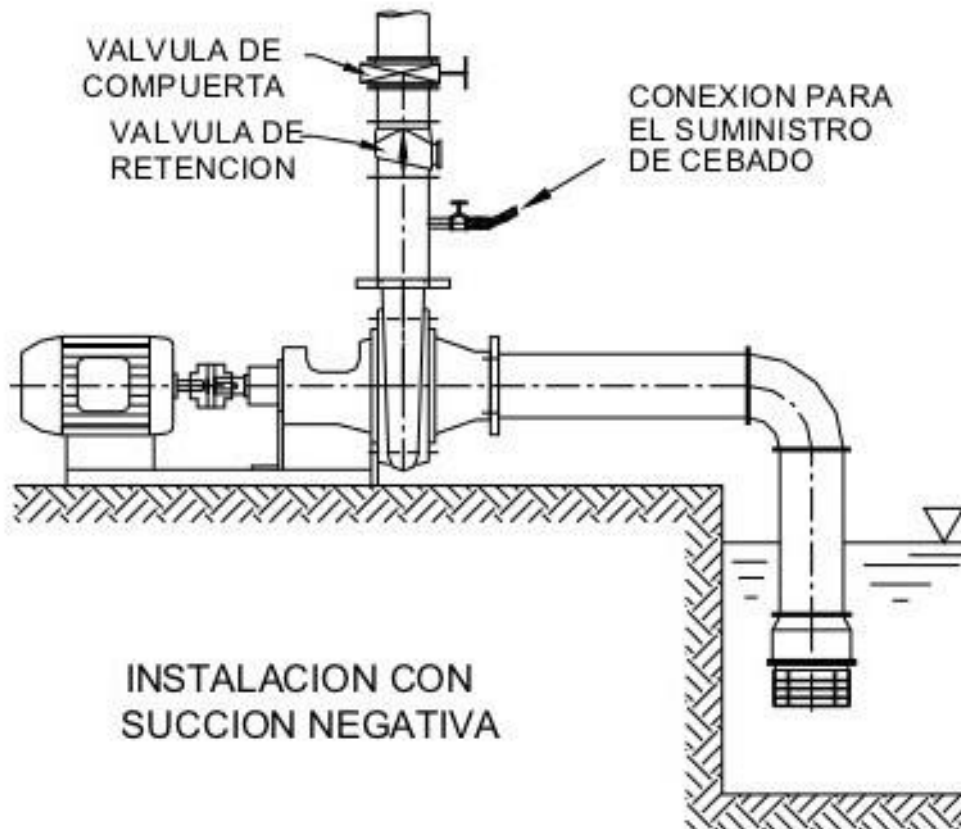
La cavitación es un efecto que se produce cuando el agua pasa a través de una región donde la presión es menor que su presión de vapor de tal forma que cambia inmediatamente a estado de vapor, es decir, el líquido hierve a temperatura ambiente.

Presión m. c. a.



Mientras que la ebullición es un fenómeno que se produce a presión constante y hay un aumento de la temperatura, que es el fenómeno más conocido cuando se pone agua a calentar. La cavitación es por el contrario un fenómeno raro que se produce por descenso de la presión a temperatura constante, y por lo general se da a temperatura ambiente, es decir, vemos el agua hervir a temperatura ambiente.

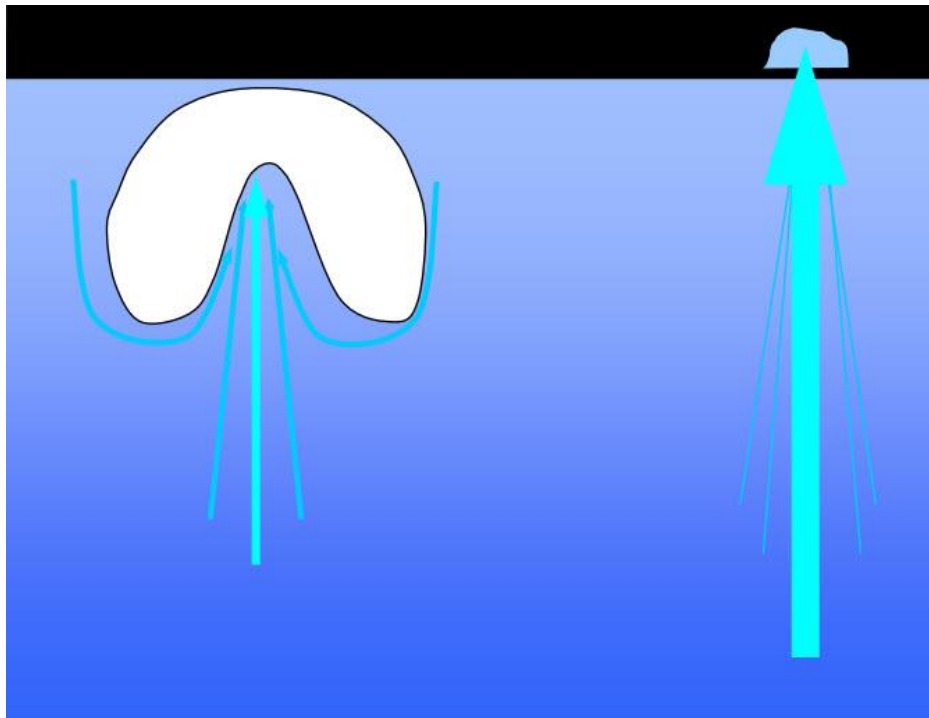
Para entender el fenómeno pensemos por un instante en una bomba que está aspirando agua de una reserva, tal como se observa en la figura siguiente.



Para que el agua llegue al ojo del rodete la bomba debe aspirarla y por consiguiente la presión del líquido debe disminuir, si en algún punto de la cañería de aspiración el agua llega a una presión menor a la presión de vapor, el agua se evapora, es decir, se forman burbujas de vapor. Estas burbujas viajan aguas abajo, es decir, hacia la bomba, donde la presión del agua es mayor que aguas arriba (donde el agua es aspirada). En algún momento del recorrido la presión del agua hace implotar la burbuja de vapor de agua generando pequeñas ondas de presión.

Con el cambio de estado gaseoso a líquido, las burbujas de vapor se colapsan súbitamente (implotan) y esto produce que el agua que las rodea se acelere hacia el interior de estas formando una especie de hendidura.

Esto origina un microchorro que golpea las paredes del cuerpo de la bomba a muy alta velocidad ($v > 1.000 \text{ m/s}$), causando picos de presión de hasta 10.000 bares, lo que erosiona los materiales a nivel molecular.



La cavitación es un fenómeno muy frecuente en sistemas hidráulicos donde se dan cambios bruscos de la velocidad del líquido.

En partes móviles:

- Álabes de turbinas
- Rodetes de bombas
- Hélices de barcos

En partes no móviles

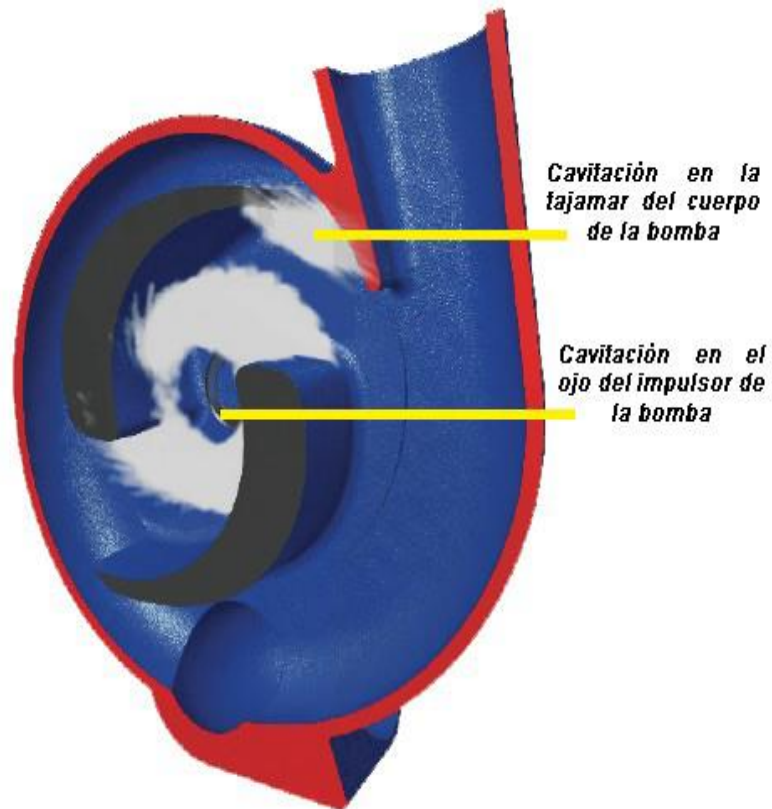
- Estrangulamientos bruscos
- Regulación mediante orificios
- En válvulas reguladoras

20.1) ¿Cuáles son los efectos de la Cavitación?

- Ruidos y golpeteos.
- Vibraciones.
- Erosiones del material (daños debidos a la cavitación).

20.2) Cavitación en Bombas

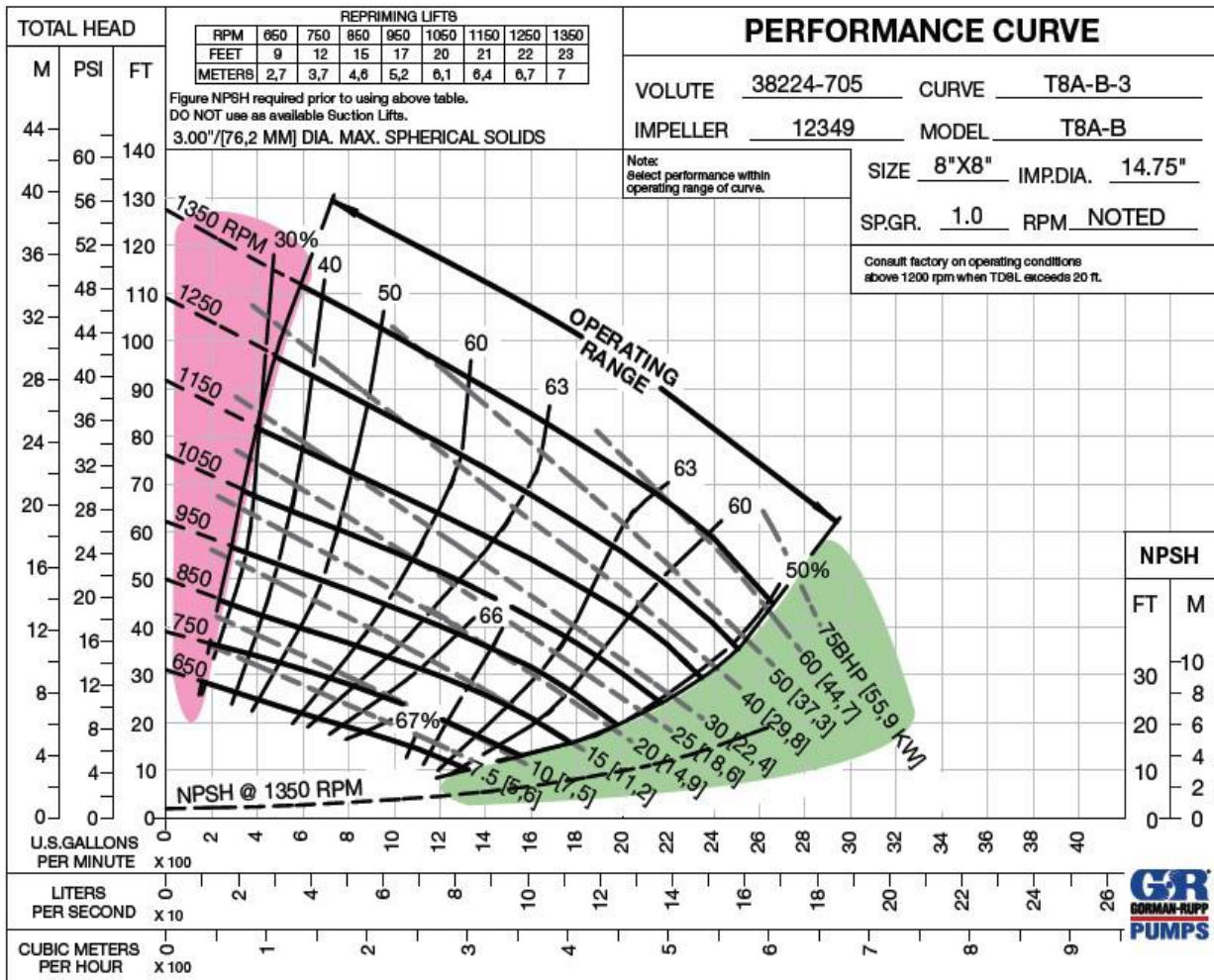
La cavitación en una bomba se puede producir en dos lados distintos, la tajamar y el ojo del rodete de impulsión.



La cavitación en la tajamar se produce cuando la bomba trabaja a bajo caudal y por consiguiente a una alta presión de impulsión, debido al bajo caudal el agua se estira detrás del álabe al pasar por la tajamar generando una zona de bajo presión.

El otro punto de cavitación en la bomba se produce en el ojo del rodete donde la presión llega a valores que hacen implotar la burbuja de vapor.





CAVITACIÓN EN LA TAJAMAR DEL CUERPO

CAVITACIÓN EN EL CENTRO DEL RODETE

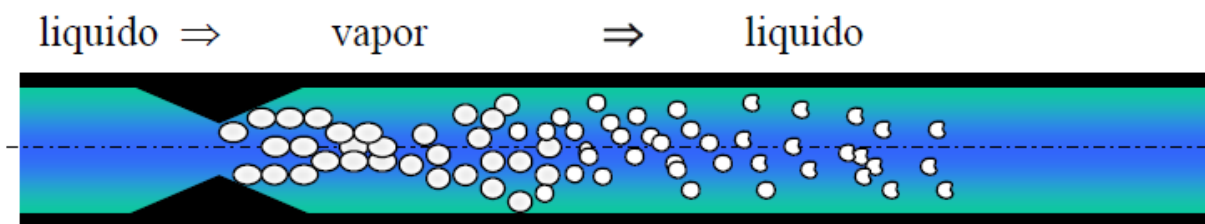
20.3) Cavitación en Tuberías

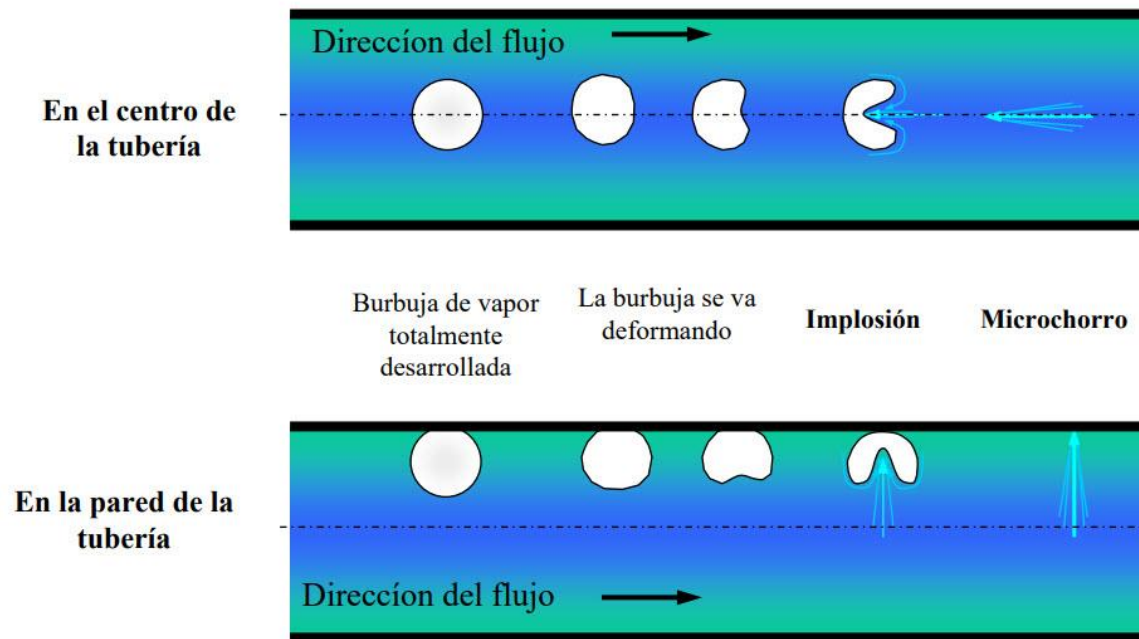
La cavitación sucede en las tuberías donde se encuentran reducciones seguidas de ampliaciones bruscas, por ejemplo, un tubo venturi, el líquido, en determinadas condiciones, pasa a estado de gaseoso/vapor y unos instantes después pasa nuevamente a estado líquido.

Este fenómeno tiene dos fases:

Fase 1.- Cambio de estado líquido a estado gaseoso.

Fase 2.- Cambio de estado gaseoso a estado líquido.





20.4) Cavitación en Válvulas

Se produce especialmente en el caso de que la válvula permanezca parcialmente cerrada por un tiempo prolongado. Puede darse en el caso de que se use una válvula para regular caudal o que esté mal cerrada.

La velocidad local del flujo a su paso por el cierre puede alcanzar valores muy elevados y la presión normal cae por consiguiente a valores de la presión de vapor del agua.



21) GOLPE DE ARIETE

Parecería que las válvulas de cierre rápido (del tipo globo) instaladas en las cañerías de agua serían más manejables que las válvulas tipo compuertas o de rosca, que son de cierre lento, que se emplean generalmente. Sin embargo, no se utilizan porque causarían averías de la red de agua. Al cerrar bruscamente la válvula, es decir, al cortar repentinamente la corriente de agua, se provocaría una fuerte sacudida de toda la red de tuberías, el llamado golpe hidráulico, o golpe de ariete, muy peligroso para este tipo de obras.

El Prof. A. Deisha, autor de un libro de texto de hidráulica, compara el golpe de ariete con el choque de un tren empujado por la locomotora, contra un tope terminal: «En este caso los topes del primer vagón que chocan con el terminal, se comprimirán por la fuerza de inercia de los vagones siguientes, hasta que todos se detengan. Acto seguido los resortes amortiguadores del delantero tenderán a extenderse empujando los demás vagones hacia atrás. La onda creada por los topes comprimidos recorrerá todo el tren, del primer vagón hasta el último. Si al final del tren está enganchada una locomotora pesada, la onda de presión reflejada por ella recorrerá todo el tren en sentido inverso, hasta el tope terminal. De modo que las oscilaciones, amortiguándose gradualmente a causa de la resistencia, se transmitirán de un extremo a otro del tren, y a la inversa. La primera onda de presión será peligrosa para los muelles de topes de todos los vagones, y no sólo del delantero.

Como el agua es elástica, aunque en grado ínfimo, cuando se cierra la válvula instalada en el extremo de una tubería larga, las partículas traseras empiezan a empujar las delanteras (que ya se han detenido), creando de esa manera una presión elevada; ésta, lo mismo que una ola ordinaria, viajará a gran velocidad (un poco menor que la de propagación del sonido en el agua) por toda la tubería de cabo a rabo. Al alcanzar el otro extremo (el tanque de presión, por ejemplo), la onda se reflejará hacia la válvula; de tal modo se producirá una serie de oscilaciones, esto son, elevaciones de presión que irán amortiguándose paulatinamente debido a la resistencia a la onda. No obstante, la primera de ellas será muy peligrosa no sólo en el extremo donde está instalada la válvula, sino también en el extremo opuesto de la conducción, próximo al tanque, puesto que podrá destruir fácilmente cualquier pieza o junta de menor resistencia. La presión de ariete que se crea en este caso, sobre todo la reflejada, podrá superar de 60 a 100 veces la presión hidrostática normal existente en la tubería.»

El golpe será tanto más fuerte y más destructor cuanto más larga sea la tubería; estropea el sistema de abastecimiento de agua, a veces hace reventar tuberías de hierro colado, ensancha las de plomo, arranca codos, etc. Para evitar este efecto perjudicial, hay que estrangular gradualmente la corriente de agua, es decir, cortarla con lentitud utilizando para ello se deben utilizar válvulas de rosca. Cuanto más larga es la tubería, tanto más deberá durar el cierre.

La fuerza del golpe de ariete es directamente proporcional a la longitud del conducto y al tiempo durante el cual se cierra la llave: cuanto menos dura el cierre, tanto más fuerte será el golpe.

Se ha deducido la siguiente fórmula para calcular la presión del golpe equivale (en metros) a la altura de la columna de agua:

$$h = 0,15 \frac{v \times l}{t}$$

donde:

h = presión del golpe de ariete (metros columna de agua)

v = velocidad de circulación del agua (m/s)

l = longitud del conducto (en metros)

t = tiempo durante el cual se cierra la llave (en segundos).

Por ejemplo, si una tubería de 1.000 m de longitud, por la cual el agua circula con una velocidad de 1 m/s, se cierra en 1 segundo, la presión creada en ella aumentará por el efecto del golpe de ariete hasta:

$$h = 0,15 \frac{1 \times 1000}{1} = 150$$

19.17.1) Principales Causas del Golpe de Ariete

- Acumulación y movimiento de burbujas de aire atrapado en la línea.
- Expulsión repentina de aire de una tubería.
- Apertura o cierres bruscos, totales o parciales, de válvulas.
- Arranque o parada de bombas.
- Paradas de emergencia, interrupción súbita en el sistema de propulsión (Ej: falla en el suministro de energía eléctrica).

19.17.2) Métodos para Reducir el Efecto del Golpe de Ariete

a) Chimeneas de Equilibrio

Consiste en una tubería de diámetro superior al de la tubería, colocada verticalmente y abierta en su extremo superior a la atmósfera, de tal forma que su altura sea siempre superior a la presión de la tubería en el punto donde se instala en régimen permanente.

Este dispositivo facilita la oscilación de la masa de agua, eliminando la sobrepresión de parada, por lo que sería el mejor sistema de protección si no fuera por aspectos constructivos y económicos. Sólo es aplicable en instalaciones de poca altura de elevación.

b) Calderín o Tanque de Amortiguación

Consiste en un recipiente metálico parcialmente lleno de aire que se encuentra comprimido a la presión manométrica. Existen modelos en donde el aire se encuentra aislado del fluido mediante una vejiga, con lo que se evita su disolución en el agua.

El calderín amortigua las variaciones de presión debido a la expansión prácticamente adiabática del aire al producirse una depresión en la tubería, y posteriormente a la compresión, al producirse una sobrepresión en el ciclo de parada y puesta en marcha de una bomba.

Su colocación se realiza aguas debajo de la válvula de retención de la bomba. Se instala en derivación y con una válvula de cierre para permitir su aislamiento.

c) Válvulas de Alivio Rápido

Son dispositivos que permiten de forma automática y casi instantánea la salida de la cantidad necesaria de agua para que la presión máxima en el interior de la tubería no exceda un valor límite prefijado.

Suelen proteger una longitud máxima de impulsión el orden de 2 km. Los fabricantes suelen suministrar las curvas de funcionamiento de estas válvulas, hecho que facilita su elección en función de las características de la impulsión.

22) Tanques Hidroneumáticos

Los tanques hidroneumáticos son recipientes cerrados donde se acumula agua bajo presión. Este almacenamiento da la posibilidad de disponer de una cantidad de agua limitada para distintos usos y además aprovechar la fácil compresión del aire para absorber los picos oscilatorios de presión, facilitando la lectura de los controles (presóstatos, transductores de presión, manómetros, etc.). Al ingresar el agua a presión dentro del tanque, el aire confinado dentro se va comprimiendo dándole lugar al agua. Los tanques poseen una sólo boca para el ingreso y egreso de agua.

Es un componente básico de los equipos de presurización, ya sea para líneas de consumo sanitario o sistema contra incendio. También se lo utilizan como tanques de expansión o simplemente para absorber golpes de ariete.

Principio de funcionamiento

Estos equipos basan su funcionamiento en la fácil compresibilidad del aire a diferencia del agua. Cabe destacar que el agua se puede comprimir un poco pero hace falta mucha presión.

Según la utilidad para la que se destine el equipo se encontrara distintas maneras de utilizarlo, en todos los casos lo que se hace es sacar provecho de la compresión del aire y utilizar esa capacidad de "resorte" para un fin determinado.

El tanque de presurización es un equipo formado por una electrobomba, un tanque hidroneumático y accesorios. Cuando todas las bocas de consumo están cerradas la bomba bombea agua presurizando toda la cañería y acumulando agua en el tanque hidroneumático a costa de comprimir el aire que posee dentro. La bomba se detiene a la presión máxima seteada en el presóstato. Al abrirse un consumo o producirse una pérdida menor en la instalación libera el agua acumulada en el tanque hidroneumático, descendiendo la presión hasta llegar a la mínima (de arranque), en ese momento es cuando nuevamente la electrobomba comienza a funcionar.

Desde la apertura de la boca de consumo hasta que la bomba comienza de nuevo a funcionar es donde utilizamos al tanque hidroneumático como reserva, el volumen útil de éste (V_u) evita que ante pequeños consumos la bomba deba arrancar y parar. Esta utilización es una de las principales funciones: espaciar los arranques de la bomba.

Otro uso que tienen éstos tanques es de Reductor de golpe de ariete, al arrancar una bomba se produce un flujo que puede producir picos de presión importante; lo mismo sucede al detenerse, el flujo tiene una inercia que puede producir fuertes variaciones. Estas olas tienen distintas magnitudes, según la bomba e instalaciones, en las situaciones más críticas pueden tener consecuencias como la deformación y hasta rotura de cañerías. Generan también una variación abrupta de presión sobre los controles o sensores. Para evitar estas situaciones un tanque hidroneumático es la solución ya que el aire dentro del mismo funciona como un resorte al comprimirse por la acción de este flujo reduciendo

notoriamente sus efectos, es decir, los picos abruptos de presión producto de los golpes de ariete.

BIBLIOGRAFÍA

- Norma NFPA¹ 14/2000 - Standard for the Installation of Standpipe and Hose Systems.
- Norma NFPA 20/1999 - Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection.
- Norma NFPA 22/1998 - Standard for Water Tanks for Private Fire Protection.
- Norma IRAM 3.597 Instalaciones Fijas Contra Incendio. Sistemas de Hidrantes.
- Manual de Protección Contra Incendios (NFPA), cuarta edición en castellano 1993, editorial MAFRE.
- Instrucciones Técnicas de Seguridad. Editorial ITSEMAP.
- Manual de Dimensionado de Bombas Centrífugas. Empresa KSB.
- Fire Pump Handbook. NFPA First Edition 2003.
- Catálogo de Bombas IDEAL (www.bombasideal.es).
- Catálogo de Bombas KSB (www.ksb.com.ar).
- Seminario "Diseño de Sistemas de Extinción a Base de Agua" – Editorial: OPCÍ - Autor: Ing. Guillermo LOZANO.
- Revista M3H, ISSN 1669-4066.
- Diseño de Instalaciones Contra Incendios-Hidrantes. Editorial Nueva Liberia. Edición 2009, autor Andrés M. Chowanczak.

¹ National Fire Protection Association.