

### Criterios para la selección correcta de una Bomba Jockey

Un tema que ha causado quizás más polémica que la propia selección del caudal y presión de la bomba contra incendios, ha sido la selección correcta del caudal y presión de la bomba jockey, así como sus presiones de trabajo, de arranque y parada. Cuando el lector observe que he terminado escribiendo 12 páginas de este artículo pensará ¿Qué tan complejo resulta ser este tema para que se escriba tanto sobre esto?. Pues en verdad el tema resulta siendo algo complejo y ahora veremos por qué.

La norma NFPA 20 define a la bomba Jockey como una bomba sostenedora de presión diseñada para mantener la presión en el sistema contra incendios entre límites preestablecidos cuando no fluye agua, estas bombas deben usarse cuando se desea mantener una presión uniforme o relativamente alta en el sistema de protección contra incendios. Sin embargo no son obligatorias, y aunque puede considerarse una mala práctica, se podría usar la bomba contra incendios como bomba sostenedora de presión, lo que implicaría que estas bombas se enciendan periódicamente para recuperar la presión perdida por el sistema.



En el presente artículo trataremos este tema, y estableceremos las pautas necesarias para definir el caudal y presión requerido para una bomba Jockey y los parámetros de presión de arranque y parada para su configuración.

#### Selección del Caudal de la Bomba Jockey

No existe una regla clara para seleccionar el caudal de la bomba Jockey, una práctica común sin ningún sustento técnico es calcular el caudal como un porcentaje del caudal de la bomba contra incendios, algunos asumen que este caudal debe ser el 1% del caudal de la bomba contra incendios, de manera tal que para una bomba contra incendios de 100 gpm le corresponde una bomba jockey de 1 gpm y para una bomba de 5,000 gpm le corresponde una bomba jockey de 50 gpm. Otros asumen un caudal mucho mayor, he visto proyectos en los cuales el caudal puede llegar a ser hasta de 25 gpm para bombas contra incendios de 500 gpm de caudal nominal.

De esta manera, la tendencia a sobredimensionar el caudal de las bombas jockey es una constante que he encontrado en muchos proyectos de sistemas de agua contra incendios. Si este sobredimensionamiento no acarrea problemas podríamos decir que sería inocuo, pero no es así, una bomba Jockey cuyo caudal es muy alto puede provocar los siguientes problemas:

- En casos extremos de sistemas muy pequeños se produce un funcionamiento errático del tablero controlador de la jockey; esto es porque el incremento de presión en la línea sensora es tan

violento que el presostato del tablero no puede funcionar bien, el resultado es que el tablero enciende y apaga la bomba jockey varias veces en pocos segundos.

- Lo anterior deteriora los contactores eléctricos sin mencionar el daño al presostato.
- Con Bombas Jockey sobredimensionadas, el tiempo que la bomba permanece encendida es muy corto, digamos menos de 1 minuto, lo que es perjudicial para el motor eléctrico porque no permite que llegue a su temperatura de funcionamiento. En un ciclo constante de trabajo en frío y por corto tiempo, el motor termina deteriorándose prematuramente.
- En muchos casos como estos sistemas no funcionan bien, los propietarios terminan apagándolos. Al apagar la bomba jockey, la presión caerá y la bomba contra incendio arrancará; empezarán así los falsos arranques de la bomba contra incendio hasta que todos se “cansan” de la situación y terminan por apagar también la bomba contra incendio “porque siempre arranca sola”. Así se pierde todo el automatismo del sistema y el equipo termina abandonado.
- En caso de incendio, una bomba jockey sobredimensionada puede mantener una demanda sostenida de agua cuando algún dispositivo contra incendio se active, como por ejemplo un rociador, esto impedirá el arranque de la bomba contra incendios y por lo tanto el patrón de descarga del rociador sería ineficiente en ciclos de aumento y caídas de presión permanentes (aumenta y disminuye presión). El motor de la bomba jockey se encenderá y apagará constantemente lo que puede terminar haciendo saltar el relay térmico por sobrecalentamiento o dañando la bomba. Si el relay térmico no salta este comportamiento se mantendrá hasta que se abra un segundo o tercer rociador, dependiendo del caudal del rociador.

La NFPA 20 en su anexo explicativo establece que la bomba jockey deberá utilizarse donde se desea mantener una presión uniforme o relativamente más alta y que la capacidad de la bomba deberá diseñarse para rellenar el rango de goteo permisible dentro de 10 minutos o 1 gpm, el que sea mayor. Si bien esta es una guía y no una regla, nos deja claramente dos parámetros de evaluación:

**Parámetro del Caudal:** El caudal de la bomba Jockey debería ser al menos 1 gpm, sea cual fueran las demás variables a evaluar.

**Parámetro del Tiempo:** Una bomba Jockey debe encenderse y permanecer encendida no menos de 10 minutos con el propósito de recuperar la presión.

Entonces partiendo de estos parámetros, la pregunta que resolveremos a continuación es: ¿Qué afecta el caudal o el tiempo en el que a la bomba jockey le tomaría recuperar la presión?, resumiremos a continuación los siguientes elementos que afectan a estos parámetros:

**Tamaño del Sistema:** Un sistema muy grande y con muchos recorridos de tuberías, tendrá grandes volúmenes de agua contenidos en su interior, y viceversa, un sistema muy pequeño con pocos recorridos de tuberías tendrá pequeños volúmenes de agua contenidos. Imaginemos que introducimos 1 galón de agua en ambos sistemas, ¿cuál será el efecto que este galón de agua provoca en el sistema?, cuantitativamente no podemos evaluarlo porque en realidad no existen estudios serios que nos permitan poder colegir una relación entre el volumen del sistema y la cantidad de agua que debemos introducir con el fin de elevar la presión a la presión deseada.

Sin embargo podemos teorizar que existe una relación porcentual entre ambas variables, es decir asumiendo que el agua es un fluido no compresible, que la temperatura del agua es la misma en ambos sistemas, que no hay aire en el interior del sistema y que ambos sistemas son totalmente estancos (sea cual fuera la presión), podríamos decir que si 1 galón de agua incrementa la presión en 10 psi en un sistema que tiene 100 galones de volumen de agua almacenados, entonces 1 galón de agua bajo las mismas condiciones (todo lo demás constante), incrementará la presión en aproximadamente 1 psi en un sistema que tiene 1000 galones de volumen de agua almacenados.

Precisamente esto lo podemos observar cuando hacemos pruebas en los sistemas de bombeo contra incendios luego de cerrar la válvula de descarga principal del sistema contra incendios, con lo cual hacemos que el sistema se reduzca en volumen. Cuando hacemos esto notamos que la bomba jockey recupera la presión en milésimas de segundo, pero cuando abrimos la válvula de descarga principal, la recuperación de la presión se produce en un lapso más prolongado, que depende finalmente del volumen de agua contenido en el sistema.

Este análisis intuitivo nos lleva a determinar que el caudal de la bomba jockey debería ser dependiente del volumen de agua contenido en el sistema, si hubiera un estudio serio al respecto podríamos saber cuál es el caudal que requerimos para recuperar la presión en al menos 10 minutos, según el volumen de agua almacenado en el sistema. Como no existe un estudio de este tipo, porque presumo debe ser muy complejo hacer un análisis (como veremos más adelante), por lo pronto diremos simplemente que el diseñador debe incrementar el caudal de la bomba en función del volumen de agua contenido en el sistema, y viceversa debe preocuparse en no incrementar mucho este caudal en sistemas de poco volumen.

**Contenido de Aire:** La complejidad de determinar el caudal de una bomba jockey en función del volumen de agua contenido en el sistema, tiene como principal causa al aire contenido en su interior. Como los sistemas contra incendios nunca están completamente exentos de tener aire al interior, entonces resulta muy complejo evaluar el caudal en función del volumen, cuando se mezclan al interior fluidos compresibles con no compresibles. El aire actúa como un resorte que se comprime permitiendo que se eleve la presión a medida que se comprime, mientras más aire hay al interior de la tubería, mayor será el tiempo para que una bomba jockey de un determinado caudal recupere la presión. Este tema no se puede cuantificar y es muy complejo de predeterminar, por cuanto ni el proyectista, ni el instalador pueden determinar a ciencia cierta cuánto aire hay o habrá dentro de una tubería en un tiempo determinado o en una situación en particular. Los sistemas que entran en funcionamiento luego de ser purgados y que jamás se tocan podrán tener una cantidad de aire fija que es la que quedó luego de ponerlos en marcha, pero en sistemas que sufren constantes modificaciones, despresurizaciones y presurizaciones constantes, es muy difícil saber el contenido de aire en el sistema. Por ejemplo, típicamente en un centro comercial con tiendas pequeñas, donde todo el tiempo se hacen implementaciones, modificaciones y reparaciones del sistemas de rociadores, la cantidad de aire contenida en el sistema variará en el tiempo, y esto afectará el tiempo en el que la bomba jockey estará encendida.

En algunos casos la bomba jockey puede estar encendida por mucho más de 10 minutos, por ejemplo por media hora, trabajando con la curva pegada a la izquierda y generando un esfuerzo en la misma en su intento por incrementar la presión. Esto se debe a que el aire actúa como un compensador de presión que se comprime lentamente impidiendo que la bomba pueda alcanzar su presión de parada por un largo

periodo de tiempo. Finalmente un trabajo de este tipo provocará que la bomba jockey se dañe con el tiempo, y como vemos una red de agua contra incendios con excesivo aire en su interior, no sólo causa problemas de corrosión, sino el daño eventual de la bomba jockey cuando es sometida a un largo tiempo trabajando bajo estas condiciones.

**Fugas en juntas de empaque:** El dimensionamiento de la bomba jockey también es dependiente de la cantidad de juntas de empaque enterradas, ya que éstas normalmente fugan todo el tiempo. Esta falta de estanqueidad o presencia de fugas normales, ha sido tomada en cuenta por la normativa NFPA, la cual no evita que existan, sino que establece un límite máximo o tolerancia que deben tener estas fugas. En este sentido las bombas jockey en los sistemas de protección contra incendios que dan servicio a grandes redes de tuberías enterradas deben ser más grandes que las bombas Jockey que sólo sirven a sistemas que sólo tienen tuberías aéreas.

El nivel de fugas aceptable en las normas NFPA para las tuberías enterradas, está en función de la longitud de tubería ensayada, el diámetro nominal de la tubería en pulgadas y la presión promedio ejercida durante la prueba, quedando definida de la siguiente manera:

$$L = \frac{SD\sqrt{P}}{148,000}$$

- L = Máxima cantidad de agua en galones por hora (gph) que puede permitirse sea consumida del depósito tarado, para que el sistema se considere que ha aprobado la hidrostática.
- S = Longitud en pies de la tubería ensayada.
- D = Diámetro nominal de la tubería en pulgadas.
- P = Presión de prueba promedio durante la prueba hidrostática en psi.

Lo que debe quedar claro ahora es que el caudal de la bomba jockey podría depender de variables tan complicadas de evaluar como la longitud de las tuberías enterradas, el diámetro de las tuberías y la presión de trabajo promedio calculada para el sistema. Esta última variable es importante, porque como vemos en la formula anterior, existe una relación directa entre las fugas tolerables por el sistema y la presión del sistema, lo que quiere decir que si duplicamos la presión de trabajo del sistema o la presión de programación de la bomba jockey, duplicamos proporcionalmente el caudal compensatorio requerido para la bomba jockey.

**Temperatura del Agua:** La temperatura cambiante del agua también nos puede hacer pasar algunas malas experiencias, un sistema aéreo y expuesto a temperaturas ambientales que es sometido a temperaturas muy cambiantes, también puede afectar el caudal requerido por la bomba jockey. Si la temperatura del agua aumenta como consecuencia del aumento de la temperatura ambiental, aumentará la presión en el sistema y consecuentemente será menor el caudal de la bomba jockey requerido para compensar la caída de presión, y viceversa cuando la temperatura ambiental baja. Afortunadamente considero que esta variable muy compleja, es la de menor importancia para la evaluación del caudal requerido por una bomba jockey.

**Caudal del sistema menos demandante:** Para situaciones en las que la bomba jockey sólo sirve para tuberías sobre tierra para sistemas de rociadores contra incendios, la bomba de mantenimiento de presión debe dimensionarse para proporcionar un flujo inferior al de un rociador contra incendios. Como vimos anteriormente, una bomba jockey que pueda suplir el caudal de un rociador puede mantener una demanda sostenida de agua cuando éste se active, esto impedirá el arranque de la bomba contra incendios y por lo tanto el patrón de descarga del rociador sería ineficiente en ciclos de aumento y caídas de presión permanentes. El motor de la bomba jockey se encenderá y apagará constantemente lo que puede terminar haciendo saltar el relay térmico por sobrecalentamiento o dañando la bomba. Si el relay térmico no salta este comportamiento se mantendrá hasta que se abra un segundo o tercer rociador, dependiendo del caudal del rociador. Típicamente esto puede suceder por ejemplo si calculamos una bomba jockey de más de 15 gpm en un sistema de rociadores que tiene rociadores con factor  $K=5.6$ .

### Selección de la Presión de la Bomba Jockey

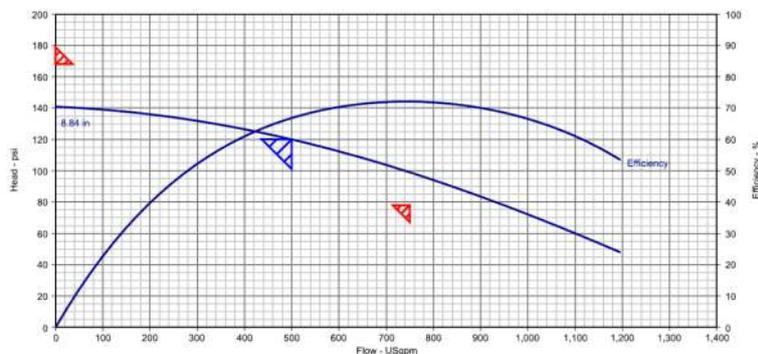
Para la selección de la presión de la bomba jockey existen procedimientos cuantitativos más claros, el anexo explicativo de la norma NFPA 20 establece los siguientes criterios específicos que son muy fáciles de evaluar:

- El punto de parada de la bomba jockey debe ser igual a la presión máxima a caudal cero de la bomba contra incendios más la presión de suministro estática mínima.
- El punto de arranque de la bomba jockey debe ser al menos 10 psi menos que el punto de parada de la bomba jockey.
- El punto de arranque de la bomba contra incendios debe ser al menos 5 psi menos que el punto de arranque de la bomba jockey.
- Si bien esto no es algo recomendable, cuando se proporcionan tiempos de funcionamiento mínimos para la bomba contra incendios, ésta continuará funcionando después de alcanzar la presión de arranque.
- Cuando el diferencial de operación de los interruptores de presión no permita estos ajustes, los ajustes deben estar tan cerca como lo permita el equipo. Los ajustes deben establecerse por las presiones observadas en los medidores de prueba.

A continuación haremos algunos ejercicios prácticos con el fin de aplicar todos los conceptos que hemos desarrollado en este artículo.

### Ejercicio Práctico 1

Un sistema contra incendios está equipado con una bomba contra incendios de 500 gpm @ 120 psi, cuya presión a caudal cero se incrementa a 140 psi, según la curva que se muestra a continuación. La bomba se encuentra conectada a una



tanque que genera una columna de agua de 3.5 metros (5 psi).

El sistema está conectado a una red enterrada de 6" x 5000 pies de largo que ha sido probada hidrostáticamente a 200 psi cumpliendo los niveles de fuga aceptables indicados por la norma 24. El sistema se encuentra equipado con rociadores, siendo el de menor orificio un rociador con factor  $K= 4.2$ .

Calcule el caudal, presión y parámetros de programación aceptables para la bomba jockey en este caso.

### Solución del Cálculo de Presión de la Bomba Jockey

Para resolver este ejercicio tenemos que hallar primero las presiones de trabajo y de programación de la bomba jockey y las presiones de programación de la bomba contra incendios, esto nos servirá luego para la calcular las fugas permisibles en el sistema. Para calcular las presiones seguiremos las indicaciones de la norma NFPA 20.

- El punto de parada de la bomba jockey debe ser igual a la presión máxima a caudal cero de la bomba contra incendios, más la presión de suministro estática mínima. En este caso la presión máxima a caudal cero de la bomba contra incendios es 140 psi más 5 psi de presión en la succión ocasionado por la columna estática del tanque. Consecuentemente la presión de parada de la bomba jockey es 145 psi.
- El punto de arranque de la bomba jockey debe ser al menos 10 psi menos que el punto de parada de la bomba jockey. Por lo tanto la presión de arranque de la bomba jockey será 10 psi menos que la presión de parada, es decir 135 psi.
- El punto de arranque de la bomba contra incendios debe ser al menos 5 psi menos que el punto de arranque de la bomba jockey. Por lo tanto la presión de arranque de la bomba contra incendios será 5 psi menos que la presión de arranque, es decir 130 psi.
- Si se quiere proporcionar en la programación tiempos de funcionamiento mínimos para la bomba contra incendios, de manera tal que la bomba se apague automáticamente cuando no existe consumo en el sistema, ésta continuará funcionando después de alcanzar la presión a caudal cero, que viene a ser la suma de la presión a caudal cero de la bomba contra incendios (140 psi) más la presión estática en la succión (5 psi), es decir la presión de parada de la bomba contra incendios es 145 psi.

Los resultados resumidos de todos estos puntos de trabajo serán los siguientes:

Presion Nominal BCI	Presion a Caudal Cero	Presion en la Succion	Presion de Parada BJ	Presion de Arranque BJ	Presion de Parada BCI	Presion de Arranque BCI
<b>Pn</b>	<b>P0</b>	<b>PS</b>	<b>PPBJ</b>	<b>PABJ</b>	<b>PPBCI</b>	<b>PABCI</b>
<b>psi</b>	<b>psi</b>	<b>psi</b>	<b>psi</b>	<b>psi</b>	<b>psi</b>	<b>psi</b>
120.00	140.00	5.00	145.00	135.00	145.00	130.00

Antes de proceder a calcular el caudal de la bomba jockey aplicaremos las siguientes notas:

**Conocimiento de la curva de la bomba contra incendios**

Como el proyectista durante la etapa de diseño no tiene ese dato, pues no conoce la curva de la bomba que el instalador elegirá, se puede asumir un incremento en un 20% de la presión de la bomba contra incendios a caudal cero con respecto a la presión de la BCI en el punto de trabajo. En este caso, sin conocer la curva de la bomba contra incendios podíamos asumir a priori, que la presión a caudal cero de la bomba contra incendios es  $120 \text{ psi} \times 1.2 = 144 \text{ psi}$ .

**Diferenciales de presión en Bomba Jockey mayores a los mínimos establecidos por la norma NFPA 20**

Mi opinión es que mientras no estemos hablando de presiones tan altas, lo mejor es que el diferencial entre el arranque y parada de la bomba jockey sea 20 psi y no 10 psi, para ello es necesario recordar que la norma NFPA 20 indica que el mínimo diferencial debe ser 10 psi, pero no dice que no podamos usar un diferencial mayor. Usar 20 psi en vez de 10 psi, nos permite en muchos casos que la bomba jockey encienda menos veces y que trabaje un poco más de tiempo cuando enciende. Sin embargo esta regla puede no ser útil en edificios de gran altura, donde las presiones estáticas son muy altas.

**Diferenciales de presión en el arranque de la bomba contra incendios mayores a los mínimos establecidos por la norma NFPA 20**

Mi opinión es que mientras no estemos hablando de presiones tan altas, lo mejor es que el diferencial entre el arranque de la bomba jockey y el arranque de la bomba contra incendios sea 10 psi y no 5 psi, para ello es necesario recordar que la norma NFPA 20 indica que el mínimo diferencial debe ser 5 psi, pero no dice que no podamos usar un diferencial mayor. Usar 10 psi en vez de 5 psi, nos permite alejar la posibilidad de arranque de la bomba contra incendios como consecuencia de algún patrón errático del sistema o una mala operación de un usuario. Sin embargo, nuevamente, esta regla puede no ser útil en edificios de gran altura, donde las presiones estáticas son muy altas.

**Presión de apagado de la bomba contra incendios**

La presión de apagado de la bomba contra incendios es optativa, se puede no programar, de esta manera la bomba queda siempre encendida hasta que alguien la apague manualmente. En mi opinión es una mejor alternativa dejarla siempre encendida lo que no contraviene la norma, pero hay casos donde la lejanía del cuarto de bombas, el uso intensivo de los sistemas contra incendios o el tipo de instalación, alientan el uso de sistemas de bombeo contra incendios implementados con apagado automático. Por ejemplo, si estamos realizando prácticas de entrenamiento constantemente con bomberos industriales, que duran muchas horas, y que pasan por lapsos de tiempo prolongados en que no se descarga agua, y la bomba contra incendios se encuentra alejada del punto de maniobras, sería recomendable que la bomba contra incendios se apague luego de que alcance la presión de programación y se vuelva a encender cuando sea requerido por el sistema.

Si aplicáramos todos estos conceptos al cálculo anterior, la programación del sistema sería la siguiente:

Presion Nominal BCI	Presion a Caudal Cero	Presion en la Succion	Presion de Parada BJ	Presion de Arranque BJ	Presion de Parada BCI	Presion de Arranque BCI
Pn	P0	PS	PPBJ	PABJ	PPBCI	PABCI
psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi
120.00	144.00	5.00	149.00	129.00	-	119.00

### Solución del Cálculo de Caudal de la Bomba Jockey

Para poder conocer el límite de fugas permisibles en el sistema de tuberías enterradas, era necesario saber la presión a la cual trabaja este sistema, como sabemos ahora la presión máxima del sistema es la presión de parada de la Bomba Jockey (145 psi), con lo cual las fugas permisibles se calculan aplicando la fórmula siguiente:

$$L = \frac{SD\sqrt{P}}{148,000}$$

De esta manera aplicando los valores del ejercicio, las máximas pérdidas en galones por hora permitidos para este sistema son 2.44 gph, lo que nos da 58.58 galones por día. Si queremos que la bomba jockey se encienda al menos una vez por día por un periodo de 10 minutos, entonces el caudal resultante para la operación de la bomba jockey es 5.86 gpm.

Longitud en pies de la tubería	Diámetro nominal de la tubería	Presión de Parada BJ	Máxima pérdida por hora	Máxima pérdida por día	Caudal BJ
S	D	P	L	Ld	L10min
pies	pulgadas	psi	gph	gpd	gpm
5000.00	6.00	145.00	2.44	58.58	5.86

Como el periodo de funcionamiento de la bomba Jockey según lo indica NFPA 20 es mínimo 10 minutos, lo cual es una buena práctica, ya que esto permitiría que la bomba permanezca encendida por un periodo de tiempo que le permita alcanzar una temperatura de funcionamiento adecuada, sin apagarse prematuramente, determinamos que una bomba de 5 gpm recuperará 58 galones por día de agua perdida, en un periodo aproximado de 12 minutos.

Nótese que si aplicamos el segundo cálculo con una presión de parada de la bomba jockey de 149 psi, las fugas se incrementan a 59.38 galones por día, con lo cual una bomba jockey de 5 gpm se seguirá encendiendo por un periodo de 12 minutos.

Longitud en pies de la tubería	Diámetro nominal de la tubería	Presión de Parada BJ	Máxima pérdida por hora	Máxima pérdida por día	Caudal BJ
S	D	P	L	Ld	L10min
pies	pulgadas	psi	gph	gpd	gpm
5000.00	6.00	149.00	2.47	59.38	5.94

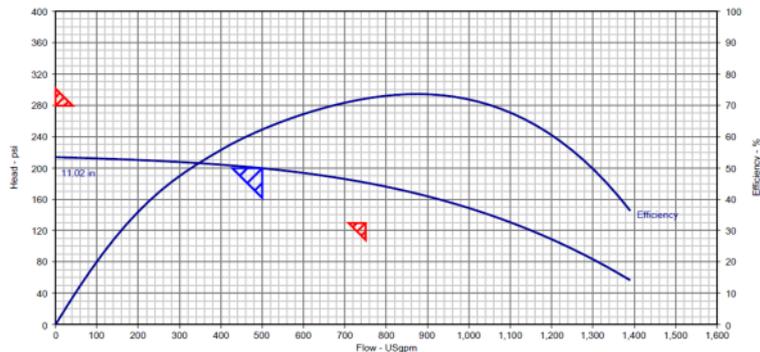
Finalmente procederemos a contrastar el caudal del rociador de menor orificio que tiene factor K= 4.2, el cual al trabajar a la mínima presión permitida descarga 11 gpm. Por lo tanto el caudal de la bomba jockey calculado (5 gpm) es consistente con el caudal del rociador de menor caudal instalado en este sistema.

### Solución

La bomba Jockey para este ejercicio será de 5 gpm @ 145 psi o 150 psi dependiendo del diferencial de presión a aplicar.

### Ejercicio Práctico 2

Un edificio de 20 pisos de altura se encuentra equipado con una bomba contra incendios de 500 gpm @ 200 psi, cuya presión a caudal cero se incrementa a 220 psi, según la curva que se muestra a continuación. La bomba se encuentra conectada a un tanque que genera una columna de agua de 3.5 metros (5 psi). La presión residual ha



sido estimada en 100 psi en la válvula para uso de bomberos hidráulicamente más remota. Las pérdidas de presión por altura han sido determinadas sobre la base de pisos de una altura de 2.8 metros, por lo que para una altura total de 20 pisos se tiene una columna de agua de 56 metros, que genera una altura piezométrica de aproximadamente 80 psi y una pérdida de presión por fricción aproximada de 20 psi.

El sistema está conectado a una red aérea de 6" y se encuentra equipado con rociadores, siendo el menor orificio un rociador con factor  $K=5.6$ .

Calcule el caudal, presión y parámetros de programación aceptables para la bomba jockey en este caso, asumiendo 3 casos:

- Aplicando un diferencial de 10 y 5 psi entre el arranque y parada de la bomba jockey y bomba contra incendios respectivamente, y con la curva de la bomba contra incendios conocida.
- Aplicando un diferencial de 20 y 10 psi entre el arranque y parada de la bomba jockey y bomba contra incendios respectivamente, y con la curva de la bomba contra incendios conocida.
- Aplicando un diferencial de 20 y 10 psi entre el arranque y parada de la bomba jockey y bomba contra incendios respectivamente, y con la curva de la bomba contra incendios desconocida.

### Solución del Cálculo de Presión de la Bomba Jockey

Siguiendo los mismos procedimientos de la norma NFPA 20, en este caso obtenemos los siguientes resultados de acuerdo al criterio que corresponda a cada uno de los 3 casos indicados.

Criterio	Presion Nominal BCI	Presion a Caudal Cero	Presion en la Succion	Presion de Parada BJ	Presion de Arranque BJ	Presion de Parada BCI	Presion de Arranque BCI	Sensacion de Presion en el Ultimo Piso al Arranque
----	Pn	P0	PS	PPBJ	PABJ	PPBCI	PABCI	SPBCI
----	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi
10/5 Conocida	200.00	220.00	5.00	225.00	215.00	225.00	210.00	130.00
20/10 Conocida	200.00	220.00	5.00	225.00	205.00	225.00	195.00	115.00
20/10 Desconocida	200.00	240.00	5.00	245.00	225.00	245.00	215.00	135.00

Como podemos apreciar la presión de trabajo de la bomba jockey a la parada oscilaría entre 245 y 225 psi, lo que generaría una presión estática en el último piso de este edificio de 80 psi menos, es decir presiones estáticas que oscilarían entre 165 psi y 145 psi. La presión de arranque de la bomba contra incendios oscilaría entre 195 y 215 psi generando una sensación de presión al operador de la válvula para uso de bomberos, al momento del arranque de la bomba contra incendios, que oscila entre 135 y 115 psi. Esto provocaría que al momento que comience a circular el agua por la manguera del último piso, la presión comience a bajar a medida que se activan las pérdidas de presión por fricción que hemos calculado en 20 psi, con lo cual la presión del sistema se estabilizará en o cerca a 100 psi.

Analizando este caso, ¿tendría sentido trabajar con presiones tan altas?, ¿Sería el criterio de la norma NFPA 20 adecuado para este caso? Mi respuesta o criterio personal es que no tendría sentido trabajar con presiones tan altas y en este caso el criterio de la norma NFPA 20 no resulta apropiado, o es innecesario trabajar con tan altas presiones.

Un criterio que personalmente aplicaría en este caso es analizar a qué presión en el último piso desearía que el operario tenga la sensación de presión al momento de la apertura de la válvula y la activación de la bomba contra incendios la programaría en función de esa sensación de presión.

Por ejemplo en este edificio de 20 pisos con una columna de 56 metros y una altura piezométrica de 80 psi en el caso hidráulicamente más exigente, la caída de presión en la cual programaría el sistema sería una tal que me genere un incremento de presión en el último piso, al momento del arranque de la bomba contra incendios, de 20 psi. Por lo tanto la siguiente sería mi elección de bomba jockey.

Criterio	Presion Nominal BCI	Presion a Caudal Cero	Presion en la Succion	Presion de Parada BJ	Presion de Arranque BJ	Presion de Parada BCI	Presion de Arranque BCI	Sensacion de Presion en el Ultimo Piso al Arranque
----	Pn	P0	PS	PPBJ	PABJ	PPBCI	PABCI	SPBCI
----	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi
10/5 Conocida	200.00	220.00	5.00	175.00	165.00	225.00	160.00	80.00
20/10 Conocida	200.00	220.00	5.00	190.00	170.00	225.00	160.00	80.00
20/10 Desconocida	200.00	240.00	5.00	190.00	170.00	245.00	160.00	80.00

Nótese que en este caso el operario del último piso tendría que esperar a que la presión en el piso llegue a 80 psi para que la bomba contra incendios se active a una presión de 160 psi en el cuarto de bombas. Al arrancar la bomba contra incendios, la presión en el cuarto de bombas se incrementaría a algo más de 200 psi, generando un incremento en la presión en el último piso desde 80 psi a algo menos de 120 psi, los valores exactos no se pueden determinar ya que dependen de la demanda del sistema y de la curva de la bomba contra incendios.

Una caída de presión a 80 psi se puede lograr fácilmente durante el llenado de la manguera contra incendios antes que el operador haya abierto el pitón. Cuando el Operador haya abierto el pitón, la bomba

contra incendios ya estará encendida y la presión estática alrededor de 120 psi, la cual caería a 100 psi a medida que el caudal se aproxime a los 500 gpm.

En este caso el presostato de la bomba contra incendios sería programado a 160 psi, y el de la bomba jockey en 190/170 psi o 175/165 psi según sea el caso. Optaría yo en este caso por las presiones más bajas posibles para el sistema, con el fin de causar el menor estrés posible a la red en el largo plazo, por lo que escogería en este caso una programación de 175/165/160 psi.

En edificios más altos con requerimientos de presión más altos, iría jugando con la sensación de presión en el último piso al arranque de la bomba contra incendios, de manera tal que evite en lo posible que las presiones en el sistema superen los 175 psi. El límite podría ser la presión de la columna de agua del edificio, en otras palabras la presión diferencial entre el cuarto de bombas y la válvula hidráulicamente más remota, más un margen de seguridad aplicable.

### Solución del Cálculo de Caudal de la Bomba Jockey

En este caso como quiera que el caudal del rociador de menor orificio que tiene factor  $K= 5.6$ , es de 15 gpm y no hay pérdidas de presión por tuberías enterradas, podemos utilizar cualquier caudal menor a 15 gpm que consideremos apropiado de acuerdo a la disponibilidad del fabricante. Por ejemplo bien podríamos escoger un caudal de 1 gpm como umbral mínimo.

### Ejercicio Práctico 3

Forcemos aun más el calculo anterior, esta vez con un edificio de 40 pisos de altura equipado con una bomba contra incendios de 500 gpm @ 280 psi, cuya presión a caudal cero es 300 psi. La bomba se encuentra conectada a un tanque que genera una columna de agua de 3.5 metros (5 psi). La presión residual ha sido estimada en 100 psi en la válvula para uso de bomberos hidráulicamente más remota. Las pérdidas de presión por altura han sido determinadas sobre la base de pisos de una altura de 2.8 metros, por lo que para una altura total de 40 pisos se tiene una altura de 112 metros, que genera una altura piezométrica de aproximadamente 160 psi y una pérdida de presión por fricción aproximada de 20 psi. El sistema está conectado a una red aérea de 6" y se encuentra equipado con rociadores, siendo el de menor orificio un rociador con factor  $K= 5.6$ .

### Solución del Cálculo de Presión de la Bomba Jockey

En este caso es tanto el diferencial de presión, que la única forma de mantener las presiones en el sistema lo más bajas posibles serían llevar la sensación de presión en el último piso a 10 psi, lo que implicaría una presión de arranque de la bomba contra incendios de 170 psi, debido a que el edificio tiene una columna de agua o altura piezométrica de 160 psi. Con lo cual la presión de parada y arranque de la bomba contra incendios serían de 185/175 psi, presiones que serían bastante saludables para el sistema al largo plazo.

Criterio	Presion Nominal BCI	Presion a Caudal Cero	Presion en la Succion	Presion de Parada BJ	Presion de Arranque BJ	Presion de Parada BCI	Presion de Arranque BCI	Sensacion de Presion en el Ultimo Piso al Arranque
----	<b>Pn</b>	<b>P0</b>	<b>PS</b>	<b>PPBJ</b>	<b>PABJ</b>	<b>PPBCI</b>	<b>PABCI</b>	<b>SPBCI</b>
----	<b>psi</b>	<b>psi</b>	<b>psi</b>	<b>psi</b>	<b>psi</b>	<b>psi</b>	<b>psi</b>	<b>psi</b>
10/5 Desconocida	280.00	300.00	5.00	185.00	175.00	305.00	170.00	10.00

Nuevamente incrementar la presión del sistema de 10 psi a 100 psi sucederá antes que el operario pueda percibirlo, ya que se podrían lograr fácilmente durante el llenado de la manguera contra incendios antes que el operador haya abierto el pitón. Cuando el Operador haya abierto el pitón, la bomba contra incendios ya estará encendida y la presión estática alrededor de 120 psi, la cual caería a 100 psi a medida que el caudal se aproxime a los 500 gpm.

### Conclusiones

- En algunos casos la selección de los parámetros de una bomba jockey no es una tarea fácil, se requiere experiencia y conocimiento de cómo interactúan las diversas variables que influyen en el sistema, las cuales hemos tratado en el presente artículo.
- No existe una regla clara para seleccionar el caudal de la bomba Jockey, pero sí existen prácticas equivocadas que deberían ser cuestionadas y evitadas, como por ejemplo aplicar un porcentaje del caudal nominal de la bomba contra incendios, como el caudal de la bomba jockey. Este procedimiento no tiene sustento técnico alguno y debería ser abolido.
- Se debe evitar la tendencia a sobredimensionar el caudal de las bombas jockey ya que esto acarrea problemas en el funcionamiento de los sistemas de bombeo
- La NFPA 20 en su anexo explicativo establece dos parámetros que deben contemplarse al momento de la selección del caudal de la bomba jockey. El primero es como mínimo un caudal de 1 gpm y el segundo un tiempo de funcionamiento mínimo de 10 minutos.
- Sin embargo existen otros parámetros que deben ser evaluados para determinar el caudal de la bomba jockey, entre ellos: El tamaño del Sistema, el Contenido de Aire, las Fugas en juntas de empaque, la Temperatura del Agua y el Caudal del sistema menos demandante.
- Para la selección de la presión de la Bomba Jockey existen procedimientos cuantitativos más claros, el anexo explicativo de la norma NFPA 20 establece criterios específicos que son muy fáciles de evaluar.
- Sin embargo éstos no podrían ser aplicados extensivamente a todos los casos, ya que como hemos demostrado en el presente artículo, podrían generarse presiones de trabajo excesivas e innecesarias en el sistema que podrían causar daño en los componentes en el largo plazo.
- El autor propone en estos casos hacer al cálculo del sistema dependiente de la mínima presión a la que podríamos arrancar el sistema que, sea detectado en el cuarto de bombas, en función del diferencial de presiones entre el cuarto de bombas y la válvula hidráulicamente más remota, más un margen de seguridad.
- El criterio en estos casos, donde la altura o diferenciales de presión son muy altos, es llevar la activación del sistema en el punto hidráulicamente más remoto a la presión más baja que sea posible, sin que esto signifique atentar contra el automatismo del sistema y de la respuesta del mismo a una necesidad de operación.