



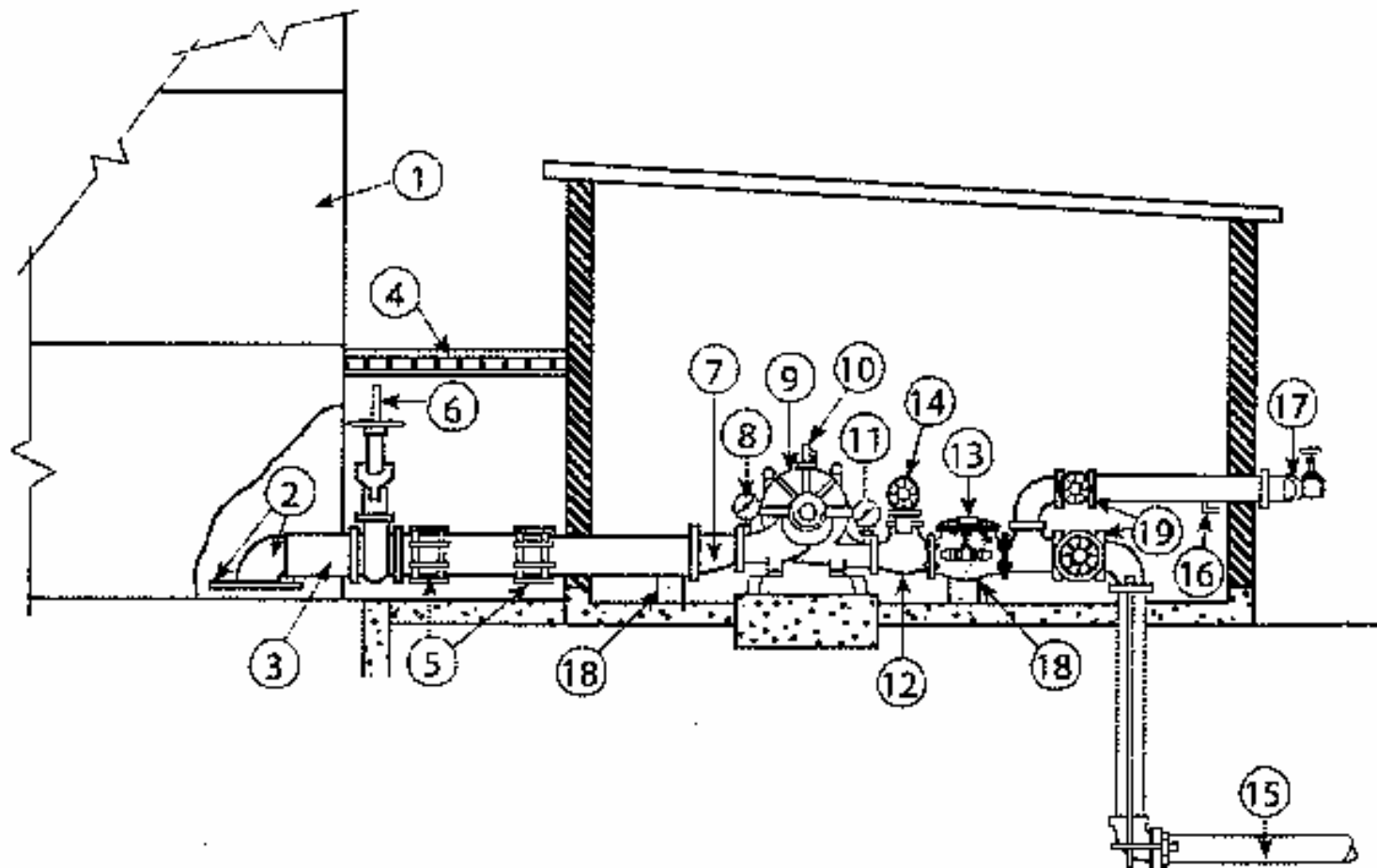
COMENTARIOS SOBRE BOMBAS Y
SALAS DE BOMBAS

Condiciones operativas de la bomba de incendio

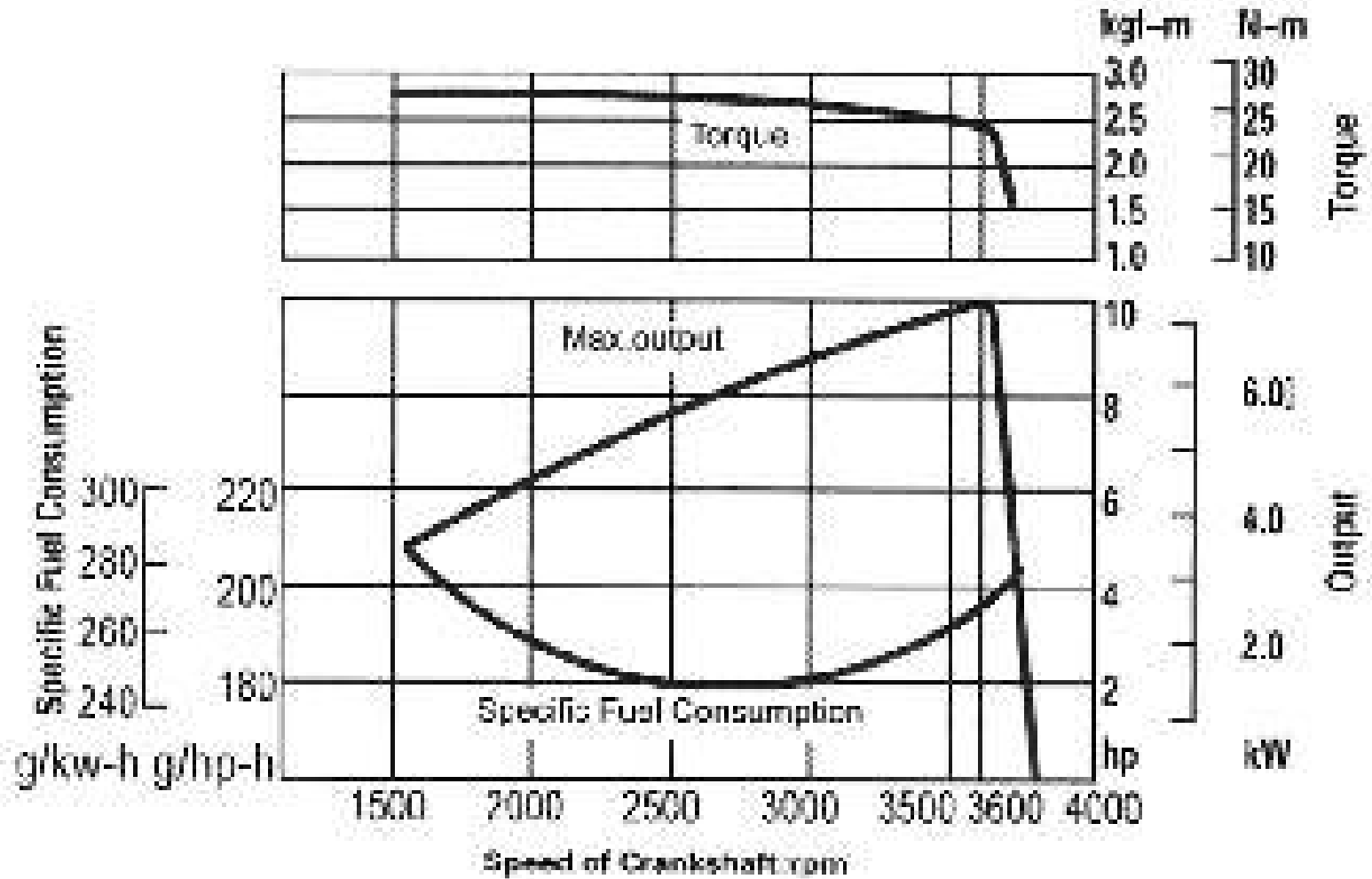
La selección de la bomba de incendio no puede desvincularse de las condiciones de entorno a la que estará sometida, como:

1. Presión estática y dinámica en la succión
2. Accionamiento de la bomba (motor eléctrico, diesel, etc.)
3. Pérdidas de carga en la succión
4. Rango de las demandas
5. Límite de presión de las instalaciones
6. Presión de impulsión
7. Formas de arranque y parada

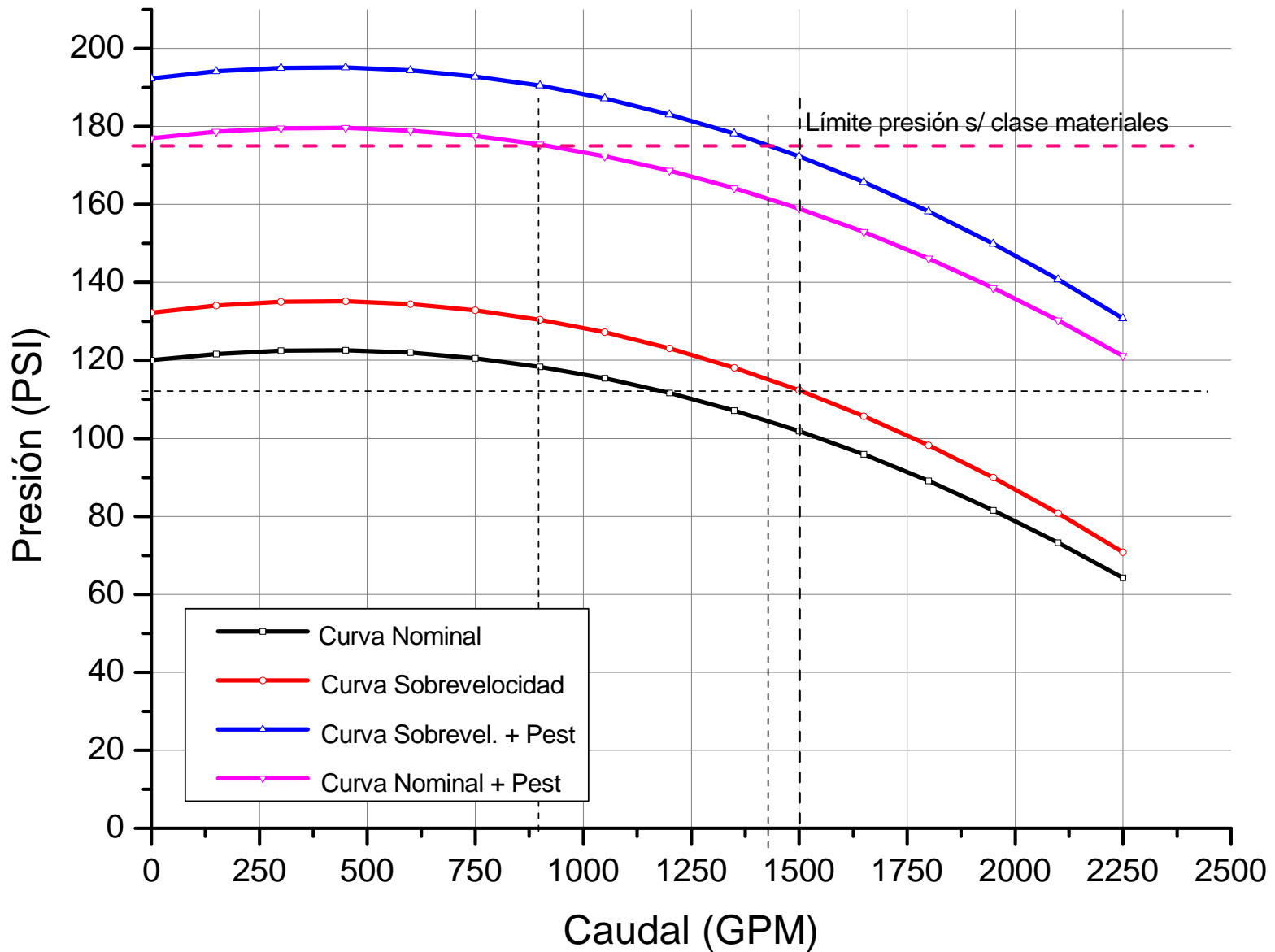
Disposición del conjunto



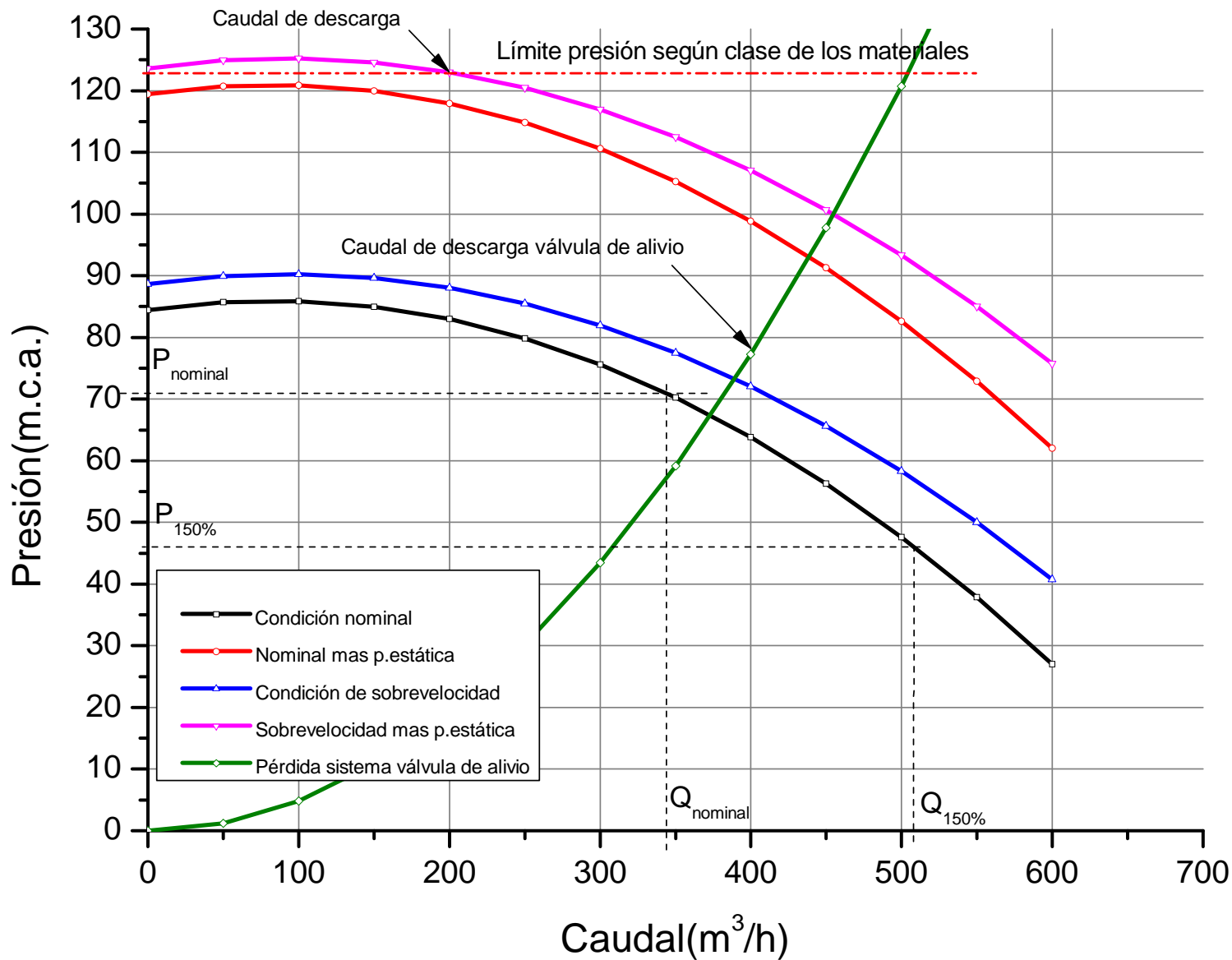
Curvas de motor diesel



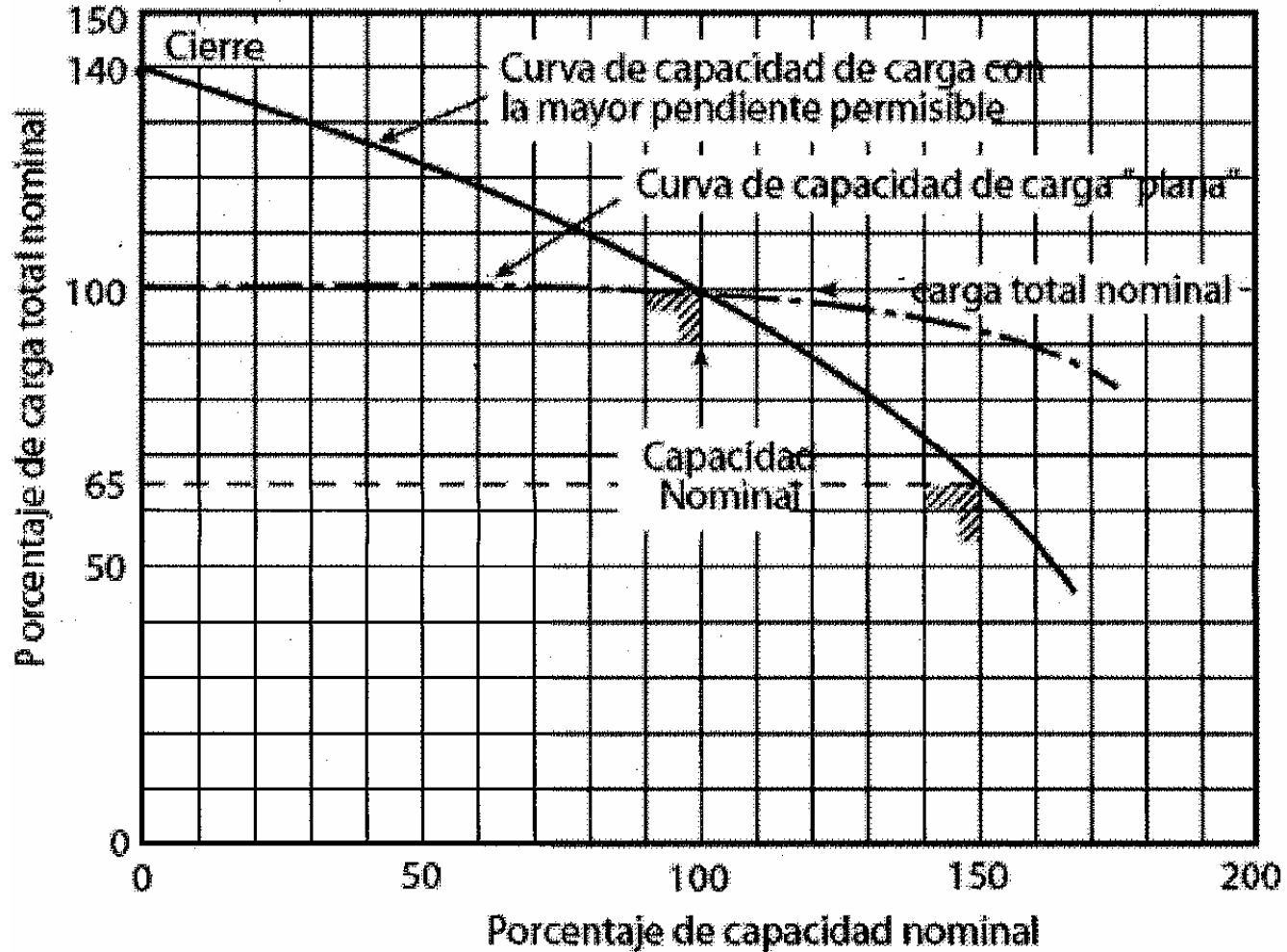
Influencias sobre la curva característica



Curva de válvula de alivio con descarga libre



Curva característica exigida por NFPA



Caudales nominales y condiciones mínimas

Diámetros nominales mínimos

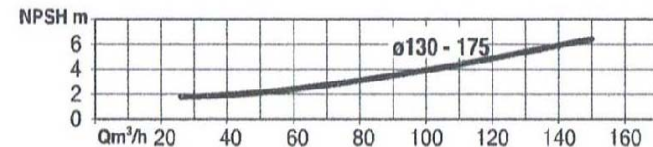
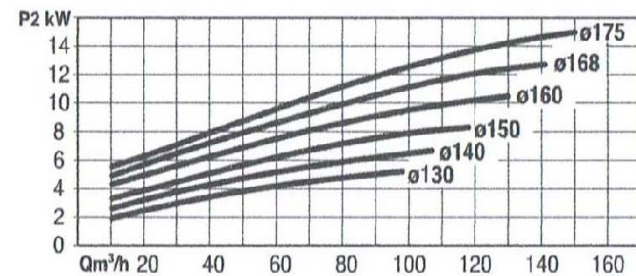
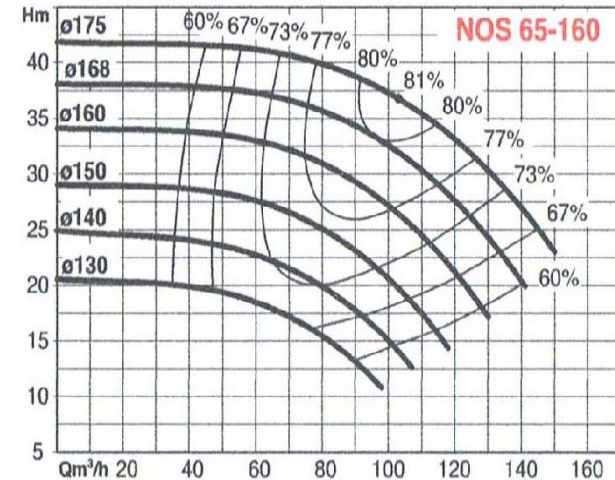
Caudal nominal (GPM)	Caudal nominal (l/min)	∅ Colector de Aspiración (In)	∅ Colector de Impulsión (in)	∅ Válvula de Alivio (in)	∅ Descarga de Válvula de Alivio (in)	∅ Caudalímetro (in)	Nº y ∅ de Salidas de Prueba (Nº-in)	∅ Colector de pruebas (in)
25	95	1	1	¾	1	1 ¼	1 - 1 ½	1
50	189	1 ½	1 ¼	1 ¼	1 ¼	2	1 - 1 ½	1 ¼
100	378	2	2	1 ½	2	2 ½	2 - 1 ½	2
150	568	2 ½	2 ½	2	2 ½	3	1 - 2 ½	2 ½
200	757	3	3	2	2 ½	3	1 - 2 ½	2 ½
250	946	4	3	2	2 ½	4	1 - 2 ½	3
300	1.135	4	4	2 ½	4	4	1 - 2 ½	3
400	1.514	4	4	3	5	4	2 - 2 ½	4
450	1.703	5	5	3	5	4	2 - 2 ½	4
500	1.892	5	5	3	5	5	2 - 2 ½	4
750	2.839	6	6	4	6	5	3 - 2 ½	6
1.000	3.785	8	6	4	8	6	4 - 2 ½	6
1.250	4.731	8	8	6	8	6	6 - 2 ½	8
1.500	5.677	8	8	6	8	8	6 - 2 ½	8
2.000	7.570	10	10	6	10	8	6 - 2 ½	8
2.500	9.462	10	10	6	10	8	8 - 2 ½	10
3.000	11.355	12	12	8	12	8	12 - 2 ½	10
3.500	13.247	12	12	8	12	10	12 - 2 ½	12
4.000	15.140	14	12	8	14	10	16 - 2 ½	12
4.500	17.032	16	14	8	14	10	16 - 2 ½	12
5.000	18.925	16	14	8	14	10	20 - 2 ½	12

Selección de una bomba centrífuga

Seleccionar una bomba centrífuga, significa elegir el tamaño de la misma a partir de una oferta comercial.

Para ello se requiere conocer, **el caudal, la altura de impulsión y frecuencia de la red** (electro bomba) para elegir dentro del campo de curvas disponibles, un tamaño y su velocidad de rotación.

Evaluándose, de acuerdo al punto de operación, **el rendimiento, la potencia absorbida y el ANPA** (altura neta positiva de aspiración) de la curva seleccionada. (ver diagrama adjunto)



Selección de una bomba centrífuga

En tanto no exista otra razón especial que condicione la elección, **el punto de trabajo estará situado tan próximo al del rendimiento máximo disponible de la bomba.**

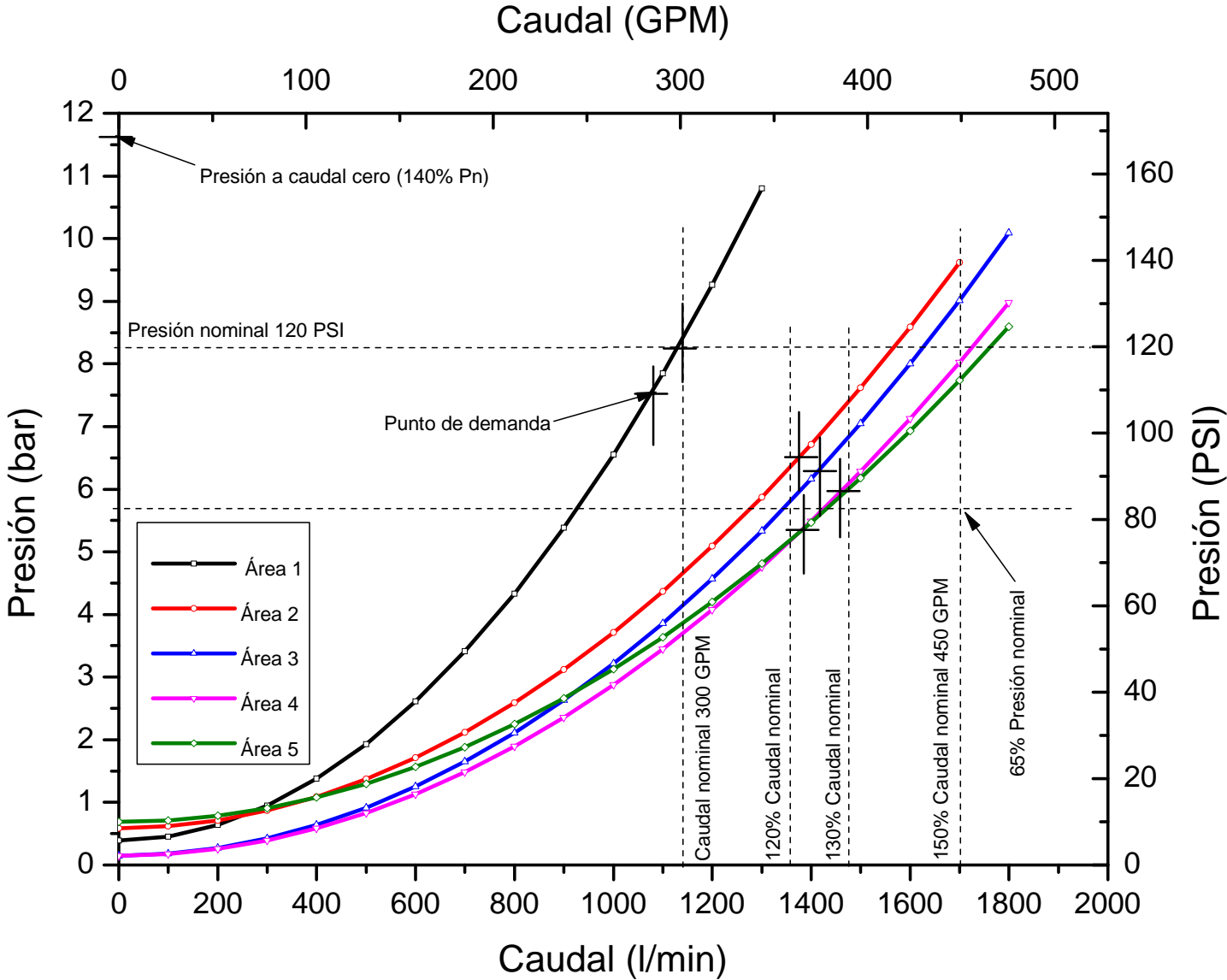
Si el sistema requiere varios puntos de operación, la alternativa del punto de vista de la optimización del consumo, sería adoptar bombas en paralelo que satisfagan las distintas situaciones al mejor rendimiento o bombas en serie o de velocidad variable para satisfacer el abanico de demandas con el menor costo operativo.

En resumen, lo importante, además de un funcionamiento seguro, **es el costo operativo el que define la selección, función del rendimiento.**

En el caso de las bombas de incendio, esto no es un condicionante por ser mínimo, el tiempo de operación y por otra parte, el rango de variación del caudal de operación, que parte desde un rociador abierto (aprox. 240 l/min) hasta la demanda máxima de diseño (miles de litros por minuto).

Por lo tanto hay que seleccionar una bomba que **satisfaga todas las demandas** (caudal y presión) **y de un tamaño razonable**, o sea, del menor costo de inversión (no debe ni sub. ni sobre dimensionarse).

Selección de la bomba de incendios



Selección de la bomba de incendios

La NFPA 20, ítem 5.8 “Capacidades de bombas centrífugas para incendio”, punto 5.8.1, dice:

“Una bomba centrífuga contra incendios deberá seleccionarse para funcionar al 150% o menos de la capacidad nominal.”

En el ítem A.5.8:

“El desempeño de la bomba cuando se utilice a capacidades superiores al 140% de la capacidad nominal puede verse severamente afectada por las condiciones de succión. No se recomienda la utilización de la bomba a capacidades inferiores al 90% de la capacidad nominal.

La selección y aplicación de la bomba contra incendio no debe ser confundida con la condiciones de funcionamiento.

Con condiciones de succión apropiadas, la bomba opera en cualquier punto de su curva característica desde el punto de cierre, hasta el 150% de su capacidad nominal.”

Selección de la bomba de incendios

El Fire Pump Handbook de la NFPA indica en el ítem Pump Sizing que:

“Para seleccionar el tamaño de la bomba, la regla general requiere determinar la demanda del sistema de protección contra incendios”.

“La bomba debe ser elegida de manera que el caudal de demanda del sistema, se encuentre entre 90% y 140% de la capacidad nominal de la bomba.”

La American Fire Sprinkler Association en el artículo técnico Sizing Fire Pump analiza el uso de la curva caudal/presión, en la selección de bombas para dos escenarios, considerados límites:

1. uno para minimizar el costo mediante la selección del caudal nominal más bajo posible. (subdimensionada)
2. y el segundo, para evitar superar los 175 psi, a caudal cero, seleccionando un caudal nominal mayor. (sobredimensionada)

Selección de la bomba de incendios

1º escenario: caudal de demanda próximo al 150 % del caudal nominal
(bomba subdimensionada)

Demanda sistema: **1100 GPM @ 85 PSI**

Presión estática sistema: 50 PSI

Presión dinámica en la succión a 1100 GPM: 34 PSI

Presión bomba: $85 - 34 = 51 \text{ PSI}$

Caudal mínimo: $1100 / 1,5 = 733,3 \text{ GPM}$

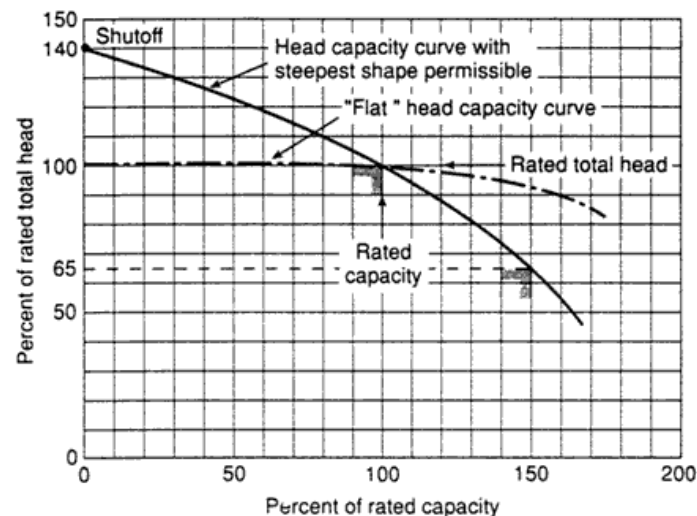
Caudal nominal estándar: **750 GPM**

% de sobrecarga: $1100 / 750 = 1,47$

Reducción de presión (Figura) 67%

Presión nominal: $51 / 0,67 = 76,2 \text{ PSI} = 77 \text{ PSI}$

Presión caudal cero: $77 \times 1,4 + 50 = 157,8 \text{ PSI} < 175 \text{ PSI}$



Selección de la bomba de incendios

2º escenario: caudal de demanda próximo al 90 % del caudal nominal (bomba sobredimensionada)

Demanda sistema: **1100 GPM @ 125 PSI**

Presión estática sistema: 50 PSI

Presión dinámica en la succión a 1100 GPM: 34 PSI

Presión bomba: $125 - 34 = 91$ **PSI**

Caudal nominal adoptado: **1250 GPM**

% de caudal: $1100 / 1250 = 0,88$ (88%)

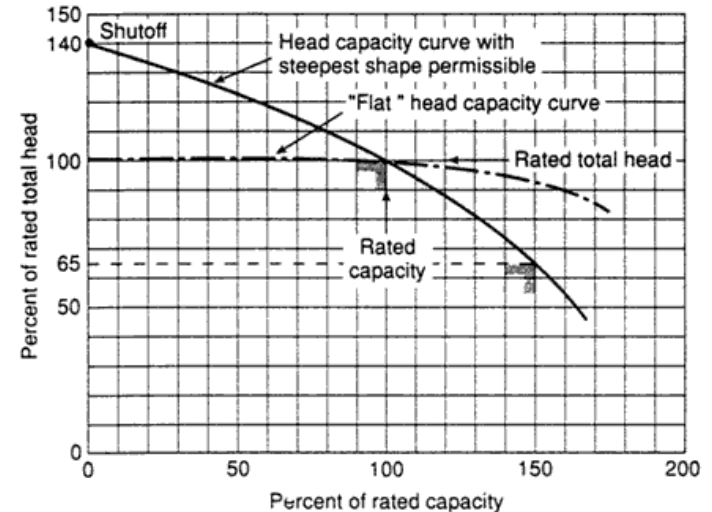
Aumento de presión (Figura): 107% (al 88% del caudal)

Presión nominal: $91 / 1,07 = 85$ **PSI**

Presión caudal cero: $85 \times 1,4 + 50 = 169$ **PSI** < 175 PSI

De haber aplicado lo del 1º escenario, con una bomba de 750 GPM, la presión nominal sería de 135,8 PSI y

la presión a caudal cero sería de **240 PSI** > 175 PSI



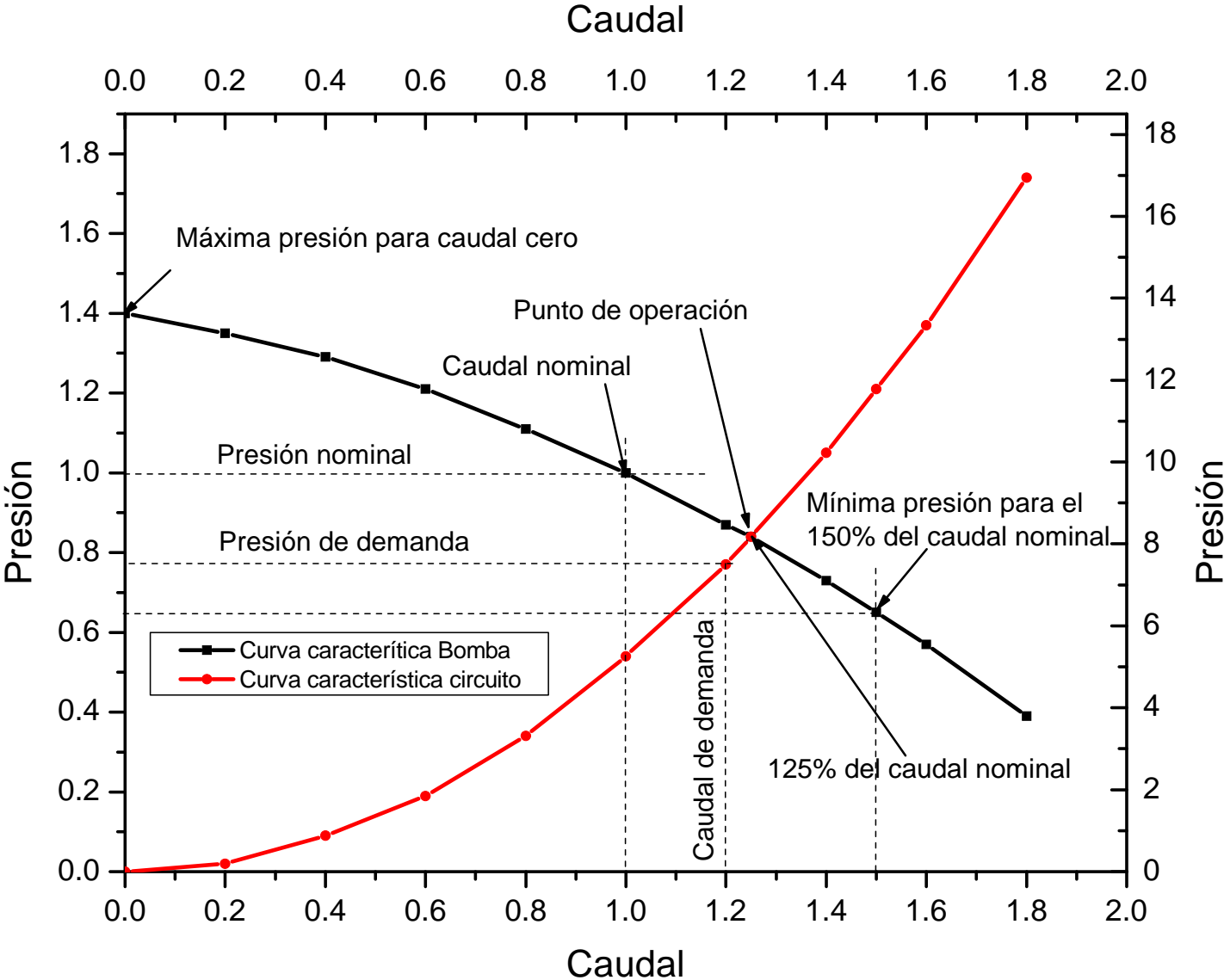
Selección de la bomba de incendios

- El margen ideal de selección será cuando el caudal de demanda del sistema contra incendios esté situado entre 120 y 130 % del caudal nominal de la bomba:

$$1,2 QN \leq QD \leq 1,3 QN$$

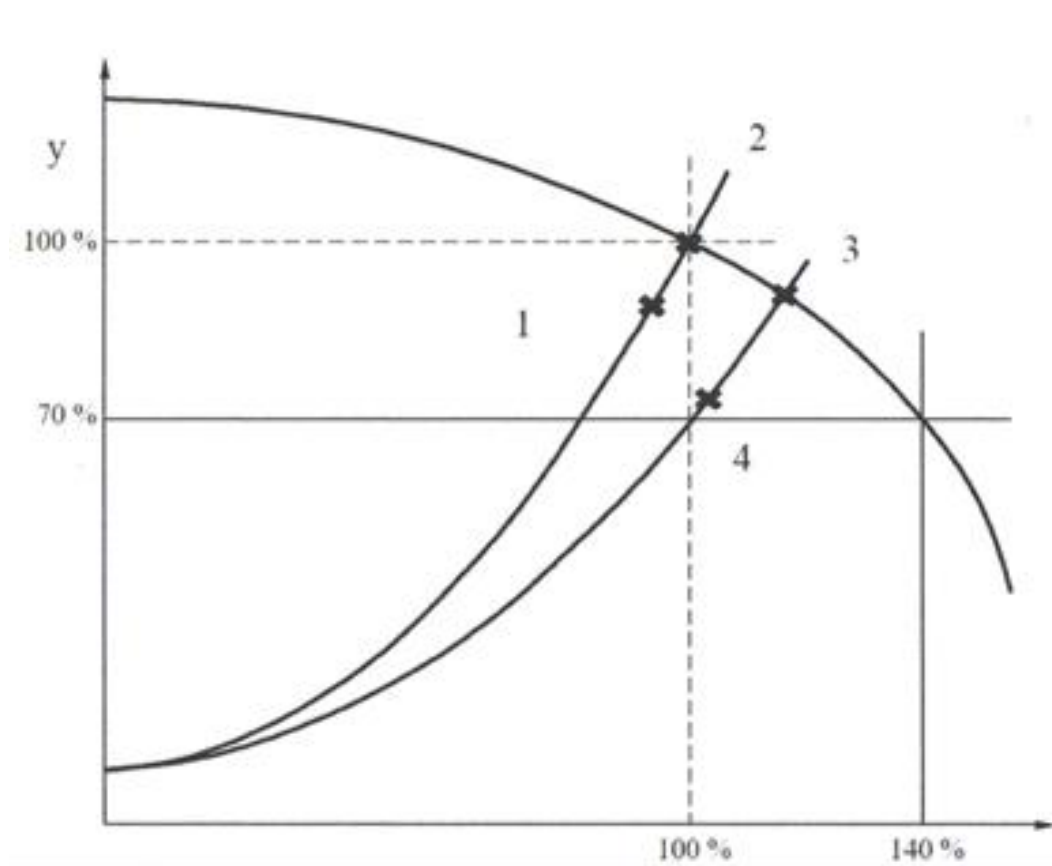
- Para seleccionar la bomba, se debe realizar el camino inverso. Definido el caudal de demanda, evaluar cual es el caudal nominal (rated) inferior, según NFPA 20, más próximo al de demanda, verificando si la diferencia satisface el requerimiento y si es así, este será el caudal nominal **QN** a especificar, siempre y cuando satisfaga los límites de presión admisible a caudal cero.
- Con respecto a la presión nominal, se debe tener en cuenta, según recomendación de FM y EN, la presión de demanda debe encontrarse como mínimo 7 PSI (0,5 bar) por debajo de la presión del punto de operación y como la pendiente de la curva característica tiene un rango de variación, es complejo predecir el valor de la presión nominal. Lo ideal es utilizar la curva característica de la bomba dada por el fabricante y evaluar si los valores satisfacen. Como regla muy aproximada se puede, partiendo de la presión de demanda, incrementarla entre un 10 a 20% para definir la nominal.

Selección de la bomba de incendios



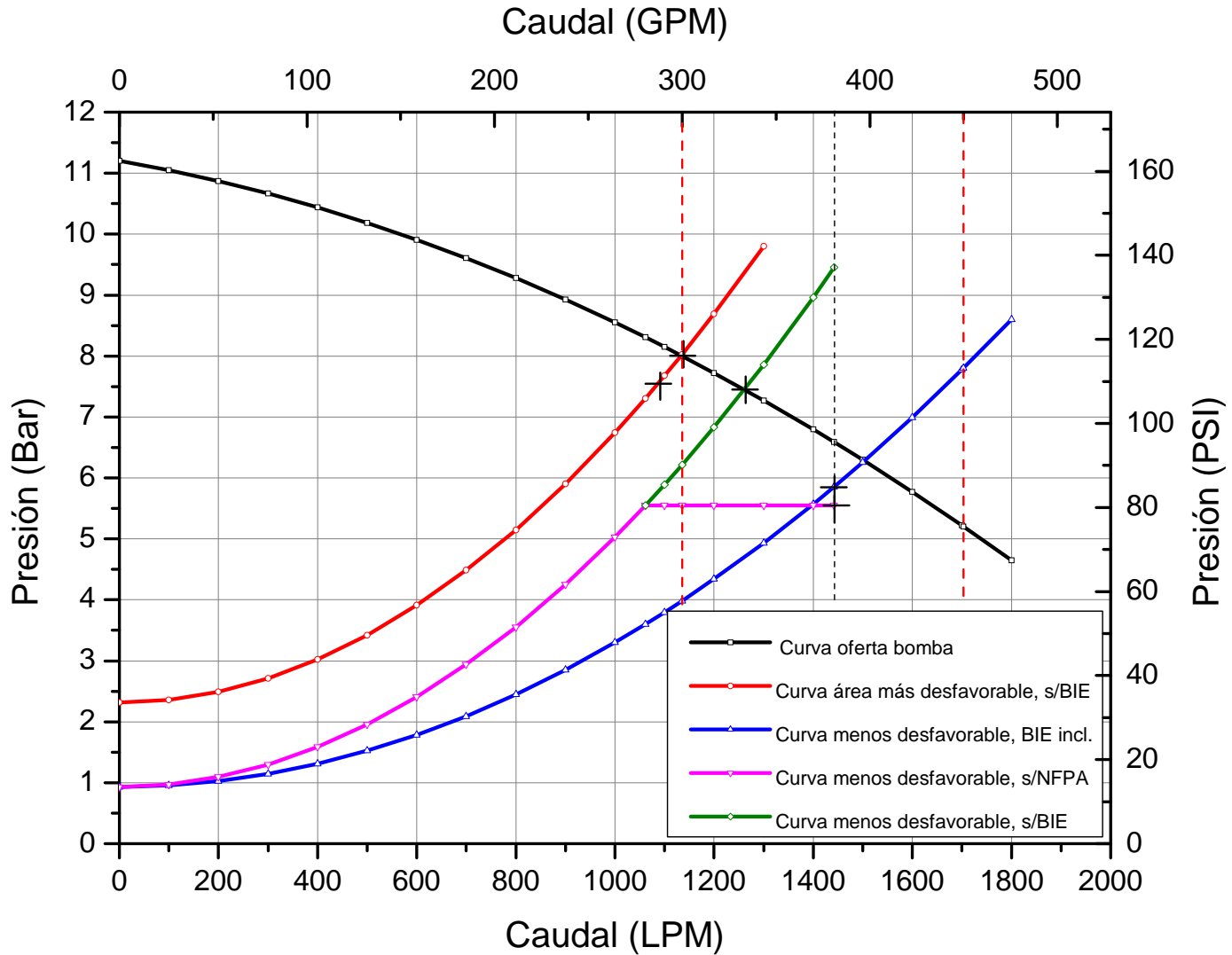
Selección de la bomba de incendios

La EN 12845 establece que los valores nominales son función de la curva del área más desfavorable. Debiendo ser capaz de abastecer un 140% del caudal nominal al 70% de la presión nominal y 0,5 bar por arriba la demanda más desfavorable.



Selección de la bomba de incendios

Veamos un estudio comparativo entre EN y NFPA para un caso real



Cantidad de bombas a instalar

Para asegurar el servicio del sistema contra incendio se deben cumplir, entre otras, las siguientes pautas:

- provisión automática
- provisión constante
- no afectada por heladas o sequías
- controlable por el usuario de la protección
- con capacidad suficiente en caudal y presión
- **que una falla (falta de suministro de energía u otras) no afecte la continuidad del servicio**

Según el Army Corps of Engineers EM 1110-2-3102 - General Principles of Pumping Station Design and Layout, establece que, para asegurar la operatividad de una estación de bombeo, el equipamiento mínimo debe ser el siguiente:

- Si el caudal total está abastecido por una sola bomba, se debe contar con una gemela de reserva (disponibilidad en base a la redundancia).
- Si el caudal total está abastecido por dos bombas en paralelo, se requiere una bomba de respaldo, en caso de falla de una de ellas.
- y más de 3 bombas, las de reservas deben ser como mínimo 2.

Cantidad de bombas a instalar

La NFPA 20 no especifica en sus diagramas cual debe ser la provisión de bombas de incendio para una estación. Da ha entender como mínimo una bomba, preferentemente diesel, con la siempre presencia del suministro público de agua, pudiendo ser la bomba de incendio una reserva de presión.

Esto se observa en el esquema de la figura A.5.14.4 de la NFPA 20, donde el equipamiento es:

- suministro público directo
- bomba de incendio (por falta de presión)
- y bomba jockey.

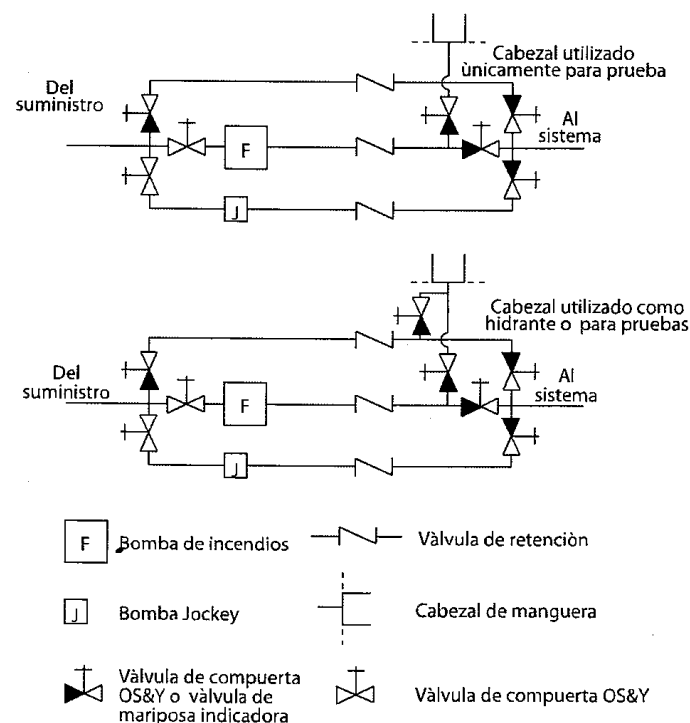


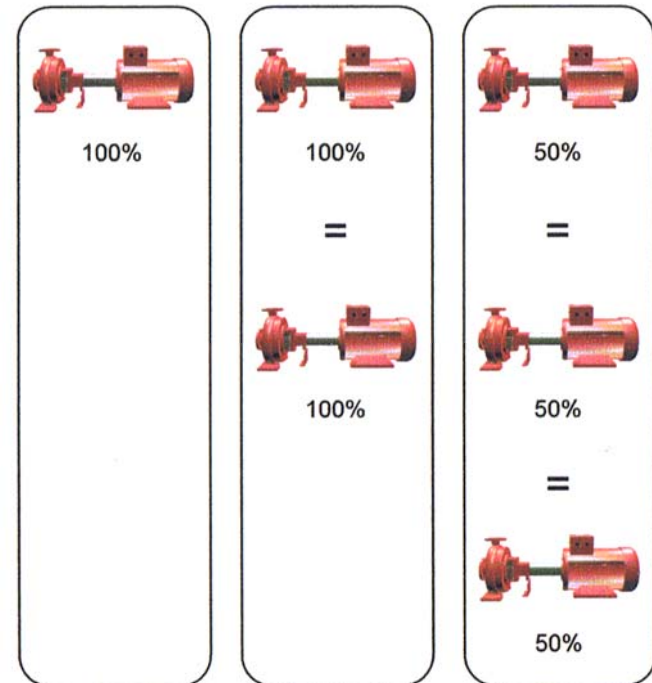
FIGURA A.5.14.4 Diagrama esquemático de arreglos sugeridos para una bomba contra incendio con desvío, tomando la succión de tuberías públicas principales.

Cantidad de bombas a instalar

La normativa europea EN 12845:2009 es más clara, establece distintos paquetes de equipamiento, en función de las características del suministro de agua, de su confiabilidad y a que se abastece.

Son **suministros hídricos singulares**, entre otros:

1. Acueducto
2. Acueducto con 1 o más bombas de presurización
3. Cisterna con 1 o más bombas de presurización
4. Surgente con 1 o más bombas de presurización



Cantidad de bombas a instalar

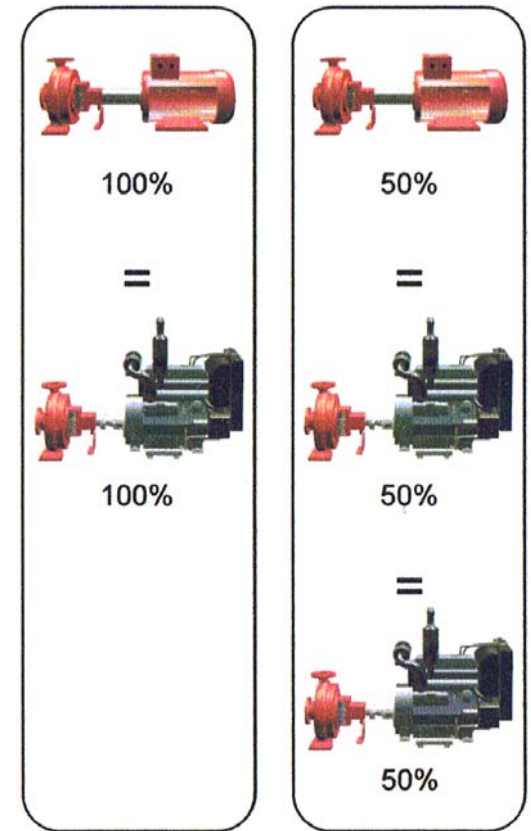
Son **suministros hídricos singulares superiores** (de alta confiabilidad):

- Acueducto alimentado de ambos extremos, con presión y caudal suficiente.
- Tanque elevado, con presión y caudal suficiente o con 2 o más bombas.
- Surgente inagotable con 2 o más bombas

Son **suministros hídricos dobles**, los compuestos por dos suministros singulares independientes.

Requieren un equipamiento de 2 o más bombas (preferentemente electro bomba y motobombas)

Son **suministros hídricos combinados**, los suministros ya sean singulares, superiores o dobles que abastezcan a más de un sistema fijo antiincendio, tal como hidrantes, bocas de incendio equipadas y rociadores



Cantidad de bombas a instalar

Veamos el tema desde el punto de vista de la ingeniería, independientemente de normativas o recomendaciones, el aspecto condicionante es el de la **confiabilidad del conjunto**. Eso implica contar con **la disponibilidad de equipo** en el momento en que se necesita. El análisis de fallas dice:

- La probabilidad de falla en el arranque de una sola máquina sobre una, es del orden de 10^{-2} (una falla sobre cien arranques)
- La probabilidad de arranque de una sobre dos máquinas es del orden de 1×10^{-4} y de una sobre tres, de 2×10^{-4} .

En resumen, un diseño confiable, cumpliendo las reglas del arte de la ingeniería debería comprender dos bombas como mínimo, a menos que exista una razón válida que garantice la disponibilidad del sistema de manera equivalente.

Cantidad de bombas a instalar

- Si bien la NFPA no indica expresamente nada al respecto, exige el cumplimiento de las pautas iniciales descritas. De manera que, los sistemas de arranque, operación y funcionamiento deben ser de tales características que aseguren el funcionamiento de la bomba contra incendio a cualquier precio. Esto partiendo de la base que la estación cuenta con una sola bomba.
- Para NFPA, la electro bomba tiene que poder funcionar con corriente a rotor bloqueado, sin ninguna protección respecto a la carga. El cableado y elementos de maniobra, deben ser dimensionados acorde a esta condición. Para el caso de motobomba, esta no debe equiparse con dispositivos de parada por baja presión de aceite o elevada temperatura de agua.
- Si se adoptan las recomendaciones del Cuerpo de Ingenieros o de la EN 12845, al contar con bomba de reserva, la concepción de sistema podría ser distinto, frente a la falla de una bomba, la otra debe poder reemplazarla.

Comentarios sobre la succión

Según NFPA 20, en ítem 5.14.3 **Tamaño de succión.**

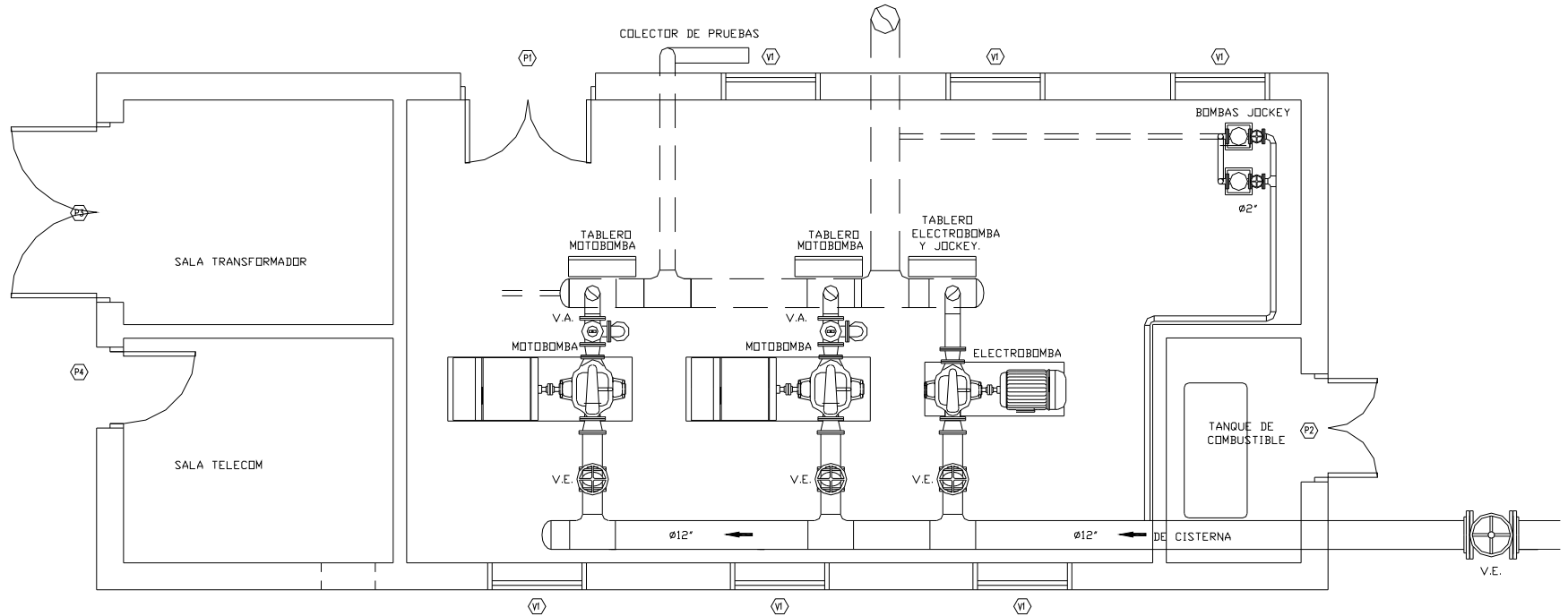
- 5.14.3.1 A menos que se cumplan con los requerimientos de 5.14.3.2, el tamaño de la tubería de succión de una bomba única o del colector de succión para bombas múltiples (funcionando en conjunto) deberá ser uno, en el cual, con todas las bombas operando a un 150 por ciento de la capacidad nominal, la presión del manómetro en las bridas de succión de la bomba deberá ser de **0 PSI (0 bar)** o mayor.
- 5.14.3.2 Los requerimientos de 5.14.3.1 no deberán aplicarse cuando el suministro es un tanque de succión con la base, con la misma elevación de la bomba, o superior, donde se permitirá que la presión del manómetro en la brida de la succión de la bomba descienda a **-3 PSI (-0.2 bar)** con el mínimo nivel de agua **después de que la máxima demanda y duración del sistema hayan sido provistos.**

Comentarios sobre la succión

- 5.14.3.3 La tubería de succión deberá dimensionarse de manera que, con las bombas funcionando a 150 por ciento de su capacidad nominal, la velocidad en la porción de la tubería de succión ubicada dentro de los **10 diámetros de tubería** antes de la brida de succión de la bomba no supere los **15 ft/sec (4.57 m/sec)**.
- 5.14.3.4 El tamaño de esa porción de la tubería de succión ubicada dentro de los 10 diámetros de tubería antes de la brida de succión de la bomba no deberá ser menor al especificado en la Sección 5.25

Veamos una aplicación particular, de un sistema de bombas funcionando en paralelo, caso Parque Industrial Fiat.

Sala de bombas Parque Industrial



SALA DE BOMBAS
ESCALA 1:50

Comentarios sobre la succión

Ejemplo: Cañería succión sistema de Parque Industrial:

- Altura agua cisterna: 4,65 m
- Capacidad 1000 m³
- Las bombas tienen las mismas prestaciones, caudal nominal de 227 m³/h (1000 GPM) a una presión nominal de 265 pies de c.a (81 m.c.a. ó 7,93 bar) (succión por Sección 5.25 del NFPA 20: 8")
- Al 150%, el caudal por bombas es de 1500 GPM (0,0946 m³/s)
- Colector de succión diámetro 12" sch. 40: 303,8 mm
- Sección 0,072176 m².
- Máxima velocidad permitida: 4,57 m/s
- Límite caudal: $4,57 \times 0,072176 = 0,3296 \text{ m}^3/\text{s} = 5224 \text{ GPM} \gg 1500 \times 1,8 = 2700 \text{ GPM}$ (c/u 1350 GPM) – (135% de Q_{nom} .)
- Longitud cañería de succión de 12" hasta última bomba: 25 m. A primera bomba: 22,5 m
- Separación entre conexiones de bomba 2,5 m
- Accesorios 12": Placa antivórtice, curva 90°, válvula esclusa, junta Dresser, curva 45°, T der.a 8"
- Longitud cañería de 8" de colector a bomba: 1,0 m
- Accesorios 8": reducción 12"/8", válvula esclusa, reducción a 6" bba

Comentarios sobre la succión

Operando las bombas en paralelo, la presión dinámica de succión a 5110 LPM (1350 GPM por bomba), es :

Bomba	Presión boca bomba (m.c.a.)		Presión límite (m.c.a.)
	H estática máx. (5,15 m)	H estática mín. (0,5 m)	
Bomba 1	3,97	-0,68	-2,04
Bomba 2	3,95	-0,69	-2,04

Pero, de acuerdo a lo que establece NFPA 20, se deben evaluar las condiciones de succión con todas las bombas erogando un caudal del 150% del nominal de manera simultánea (1500 GPM c/u). Las presiones dinámicas en esa condición son:

Bomba	Presión boca bomba (m.c.a.)		Presión límite (m.c.a.)
	H estática máx. (5,15 m)	H estática mín. (0,5 m)	
Bomba 1	3,71	-0,93	-2,04
Bomba 2	3,70	-0,94	-2,04

Comentarios sobre la succión

Para evitar cavitación, es necesario evaluar el ANPA (altura neta positiva de aspiración) disponible, para compararlo con el ANPA requerido por la bomba, operando al 150% del caudal nominal.

Veamos el ANPA o NPSH:

$$\text{NPSH}_{\text{disponible}} = \frac{p_{\text{atm}} + p_{\text{estático}} - p_{\text{vapor}}}{\rho \cdot g} + \frac{V_{\text{succión}}^2}{2g} - H_{\text{fricción}} \pm H_{\text{geom.}}$$

En la práctica la fórmula queda reducida a:

$$\text{NPSH}_{\text{disp}} = \text{ANPA}_{\text{disp}} \approx 10 - H_{\text{fricción}} \pm H_{\text{geom.}}$$

Comentarios sobre la succión

Para nuestro ejemplo

1. ANPA disponible para la 2º bomba, al 150% caudal y **máxima** altura estática.

$$\text{NPSH}_{\text{disp}} = \text{ANPA}_{\text{disp}} \approx 10 - 1,45 + 5,15 = 13,7 \text{ m.c.a.}$$

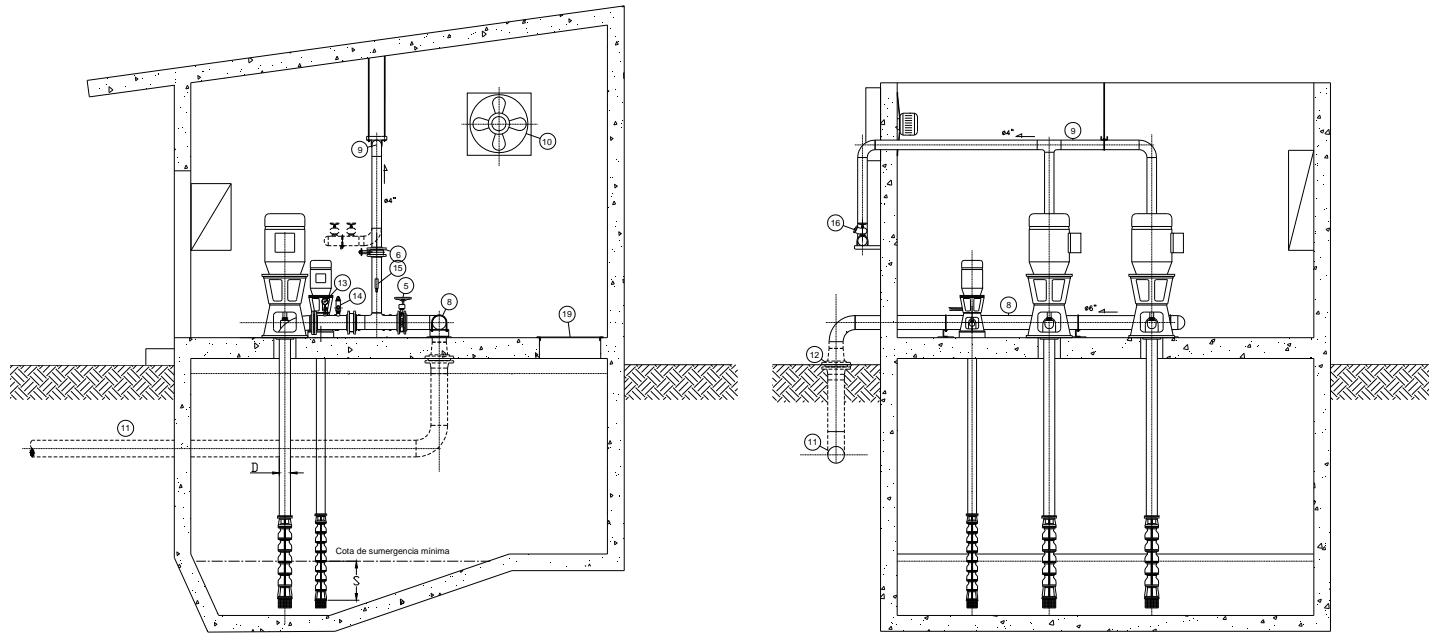
2. ANPA disponible para la 2º bomba, al 150% caudal y **mínima** altura estática

$$\text{NPSH}_{\text{disp}} = \text{ANPA}_{\text{disp}} \approx 10 - 1,45 + 0,5 = 9,05 \text{ m.c.a.}$$

De acuerdo al fabricante la bomba, el NPSH ó ANPA **requerido**, para un caudal del 150 % del nominal, es de 16 ft = 4,87 m, < ANPA **disponible**, verifica.

Caso succión en bombas verticales

En bombas verticales, además de los diámetros (D) de las cañerías de succión, se debe controlar la sumergencia para garantizar un funcionamiento seguro.



$$S(m) = D(m) + \frac{Q(l/s)}{1069 \times D^{1,5}}$$

Consideraciones sobre el arranque y la parada

NFPA 20:

- En el ítem 12.5 se establecen las condiciones de arranque y control de las bombas. En 12.5.2 funcionamiento **automático** y en 12.5.3 funcionamiento **no automático**.
- En 12.5.5 se definen los sistemas de detención, en **manual** (12.5.1) y **automático** (12.5.2)
- En 12.5.2.6, indica que si la bomba es la única fuente de suministro, **no debe permitirse apagado automático**.
- En 12.5.5 cuando la parada de las bombas principales sea automática deberá ser temporizada, luego de mantenerse por un período de **30 minutos** de funcionamiento, sin cambios en la presión.
- En A.12.5.5.2) indica que es preferible que el apagado sea **MANUAL**, para evitar riesgos de falta de agua, durante una operación de extinción de incendio.

Consideraciones sobre el arranque y la parada

FACTORY MUTUAL:

- Las bombas de incendio arrancan automáticamente a una presión predeterminada o **por flujo de agua**.
- Las bombas de incendio **arrancan de manera automática y paran manualmente**.
- Cuando se cuenta con un sistema de ensayo semanal automático, se requiere de arranque y parada automática de las bombas de incendio. Esto no requiere supervisión.
- En el caso que se haya previsto la parada manual de la bomba de incendio, se requiere de controlador de tiempo de rodaje y de supervisión.
- No se deben instalar válvulas de corte en las líneas de sensado de presión.
- **Fijar la presión de arranque de la bomba principal lo más próximo al punto de caudal cero** de la bomba a los efectos de **evitar golpe de ariete**.

Niveles de arranque y parada

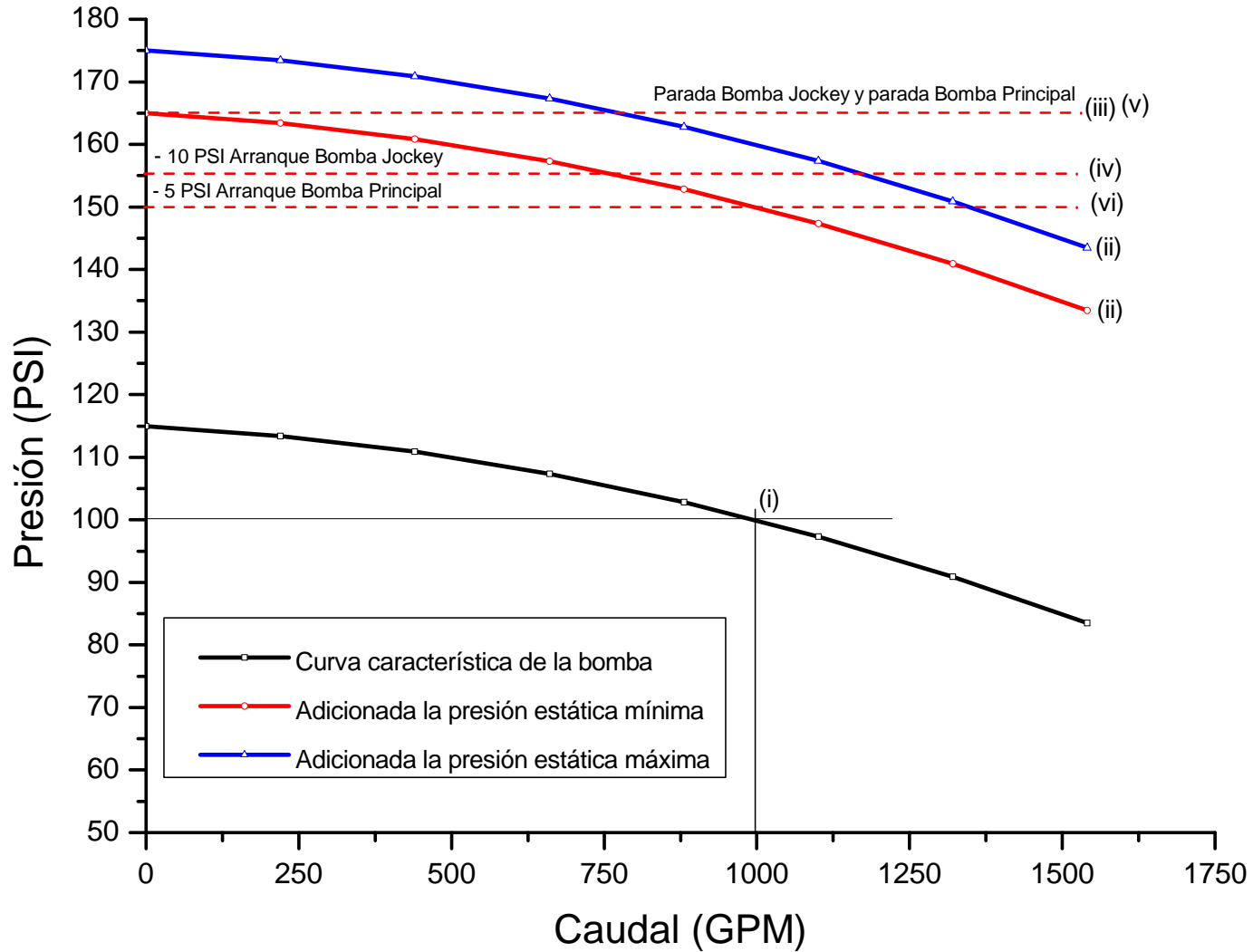
NFPA 20: A.14.2.7 El funcionamiento de la bomba contra incendio

Parámetros para bomba contra incendio: Cuando el sistema de bomba contra incendio arranque por caída de presión, deberá seguirse el siguiente arreglo.

- El punto de paro de la bomba jockey deberá igualar la presión de agitación (caudal 0), **más la presión mínima de suministro estático.**
- El punto de encendido de la bomba jockey deberá ser por lo menos 10 psi (0,68 bar) menor que el punto de paro de la bomba jockey.
- El punto de encendido de la bomba contra incendio deberá ser por lo menos 5 psi (0,34 bar) menor que el de la bomba jockey. Utilice incrementos de 10 psi (0,68 bar) por cada bomba adicional.
- Cuando se disponga de tiempos de rodaje mínimos, la bomba continuará funcionando después de obtener estas presiones. **Las presiones finales no deberán superar la presión nominal del sistema.**
- Cuando el diferencial de accionamiento de los interruptores de presión no permita establecer estos parámetros, estos deberán ser lo más cercanos a los que el equipo permita. Los parámetros deberán establecerse por las presiones observadas en los manómetros de prueba

Niveles de arranque y parada

Niveles de presiones según NFPA 20



Niveles de arranque y parada

FACTORY MUTUAL: FMDS 307 punto 2.6.4.6

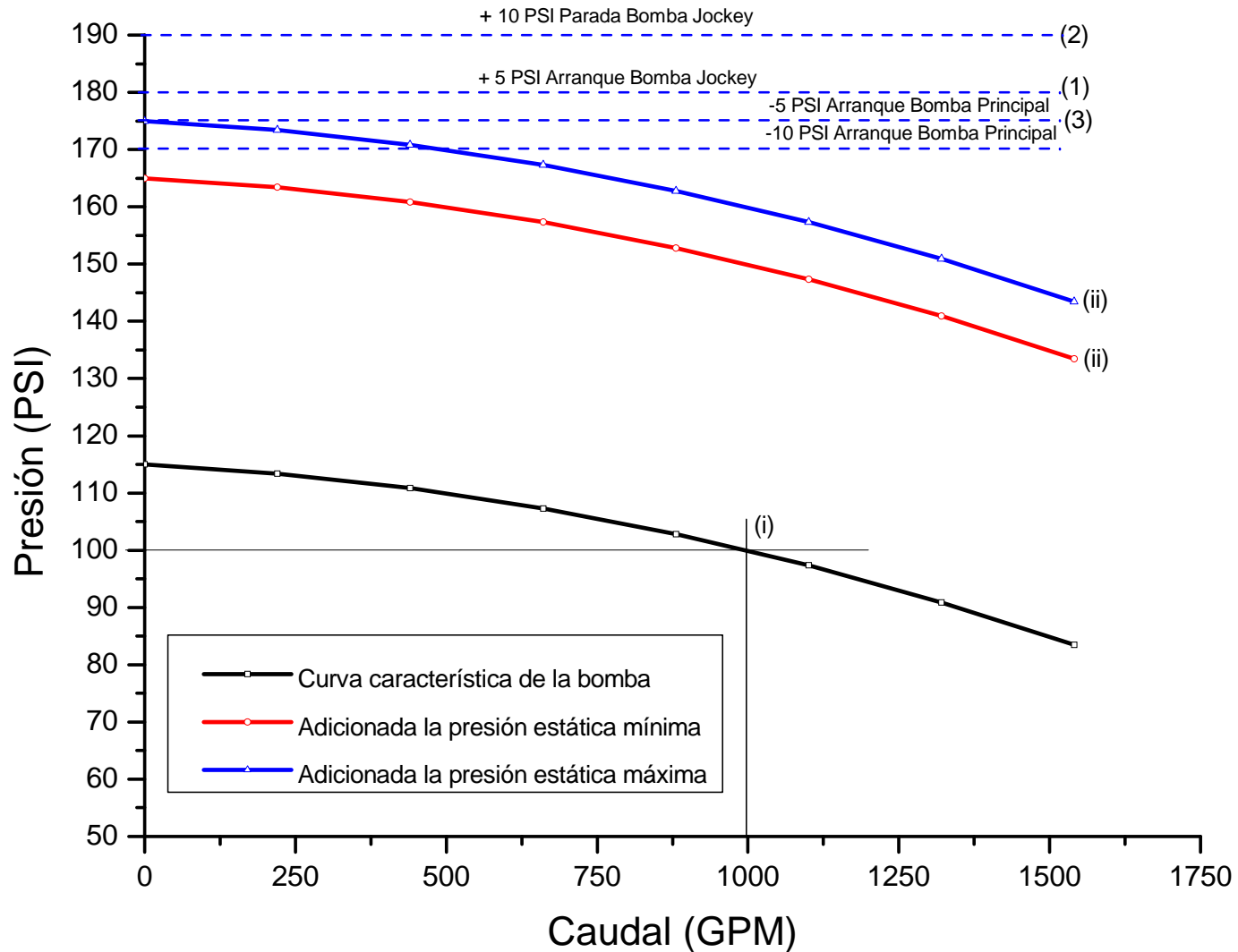
La FM en el punto 2.6.4.5 de la FMDS 307, dice: Establecer la presión de arranque de la bomba de incendio tan cerca como sea posible del punto de caudal cero (churn point) desarrollado por la bomba, para **evitar el golpe de ariete**.

Se debe disponer el sistema de bomba de incendio, cuando arranca por la caída de presión, de la siguiente manera:

- El punto de arranque de la bomba jockey es igual a la presión de la bomba en rotación (caudal nulo), más la **presión estática máxima aspiración** de la bomba, más 5 psi.
- El punto de parada de la bomba jockey es de 10 psi (70 kPa) más del punto de arranque de la bomba Jockey.
- El punto de arranque de la bomba de incendio es 5-10 psi (35-70 kPa) menor que el punto de arranque de la bomba jockey. Usar decrementos de 10 psi (70 kPa) para cada arranque de la bomba adicional.

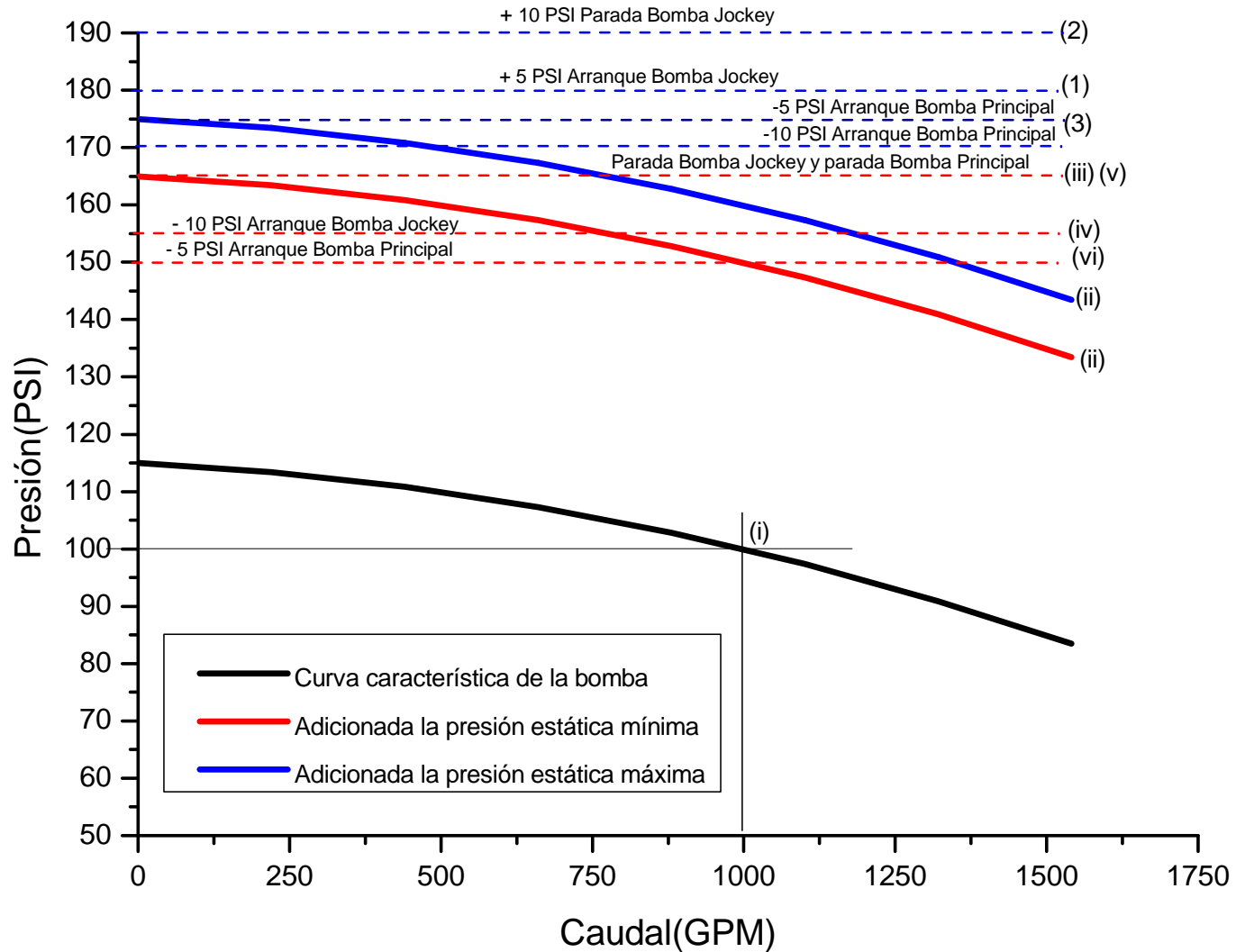
Niveles de arranque y parada

Niveles de presiones según FMDS 307



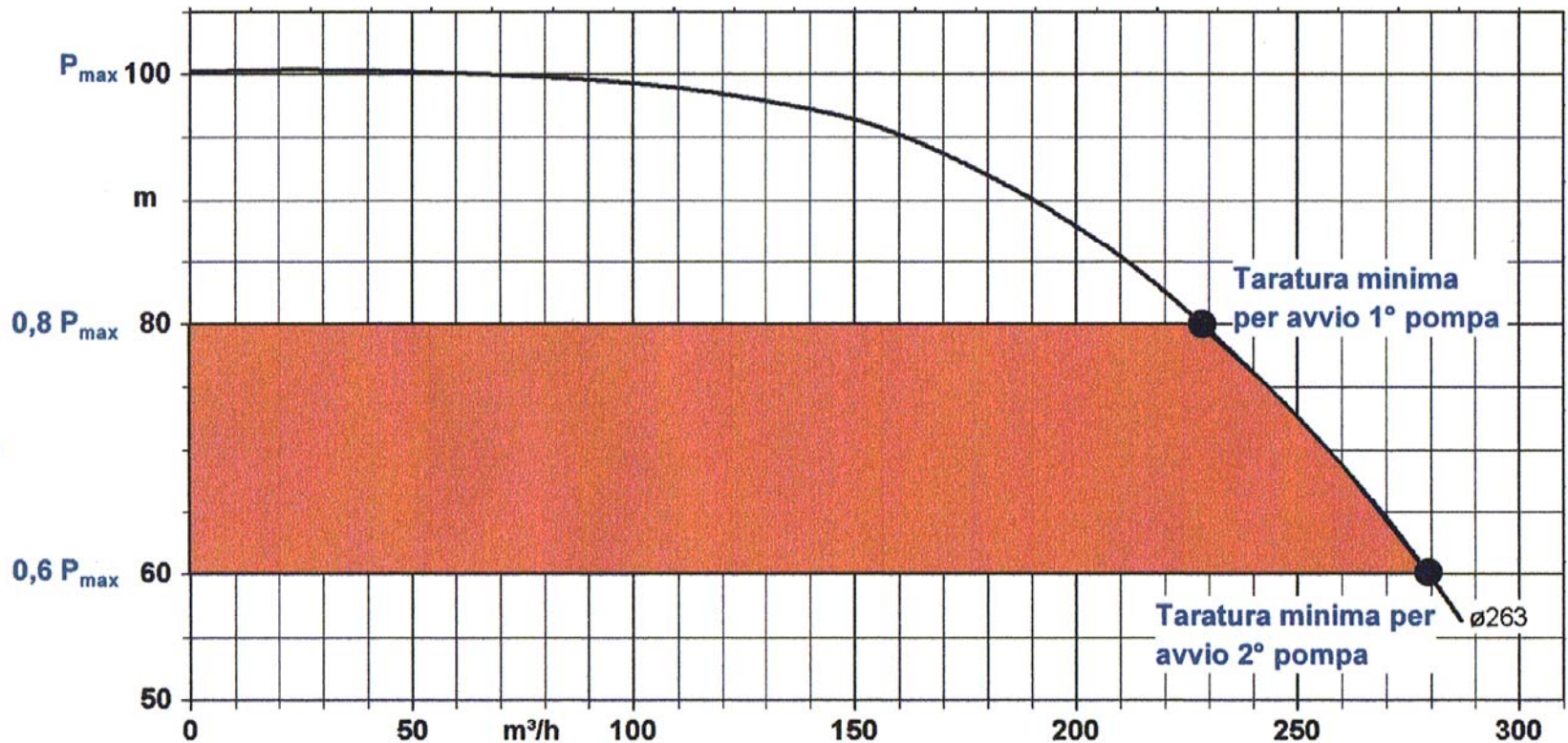
Niveles de arranque y parada

Niveles de presiones comparados



Niveles de arranque y parada

La normativa EN 12845:2009, establece para el arranque automático de las bombas principales los escalones que se muestran en la siguiente gráfica. La parada siempre manual.



El arranque y la parada en las bombas de incendio

Un tema recurrente es la determinación de los niveles de presión para la parada y arranque de las bombas de incendio, donde lo oculto detrás del problema, es el temido golpe de ariete.

El fenómeno de golpe de ariete aparece en conductos donde ocurren cambios bruscos de las condiciones de escurrimiento. Los casos habituales de **transitorios** que pueden dar lugar a **golpes de ariete u oscilaciones de masa**, son:

- Cierre brusco de una válvula
- Parada repentina de una bomba que alimenta un circuito hidráulico (ej. corte de suministro eléctrico)
- Puesta en marcha de una bomba
- Funcionamiento inestable de bombas.

Es esencial y necesario que el ingeniero sea capaz de predecirlo (golpe de ariete), a la vez estimar la presión máxima que puede llegar a producirse y si es posible, reducir esta presión, hasta que no supere los límites de seguridad de la instalación.

El establecimiento de la teoría básica se inicio con las contribuciones de Joukousky y Allievi hace alrededor de 85 años. A estas le siguieron muchas otras contribuciones como el cálculo numérico gráfico y las computadoras.

El arranque y la parada en las bombas de incendio

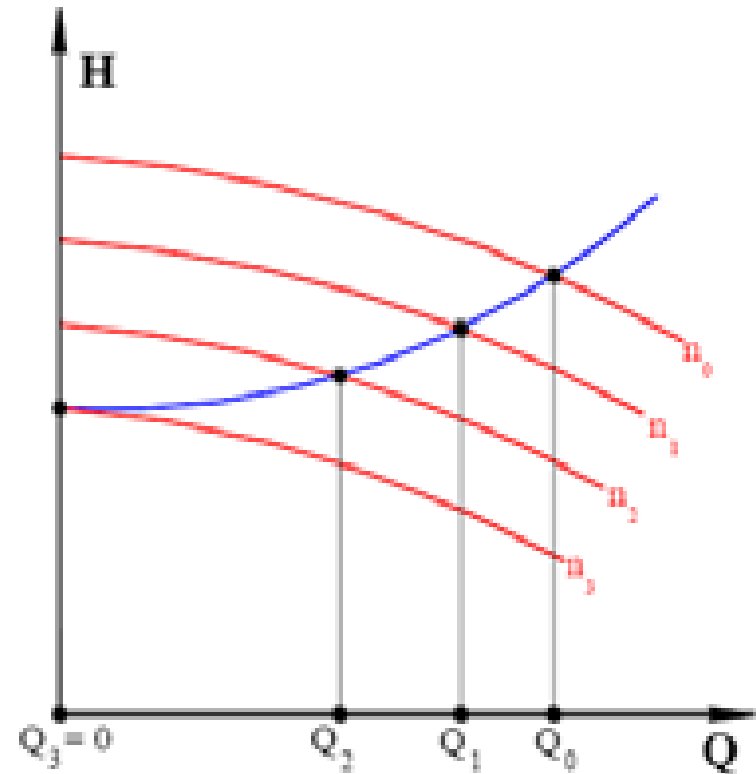
En la literatura especializada se dice:

- **Streeter:** De forma simplificada y manteniéndose dentro del rango de la seguridad, se puede tomar **la parada como equivalente a un cierre brusco** y al **arranque como golpe de presión igual a la presión máxima de la bomba**.
- **Departamento de hidráulica (UBA):** El arranque no supone una condición severa para el sistema, pues es difícil que se generen sobrepresiones superiores a las que produce la bomba funcionando a circuito cerrado. El arranque se suele tratar como una **oscilación de masa** (transitorios de cambio lento).
- **Uriel Mancebo del Castillo (Teoría del golpe de ariete):** establece que los efectos del golpe de ariete debidos **al arranque normal de una bomba centrífuga son generalmente mínimos**. Los problemas de operación en el arranque de la bomba pueden ser evitados incrementando el flujo en la tubería lentamente hasta colapsar o desalojar los espacios de aire suavemente.
- **Uriel Mancebo del Castillo (Teoría del golpe de ariete):** **para la tubería de succión, en el caso de parada brusca, el fenómeno es de menor incidencia por ser la cañería mucho más corta que la impulsión y los efectos son mínimos**

El arranque y la parada en las bombas de incendio

Hay que examinar en detalle lo que pasa cuando la bomba se detiene. En algunos casos es posible que aun detenida continúe circulando un caudal a través de la bomba.

Un tema en consideración para determinar el golpe de ariete, es la inercia de la bomba. El valor de la inercia de la bomba debe provenir de datos del constructor de la bomba y el motor de impulsión.



El arranque y la parada en las bombas de incendio

Análisis

Se debe distinguir previamente lo siguiente:

- Si la estación de bombas tiene **arranque y parada automática** (se presenta en los caso que exista un automatismo de prueba de la bomba de incendio)
- Si el **arranque** de la bomba de incendio **es automático** y **la parada manual** (caso general recomendado por NFPA y EN)
- Si el sistema provee agua contra incendio con **gran elevación estática**.

Evaluemos la situación en redes cerradas (rociadores automáticos) y en redes abiertas (diluvio)

El arranque

- **Para una red cerrada.** Es una red presurizada, el comando de arranque se efectúa por caída de presión, cuya toma está entre la válvula de retención y la válvula de aislamiento. La caída de presión será producto de la apertura de un rociador o manguera. Suponiendo el caudal más bajo, el de un rociador de unos 60 l/min, cual sería el retardo en la cañería presurizada de pasar del nivel de presurización a cero, siendo la cañería de acero? Fracciones de segundo. Y si fuera de PEAD?, varios segundos (dependiendo de la longitud). Si tenemos en cuenta que el tiempo de arranque de un motor eléctrico de manera directa ronda los 4 segundos y de un diesel de unos 10 segundos.

Esto nos está indicando que **no importa el punto de presión de donde está arrancando la bomba**, dado que encontrará la cañería despresurizada y deberá tomar carga para poder mover la masa de agua de casi estática, arrancando de un punto que casi nunca será el de caudal cero.

El arranque

	Acero	PEAD PN12,5 PE100
Resina		
Relación radio/pared	16,25 >10	4,51
Diámetro 8"	206,4 mm 20,64 cm	204,6 mm 20,46 mm
Espesor Sch 20	6,35 mm 0,635 cm	22,7 mm 2,27 mm
Perímetro	64,842624 cm	64,277136 cm
Sección	334,588 cm ²	328,778 cm ²
Presión máxima	12 kg/cm ²	12 kg/cm ²
Tensión	195,024 kg/cm ²	54,079 kg/cm ²
Módulo elástico	2100000 kg/cm ²	11843 kg/cm ²
Alargamiento radial	9,28684E-05 cm	0,004566351 cm
Alargamiento radial	0,000185737 cm	0,009132702 cm
Diámetro alargado	20,64018574 cm	20,4691327 cm
Sección alargada	334,594 cm ²	329,071 cm ²
Diferencia de sección	0,00602 cm ² 6,02186E-07 m ²	0,29358 cm ² 2,93577E-05 m ²
Longitud cañería	450 m	450 m
Variación volumen	0,000270984 m ³ 0,270983578 litros	0,013210986 m ³ 13,21098628 litros
Rociador ligero	61,5 l/min	61,5 l/min
Tiempo para presión cero	0,0044 min 0,2644 s	0,2148 min 12,8888 s

El arranque

- **Para una red abierta**, un sistema diluvio. En este caso la red está vacía y el agua tiene libertad de escurrir por ella desde la válvula diluvio hasta las boquillas. Al ser la contrapresión menor de la que tendría la red llena de agua (aguas abajo de la bomba), la bomba descargará un mayor caudal compatible con esa contrapresión, por lo tanto la velocidad de escurrimiento será mayor que en el caso anterior y **tampoco importa el punto de presión de donde está arrancando la bomba.**
- Si el sistema tiene una **elevada presión estática**, al arrancar la bomba encontrará una contra presión importante aguas abajo de la válvula de retención, o sea arrancará como si el arranque fuera a válvula parcializada, favoreciendo la rampa de crecimiento. **El punto de arranque estará algo por encima de la presión estática.** Este sistema mostrará menores situaciones de oscilaciones de masa.

La parada

Debemos distinguir 3 casos, parada manual, parada automática y fallo.

- **Parada manual:** en este caso la bomba se detiene luego que se haya cerrado la válvula de suministro, por lo tanto, la parada se efectúa a caudal casi cero o cero, por lo tanto la presencia de golpe de ariete es mínima.
- **Parada automática:** en este punto hay coincidencia con las propuestas de NFPA y FM, dado que para evitar transitorios importantes, deberá estar el sistema en la condición de casi caudal cero o cero para su detención y que no se detenga en un estado anterior cuando la bomba todavía está erogando caudal, con el consecuente transitorio de parada.
- **Un fallo de potencia en la bomba:** puede crear un cambio rápido en la energía de suministro del flujo, lo que causa **un aumento de la presión en el lado de succión y una disminución de presión en el lado de la descarga**. La disminución es usualmente el mayor problema. La presión en el lado de descarga de la bomba puede alcanzar la presión de vapor, resultando en la separación de la columna de agua. **Por lo tanto, este fenómeno es totalmente independiente de los puntos de arranque o de parada de los presostatos.**

El arranque y la parada en las bombas de incendio

Conclusiones:

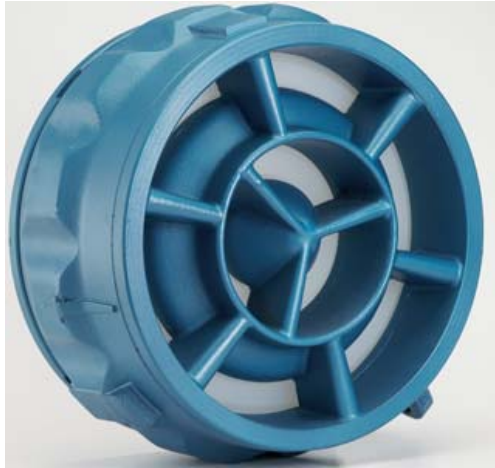
1. El fallo de potencia en la bomba de incendio, es el real causante de golpe de ariete en el sistema. **Es independiente de los niveles de arranque y parada de las bombas.** Requiere ser evaluado para todas las alternativas vistas, incluso para el caso de la parada automática.
2. En las instalaciones comunes la problemática del golpe de ariete es acotada, debiéndose seleccionar válvulas de aislamiento o corte con reducción o válvulas de cierre lento y en caso de uso de cañerías de PVC o PEAD, verificar si la máxima y mínima presión del golpe de ariete son compatibles con éstas cañerías.
3. En instalaciones con elevaciones importantes (edificios en altura) se deberá analizar cuidadosamente el comportamiento del sistema frente a los transitorios e incorporar sistemas de atenuación (válvulas de alivio o anticipadoras de golpe de ariete)

Casos testigos de golpe de ariete

		Planta FIAT		Corel State	
Caudal	Q	456 m ³ /h		43,8 m ³ /h	
		2000 GPM		200 GPM	
Presión	Hm	87 m.c.a.		120 m.c.a	
Altura geom.	Hg	25 m		76 m	
Cañería		Hierro dúctil		acero	
DN		250		4"	
Espesor		7,5 mm		6,02 mm	
Diám.Int.		265 mm		102,26 mm	
Celeridad	a	1224,47 m/s		1363,93 m/s	
Longitud	L	450 m		96,5 m	
Velocidad	v	2,30 m/s		1,48 m/s	
Longitud crítica	Lc	1909,60 m	>450	165,63 m	>96,5
Análisis Mendiluce					
Tiempo parada	Tc	3,119 seg		0,243 seg	
Delta H (Mendiluce)	ΔH	67,55 m.c.a.		120,0 m.c.a.	
Sobrepresión	Hmáx.	92,55 m.c.a.		196,0 m.c.a.	
Depresión	Hmín.	-42,55 m.c.a.		-44,0 m.c.a.	
Análisis Modelo Elástico corregido					
Tiempo parada	Tc	4,39 s		1,15 s	
Delta H	ΔH	35,97 m.c.a.		19,05 m.c.a.	
Sobrepresión	Hmáx.	60,97 m.c.a.		95,05 m.c.a.	
Depresión	Hmín.	-10,97 m.c.a.		56,95 m.c.a.	

CLASAR®:

La válvula de retención con una respuesta dinámica elevada



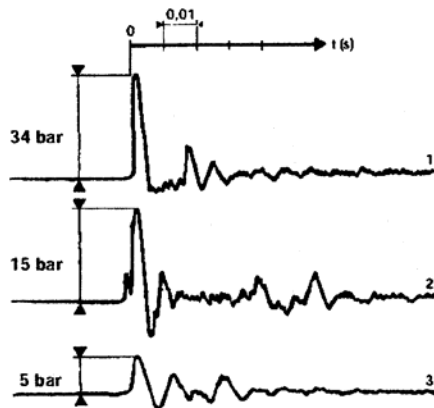
Ventajas

- En caso de paradas repentinas de emergencia de la bomba, la válvula de retención CLASAR® reduce las subidas de presión en la línea

Características

- El tiempo de cierre (respuesta dinámica) es una fracción de segundo
- Evita subidas de presión en la línea o las minimiza

Comparación de sobrepresión repentina



1. Válvula de clapeta única
2. Válvula de retención de doble clapeta
3. CLASAR®

Válvula de Alivio y Anticipadora de Golpe de Ariete

El fallo de energía en una bomba resulta en una baja transitoria en la presión, seguida por un incremento transitorio de presión. El control de alivio abre con la onda baja de presión inicial, desviando el egreso de la onda de presión alta del sistema. La válvula se ha anticipado al regreso de la onda de presión alta y se ha abierto para disipar el daño que causa el transitorio. La válvula cerrara lentamente sin generar mas transitorios futuros





GRACIAS