

# Soluciones de diseño para válvulas de control anticavitación

Por Stephen M. Wing, Dresser Masoneilan, [www.dresser.com](http://www.dresser.com)

Visite cualquier refinería de petróleo y encontrará varias aplicaciones que involucran líquidos de alta presión y condiciones de grandes caídas de presión. Procesos como el “hydrocracking”, con el que se convierte el petróleo en LPG (gas licuado de petróleo), gasolina y demás productos “livianos”; o el “hydrotreating”, que remueve el azufre del gas natural y productos de petróleo refinado, son los primeros ejemplos.

Debido a las condiciones hostiles a las que están expuestas, las válvulas de control de procesos que se utilizan en estas aplicaciones son muy susceptibles al daño por cavitación. Dicho daño se puede manifestar de diversas formas, incluyendo erosión, erosión por impacto y corrosión. La figura 1 ilustra la destrucción que la cavitación puede causar en las superficies internas de una válvula. Si no se atiende de forma adecuada, y dependiendo de la severidad de las condiciones de cavitación, este tipo de daño puede ocurrir de forma rápida, en días y, a veces, en horas. La cavitación severa producirá ruido hidrodinámico, que suena como si pasaran rocas por la válvula.

Los proveedores de válvulas cuentan con varias herramientas a su disposición para controlar o prevenir la cavitación, incluyendo la selección del material, el recubrimiento de la superficie y el diseño de los internos (trim) de la válvula.

Este artículo hará foco en los diseños del trim, revisando algunas de las tecnologías ya probadas que se pueden aplicar para la cavitación, aclarando las diferencias entre las tecnologías, para armar a



Figura 1. Un ejemplo del daño causado por cavitación

los usuarios finales con información que los ayudará a elegir la solución más adecuada para una aplicación específica.

## El fenómeno de cavitación

La cavitación es un fenómeno común en el equipamiento mecánico de control de caudal, incluyendo bombas y válvulas que operan con líquidos. La cavitación ocurre cuando la presión local

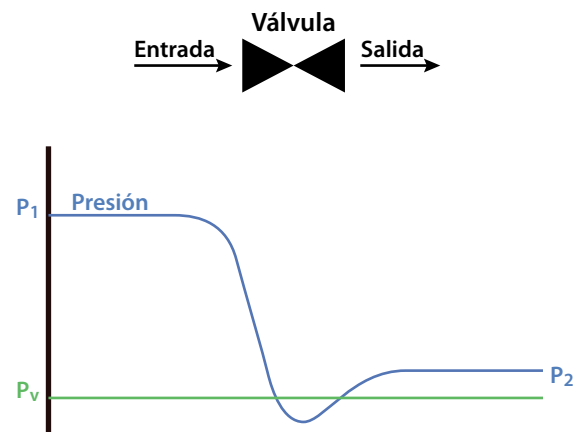


Figura 2. Perfil de presión de una válvula de control con trim simple que exhibiría cavitación

Responsable del desarrollo de nuevos negocios, gestión de producto y marketing global de válvulas de control, actuadores y reguladores de *Dresser Masoneilan*®. Ha estado relacionado con la industria de control de proceso desde 1993, y ha trabajado en diversas áreas de la empresa. Ostenta un título de grado de Ingeniería Mecánica de parte de la Universidad de Boston (Estados Unidos) y una maestría en gestión de ingeniería de la Universidad del Nordeste (Boston, Estados Unidos).

del caudal cae por debajo de su presión de vapor, resultando en la formación de burbujas dentro del fluido. El daño ocurre cuando, dado que la presión "se recupera" aguas abajo en el trayecto del caudal, y las burbujas colapsan (implotan) a presiones extremadamente altas y localizadas. El gráfico de la figura 2 ilustra la caída de presión en una válvula de control que exhibiría cavitación.

Las válvulas de control y otros componentes mecánicos pueden sufrir un daño importante si este colapso ocurre directamente sobre o cerca de la superficie metálica. Los sistemas con presiones más elevadas o caídas de presión fuertes, tales como los que se ven frecuentemente en las refinerías, son los más susceptibles al daño por cavitación.

Si bien los sistemas de presión más baja quizás también experimenten cavitación, niveles más bajos de energía concentrada a menudo impiden el daño mecánico de las válvulas.

## Métodos anticavitación para válvulas de control

El trim de una válvula de control anticavitación puede ser de dos tipos principales: contención de la cavitación y prevención de la cavitación.

Como su nombre implica, un trim de contención de cavitación permite que la cavitación tenga lugar pero de manera tal que no daña las superficies metálicas circundantes. Un trim de prevención de la cavitación impide que la cavitación ocurra dentro de la válvula.

A la hora de elegir el trim más adecuado para una aplicación dada, se debe considerar una serie de factores lo que incluye el tipo de fluido del proceso, la severidad de las condiciones de operación y los promedios de presión dentro de la válvula. El mantenimiento y los costos monetarios también deben ser tenidos en cuenta. Los componentes del trim son, por supuesto, las partes de la válvula más sujetas al desgaste y son, por lo tanto, las partes

que se reemplazan o reparan más frecuentemente. Mientras más complejo sea el trim, más complejo será el mantenimiento.

Los proveedores de válvulas de control con experiencia en aplicar diversos tipos de diseños internos de válvulas de control anticavitación pueden asistir a los usuarios finales para que implementen la solución que maximizará la producción y mantendrá seguros a empleados y bienes a la vez que minimizará los tiempos de parada y los costos.

## Trim para contención de cavitation

Como se describió más arriba, el daño por cavitación ocurre cuando el fluido viaja aguas abajo de la válvula, en general cerca de la salida, en donde la presión se recupera y supera la presión de vapor del fluido.

El trim para contención de cavitación controla el colapso de las burbujas dirigiéndolas fuera de los componentes de la válvula y guiándolas para que colapsen entre ellas en el fluido.

Las figuras 3 y 4 muestran un diseño de trim de una válvula de control que aplica esta tecnología de anticavitación. El factor clave es el uso de jaulas con múltiples agujeros para limitar el tamaño de las burbujas y controlar la locación de los colapsos. El fluido se direcciona hacia el centro de estas jaulas, provocando que las burbujas de vapor colisionen entre sí

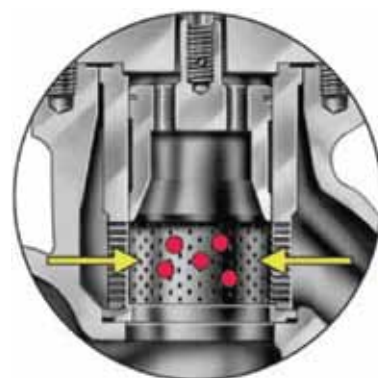


Figura 3. Un ejemplo de un trim de contención de cavitación de una sola etapa

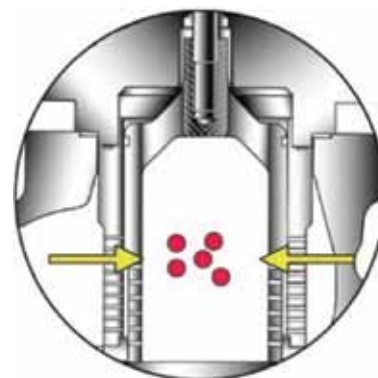
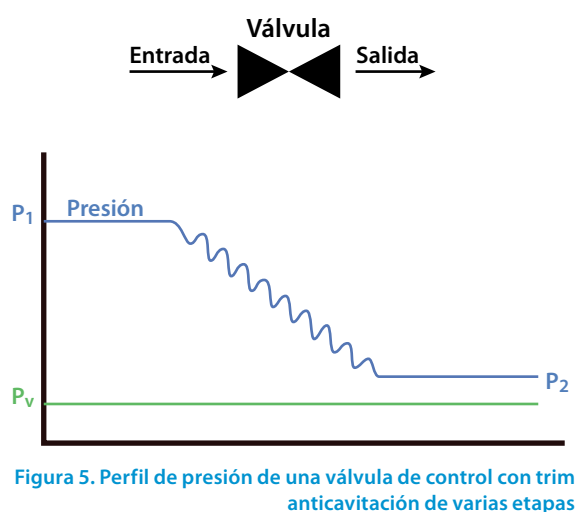


Figura 4. Un ejemplo de un trim de contención de cavitación multietapa



e implosionen antes de alcanzar cualquiera de las partes de la válvula o de las superficies de la tubería, en donde podrían causar un daño. Estos tipos de diseños requieren que el flujo circule en la dirección en que tienda a cerrar la válvula, o en la misma dirección en que se mueve el obturador cuando se mueve hacia la posición de cerrado.

Si bien estos diseños del trim son una forma muy costo-efectiva para prevenir el daño por cavitación, su uso, en general, se limita a aplicaciones con relaciones de presiones bajas o medias y para procesos de fluidos relativamente limpios. Relaciones de presión más altas requieren etapas adicionales de caídas de presión a fin de eliminar de forma efectiva la cavitación entre etapas y asegurar la contención en el último.

Los trim de contención están limitados físicamente por el número de etapas que tendrán sin sacrificar el rendimiento de otros parámetros de la válvula, tales como la capacidad de caudal. Para estos diseños, se debe tener cuidado ya que las partículas arrastradas por el fluido, tales como suciedad, arena, cieno y minerales, pueden taponar los agujeros relativamente pequeños de la jaula.

En refinería, una aplicación común de contención de cavitación son las válvulas de control del flujo de calentamiento principal en el proceso de hydrotreating.

## Trim de prevención de cavitación

La prevención de cavitación elimina la cavitación manteniendo la presión del fluido por encima de la presión de vapor y previniendo la formación de burbujas de vapor potencialmente dañinas. Una forma efectiva de lograr esto en una válvula de control es reducir la presión en segmentos más pequeños de caídas de presión. Provocar la caída de presión completa en la válvula en un solo y largo paso puede causar un daño significativo, como se ilustró en la figura 1, dependiendo de la magnitud de la caída de presión. Utilizando varias etapas, tipo escalonadas, se controla cada segmento de caída de presión y la caída de presión general en la válvula nunca cae por debajo de la presión de vapor. Esto se ilustra en la figura 5.

Una aplicación común en refinería para impedir la cavitación son válvulas de control de recirculación de la bomba en el proceso de hydrotreating.

Existen varios tipos de diseño de varios pasos y diversos métodos para dividir la caída de presión en pequeñas partes a través de varios pasos o pisos. El caudal se puede dirigir en forma radial (perpendicular a la válvula) o axial (paralela a la válvula).

*Un proveedor de válvulas satisfará los requisitos de una aplicación específica y proveerá la guía para elegir la válvula adecuada.*

## Trim de varios pisos para caudal axial

En el caso de diseño trim para caudal axial, la reducción de presión se produce a lo largo del obturador; como resultado, ninguna etapa o escalón individual se expone a la caída completa de presión. La figura 6 muestra un ejemplo de este tipo de diseño interno. Las variaciones disponibles en este

diseño incluyen una configuración que contiene una serie de etapas de igual capacidad para controlar la erosión, seguidos por una expansión en el último piso para reducir su potencial de cavitación.

Un trim de caudal axial limita la caída de presión por etapa y controla de forma efectiva la velocidad del caudal, lo que resulta en una extensión de la vida útil en condiciones extremadamente adversas. Este diseño del trim también provee pasajes de caudal relativamente largos y una acción compartida, lo que lo hace muy adecuado para aplicaciones en las que hay partículas dispersas por el fluido.

### Trim de varios pisos de flujo radial

El trim para caudal radial típicamente implica una serie de platos apilados que reducen la presión forzando el caudal a través de caminos tortuosos. La figura 7 muestra un ejemplo de este tipo de diseño de trim.

Una ventaja clave del trim para caudal radial es su flexibilidad. La característica del caudal —la cantidad de caudal que realmente pasa a través de la válvula— se puede adecuar en base a las características específicas del proceso. También se pueden adicionar más etapas por el camino del flujo, para satisfacer necesidades cambiantes.

Este diseño de trims, sin embargo, no es apropiado para aplicaciones en las que el fluido está “sucio” ya que las holguras ajustadas y los pasajes pequeños lo hacen susceptible a las obstrucciones.

### El conocimiento es la clave para elegir la solución más adecuada

Según los fluidos involucrados y las condiciones del proceso, la cavitación puede ocurrir rápidamente y provocar un daño significativo en el equipamiento. La mejor solución para prevenir esto en una aplicación dada, tendrá en cuenta los factores

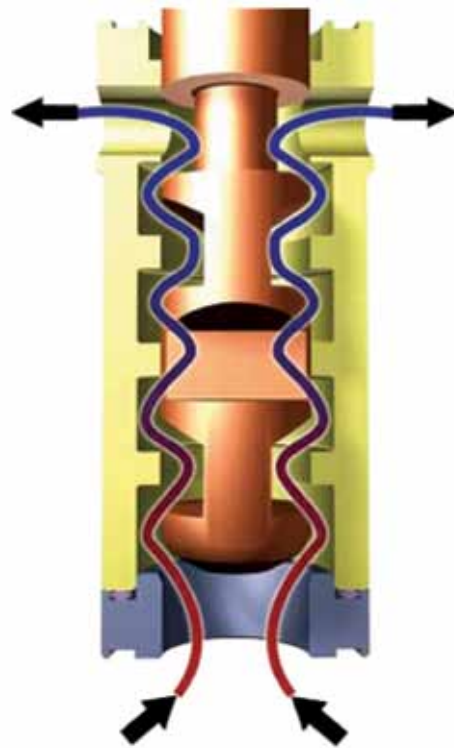


Figura 6. Un ejemplo trim de varias etapas con flujo axial

aquí presentados, pero también consideraciones tales como los materiales utilizados para construir la válvula y los actuadores.

Un proveedor de válvulas satisfará los requisitos de una aplicación específica y proveerá la guía para elegir la válvula adecuada. Contar con una comprensión básica de los criterios clave delineados aquí ayudará al personal de una refinería a tomar las decisiones correctas a la hora de implementar la solución de válvulas de control anticavitación más confiable, la que maximizará los tiempos de la planta, la que cuidará la seguridad de personas y bienes, y entregará el costo más bajo considerando el tiempo de vida útil. ❖

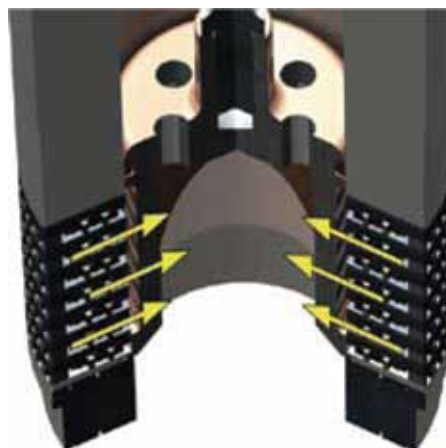


Figura 7. Un ejemplo de trim multietapa con flujo radial