

Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales

Seguridad en grupos de presión contra incendio
NFPA 20 y UNE 23500-12

Autor: Abraham Mesa Martín

Tutor: D. Manuel Valentín Villalba García

Dpto. de ingeniería de la construcción y
proyectos de ingeniería
Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Sevilla, 2022



Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales

Seguridad en grupos de presión contra incendio NFPA 20 y UNE 23500-12

Autor:
Abraham Mesa Martín

Tutor:
D. Manuel Valentín Villalba García
Profesor titular

Dpto. de ingeniería de la construcción y proyectos de ingeniería
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla
Sevilla, 2022

Autor: Abraham Mesa Martín

Tutor: Prof. D. Manuel Valentín Villalba García

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2022

El Secretario del Tribunal

A quienes me apoyaron

Resumen

Protegerse contra un incendio es universal e intrínseco en el instinto de supervivencia del ser humano. Como respuesta a nuestra propia seguridad nos vemos obligados a elaborar y cumplir las normas que rigen el correcto funcionamiento de los distintos elementos de protección contra incendio. Debido a las diferencias culturales, antigüedad de la civilización, condiciones climáticas y orográficas, las normas pueden llegar a diferir, aunque haya el mismo riesgo que proteger. Este trabajo se enfoca en la seguridad que proporcionan los equipos de protección contra incendio entre dos normas separadas por el océano Atlántico.

Abstract

Protecting yourself against fire is universal and intrinsic to the human survival instinct. In response to our own safety, we are forced to develop and comply with the regulations that govern the proper functioning of the different fire protection elements. Due to cultural differences, age of civilization, climatic and orographic conditions, the standards may differ, even though there is the same risk to protect. This work focuses on the safety provided by fire protection equipment between two standards separated by the Atlantic Ocean.

Índice

Resumen	9
Abstract	11
1 Introducción	16
2 Objetivo.....	17
3 Sistema de abastecimiento de agua contra incendios	18
3.1 Tipos de abastecimiento sencillo.....	20
3.2 Tipos de abastecimiento superior	20
3.3 Tipos de abastecimiento doble	20
3.4 Sistemas de protección contra incendio	21
3.4.1 Las Bocas de incendio equipadas	21
3.4.2 Los hidrantes	23
3.4.3 Los Sistemas de rociadores automáticos	23
3.4.4 Los sistemas de agua pulverizada	24
4 Fuentes de agua.....	26
4.1 Red de uso público	26
4.2 Fuente inagotable	26
4.3 Depósitos.....	26
4.3.1 Los depósitos de gravedad	26
4.3.2 Los depósitos de presión	27
4.3.3 Los depósitos para bombas.....	28
5 La aspiración	31
5.1 Conceptos previos	31
5.1.1 Ley de Continuidad	31
5.1.2 Variación de la presión en un fluido en movimiento	32
5.1.3 Cambio de las presiones con la sección	32
5.1.4 Presión relativa o manométrica	32
5.1.5 Altura manométrica.....	33
5.1.6 Altura de aspiración manométrica.....	33
5.1.7 Cavitación.....	34
5.1.8 Expresión del NPSH.....	36
5.2 Disposiciones de aspiración según norma.....	37
5.3 Dispositivos en la aspiración.....	39
5.3.1 Válvula de pie.....	39
5.3.2 Placa antivórtice	40
5.3.3 Válvula de compuerta.....	44

5.3.4	Dispositivo anti-stress	45
5.3.5	Dispositivo para medir la presión a la entrada de la bomba.....	45
5.3.6	Reductor excéntrico.....	46
5.4	Condiciones de aspiración según norma	46
5.4.1	Diámetro y velocidad de aspiración	46
5.4.2	NPSH disponible	48
6	Bombas.....	52
6.1	Tipos de bombas principales contra incendios.....	52
6.1.1	Bombas de desplazamiento positivo	52
6.1.2	Bombas centrífugas	52
6.2	La curva de características o curva de desempeño de una bomba.....	57
6.2.1	Curva característica de la bomba según UNE 23500	57
6.2.2	Curva característica de la bomba según NFPA 20	60
6.3	Número de bombas y accionamiento en el sistema de bombeo	60
6.4	Sistema de cebado	62
7	Impulsión.....	63
7.1	Dispositivos en la impulsión	63
7.1.1	Tubo amplificador:.....	63
7.1.2	Manómetros y presostatos:.....	63
7.1.3	Válvula de alivio de recirculación.....	64
7.1.4	Válvula de alivio de presión.....	64
7.1.5	Válvula de retención.....	65
7.1.6	Válvula reguladora de la presión de succión.....	66
7.2	Sistema para la detección de variación en la presión:	66
7.2.1	Conjunto de presostatos (UNE).....	67
7.2.2	Línea sensora, de sensado o de detección de presión (NFPA)	67
7.3	Circuito de pruebas:	68
7.4	Válvula de seccionamiento:	70
8	Motores	71
8.1	Grupo de bombeo principal eléctrico	71
8.1.1	Características del motor eléctrico:	71
8.1.2	Factor de servicio:	72
8.1.3	Suministro eléctrico y protecciones:	73
8.1.4	Métodos de arranque del motor eléctrico:.....	73
8.2	Grupo de bombeo principal diésel.....	74
8.2.1	Características del motor diésel:.....	74

8.2.2	Combustible:	75
8.2.3	Refrigeración:.....	75
8.2.4	Sistema de escape:.....	76
8.2.5	Motor de arranque:	76
8.3	Motor de turbina de vapor	77
8.3.1	Capacidad de la turbina:	78
8.3.2	Consumo de vapor:.....	78
8.3.3	Dispositivos en la instalación:	78
9	Sistemas de arranque y la parada	79
9.1	El sistema de arranque.....	79
9.1.1	Según Norma UNE 23500.....	79
9.1.2	Según Norma NFPA 20.....	80
9.2	La parada.....	81
9.3	Presión de arranque y paro de bomba jockey y principal.....	81
10	Sala de bombas.....	84
10.1	Protección del equipamiento	84
10.2	Acceso y ubicación de los equipos.....	84
10.3	Temperatura del cuarto de bombas	85
10.4	Iluminación	85
10.5	Ventilación	85
10.6	Drenaje	87
11	Conclusiones	88
12	Bibliografía	91

1 Introducción

Desde el descubrimiento del fuego, este ha sido un aliado y un enemigo dependiendo del control que exista sobre el mismo. Para poder controlarlo es indispensable conocer los elementos o factores que participan necesariamente en su creación. Estos se relacionan mediante el conocido modelo tradicional Triángulo de fuego, el cual consta de:

- Combustible. Es cualquier sustancia sólida, líquida o gaseosa.
- Comburente. El elemento oxidante de la combustión. Generalmente el oxígeno.
- Energía de activación. La energía o calor necesario para iniciar la reacción química.

Un cuarto factor se añade cuando hablamos del tetraedro del fuego:

- Reacción en cadena. En la cual el fuego se realimenta debido a que la energía liberada en la combustión es igual o mayor a la necesaria, volviéndose así autónomo hasta agotar algunos de los otros factores.

Por tanto, para la extinción de un fuego bastará con atacar a uno de esos factores. Este dependerá del tipo de incendio, pero en general podemos afirmar que el agente extintor por excelencia suele ser el agua, principalmente por:

- Poseer una capacidad calorífica elevada, que permite absorber una gran cantidad de energía aumentando muy poco su temperatura, en concreto, para 1 kg de agua se necesita absorber 1000 calorías para aumentar su temperatura 1°C.
- Alto calor latente de vaporización. Por lo que para cambiar de fase de líquido a vapor debe absorber calor del entorno, esto es a 100°C entorno a 540cal/g.
- A 100°C y 1 atm, la densidad del agua líquida es 958,4 Kg/m³ y la densidad del vapor de agua 0,59 Kg/m³. Esto hace que al evaporarse el volumen de agua aumente 1630 veces aproximadamente. Ayudando así a desplazar y disminuir el comburente.
- Alta disponibilidad, aproximadamente el 71% de la Tierra es agua.
- Ser muy económico.

Para la protección contra incendios distinguiremos la protección pasiva que serán todos esos elementos y sistemas diseñados para que un fuego no se inicie o retrasar su propagación como por ejemplo pueden ser los materiales de construcción ignífugos, y la protección activa que “*es el conjunto de medios, equipos y sistemas, ya sean manuales o automáticos, cuyas funciones específicas son la detección, control y/o extinción de un incendio, facilitando la evacuación de los ocupantes e impidiendo que el incendio se propague, minimizando así las pérdidas personales y materiales.*” (RIPCI, artículo 3)

El equipo de presión forma parte de la protección activa contra incendio, encargado de mantener la presión y caudal de agua en todos los sistemas en los que interviene como son los rociadores, las bocas de incendio o las mangueras.

2 Objetivo

Los estándares técnicos son necesarios para determinar los niveles de calidad y seguridad en diseño, fabricación y servicio de los productos. La distancia entre continentes y las diferencias culturales desencadenan en normas con distintos matices, pero mismo fin.

En España es la Asociación Española de Normalización (UNE) la asignada por el ministerio de industria competente como organismo nacional de normalización y para nuestro estudio la norma a tratar será la actual en vigor desde su publicación en el Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios. En concreto, según el apéndice del anexo I, la norma en vigor es la UNE 23500:2012 para los sistemas de abastecimiento de agua contra incendio. Norma redactada por el Comité Técnico AEN/CTN 23 Seguridad contra incendios cuya secretaria es desempeñada por TECNIFUEGO (Asociación Española de Sociedades de Protección contra Incendios).

En Estados Unidos es la *National Fire Protection Association* (NFPA) la organización encargada del desarrollo de normas para la protección contra incendios y posteriormente aprobadas por el Instituto Nacional Americano de Normas. Para el objeto de este estudio utilizaremos la NFPA 20 2016, *Norma para la Instalación de Bombas Estacionarias de Protección contra Incendios*, redactada por el Comité Técnico de Bombas de incendio desde 1899 formado por miembros de Underwriters Laboratories (UL), Factory Mutual (FM) y demás asociaciones de ingeniería.

El objetivo de este trabajo fin de grado es **el estudio comparativo de las normas NFPA 20 y UNE 23500:2012 sobre la seguridad que proporcionan los grupos de presión contra incendio.**

3 Sistema de abastecimiento de agua contra incendios

El sistema de abastecimiento de agua contra incendios es el conjunto de equipos y elementos necesarios para garantizar el correcto funcionamiento de los sistemas de extinción. Las necesidades de abastecimiento para estos sistemas de extinción se resumen en:

- Presión (P), medido en bar.
- Caudal (Q), medido normalmente en l/min o m³/h.
- Tiempo de autonomía (T), expresado en minutos u horas.

Todo ello mediante una o varias fuentes de agua, sistemas de impulsión y una red general de incendios.

La norma UNE 23500 establece diferentes tipos de abastecimiento para los que previamente se debe conocer el sistema de protección contra incendios a instalar. Para ello, en función de los diferentes sistemas de protección presentes en la instalación, asigna una categoría I, II o III (véase Tabla 2 UNE 23500)

Rociadores (RL) según la Norma UNE-EN 12845	Rociadores (RO) según la Norma UNE-EN 12845	Rociadores (RE) según la Norma UNE-EN 12845	BIEs	Hidrantes	Espuma física	Agua pulverizada	Categoría
			×				III
×							III
				×			II
×			×				II
	×		×				II
×				×			II
			×	×			II
	×		×	×			II
×			×	×			II
		×					I
					×		I
						×	I
		×	×				I
		×	×	×			I

NOTA El resto de combinaciones de los sistemas instalados son de categoría I.

Tabla 2 – Categorización de abastecimientos según sistemas instalados UNE

Cómo excepción cabe mencionar que:

- Cuando el abastecimiento de categoría III y $Q > 600\text{l/min}$ pasa a ser categoría II
- Cuando el abastecimiento de categoría II y $Q > 2500\text{l/min}$ pasa a ser categoría I
- Para sistemas únicos de espuma o agua pulverizada cuando $Q \leq 2000\text{l/m}$ podrá asignarse cualquier categoría.

De esta forma los sistemas de protección menos exigentes o que protejan riesgos más bajos serán protegidos mediante abastecimientos de categoría III y los sistemas combinados o más exigentes requerirán abastecimientos de categoría II o I.

Tras conocer la categorización del sistema de protección contra incendio, se le exige una clase de abastecimiento mínimo (ver tabla 3), que podrá ser:

- Abastecimiento sencillo
- Abastecimiento superior
- Abastecimiento doble

Al final es una selección de combinación de fuente y sistema de impulsión.

Clase		Fuentes de agua (véase el capítulo 5)	Categoría I	Categoría II	Categoría III
Abaste- cimiento SENCILLO (A. SEN)	A. SEN. A (figura 1)	Red de uso público de categoría 2			MIN
	A. SEN. B (figura 2)	Depósito o fuente inagotable (con equipo de bombeo único)			MIN
	A. SEN. C (figura 3)	Depósito de presión		MIN	OPC
	A. SEN. D (figura 4)	Depósito de gravedad tipo C		MIN	OPC
Abaste- cimiento SUPERIOR (A. SUP)	A. SUP. A (figura 5)	Red de uso público de categoría 1		MIN	OPC
	A. SUP. B (figura 6)	Depósito de gravedad tipo A o B		MIN	OPC
	A. SUP. C (figura 7)	Depósito tipo A o B con dos o más equipos de bombeo	MIN	OPC	OPC
	A. SUP. D (figura 8)	Fuente inagotable con dos o más equipos de bombeo	MIN	OPC	OPC
Abaste- cimiento DOBLE (A. DOB)	A. DOB. A (figura 9)	Dos redes de uso público	MIN	OPC	OPC
	A. DOB. B (figura 10)	Red de uso público más depósito de gravedad tipo A o B	MIN	OPC	OPC
	A. DOB. C (figura 11)	Red de uso público más depósito de presión	MIN	OPC	OPC
	A. DOB. D (figura 12)	Red de uso público más depósito o fuente inagotable	MIN	OPC	OPC
	A. DOB. E (figura 13)	Dos depósitos de gravedad: uno tipo A o B y otro tipo B ó C	MIN	OPC	OPC
	A. DOB. F (figura 14)	Depósito de gravedad tipo A o B más depósito de presión	MIN	OPC	OPC
	A. DOB. G (figura 15)	Depósito de gravedad tipo A o B más depósito o fuente inagotable	MIN	OPC	OPC
	A. DOB. H (figura 16)	Depósito de presión más depósito tipo A o B o fuente inagotable	MIN	OPC	OPC
	A. DOB. I (figura 17)	Dos equipos de bombeo aspirando de dos depósitos tipo A o B	MIN	OPC	OPC
	A. DOB. J (figura 18)	Dos equipos de bombeo aspirando de un depósito tipo A o B y otro C	MIN	OPC	OPC
	A. DOB. K (figura 19)	Dos equipos de bombeo aspirando de fuente inagotable	MIN	OPC	OPC
MIN Son los mínimos aceptables para cada categoría. Quiere decir que no se pueden utilizar abastecimientos de clase inferior. OPC Son opciones posibles para las categorías inferiores (II y III), donde se pueden elegir abastecimientos de clase superior o doble.					

Tabla 3 - Clases de abastecimientos según UNE

3.1 Tipos de abastecimiento sencillo

Son abastecimientos sencillos los siguientes:

Para sistemas de protección de categoría III que son Bocas de incendio equipadas (BIE) o rociadores de riesgo ligero (RL):

- A. Red de uso público categoría 2 (con uno o más equipo de bombeo si fuera necesario)
- B. Depósito o fuente inagotable con uno o más equipos de bombeo.

Para sistemas de protección de categoría II que son Hidrantes o BIE+RL o combinaciones de Hidrantes+BIE con RL o RO:

- C. Depósito de presión. Según UNE 12845 solo para RL: $V_{\min}=15\text{m}^3$ y para RO1 $V_{\min}=23\text{m}^3$
- D. Depósito de gravedad.

3.2 Tipos de abastecimiento superior

Se consideran abastecimientos superiores

Para sistemas de protección de categoría II que son Hidrantes o BIE+RL o combinaciones de Hidrantes+BIE con rociadores RL o RO:

- A. Red de uso público de categoría 1.
- B. Depósito de gravedad A o B.

Para sistemas de protección de categoría I que son rociadores de riesgo extra (RE), Espuma física, Agua pulverizada o las combinaciones RE+BIE o RE+BIE+Hidrante:

- C. Depósito A o B con **dos** o más equipos de bombeo automático.
- D. Fuente inagotable con **dos** o más equipos de bombeo automáticos.

Estos dos últimos abastecimientos superiores de categoría I pasarán a necesitar una segunda fuente (abastecimiento doble) si:

- a) La longitud en línea recta entre el abastecimiento y el sistema de protección más alejado supera los 2000m.
- b) La superficie que proteger por rociadores automáticos supera 250000m^2
- c) Cuando lo contemple otra reglamentación en vigor.

3.3 Tipos de abastecimiento doble

Para todos los sistemas de protección de categoría I ya que son los más exigentes, en cuanto a necesidades de presión, caudal y autonomía. Se componen de dos abastecimientos sencillos, independientes entre sí y en caso de haberlo, solo uno de ellos podrá ser un depósito de capacidad reducida.

- A. Red de uso público categoría 1 (si fuera necesario con uno o más equipos de bombeo) y además uno cualquiera de los siguientes:

- A.1 Otra red de uso publica de cualquier categoría, pero independiente.
- A.2 Depósito de gravedad
- A.3 Depósito de presión
- A.4 Depósito o fuente inagotable con equipo de bombeo.
- B. Depósito de gravedad A o B, y uno más:
 - B.1 Otro depósito de gravedad B o C (de capacidad reducida)
 - B.2 Depósito de presión: Según UNE 12845 $V_{\min}=15\text{m}^3$ para RL y RO y $P_{\text{depósito}}\leq 12\text{bar}$
 - B.3 Depósito A, B o C o fuente inagotable con uno o más equipos de bombeo.
- C. Depósitos de presión y a elegir otro:
 - C.1 Depósito A, B o C o fuente inagotable con uno o más equipos de bombeo.
- D. **Dos** o más equipos de bombeo automáticos, aspirando de cualquiera de los siguientes:
 - D.1 Dos depósitos A o B
 - D.2 Un depósito A o B + otro C
 - D.3 Fuente inagotable

3.4 Sistemas de protección contra incendio

Vamos a estudiar los requisitos de caudal, presión y autonomía de cada uno de los sistemas de protección contra incendio de la tabla de categorización.

3.4.1 Las Bocas de incendio equipadas

Las bocas de incendio equipadas son el conjunto de elementos necesarios para llevar el agua desde un punto fijo de una red de abastecimiento hasta el fuego. Los elementos de los que consta son:

- Boquilla: permite regular el chorro de agua a proyectar.
- Lanza: para unir la boquilla con el racor.
- Manguera: tubo flexible o semirrígido que incorpora racores en sus extremos para su conexión con lanza, válvula u otra manguera. Esta puede ser de 45 mm flexible o de 25mm semirrígida.
- Racor: pieza metálica que facilita la conexión rápida entre elementos.
- Válvula: es el dispositivo que permite la salida o paro del flujo de agua.
- Manómetro: dispositivo aguas arriba de la válvula para medir la presión de la red de agua. Es opcional en BIE de 25mm.
- Armario: para guardar la BIE, opcional en las de 25mm.
- Soporte: para sujetar la manguera enrollada o plegada y permita la extensión rápida.

Las BIEs de 25mm al ser semirrígidas permiten su uso sin necesidad de desenrollar la manguera al completo, como ocurre con las BIEs de 45mm.



Figura – armario con BIE

Las BIEs tienen una presión de trabajo a la entrada de entre 3 y 6 bar y las condiciones hidráulicas en función del nivel de riesgo del lugar a proteger son:

Nivel de riesgo	Tipo BIE	Simultaneidad	Tiempo autonomía	Caudal máximo (ud)	Caudal simultaneo	Volumen mínimo
Bajo	DN 25mm	2	60 min	90 l/min	180 l/min	10,8 m ³
Medio	DN 45mm	2	60 min	120 l/min	240 l/min	14,4 m ³
Alto	DN 45mm	3	90 min	120 l/min	360 l/min	32,4 m ³

Tabla – Cálculo del volumen necesario para BIEs

Donde se ha calculado el volumen mínimo necesario para abastecer las BIEs según norma en los casos más desfavorables con la simultaneidad requerida. Como se puede observar no requieren de un gran volumen de agua, ni presión por ello cuando trabajen de forma independiente se podrá instalar un abastecimiento sencillo.

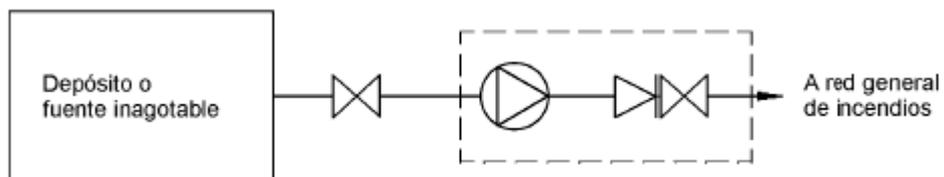


Figura - Ejemplo de abastecimiento sencillo

3.4.2 Los hidrantes

Estos tendrán unos requisitos en función del tipo de edificio según la superficie del sector y el nivel de riesgo intrínseco:

- El caudal mínimo necesario está entre los 500 l/min y los 3000 l/min
- Tiempo de autonomía de:
 - 30 min para nivel bajo
 - 60 min nivel medio
 - 90 min nivel alto
- La presión mínima de salida en los distintos caudales será de 5 bar

Los hidrantes de forma independiente requieren de un caudal alto.

3.4.3 Los Sistemas de rociadores automáticos

Los sistemas de rociadores automáticos se instalan para detectar un incendio y apagarlo o controlarlo. Estos sistemas están compuestos por:

- Uno o más abastecimientos de agua y una o más instalaciones de rociadores.
- Puesto de control:
- Ramal: red de tuberías sobre las que se instalan los rociadores.
- Los rociadores: Dispositivo que consta de un deflector para proyectar el chorro de agua, un vidrio el cual contiene un líquido térmicamente sensible y el propio cuerpo metálico del rociador.

El rociador es una válvula cuyo disparo se lleva a cabo por la dilatación del líquido albergado en el vidrio o la fusión de algún elemento, debido al exceso de temperatura por el fuego.



Figura – Rociador

Se clasifican según la clase de riesgo del sector a proteger:

Rociadores de riesgo ligero son para usos no industriales con poca carga de fuego y superficies menores de 126m², tiempo mínimo de autonomía de 30min y caudales bajos de 225l/min y presión de 2,2 bar + pérdida por presión estática del rociador más ato.

Rociadores de riesgo ordinario para usos comerciales e industriales con carga de fuego media y superficies de hasta 216m² y tiempo de autonomía mínimo de 60min, caudales de 375l/min hasta 2100l/min y presión de 1 a 2 bar + pérdida por presión estática del rociador más ato.

Rociadores de riesgo extra para usos comerciales e industriales con elevada carga de fuego y probable propagación rápida del fuego donde el tiempo de autonomía mínimo es de 90min a 2 bar para rociadores intermedios.

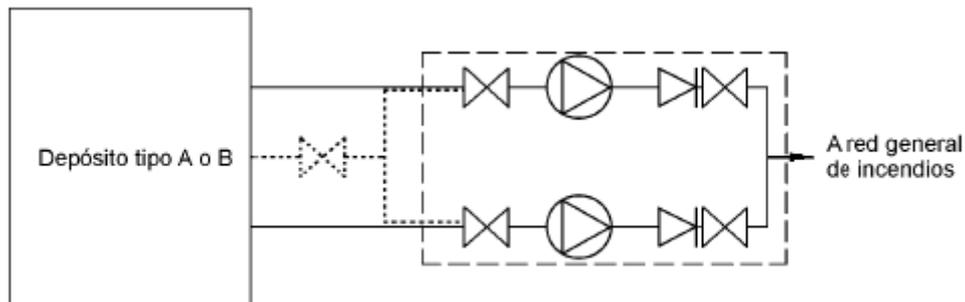
3.4.4 Los sistemas de agua pulverizada

Debido a la proyección de gotas de agua de tamaño muy pequeño se utilizan para refrigerar y sofocar en su totalidad estructuras o elementos de riesgo alto, como transformadores y combustibles, por lo que se necesita un gran caudal de entre 8 y 20 l/min por m² a través de las boquillas pulverizadoras según UNE 23503



Figura - Boquilla pulverizadora

Para los sistemas de agua pulverizada se usarán por sus exigencias de caudal y presión un abastecimiento doble, o superior siempre que la fuente agua sea depósito A o B (garantizan 100% del volumen necesario) o fuente inagotable como el siguiente:



Ejemplo de abastecimiento superior para sistema de protección de categoría I

Para el cálculo de caudal y reserva para combinaciones de estos sistemas de protección se utiliza la tabla resumen del Reglamento de Seguridad Contra Incendio en los Establecimientos Industriales.

CUADRO RESUMEN PARA EL CÁLCULO DEL CAUDAL (Q) Y RESERVA (R) DE AGUA CUANDO EN UNA INSTALACIÓN COEXISTEN VARIOS SISTEMAS DE EXTINCIÓN

TIPO DE INSTALACIÓN	BIE [1]		HIDRANTES [2]		ROCIADORES AUTOMÁTICOS [3]	AGUA PULVERIZADA [4]	ESPUMA [5]
[1] BIE	Q_B/R_B		(a) Q_H/R_H (b) Q_B+Q_H/R_B+R_H		Q_{RA}/R_{RA}		
			$0,5 Q_H + Q_{RA} \quad 0,5 R_H + R_{RA}$				
[2] HIDRANTES	(a) Q_H/R_H (b) $Q_B + Q_H/R_B + R_H$	$0,5 Q_H + Q_{RA}$ $0,5 R_H + R_{RA}$	Q_H/R_H		Q mayor R mayor (una instal.)	$0,5 Q_H + Q_{AP}$ $0,5 R_H + R_{AP}$	Q mayor, R mayor (una instalación)
[3] ROCIADORES AUTOMÁTICOS	Q_{RA}/R_{Ra}		Q mayor R mayor (una instal.)		Q_{RA}/R_{RA}	Q mayor, R mayor (una instalación)	Q mayor, R mayor (una instalación)
AGUA PULVERIZADA [4]			$0,5 Q_H + Q_{AP}$ $0,5 R_H + R_{AP}$	$Q_{AP} + Q_E$ $R_{AP} + R_E$	Q mayor, R mayor (una instalación)	Q_{AP}/R_{AP}	$Q_{AP} + Q_E$ $R_{AP} + R_E$
ESPUMA [5]			Q mayor R mayor (una instal.)	$R_{AP} + R_E$	Q mayor, R mayor (una instalación)	$Q_{AP} + Q_E$ $R_{AP} + R_E$	Q_E/R_E

Cuadro resumen para el cálculo de caudal y reserva de agua (RSCIEI)

4 Fuentes de agua

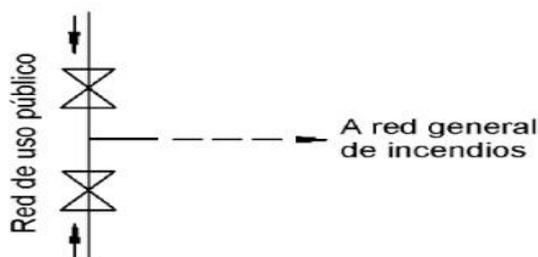
La fuente de agua es el recurso principal en el abastecimiento contra incendios. Incluida en la UNE 23500 pero no en la NFPA 20, no entraremos en profundidad.

La fuente de agua puede ser de 3 tipos a utilizar según las necesidades o exigencias de la instalación.

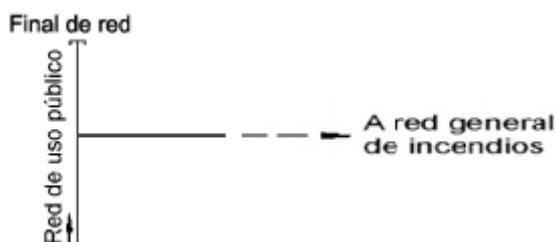
4.1 Red de uso público

La red de uso público, la cual puede ser de:

-Fuente A1 – Categoría 1, cuando el suministro de la red es por dos extremos para los que existe una válvula de cierre para cada uno de ellos. Así, en caso de avería o mantenimiento de la red pública es posible el aislamiento de esa zona.



- Fuente A2 – Categoría 2, cuando no cumple las condiciones para la categoría 1.



4.2 Fuente inagotable

Fuente inagotable son naturales como lagos, mares, ríos... o artificiales como son los embalses, pozo, canales... Para que este tipo de fuentes se consideren inagotables deben poder garantizar el suministro máximo en cualquier época del año. Además, deben contar con unas cámaras de separación y aspiración.

4.3 Depósitos

Por último, las fuentes de agua mediante depósitos, los cuales según UNE pueden ser de gravedad, de presión o para bombas y/o aljibes. Según el punto 1.5 de la NFPA 22 *Norma para Tanques de agua para Protección privada contra incendios*, aunque con denominaciones distintas, establece también estos tres tipos de depósitos posibles.

4.3.1 Los depósitos de gravedad

son recipientes a la altura suficiente para proporcionar mediante la gravedad la impulsión necesaria. Estos deben cumplir que la cota de la base inferior del depósito (H_d) menos la cota de

la red general de incendios (H_s) menos las pérdidas de carga, tiene que ser mayor o igual a la presión requerida para el incendio.

$$H_d - H_s - \text{Pérdidas} \geq \text{Presión requerida}$$

4.3.2 Los depósitos de presión

son recipientes presurizados mediante aire o gas que garantizan la descarga de agua a la presión requerida.

La capacidad mínima según UNE 23500 debe ser la máxima demandada y nunca menor de 15m^3 de agua. La relación será de un tercio de aire comprimido del volumen total, como mínimo. Según NFPA 22 el volumen de agua deberá ser de dos tercios del depósito pudiendo variar esta relación siempre que se indique en una placa y cumpla con el abastecimiento.

La temperatura del depósito no deberá ser inferior a 4°C en UNE o 40°F ($4,4^\circ\text{C}$) en NFPA.

En ambas normas se hace alusión a la necesidad de protección a la corrosión, especificando la norma americana el uso de protección catódica.

El llenado y presurizado según UNE no deberá durar más de 8h y el caudal de agua no podrá ser inferior a $6\text{m}^3/\text{h}$. Según la NFPA este tiempo no podrá ser superior a 4h y establece los diámetros mínimos de suministro de agua en $1\frac{1}{2}$ inch (38mm) y de aire en 1 inch (25,4 mm).

La presión de los depósitos deberá cumplir la siguiente formula:

Según UNE 23500

$$P = \left(\frac{(P_1 + 1) \times V_t}{V_a} \right) - 1$$

donde

P es la presión manométrica en el depósito (bar);

P_1 es la presión manométrica residual (bar) necesaria para el sistema en cuestión incluyendo todas las pérdidas y diferencia de presión estática (bares) entre el depósito y el sistema propiamente dicho;

V_t es el volumen total del depósito en m^3 ;

V_a es el volumen de aire en el depósito en m^3 .

Además, deja clara la prohibición de sobrepasar los 12 bares de presión en el depósito.

Según NFPA 22 *Norma para Tanques de agua para Protección privada contra incendios*

$$P_i = \frac{(P_f + 15)}{A} - 15$$

donde:

P_i = presión del tanque (psi)

P_f = demanda de presión del sistema de protección contra incendios calculada a la brida de descarga del tanque (psi)

A = porcentaje del volumen del tanque reservado para aire, expresado en tanto por 1.

Así, establece debido a los componentes, un máximo de 175 psi (12 bar) en el depósito a menos que los componentes estén clasificados de alta presión.

Como se puede observar, $A=V_a/V_t$ y 1 bar son aproximadamente 15 psi por lo que ambas fórmulas son equivalentes para el cálculo de la presión del depósito.

En general, al final cada una hace alusión a una norma específica para este tipo de depósitos. En el caso de la UNE 23500 hace referencia a la aplicación del vigente reglamento de aparatos a presión y la NFPA 22 refiere al Código ASME de Calderas y Recipientes a Presión, *Reglas para la Construcción de recipientes a presión sin fuego*.

4.3.3 Los depósitos para bombas

Cuando no se dispone de la cantidad, ni la presión de agua necesaria se recurre a la instalación de estos recipientes para asegurar el suministro correcto. En estos depósitos podemos distinguir tres tipos de volúmenes a tener en cuenta para los cálculos de la instalación:

- Volumen geométrico (V_g): Es el formado por las dimensiones de la instalación del depósito en su totalidad.
- Volumen de agua almacenada (V_u): Es la capacidad de agua del depósito lleno sin incluir los metros reservados para la ventilación. Este es el volumen total útil.
- Volumen de agua efectiva (V_e): La altura de este volumen se mide desde la cota mínima de aspiración, es decir, desde la placa antivórtice hasta la superficie del agua almacenada, debiendo ser la suficiente para el suministro de las bombas.

La UNE 23500 diferencia 3 tipos de depósitos según sus características:

- Depósito **Tipo A**:
 - o De uso ininterrumpido mínimo 15 años sin que sea necesario vaciarlo o limpiarlo.
 - o Capacidad efectiva mínima del 100% del volumen de agua calculado
 - o Reposición automática en menos de 36h. Si no, el volumen de agua debe ser 130%
 - o El agua debe ser dulce, filtrada en caso necesario y protegida de la luz.
 - o Más de 2m de distancia en horizontal entre tubería de llenado y de aspiración.
- Depósito **Tipo B**:
 - o De uso ininterrumpido mínimo 3 años sin que sea necesario vaciarlo o limpiarlo.
 - o Capacidad efectiva mínima del 100% del volumen de agua calculado
 - o Reposición en menos de 36h.
 - o Misma calidad de agua y distancia entre tubería de reposición y aspiración que en los depósitos de Tipo A.
- Depósito **Tipo C** o de **capacidad reducida**:
 - o Capacidad efectiva (C) inferior del 100% del volumen de agua calculado. Por lo que se tendrá en cuenta el tiempo de autonomía exigible (t) y el caudal de reposición automática (Q).

$$C = V - Q * t * 0,001$$

Tiempo de autonomía <i>t</i> (minutos)	Capacidad efectiva mínima del depósito
$t < 30$	30% de <i>V</i>
$30 \leq t < 90$	50% de <i>V</i>
$90 \leq t$	70% de <i>V</i>

Tabla – Capacidad efectiva mínima

- De uso ininterrumpido mínimo 3 años sin que sea necesario vaciarlo o limpiarlo.
- Misma calidad de agua y distancia entre tubería de reposición y aspiración que en los depósitos de Tipo A.

Además, según UNE 12845 se añaden valores mínimos de capacidad dependiendo del riesgo de instalación:

Capacidad eficaz mínima de depósitos de capacidad reducida

Clase de riesgo	Capacidad eficaz mínima m ³
RL - (Mojado o acción previa)	5
RO1 - Mojado o acción previa	10
RO1 - Seco o alterno RO2 - Mojado o acción previa	20
RO2 - Seco o alterno RO3 - Mojado o acción previa	30
RO3 - Seco o alterno RO4 - Mojado o acción previa	50
REP y REA	70 ^a
^a Pero en ningún caso menos del 10% de la capacidad total.	

Tabla – Capacidad efectiva según riesgo de la instalación UNE 12845

Según NFPA20

En el capítulo 4, sección 6, se hace referencia al suministro líquido. En dicha sección nos indica la importancia de la confiabilidad del suministro y la obligatoriedad de realizar una prueba de flujo de acuerdo con la NFPA 291. En caso de que la red pública no fuera adecuada en calidad, cantidad o presión deberá recurrirse a una fuente de agua alternativa, para ello atendiendo al capítulo 1, acudiremos a la NFPA 22, *Norma para Depósitos de Agua para la Protección contra Incendios Privada*.

En dicha norma NFPA22

La capacidad neta del depósito irá marcada entre la entrada del rebosadero y el nivel de la placa anti vórtice en el caso de tanques de succión para bombas, para el resto el nivel inferior será la salida de la descarga (NFPA 22, 4.1.5). En casos de capacidad reducida deberá garantizarse un tiempo mínimo de autonomía de 15 min con la bomba funcionando al 150% de la capacidad nominal mediante un tanque de compensación o ruptura (NFPA 22, 14.5).

El llenado automático deberá realizarse en el lado opuesto a la succión, en la parte superior y dirección vertical, aunque también podrá ser instalada en la parte inferior del tanque según requiera la autoridad competente. El tiempo de llenado no podrá ser superior a las 8 horas. En el caso de llenado automático para los tanques de capacidad reducida cuyo tiempo de autonomía sea inferior a 30 min para la demanda total máxima. Deberá contar un mecanismo de rellenado que sea capaz de rellenar el tanque al 110%. (NFPA 22 14.5.2.2.1)

$$[110\% \times (\text{Demanda total} - \text{Capacidad del depósito}) / \text{Duración}]$$



Depósito de 440m³ para equipo de bombas contra incendio

5 La aspiración

Posiblemente la aspiración sea en los sistemas de protección contra incendio la parte más importante, ya que una instalación incorrecta de esta puede provocar altas pérdidas de carga y turbulencias que tendrán repercusión en el funcionamiento de la bomba y por consiguiente que los sistemas de protección no funcionen según su diseño.

En este apartado consideraremos el sistema de aspiración desde la placa de vórtice hasta la brida de aspiración de la bomba contra incendios.

A continuación, se definen conceptos necesarios para entender cómo se relacionan las distintas presiones en la aspiración y descarga para poder definir este parámetro tan importante en el diseño de una instalación y en la elección del sistema de impulsión adecuado.

5.1 Conceptos previos

5.1.1 Ley de Continuidad

Gracias a la incompresibilidad del agua, el flujo por una tubería de sección variable se mantiene constante. Es decir,

$$Q_1=Q_2$$

Donde:

$$Q_1=V_1 \times A_1$$

$$Q_2=V_2 \times A_2$$

Siendo:

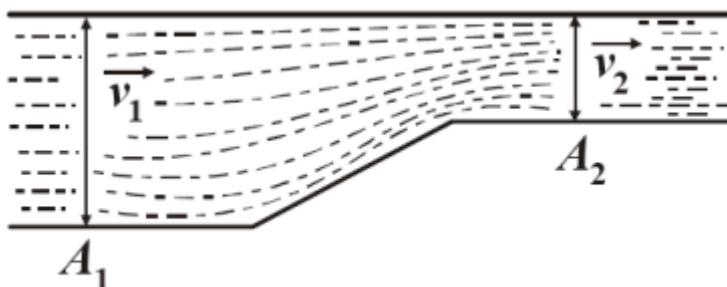
Q_1 y Q_2 caudal del fluido a la entrada y salida, respectivamente. (m^3/s)

V_1 y V_2 la velocidad del fluido a la entrada y salida, respectivamente (m/s)

A_1 y A_2 la sección de la tubería a la entrada y salida, respectivamente. (m^2)

Por tanto, para tuberías circulares se llega a:

$$D_1^2 \times V_1 = D_2^2 \times V_2$$



5.1.2 Variación de la presión en un fluido en movimiento

La presión dentro de una tubería de agua es la suma de:

- la presión dinámica o presión de velocidad (P_V): Es la presión generada en el fluido por el incremento de la velocidad.
- la presión estática o presión normal (P_N): Es la fuerza que ejerce el agua contra las paredes de la tubería. Cuando el fluido está en movimiento se la denomina presión residual.

$$P_T = P_N + P_V$$

Donde:

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

Mediante la ecuación de Torricelli, sabemos que la velocidad es: $V = \sqrt{2gh}$

Así la presión dinámica en términos de altura queda:

$$h_v = \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

V es la velocidad del agua (m/s)

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

h es la altura de presión a esa velocidad (m)

Así la altura total quedaría:

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

5.1.3 Cambio de las presiones con la sección

Según el principio de la conservación de la energía, la presión en el sistema se mantiene constante. Por lo que aplicando la anterior ecuación de continuidad y la variación de la presión en un fluido en movimiento podemos afirmar que:

- Cuando el diámetro se reduce por continuidad el agua incrementa su velocidad (por continuidad).
- El aumento de la velocidad en el fluido hace que se eleve la presión de velocidad a costa de reducirse la presión normal (por conservación de la energía).

5.1.4 Presión relativa o manométrica

Es aquella presión medida a partir de la presión atmosférica local. Es, por tanto, la diferencia entre la presión medida desde el cero absoluto y la presión atmosférica:

$$\text{Presión manométrica} = \text{Presión absoluta} - \text{Presión atmosférica}$$

5.1.5 Altura manométrica

La altura manométrica (H_{man}) mide los metros necesarios para elevar el agua a su destino. Debemos tener en cuenta aspectos como:

- La diferencia de cotas entre el punto de salida y el de llegada.
- Material y longitud de conducción
- Elementos de conducción: Codos, derivaciones, válvulas, etc.
- Temperatura del fluido, ya que influye en la viscosidad de este.
- Caudal de circulación, puesto que al depender de la velocidad y variar ésta pueden aparecer perturbaciones energéticas.

Teniendo en cuenta los aspectos anteriores podemos representar esta altura como:

$$H_{man} = \frac{p_2 - p_1}{\gamma} + H_g + Z \quad (1)$$

Donde H_g es la altura o desnivel geométrico, Z la pérdida de carga en el circuito, p_1 la presión manométrica en el depósito de aspiración, P_2 la presión manométrica en el depósito de impulsión y γ el peso específico del fluido a la temperatura de servicio.

Para una instalación típica, la altura manométrica es la diferencia entre las alturas medidas en la impulsión ($H_d - H_s$) y la aspiración, más la diferencia de altura entre puntos de lectura (A), más la diferencia de las alturas de velocidad a la entrada y salida de la bomba, provenientes de la ecuación de Torricelli:

$$H_{man} = H_d - H_s + A + \frac{v_d^2 - v_s^2}{2g} \quad (2)$$

5.1.6 Altura de aspiración manométrica

Es la altura de presión en la brida de aspiración medido por un vacuómetro cuando la aspiración sea negativa o por un manómetro cuando la aspiración sea en carga. La disposición de este dispositivo será a la altura del eje de la bomba cuando esta sea horizontal o a la altura de la zona más alta de los álabes del impulsor en las bombas verticales.

Por lo que la altura de aspiración manométrica (H_s) para un depósito a presión atmosférica es:

$$H_s = \frac{P_{atm}}{\gamma} - H_{gs} - \frac{v_s^2}{2g} - Z_s \quad (3)$$

Donde:

H_{gs} es la altura entre la superficie del líquido del depósito y el eje de la bomba.

Z_s son las pérdidas de carga en la aspiración.

v_s es la velocidad del líquido a la entrada de la bomba.

P_{atm}/γ presión manométrica en el depósito de aspiración, teniendo en cuenta que la presión atmosférica queda fijada por la altitud sobre el nivel del mar y el peso específico por la temperatura.

Podemos observar que la presión negativa en la aspiración de la bomba incrementa con H_g , Z_s y V_s . En caso de que la bomba se halle por debajo del depósito de suministro, H_g sería un valor con signo positivo y por tanto no incrementaría la presión negativa en la succión.

En la siguiente representación gráfica podemos apreciar visualmente las diferentes alturas de presión:

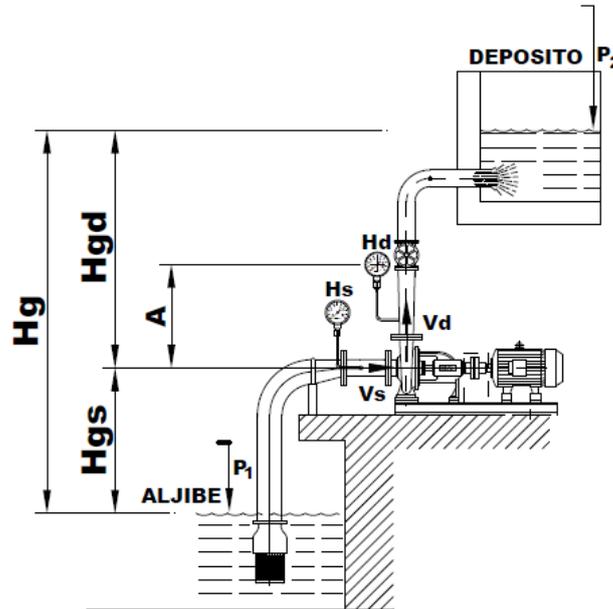
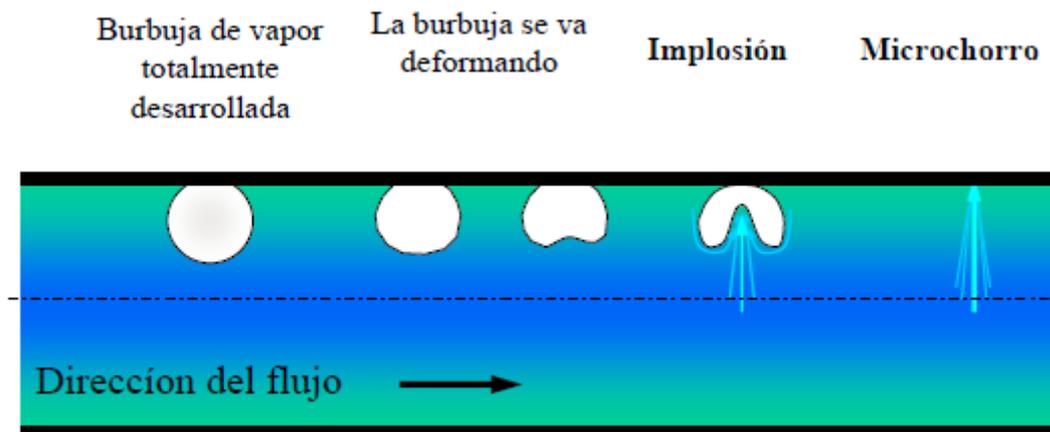


Figura – Instalación con aspiración negativa

5.1.7 Cavitación

La cavitación es un fenómeno termodinámico por el cual el agua sufre una depresión por debajo de su tensión de vapor. Esto provoca que el agua empiece a pasar a estado gaseoso, tras el descenso de esta presión el equipo se ve obligado a recuperarla y se produce la implosión, es decir, al aumentar de nuevo la presión por encima de la tensión de vapor, o el desplazamiento de las burbujas a zonas de mayor presión provoca en el gas una compresión y vuelve a disolverse generando una elevadísima presión. Este colapso instantáneo del estado gaseoso produce un severo problema de erosión y rotura en los componentes, como el impulsor, válvulas, codos, etc.



Esto hace que el colapso de las cavidades que se hallaban cerca de las paredes de la tubería erosione la superficie mediante un “microchorro”, el cual puede llegar a tener velocidades mayores a 1000m/s y picos de presión de 1000 bares. Puesto que, una vez producida la cavitación, la onda de presión se amortigua, los valores de presión se restablecen haciendo que el proceso se repita, llegando a frecuencias de entre 20000 y 50000 veces por segundo, además del incremento instantáneo y local de la temperatura del fluido en las implosiones

Así pues, la zona de la bomba crítica a analizar es la zona de menor presión, que es justamente en el ojo del rodete, es decir, a la entrada del agua en los álabes.

Las causas principales de este fenómeno son:

- Excesivo incremento de la temperatura del líquido: Es la principal causa de cavitación y esto es debido a que un aumento de la temperatura lleva consigo una subida de la presión de vapor.
- Incremento de la pérdida de carga en la aspiración: Esto puede ser debido a válvulas que no estén correctamente abiertas u obstrucción en la tubería.
- Reducida altura de aspiración: Como definimos anteriormente, esta altura debe ser mayor que la tensión de vapor para evitar la cavitación.

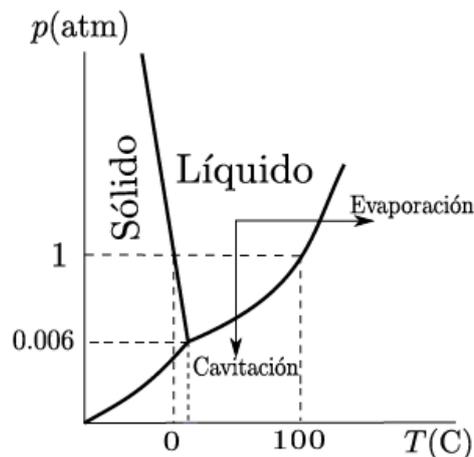


Figura – Diagrama de fase del agua

Si vemos el fenómeno de la cavitación en el diagrama de fases del agua vemos gráficamente como afectan los puntos anteriores, de forma que si la temperatura del agua es algo mayor estaremos más cerca de la línea de fase líquido-vapor ante una bajada de presión.

En la siguiente gráfica podemos observar cómo varía durante la cavitación, la curva Q-H de funcionamiento de una bomba

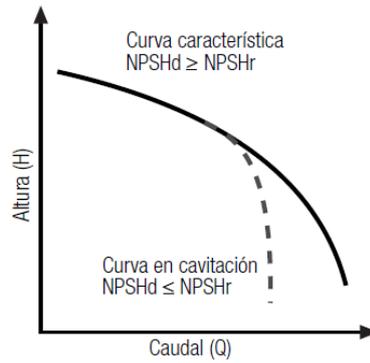


Figura – Variación del NPSH con Q

Con esta definición establecemos la condición de no cavitación:

$$H_s \geq T_v \quad (4)$$

Donde T_v es la tensión de vapor y H_s es la altura de aspiración manométrica definida anteriormente.

5.1.8 Expresión del NPSH

A continuación, vamos a definir la altura neta de aspiración, la cual es representada por las siglas en inglés NPSH, *Net Positive Suction Head*.

Una vez definidas las distintas alturas, utilizaremos la expresión de la altura medida en la aspiración (3) y la condición de no cavitación (4) para obtener la siguiente relación:

$$H_s = \frac{P_{atm}}{\gamma} - H_{gs} - \frac{V_s^2}{2g} - Z_s \geq T_v \quad (5)$$

Reagrupamos los términos que dependen de la instalación en el miembro de la izquierda y los términos que dependen de la bomba en el miembro de la derecha:

$$\frac{P_{atm}}{\gamma} - H_{gs} - T_v - Z_s \geq \frac{V_s^2}{2g} (1 + \lambda) \quad (6)$$

Al miembro izquierdo lo denominaremos como NPSH disponible ($NPSH_d$) y al miembro de la derecha como NPSH requerido ($NPSH_r$), por lo que la relación queda:

$$NPSH_d \geq NPSH_r \quad (7)$$

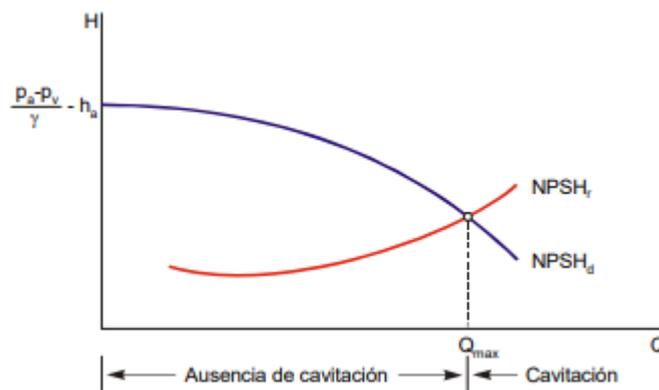
Por tanto, respecto al *NPSH disponible* lo interesante es diseñar instalaciones con aspiraciones en carga con reducida altura de aspiración y pequeñas pérdidas de carga. Si no fuese posible la aspiración en carga y tuviese que ser negativa, deberíamos modificar la instalación para evitar la aparición de bolsas de aire en los conductos. En cualquier caso, habrá que tener en cuenta la

disminución de $NPSH_d$ con el aumento del caudal ya que incrementará la velocidad y las pérdidas de carga.

El $NPSH$ requerido viene determinado por la construcción de la bomba (λ), por lo que habrá que estudiar las especificaciones del fabricante y seleccionarla de acuerdo con la desigualdad (7).

Como hemos visto en la expresión (6): $NPSH_r = \frac{Vs^2}{2g}(1 + \lambda)$ que significa que depende además de la velocidad de entrada del agua en la brida de aspiración, por lo que a medida que aumenta el caudal bombeado, aumenta la velocidad del agua por la tubería y el incremento de las pérdidas de carga provocará que el $NPSH_r$ también aumente. Además, el $NPSH_d$ disminuye, acercando aún más estos dos valores con el riesgo de cavitación.

En resumen, el $NPSH_r$ dependerá de la geometría de entrada a la bomba y del punto de funcionamiento, es decir, del caudal que atraviese la bomba.



Curvas de NPSH en función de H y Q

En esta gráfica podemos observar la importancia de las exigencias de la instalación y la elección correcta de la bomba, para mantener el punto de funcionamiento siempre a la izquierda de la intersección de las curvas.

5.2 Disposiciones de aspiración según norma

Como ha sido comentado anteriormente, la disposición y el tipo de bomba en la instalación es fundamental para el cálculo del NPSH disponible, por tanto, es objetivo de especificación en cada norma.

La bomba en carga (según UNE 23500) o de succión positiva (según NFPA 20) son aquellas en las que la tubería de aspiración siempre está cebada sin ningún sistema adicional que la presión ejercida por el suministro. En este caso, la UNE 23500 establece una serie de condiciones para las cuales se puede considerar la bomba en carga si se cumple alguna:

- hay por encima del eje de la bomba 2/3 de capacidad efectiva del depósito
- Eje de la bomba a 2m por encima del nivel más bajo del depósito

-Eje de la bomba a 850mm por debajo del mínimo nivel de agua conocido en fuentes inagotables

Las Bombas no en carga o de succión negativa para poder ser instaladas según la norma española deberán cumplir que la altura entre el eje de la bomba y el nivel mínimo de agua sea inferior a 3,2m, además de contar con un sistema automático de cebado de la tubería de aspiración. Además, se deberá justificar su instalación atendiendo al siguiente orden:

1° bomba centrífuga horizontal en carga

2° bombas verticales sumergidas

3° bomba no en carga con sistema de cebado

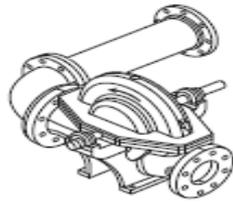
Por otra parte, la norma americana no contempla la instalación con succión negativa desde la edición de 1974 debido a las fallas que presentaba la válvula de pie con el tiempo afectando al cebado de la tubería y no pudiendo asegurar una succión libre de aire. Aun así, en ediciones posteriores se sigue comentando este tipo de instalación ya que todavía existen algunas unidades antiguas en servicio. Por tanto, en caso de aspiración negativa la NFPA 20 exige que en caso de tener una fuente por debajo de la línea de descarga de la brida se utilizarán bombas de tipo turbina de eje vertical.

Recordemos que la altura entre la superficie del líquido en el depósito y el eje de la bomba (Hgs) es un término que dependiendo de esta disposición será positivo o negativo y que varía a medida que el nivel de agua baja. Siendo su máximo en el nivel mínimo de agua exigido y es en este punto donde se estudia el NPSH disponible.

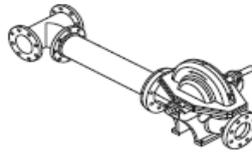
Una vez vistos los distintos componentes normalmente instalados en la aspiración, veremos las disposiciones recomendadas según norma NFPA 20:

-No se permiten codos ni derivaciones en T cuando el plano de línea central es paralelo al eje de la bomba de carcasa partida, excepto cuando la distancia entre brida y codo (o T) sea mayor a 10 veces el diámetro de succión. Se crea un flujo desequilibrado de agua hacia el impulsor. un desequilibrado El flujo hace que se coloque una carga axial en el eje de la bomba y los cojinetes, lo que provoca una carga excesiva, desgaste de los cojinetes y daño posterior a la bomba con el tiempo y/o cavitación severa si no se corrige.

Incorrecto

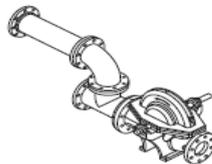


Correcto



-Deben permitirse codos y derivaciones en T cuando el plano de línea central es perpendicular al eje de la bomba de carcasa partida.

Correcto



Con estas disposiciones se asegura la entrada a la bomba de un flujo uniforme y compensado, de manera que no provoque esfuerzos no deseados en el rotor de la bomba.

5.3 Dispositivos en la aspiración

A continuación, se van a describir los componentes que aparecen en la aspiración atendiendo al sentido aguas abajo.

5.3.1 Válvula de pie

En el caso de bomba con aspiración negativa solo haremos referencia a las exigencias de la UNE ya que la NFPA no contempla este tipo de disposición. El primer dispositivo que nos encontramos es la válvula de pie para mantener la tubería cargada de agua y tendrá que contar con un filtro incorporado para evitar la succión de sedimentos que puedan obstruir la válvula.



Figura – Válvula de pie con filtro

En el caso de bombas de eje vertical tipo turbina llevará un filtro tipo canasta. Este filtro se encontrará a mínimo 300mm del fondo del pozo según UNE y según NFPA deberá estar a la mitad del diámetro de las tapas de impulsión y nunca a menos de 302mm (12 inch).

5.3.2 Placa antivórtice

Cuando una bomba comienza a funcionar la succión provoca un movimiento de agua en el interior del depósito de tipo torbellino. Esto hará que a medida que el nivel de agua vaya descendiendo provoque un aumento de la intensidad de este y como consecuencia la introducción de aire en la tubería y por consiguiente a la bomba. Gracias a la placa es posible aumentar el volumen efectivo del depósito, es decir, la distancia A que veremos a continuación se reduce.

Para evitar este fenómeno cada norma la define y regula una serie de requisitos que vemos a continuación.

La norma UNE 23500 en su apartado 5.2.3.2 especifica que en caso de instalar un inhibidor de vórtice la distancia A (ver figura 22) puede ser reducida a los 0,10m por lo que significaría un aumento de la capacidad disponible y por tanto es interesante su instalación siempre que fuese posible.

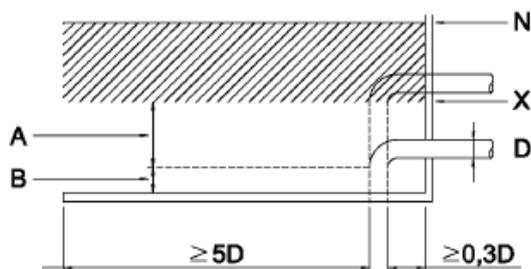


Figura 22 – Distancias en la aspiración

Donde

N es el nivel normal del agua

X es el nivel mínimo de agua

A es la distancia desde la tubería de aspiración hasta el nivel mínimo de agua X

B es la distancia entre la tubería de aspiración hasta el fondo del foso o depósito.

Tabla 8 – Distancias mínimas entre tuberías de aspiración a la salida de los depósitos

Diámetro nominal de la tubería de aspiración D (mm)	Distancia mínima A (m)	Distancia mínima B (m)	Dimensión mínima inhibidor de vórtice (m)
65	0,25	0,08	0,20
80	0,32	0,08	0,20
100	0,37	0,10	0,40
150	0,50	0,10	0,60
200	0,62	0,15	0,80
250	0,75	0,15	1,00
300	0,90	0,20	1,20
400	1,05	0,20	1,20
500	1,20	0,20	1,20

Tabla 8 – Distancias entre tuberías de aspiración a la salida de los depósitos (UNE 23500)

Por otra parte, la NFPA 20 obliga siempre su instalación cuando el suministro provenga de un depósito.

En cuanto a la distancia entre la tubería y la pared del depósito esta según UNE debe ser mayor de $0,3D$

Para las dimensiones de la placa, la norma UNE 23500 y UNE 12845 establecen unas medidas para cada diámetro de aspiración estándar. Este valor va desde los $0,2 \times 0,2$ m hasta los $1,2 \times 1,2$ m. La norma NFPA 20 establece la relación de $2D \times 2D$ siendo D el diámetro nominal de la tubería. Si escogemos algunos diámetros de la tabla 4.27 normalizada NFPA y los comparamos con los requisitos UNE de la tabla 8, obtenemos:

Diámetro	Placa según NFPA	Placa según UNE
65mm	0,13m X 0,13m	0,2m X 0,2m
100mm	0,2m X 0,2m	0,4m X 0,4m
400mm	0,8m X 0,8m	1,2m X 1,2m

Tabla – Dimensiones de placa según diámetro de aspiración

Por tanto, podemos confirmar que la exigencia mínima de las dimensiones del inhibidor de vórtice será mayor en la norma UNE que en la NFPA.

La distancia entre la placa y el fondo del depósito, en la norma española es la distancia B de la figura 22 que corresponda con el diámetro estándar de la tabla 8, que va desde los $0,08$ m hasta los $0,2$ m. Esta distancia será, en el caso de la norma americana, el mayor valor que resulte entre $1/2D$ o 6 inch. ($152,4$ mm), por lo que según tabla 4.27 estos valores van desde los $0,152$ m hasta que la bomba sea de 4000 gpm o más, cuya distancia llegará hasta los $0,2$ m. **Por tanto, la separación de la placa respecto del fondo será para el mismo diámetro de aspiración será siempre mayor en NFPA que en UNE.**

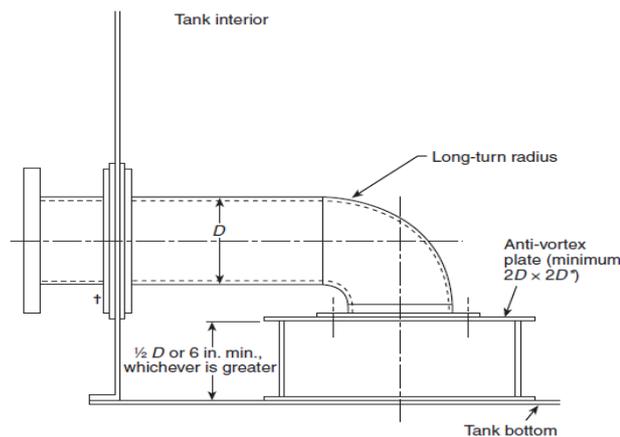


Figura 23 - placa de antivórtice (NFPA 20)

Pump Rating (gpm)	Pump Rating (L/min)	Minimum Pipe Sizes (Nominal) (mm)						
		Suction ^{a,b,c}	Discharge ^a	Relief Valve	Relief Valve Discharge	Meter Device	Number and Size of Hose Valves	Hose Header Supply
25	95	25	25	19	25	32	1 — 38	25
50	189	38	32	32	38	50	1 — 38	38
100	379	50	50	38	50	65	1 — 65	65
150	568	65	65	50	65	75	1 — 65	65
200	757	75	75	50	65	75	1 — 65	65
250	946	85	75	50	65	85	1 — 65	75
300	1,136	100	100	65	85	85	1 — 65	75
400	1,514	100	100	75	125	100	2 — 65	100
450	1,703	125	125	75	125	100	2 — 65	100
500	1,892	125	125	75	125	125	2 — 65	100
750	2,839	150	150	100	150	125	3 — 65	150
1000	3,785	200	150	100	200	150	4 — 65	150
1250	4,731	200	200	150	200	150	6 — 65	200
1500	5,677	200	200	150	200	200	6 — 65	200
2000	7,570	250	250	150	250	200	6 — 65	200
2500	9,462	250	250	150	250	200	8 — 65	250
3000	11,355	300	300	200	300	200	12 — 65	250
3500	13,247	300	300	200	300	250	12 — 65	300
4000	15,140	350	300	200	350	250	16 — 65	300
4500	17,032	400	350	200	350	250	16 — 65	300
5000	18,925	400	350	200	350	250	20 — 65	300

Tabla 4.27 – Diámetros estándar (NFPA 20)

Cuando la fuente sea inagotable o abierta ambas normas requieren la necesidad de instalar filtros que aseguren la aspiración de agua limpia de partículas que puedan dañar y obstruir la bomba. Para ello, la norma UNE desarrolla la necesidad de una cámara de separación y otra de aspiración. La NFPA indica que deberá contar con filtros de doble entrada a la toma de succión.

Ambas normas requieren la instalación de dos pantallas de malla a la entrada al foso:

Para la NFPA 20 el área efectiva en el mínimo nivel de agua con la bomba funcionando al 150% de capacidad nominal no debe ser inferior a 170 mm² por cada l/min. El paso de la malla no será superior a 12,7 mm (0,5 inch) salvo en caso de malla de ranura continua entonces no podrá ser superior a 3,2 mm (0,125 inch). El material utilizado podrá ser cobre, bronce, monel, acero inoxidable y otras aleaciones resistentes a la corrosión.

Para la UNE 23500 esta área al mismo nivel, pero con la bomba trabajando a su capacidad nominal no puede ser inferior a 150mm² por cada l/min. El paso de malla no podrá ser superior a 12,5 mm. Y en cuanto al material, la norma solo especifica alambre o chapa perforada que sea resistente a la corrosión.

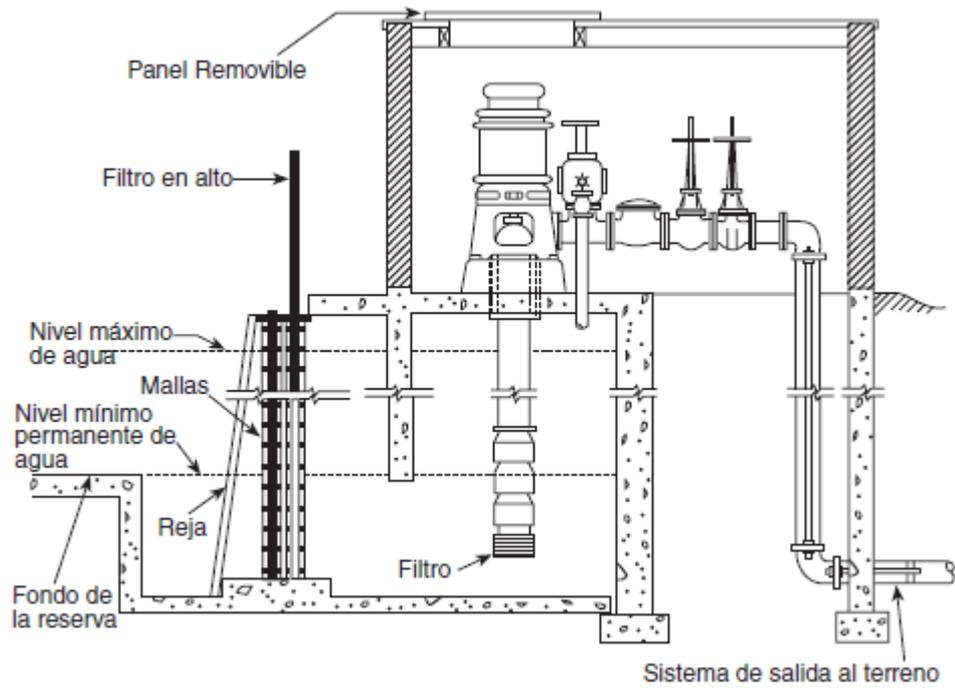


Figura 24 - Instalación de bomba de eje tipo turbina vertical según NFPA 20

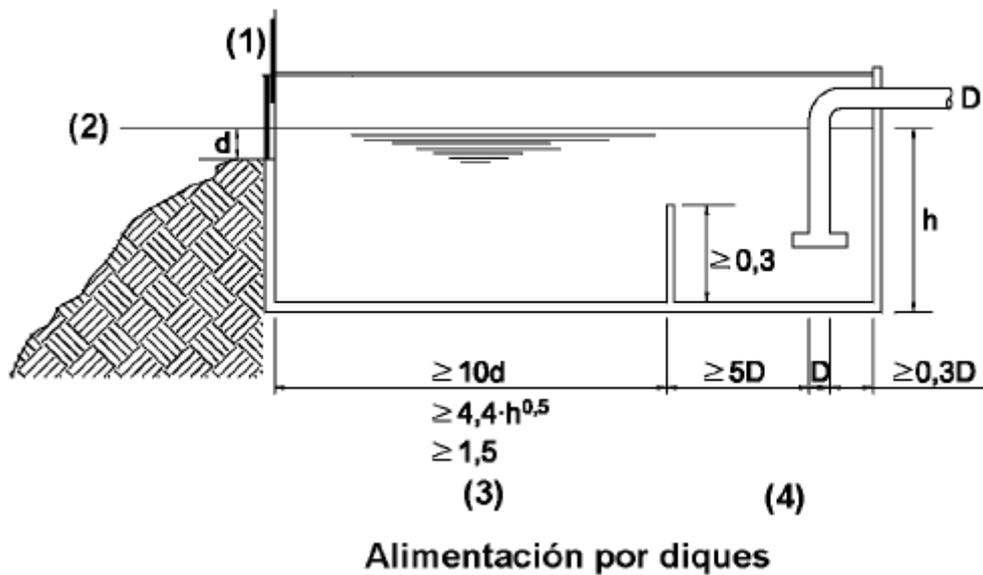


Figura 25 - Foso de aspiración con alimentación por diques

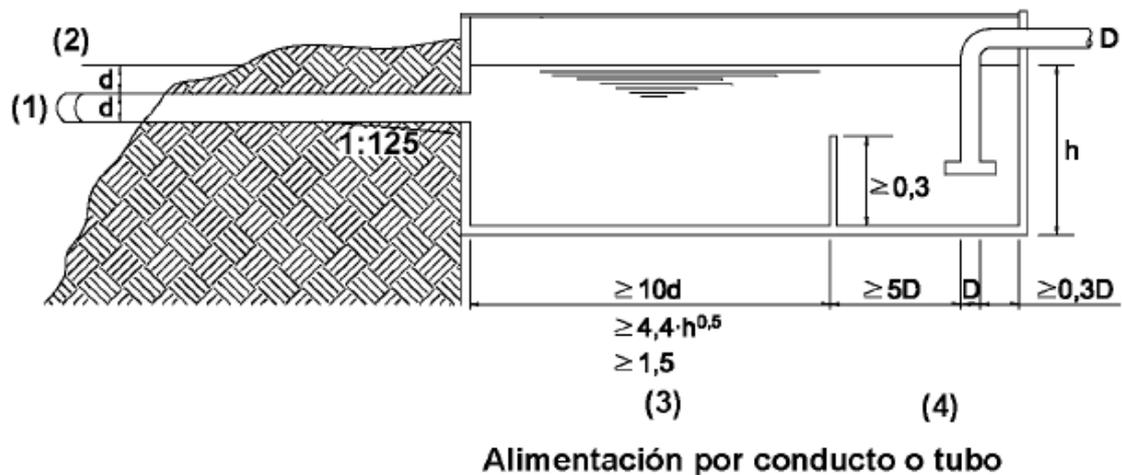


Figura 26 - Foso de aspiración con alimentación por conducto o tubo

Donde:

- (1) Filtros
- (2) Nivel más bajo conocido "x"
- (3) Cámaras de separación
- (4) Cámaras de aspiración

D es el diámetro del tubo de aspiración

d es el diámetro del tubo de entrada o profundidad de agua en el dique

h es el nivel más bajo conocido de agua en la fuente inagotable

5.3.3 Válvula de compuerta

En la instalación en carga el primer componente que nos encontramos es una válvula de compuerta. Se utiliza este tipo de válvula ya que permite una apertura o cierre completo de forma progresiva evitando así el golpe de ariete. Además de ser claramente visible su estado, ofrecen poca resistencia a la circulación, manteniendo el régimen laminar y reduciendo las pérdidas de carga, por tanto, este tipo de válvula tiene menor incidencia sobre el NPSH de la instalación que otras.

Según UNE 23500, debe ser accionada mediante volante con al menos dos vueltas completas para así evitar golpes de ariete. Además, disponer de un indicador visual de posición, para saber que está abierta, y dar una señal siempre que la válvula no esté completamente abierta de manera que quede supervisada eléctricamente. Y no debe ir directamente instalada en la brida de aspiración de la bomba.

Según NFPA 20, la válvula de compuerta deberá ser de tipo vástago ascendente (OS&Y) listada. No admite ningún otro tipo de válvula dentro de los 15,2m de recorrido de tubería hasta la brida de aspiración. La supervisión de válvula abierta puede ser mediante señalización a estación remota, señalización local acústica o mediante bloqueo de la válvula.

Por tanto, la norma NFPA proporciona mas opciones a la hora de supervisar la apertura correcta de la válvula, pudiéndose adaptar esta al tipo de instalación. La norma UNE requiere indicación visual y supervisión eléctrica.



Figura – Válvula de compuerta

5.3.4 Dispositivo anti-stress

El siguiente componente que nos encontramos aguas abajo de la tubería de succión es un dispositivo anti-stress para alivio de tensión. Este elemento consta según la norma española de dos conexiones flexibles ranuradas a 2 diámetros entre sí, o elemento equivalente, siempre que se garantice el correcto funcionamiento. Para la norma americana, este acople flexible será obligatorio cuando la bomba y tanque estén en bases separadas, además si esta tubería atraviesa alguna pared o cimiento, el agujero tiene que ser de un diámetro mayor de 50mm que el de la tubería y además rodeado con mástique asfáltico para absorber las vibraciones durante el funcionamiento.

5.3.5 Dispositivo para medir la presión a la entrada de la bomba

La ubicación del dispositivo para medir la presión de succión ira junto a la brida de aspiración en caso de bombas con aspiración negativa según UNE 23500 y con aspiración positiva según NFPA 20. Por el contrario, en caso de bombas en carga la norma UNE ubica este dispositivo antes del reductor excéntrico.

En caso de aspiración positiva:

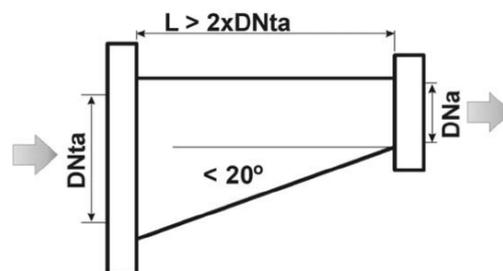
La norma UNE requiere la instalación de un manovacuómetro con válvula de bloqueo. Y la NFPA un manómetro a menos que la presión de aspiración sea inferior a 1,3 bar, independientemente del caudal, entonces hará falta un manovacuómetro para detectar presiones negativas en la succión.

En cuanto a los detalles de los rangos de valores la norma española exige que sea adecuado a la altura manométrica de la fuente de agua y la norma americana que sea el doble de la presión máxima de aspiración. Además, esta última norma añade especificaciones como que el diámetro de reloj no puede ser inferior a 89mm (3,5 inch), su válvula de 6mm (0,25 inch) y los valores representados en pulgadas de mercurio (milímetros de mercurio) o psi (bar). También concluye que en bombas de turbina de eje vertical no requerirán manómetro de succión.

5.3.6 Reductor excéntrico

Cuando el diámetro de la tubería de aspiración sea mayor y no coincida con la brida de la bomba será necesaria la instalación, según ambas normas, de un reductor excéntrico con la misión de evitar la formación de bolsas de aire en la tubería de entrada. Para ello, la parte superior del tubo debe ser totalmente horizontal y la parte inferior inclinada, creando así la excentricidad. Además, permite que el régimen de flujo a la entrada de la bomba sea más uniforme, ensamblando los distintos diámetros con baja pérdida de carga. Aunque por continuidad en la reducción de área se incremente la velocidad, la norma UNE indica que la pérdida de presión debida a esta se puede despreciar, además evita el cambio brusco de la velocidad a la entrada al impulsor evitando aún más la cavitación.

Solo la norma UNE 23500 establece algunos requisitos como el ángulo de reducción menor de 20° y longitud mayor de dos veces el diámetro de entrada.



Reductor excéntrico – UNE 23500

5.4 Condiciones de aspiración según norma

5.4.1 Diámetro y velocidad de aspiración

Se debe tener en cuenta que en la norma NFPA 20 las bombas están listadas por lo que el ensamblaje aspiración-bomba garantiza unos rendimientos de funcionamiento.

El requisito para la selección del diámetro de la tubería de aspiración según NFPA 20 es:

- Todas las bombas operando al 150% de la capacidad nominal.
- La presión en manómetro de la brida de aspiración debe ser 0 bar o mayor.
- La velocidad en la aspiración no supere los 4,57m/s.

Según UNE 23500, el diámetro de la tubería de aspiración deberá respetar:

- El diámetro mínimo requerido (ver tabla 5).
- Velocidad máxima: Esta velocidad es de 1,8m/s para bombas en carga y 1,5m/s para bombas no en carga, con la bomba funcionando a caudal nominal. Aunque esta condición difiere de la norma UNE12845-16 que indica que esta velocidad máxima será cuando la bomba esté funcionando a caudal de demanda máxima (140% Qn).
- NPSH disponible a la entrada de la bomba con el nivel mínimo de agua y temperatura máxima de agua. Además, como se verá debe cumplirse: $NPSH_d > 5$ y $NPSH_d > NPSH_r + 1$

Por ejemplo, para un caudal requerido $Q_n=240\text{m}^3/\text{h}$, tenemos:

Según UNE23500:

Vamos con Q_n a la tabla 5 y tenemos una tubería de aspiración de 250mm

Comprobamos que se cumple la condición de velocidad: $v = \frac{4xQ}{\pi x D^2} = 1,36 \text{ m/s} < 1,8\text{m/s}$

Para este diámetro de aspiración con un caudal máximo no cumpliría la condición de velocidad 2,02m/s

Según UNE12845:

Ahora se exige que el caudal para el cálculo sea a demanda máxima.

$1,4Q_n=336\text{m}^3/\text{h}$ y volviendo a la tabla 5 el diámetro a utilizar es de 300mm

Comprobamos que se cumple la condición de velocidad: $v = \frac{4x1,4Q}{\pi x D^2} = 1,4 \text{ m/s} < 1,8\text{m/s}$

Según NFPA 20:

El caudal de cálculo se exige al 150% de la capacidad nominal.

$1,5Q_n=360\text{m}^3/\text{h}$ y ahora según la tabla 4.27 NFPA 20 el diámetro de aspiración es de 250mm

Comprobamos que se cumple la condición de velocidad: $v = \frac{4x1,4Q}{\pi x D^2} = 2,04 \text{ m/s} < 4,57\text{m/s}$

Si calculamos la velocidad en la tubería de sección con los datos correspondientes a la tabla 4.27 NFPA 20, obtenemos las siguientes velocidades:

Caudal (l/min)	Diámetro mínimo (mm)	Velocidad (m/s) a 150% del caudal nominal	Velocidad (m/s) a caudal nominal
95,00	25,00	4,84	3,23
189,00	38,00	4,17	2,78
379,00	50,00	4,83	3,22
568,00	65,00	4,28	2,85
757,00	75,00	4,28	2,86
946,00	85,00	4,17	2,78
1136,00	100,00	3,62	2,41
1514,00	100,00	4,82	3,21
1703,00	125,00	3,47	2,31
1892,00	125,00	3,85	2,57
2839,00	150,00	4,02	2,68
3785,00	200,00	3,01	2,01
4731,00	200,00	3,76	2,51
5677,00	200,00	4,52	3,01
7570,00	250,00	3,86	2,57
9462,00	250,00	4,82	3,21
11355,00	300,00	4,02	2,68
13247,00	300,00	4,69	3,12
15140,00	350,00	3,93	2,62

17032,00	400,00	3,39	2,26
18925,00	400,00	3,77	2,51

Tabla - Cálculo de velocidades en tubería de aspiración según NFPA 20

Según NFPA 20, diámetros de tubería de la tabla anterior, correspondientes a la tabla 4.27, están basados en la mayoría de los casos en una velocidad máxima de 4,6 m/s al 150% del caudal nominal. Como podemos observar si calculamos las velocidades este rango de valores se sitúa en torno a 3,01m/s y 4,84m/s, aproximadamente. A caudal nominal la velocidad en tubería será entre los 2,01m/s y 3,23m/s, aproximadamente.

Con esto se quiere demostrar que la norma NFPA permite velocidades de aspiración algo más elevadas con el inconveniente de que la pérdida de carga será algo mayor, disminuye la presión del fluido y, por tanto, disminuye el NPSHd. Además, al ser mayor la velocidad de entrada en el impulsor de la bomba, incrementa el NPSHr.

Aspiración positiva (en carga)				Diámetro mínimo
Caudal nominal que pasa (Qn o Qnb)				
Más de l/min	Hasta l/min	Más de m ³ /h	Hasta m ³ /h	Tubería aspiración
0	366	13,0	22,0	DN-65
366	550	22,0	33,0	DN-80
550	867	33,0	52,0	DN-100
867	1 950	52,0	117,0	DN-150
1 950	3 450	117,0	207,0	DN-200
3 450	5 400	207,0	324,0	DN-250
5 400	8 000	324,0	480,0	DN-300
8 000	10 500	480,0	630,0	DN-350
10 500	13 500	630,0	810,0	DN-400
13 500	17 000	810,0	1 020,0	DN-450
17 000	21 000	1 020,0	1 260,0	DN-500

Tabla 5 – Diámetros mínimos de aspiración estándar UNE 23500-12

5.4.2 NPSH disponible

La norma UNE 23500

El NPSH disponible debe ser mayor de 5m en la entrada de la bomba (NPSHd>5m) cuando:

- Circula el caudal nominal de la bomba
- Al nivel mínimo de agua
- A la temperatura máxima del agua

Ya que estas dos últimas son condiciones perfectas para el efecto que queremos evitar, la cavitación.

También, el NPSH disponible debe ser mayor de 1m que el NPSH requerido para un caudal del 140% al caudal nominal de la bomba.

$$\text{NPSHd} > \text{NPSHr} + 1\text{m} \quad \text{para } 1,4 \times Q_{nb}$$

Para calcular el NPSH de la instalación, la norma UNE ofrece dos alternativas:

- Mediante dimensiones estándar de las tablas 11 y 12 y siempre que la tubería de aspiración tenga menos de 12m de longitud.
- Mediante el cálculo teórico utilizando el miembro izquierdo de la inecuación (6)

En este último caso se tendrá en cuenta:

- La presión atmosférica. Para ello se establecen los 10m absolutos positivos a nivel del mar y se reduce el NPSHd 1m por cada 800m de altitud.

- La altura geométrica (Hgs de la expresión (6))

- La pérdida de carga por fricción que será calcula mediante la fórmula de Hazen-William y las tablas 14 y 15.

$$p = \frac{6,05 \times 10^5 \times (L_t + L_e) \times Q^{1,85} \times 10,2}{C^{1,85} \times d^{4,87}} \quad (8)$$

Donde:

P es la pérdida de carga en metros

Q es el caudal en litros por minuto

d es el diámetro interior medio en milímetros

C es una constante para el tipo y condición del tubo, se determina según tabla 14

L_t es la longitud total de la tubería en metros

L_e es la longitud equivalente en metros de tubo, según los accesorios y válvulas que haya

Tabla 14 – Valores de C para diferentes tipos de tubería

Tipo de tubería	Valor de C
Fundición gris	100
Hierro dúctil	110
Acero al carbono	120
Acero galvanizado	120
Cemento centrifugado	130
Fundición gris revestida de cemento	130
Acero inoxidable	140
Cobre	140
Fibra de vidrio reforzado	140
Polietileno de alta densidad	150

Tabla 14 – Valores de C para tuberías - UNE

Tabla 15 – Longitud de tubería equivalente para accesorios y válvulas

Accesorios y Válvulas	Longitud equivalente de tubería recta de acero en m (C = 120) (*)										
	Diámetro nominal del accesorio en mm										
	65	80	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Codo roscado 90° (normalizado)	1,9	2,4	3,0	4,3	–	–	–	–	–	–	–
Codo roscado 45° (normalizado)	1,0	1,3	1,6	2,3	–	–	–	–	–	–	–
Codo soldado o con bridas 90° (r/d = 1,5)	0,9	1,1	1,4	2,0	2,6	3,4	4,3	5,3	6,5	8,0	10,0
Codo soldado o con bridas 45° (r/d = 1,5)	0,6	0,7	0,9	1,3	1,8	2,0	2,5	3,0	3,5	4,5	6,0
Te roscada normal	3,8	4,8	6,1	8,6	–	–	–	–	–	–	–
Te soldada o con bridas	1,8	2,2	2,8	4,0	5,0	6,4	8,0	9,8	12,0	14,5	17,5
Reducción excéntrica roscada	0,9	1,1	1,4	2,0	2,6	3,4	4,3	5,3	6,5	8,0	10,0
Reducción excéntrica soldada o con bridas	0,6	0,7	0,9	1,3	1,8	2,0	2,5	3,0	3,5	4,5	6,0
Válvula de compuerta roscada	1,1	1,3	1,7	2,4	–	–	–	–	–	–	–
Válvula de compuerta soldada o con bridas	0,5	0,6	0,8	1,1	1,5	2,0	2,8	4,0	5,5	7,5	10,0
Válvula de mariposa entre bridas	0,3	0,4	0,5	0,7	1,0	1,3	1,7	2,2	2,9	4,0	5,5
Válvula de retención roscada	1,3	1,6	2,0	2,9	–	–	–	–	–	–	–
Válvula de retención soldada o con bridas	0,6	0,7	1,0	1,3	1,8	2,4	3,4	4,8	6,6	9,0	12,0
Válvula de pie roscada	1,6	1,9	2,4	3,5	–	–	–	–	–	–	–
Válvula de pie soldada o con bridas	0,7	0,8	1,2	1,6	2,2	2,9	4,1	5,8	8,0	11,0	15,0
(*) Para otros materiales de tubería se deben de multiplicar la longitud equivalente de la tabla por el factor indicado debajo, en función del coeficiente C:											
C	100	110	120	130	140						
Factor	0,714	0,85	1,00	1,16	1,33						

Tabla 15 – Longitud de tubería equivalente de accesorios - UNE

La norma NFPA 20

Para mantener el NPSH disponible no establece limitaciones, la NFPA 20 es estricta en requisitos de instalación que no provoquen pérdidas de carga y no permite las bombas con aspiración negativa, para garantizar la ausencia de bolsas de aire en el interior del sistema.

Como excepción, recoge el uso de otros agentes extintores como concentrados de espuma y aditivos en bombas de desplazamiento positivo para los que exige que:

$$\text{NPSHd} > \text{NPSHr} + 1,52 \quad (1,52 \text{ m} = 5 \text{ pies})$$

En bombas de tipo turbina de eje vertical, no se utiliza el término NPSH si no la sumergencia mínima.

En NFPA, esta será de tal forma que la inmersión del segundo tazón debe estar a una distancia no menor de 3,2m por debajo del nivel de agua al 150% de la capacidad nominal. Además, esta inmersión se incrementará 0,3m por cada 305m de elevación por encima del nivel del mar. De esta forma se garantizará la inmersión adecuada de los tazones de la bomba para ofrecer el funcionamiento confiable. La distancia con el fondo no debe ser menor a 305mm. Así mismo, para estas bombas con capacidades superiores a los 7570 l/min se requiere una inmersión adicional para que evite la cavitación.

En la norma UNE, la sumergencia mínima es un dato proporcionado por el fabricante. La distancia con el fondo no debe ser menor de 300mm.

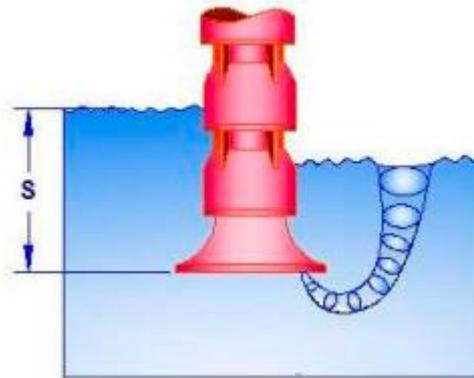


Figura – Aspiración de Bomba de turbina de eje vertical

6 Bombas

Debido al bajo índice de compresibilidad y a la no apreciación de cambios en la densidad del agua en la máquina definimos la bomba como una turbomáquina hidráulica que absorbe energía mecánica del eje para transmitirla al fluido en forma de presión.

En un grupo de bombas contra incendio podemos encontrar una diversidad de bombas cada una con su propia función:

La bomba principal es la bomba que suministra el agua a la presión y caudal requerido por la instalación.

La bomba de reserva es una bomba de características similares a la principal y su función es arrancar cuando la principal falle o sea necesario el trabajo en paralelo por requerimiento del sistema.

La bomba Jockey, es una pequeña bomba auxiliar encargada de mantener presurizada la red y evitar así el arranque de la bomba principal cuando esta no sea necesaria. Son bombas de pequeño caudal y alta presión por lo que suelen ser multietapa y eje vertical. Esta bomba es calibrada de manera que en caso de arranque de bomba principal esta no produzca un golpe de ariete.

La norma UNE 23500 define entre los componentes del sistema de bombeo, la bomba jockey, aunque después no aparece en los esquemas de instalación.

Para la NFPA 20 no es obligatoria si es sustituida por algún otro método aprobado para mantener la presión como podría ser un tanque elevado o un depósito presurizado. Para determinar su tamaño habrá que tener en cuenta el flujo menor de un solo rociador contra incendio ya que si la bomba jockey cubriese ese gasto no arrancaría la bomba principal. En este sentido en el anexo aconseja la selección de una bomba jockey que compense una tasa de pérdidas admisible en 10 min o 3,8l/min (1 gpm), la que fuese mayor.

El Depósito o acumulador hidroneumático, es una reserva de agua a presión cuya función es la de evitar que la bomba Jockey esté continuamente funcionando cuando existen pequeñas fugas o demandas, alargando así la vida útil del grupo.

6.1 Tipos de bombas principales contra incendios

Debido a la gran variedad de tipo de bombas, en general es difícil realizar una clasificación de estas. Pero si atendemos a la forma en la que el fluido adquiere energía podemos distinguir dos tipos: Las bombas rotodinámicas y las bombas de desplazamiento positivo o volumétricas.

6.1.1 Bombas de desplazamiento positivo

En las bombas de desplazamiento positivo la energía de presión cedida al fluido proviene de volúmenes confinados. Estas bombas pueden ser rotativas o alternativas. El uso de este tipo de bombas contra incendios es solo recogido por la norma NFPA, principalmente para los sistemas de espuma y agua nebulizada, debido a que no aportan grandes volúmenes, aunque sí altas presiones.

6.1.2 Bombas centrífugas

En las bombas centrífugas incrementan la presión mediante la rotación del impulsor que provoca un empuje del agua por fuerza centrífuga hacia la descarga. Este tipo de bombas

permiten mover grandes volúmenes y altas presiones convirtiéndolas así en las más utilizadas en la protección contra incendios.

En general, una bomba centrífuga está compuesta de:

- Impulsor o rodete: Es un conjunto de álabes dispuestos en un disco que, accionado desde el exterior por un motor a través de su eje, permite aumentar la energía del líquido y como consecuencia, su presión. Existen varios tipos de impulsores:
 - o Monocanal: Se utilizan para líquidos con sólidos en suspensión, ideal para pozos negros, aguas domésticas e industriales.
 - o Multicanal: Su utilización es la misma que en el monocanal, pero este al tener entre 2 ó 3 álabes y reducir su paso, permite obtener mayor rendimiento y estabilidad.
 - o Vórtex: Unos pequeños álabes provocan una turbulencia en el fluido de tal forma que los sólidos en suspensión no entran en contacto, minimizando el desgaste de los componentes. Esto es a cambio de un mayor consumo de potencia, con respecto a los anteriores impulsores.
 - o Hélice: Al contrario que los anteriores, este rodete axial únicamente permite poca cantidad de sólidos en suspensión y de pequeño tamaño. A cambio, proporciona un bombeo de grandes caudales para reducidas alturas de elevación. Se emplea en drenajes y en la evacuación de aguas pluviales.

El material del rodete deberá ser de bronce o de acero inoxidable fundido de una pieza o de una aleación metálica con mismas propiedades.

El impulsor puede ser colgante, es decir, suspendido en voladizo al extremo del eje de la bomba, o ir entre cojinetes, de esta forma irá apoyado en el centro del eje de la bomba. Esta última disposición es típica de bombas de carcasa partida facilitando así su mantenimiento sin necesidad de desmontar ni desalinear el motor.

- Cuerpo de bomba o voluta: Es la carcasa de la bomba, donde por su construcción especial la sección incrementa hasta la brida de salida para transformar la energía cinética en presión. Según UNE: El cuerpo de bomba debe ser de hierro fundido o de una aleación metálica con mismas propiedades.
- Aros de desgaste: Para aumentar la vida útil de la voluta se instalan estos aros ya que son más económicos y fáciles de cambiar.
- Dispositivo de sellado: Muy importante para evitar fugas no deseadas de fluido y permitir además el giro del eje. Existen principalmente dos tipos de sellado:
 - o Cierre mecánico: Este cierre consta de un resorte en el cual la cara desliza sobre el asiento. La desventaja de este tipo es que en caso de ser necesario un ajuste o avería la bomba quedaría inutilizada.
 - o Cierre por empaquetadura: Un prensaestopas se ajusta para limitar el fluido que sale al exterior. Necesita ser lubricado con el mismo líquido bombeado para reducir el desgaste.

En cuanto al tipo de cierre, la norma NFPA 20 en el capítulo 8 para bombas de desplazamiento positivo indica que debe ser cierre mecánico y nunca por empaques. Sin embargo, en bombas de succión axial el sellado deberá ser por empaquetadura. La norma UNE 23500 en su apartado 6 exige la obligación de cierre mediante empaquetadura.

- Liberador automático de aire: Según la NFPA deberá instalarse una válvula listada de liberación de aire por flotador de diámetro 12,7mm (0,5 inch) y la norma UNE también requiere un purgador automático de aire en la parte superior de la voluta, siempre que la bomba no sea autoventeante.

6.1.2.1 Tipos de bombas centrifugas en la protección contra incendio

6.1.2.1.1 Bomba horizontal de carcasa partida

En este tipo de bombas, la entrada y salida del agua se realiza en la misma línea horizontal. El líquido al entrar a la bomba se divide y penetra en el impulsor por los lados opuestos de la carcasa. Estas bombas al tener la carcasa partida y el impulsor apoyado en el centro del eje permiten un acceso sencillo a su interior para los trabajos de mantenimiento. Son bombas robustas y estables, además de fabricarse en una amplia gama de capacidades nominales de flujo y presión.



Figura – bomba horizontal de carcasa partida

6.1.2.1.2 Bomba vertical en línea

Las bombas verticales en línea, cuya entrada y salida está en el mismo plan, se caracterizan por poseer el motor sobre la misma, por lo que solo es posible la instalación de motores eléctricos. Son bombas con limitación de caudal y bastante costosas de mantener debido a la necesidad de desacoplar el motor para tareas de mantenimiento. Por otra parte, ocupan poco espacio y resulta más económica su adquisición.



Figura – Bomba vertical en línea

6.1.2.1.3 Bomba de turbina vertical

Este tipo de bombas son utilizadas cuando el suministro de agua se encuentra ubicado por debajo de la brida de descarga, como pozos, estanques, lagos y ríos. Son las únicas bombas permitidas por la NFPA 20 para aspiraciones negativas. Además, ocupan poco espacio en la sala de bombas y existe una amplia gama de caudales y presiones. Por el contrario, deben situarse encima de la fuente de agua. **La norma UNE 23500 exige que los tazones sean de hierro fundido mientras que la NFPA 20 contempla el acero.**

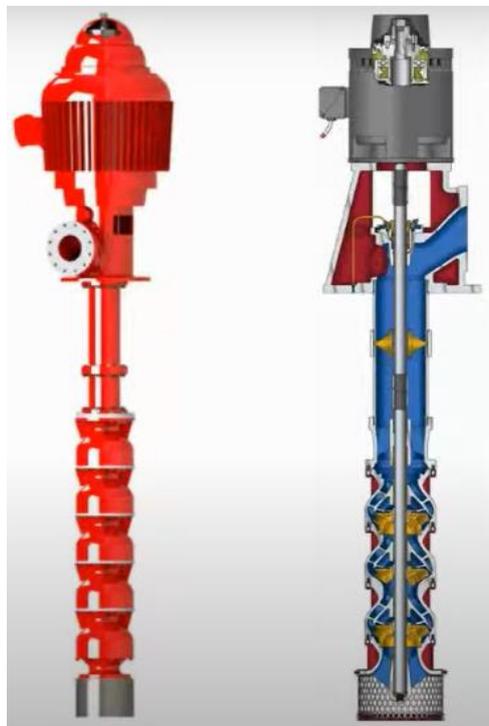


Figura – Bomba de turbina de eje vertical

6.1.2.1.4 Bomba de succión final o axial

En este tipo de bombas la entrada del agua se realiza en la misma dirección del eje de la bomba y la descarga en su perpendicular. Por tanto, son bombas más compactas que las bombas horizontales de carcasa partida, pero su capacidad es limitada.



Figura – Bomba de aspiración axial

6.1.2.1.5 Bombas multietapa o multipuerto

En ocasiones, se utilizan bombas en las que en una misma carcasa y con un mismo motor, contenga varios impulsores en serie y diferentes salidas de la bomba para descargar a diferentes presiones. Este tipo de bombas son muy útiles en edificios de gran altura que requieran una zonificación, es decir, que cada descarga de la bomba se dirija a zonas específicas según los requerimientos. De esta forma se podría utilizar solo una bomba, reducir tuberías y accesorios, eliminar tanques intermedios, reduciendo en general el coste de la instalación y consumo energético.



Figura – Bomba multietapa

Las bombas que recoge la NFPA 20 son las centrífugas de una etapa y multietapa de eje horizontal o vertical y a las bombas de desplazamiento positivo de también ambos ejes.

La norma española en su capítulo 6 establece un orden a la hora de elegir el tipo de bomba de manera que:

- 1º) Siempre que sea posible utilizar bombas horizontales en carga.
- 2º) En caso de no poderse se instalarán bombas verticales sumergidas.

3º) Cualquier bomba que garantice el cebado, cumpla las condiciones de aspiración y permita la reparación y mantenimiento sin necesidad de desembridar ni desmontar el motor, excepto las bombas verticales sumergidas.

6.2 La curva de características o curva de desempeño de una bomba

La curva de características o curva de desempeño de una bomba

Debido a las diferentes variables que afectan a la bomba: tamaño, caudal, velocidad de giro, propiedades del fluido, etc. Esta tendrá un comportamiento único que es necesario representar gráficamente para su mejor comprensión. Las curvas se obtienen mediante ensayos en bancos de pruebas en los que se pone a funcionar la bomba en su máximo rango, consiguiendo así una recogida de datos como son el caudal, la presión, la potencia, el rendimiento e incluso su NPSH requerido.

Las curvas características de la bomba centrífuga horizontal son la curva de presión-caudal, la curva de potencia-caudal, la curva NPSH-caudal y la curva de rendimiento-caudal.

La curva caudal-presión es la encargada de definir un caudal, es decir, cuánto agua y cuándo la necesitamos, y una presión o altura, esto es, dónde la queremos.

La curva caudal-potencia nos indicará la potencia necesaria para llegar a ese punto de caudal y presión de la bomba, es decir, nos dirá qué potencia mecánica requiere la bomba en su eje.

La curva NPSH-caudal nos sirve para ver cómo varía el NPSH disponible y requerido a medida que aumenta el caudal. La curva correspondiente al NPSH disponible disminuye al aumentar el caudal por lo que tiene pendiente negativa. Al contrario, la curva NPSH requerido es siempre positiva.

La curva caudal-rendimiento nos da a conocer la utilización de los recursos para el cometido, es decir, cómo de bien está llevando a cabo la transformación de energía. En la protección contra incendios al ser un sistema de funcionamiento accidental predomina la eficacia a la eficiencia por lo que este tipo de curva se estudia en menor medida.

Con el conjunto de estas curvas podemos elegir la bomba adecuada y además nos servirá como comprobación del correcto funcionamiento de esta en las inspecciones. Puesto que el deterioro o desgaste de los componentes de la bomba harían cambiar su comportamiento.

6.2.1 Curva característica de la bomba según UNE 23500

La curva caudal-presión deberá ser estable, donde la presión máxima coincida con la presión a caudal cero y que la presión total decaiga de manera continua mientras aumente el caudal.

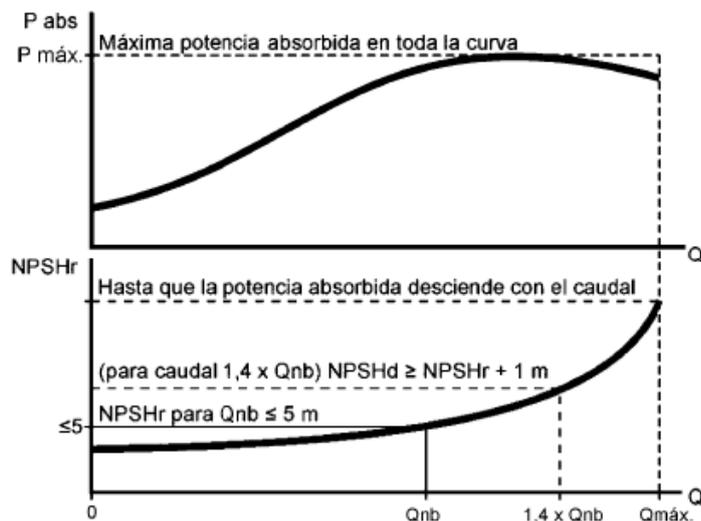
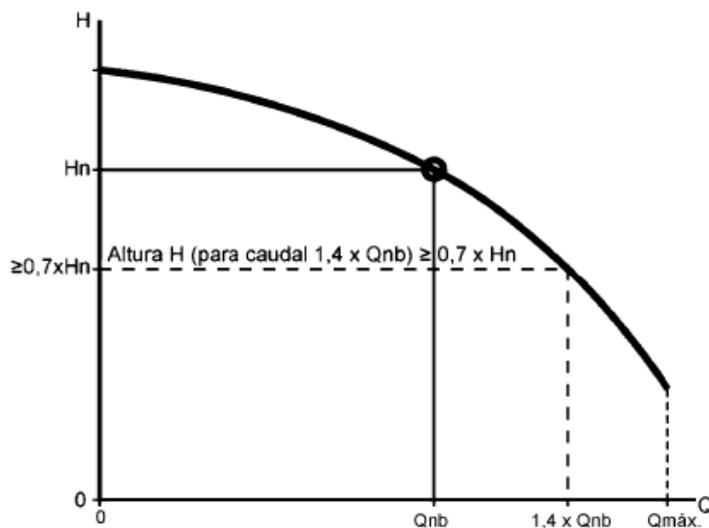
Los requisitos serán que:

- La presión no caiga por debajo del 70% cuando la bomba funcione al 140% de su capacidad nominal ($1,4 Q_{nb}$).
- NPSHr de bombas horizontales no podrá ser menor de 5m para caudales entre $0,3xQ_{nb}$ y Q_{nb} .

- $NPSH_d \geq NPSH_r + 1\text{ m}$
- En cuanto a la presión máxima a caudal cero:
El punto 6.4.2.2 establece la presión de impulsión máxima en 15 bar

La norma UNE, además, distingue dos tipos de bombas:

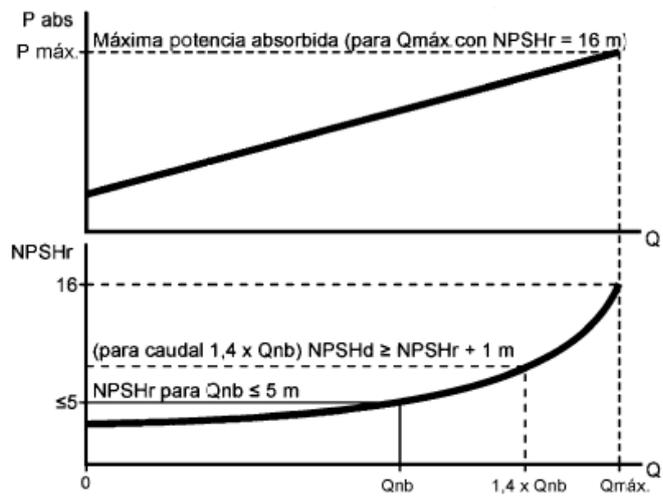
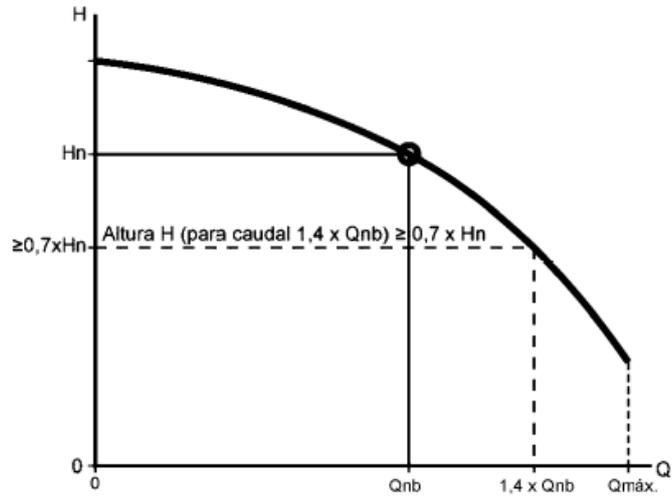
- Bombas con curvas características no sobrecargables, en las que la curva de potencia absorbida por la bomba alcanza un máximo y luego decrece al incrementarse el caudal (curva típica de impulsores axiales). La potencia no podrá caer antes de que la bomba alcance el 140% de su capacidad nominal.



Leyenda			
Q	Caudal	Qnb	Caudal nominal de la bomba
H	Altura manométrica o presión	Hn	Altura nominal o presión nominal
NPSHr	NPSH requerido por la bomba	Pabs	Potencia absorbida por la bomba
NPSHd	NPSH disponible por la instalación		

- Bombas con curvas de potencia de subida continua, en las que la potencia máxima se alcanza para cualquier caudal de la bomba desde a válvula cerrada hasta los 16m de NPSHr o hasta que la presión estática de aspiración + 11m fuese mayor que el NPSHr.

Este tipo de curva es típica de impulsores radiales.



Caudal
 Altura manométrica o presión
 NPSH requerido por la bomba
 NPSH disponible por la instalación

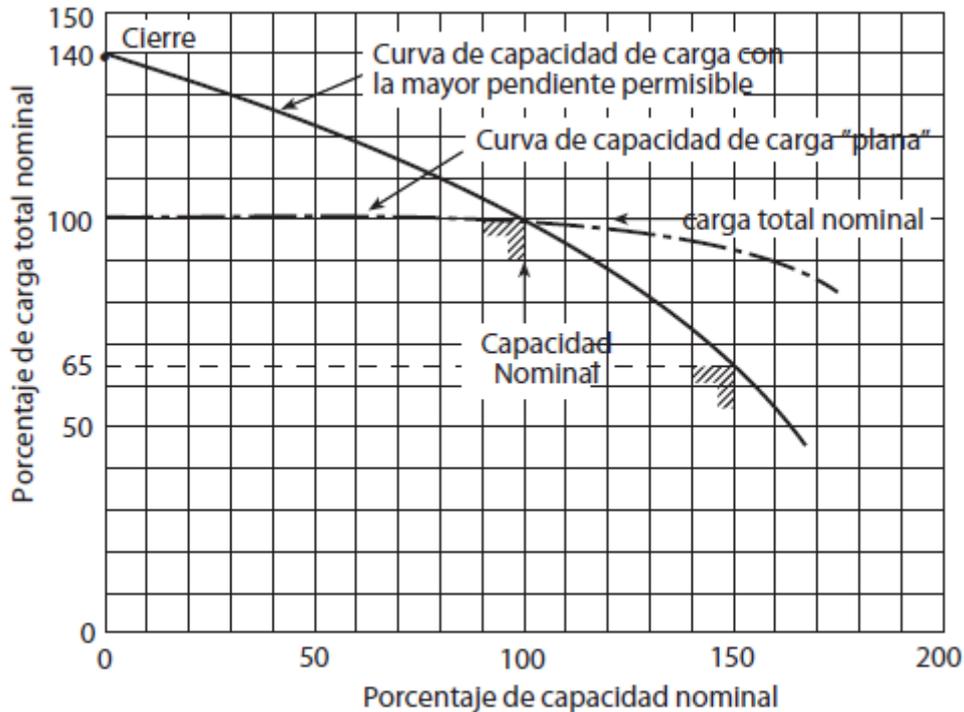
Q_{nb} Caudal nominal de la bomba
 H_n Altura nominal o presión nominal
 P_{abs} Potencia absorbida por la bomba

6.2.2 Curva característica de la bomba según NFPA 20

Debe proporcionar en la descarga o descargas (en bombas multietapa):

No menos del 150% de la capacidad nominal de la bomba a no menos del 65% de la presión nominal total. Recordemos que según UNE 23500 esta relación era 140% - 70%.

A caudal cero, la presión no podrá exceder el 140% de la presión nominal.



Las bombas listadas deberán estar entre el 101% y 140% a presión de cierre y entre el 65% y el 100% de la presión nominal al 150% de la capacidad nominal. Esto hace que las curvas características de las bombas sean más horizontales dando a lugar servicios más progresivos y estables, es decir, que pueda entregar la mayor cantidad de caudal posible sin que la presión descienda abruptamente.

Cada sistema de protección contra incendio generará un punto, que será su punto de servicio, es decir, la presión y el caudal que requiere. Por tanto, todos esos puntos deberán situarse por debajo de la curva característica para que queden suministrados por la bomba.

En resumen, la norma NFPA 20 exige una curva más plana y exigente que la norma UNE

6.3 Número de bombas y accionamiento en el sistema de bombeo

La NFPA 20 no establece número máximo de bombas a instalar. Únicamente en el número de bombas en serie que serán como máximo 3 ó 2 en el caso de bombas de velocidad variable.

En los esquemas de arreglos sugeridos puede observarse siempre que sea posible deberá haber un bypass directo del suministro público y utilizar la bomba principal como auxiliar ante una falta de presión.

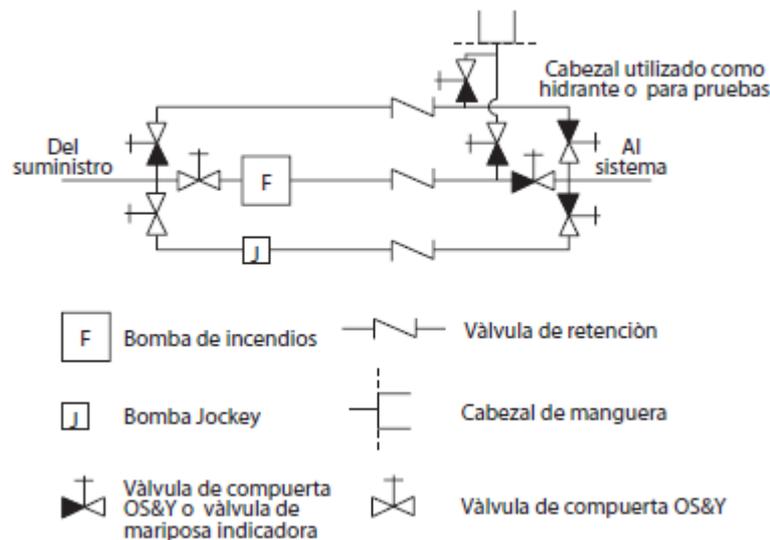


Figura - Diagrama esquemático de arreglos sugeridos NFPA 20

Las bombas podrán ser accionadas mediante motor eléctrico, diésel, turbinas de vapor o combinación de estos.

Una bomba por cada motor excepto en bombas de desplazamiento positivo cuando el sistema no sea redundante, podrá un solo motor mover varias de este tipo.

En este sentido la norma UNE 23500 es concreta y establece el número de grupos de bombeo que se pueden instalar en paralelo con sus requisitos de Q_n para cada bomba.

Nº de equipos de bombeo requeridos	Nº de grupos de bombeo admitidos	Accionamiento por motores	
		Solución A	Solución B
2	2 (del 100% de Q_n cada uno)	1 diésel + 1 eléctrico	2 diésel
2	3 (del 50% de Q_n cada uno)	2 diésel + 1 eléctrico	3 diésel

Posibilidades de accionamiento UNE 23500

Como podemos observar en la tabla la norma UNE a diferencia de la NFPA, no permite la instalación única de dos motores eléctricos.

Si la clase de abastecimiento de nuestro sistema de protección necesitara la instalación de más de un grupo de bombeo podemos estudiar qué ocurriría.

Con dos grupos de bombas la norma UNE exige que cada una sea capaz de proporcionar el 100% del Q_n a P_n . Esto tiene la ventaja operativa de poder abastecer el agua a mayores exigencias de caudal y presión o en caso de fallar una seguir manteniendo una respuesta. Además, al ser redundantes se podrían hacer mantenimientos en un grupo de bombeo mientras el otro sigue en servicio.

En definitiva, lo que conseguiríamos es una curva de la bomba resultante más plana. Al evitar que se eleve demasiado el caudal de las bombas, el NPSHr de cada una se mantendría bajo.

6.4 Sistema de cebado

En el caso de bombas no en carga es de vital importancia asegurar el cebado de la bomba, de esta forma se evitará la introducción de aire en su interior con los consecuentes problemas de cavitación.

Debido a que la norma NFPA 20 no permite la aspiración negativa, no comenta nada al respecto. Solo en el caso de las bombas de tipo turbina de eje vertical en las cuales habrá una sumergencia mínima para asegurar que los impulsores de la bomba quedan cebados.

Se deberá disponer de un sistema automático de cebado independiente para cada bomba

El sistema constará de un depósito de cebado situado por encima del nivel de la bomba con conexión a la impulsión de la misma que deberá llevar una válvula de retención.

El depósito, la bomba y la tubería de aspiración deberán estar siempre cargados (aun cuando haya fugas en la válvula de pie) y en caso de que el depósito vea reducido su nivel por debajo de los 2/3 de su nivel normal mediante interruptor o válvula de nivel bajo, la bomba deberá arrancar.

Para aclarar capacidades de depósito de cebado y diámetros de tubería de cebado, estos deberán estar de acuerdo con la clasificación de riesgo de la instalación y la tabla de la norma UNE 23500 de a continuación.

Riesgo ¹⁾	Capacidad mínima de depósito (litros)	Diámetro mínimo de tubo de cebado (mm)
RL	100	25
RO, REP y REA	500	50

1) Según se definen en la Norma UNE-EN 12845.

NOTA Para otros riesgos será como mínimo 4 veces superior al del agua contenida en la tubería de aspiración.

Tabla – Capacidades y diámetros mínimos de cebado

7 Impulsión

En esta sección vamos a describir los componentes y derivaciones presentes desde la brida de descarga de la bomba que permiten el correcto servicio de la misma hacia los equipos de protección contra incendio.

7.1 Dispositivos en la impulsión

Así pues, el circuito de impulsión constará según las exigencias de cada norma de los siguientes componentes aguas abajo de la bomba:

7.1.1 Tubo amplificador:

Según la norma UNE 23500, si es necesaria su instalación, irá instalada junto a la brida de descarga de la bomba y su amplitud no puede ser superior a 20° en la dirección del flujo. Utilizando (8) la fórmula de Hazen-William anteriormente presentada podemos observar que la pérdida de carga es inversamente proporcional al diámetro de la tubería por lo que al aumentarla disminuiríamos después la pérdida de carga de la tubería de impulsión. Al realizar el cambio de diámetros de forma gradual ayudamos al fluido a mantener un régimen laminar.

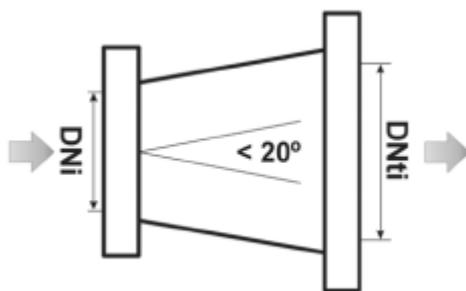


Figura – tubo amplificador UNE

En la norma NFPA 20 no se indica especificaciones sobre un tubo amplificador. Aunque en la práctica es normal encontrar tuberías de descarga con diámetro algo mayor al de descarga de la bomba y por consiguiente la instalación de este componente adaptador.

7.1.2 Manómetros y presostatos:

Manómetro: Localizado después del tubo amplificador a diferencia de la NFPA que va en la brida de impulsión de la bomba. Además, la norma americana establece los requisitos de carátula mayor o igual a 89mm (3,5 pulg.) de diámetro, con rango del 200% de la presión máxima, y la válvula del manómetro de 6mm (0,25pulg.). En la norma UNE 23500 no se especifican las características del manómetro de impulsión, pero si vamos a la norma UNE 12845 especifica que:

- Las divisiones de 0,2 bar para presiones de hasta 10 bar y 0,5 bar para presiones superiores.
- El rango máximo de la escala deberá ser del orden del 150% de la presión máxima.

El Presostato o también denominado en NFPA como interruptor de presión es utilizado para confirmar la presión a la salida de la bomba y se halla en el tablero de control. Los presostatos,

según norma UNE, deben instalarse 2 en serie con contacto normalmente cerrado por encima de presión de arranque. El tamaño no puede ser inferior a DN15 y deben ser de acero o cobre galvanizado.

7.1.3 Válvula de alivio de recirculación

La válvula de alivio de recirculación (*Circulation relief valve*) debe ir antes de la válvula de retención y permite la circulación automática de un caudal mínimo para evitar el sobrecalentamiento de la bomba a válvula cerrada (flujo cero).

La norma UNE indica que esta válvula de seguridad con escape conducido debe ser de un diámetro suficiente para desalojar ese caudal mínimo, ser tarada a una presión ligeramente inferior a la presión de cierre y tener el escape conducido de forma visible al drenaje de la sala.

La norma NFPA indica la misma funcionalidad, ubicación y drenaje que en la norma UNE, pero añade que no será obligatoria cuando el agua de la refrigeración del motor diésel se obtenga de la descarga de la bomba. Además, si hay instalado un controlador de limitación de presión de velocidad variable eléctrico, la válvula deberá ser configurada en un mínimo de 0,34bar(5psi) por debajo de la presión operativa. La válvula deberá ser instalada separada e independiente de la válvula de alivio principal que veremos a continuación. En cuanto a los tamaños se establecen dos en función de la capacidad nominal de la bomba:

19mm (0,75 inch) para $Q_n \leq 9462\text{l/min}$ (2500gpm)

25mm (1 inch) para 11355l/min (3000gpm) $\leq Q_n \leq 18925\text{l/min}$ (5000gpm)



Figura - Válvula de alivio de circulación

7.1.4 Válvula de alivio de presión

Esta válvula también conocida en inglés como *main relief valve or Relief valves for centrifugal pumps*, irá entre la bomba y la válvula de retención siendo su misión desviar agua para limitar la presión excesiva y así proteger al sistema (tuberías, válvulas, accesorios...), en general, de la

sobrevelocidad de la bomba debido a una sobrerevolución del motor diésel que provoque esta sobrepresión.

UNE: Se instalará en caso de motor diésel refrigerado por intercambiador de calor que tome el agua de la bomba contra incendios. Con descarga visible.

NFPA: Esta válvula irá conectada a una T reductora y descargará a un cono abierto y visible cuando no cuente con medios para detectar flujo. Esta válvula deberá usarse solamente cuando:

- En caso de bombas impulsadas por motor diésel el 121% de la presión de cierre más la presión máxima de aspiración estática supere la presión certificada de los componentes del sistema.
- Se instale un controlador eléctrico de limitación de presión de velocidad variable.



Figura - Válvula de alivio de presión (NFPA)

7.1.5 Válvula de retención

Esta válvula denominada en la norma NFPA como *Backflow Preventers and Check Valves*, sirve para evitar el cambio de dirección de fluido y proteger los componentes aguas arriba de la instalación. Ambas normas indican la necesidad de instalar una válvula de retención en este punto de la instalación. La norma americana en su anexo especifica que la válvula de retención deberá ser listada contra golpe de ariete en la línea de descarga. Esta, como se puede observar en las representaciones son válvulas de discos oscilantes, al contrario que en el suministro de refrigeración que son de retención accionadas por resorte.



Figura - Válvula check listada (NFPA)

7.1.6 Válvula reguladora de la presión de succión

Esta válvula denominada *Suction pressure regulating valve*, solo se contempla en la norma NFPA 20 y para casos excepcionales. Se instala aguas abajo de la válvula check para controlar y asegurar una aspiración positiva. Funciona mediante una válvula piloto y una línea de detección conectada en la aspiración para aplicar presión de agua en la parte posterior.

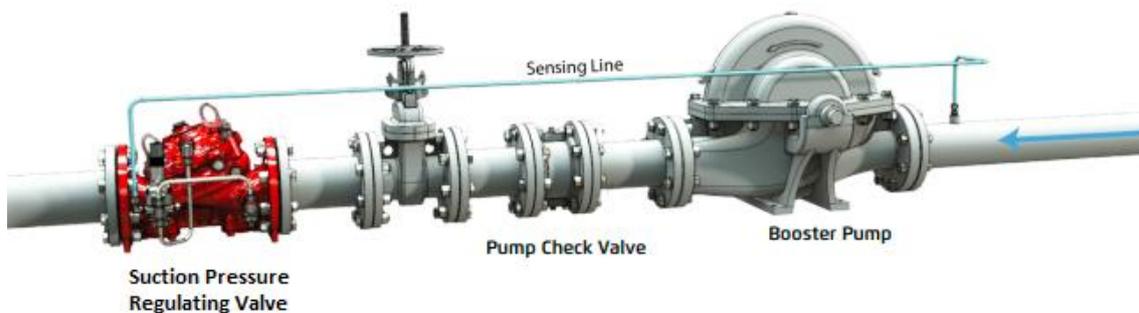


Figura – instalación de válvula reguladora de presión de aspiración baja

7.2 Sistema para la detección de variación en la presión:

Es esencial en la instalación el control constante de la presión en el sistema para la detección de posibles fugas o accionamiento de los equipos de protección contra incendio y en tal caso ordenar el arranque de la bomba correspondiente. Esto es llevado a cabo en la norma española mediante un conjunto de presostatos y en la norma americana a través de una línea sensora conducida hasta un transductor de presiones en el tablero de control.

7.2.1 Conjunto de presostatos (UNE)

El presostato es un dispositivo de detección de una determinada presión ajustada previamente mediante un tornillo, el cual regula la sensibilidad con la que un pistón unido a un resorte ejerce un empuje sobre el fluido. Esto hará que cuando la presión disminuya por debajo del ajuste, los contactos se separen y el presostato enviará una señal al tablero de control.

Debe haber 2 presostatos para el arranque por cada grupo de bombeo.

Estos 2 presostatos deberán ser conectados en serie y contacto normalmente cerrados por encima de la presión de arranque de forma que cuando la presión caiga se ejecute la apertura de cualquiera de los dos.

Tubería:

Diámetro de la tubería no inferior a DN15

Material galvanizado de acero inoxidable o cobre.

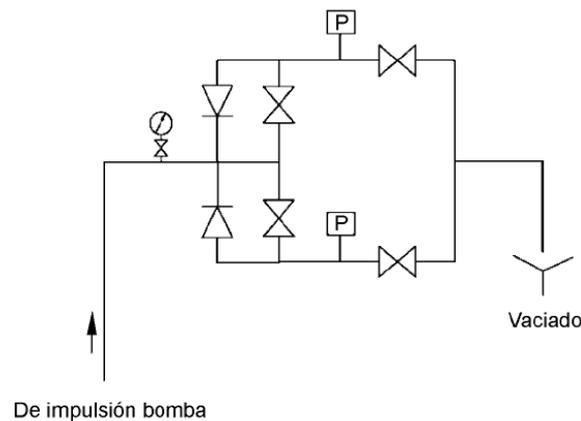


Figura - Prueba de presostatos – UNE 23500

7.2.2 Línea sensora, de sensado o de detección de presión (NFPA)

Conexión hidráulica para transmitir la presión al tablero de control donde se ubica el interruptor de presiones.

Cada bomba o cada puerto de descarga en el caso de bomba multipuerto, deberá tener su propia línea sensora de presión

Deberá instalarse un dispositivo de grabación de presión para detectar y grabar la presión en cada línea de detección de presión del controlador de la bomba contra incendio y debe asegurar el registro de los últimos 7 días antes de rebobinarse.

Tubería:

El diámetro será de 15mm.

Material será de bronce, cobre rígido (no blando, puesto que se daña fácilmente) o acero inoxidable.

La instalación constará desde la conexión de la impulsión de una válvula de retención de clapeta, una T de la que por un lado dará a una salida A para conectar una válvula solenoide para pruebas y otro lado que incluirá una segunda válvula de

retención y conducirá al tablero de control mediante una segunda T y otra conexión B.

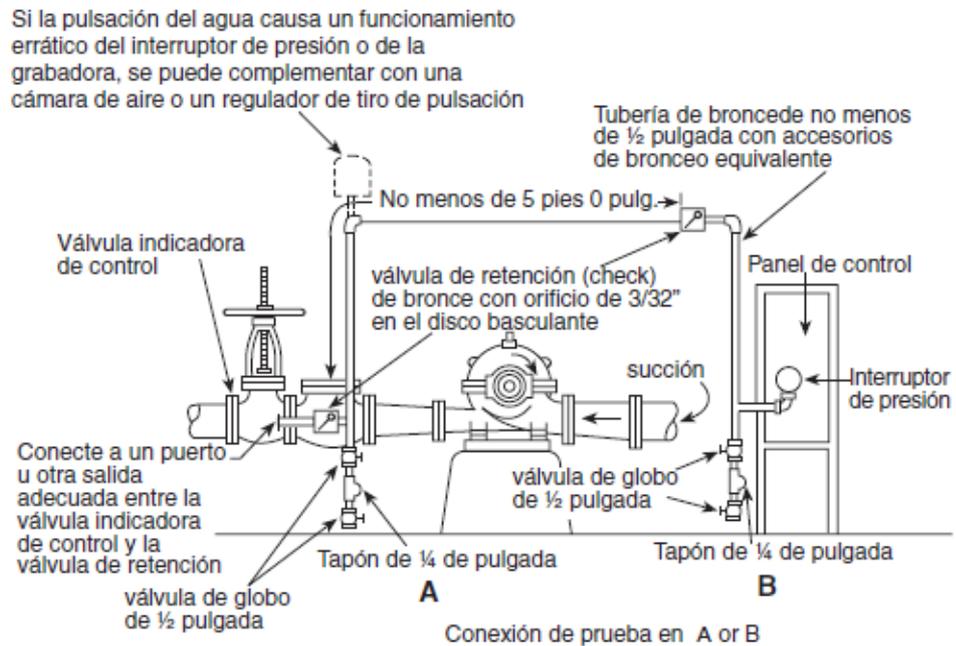


Figura - Conexión de tubería para interruptor de presión automático – NFPA 20

En resumen, se puede observar la necesidad en NFPA de registrar las últimas presiones en las líneas de detección de presión para controlar el comportamiento del sistema en reposo. En la norma UNE esto no se contempla. Por otra parte, la norma UNE requiere 2 presostatos en serie y la norma NFPA solo un interruptor de presión en tablero de control.

7.3 Circuito de pruebas:

La instalación de bombas contra incendio debe disponer de un circuito que permita la prueba de las bombas para conocer su funcionamiento a lo largo de la curva de la bomba y llevar así el seguimiento efectivo de las mismas.

Este circuito tiene su derivación en el sentido del fluido entre la válvula de retención y la válvula de bloqueo de la bomba. Y principalmente consta de:

- Válvula de bloqueo: En ambas normas se exige la instalación de una válvula de bloqueo por cada bomba. La norma NFPA especifica que sea una válvula de compuerta de vástago ascendente o una válvula indicadora de mariposa. Además, según dicha norma se instalará otra válvula igual para regular el caudal de entrada al medidor de flujo, al contrario que en la norma UNE.
- Un caudalímetro: Para la norma española este debe tener un rango 20%-160% de Q_{nb} (el caudal nominal de cada bomba) ya que podemos tener un abastecimiento doble donde haya 3 bombas aportando el 50% de Q_n cada una. En la norma americana el dispositivo de medición debe poder manejar un caudal no inferior al 175% de Q_{nb} . Cuando la instalación sea en anillo debe proveerse de un medio alternativo de medición de caudal, así, recomienda un cabezal de pruebas en serie y aguas abajo del medidor.
- Válvula de regulación de caudal para descargar a la reserva de agua que según norma UNE se encuentra aguas abajo del caudalímetro, al contrario que en NFPA.

La velocidad máxima en este circuito no podrá exceder los 4m/s caudal nominal según norma UNE. En referencia a la NFPA no indica máximo en este ramal, pero sí deja claro un máximo en la descarga de la bomba de 6,2m/s al 150% del caudal nominal que supondría una velocidad similar de 4m/s a caudal nominal.

Mediante el uso de válvulas de bloqueo se permite aislar la bomba a estudiar y permitiendo que el resto de las bombas permanezcan operativas.

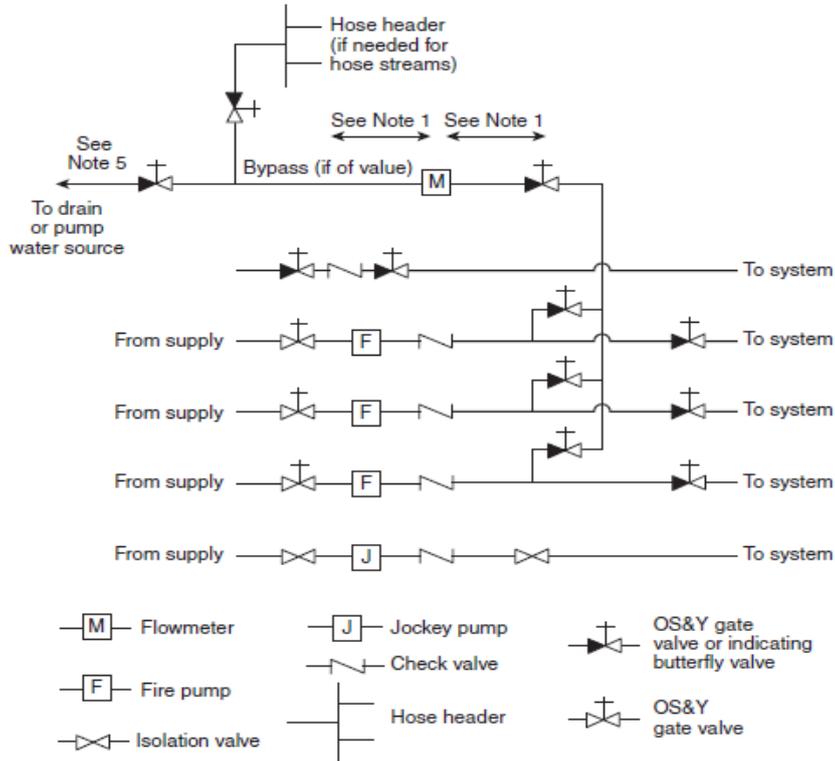


Figura - Disposición preferida para el circuito de pruebas (NFPA 20)

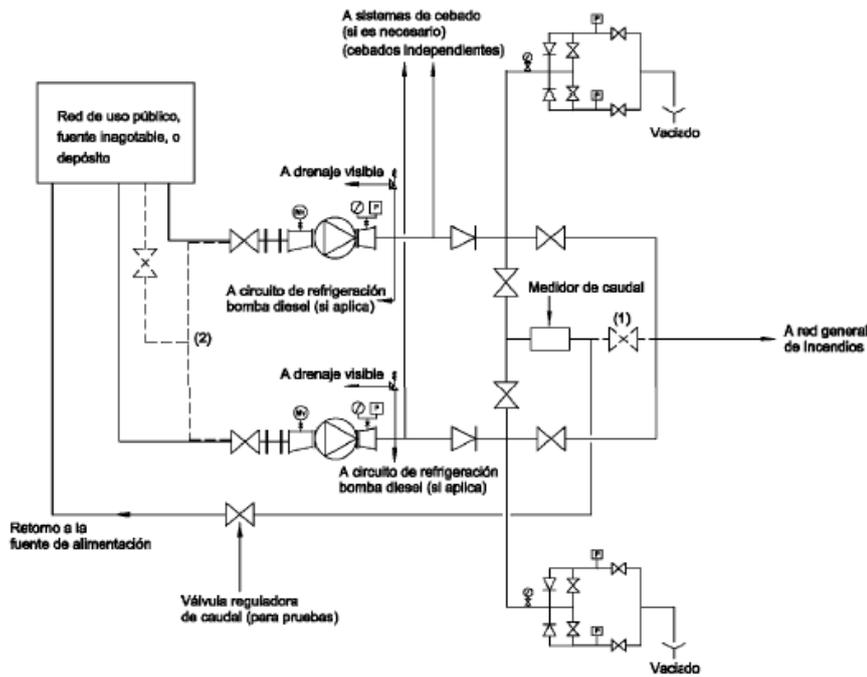


Figura - Esquema de equipo doble de bombeo (UNE 23500)

7.4 Válvula de seccionamiento:

La norma UNE 23500 7.2 exige la instalación de una válvula de seccionamiento que independice cada bomba del resto del sistema. En el anexo B podemos observar que el tipo de válvula es de compuerta con indicación de apertura.

La válvula será de compuerta o de mariposa listada indicadora según NFPA 20, debe instalarse tras la válvula de retención, pero no de mariposa entre bombas en serie. Esta válvula permitirá el aislamiento de la bomba, la válvula de retención, tuberías y cabezal de pruebas para tareas de mantenimiento o reparación, manteniendo siempre la red presurizada.

8 Motores

El motor de la bomba contra incendios es el encargado de abastecer los requisitos de potencia para poder mantener su velocidad nominal bajo cualquier condición de caudal. Esto es, asegurar que la bomba funcione correctamente a lo largo de su curva característica. Por ello, es importante que motor y bomba estén bien dimensionados.

Las bombas contra incendios pueden ser accionadas por motores eléctricos o diésel y en el caso americano se permiten las turbinas de vapor, como hemos visto anteriormente.

8.1 Grupo de bombeo principal eléctrico

El motor eléctrico es una máquina rotativa dedicada a transformar la energía eléctrica en mecánica con la idea de obtener un par mecánico que sea capaz de mover una determinada carga, en nuestro caso, el impulsor de la bomba. En concreto, el motor eléctrico a utilizar es el de corriente alterna, también conocido como motor de inducción o motor asíncrono, el cual consta principalmente de una parte fija llamada estator y una parte móvil llamada rotor estando ambas separadas por aire denominado entrehierro. Dentro de los rotores distinguimos:

- Rotor de jaula de ardilla: Compuesto de barras de material conductor cortocircuitadas en los extremos por unos anillos conductores
- Rotor de anillos rozantes: Poseen un devanado similar al estatórico formado por un conjunto de bobinas distribuidas sobre ranuras de la corona magnética.

El principio de funcionamiento de este motor es la ley de inducción de Faraday, donde el inductor es el estator y el inducido el rotor. Así, el funcionamiento responde a:

- La creación de un campo magnético giratorio (teorema de Ferraris)
- Inducción de una tensión eléctrica en el rotor debido al campo magnético variable (ley de Faraday)
- La tensión inducida genera la circulación de una intensidad en el rotor cortocircuitado (en jaula de ardilla)
- La corriente inducida crea un momento magnético, el par motor.

La velocidad a la que gira el campo magnético es la velocidad de sincronismo (Ω_1), y depende del número de pares de polos (p) y la frecuencia de la red (f).

$$\Omega_1 = \frac{2\pi f}{p}$$

Es importante que esta velocidad nunca sea igual a la velocidad de giro del rotor (Ω), ya que en tal caso la tensión inducida en el rotor sería nula y por tanto no habría intensidad inducida, ni par, provocando el frenado del motor. Para estudiar esta relación entre velocidades definimos el deslizamiento (s):

$$s = \frac{\Omega_1 - \Omega}{\Omega_1}$$

8.1.1 Características del motor eléctrico:

La norma UNE 23500 establece que el motor eléctrico deberá cumplir los requisitos de la norma UNE-EN 60034-5 de *Maquinas eléctricas rotativas*. Este motor tendrá que funcionar durante mínimo 6h seguidas a plena carga alcanzando el equilibrio térmico, es decir, será de servicio

continuo S1. Su potencia nominal vendrá dada por su aislamiento mínimo de clase F, por lo que no podrá alcanzar temperaturas mayores a 155°C. Su protección frente a sólidos y agua deberá ser IP54 y en caso de humedad excesiva será dotadas de resistencias de caldeo para evitar la condensación en los mismos.

En cuanto a los motores eléctricos recogidos por la norma NFPA 20 estos deberán satisfacer la NEMA (*National Electric Manufacturers Association*) en concreto la norma MG-1 *Motors and Generators* y deberán estar señalizados conforme al diseño B para motores trifásico o diseño N o L para motores monofásicos, específicamente listados en las tablas 9.5.1.1 NFPA 20. Aunque la norma no especifica durante cuánto tiempo deberá funcionar el motor de forma continua podemos observar que el grupo electrógeno como fuente auxiliar deberá tener una capacidad de combustible para garantizar dicho funcionamiento al 100% de la capacidad de la bomba durante 8h, a parte del requerido para otras demandas.

Tabla 9.5.1.1(a) Potencia en caballos de fuerza y designación de motor para corriente con rotor bloqueado para motores de diseño B de NEMA de tres fases

Potencia nominal en caballos de fuerza	Corriente con rotor bloqueado de tres fases 230 V a 60 Hertz (A)*	Designación de motor (NFPA 70, letra de código que señala rotor bloqueado) "F" para e incluyendo
1	30	N
1½	40	M
2	50	L
3	64	K
5	92	J
7½	127	H
10	162	H
15	232	G
20	290	G
25	365	G
30	435	G
40	580	G
50	725	G
60	870	G
75	1085	G
100	1450	G
125	1815	G
150	2170	G
200	2900	G
250	3650	G
300	4400	G
350	5100	G
400	5800	G
450	6500	G
500	7250	G

*Los valores de la corriente con rotor bloqueado son los máximos.

8.1.2 Factor de servicio:

El factor de servicio es el multiplicador que expresa el exceso de carga que puede aplicarse a la potencia del motor en condiciones nominales sin que resulte dañado.

En NFPA, el factor de servicio máximo es de 1,15 y en caso de controlador de limitación de presión de velocidad variable no debe ser utilizado el factor de servicio. En norma UNE no hace referencia directamente al factor de servicio, aunque en la versión de 2021 ya indica la no utilización de este factor, los valores de sobrecarga y funcionamiento deberán responder a la IEC 60034-1.

8.1.3 Suministro eléctrico y protecciones:

En la acometida habrá un interruptor magnético. Al ser un servicio de emergencia solo estará protegido frente a cortocircuitos ya que agravaría la situación si la sala contra incendio se convirtiese en otro foco de incendio, pero tampoco debería dejar de funcionar el grupo de bombeo en caso de derivación.

El disparo del interruptor será de $12 \cdot I_n$ (UNE 23500:2018) y $14 \cdot I_n$ (UNE 23500:2021). En la norma de aplicación obligatoria de 2012 no viene indicado.

La norma NFPA 20 establece tres condiciones que debe cumplir este dispositivo de protección de sobrecorriente:

- No abrirse en menos de 2 min al 600% de la corriente de plena carga (I_n)
- No abrirse en menos de 10 min al 300% de I_n
- No abrirse con una corriente transitoria de arranque de $24 \cdot I_n$

Los cables de potencia de la acometida al cuadro de arranque, según UNE, deberán ser dimensionados considerando un 50% más de la carga máxima y soportar la intensidad máxima posible de arranque durante 10 segundos. Y Los cables de potencia del cuadro al motor deberán dimensionarse en función de la intensidad a carga máxima más un 10% y más 25% en la última versión de 2021.

Los fusibles en el cuadro de arranque en la norma española serán de alta capacidad de ruptura y deberán soportar la corriente de arranque durante mínimo 20 segundos.

La caída de tensión en los terminales del controlador no puede descender más del 15% del nivel normal en NFPA.

El suministro eléctrico al cuadro de arranque debe ser independiente de manera que no se pueda desconectar con otras instalaciones.

8.1.4 Métodos de arranque del motor eléctrico:

Un problema que presenta el motor eléctrico es su elevado consumo de intensidad en el arranque a diferencia de la intensidad nominal de funcionamiento, que puedan provocar elevadas caídas de tensión. Esto es debido a que en el arranque el deslizamiento es la unidad y por tanto si observamos el circuito equivalente aproximado, la impedancia rotórica tendría un valor muy pequeño en comparación con la resistencia existente en puntos con deslizamiento cercano a cero.

Arranque directo:

Conexión al suministro directamente a través de un contactor de línea y un relé de sobrecarga térmico. El inconveniente de este arranque es la elevada corriente alcanzada en el momento.

Arranque con tensión reducida:

Estrella-Triángulo, autotransformador, reactancias o resistencias, etc. Mediante estos tipos se conseguirá unas corrientes de arranques mucho más pequeñas, aunque también se reduce el par de arranque.

8.2 Grupo de bombeo principal diésel

El motor diésel es un motor térmico de combustión interna alternativa, cuyo funcionamiento se basa en el ciclo diésel, es decir, en la ignición por compresión. Alcanzan temperaturas muy elevadas de entre 700°C y 900°C debido a la alta relación de compresión.

En la compresión, se inyecta el diésel de forma pulverizada junto con aire y es cuando se produce la ignición probando el desplazamiento del pistón y este mediante la biela transmite el movimiento al cigüeñal produciendo el movimiento de rotación.

Entre las ventajas del uso de motores diésel está:

- Buen par motor
- Consumo bajo de combustible
- Fiabilidad ya que son robustos y el régimen de giro es bajo.

8.2.1 Características del motor diésel:

Según UNE 23500

Potencia neta de acuerdo con ISO 3046-1 (IFN Power Rating)

Debe funcionar a plena carga:

- A la altitud instalada
- A los 15s de arranque válido.

Disponer de regulador de velocidad que mantenga esta, en un $\pm 5\%$ de su velocidad nominal en condiciones normales de carga

Según NFPA 20

Deben ser listados para el servicio contra incendio.

Reducciones en certificación de caballos de fuerza (HP):

- 3% (Por cada 300m de altitud sobre 391)
- 1% (Por cada 5,6°C por encima de 25°C)

Disponer de un gobernador del control de velocidad para regular la misma dentro de un rango de 10%.

Módulo de control electrónico (ECM): Proceso electrónico para controla la inyección de combustible, eliminando así el control mecánico. Deberá contar con un ECM primario y uno alternativo en caso de fallo.

Como podemos observar la norma NFPA da criterios de ajuste de potencia en función de la altitud y temperatura. En cambio, la norma UNE únicamente exige que funcione a plena carga in fijar criterios.

8.2.2 Combustible:

8.2.2.1 Depósito

En ambas normas se requiere la instalación de un depósito de combustible por motor diésel.

- La capacidad de este deberá poder abastecer al motor diésel durante 6 horas a plena carga según la norma UNE 23500. El depósito de combustible en el caso de la norma NFPA 20 deberá almacenar mínimo 5,07l/Kw (1gal/Hp) más 5% del volumen para expansión y más 5% del volumen para sedimentación, siendo el máximo volumen permitido de 4996l (1320gal).

- En cuanto a los materiales de construcción del depósito deberá ser de acero soldado, especificando la norma americana el cumplimiento de la ANSI/UL 142 *Norma para Tanques de Acero Superficiales para Líquidos Inflamables y Combustibles*.

- La ubicación del depósito será en ambas normas en carga, pero nunca en la misma línea vertical del motor.

-Los componentes del tanque son:

-Indicador de nivel que se active alarma de bajo nivel al 60% en UNE y a los 2/3 (66%) en NPFA.

- Conexión de drenaje en la parte inferior de mínimo 20mm en UNE y 25mm en NFPA.

- Solo indicado en la norma americana: Indicador de nivel al 90% para el personal de llenado y conexión de retorno de combustible.

8.2.2.2 Tubería para combustible

El material de la tubería de combustible según UNE deberá ser acero estirado negro o cobre y ser de tipo malla metálica en la proximidad al motor. La norma NFPA no permite ni acero ni cobre galvanizado, aunque sí el acero negro y exige que la tubería sea de tipo manguera flexible RF30.

Las conexiones deben ser roscada en NFPA y no soldada en UNE.

8.2.2.3 Tubería para ventilación

Debe existir una tubería de ventilación para la descarga de vapores del interior del depósito de combustible al exterior del edificio.

8.2.3 Refrigeración:

Como ya se comentó anteriormente en el sistema de impulsión, existen 3 tipos de refrigeración en los sistemas de bombeo por motor diésel:

-Intercambiador de calor

-Radiador de agua con ventilador

-Directa por aire con ventilador

De los cuales la norma NFPA 20 solo permite los dos primeros, no contemplando la refrigeración únicamente por aire con ventilador.

8.2.4 Sistema de escape:

Ambas normas establecen la necesidad de instalar una tubería de escape independiente por motor hacia el exterior. De manera que se evite que la condensación del agua en su interior regrese al motor. Además, deberá disponer de un silenciador.

La norma NFPA 20 añade esta tubería deberá disponer de un aislamiento refractario y estar separada a más de 229mm (9 inch) de cualquier elemento combustible, también deberá disponer entre el motor y la tubería de escape de un acople flexible de acero inoxidable de 306mm (12 inch).

8.2.5 Motor de arranque:

El motor de arranque es el encargado de iniciar el giro del cigüeñal a través del volante de inercia y que así se produzca la primera combustión del motor principal diésel para mantenerse de forma autónoma. Este motor de arranque podrá ser únicamente eléctrico en el caso de la norma UNE 23500, no obstante, la norma NFPA 20 recoge también el arranque hidráulico y el arranque por aire.

Para que el piñón de ataque no desengrane durante los intentos de arranque o para impedir engrane del mismo cuando no deba, se utilizarán sensores de velocidad electromagnéticos. No utilizando así la señal de sensores de presión de aceite o impulsión.

La norma NFPA exige el arranque del motor diésel durante 30min una vez por semana. La norma UNE 12845 indica que deberá realizarse un arranque durante 20 min, parar y volver a arrancar, también una vez por semana.

8.2.5.1 Arranque eléctrico:

En la NFPA indica la posibilidad de instalar 2 motores de arranque por motor diésel debiendo reservar cada uno a un conjunto de baterías.

Entre los componentes necesarios para el arranque eléctrico están:

8.2.5.1.1 Baterías

- Deberá disponerse de 2 conjuntos de baterías para la alimentación del sistema de arranque y control. El tipo de batería podrá ser de plomo-ácido o de Níquel-Cadmio
- Capacidad: NFPA: 72h de reserva más 6 ciclos de arranque de 15 segundos cada uno.

UNE: C10 al 3,5%-7,5% del valor de la capacidad nominal en Ah y C5

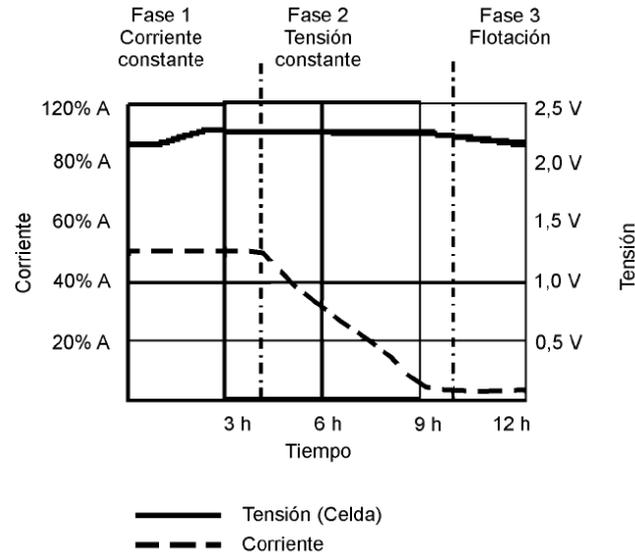
- La tensión nominal de las baterías podrá ser de 12v ó 24v dependiendo del equipo eléctrico del motor.
- Ubicación: Cargadores y baterías deben estar juntos y lo más cerca posible del motor de arranque para evitar la caída de tensión. Se situarán sobre soportes o bancadas, o en el caso de la norma NFPA en estanterías a más de 205mm (12 inch.) del suelo. Estas medidas son para protegerlas de daños mecánicos, vibraciones, inundaciones, etc.

8.2.5.1.2 Cargadores

La norma NFPA 20 exige que se cuente con dos medios para cargar las baterías: Uno el alternador provisto con el motor y otro como un cargador de la fuente de corriente alterna.

En ambas normas, el cargador auto regula su potencia en función de la intensidad que puede absorber la batería.

En cuanto a la intensidad de salida del cargador: Para baterías plomo-ácido en la norma UNE 23500 debe estar entre el 3,5% y 7,5% del valor de la capacidad nominal en Ah para una descarga de 10h de la batería (C10). En la norma NFPA se debe reducir la tasa de carga a 500mA cuando la batería alcanza la carga completa. En baterías de Níquel-Cadmio el porcentaje anterior estará entre el 35% y 167% del valor de la capacidad nominal en Ah para una descarga de 5h de la batería (C5).



Gráfica de la curva de carga en batería plomo-ácido - UNE 23500

Arranque hidráulico (solo contemplado en NFPA 20)

Capacidad suficiente para los 6 ciclos de arranque de 15s de duración cada uno.

Se utilizarán medios eléctricos para recargar y mantener de forma automatizada la presión hidráulica almacenada, cuya fuente de energía deberá provenir de la distribución principal. Además, se proporcionarán medios manuales para recargar dicho sistema hidráulico.

Arranque con aire (solo contemplado en NFPA 20)

El arranque del motor diésel se producirá mediante compresor de aire (independiente) con capacidad para 180s de arranque continuo sin recarga.

El intento de arranque tendrá un periodo de 90s de duración.

Debe contar con un bypass para arranque de motor en caso de fallo del controlador y poder operar manualmente.

8.3 Motor de turbina de vapor

La turbina de vapor es una turbomáquina capaz de transformar la energía interna proveniente en forma de vapor de una caldera en energía mecánica. Esto responde al ciclo de Rankine, en el cual el agua se somete a altas presiones y temperatura en el interior de una caldera para así pasar

el vapor generado por los álabes de una turbina disminuyen la presión y la temperatura a cambio de movimiento.

El motor de turbina de vapor como fuerza motriz para mover una bomba contra incendio se recoge solo en la norma NFPA en su capítulo 13 y establece algunos requisitos como:

8.3.1 Capacidad de la turbina:

Para presión de caldera < 120 psi (8,3bar), la turbina deberá ser capaz de mover la bomba a su velocidad nominal y a la carga de bomba máxima con una presión de 80 psi (5,5bar) en el regulador de la turbina cuando se ventila contra presión atmosférica.

Presión en turbina < 120 psi (8,3bar), donde el vapor se mantiene de manera continua, la presión de la caldera será del 70% de la habitual del apartado anterior.

8.3.2 Consumo de vapor:

El consumo de vapor deberá asegurar el funcionamiento de la bomba a velocidad nominal sin requisito de tiempo de precalentamiento.

8.3.3 Dispositivos en la instalación:

- Válvula de seguridad directamente instalada en la carcasa de la turbina.
- Válvula reguladora principal en tubería horizontal a la turbina, dotada de una trampa de vapor para drenar automáticamente los condensados.
- Regulador de velocidad para mantener la velocidad nominal a la carga máxima de la bomba no debiendo variar dicha velocidad en un rango del 8%.
- Dispositivo regulador de emergencia para apagar el suministro de vapor, de forma independiente, cuando la velocidad de la turbina sea un 20% más elevada de la nominal de la bomba.
- Manómetro de presión de vapor

9 Sistemas de arranque y la parada

9.1 El sistema de arranque

La norma NFPA 20 en su anexo A recuerda las definiciones de la NFPA 70 de: automático y no automático.

“Automático: De funcionamiento independiente, accionado por su propio mecanismo que actúa por una influencia impersonal, como, por ejemplo, un cambio de intensidad de corriente, presión o temperatura o configuración mecánica.

No automático: Que requiere una acción de intervención para su control. En la forma en que se aplica a un controlador eléctrico, un control no automático no necesariamente implica un control manual sino solamente que es necesaria una intervención personal.”

De cuyas definiciones podemos interpretar que un funcionamiento no automático se relaciona con el funcionamiento manual de la norma UNE 23500.

Por ello, en general, hay 3 modos en los que puede funcionar el equipo contra incendios: Automático, manual y desconectado.

9.1.1 Según Norma UNE 23500

9.1.1.1 En modo automático:

-arranque 1 (A1): Arranque automático.

La señal de arranque proviene del conjunto de presostatos o del interruptor de bajo nivel del depósito de cebado.

Este arranque consistirá en una secuencia automática de 6 intentos alternando conjunto de baterías durante 5s-10s cada uno y pausa máxima de 10s. Esto sumaría un máximo de 110s para conseguir el arranque.

-arranque 2 (A2): Prueba del arranque manual.

9.1.1.2 En modo manual:

-arranque 3 (A3): arranque manual.

Las órdenes de arranque se gobiernan por el operador permitiendo elegir la batería o baterías a utilizar en la ejecución del mismo.

9.1.1.3 En modo manual/automático:

-arranque 4 (A4): arranque manual de emergencia

Botón de arranque resguardado en tapa rompible

9.1.1.4 En modo desconectado/manual/automático:

-arranque 5 (A5): arranque forzado de emergencia

Pulsador tipo seta fuera del cuadro de control e independiente del mismo.

Cabe mencionar, la redundancia en estos arranques y que han sido recogidos en la norma UNE 23500:2018 en consonancia con UNE EN 12845, reduciendo de 5 a 4 tipos de arranques, eliminando el arranque A2.

	A1	A2	A3	A4	A5
DESCONECTADO					×
MANUAL			×	×	×
AUTOMÁTICO	×	×		×	×

Tabla 19 – Resumen Métodos de arranque – UNE 23500:2012

9.1.2 Según Norma NFPA 20

9.1.2.1 En modo automático:

-Arranque automático mediante interruptor accionado por presión:

Gracias a la línea sensora de presión que como ya vimos es una conexión que sale de la tubería de impulsión de entre la válvula retención y la válvula de control y llega hasta el controlador donde permite la monitorización de la presión a través del transductor de presiones.

Esta secuencia de arranque consistirá en 1 ciclo de 6 periodos con cada periodo de 15s de arranque y 15s de descanso, alternando baterías, con un total de 3 min.

-Arranque de pruebas automáticas:

En este arranque programado se hace funcionar y apagar el motor a frecuencia mínima de prueba sin flujo durante el tiempo requerido por NFPA 25. Si en este arranque se detecta altas temperaturas en motor, agua de refrigeración o baja presión de aceite se apagará automáticamente. No implicando esto que en caso de tener que volver a arrancar de manera automática de servicio se debiera apagar en las mismas circunstancias.

-Control eléctrico manual en estación remota:

Mediante el cual se podrá producir el funcionamiento continuo, independientemente del interruptor accionado por presión desde una estación de control adicional. En este caso la parada no podrá ser automática.

9.1.2.2 En modo manual:

-Control manual del controlador:

Arranque directo desde interruptores del tablero de control, pudiendo elegir la batería o baterías que participan en el arranque.

-Arranque por prueba manual del funcionamiento automático:

Se realiza el arranque mediante apertura de la válvula solenoide u otro medio por el operador sin que afecte al interruptor accionado por presión.

-Control de emergencia:

Se omitirá por completo el circuito de control automático.

9.2 La parada

La norma española no permite la parada automática siendo obligatoria la manual.

En cuanto a la NFPA 20, en general deberá ser la parada manual para obligar al personal a desplazarse al cuarto de bomba y comprobar la causa de arranque de la bomba. Esta parada manual solo podrá llevarse a cabo cuando las causas que provocaron el arranque automático no estén presentes.

Bajo algunas condiciones la norma americana permite la parada automática, estas son:

-Durante pruebas automáticas.

-Debido a excesiva velocidad en motor. En este caso se para el motor, se energiza la alarma y se bloquea el controlador hasta su reconfiguración manual.

-Cuando la autoridad competente lo permita tras un temporizador de 30 min mínimo desde la orden (temporizador de retardo).

Por tanto, la norma UNE 23500 garantiza siempre el funcionamiento hasta que no se pare manualmente. En NFPA 20 con motores diésel se permite el paro automático en caso de sobre revolución.

9.3 Presión de arranque y paro de bomba jockey y principal

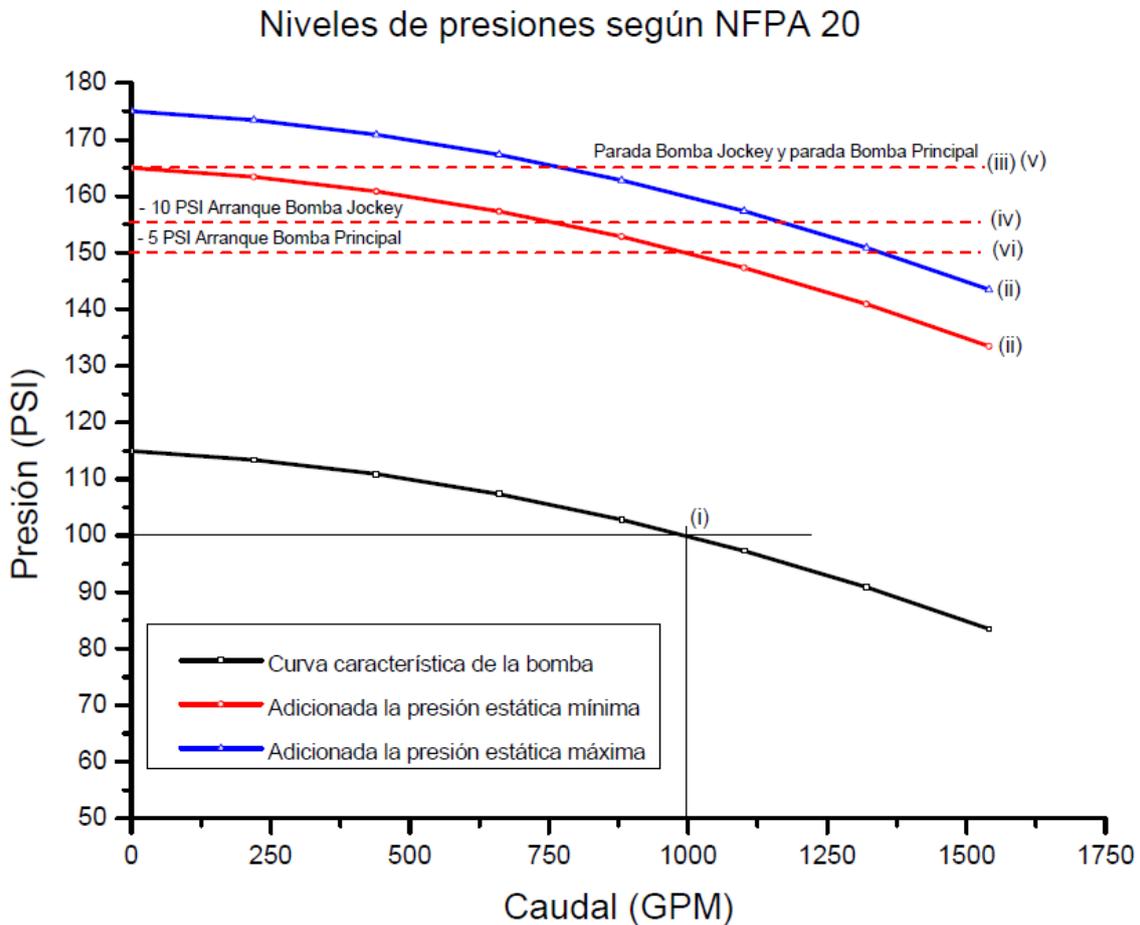
A continuación, vamos a estudiar las presiones que ordenan el arranque y paro de la bomba jockey y bombas principales según cada norma.

NFPA 20

La presión de parada de la bomba jockey será la presión de cierre más la presión estática de suministro.

La presión de arranque de la bomba jockey será a la presión de parada menos 10 psi (0,68bar) por lo menos.

La presión de arranque de la bomba principal será a la presión de arranque de la bomba jockey menos 5 psi (0,34bar) por lo menos. Para el arranque de otra bomba principal la presión deberá caer al menos 10 psi.



Esquema de niveles de presión de arranque y parada en NFPA 20

UNE 23500

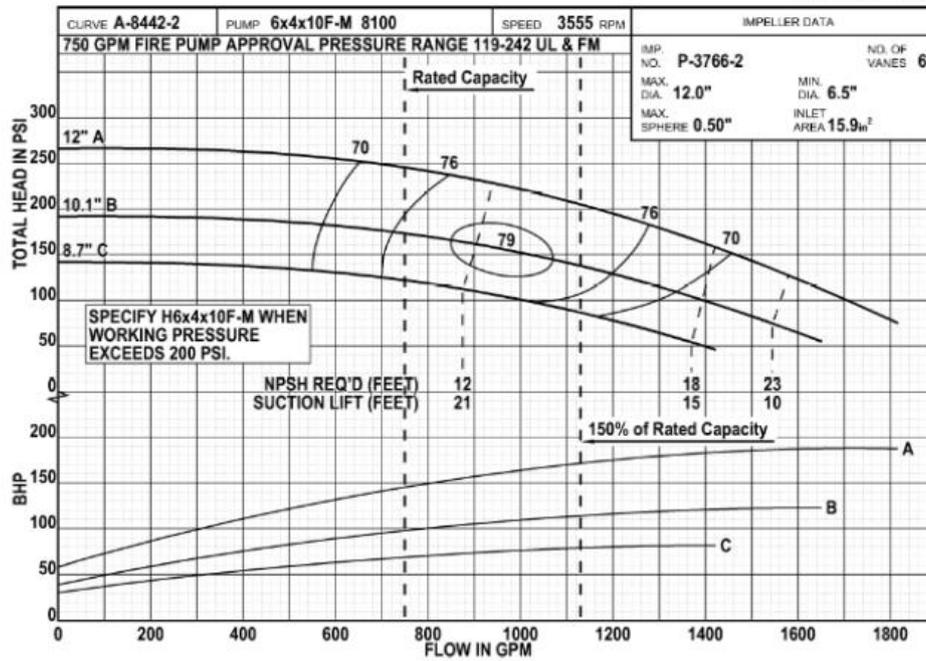
La bomba jockey deberá parar cuando la presión de arranque de esta bomba se haya elevado entre 0,8bar y 1,5 bar.

La presión de arranque de dicha bomba será cuando la presión de cierre caiga un 10% de la presión de cierre (P_0), es decir, a $0,9P_0$.

La primera bomba principal deberá arrancar cuando la presión caiga a un valor no inferior a $0,8P_0$. La última bomba por arrancar deberá hacerlo antes de que la presión descienda a $0,6P_0$.

La mejor forma de visualizar rangos anteriores es con un ejemplo práctico en el que se apliquen ambas normas:

Vamos a suponer que tenemos los siguientes datos de la bomba de 750 gpm de la curva C, con el impeler de 8,7", una presión de cierre (P_0) de 140 psi, aproximadamente y presión estática mínima (P_e) de 14,5 psi.



© 2012 Xylem Inc. A-C Fire Pump is a trademark of Xylem Inc. or one of its subsidiaries.

Según NFPA 20

Presión de parada de la BJ: $P_{PJ} = P_0 + P_e = 140 \text{ psi} + 14,5 \text{ psi} = 154,5 \text{ psi}$

Presión de arranque de la BJ: $P_{AJ} = P_{PJ} - 10 \text{ psi} = 154,5 \text{ psi} - 10 \text{ psi} = 144,5 \text{ psi}$

Presión de arranque BP: $P_{AP} = P_{AJ} - 5 \text{ psi} = 144,5 \text{ psi} - 5 \text{ psi} = 139,5 \text{ psi}$

Según UNE 23500

Presión de parada de la BJ: $P_{PJ} = P_{AJ} + (\text{De } 11 \text{ psi a } 21 \text{ psi}) = 137 \text{ psi hasta } 147 \text{ psi}$

Presión de arranque de la BJ: $P_{AJ} = 0,9 * P_0 = 0,9 * 140 = 126 \text{ psi}$

Presión de arranque BP: $P_{AP} = 0,8 * P_0 = 112 \text{ psi}$

Como podemos observar en la norma americana se exige que las presiones sean prácticamente por encima de la presión de cierre mientras que en la norma española es, al contrario.

Es importante fijar la presión de arranque de la bomba principal próxima a la presión de cierre para evitar golpes de ariete.

10 Sala de bombas

La bomba contra incendio, el impulsor, el controlador, el suministro de agua y el suministro de energía deben estar protegidos contra daños causados por explosiones, inundaciones, terremotos, animales, insectos, congelamiento, huracanes, vandalismo y otras condiciones adversas. Para ello, existe la sala o cuarto de bombas, la cual cuenta con una serie de características que pasaremos a analizar.

10.1 Protección del equipamiento

La NFPA distingue entre unidades de bombas contra incendio internas para edificios de gran altura (más de 75 pies o 23 metros desde el acceso más bajo para los vehículos de bomberos) para las cuales debe haber una resistencia al fuego de 2 horas o estar separadas del edificio a 50 pies (15,3m). La norma Une no distingue altura. Para los edificios que no sean de gran altura la NFPA proporciona una tabla y la UNE requiere que la resistencia al fuego sea de 1 hora.

Para las dimensiones de la sala para la protección del equipamiento ambas normas aportan las mismas condiciones:

- Debe haber un espacio libre entre componentes de instalación y mantenimiento
- Espacio suficiente entre componentes y muro
- Espacio libre entre equipos eléctricos

En cuanto a las unidades de bombas contra incendio externas para las que no se diferencia altura según la NFPA deberán estar separadas del edificio a 50 pies (15,3m), además en el Anexo hace referencia a los materiales a emplear en su construcción. Cuando no se pueda usar ladrillos y hormigón armado se recomienda la instalación de tableros de metal y yeso.

Para cuartos de bombas con motores eléctricos deberá haber un sistema de rociadores según Riesgo Ordinario Grupo 1 y para motores diésel también será necesaria la instalación de rociadores considerándose la ocupación de Riesgo Extra Grupo 2 según NFPA 13

En la UNE 23500-2018 se incorpora la necesidad de instalar rociadores en la sala de bombas cuando el depósito de diésel sea de 50L o más, aunque según la UNE 12845-2016 en el apartado 10.3.2 sobre protección por rociadores establece la necesidad de instalar rociadores sin señalar excepciones.

10.2 Acceso y ubicación de los equipos

La NFPA En cuanto a la ubicación está deberá ser planificada junto con el cuerpo de bomberos y los accesos a los equipos serán directos desde una vía no expuesta por un incendio y en caso de no ser posible será mediante un pasadizo cubierto hacia unas escaleras cubiertas o salida exterior debiendo ser la resistencia al fuego de este pasadizo ser mayor o igual al del cuarto de bombas.

La norma UNE establece una serie de prioridades para la ubicación siendo el orden de preferencia:

- 1º) Un edificio independiente

2º) Un edificio vecino protegido

3º) Un compartimento

Debiendo ser el acceso directo al exterior para las dos últimas opciones.

10.3 Temperatura del cuarto de bombas

Mínima temperatura:

La norma UNE 23500 en el apartado sobre instalaciones del sistema de bombeo 6.4.3 indica que la temperatura mínima de la sala no debe ser menor de 4°C, sin embargo, en la UNE 12845 en su apartado sobre el compartimento de grupos de bombeo (10.3.3) señala que, si las bombas son accionadas por motor diésel, la temperatura mínima de la sala no debe ser menor de 10°C

La NFPA 20 deja clara la necesidad de mantener la temperatura de la sala por encima de los 40°F (4,4°C) instalando fuentes de calor si fuera necesario.

Máxima temperatura:

Para la máxima temperatura permitida en el cuarto de bombas, la NFPA redirige hacia las condiciones de temperaturas más elevadas para motores de combustión interna, donde nos indica que deberá ser la temperatura mínima recomendada por el fabricante del motor, sin que sea inferior a esta. Por otra parte, se deja claro que la temperatura del aire de entrada a la combustión del motor no puede ser superior a los 49°C (120°F). Para calcular la temperatura del cuarto se deberá considerar el calor irradiado por el motor, tubería de escape y cualquier otra fuente de calor. Y en caso de que la fuente de energía de los ventiladores no sea fiable, no se tendrá en cuenta estos en los cálculos.

La Norma UNE es directa y establece un máximo de 40°C para la temperatura ambiente de la sala de bombas.

10.4 Iluminación

El cuarto de bombas deberá contar con una iluminación normal de luz artificial.

La luz de emergencia deberá ser de intensidad 32,3 lux, no deben ir conectada a las baterías del motor de arranque y tendrá que servir durante mínimo 2 horas.

La norma UNE 23500 no hace referencia alguna a la iluminación de la sala.

10.5 Ventilación

Según la norma española, la ventilación deberá ser adecuada dependiendo de los motores instalados y los sistemas de refrigeración siguiendo las recomendaciones del fabricante.

La norma americana exige la instalación de una adecuada ventilación para:

-Mantener por debajo de los 49°C el aire a la entrada del motor.

-Limpiar el aire de vapores peligrosos.

-Proporcionar un suministro y una evacuación adecuada para favorecer la refrigeración del radiador del motor.

El sistema de ventilación deberá funcionar en coordinación con el motor.

El sistema de ventilación contará con:

- Un ventilador para el suministro de aire. Este deberá aportar una corriente de más de 5,1mm de columna de agua (0,2 pulgadas).

-Un ventilador para la descarga de aire en la pared opuesta al de suministro.

Para los motores con refrigeración por radiador la descarga tendrá que ir directamente al exterior para no permitir la recirculación. Esto se realizará mediante un conducto flexible conectado al radiador y la corriente de aire no podrá ser inferior a los 7,6mm de columna de agua (0,3 pulgadas). Para temperaturas frías se permite la recirculación siempre que se incluya un regulador de tiro controlado termostáticamente y se mantenga la entrada de aire al motor por debajo de los 49°C (120°F).

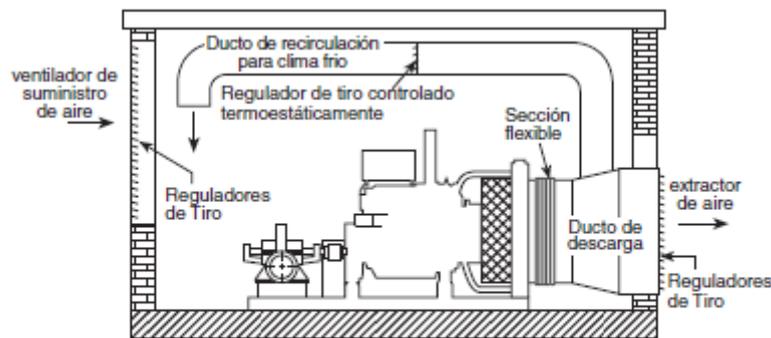


FIGURA A.11.3.2 (b) Sistema típico de ventilación para una bomba operada con motor diesel refrigerado con radiador.

Cuando la refrigeración sea mediante intercambiador de calor serán necesarios más cambios de aire para controlar el incremento de la temperatura de la sala.

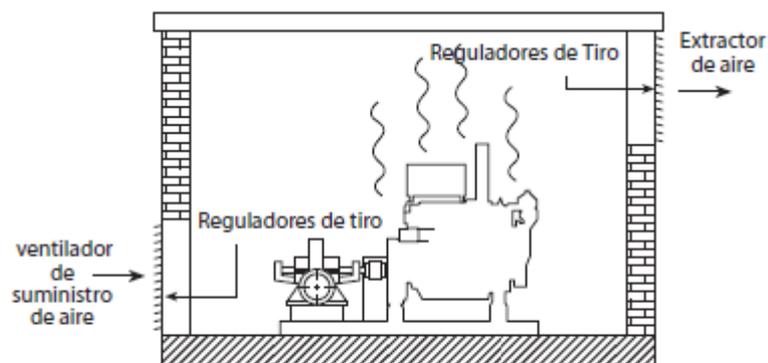


FIGURA A.11.3.2(a) Sistema típico de ventilación para una bomba operada por motor diesel refrigerado con intercambiador de calor.

10.6 Drenaje

La norma UNE indica la obligación de drenar el cuarto de bombas sin especificaciones.

La NFPA exige la necesidad de un suelo inclinado para alejar el agua de los equipos importantes y la descarga deberá estar ubicada en zona libre de congelamiento. Además, exige una tubería de drenaje al tanque cuando este sea de capacidad limitada. (NFPA 20 4.19.8)

El desagüe deberá estar dimensionado para el máximo caudal de la válvula de alivio

11 Conclusiones

Para terminar, se va a realizar un breve repaso a diferencias significativas estudiadas.

ABASTECIMIENTO

La norma UNE 23500 es de aplicación específica en España. Esta norma incluye una categorización de los abastecimientos que NFPA no contempla. Esto resulta ser más sencillo para definir el tipo de instalación requerida en función de los sistemas de protección a instalar.

Ciertos aspectos exclusivos de la norma UNE 23500 de abastecimiento como puede ser la capacidad mínima eficaz para los depósitos, son mostrados de manera más extensa y específica atendiendo al riesgo en la norma UNE 12845 de sistema de rociadores. Esto y algunas contradicciones son corregidos y complementados en las versiones actuales en vigor (2018 y 2021, aunque no de obligada aplicación).

ASPIRACIÓN

Placa anti vórtices

Podemos confirmar que la exigencia mínima de las dimensiones del inhibidor de vórtice será mayor en la norma UNE que en la NFPA. La separación de la placa respecto del fondo será para el mismo diámetro de aspiración será siempre mayor en NFPA que en UNE. Son diferencias pequeñas que no afectan a la aspiración a la velocidad adecuada y evitando turbulencias.

Válvula de compuerta

La norma NFPA proporciona más opciones a la hora de supervisar la apertura correcta de la válvula, pudiéndose adaptar esta al tipo de instalación. La norma UNE requiere indicación visual y supervisión eléctrica.

NPSH

La norma NFPA no establece restricciones al NPSHd, la norma UNE sí. Aunque la norma NFPA exige que siempre la aspiración sea en carga y los diámetros y caudales normalizados. Incluye además si fuera necesario, una válvula de regulación de succión baja, para asegurar la presión positiva en la tubería de aspiración.

También la norma NFPA incluye algunas formas correctas e incorrectas de instalar la tubería de aspiración que ayuda a mantener la entrada libre de aire y evitar flujos turbulentos.

MOTORES

Motor diésel:

La norma UNE exige paro solo manual y NFPA paro automático por sobre revolución

La norma NFPA da criterios de ajuste de potencia en función de la altitud y temperatura. En cambio, la norma UNE únicamente exige tiempo de autonomía a plena carga sin fijar criterios.

Motor de arranque:

EL motor de arranque podrá ser eléctrico, hidráulico o por aire, según NFPA. La norma UNE solo contempla el motor de arranque eléctrico. La norma NFPA contempla más situaciones, aunque en la práctica el más seguro es el motor de arranque eléctrico.

Autonomía del depósito de combustible:

Durante 6 horas a plena carga según la norma UNE 23500 (Por horas de funcionamiento)

NFPA 20 deberá almacenar mínimo 5,07l/Kw (1gal/Hp) (por potencia)

Refrigeración:

De los cuales la norma NFPA 20 solo permite los dos primeros, no contemplando la refrigeración únicamente por aire con ventilador. Aunque este tipo de refrigeración para un motor diésel que se encuentra estático y con una fuente agua cercana no es muy práctico, refrigerar solo por aire.

Motor eléctrico:

La NFPA sin restricciones en número mientras que UNE limita a una bomba accionada por motor eléctrico.

IMPULSIÓN

Líneas de detección:

Se puede observar la necesidad en NFPA de registrar las últimas presiones en las líneas de detección de presión para controlar el comportamiento del sistema en reposo. En la norma UNE esto no se contempla. Por otra parte, la norma UNE requiere 2 presostatos en serie y la norma NFPA solo un interruptor de presión en tablero de control.

En cuanto a la norma en sí, hay dos aspectos a destacar que hacen una norma más segura, las homologaciones y las actualizaciones.

ACTUALIZACIONES

Las normas NFPA están implementadas de manera global debido a sus altas exigencias de protección y continuas actualizaciones, gracias a nuevos estudios y tecnologías. En concreto la normativa NFPA 20 abarca aspectos de la instalación como suministro de agua, condiciones de aspiración, bombas, impulsión, suministro energético, motores, controladores, y las pruebas de aceptación, desempeño y mantenimiento.

La norma en general utiliza unidades fuera del sistema internacional, aunque en el primer capítulo fija una tabla con los factores de conversión.

HOMOLOGACIONES

En la norma NFPA, cabe destacar los tipos de aceptaciones de los distintos componentes. Los componentes *Aprobados* son considerados aceptables por la autoridad competente y son elementos no críticos de la instalación pero que deben cumplir ciertos requisitos de confiabilidad, estos pueden ser dispositivos de medida de presión y válvulas de drenaje, entre otros. El tipo de componente *listado* es publicado por laboratorios u organizaciones aceptadas por la autoridad competente y deben cumplir normas designadas y ser sometidos a ensayos

específicos, entre estos se encuentran las bombas principales y los tableros de control de las mismas.

La norma UNE exige unas especificaciones algunas más completas que otras, pero no ofrece un catálogo de bombas homologadas, al final son bombas que se adaptan a las exigencias, al contrario, en NFPA que se diseñan, fabrican y prueban, exclusivamente para ello.

En general, la norma NFPA incluye más alternativas que hacen viable distintas formas de protección. Elimina cualquier posibilidad de succión negativa y mantiene unas exigencias de control y mantenimiento muy altas.

12 Bibliografía

- UNE 23500:2012 *Sistema de abastecimiento de agua contra incendios*
- UNE 23500:2018 *Sistema de abastecimiento de agua contra incendios*
- UNE23500:2022 *Sistema de abastecimiento de agua contra incendios*
- UNE 12845:2016 *Sistemas fijos de lucha contra incendios. Sistemas de rociadores automáticos*
- UNE EN 671-1 *Bocas de incendio equipadas con mangueras semirrígidas.*
- UNE EN 671-2 *Bocas de incendio equipadas con mangueras planas.*
- UNE 23503:89 *Sistemas fijos de agua pulverizada*
- NFPA 20 – 2016 *Norma para la instalación de bombas estacionarias para la protección contra incendios*
- NFPA 22 – 2018 *Norma para tanques de agua para la protección privada contra incendios privada*
- RD 2267/ 2004, de 3 de diciembre, *Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales (RSCIEI)*
- RD 513/2017, de 22 de mayo, *Reglamento de instalaciones de protección contra incendios*
- Temario reducido. *Sistemas fijos de protección en base a agua* – Néstor Adolfo Botta (KSB)
- Libro *Instalaciones y máquinas eléctricas* – De la Villa, Maza y Cruz - Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Sevilla
- Apuntes de la asignatura Máquinas hidráulicas. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Sevilla
- Apuntes de la asignatura de Instalaciones contra incendio. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Sevilla
- Catálogos de Ebara y Bombas Ideal
- <https://pfernandezdiez.es/es/libro?id=8> Biblioteca sobre ingeniería energética – Pedro Fernández Díez
- TFG. *Diseño de instalación de protección contra incendios de 4 Transformadores 65 MVA en fábrica de producción de metales* – José Luis Jiménez Vergara