

GUIAS PRÁCTICAS PARA LOS SISTEMAS DE FLUJO

Practical Guidelines for Flow Systems

RESUMEN

Este artículo cubre los distintos componentes de los sistemas de flujo tanto desde un punto de vista conceptual como desde un punto de vista práctico, indicando un gran número de “buenas prácticas de ingeniería” (también conocidas como “reglas de dedo” ó “reglas heurísticas” ó soluciones prácticas, las cuales no aparecen fácilmente recopiladas en las publicaciones técnicas) que deben ser tenidas en cuenta en el diseño, montaje, operación, y mantenimiento de los mismos. Se resalta el hecho de que tales enfoques no son normalmente seguidos en los cursos universitarios convencionales sobre el particular tales como Transferencia de Momentum ó Mecánica de Fluidos.

PALABRAS CLAVES: Sistemas de flujo, buenas prácticas de ingeniería, diseño de sistemas de flujo.

ABSTRACT

This piece deals with the different components of flow systems from both a theoretical standpoint as well as a practical standpoint, showing a quite large number of best engineering practices (also known as “rules of thumb” or “heuristic rules,” which are not easily found in technical publications) to be taken into account in the design, installation, operation, and maintenance of such systems. It is highlighted the fact that this approach is not normally followed in the undergraduate course work to be carried out by engineering students attending courses such as Momentum Transfer or Fluid Mechanics.

KEYWORDS: Flow systems, best engineering practices, design of flow systems.

1. INTRODUCCIÓN

En el presente artículo se desarrollan algunos aspectos relacionados con el transporte de fluidos, los cuales no son normalmente abordados en los cursos universitarios, en razón de que éstos están más orientados hacia el diseño y/o especificación de bombas, tuberías, accesorios, y válvulas, que hacia el montaje, operación, mantenimiento, y optimización de tales sistemas.

De acuerdo con lo anterior, y como resultado de la experiencia laboral de varios años obtenida por los autores tanto en las industrias químicas como en la docencia universitaria, se aclaran algunos puntos relacionados con los componentes antes mencionados y se señalan algunas “buenas prácticas de ingeniería”, que se deben tener en cuenta en la etapa preoperativa de un sistema en el cual se manejen fluidos.

2. BOMBAS

El tipo de bomba más empleado a nivel industrial es la bomba centrífuga. Sus ventajas son incuestionables, sin embargo, una instalación deficiente puede generar verdaderos dolores de cabeza. La bomba se debe montar previendo que en el futuro se van a adelantar tareas de

mantenimiento, que pueden involucrar el desmontaje de la misma.

A continuación se relacionan algunos aspectos que no siempre son tenidos en cuenta en la etapa de diseño de los sistemas de flujo:

- Diámetros de las tuberías de succión y descarga en relación con los diámetros de las conexiones de la bomba: Por regla general, las tuberías de succión y descarga deben tener como mínimo el mismo diámetro que las respectivas conexiones de succión y descarga de la bomba. Lo usual es que la tubería de succión sea de un diámetro mayor para disminuir las pérdidas de energía a la entrada de la bomba y alejar el peligro de la cavitación (el cual se explica posteriormente). Cuando se va a conectar una tubería de mayor diámetro a la succión de una bomba, debe emplearse una reducción excéntrica, la cual evita la formación de bolsas de aire. Al emplear un diámetro mayor que el de la conexión de la bomba en la descarga se disminuyen las pérdidas de energía lo cual permite seleccionar una bomba con un motor de menor potencia.
- Función de los cheques: Una válvula de cheque instalada en el extremo de la tubería de succión permite

LUIS GUILLERMO RIOS A.

Ingeniero Químico, M. Ing., MBA
Profesor Asociado
Facultad de Tecnología
Universidad Tecnológica de Pereira
luis@utp.edu.co

YAMAL MUSTAFÁ IZA

Ingeniero Mecánico, M. Ing.
Profesor Asociado
Facultad de Ingeniería Mecánica
Universidad Tecnológica de Pereira
yamal@utp.edu.co

el cebado de la bomba (llenado de la tubería de succión) cuando la bomba se encuentra por encima del nivel libre del depósito de succión. En este caso el cheque se conoce como “válvula de pie”. Una válvula de cheque instalada en la descarga de la bomba impide que el líquido retorne hacia el tanque de succión cuando se presente un paro no programado de la bomba como el originado por una falla en el suministro de fluido eléctrico. Si no existiera una válvula de cheque, el líquido que retorna haría girar el rodete en sentido contrario, lo que podría ocasionar que los rodetes roscados se aflojen produciendo daños en la bomba o que al entrar de nuevo la bomba en operación, el cambio brusco en el sentido de giro llegue a afectar el eje.

- Explicación del fenómeno de cavitación de una bomba centrífuga en el diagrama de cambios de fase para el agua o diagrama P-T: Sobre una línea isoterma A-B en la Figura 1 puede verse que si la tubería de succión de la bomba está mal diseñada, la presión a la succión puede caer por debajo de la presión de vapor o de saturación del agua a dicha temperatura, obteniéndose una mezcla de líquido y vapor, la cual produce el fenómeno de cavitación. Hay que recordar que el volumen específico del vapor es mucho mayor que el volumen específico del líquido, y al estar las dos fases presentes el caudal suministrado por la bomba disminuye dramáticamente. A partir de lo anterior se puede complementar el tradicional concepto que establece que la presión de vapor de un líquido “es aquella a la que un líquido está en equilibrio con su vapor en un sistema cerrado @ una temperatura dada” agregando que “es la presión mínima para que un líquido exista como tal @ una temperatura dada” [1]. Se aclara entonces que cuando se bombea agua en fase líquida saturada, la bomba siempre debe ubicarse por debajo del depósito de succión.

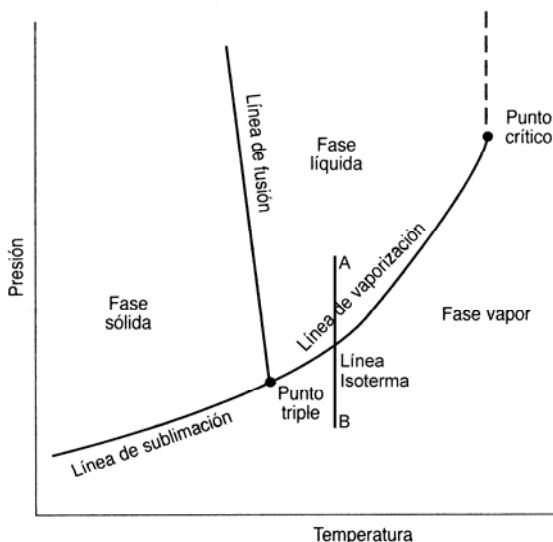


Figura 1: Diagrama de Cambios de Fase para el Agua [2].

- Bombas en paralelo: Cuando se operan dos (2) ó más bombas en paralelo, se deben colocar válvulas de cheque

en la descarga de cada bomba; esto evita que el líquido descargado por una de las bombas retorne al depósito de succión cuando la otra bomba no esté en servicio y tenga abierta la correspondiente válvula de descarga.

- Carcaza libre de esfuerzos mecánicos: Un error muy común en la instalación de la tubería de la bomba, es el de acoplar ésta a la bomba sin que se encuentre debidamente alineada. Esta práctica genera esfuerzos en la carcaza de la bomba, desalineamiento entre la bomba y el motor de accionamiento, y daños en rodamientos, sellos, y empaquetaduras.

- Punto de operación alejado del punto óptimo: La operación de una bomba centrífuga convencional (del tipo de una sola voluta) lejos de su punto óptimo o de máxima eficiencia (BEP best efficiency point, ó PMO punto de mejor operación) trae como consecuencia que se generen fuerzas radiales desbalanceadas en el rotor [3], lo que se traduce en menor vida útil de rodamientos, sellos, y empaquetaduras. No es de extrañar entonces que dos (2) bombas idénticas que suministren continuamente el mismo fluido a diferentes usuarios presenten costos de mantenimiento diferentes.

- Confusión que se presenta en instalaciones existentes con las bombas en paralelo y las bombas de reserva: Una bomba de reserva (stand-by) se emplea para satisfacer las necesidades del servicio cuando se requiere hacer mantenimiento a otra bomba que ha estado en operación. No se debe confundir una bomba de reserva con una bomba en paralelo, pues si las dos (2) bombas operan simultáneamente, muy seguramente se encontrará que el aumento de caudal en el cabezal de descarga es muy bajo, dado que la tubería no está normalmente diseñada para manejar un caudal mayor. El resultado de la operación de las dos (2) bombas en paralelo es en consecuencia ineficiente e improductivo dado que se consume más energía y no se obtiene el aumento esperado en el caudal. Cabe mencionar que no existe un acuerdo sobre el manejo de los equipos de reserva. Algunas personas sugieren que los equipos operen alternadamente; otras, por el contrario, sugieren que el equipo de reserva opere solo esporádicamente, con el argumento de que si los equipos se manejan alternadamente, es muy probable que cuando uno de ellos requiera mantenimiento, el otro se encuentre en una situación similar, sin que el equipo de reserva garantice una operación continua.

- Estrangulamiento de la válvula de succión de una bomba: Cuando se va a regular el flujo de una bomba centrífuga, se debe manipular únicamente la válvula de descarga; la válvula de succión debe permanecer siempre completamente abierta. Al estrangular la válvula de la succión se incrementan las pérdidas en esta zona y se pueden dar las condiciones para que aparezca el fenómeno de la cavitación.

- Sentido de giro invertido: Cuando se hace el mantenimiento programado de una bomba, se debe

desconectar el motor de la red de suministro de energía. Es muy importante identificar las conexiones eléctricas para evitar que al reconectar el motor se invierta, por error, el sentido de giro del rodete con las consecuencias mencionadas anteriormente.

3. TUBERÍAS

La función de las tuberías es el transporte de fluidos en general. Para especificar una tubería se deben tener en cuenta los siguientes ítems: Material, resistencia mecánica, espesor de pared, resistencia a la corrosión, temperatura, y presión de operación. De acuerdo con lo anterior, los tubos y accesorios se fabrican en diferentes diámetros y en un gran número de materiales, tales como: Acero carbono, acero inoxidable, cobre, PVC, etc. El diámetro de la tubería se selecciona a partir del tipo y caudal del fluido a transportar; la temperatura y presión de operación definen el espesor de la pared de la tubería. En la mayor parte de los servicios industriales de las industrias químicas tales como: Agua de enfriamiento, agua de calderas, agua de proceso (excepto en industrias de alimentos y bebidas), agua de la red contra incendios, vapor de calentamiento, condensados, aceites y gases combustibles, aceites térmicos, y gases comprimidos, las tuberías son fabricadas en acero carbono sin costura (seamless piping).

Antes de relacionar algunos aspectos que no siempre son tenidos en cuenta en la etapa de diseño de los sistemas de tuberías, es importante refrescar algunos conceptos de los Fenómenos de Transporte [4]: Para la tubería de acero los diámetros nominales (NPS: nominal pipe size) pueden variar entre 1/8" y 30". El diámetro nominal para tuberías de 12" de diámetro ó menores no es ni el diámetro interior ni el diámetro exterior sino una aproximación del diámetro interior. Las tuberías del mismo diámetro nominal tienen el mismo diámetro exterior, sin tener en cuenta el espesor de pared. Esto permite el intercambio de accesorios, y en el caso de las tuberías roscadas, se puede emplear la misma herramienta de corte. El espesor de pared de la tubería se indica por un "schedule number" adimensional (número de cédula ó calibre) el cual es una función de la presión interna y del esfuerzo permisible del material de la tubería (el cual se determina a partir de la temperatura de operación): $\text{Schedule number} \approx 1000 \cdot P/s$, donde "P" es la presión de trabajo interna y "s" es el esfuerzo permisible.

Hay diez (10) números de cédula en uso: 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 140, y 160. El espesor de pared de la tubería aumenta con el número de cédula. Las tuberías de cédulas 40, y 80 se fabrican en todo el rango de diámetros comerciales. Estas tuberías se fabrican de acuerdo con la norma ANSI B36.10 y los tubos tienen una longitud estándar de 18 pies. La Tabla 1 [5] indica algunas medidas de las tuberías para diferentes especificaciones. Nótese que para tuberías mayores que 12" de diámetro nominal, el diámetro exterior y el diámetro nominal son idénticos.

Tamaño Nominal [pulg]	Diámetro Exterior [pulg]	Diámetro interior [pulg]			
		20	40	80	160
1/8	0.405		0.269	0.215	
1/4	0.540		0.364	0.302	
1	1.315		1.049	0.957	0.815
12	12.75	12.250	11.938	11.374	10.126
14	14	13.376	13.124	12.500	11.188

Tabla 1: Dimensiones de Algunos Tubos de Acero.

En las refinерías y en las plantas químicas, las tuberías mayores o iguales que 4" que manejan fluidos no corrosivos hasta 400 psig se pueden especificar como tuberías cédula 40 en el 90% de los casos. Para tuberías menores o iguales a 3" es más práctico especificar cédula 80 para la mayor parte de las instalaciones. El espesor de pared adicional le dará a la tubería una mayor vida de servicio, y en consecuencia se obtendrán ahorros dada la baja frecuencia para reemplazarla [6], a expensas de un mayor costo inicial. A favor del argumento anterior está el que la tubería es más rígida y los soportes verticales en un conjunto de tuberías (rack) pueden ir más espaciados. En contra del argumento anterior está el hecho de que el área seccional de flujo es menor lo cual da lugar a mayores velocidades y mayores pérdidas por fricción.

A diferencia de la tubería, piping, la tubería de pared delgada, tubing, se vende con base en el diámetro externo real (OD: outside diameter) [4]. Los tubos de pared delgada (tubing) tienen las siguientes propiedades [7]: El término "tubing" se aplica generalmente a elementos de sección circular de pared delgada sin costura, los cuales tienen un diámetro exterior no estándar. Lo anterior contrasta con las tuberías (pipes) donde los diámetros externos siempre se ajustan a los tamaños estándar, aunque su espesor (schedule number) puede variar. Los tamaños de las tuberías de pared delgada no han sido estandarizados en la misma proporción que los tamaños de las tuberías de acero, aunque los primeros son ampliamente usados en aplicaciones tales como intercambiadores de calor. Las tuberías de pared delgada de acero y de otros materiales, las cuales no son roscables, se especifican con base en su diámetro externo y espesor de pared. Se encuentran disponibles tuberías de pared delgada de varios espesores de pared en diferentes diámetros. El "Birmingham Wire Gage" (BWG) lista los espesores de pared de tubería de pared delgada para distintos números de calibre. Los fabricantes de tubos de pared delgada continúan listando el BWG para los tubos de pared delgada de intercambiadores que corresponden al espesor exacto del tubo en fracciones decimales de pulgada. Para especificar los tubos de pared delgada, se debe indicar tanto el número BWG como el espesor de pared del tubo en mils.

Los tamaños estándar de tubos de pared delgada de acero inoxidable son los siguientes:

BWG No	Espesor Pulg.	BWG No	Espesor Pulg.
23	0.025	16	0.065
22	0.028	14	0.083
18	0.049	10	0.134

Tabla 2: Algunos Tamaños Estándar de Tubos de Pared Delgada [7].

Las tuberías de pared delgada se pueden obtener en acero inoxidable de varios tipos, cobre, aleaciones de cobre, y aluminio [7].

Regresando al tema de las tuberías (piping), éstas pueden empalmarse por diferentes métodos [8]: Soldadura a tope (BW: butt welding), roscas (Scrd: screwed), embonado (SW: socket welding), y bridas (flanges). La soldadura a tope se utiliza en general para tuberías de diámetros mayores ó iguales que 3". Una unión a tope se hace soldando los extremos de dos (2) tubos previamente biselados (beveled ends) ó chaflanados; los tubos se enfrentan, se nivelan, se puntean (tack welding), y se "presentan" dejando entre ellos una separación de 1/16" para garantizar la buena penetración de la soldadura. Las roscas y las uniones embonadas se utilizan para tuberías con un diámetro menor que 3". En diámetros de tubería mayores que 4" se dificulta el maquinado de la rosca en la tubería (TE: thread end), el montaje de los distintos componentes, y la estanqueidad en los puntos de unión. Las uniones roscadas se emplean para bajas presiones y temperaturas. La dilatación no uniforme de los materiales, así como la expansión y contracción puede generar falla en las uniones. El embonado consiste en introducir el extremo a escuadra de la tubería (PE: plain end) en un accesorio diseñado para tal fin, el cual tiene un tope interno que sirve de guía para la instalación; de esta manera el tubo se introduce hasta el tope y luego se separa 1/8", para no interferir con la expansión térmica durante el procedimiento de soldadura. Este tipo de unión ofrece mayor resistencia que las uniones roscadas dado que el roscado debilita la pared de la tubería y genera concentradores de esfuerzos.

Un tipo especial de unión que se emplea para tuberías mayores ó iguales que 2" es la unión bridada, la cual tiene la ventaja de facilitar el desmontaje de equipos, tuberías, válvulas, y accesorios, lo que simplifica las labores de mantenimiento. El criterio de clasificación para las bridas es la máxima presión permitida por el código de tuberías para alta presión de acuerdo con la temperatura de operación; a mayor temperatura de operación menor presión permisible. Por ejemplo, una brida de acero forjado de 150# (150 psig) está diseñada para trabajar a 150 psig @ 150 F. Si la temperatura fuera de 100 F la misma brida podría usarse para una presión de hasta 275 psig. Si la temperatura fuera de 750 F, esta brida solo podría usarse para una presión de 100 psig [9]. Existen siete (7) categorías de bridas de acero carbono forjado de: 150#, 300#, 400#, 600#, 900#, 1500#, 2500#. Para un mismo diámetro nominal, a medida que la presión aumenta también aumenta el espesor, el diámetro exterior y el número de agujeros de sujeción [9]. Existen

diferentes tipos de bridas de acuerdo con la configuración de las caras: Cara plana (flat face); cara levantada (raised face); caras de anillo (ring-type joint); y ranura y lengüeta (tongue and groove). También se clasifican las bridas de acuerdo con la forma de empalmarse a la tubería y/o accesorios, encontrándose los siguientes tipos: Integrales, que son aquellas que han sido fundidas a accesorios, válvulas, bombas y otros equipos; de cuello soldable (welding neck); roscada; embonada (socket welding); deslizante ó corrediza (slip-on welding); para collarín (stub end) ó de solapa ó de traslape (lap joint flange); ciega (blind flange); y brida para platina de orificio (orifice flange).

A continuación se relacionan algunos aspectos que no siempre son tenidos en cuenta en la etapa de diseño de los sistemas de flujo:

- Tomas desde tuberías principales de gases y líquidos hacia los usuarios: Las tomas hacia los usuarios de gases comprimidos deben hacerse desde la parte superior de la tubería horizontal principal, para evitar que los condensados lleguen hasta los circuitos secundarios del gas. Las tomas hacia los usuarios de líquidos deben hacerse desde la parte inferior de la tubería horizontal principal para evitar que se formen bolsas de aire en la tubería de los circuitos secundarios.
- Venteos y drenajes en las tuberías de líquidos: Las tuberías que transportan líquidos deben estar provistas de venteos colocados en las partes más altas de la misma y drenajes en las partes más bajas. Los venteos deben ser diseñados de tal manera que se facilite el accionamiento de los mismos, para lo cual se recomienda utilizar un cuello de ganso conectado a la parte superior de la tubería que descienda hasta una altura de alrededor de 1.50 m con respecto al nivel del piso, desde donde se pueda manipular fácilmente una válvula de corte. Los venteos son claves durante el llenado de un sistema de tuberías, para garantizar que se desaloje el aire contenido previamente en éstas. Los drenajes son claves durante el vaciado de un sistema de tuberías, para garantizar que el líquido pueda ser completamente desalojado, evitando problemas subsecuentes de corrosión.
- Trazadores: En algunas ocasiones es necesario transportar líquidos de alta viscosidad por tuberías, lo cual genera altas pérdidas de energía por fricción que a su vez se traducen en un excesivo consumo de potencia del equipo de bombeo. Para disminuir tales pérdidas se emplea un dispositivo conocido con el nombre de "trazador", que puede ser un tubo de cobre de 1/4" de diámetro por el cual circula vapor de calentamiento, arrollado en forma de espiral a lo largo de la tubería que transporta el fluido viscoso. El objeto del trazador es el de disminuir la viscosidad del fluido al aumentar la temperatura, principalmente en las capas del mismo que están en contacto con las paredes internas de la tubería.
- Montaje de tramos de tuberías horizontales: Los tramos de tuberías horizontales que manejan vapores ó

gases deben tener una pendiente negativa del orden del 2% en la dirección del flujo; de esta forma se facilita la evacuación de los condensados hacia los puntos más bajos donde están instaladas las trampas correspondientes. En relación con este punto hay que indicar que existen trampas del tipo flotador diseñadas para sistemas de vapor de calentamiento y para sistemas de aire comprimido, las cuales son muy similares en su aspecto exterior por lo cual pueden ser erróneamente instaladas en el sistema que no corresponde, originando serios problemas operativos. Los tramos de tuberías horizontales que manejan líquidos deben tener una pendiente positiva del orden del 2% en la dirección del flujo; de esta forma se facilita tanto el drenaje del líquido desde el punto más bajo en un paro programado del sistema como el venteo de los gases en los puntos más altos en el arranque del sistema. La pendiente del 2% también se debe tener en cuenta para el montaje de otros equipos, tales como condensadores, intercambiadores, y tanques horizontales. La tubuladura de drenaje de un tanque debe prolongarse hacia el interior del mismo con la finalidad de que no se tapone por los sedimentos que normalmente se acumulan en el fondo. Esta prolongación recibe el nombre de “pesca”.

- Aislamiento de tramos verticales de tuberías de vapor: En tramos verticales de tuberías de vapor de calentamiento que están a la intemperie debe tenerse la precaución de traslapar la lámina de aluminio que protege el aislamiento, de tal manera que la parte inferior de la virola superior cubra externamente la parte superior de la virola inferior. Lo anterior con la finalidad de proteger el aislamiento contra la lluvia.
- Llenado y vaciado de tuberías y tanques: El vaciado de líquido de tuberías y tanques debe hacerse colocando el sistema a la presión atmosférica para evitar la formación de presiones negativas (vacío). Se han presentado casos de implosión en tanques y tuberías al desconocer esta recomendación. El llenado de tuberías y tanques con líquidos debe hacerse colocando el sistema a la presión atmosférica para permitir el venteo del aire que se encuentra en el interior.
- Bombeo de agua de pozo y de lechadas: Cuando se bombea agua de pozo, lechadas de cal ó suspensiones, operación que normalmente se lleva a cabo en forma discontinua, debe tomarse la precaución de hacer un lavado en contracorriente con agua limpia para evitar la acumulación de sedimentos en los tramos horizontales de la tubería; de lo contrario se obtiene una disminución progresiva del área de flujo de la tubería.

4. ACCESORIOS

La palabra accesorio se refiere a un componente que puede cumplir una de las siguientes funciones [4]: Unir dos tramos de tubería, por ejemplo, uniones rectas (coupling), uniones universales (union); cambiar la dirección de la tubería, por ejemplo, codos, tees; cambiar el diámetro de la tubería, por ejemplo, reducciones, bujes

(bushing); terminar una tubería, por ejemplo, tapones macho (plug), tapones hembra (cap); juntar dos corrientes para formar una tercera, por ejemplo, tees, “Y” y “W” (wyes); controlar el flujo, por ejemplo, válvulas.

A continuación se relacionan algunos aspectos que no siempre son tenidos en cuenta en la etapa de diseño de los sistemas de flujo:

- Montaje de válvulas soldables: Las válvulas soldables designadas en la literatura técnica en inglés con las letras BW (butt welding), con extremos biselados ó chaflanados, BE (beveled ends) se deben montar en la tubería teniendo la precaución de abrirlas completamente antes de aplicar los cordones de soldadura. Lo anterior con la finalidad de que el calentamiento y dilatación del material de la válvula no genere esfuerzos que puedan deformar los componentes de sellado de la misma
- Instalación de válvulas de globo: En las válvulas de globo se indica el sentido del flujo; el fluido debe ingresar a la zona de sellado por la parte inferior. Sin embargo, cuando se emplean estas válvulas en sistemas de vapor sobrecalentado, deben instalarse de tal manera que el fluido entre por la parte superior del componente de cierre, con el objeto de garantizar la estanqueidad cuando se cierre la válvula.
- Apertura de válvulas: En las válvulas del tipo globo, compuerta, diafragma, etc., cuya apertura se logra mediante un mecanismo de “tornillo-tuerca” debe tenerse la precaución de “devolver” ligeramente la volante cuando se abra totalmente la válvula; de lo contrario se corre el riesgo de que el mecanismo de cierre se “quede pegado” al tratar de cerrar una válvula que ha estado normalmente abierta.
- Apertura y cierre periódicos de válvulas: También se recomienda que las válvulas se abran y se cierren totalmente con alguna periodicidad, esto con la finalidad de que no se pierda el sello que deben dar. Como ya se mencionó, las válvulas que permanecen durante mucho tiempo totalmente abiertas generalmente pierden estanqueidad al momento de cerrarse.
- Válvula de compuerta parcialmente abierta: Las válvulas de compuerta deben estar totalmente abiertas ó totalmente cerradas. Una válvula de compuerta operando con apertura parcial pierde estanqueidad; esto se debe a que el disco de cierre se erosiona en la parte inferior y el “golpeteo” del mismo con las guías del cuerpo de la válvula, hace que se desajuste y se aumente la holgura natural entre el disco y la guía.
- Mantenimiento de válvulas del mismo tipo y del mismo tamaño: En el mantenimiento de válvulas del mismo tipo y del mismo tamaño debe tenerse presente que los elementos de sellado no son intercambiables, por lo tanto se recomienda marcar y separar todos los componentes de cada válvula independientemente.
- Fugas de vapor en válvulas: Cuando se presenta una fuga de vapor en una válvula, es importante corregirlo

cuanto antes. Si la fuga se presenta en las bridas, inutilizará éstas al cabo de un tiempo, lo mismo sucede con las fugas en la zona de empaquetadura del vástago.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el manejo de fluidos se presentan serios problemas cuando se olvidan algunas guías prácticas como las relacionadas a lo largo del artículo, en las etapas de diseño, montaje, operación, y mantenimiento de las instalaciones destinadas para tal fin. Los autores de este artículo han recuperado de su experiencia laboral y de su formación académica las guías aquí presentadas (alrededor de 23), las cuales no son objeto de estudio en los cursos universitarios correspondientes.

Quien diseña un sistema de flujo debe tener conocimientos acerca del montaje, operación, y mantenimiento de las instalaciones y equipos, dado que muchos de los problemas a resolver posteriormente tales como paros no programados, improductividad, etc., se originan en imprevisiones en esta etapa. El personal operativo debe ser idóneo ya que muchos de los gastos de mantenimiento se pueden disminuir significativamente si se lleva a cabo una correcta operación de las plantas.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] CELEMÍN MATACHANA, Miguel. "Lecciones de Mecánica de Fluidos". Universidad de León (España): Secretariado de Publicaciones, 1996, p. 112.
- [2] VAN WYLEN, Gordon J. et al. "Fundamentos de Termodinámica" Segunda Edición. México D. F.: Editorial Limusa, S.A. de C.V. - Grupo Noriega Editores, 2000, p. 65.
- [3] KARASSIK, Igor J., y CARTER, Roy. "Bombas Centrífugas: Selección, Operación, y Mantenimiento". México D. F.: Editorial CECSA, 1982, pp. 23-24.
- [4] FOUST, Alan S. et al. "Principles of Unit Operations" Second Edition. New York: John Wiley and Sons, 1980, pp. 548-549.
- [5] CRANE, División de Ingeniería. "Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios, y Tuberías". México D. F.: McGraw-Hill, 1989, p. B21.
- [6] MASEK, John A. "Metallic Piping". New York: Chemical Engineering, June 17, 1968, p. 219.
- [7] Op. Cit. p. 221.
- [8] PARISHER, Roy A., and RHEA, Robert A. "Pipe Drafting and Design". Houston: Gulf Publishing Company, 1996, pp. 9-11.
- [9] Op. Cit. p. 54.