

OPTIMICE SU SISTEMA DE ASPERSIÓN

GUÍA PARA MAXIMIZAR EL
DESEMPEÑO DE LA ASPERSIÓN
Y REDUCIR LOS COSTOS
DE OPERACIÓN



Spraying Systems Co.[®]

Experts in Spray Technology

OPTIMIZANDO SU SISTEMA DE ASPERSIÓN

Con frecuencia los sistemas de aspersión se perciben como muy sencillos. Después de todo, ¿qué puede ser tan complicado cuando se trata de bombas, tubería, líquidos y boquillas de aspersión? Mientras que las boquillas asperjen, el sistema está trabajando adecuadamente, ¿correcto?, desafortunadamente en muchas ocasiones, esto no es cierto.

Las boquillas de aspersión son componentes de precisión, diseñadas para tener un desempeño específico bajo condiciones específicas. El hecho de que una boquilla esté asperjando, no significa que el desempeño de su sistema de aspersión sea el óptimo. Muchos factores pueden tener impacto en los resultados de su sistema de aspersión.

Para lograr un desempeño óptimo, de larga duración, eficiente y que mantenga los costos de operación tan bajos como sea posible, es necesario considerar al sistema de aspersión en su totalidad y desarrollar un plan de evaluación, monitoreo y mantenimiento. Si aún no tiene un programa de optimización del sistema de aspersión, podría estar desperdiciando cantidades significativas de químicos, agua, energía y tiempo, además de estar poniendo en riesgo el proceso y la calidad de su producto – sin saberlo.

Este manual es una recopilación del conocimiento que hemos adquirido a través de más de 80 años de ayudar a los usuarios a resolver problemas de aspersión en sus aplicaciones. Nuestra experiencia abarca más de 200 diferentes industrias y ha dado como resultado el desarrollo de decenas de miles de boquillas de aspersión, sistemas automatizados y manufactura de productos de aspersión como inyectores, lanzas y cabezales. Como líder mundial en tecnología de aspersión, deseamos ofrecer una guía educativa para ayudarle a maximizar el desempeño de su sistema de aspersión. Si requiere mayor información no dude en contactarnos.

Visite spray.com.mx, para obtener mayor información o para contactar a un ingeniero de ventas local.

SECCIÓN I

¿Para qué optimizar su Sistema de Aspersión?

4

SECCIÓN II

Iniciar la Optimización del Sistema de Aspersión

7

SECCIÓN III

Estrategias para la Optimización del Sistema de Aspersión

8

SECCIÓN IV

Control de la aspersión: ¿Hace sentido para mi operación?

12

SECCIÓN V

Mantenimiento de boquillas y su reemplazo

13

SECCIÓN VI

¿Cuándo considerar pruebas y modelos de desempeño de la aspersión?

22

SECCIÓN VII

Apéndice: Referencias Técnicas – Elementos básicos de un Sistema de Aspersión

24



HAY MUCHOS BENEFICIOS AL OPTIMIZAR UN SISTEMA DE ASPERSIÓN:

- Calidad del producto/proceso mejorados
- Operación sin problemas – libre de tiempos muertos no planeados
- Costos operativos bajos y consistentes
- Mínimo desperdicio
- Mínimo impacto ambiental

Para demostrar el valor de optimizar el desempeño de un sistema de aspersión, presentamos algunos ejemplos ilustrando qué tan costoso puede ser dar por hecho que el sistema se está desempeñando tan bien como es posible.

CASO 1: BAJO DESEMPEÑO DEL SISTEMA DE ASPERSIÓN, RESULTÓ EN EL RETRABAJO DE 36,287 K (80,000 LBS) DE LÁMINAS DE ALUMINIO

La aplicación inconsistente de aceite en una lámina de aluminio resultó en un alto índice de rechazos de bobinas ya terminadas. La optimización incluyó añadir un controlador y cambiar el tipo de boquillas para asegurar que el aceite se aplicara de manera consistente y uniforme a través de todo el ancho de la lámina, aun cuando la velocidad de la línea variara. Se eliminó el retrabajo y se experimentaron otros beneficios:

- La aplicación precisa redujo el consumo de aceite en un 40%; un ahorro significativo en los costos y resultó benéfico para el medio ambiente
- La eliminación del exceso de aceite en el área de producción redujo tiempos de mantenimiento
- El tiempo de producción se ha incrementado ya que no se necesita el retrabajo de la lámina
- El retorno de la inversión fue rápido -menos de cuatro meses



CASO 2: EL USO DE BOQUILLAS DE ASPERSIÓN LIGERAMENTE DESGASTADAS DESPERDICIÓ 216,000 L (57,000 GAL) POR HORA EN UNA PLANTA DE CÁRNICOS

Las boquillas desgastadas asperjan con sobre flujo. Debido a la dificultad para detectar visualmente el desgaste de la boquilla, muchos procesadores no se percatan cuánto desperdicio se genera al utilizar boquillas desgastadas. Un procesador de cárnicos se sorprendió cuando vio el costo de utilizar boquillas desgastadas en su planta

- Una auditoría de 14 operaciones en la planta determinó que se gastaron 216,000 litros (57,000 gal) extras de agua por hora debido al uso de boquillas desgastadas
- El costo del agua desperdiciada basada en \$0.005 dólares por galón de agua más el tratamiento de aguas residuales = \$285 dls por hora
- Un turno de ocho horas al día = \$2,280 dls al día
- Cinco días a la semana, 50 semanas al año = \$570,000 dls al año

La optimización del Sistema de Aspersión incluyó el reemplazo de las boquillas desgastadas y el establecimiento de un programa de mantenimiento de las mismas. Considere que este ejemplo sólo muestra el costo de agua residual. El costo de desperdicio de energía y tratamiento de agua residual no está incluido. Cuando se añaden otros

factores, los costos pueden incrementarse entre un 20 y un 30%.

CASO 3: LA SOBRE APLICACIÓN DE UN AGENTE DESMOLDANTE CON UN SISTEMA DE ASPERSIÓN CUESTA A UN PROCESADOR DE QUÍMICOS \$50,000 DLS AL AÑO

Un costoso agente desmoldante se había venido aplicando sobre una banda transportadora para prevenir que los productos se pegaran. La falta de control del flujo basado en la velocidad de la línea resultó en un ambiente sucio e inseguro que requería mantenimiento frecuente. La optimización del Sistema de Aspersión incluyó añadir un controlador de aspersión y generó resultados impresionantes.

- La reducción en el uso del agente desmoldante y la eliminación de la subcontratación de servicios de limpieza le ahorraron al procesador \$50,000 dls al año
- El nuevo equipo de aspersión se pagó en dos meses

PARA OBTENER MAYORES DETALLES SOBRE ESTOS CASOS y ver otros ejemplos, visite spray.com.mx/resultados.

EL VALOR DE LA OPTIMIZACIÓN DE LA ASPERSIÓN

Cada aplicación de aspersión es diferente y los beneficios de la optimización pueden variar desde unos pocos miles de dólares hasta cientos de miles de dólares. Es imposible determinar el valor exacto de un programa para la optimización de la aspersión sin analizar la operación. Sin embargo, revisar la lista que exponemos a continuación puede ayudarle a medir el valor. **Si contesta "sí" aunque sea a algunas de las preguntas, un programa de optimización seguramente generará ganancias significativas a su operación.**

¿El sistema de aspersión utiliza cantidades importantes de agua, químicos caros y energía?
 SÍ NO

¿Se rechazan productos por: enfriamiento, recubrimiento disparejo o limpieza inconsistente?
 SÍ NO

¿Se incrementan los costos de manufactura como resultado de temas de calidad?
 SÍ NO

¿Se puede incrementar el rendimiento, mejorar la calidad o mantener el desempeño de la aspersión cuando cambian las condiciones del proceso tales como la velocidad de la línea?
 SÍ NO

¿Con frecuencia solicita a los trabajadores que monitoreen, ajusten o cambien la configuración del sistema de aspersión entre lotes?
 SÍ NO

¿El mantenimiento del sistema de aspersión produce paros no programados?
 SÍ NO

¿El mantenimiento es prolongado debido a la sobre aplicación del producto o a la deriva causada por el sistema de aspersión?
 SÍ NO

¿Los riesgos para la salud tales como inhalación de químicos o áreas resbalosas son una preocupación?

SÍ NO

¿Los costos de eliminación de químicos o aguas residuales son altos?

SÍ NO

¿Existe la posibilidad de tener multas por no satisfacer las regulaciones ambientales?

SÍ NO

Como se mencionó antes, la optimización puede traer muchos beneficios: costos de operación más bajos, mejora en la calidad, reducción de mantenimiento, mejora en la seguridad de los trabajadores y más. En la mayoría de los casos, el retorno de la inversión al optimizar el sistema de aspersión es significativo y rápido.

Si ya tiene un sistema de aspersión, la optimización puede lograrse al:

- Mejorar o monitorear los procedimientos de mantenimiento
- Modernizar las boquillas por unas más recientes o que se fabriquen en materiales con mayor resistencia al desgaste
- Incluir un controlador de la aspersión

Si se está especificando un nuevo sistema de aspersión, se puede lograr un mejor resultado si trabaja con un proveedor de tecnología de aspersión que tenga una amplia gama de productos. Diferentes tipos de boquillas de aspersión pueden ofrecer desempeños similares y un experto puede guiarlo para obtener la mejor opción para su operación.

¿POR QUÉ NO COMIENZA HOY? Las secciones que siguen pueden guiarle a través del proceso de optimización del sistema de aspersión.

EL PRIMER PASO HACIA LA OPTIMIZACIÓN DE LA ASPERSIÓN, ES LA EVALUACIÓN DEL SISTEMA QUE UTILIZA ACTUALMENTE O LOS REQUERIMIENTOS PARA UN NUEVO SISTEMA

Comience estableciendo objetivos y mejoras deseadas para su sistema de aspersión. Estos objetivos deberán ser tan específicos como sea posible. Algunos ejemplos:

- Reducir el uso de agua y químicos
- Reducir los productos rechazados debido al desempeño del sistema de aspersión
- Incrementar la producción reduciendo el tiempo entre cambio de lotes
- Reducir el tiempo de mantenimiento del sistema de aspersión
- Extender los ciclos de producción entre los paros de mantenimiento del sistema
- Automatizar las operaciones de aspersión para que los trabajadores puedan ocuparse en otras tareas

Tenga en mente los objetivos de desempeño que ha establecido para su sistema de aspersión, mientras lee el resto de este manual. En las secciones siguientes aprenderá los principios básicos de operación de las boquillas de aspersión y los factores que impactan su desempeño. Comprender estos principios le ayudará a optimizar su propio sistema de aspersión para llegar a las metas propuestas.

CONSIDERACIONES PARA EL SISTEMA DE ASPERSIÓN

Patrón de aspersión requerido: cono lleno, cono hueco, aspersión plana o chorro sólido
Flujo/volumen de aplicación
Ángulo y cobertura de aspersión requeridos
Propiedades del líquido a ser asperjado – gravedad específica, viscosidad, temperatura y tensión superficial, todas afectan la calidad de la aspersión
Calidad del líquido/nivel de contaminantes
Caída de presión a través del sistema de aspersión
Tamaño de gota
Velocidad e impacto de la aspersión requeridos
Operación del sistema de aspersión – continuo o intermitente
Condiciones del proceso – constante o variable

PAUTAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA ASPERSIÓN

Pautas para asegurarse que está obteniendo el mejor desempeño posible para su sistema de aspersión. **Para información acerca de las pautas básicas en la selección de boquillas, vea Eligiendo la Boquilla Correcta, página 24 de este manual, en el apéndice de Referencias Técnicas.**

CONFIRME QUE ESTÁ USANDO LAS MEJORES BOQUILLAS DISPONIBLES PARA SU OPERACIÓN

Si ha estado usando el mismo modelo de boquillas durante varios años, investigue si hay nuevas versiones disponibles. Aún si no está experimentando problemas, puede encontrar que los nuevos diseños de boquillas disponibles ofrecen mayor eficiencia y vida útil. Los diseños para el control preciso de la aspersión y anti encostramiento son dos avances en tecnología de aspersión que pueden optimizar el desempeño en muchas aplicaciones. **Vea Tecnología de Aspersión Avanzada en la página 11.**

También puede examinar las siguientes opciones:

- Diseños resistentes al taponamiento para minimizar los problemas de desempeño y tiempos muertos no planeados
- Modelos Quick-Connect para reducir el tiempo de mantenimiento
- Otros materiales de fabricación para extender la vida útil

Recuerde, la boquilla es el corazón de su operación de aspersión; verificar su elección es la mejor inversión que puede hacer para su sistema de aspersión.

CONSIDERE EL VALOR DEL CONTROL DE LA ASPERSIÓN

Automatizar algunos o todos los aspectos del sistema de aspersión al utilizar un controlador añadirá precisión a muchas operaciones. Las opciones para el control de la aspersión van, desde sistemas muy sencillos que proporcionan

controles de encendido/apagado (on/off) y control automático de aire y líquido, hasta sofisticados sistemas que ofrecen el monitoreo del desempeño de la aspersión en tiempo real y con ajustes automáticos.

Es importante comprender los beneficios que puede obtener del control de la aspersión y evaluar las opciones disponibles. El control de la aspersión puede sonar costoso, pero la mayoría de los usuarios encuentran que la inversión se compensa rápidamente con el aumento de la producción, la reducción del desperdicio, disminución de los costos de operación y más.

Vea la Sección IV para obtener mayor información acerca de las opciones del control de la aspersión y cómo determinar su valor en la operación.

ESTABLEZCA UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE BOQUILLAS

El descuido de las boquillas de aspersión puede costarle miles de dólares, si no es que cientos de miles anualmente. Peor aún, la mayoría de las personas no se dan cuenta que los problemas de calidad e incremento en los costos de operación, con frecuencia, se deben a la utilización de boquillas de aspersión desgastadas.

Las boquillas de aspersión, como cualquier componente de precisión, se desgastará con el uso y su desempeño disminuirá. La detección visual del desgaste de la boquilla es casi imposible a menos que éste sea muy significativo.

Una rápida inspección para ver si las boquillas están asperjando no revelará el problema.

Vea la Sección V para mayor información sobre cómo identificar el desgaste de las boquillas, el costo potencial de las repercusiones al utilizar boquillas desgastadas y lineamientos para establecer un programa de mantenimiento continuo.

EVALÚE TODOS LOS COMPONENTES DE SU SISTEMA DE ASPERSIÓN

Si bien las boquillas son el componente más crítico en su sistema de aspersión, otros equipos pueden impactar la forma en la que se desempeñan.

BOMBAS

Elegir la bomba correcta para el sistema es el primer paso. La eficiencia de la bomba afectará el tamaño de la tubería y válvulas, así como los equipos subsecuentes. Recuerde, las bombas proveen el flujo, no la presión. La presión es el resultado de restringir el flujo.

Para operaciones a alta presión:

- Normalmente se utilizan bombas de desplazamiento positivo. Cada desplazamiento provee un flujo fijo sin importar las constricciones posteriores. La presión se incrementa al restringir el flujo
- Pueden ocurrir condiciones de sobre presión cuando las boquillas o filtros se tapan o se cierran las válvulas. Se requiere una válvula de seguridad que alivie la presión al utilizar bombas de desplazamiento positivo

Para operaciones de baja presión:

- Normalmente se utilizan bombas centrífugas. Las aspas impulsan el fluido y se incrementa la velocidad cuando la carcasa de la bomba restringe el flujo
- La presión del sistema se ajusta al restringir el flujo

TUBERÍA Y VALVULAS

Tamaños inadecuados de tubería y/o válvulas son causas comunes de problemas con el desempeño de boquillas de aspersión. Algunos factores clave que debe considerar al poner en marcha o corregir errores en su sistema:

- **¿El flujo del sistema en la boquilla es el adecuado?** Normalmente el flujo del sistema debe ser dos o tres veces el flujo deseado en la boquilla
- **¿La presión en la boquilla es la adecuada?** La fricción, longitud de la tubería, válvulas, codos y la distancia entre la bomba y la boquilla pueden resultar en pérdida de presión. Refiérase a la página 30 para obtener mayor información sobre pérdida de presión
- **¿La velocidad del fluido en la tubería es mayor a 3.7 m/seg (12 ft. /seg)?** Si es así, la turbulencia, ruido, vibración y pérdidas podrían afectar el desempeño de la boquilla
- **Tome en cuenta la gravedad específica del fluido.** Se requerirá mayor presión en soluciones más pesadas que el agua para lograr flujos iguales

FILTRACIÓN

La falta de un filtrado adecuado es un problema muy común y puede causar estragos en cualquier sistema de aspersión. El fluido debe ser filtrado antes de la entrada a la bomba. Es importante recordar que el orificio de la boquilla es la parte más restringida del sistema y por eso necesita utilizar un filtro cuyo tamaño prevenga el taponamiento de la misma. Por supuesto que los filtros y tamices deberán ser limpiados regularmente.



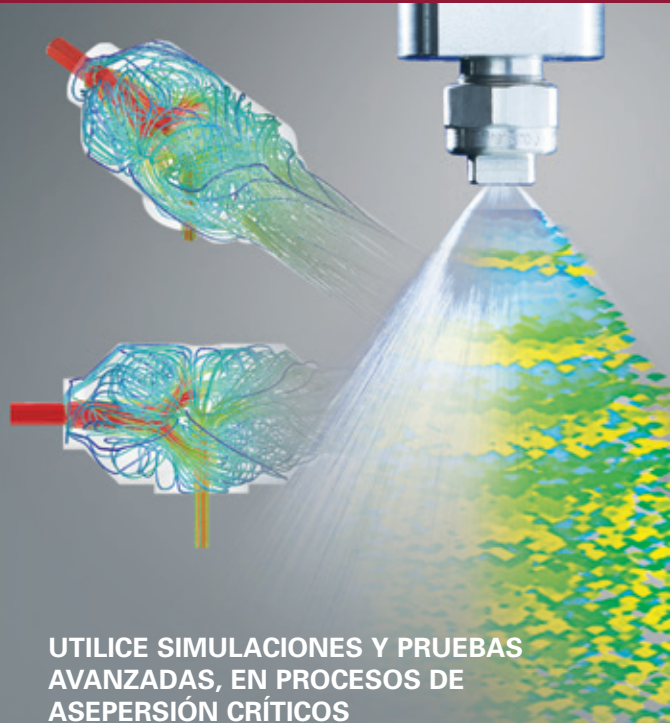
MONITOREO

El monitoreo del sistema permitirá una detección rápida y solución de problemas. La colocación del medidor es crítica.

- Los manómetros deberán colocarse tan cerca de las boquillas como sea posible y a no menos de 10 diámetros interiores de la tubería antes de codos, salidas de válvulas, T's y otras áreas turbulentas
- Las mediciones deberán hacerse entre la mitad a 2/3 del manómetro para mayor precisión
- Se recomienda el uso de un amortiguador de pulsos para reducir las variaciones de la presión y estabilizar la aguja
- Los lineamientos de colocación son los mismos para el flujómetro y el manómetro. Asegúrese de utilizar un flujómetro de tamaño adecuado para su sistema y considere utilizar medidores que permitan el paso de sólidos

PREGUNTE A SU FABRICANTE DE EQUIPO DE ASPERSIÓN

cuáles son sus recomendaciones en cuanto a la colocación de los componentes del sistema y accesorios requeridos.



UTILICE SIMULACIONES Y PRUEBAS AVANZADAS, EN PROCESOS DE ASEPERSIÓN CRÍTICOS

En algunas aplicaciones es conveniente invertir en modelos y pruebas computacionales de desempeño, debido a la naturaleza crítica de la operación de aspersión. En aplicaciones tales como secado por aspersión, recubrimiento de tabletas, enfriamiento de gases y descascarado de acero, factores como tamaño de gota, rango de evaporación e impacto pueden ser la diferencia entre el éxito o fracaso de dicha operación.

En algunos casos, las condiciones de operación pueden simularse en un ambiente de laboratorio para llevar a cabo pruebas. En otros casos replicar las condiciones de operación no es posible, así que se requieren modelos computacionales.

En la Sección VI puede encontrar mayor información sobre pruebas y modelos computacionales avanzados.

TECNOLOGÍA DE ASPERSIÓN AVANZADA

Nuevos desarrollos en tecnología de aspersión ocurren de forma constante y son impulsados por los fabricantes buscando mejorar la eficiencia de los procesos y mejorar la calidad de los productos. Dos de los avances más notables son los diseños de control preciso de la aspersión y la boquilla que previene la acumulación de material (anti-bearding).

CONTROL PRECISO DE LA ASPERSIÓN

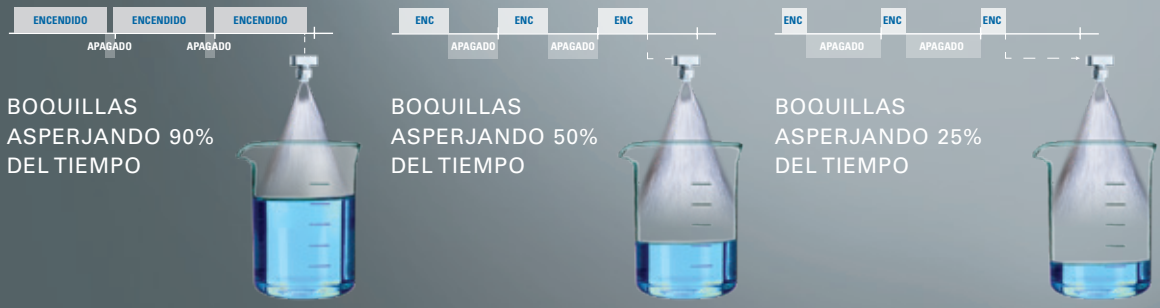
En muchas operaciones, aplicar recubrimientos de manera uniforme es difícil, especialmente cuando las condiciones de operación cambian. El control preciso de la aspersión ha probado ser un modo efectivo para asegurar la aplicación uniforme de recubrimientos tales como aceites, lubricantes y saborizantes. El control preciso de la aspersión se logra encendiendo y apagando muy rápidamente boquillas de aspersión eléctricas para controlar el flujo. Este ciclo es tan rápido que, con frecuencia, el flujo aparenta ser constante.

En el pasado, el flujo se controlaba al ajustar la presión. Sin embargo, ajustar la presión puede resultar en cambios dramáticos en el ángulo de aspersión y tamaño de gota. Con el control preciso de la aspersión, el flujo de una boquilla puede variar sin cambiar la presión. El ángulo de aspersión y el tamaño de gota permanecen sin cambio y se asegura la aplicación de recubrimientos uniforme. **Para mayor información sobre el control preciso de la aspersión, refiérase a spray.com.mx/automated_systems/precision_spray_control.aspx.**

DISEÑOS DE BOQUILLAS QUE PREVIENEN LA ACUMULACIÓN DE MATERIAL (ANTI-BEARDING)

Otro desarrollo reciente es una boquilla de atomización neumática cuya característica principal son las puntas de aspersión anti acumulación de material. En muchas boquillas de atomización neumática se crea una zona de baja presión creada por la corriente del fluido a alta velocidad saliendo de los orificios de la boquilla. Esta zona jala unas pocas gotas muy finas de regreso a la punta del aire. Cuando se secan las gotas, se van juntando capas y bloquean los orificios de aire y líquido en la punta de la aspersión. Este fenómeno de acumulación de material es una de las causas principales de una distribución de la aspersión deforme y del taponamiento. Nuevos diseños de combinaciones de aspersión cambian el punto de atomización y de la formación del patrón de aspersión. Estos cambios previenen que las gotas se depositen cerca de los orificios de la boquilla. El uso de puntas anti acumulación puede reducir dramáticamente los tiempos muertos para su limpieza.

CONTROL PRECISO DE LA ASPERSIÓN





AUTOMATIZAR SU SISTEMA DE ASPERSIÓN PUEDE RESULTAR EN GANANCIAS PARA LA PRODUCTIVIDAD, MEJORAS A LA CALIDAD Y REDUCCIONES EN COSTOS DE OPERACIÓN

En muchas operaciones, el retorno de la inversión es rápido, entre algunas semanas, hasta un año. El control no es necesario en cada operación de aspersión. Por ejemplo, incorporar el control de la aspersión a una sencilla operación de enfriado o lavado puede tener un valor limitado. En otras operaciones como recubrimiento, lubricación, humectación o humidificación, el control de la aspersión puede mejorar la calidad del producto o proceso y puede ayudar a ahorrar decenas de miles de dólares anualmente.

Una evaluación detallada de su operación puede ayudarle a determinar cuánto puede beneficiarse del control de la aspersión.

Si su operación requiere cualquiera de los siguientes puntos, el valor del control de la aspersión, muy probablemente, será alto:

- Cobertura uniforme y consistente del objetivo
- Ubicación precisa en el objetivo
- Aspersión intermitente
- Uso de recubrimientos o químicos costosos
- Flexibilidad –habilidad para ajustar el desempeño de la aspersión basada en la velocidad de la línea, temperatura, humedad o cambios de producto
- Monitoreo y supervisión para asegurar el correcto desempeño de la aspersión
- Mantenimientos frecuentes

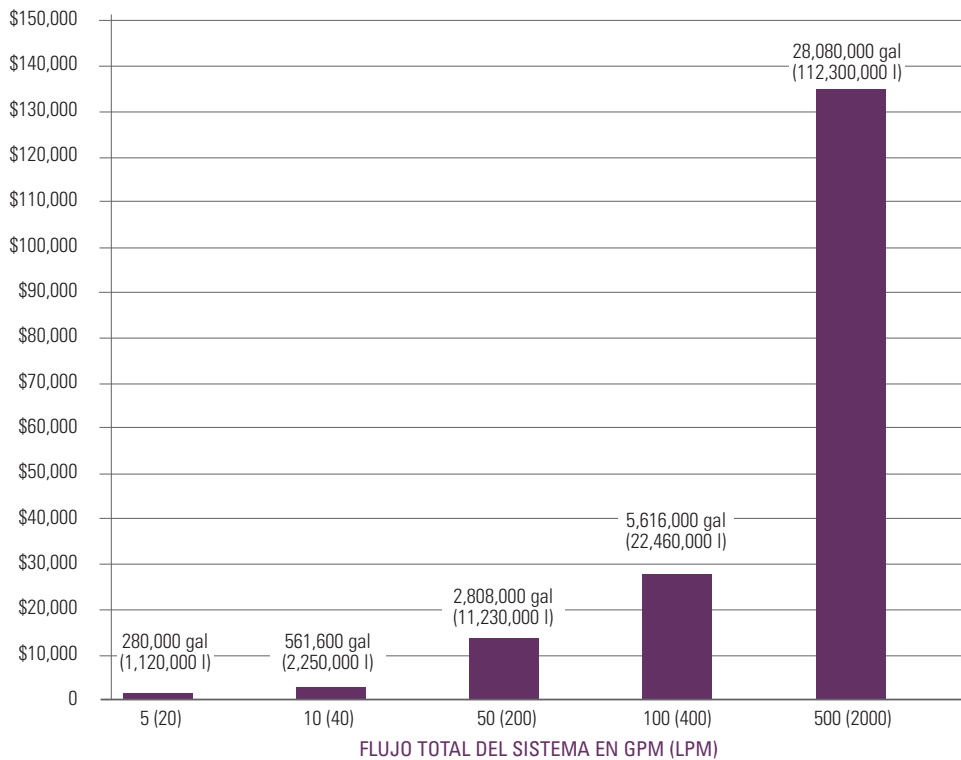
SOLICITUD DE UNA EVALUACIÓN IN-SITU

La mejor forma de determinar los beneficios potenciales del control de la aspersión es solicitar una evaluación in-situ de un experto en tecnología de aspersión. Cada operación de aspersión es diferente y tener un experto que evalúe su aplicación y le ayude a hacer una estimación del retorno de la inversión del equipo es el acercamiento más conveniente y preciso. Normalmente los principales proveedores de tecnología de aspersión no cobran por evaluaciones in-situ.

LOS COSTOS ASOCIADOS AL USO DE BOQUILLAS DESGASTADAS PUEDEN SER ALARMANTES

Las boquillas de aspersión, como todos los componentes de precisión, se desgastan con el tiempo y uso. Conforme se desgastan los orificios de la boquilla, el flujo se incrementará gradualmente. Cuando una boquilla asperja sobre su capacidad, se afecta el desempeño de la bomba. Además, con frecuencia ocurren problemas de calidad y se desperdician agua, químicos y energía. Los costos asociados al uso de boquillas desgastadas pueden ser significativos aun cuando sólo se asperje agua, como se muestra en la tabla 3.

TABLA 3 – COSTO ANUAL DE AGUA DESPERDICIADA AL USAR BOQUILLAS ASPERJANDO 15% ARRIBA DE SU CAPACIDAD



Basada en una semana laboral de cinco días, 24 horas al día. También deberá considerarse el costo de tratamiento de aguas residuales. Adicionalmente el desperdicio excesivo del agua puede agravar los problemas de falta de agua.

EJEMPLO DE CÓMO EL DESPERDICIO SE INCREMENTA CUANDO SE USAN QUÍMICOS Y AGUA.

Con un flujo del sistema de 100 gpm (379 l/min) usando boquillas que asperjan 15% sobre su capacidad cuesta \$182,800 DLS*

* Costo del agua: \$2.75/1000 dls/ galones) | Costo de químicos: USD\$1.00/galones | Proporción de dilución: 10:1 2,080 horas de operación/año. No se incluyen problemas de incremento del costo de la electricidad, desperdicio y tiempos muertos debidos a problemas de calidad.

CAUSAS DEL BAJO DESEMPEÑO DE LAS BOQUILLAS DE ASPERSIÓN

Es importante entender las causas del bajo desempeño de las boquillas para determinar si es posible algún cambio en su aplicación para retrasar el deterioro. Las siete causas principales del desgaste de las boquillas y problemas de desempeño son:

EROSIÓN/DEGASTE

El desgaste gradual del material de la boquilla causa que el orificio y paso interno del flujo se agranden y/o distorsionen. Como resultado, se incrementa el flujo, probablemente baje la presión, el patrón se hace irregular y las gotas de aspersión se vuelven más grandes.



CORROSIÓN

El material de la boquilla puede deteriorarse debido a la acción química del fluido asperjado o del medio ambiente. El efecto es similar al causado por la erosión y el desgaste, con posible daño a las superficies externas de la boquilla. En particular, el desempeño de boquillas neumáticas es muy sensible a la corrosión. Aun pequeñas cantidades de corrosión impactarán de manera negativa el tamaño de gota y la uniformidad.



ALTA TEMPERATURA

Algunos líquidos deben ser asperjados a altas temperaturas o en ambientes de alta temperatura. La boquilla puede ablandarse y dañarse a menos que se utilicen materiales especiales, resistentes a altas temperaturas.



Advertencia: Las fotografías de boquillas desgastadas o dañadas ilustran casos de descuido extremo. Nunca debe permitirse que los problemas con las boquillas lleguen a esta etapa.

ENCOSTRAMIENTO/ ACUMULACIÓN DE MATERIAL

Puede ocurrir que se acumule material en las orillas externas o internas del orificio causado por la evaporación del líquido. Una capa de sólidos secos permanece y obstruye el orificio o el paso interno del flujo. El encostramiento o acumulación del material cerca del orificio de la boquilla también es perjudicial para su desempeño y puede tener consecuencias en algunos tipos de boquillas como las neumáticas.



Encostrada

Nueva

DAÑO ACCIDENTAL

El daño a un orificio o a una boquilla puede ocurrir de manera inadvertida cuando se utilizan herramientas inadecuadas para la limpieza. Con frecuencia las boquillas también se dañan cuando se caen durante la instalación u operación.

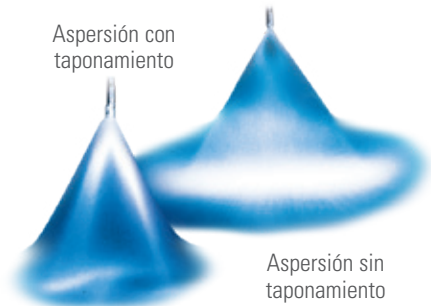


Dañada

Nueva

TAPONAMIENTO

Partículas sólidas no deseadas pueden bloquear el interior del orificio. Se restringe el flujo y se afecta la uniformidad del patrón de aspersión.

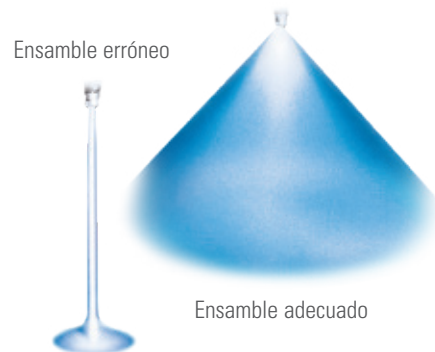


Aspersión con taponamiento

Aspersión sin taponamiento

ENSAMBLE ERRÓNEO

Algunas boquillas requieren un correcto ensamble después de la limpieza, para que los componentes internos, tales como empaques, O-rings y venas internas estén alineadas de manera apropiada. El posicionamiento erróneo puede resultar en goteos y desempeño ineficiente. El sobre apretado de las tapas de las boquillas a los cuerpos puede causar que se trasrosque.



Ensamble erróneo

Ensamble adecuado

DETECCIÓN DE DESGASTE DE LA BOQUILLA

En la mayoría de los casos, el desgaste de las boquillas es difícil de detectar porque no es visible. La erosión gradual de los orificios de las boquillas no se ve al observar la boquilla o el patrón de aspersión. Estas son las mejores formas de determinar si la boquilla está desgastada.

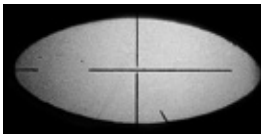


BOQUILLA SIN DESGASTE

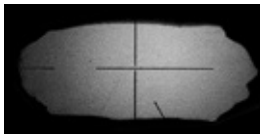


BOQUILLA DESGASTADA

Los orificios de las boquillas muestran poca diferencia. La punta de la izquierda es nueva. El mismo tamaño de punta, a la derecha, se ha desgastado hasta asperjar 30% sobre su capacidad. La inspección visual muestra poca evidencia del desgaste



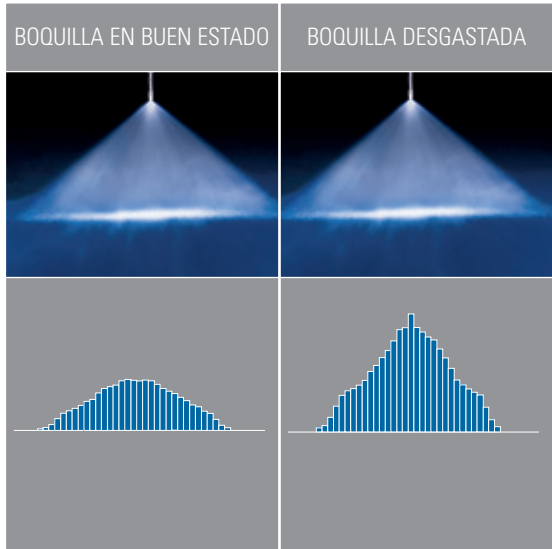
PUNTA DE ASPERSIÓN EN BUEN ESTADO



PUNTA DESGASTADA

Orificio visto a través de un comparador óptico muestra evidencia de desgaste interno. Una inspección más cercana y un análisis de la recolección de la aspersión mostrada en la imagen de la derecha revelan la diferencia entre las dos puntas.

Nota: Las fotografías están sin retocar.



Los patrones de aspersión de ambas puntas muestran muy poca diferencia. Cuando se recolecta la aspersión en tubos, nos arroja la dramática evidencia de un 30% de incremento en la capacidad.

CAMBIO EN EL FLUJO

- En todas las boquillas, el flujo se incrementará conforme las superficies del orificio y/o la vena o core interno se vayan deteriorando
- En aplicaciones que utilizan bombas de desplazamiento positivo que proporcionan la misma capacidad sin importar la presión, la presión de aspersión decrecerá conforme los orificios de las boquillas se hagan más grandes, resultando en velocidades de aspersión más bajas y menor impacto
- Las proporciones del flujo o menores presiones de aspersión pueden resultar en tamaños de gota más grandes

INCREMENTO DEL TAMAÑO DE GOTA

- Conforme se desgastan los orificios, el flujo aumenta, o bien, disminuye la presión de la aspersión, produciendo gotas más grandes. Gotas más grandes resultan en menor área de superficie líquida total.

TAMAÑOS DE GOTA REALES

• 500 μm	Una pulgada = 25,400 μm
• 1200 μm	Un milímetro = 1,000 μm
● 5500 μm	μm = micrómetro

DETERIORO DE LA CALIDAD DEL PATRÓN DE ASPERSIÓN

- **Boquillas de cono hueco:** Conforme se desgasta el orificio, la uniformidad del patrón de aspersión se destruye al desarrollarse manchas y el patrón se vuelve más pesado o ligero en secciones de la aspersión
- **Boquillas de cono lleno:** Normalmente la distribución del patrón de aspersión se deteriora conforme más líquido fluye hacia el centro del patrón
- **Aspersiones de abanico plano:** Vetas y flujos más pesados fluyen hacia el centro del patrón, acompañados por una reducción en la cobertura efectiva del ángulo de aspersión, son típicos del deterioro

IMPACTO DE ASPERSIÓN MÁS BAJO

- El impacto de la aspersión se reduce conforme las boquillas operan a menores presiones
- En aplicaciones con bombas centrífugas, el impacto puede incrementarse debido al aumento en el flujo a través de la boquilla

Utilice la siguiente ecuación para calcular de forma teórica el impacto de la aspersión:

$$I = K \times Q \times \sqrt{P}$$

Donde:

I = impacto total teórico de la aspersión

K = constante

Q = proporción de flujo

P = presión del líquido

I	lbs.(f)	kg(f)	Newtons	Newtons
K	.0526	.024	.24	.745
Q	gpm	lpm	lpm	lpm
P	psi	kg/cm ²	bar	MPa

SI SOSPECHA QUE HAY UN PROBLEMA EN LA BOQUILLA DE ASPERSIÓN, PERO NO PUEDE PRECISARLO, LLAME PARA SOLICITAR AYUDA.

El fabricante de boquillas de aspersión líder puede llevar a cabo pruebas especializadas en sus laboratorios para determinar la fuente del problema y ofrecer recomendaciones para su corrección y prevención continua.

MANTENIMIENTO DE LAS BOQUILLAS DE ASPERSIÓN

Un programa completo de mantenimiento de boquillas le ayudará a asegurar un desempeño de su sistema de aspersión libre de problemas, mientras se lleve a cabo de manera apropiada y rutinaria. Utilice la siguiente lista como un punto de inicio. ¿Cuántos de estos factores y cada cuándo tendrá que revisar el desempeño? dependerá de la aplicación.

Deberá documentar el desempeño del sistema de aspersión tan pronto instale las boquillas para establecer una referencia para realizar comparaciones posteriores. Después, monitoree su sistema frecuentemente para detectar cambios en el desempeño.

LISTA DE PUNTOS DE MANTENIMIENTO

FLUJO- CADA BOQUILLA

- Bombas Centrífugas**
Monitoree las lecturas del flujómetro para detectar incrementos; o, recolecte y mida la aspersión de una boquilla durante un periodo de tiempo a una presión específica. Después compare estas lecturas con el flujo enlistado en el catálogo del fabricante o compare las lecturas de flujo con las de boquillas nuevas, sin usar.
- Bombas de desplazamiento positivo**
Monitoree la línea de presión del líquido para detectar decrementos; el flujo permanecerá constante.

PRESIÓN DE ASPERSIÓN – EN EL CABEZAL (MANIFOLD)

- Bombas Centrífugas**
Monitoree para detectar incrementos en el volumen del líquido asperjado.
(La presión de aspersión seguramente permanecerá constante)
- Bombas de desplazamiento positivo**
Monitoree el manómetro para caídas de presión y reducción del impacto en áreas de aspersión (probablemente el volumen del líquido asperjado permanezca igual). También monitoree subidas de presión debidas al taponamiento de boquillas. Inspeccione visualmente para detectar cambios en la cobertura de aspersión.

TAMAÑO DE GOTA

- Examine los resultados de la aplicación para detectar cambios. Los incrementos en el tamaño de gota no se detectan visualmente en la mayoría de las aplicaciones. Un incremento en el flujo o una caída de presión en la aspersión impactará al tamaño de gota.

PATRÓN DE ASPERSIÓN

Cada boquilla

Inspeccione de manera visual los cambios en la uniformidad del patrón de aspersión. Verifique el ángulo de aspersión con un transportador. Mida el ancho del patrón de aspersión en la superficie asperjada.

Esto es lo que debe buscar:

Aspersión plana

De un orificio elíptico, la boquilla emite una aspersión de abanico plano tipo lámina con bordes ahusados, ideales para traslapar patrones adyacentes; una concentración de líquido más alta al centro del patrón y/o manchas o vacíos en el patrón.

Cono hueco

Inspeccione de manera visual para encontrar secciones de concentración más alta y/o secciones manchadas en el anillo circular del fluido.

Cono lleno – Redondo, cuadrado u ovalado

Inspeccione de manera visual para encontrar concentraciones de líquido más elevadas al centro del patrón, y/o distorsiones en el patrón de aspersión.

Atomización con aire

Inspeccione de manera visual para encontrar patrones de aspersión más pesados, rayados o distorsionados.

Nota: Si el orificio se desgasta gradualmente, los cambios pueden no detectarse hasta que el flujo se haya incrementado de manera sustancial. Si la uniformidad en la cobertura de aspersión es crítica, se podría requerir equipo o pruebas especiales. Contacte al fabricante de boquillas.

ALINEACIÓN DE LAS BOQUILLAS

Boquillas de aspersión plana en el cabezal

Verifique la uniformidad de la cobertura de la aspersión. Los patrones deberán ser paralelos entre ellos. Las puntas de aspersión deben ser rotadas de 5° a 10° desde la línea central del cabezal. Hay disponibles boquillas de aspersión Quick Connect que proporcionan alineación automática del patrón de aspersión.

RESULTADOS DE LA APLICACIÓN

- Revise el producto para encontrar recubrimiento, enfriado, secado o limpieza irregulares.
- Revise que la temperatura, contenido de polvo o humedad sean los adecuados.



EXTENDIENDO LA VIDA DE LAS BOQUILLAS

Inspeccionar y dar mantenimiento a las boquillas de manera regular le ayudará a identificar el desgaste y extender la vida útil. He aquí algunas estrategias adicionales que puede considerar para maximizar la vida útil de la boquilla.

REDUZCA LA PRESIÓN

Esto hará que la velocidad del líquido sea más lenta cuando pase a través del orificio y puede ayudarle a reducir el tiempo de desgaste. Sin embargo, operar a presión más baja puede comprometer la cobertura de la aspersión y la uniformidad de la distribución de la aspersión. El tamaño de gota también puede incrementarse y disminuir el impacto. Estos cambios en el desempeño pueden generar problemas de calidad que cuestan más que el reemplazo de las boquillas.

CAMBIE A UNA BOQUILLA DISTINTA

Si puede mejorar el desempeño de la aspersión, reducir el tiempo de mantenimiento y/o incrementar el periodo de uso debido a una vida útil de la boquilla más prolongada, deberá hacer un cambio. El costo adicional, se recupera rápidamente en un corto plazo.

CAMBIE EL MATERIAL DE LA BOQUILLA

Los materiales que tienen superficies más duras, generalmente proporcionan mayor vida útil. Los materiales estándar incluyen latón, acero, hierro forjado, varios aceros inoxidable, aceros inoxidable endurecidos muchos plásticos y varios carburos.

También se encuentran disponibles materiales que ofrecen mayor resistencia a la corrosión. Sin embargo, la velocidad de corrosión por químicos en un material específico depende de la solución que se asperje. Deben considerarse las propiedades corrosivas del líquido asperjado, la concentración y la temperatura, así como la resistencia a la corrosión del material de la boquilla al químico.

Puede explorarse el reducir la cantidad de partículas abrasivas o la concentración de químicos corrosivos, pero con frecuencia esto no es viable. Mientras que estos cambios pueden reducir el desgaste, generalmente comprometen de manera negativa el desempeño de la aspersión.

INCORPORA FILTROS DE LÍNEA O BOQUILLAS CON FILTROS INTEGRADOS

El deterioro y taponamiento del orificio es causado



PARA MAYOR INFORMACIÓN SOBRE EL MANTENIMIENTO DE LAS BOQUILLAS Y SU REEMPLAZO, CONTACTE A SU INGENIERO DE VENTAS LOCAL.

por partículas de suciedad en el líquido que se asperja. Esto es particularmente común en sistemas usando agua de aspersión recirculada. Una buena manera de extender la vida útil de las boquillas es usar filtros para atrapar las partículas más grandes y prevenir que los detritos entren a las boquillas.

LIMPIE LOS ORIFICIOS DE LAS BOQUILLAS

Como parte de la rutina de mantenimiento del sistema de aspersión, deben limpiarse los orificios de las boquillas de manera regular.

Precaución: Deben usarse sondas de limpieza elaboradas con materiales mucho más suaves que la superficie del orificio de la boquilla. Es fácil dañar la forma o tamaño del orificio que son críticos y terminar con patrones de aspersión distorsionados y/o capacidad incrementada. Verifique que esté usando cepillos con cerdas de plástico y/o sondas de madera o plástico. Deben evitarse a toda costa cepillos con cerdas metálicas, cuchillos de bolsillo o puntas de limas de soldadores. Para taponamientos difíciles, remoje el orificio en un químico de limpieza que no sea corrosivo para suavizar o disolver la sustancia.

REEMPLAZO DE BOQUILLAS DESGASTADAS

Inspeccionar y dar mantenimiento a las boquillas de manera regular le ayudará a identificar el desgaste y extender la vida útil. Sin embargo, el desgaste ocurrirá con el tiempo y la solución es el reemplazo de las boquillas

Algunos lineamientos para ayudarle a determinar el intervalo óptimo para el reemplazo de las boquillas:

- ¿Las boquillas desgastadas están afectando la calidad del proceso o producto? Si es así, reemplace las boquillas tan pronto como el desgaste sea evidente
- ¿El ahorro de agua y la sustentabilidad son prioridades? Si es así, reemplace las boquillas tan pronto como el desgaste sea evidente
- ¿Cuánto gasta al continuar utilizando boquillas desgastadas? Realice una comparación entre los costos adicionales de agua, químicos, electricidad, gestión de aguas residuales contra el costo del reemplazo de las boquillas
- ¿El desempeño preciso de la aspersión es importante para su proceso en general? Si es así, deberá predeterminar fechas para el reemplazo, ya sea semestral o anual, durante paros de mantenimiento



OPTIMICE EL DESEMPEÑO, VALIDE CONCEPTOS, RESUELVA PROBLEMAS CON PRUEBAS DE DESEMPEÑO DE LA ASPERSIÓN

Pequeños cambios en la ubicación de las boquillas, la posición, tamaño de gota, dirección de la aspersión y otras características pueden hacer una gran diferencia en operaciones donde el desempeño es crítico. Los ejemplos incluyen aplicaciones que involucran reacciones químicas, enfriamiento de gases, recubrimientos complejos, secado por aspersión y operaciones donde los problemas de desempeño pueden resultar en fallas durante el proceso, peligro y pérdidas significativas de tiempo de producción o costo excesivo. En operaciones como éstas, no es posible optimizar la aspersión utilizando el enfoque de prueba y error. Se requiere equipo especializado o herramientas avanzadas de modelaje o simulación para asegurar la exactitud o conveniencia para la aplicación.

Estudios de simulación de la aspersión llevados a cabo en un laboratorio son ampliamente utilizados para validar conceptos, resolver problemas y optimizar el desempeño de la aspersión.

El equipo utilizado con mayor frecuencia en un laboratorio, incluye:

- Equipo especializado para medir la distribución del líquido de los patrones de aspersión
- Equipo láser de difracción para medir el tamaño de gota de las boquillas de aspersión neumática de baja capacidad y boquillas de aspersión fina
- Dispositivos que miden variaciones de impacto a través del patrón de aspersión
- Túneles de viento para probar la evaporación de la aspersión y desempeño en condiciones que simulan flujo de gas
- Instrumentos para aire y líquidos para medir flujo y presión
- Analizadores de partículas Doppler para la evaluación completa del tamaño de gota, particularmente donde se requieren velocidades de aspersión
- Analizadores de imagen láser para medir el tamaño de gota de boquillas de gran capacidad y aspersiones densas

CUANDO NO ES POSIBLE SIMULAR EL AMBIENTE OPERATIVO DEL SISTEMA DE ASPERSIÓN SE USAN HERRAMIENTAS DE MODELOS COMPUTACIONALES AVANZADOS

Los ejemplos incluyen análisis de flujo de líquidos y gases en lavadores y ductos, características internas de flujo en el equipo de aspersión, el impacto del patrón de aspersión en las paredes de recipientes y más.

Dinámica computacional de fluidos (CFD) es la ciencia de predecir el flujo del fluido, transferencia de calor, transferencia de masa y reacciones químicas. Se usan métodos numéricos y algoritmos para analizar problemas que involucran flujos de fluidos. Un sofisticado software lleva a cabo millones de cálculos que se requieren para simular la interacción de fluidos y gases con fenómenos físicos relacionados. Modelos CFD ilustran patrones de flujo, velocidad, temperatura, distribución de gases/líquidos, trayectorias de las gotas, presiones en todo el sistema y fuerzas de impacto y presión causadas por el flujo del líquido.

Interacción Estructural de Fluidos (FSI) también utiliza métodos numéricos y algoritmos, pero examina la interacción entre la dinámica de fluidos y la integridad estructural. Los estudios de dinámica de fluidos simulan todos los aspectos del desempeño de la aspersión basados en condiciones de operación pre determinadas.

Modelos de integridad estructural utilizan Métodos de Elementos Finitos (FEM) para evaluar tensiones mecánicas en componentes fabricados. Estos estudios se usan con frecuencia para validar el diseño del equipo de aspersión en ambientes difíciles y optimizan la aspersión.

SI EL DESEMPEÑO DE LA ASPERSIÓN ES CRÍTICO, solicite a su fabricante de equipo de aspersión evaluar si pruebas o modelos pueden ayudar a optimizar el sistema de aspersión.



ELECCIÓN DE LA BOQUILLA CORRECTA

Las boquillas de aspersión son componentes de precisión diseñados para proporcionar un desempeño muy específico. Elegir las boquillas correctas para su operación es crítico, de manera que es esencial entender las diferencias entre los diversos tipos.

BOQUILLAS DE CONO LLENO

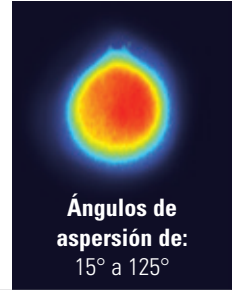


- Patrón sólido de forma cónica
- Gotas de medianas a grandes

Aplicaciones típicas:

- Inyección de químicos
- Enfriamiento
- Control de polvo
- Protección contra fuego
- Enjuague
- Lavado

IMAGEN LÁSER*



CONO LLENO (TIPO ESPIRAL)



- Patrón de aspersión de cono lleno
- Gotas burdas
- Cobertura no tan uniforme como boquillas de vena interna

Aplicaciones típicas:

- Enfriamiento de aire y gas
- Control de polvos
- Protección contra fuego
- Enfriamiento



CONO LLENO (TIPO OVALADO)



- Patrón de cono sólido con área de impacto ovalada con ancho aproximado de un medio de su longitud
- Gotas de medianas a grandes

Aplicaciones típicas:

- Enfriado de aire y gas
- Control de polvo
- Protección contra fuego
- Humectación



*Las imágenes de la derecha se obtuvieron en nuestros laboratorios usando Laser Sheet Imaging (LSI). Las imágenes se obtienen al pasar un rayo láser haciendo un corte transversal a través de la aspersión y tomando una imagen con una cámara con filtro de luz. Las distribuciones son directamente proporcionales a la superficie del área de distribución del material asperjado (rojo: alto; azul: bajo; negro: nada). Comúnmente las distribuciones del volumen son similares a las distribuciones del área de la superficie de esas boquillas, dependiendo de las distribuciones ya registradas del tamaño de gota.

IMAGEN LÁSER*

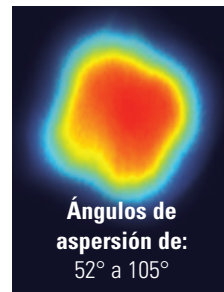


CONO LLENO (TIPO CUADRADO)

- Patrón de aspersión en forma de cono sólido con área de impacto cuadrada
- Gotas de medianas a grandes

Aplicaciones típicas:

- Enfriamiento de aire y gas
- Control de polvo
- Protección contra fuego
- Humectación



Ángulos de aspersión de:
52° a 105°



ASPERSIÓN PLANA (BORDES AHUSADOS)

- Patrón de aspersión rectangular delgado con bordes ahusados
- Gotas medianas
- Mayor impacto que otras aspersiones planas

Aplicaciones típicas

- Descascarado
- Lavado de alta presión
- Remoción de etiquetas



Ángulos de aspersión de:
15° a 110°

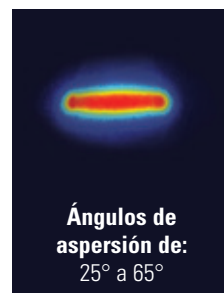


ASPERSIÓN PLANA (BORDES RECTOS)

- Patrón de aspersión rectangular delgado
- Gotas medianas a grandes
- Frecuentemente utilizado en un cabezal para un patrón de contacto de borde a borde

Aplicaciones típicas:

- Recubrimiento
- Enfriado
- Humectación
- Lavado



Ángulos de aspersión de:
25° a 65°

IMAGEN LÁSER*



ASPERSIÓN PLANA (TIPO DEFLECTOR)

- Patrón de aspersión rectangular
- Gotas pequeñas a grandes
- Paso libre amplio que reduce el taponamiento
- Ángulos de aspersión angostos que proporcionan mayor impacto; versiones en ángulos anchos para generar menor impacto

Aplicaciones típicas:

- Limpieza
- Lavado

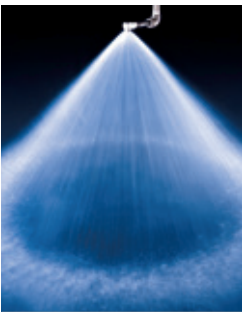


CHORRO SÓLIDO

- Boquillas de chorro sólido que proporcionan el más alto impacto por unidad de área
- Gotas de medianas a grandes

Aplicaciones típicas:

- Remoción total de residuos y suciedad cuando se requiere
- Aspersión para fuentes decorativas
- Operaciones de flujo laminar

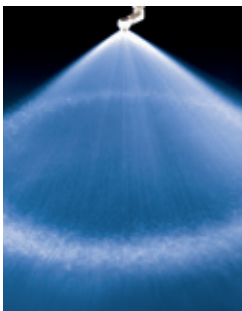
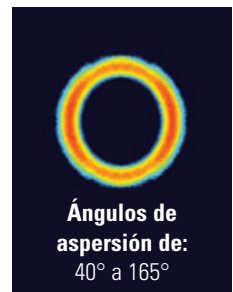


CONO HUECO (CON RECÁMARA DE TURBULENCIA)

- Patrón de aspersión en forma de anillo
- Gotas de medianas a grandes
- Buena interacción entre el aire - superficie de las gotas

Aplicaciones típicas:

- Enfriamiento de aire y gas
- Enfriamiento de productos
- Control de polvos
- Aireación de agua



CONO HUECO (TIPO DEFLECTOR)

- Utiliza una tapa deflectora para formar un patrón de aspersión de cono hueco tipo paraguas
- Gotas de medianas a grandes
- Buena interacción entre el aire - superficie de las gotas

Aplicaciones típicas:

- Aspersiones para fuentes
- Control de polvo
- Protección contra fuego
- Limpieza con descarga de agua en interiores de tubos/ tubería
- Cortina de agua

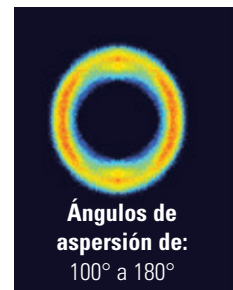


IMAGEN LÁSER*

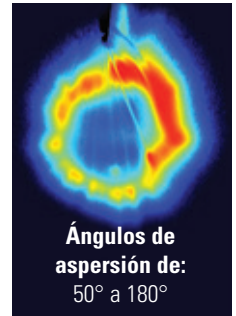


CONO HUECO (TIPO ESPIRAL)

- Patrón de aspersión circular
- Gotas burdas (ligeramente diferentes que otras boquillas de cono hueco)
- Alta proporción de flujo en un tamaño de boquilla compacto
- Diseño de una pieza caracterizada por un mayor rendimiento para un tamaño de tubería dado

Aplicaciones típicas:

- Enfriamiento de aire y gas
- Control de polvo
- Enfriamiento por evaporación

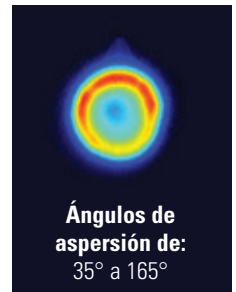


ATOMIZACIÓN/NIEBLA/ASPERSIÓN FINA

- Patrón de aspersión de cono hueco
- Gotas pequeñas
- Hidráulicas, aspersión de atomizado fino de baja capacidad

Aplicaciones típicas:

- Enfriado por evaporación
- Niebla
- Humectación
- Secado por aspersión

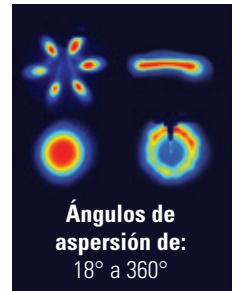


PATRONES DE ASPERSIÓN – BOQUILLAS NEUMÁTICAS

- Amplia variedad de patrones, cono lleno, cono lleno de ángulo amplio, circular de 360°, aspersión plana y plana tipo deflector
- Gotas muy pequeñas a pequeñas – el uso de aire comprimido incrementa la atomización

Aplicaciones típicas:

- Recubrimiento
- Enfriado
- Enfriado por evaporación
- Humidificación
- Humectación



*Las imágenes de la derecha se obtuvieron en nuestros laboratorios usando Laser Sheet Imaging (LSI). Las imágenes se obtienen al pasar un rayo láser haciendo un corte transversal a través de la aspersión y tomando una imagen con una cámara con filtro de luz. Las distribuciones son directamente proporcionales a la superficie del área de distribución del material asperjado (rojo: alto; azul: bajo; negro: nada). Comúnmente las distribuciones del volumen son similares a las distribuciones del área de la superficie de esas boquillas, dependiendo de las distribuciones ya registradas del tamaño de gota.

FLUJO Y GRAVEDAD ESPECÍFICA

El flujo de los fluidos varía con la presión de aspersión; además la gravedad específica de un líquido afecta su flujo. Si asperja un líquido que no sea agua, vaya a la **Sección de Referencias Técnicas del Catálogo 75, Productos Hidráulicos de Aspersión, para obtener información sobre el cálculo de la gravedad específica.**

$$\frac{Q_1}{Q_2} \sim \frac{(P_1)^n}{(P_2)^n}$$

Q = Flujo (en gpm o lpm)
P = Presión del líquido (en psi o bares)
n = Exponente de acuerdo al tipo de boquilla

Para calcular cualquier flujo o presión desconocidos, use esta fórmula cuando las otras variables son conocidas. El exponente “n” se usa para calcular el rango de presión a un flujo, basado en el tipo de patrón de aspersión.

EXPONENTE DE FLUJO PARA TIPOS DE BOQUILLAS ESPECÍFICOS

Tipo de boquilla	Exponente “n”
Boquillas de cono hueco – todas Boquillas de cono lleno – sin vena. Series de 15° y 30° Boquillas de aspersión plana – Todas Boquillas de chorro sólido – Todas Boquillas Espirales – Todas	.50
Boquillas de cono lleno – Estándar, cuadradas, ovals y de gran capacidad	.46
Boquillas de cono lleno – Ángulo amplio Aspersión cuadrada de ángulo amplio	.44

Ejemplo:

Para determinar el flujo de agua para una boquilla de cono lleno estándar 1/4G-10 a 150 psi (10 bar), consulte las tablas de desempeño en el Catálogo 75 Productos Hidráulicos de Aspersión, disponible en spray.com.mx

Encontrará que:

- El ángulo de aspersión es de 65°
- Flujo (Q1) a 40 psi = 1.9 gpm
- Presión (P1) = 40 psi
- Presión (P2) = 150 psi

Resultado Q2 = 3.5 gpm

$$Q_2 = \frac{Q_1}{(P_1/P_2)^n} = \frac{1.9 \text{ gpm}}{(40/150)^{.46}}$$

- El ángulo de aspersión es 65°
- Flujo (Q1) a 3 bar = 7.2 lpm
- Presión (P1) = 3 bar
- Presión (P2) = 10 bar

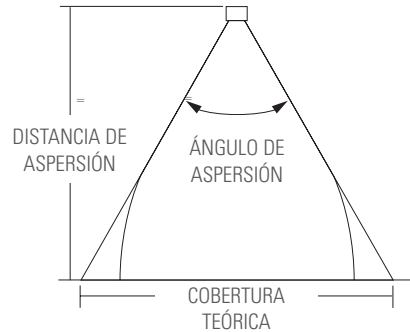
Resultado Q2 = 13.2 lpm

$$Q_2 = \frac{Q_1}{(P_1/P_2)^n} = \frac{7.5 \text{ lpm}}{(3/10)^{.46}}$$

El uso de una calculadora en línea es una forma fácil de determinar el flujo a una presión deseada para varias boquillas spray.com.mx/sprayware

COBERTURA DE LA ASPERSIÓN

El ángulo de aspersión efectivo de una boquilla varía con la distancia, viscosidad del líquido, capacidad de la boquilla y presión de operación. Sin embargo, la cobertura es, normalmente, un cálculo teórico y deberá ser usado como una guía. También tome en cuenta que los ángulos de aspersión enlistados en los catálogos están basados en la aspersión de agua. Si la cobertura de la aspersión es crítica en su aplicación, contacte al fabricante del equipo para obtener información adicional. Si la cobertura no es crítica, el uso de una calculadora en línea puede proveerle la información que necesita spray.com.mx/sprayware



Ejemplo: Una boquilla de aspersión con un ángulo de 65° asperjando a 15" (39 cm) del objetivo proporciona una cobertura teórica de 19.2" (48.8 cm).

COBERTURA DE ASPERSIÓN TEÓRICA A DIFERENTES DISTANCIAS EN PULGADAS (CM) DEL ORIFICIO DE LA BOQUILLA

Ángulo de aspersión	2 in.	5 cm	4 in.	10 cm	6 in.	15 cm	8 in.	20 cm	10 in.	25 cm	12 in.	30 cm	15 in.	40 cm	18 in.	50 cm	24 in.	60 cm	30 in.	70 cm	36 in.	80 cm	48 in.	100 cm
5°	.2	.4	.4	.9	.5	1.3	.7	1.8	.9	2.2	1.1	2.6	1.3	3.5	1.6	4.4	2.1	5.2	2.6	6.1	3.1	7.0	4.2	8.7
10°	.4	.9	.7	1.8	1.1	2.6	1.4	3.5	1.8	4.4	2.1	5.3	2.6	7.0	3.1	8.8	4.2	10.5	5.2	12.3	6.3	14.0	8.4	17.5
15°	.5	1.3	1.1	2.6	1.6	4.0	2.1	5.3	2.6	6.6	3.2	7.9	3.9	10.5	4.7	13.2	6.3	15.8	7.9	18.4	9.5	21.1	12.6	26.3
20°	.7	1.8	1.4	3.5	2.1	5.3	2.8	7.1	3.5	8.8	4.2	10.6	5.3	14.1	6.4	17.6	8.5	21.2	10.6	24.7	12.7	28.2	16.9	35.3
25°	.9	2.2	1.8	4.4	2.7	6.7	3.5	8.9	4.4	11.1	5.3	13.3	6.6	17.7	8.0	22.2	10.6	26.6	13.3	31.0	15.9	35.5	21.2	44.3
30°	1.1	2.7	2.1	5.4	3.2	8.0	4.3	10.7	5.4	13.4	6.4	16.1	8.1	21.4	9.7	26.8	12.8	32.2	16.1	37.5	19.3	42.9	25.7	53.6
35°	1.3	3.2	2.5	6.3	3.8	9.5	5.0	12.6	6.3	15.8	7.6	18.9	9.5	25.2	11.3	31.5	15.5	37.8	18.9	44.1	22.7	50.5	30.3	63.1
40°	1.5	3.6	2.9	7.3	4.4	10.9	5.8	14.6	7.3	18.2	8.7	21.8	10.9	29.1	13.1	36.4	17.5	43.7	21.8	51.0	26.2	58.2	34.9	72.8
45°	1.7	4.1	3.3	8.3	5.0	12.4	6.6	16.6	8.3	20.7	9.9	24.9	12.4	33.1	14.9	41.4	19.9	49.7	24.8	58.0	29.8	66.3	39.7	82.8
50°	1.9	4.7	3.7	9.3	5.6	14.0	7.5	18.7	9.3	23.3	11.2	28.0	14.0	37.3	16.8	46.6	22.4	56.0	28.0	65.3	33.6	74.6	44.8	93.3
55°	2.1	5.2	4.2	10.4	6.3	15.6	8.3	20.8	10.3	26.0	12.5	31.2	15.6	41.7	18.7	52.1	25.0	62.5	31.2	72.9	37.5	83.3	50.0	104
60°	2.3	5.8	4.6	11.6	6.9	17.3	9.2	23.1	11.5	28.9	13.8	34.6	17.3	46.2	20.6	57.7	27.7	69.3	34.6	80.8	41.6	92.4	55.4	115
65°	2.5	6.4	5.1	12.7	7.6	19.1	10.2	25.5	12.7	31.9	15.3	38.2	19.2	51.0	22.9	63.7	30.5	76.5	38.2	89.2	45.8	102	61.2	127
70°	2.8	7.0	5.6	14.0	8.4	21.0	11.2	28.0	14.0	35.0	16.8	42.0	21.0	56.0	25.2	70.0	33.6	84.0	42.0	98.0	50.4	112	67.2	140
75°	3.1	7.7	6.1	15.4	9.2	23.0	12.3	30.7	15.3	38.4	18.4	46.0	23.0	61.4	27.6	76.7	36.8	92.1	46.0	107	55.2	123	73.6	153
80°	3.4	8.4	6.7	16.8	10.1	25.2	13.4	33.6	16.8	42.0	20.2	50.4	25.2	67.1	30.3	83.9	40.3	101	50.4	118	60.4	134	80.6	168
85°	3.7	9.2	7.3	18.3	11.0	27.5	14.7	36.7	18.3	45.8	22.0	55.0	27.5	73.3	33.0	91.6	44.0	110	55.0	128	66.0	147	88.0	183
90°	4.0	10.0	8.0	20.0	12.0	30.0	16.0	40.0	20.0	50.0	24.0	60.0	30.0	80.0	36.0	100	48.0	120	60.0	140	72.0	160	96.0	200
95°	4.4	10.9	8.7	21.8	13.1	32.7	17.5	43.7	21.8	54.6	26.2	65.5	32.8	87.3	39.3	109	52.4	131	65.5	153	78.6	175	105	218
100°	4.8	11.9	9.5	23.8	14.3	35.8	19.1	47.7	23.8	59.6	28.6	71.5	35.8	95.3	43.0	119	57.2	143	71.6	167	85.9	191	114	238
110°	5.7	14.3	11.4	28.6	17.1	42.9	22.8	57.1	28.5	71.4	34.3	85.7	42.8	114	51.4	143	68.5	171	85.6	200	103	229	—	286
120°	6.9	17.3	13.9	34.6	20.8	52.0	27.7	69.3	34.6	86.6	41.6	104	52.0	139	62.4	173	83.2	208	104	243	—	—	—	—
130°	8.6	21.5	17.2	42.9	25.7	64.3	34.3	85.8	42.9	107	51.5	129	64.4	172	77.3	215	103	257	—	—	—	—	—	—
140°	10.9	27.5	21.9	55.0	32.9	82.4	43.8	110	54.8	137	65.7	165	82.2	220	98.6	275	—	—	—	—	—	—	—	—
150°	14.9	37.3	29.8	74.6	44.7	112	59.6	149	74.5	187	89.5	224	112	299	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
160°	22.7	56.7	45.4	113	68.0	170	90.6	227	113	284	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
170°	45.8	114	91.6	229	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

CAÍDA DE PRESIÓN

La caída de presión es la pérdida de presión ocasionada por elementos en la tubería. Aun en un sistema sencillo consistente en mangueras y tubería se requiere una consideración cuidadosa para asegurar que todas las boquillas y otros componentes estén recibiendo la presión de aire o líquido adecuados. Una manera sencilla de determinar la caída de presión a través de los diferentes diámetros de tubería y accesorios en la línea de fluido es usar una calculadora en línea. spray.com.mx/sprayware

PÉRDIDA DE FRICCIÓN APROXIMADA EN LOS ACCESORIOS DE TUBERÍA EQUIVALENTE A PIES (METROS) EN UNA TUBERÍA LINEAL

Use esta tabla para determinar la longitud de tubería a través de accesorios para equiparar la pérdida de fricción.

Tamaño de tubería Estándar Wt. (in.)	Diámetro interior real in. (mm)	Válvula de paso COMPLETAMENTE ABIERTA ft. (m)	Válvula de Globo COMPLETAMENTE ABIERTA ft. (m)	Codo 45° ft. (m)	Corrida de T estándar ft. (m)	Codo estándar y reducción T de 1/2 ft. (m)	T estándar con salida lateral ft. (m)
1/8	.269 (6.8)	.15 (.05)	8.0 (2.4)	.35 (.11)	.40 (.12)	.75 (.23)	1.4 (.43)
1/4	.364 (9.2)	.20 (.06)	11.0 (3.4)	.50 (.15)	.65 (.20)	1.1 (.34)	2.2 (.67)
1/2	.622 (15.8)	.35 (.11)	18.6 (5.7)	.78 (.24)	1.1 (.34)	1.7 (.52)	3.3 (1.0)
3/4	.824 (21)	.44 (.13)	23.1 (7.0)	.97 (.30)	1.4 (.43)	2.1 (.64)	4.2 (1.3)
1	1.049 (27)	.56 (.17)	29.4 (9.0)	1.2 (.37)	1.8 (.55)	2.6 (.79)	5.3 (1.6)
1-1/4	1.380 (35)	.74 (.23)	38.6 (11.8)	1.6 (.49)	2.3 (.70)	3.5 (1.1)	7.0 (2.1)
1-1/2	1.610 (41)	.86 (.26)	45.2 (13.8)	1.9 (.58)	2.7 (.82)	4.1 (1.2)	8.1 (2.5)
2	2.067 (53)	1.1 (.34)	58 (17.7)	2.4 (.73)	3.5 (1.1)	5.2 (1.6)	10.4 (3.2)
2-1/2	2.469 (63)	1.3 (.40)	69 (21)	2.9 (.88)	4.2 (1.3)	6.2 (1.9)	12.4 (3.8)
3	3.068 (78)	1.6 (.49)	86 (26)	3.6 (1.1)	5.2 (1.6)	7.7 (2.3)	15.5 (4.7)
4	4.026 (102)	2.1 (.64)	113 (34)	4.7 (1.4)	6.8 (2.1)	10.2 (3.1)	20.3 (6.2)
5	5.047 (128)	2.7 (.82)	142 (43)	5.9 (1.8)	8.5 (2.6)	12.7 (3.9)	25.4 (7.7)
6	6.065 (154)	3.2 (.98)	170 (52)	7.1 (2.2)	10.2 (3.1)	15.3 (4.7)	31 (9.4)

FLUJO DE AIRE (SCFM Y NLPM) A TRAVÉS DE TUBERÍA DE ACERO CÉDULA 40

Presión Aplicada psi	Diámetro nominal de tubería (scfm)												Presión Aplicada bar	Diámetro nominal de tubería (nlpm)									
	1/8"	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1-1/4"	1-1/2"	2"	2-1/2"	3"	1/8"		1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1-1/4"	1-1/2"	2"	2-1/2"	3"
5	.5	1.2	2.7	4.9	6.6	13.0	27	40	80	135	240	0.3	14.2	34.0	76.5	139	187	370	765	1130	2265	3820	6796
10	.8	1.7	3.9	7.7	11.0	21	44	64	125	200	370	0.7	22.7	48.1	110	218	310	595	1245	1810	3540	5665	10480
20	1.3	3.0	6.6	13.0	18.5	35	75	110	215	350	600	1.4	36.8	85.0	187	370	525	990	2125	3115	6090	9910	16990
40	2.5	5.5	12.0	23	34	62	135	200	385	640	1100	2.8	70.8	155	340	650	960	1755	3820	5665	10900	18120	31150
60	3.5	8.0	18.0	34	50	93	195	290	560	900	1600	4.1	99.1	227	510	965	1415	2630	5520	8210	15860	25485	45305
80	4.7	10.5	23	44	65	120	255	380	720	1200	2100	5.5	133	297	650	1245	1840	3400	7220	10760	20390	33980	59465
100	5.8	13.0	29	54	80	150	315	470	900	1450	2600	6.9	164	370	820	1530	2265	4250	8920	13310	25485	41060	73625



VISCOSIDAD

Viscosidad Absoluta (dinámica) es la propiedad de un líquido a resistir el cambio en la forma o cambiar la forma en que están acomodadas sus partículas mientras fluye. La viscosidad de un líquido es un factor primario que afecta la formación de un patrón de aspersión y, en grado menor, la capacidad. Líquidos con viscosidad alta requieren de una presión más alta para comenzar a formar un patrón de aspersión y proveer ángulos de aspersión más angostos comparados con los del agua; vea la tabla 1 para ver los efectos de otras viscosidades diferentes a la del agua. **Vea la tabla 1 Efectos generales de la viscosidad diferente al agua.**

TENSIÓN SUPERFICIAL

Los principales efectos de la tensión superficial son en las presiones de operación mínima, ángulo de aspersión y tamaño de gota. La propiedad de la tensión superficial es más patente a bajas presiones de operación. Una tensión superficial más alta reduce el ángulo de aspersión, particularmente en boquillas de aspersión de cono hueco y abanico plano. Bajas tensiones superficiales permiten que la boquilla opere presión más baja. **Vea la tabla 1.**

TABLA 1 – RESUMEN DE CONSIDERACIONES DEL DESEMPEÑO DE LA ASPERSIÓN

Características de la boquilla	Aumento en la presión de operación	Aumento en la gravedad específica	Aumento en la viscosidad	Aumento en la temperatura del fluido	Aumento en la tensión superficial
Calidad del Patrón	Mejora	Insignificante	Deterioro	Mejora	Insignificante
Tamaño de gota	Disminuye	Insignificante	Incrementa	Disminuye	Incrementa
Ángulo de Aspersión	Incrementa y después disminuye	Insignificante	Disminuye	Incrementa	Disminuye
Capacidad	Incrementa	Disminuye	Cono hueco/ Llano – incrementa Plano – decrece	Depende del fluido asperjado y la boquilla utilizada	No hay efecto
Impacto	Incrementa	Insignificante	Disminuye	Incrementa	Insignificante
Velocidad	Incrementa	Insignificante	Disminuye	Incrementa	Insignificante
Desgaste	Incrementa	Insignificante	Disminuye	Depende del fluido asperjado y la boquilla utilizada	Sin efecto

TAMAÑO DE GOTA

Tamaño de gota se refiere al tamaño de cada una de las gotas que componen un patrón de aspersión. Cada aspersión provee un rango de tamaño de gota; a este rango se le refiere como distribución del tamaño de gota. La distribución del tamaño de gota depende del tipo de patrón de aspersión y varía significativamente de un tipo a otro. Los tamaños de gota más pequeños se logran con boquillas de aspersión neumáticas mientras que las gotas más grandes se producen con boquillas de aspersión hidráulicas de cono lleno. Las propiedades del líquido, capacidad de la boquilla y ángulo de aspersión también afectan el tamaño de gota. Presiones de aspersión más bajas producen tamaños de gota más grandes y presiones más altas producen gotas más pequeñas. Las boquillas de pequeña capacidad producen las gotas más pequeñas y las boquillas de gran capacidad producen las gotas más grandes.

El tamaño de gota es un factor importante en la efectividad de muchas aplicaciones tales como enfriamiento de gases, acondicionamiento de gases, control de fuego y secado por aspersión. Si el tamaño de gota es importante en su aplicación, contacte a su proveedor y solicite información

sobre el tamaño de gota de la boquilla de interés. **Vea la tabla 2 para información general sobre el tamaño de gota por tipo de patrón de aspersión.**

DIÁMETRO VOLUMÉTRICO MEDIO (VMD)

Diámetro Volumétrico Medio (VMD) se expresa $D_{v0.5}$ y el Diámetro de Masa Medio (MMD) son formas de expresar el tamaño de gota en términos del volumen del líquido asperjado. Cuando se mide el tamaño de gota VMD en términos de volumen (o masa), es un valor donde 50% del total del volumen de líquido asperjado se compone de gotas con diámetros más grandes que el valor medio y el 50% con diámetros menores.

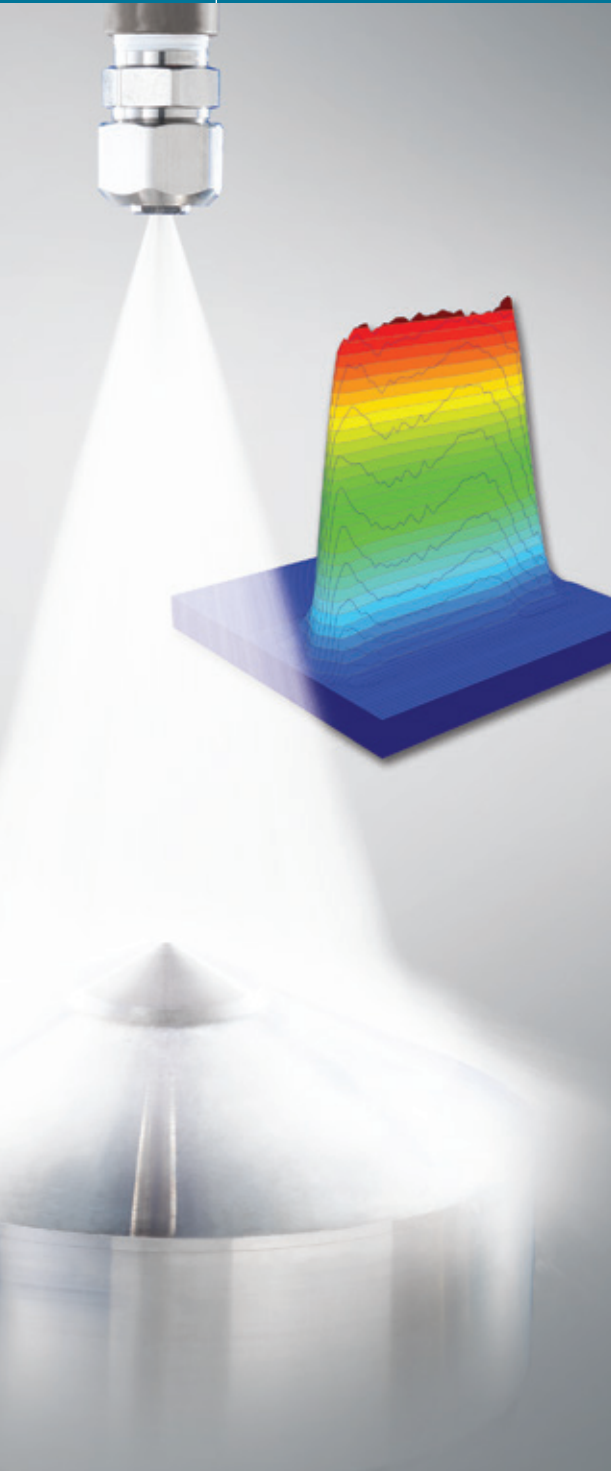
TAMAÑOS DE GOTA REALES

<ul style="list-style-type: none"> • 500 μm • 1200 μm ● 5500 μm 	<p>Una pulgada = 25,400 μm Un milímetro = 1,000 μm μm = micrómetro</p>
--	--

TABLA 2 – TAMAÑO DE GOTA POR PATRÓN DE ASPERSIÓN EN VARIAS PRESIONES Y CAPACIDADES

Tipo de patrón de aspersión	10 psi (0.7 bar)			40 psi (2.8 bar)			100 psi (7 bar)		
	Capacidad		VMD	Capacidad		VMD	Capacidad		VMD
	gpm	lpm	micrones	gpm	lpm	micrones	gpm	lpm	micrones
Atomización neumática	.005	.02	20	.008	.03	15	12	45	400
	.02	.08	100	8	30	200			
Aspersión fina	.22	.83	375	.03	.1	110	.05	.2	110
				.43	1.6	330	.69	2.6	290
Cono hueco	.05	.19	360	.10	.38	300	.16	.61	200
	12	45	3400	24	91	1900	38	144	1260
Aspersión plana	.05	.19	260	.10	.38	220	.16	.61	190
	5	18.9	4300	10	38	2500	15.8	60	1400
Cono lleno	.10	.38	1140	.19	.72	850	.30	1.1	500
	12	45	4300	23	87	2800	35	132	1720

Basado en una muestra de boquillas seleccionadas para mostrar una amplia gama de posibles tamaños de gota disponibles.



IMPACTO

El impacto o fuerza de choque de la aspersión en una superficie objetivo puede ser expresada de diferentes maneras. El valor de impacto más útil con respecto al desempeño de la boquilla de aspersión es el impacto por pulgada cuadrada (cm²). Básicamente, este valor depende de la distribución del patrón y ángulo de aspersión. El impacto por pulgada cuadrada (cm) [libras (kg) – fuerza por pulgada cuadrada (cm)] puede calcularse. Si el impacto es importante en su aplicación se recomienda consultar a su experto en tecnología de aspersión ya que muchos factores tales como tipo de boquilla y propiedades de los fluidos que no se toman en cuenta en un ejemplo teórico, afectan el impacto.

$$I = K \times Q \times \sqrt{P}$$

Impacto teórico total = constante x flujo (a una presión P) x raíz cuadrada de la presión (P)

I = impacto teórico de la aspersión
 K = constante
 Q = flujo
 P = presión del líquido


I	lbs.(f)	kg(f)	Newtons	Newtons
K	.0526	.024	.24	.745
Q	gpm	lpm	lpm	lpm
P	psi	kg/cm ²	bar	MPa

La constante (K) es una unidad de conversión basada en el sistema de medición utilizado. Las conversiones se enlistan en la tabla de arriba.

Ejemplo:

$$I = .0526 \times 3.5 \text{ gpm} \times \sqrt{150 \text{ psi}}$$

I = 2.25 lbs.(f) En la distribución a través del patrón de aspersión

A photograph of two men in a factory setting. The man on the left is wearing a light blue polo shirt and dark cargo pants, holding a tablet. The man on the right is wearing a light blue button-down shirt, a tie, and dark trousers, holding a document. They are both looking at the tablet and document. The background shows industrial equipment and overhead lights.

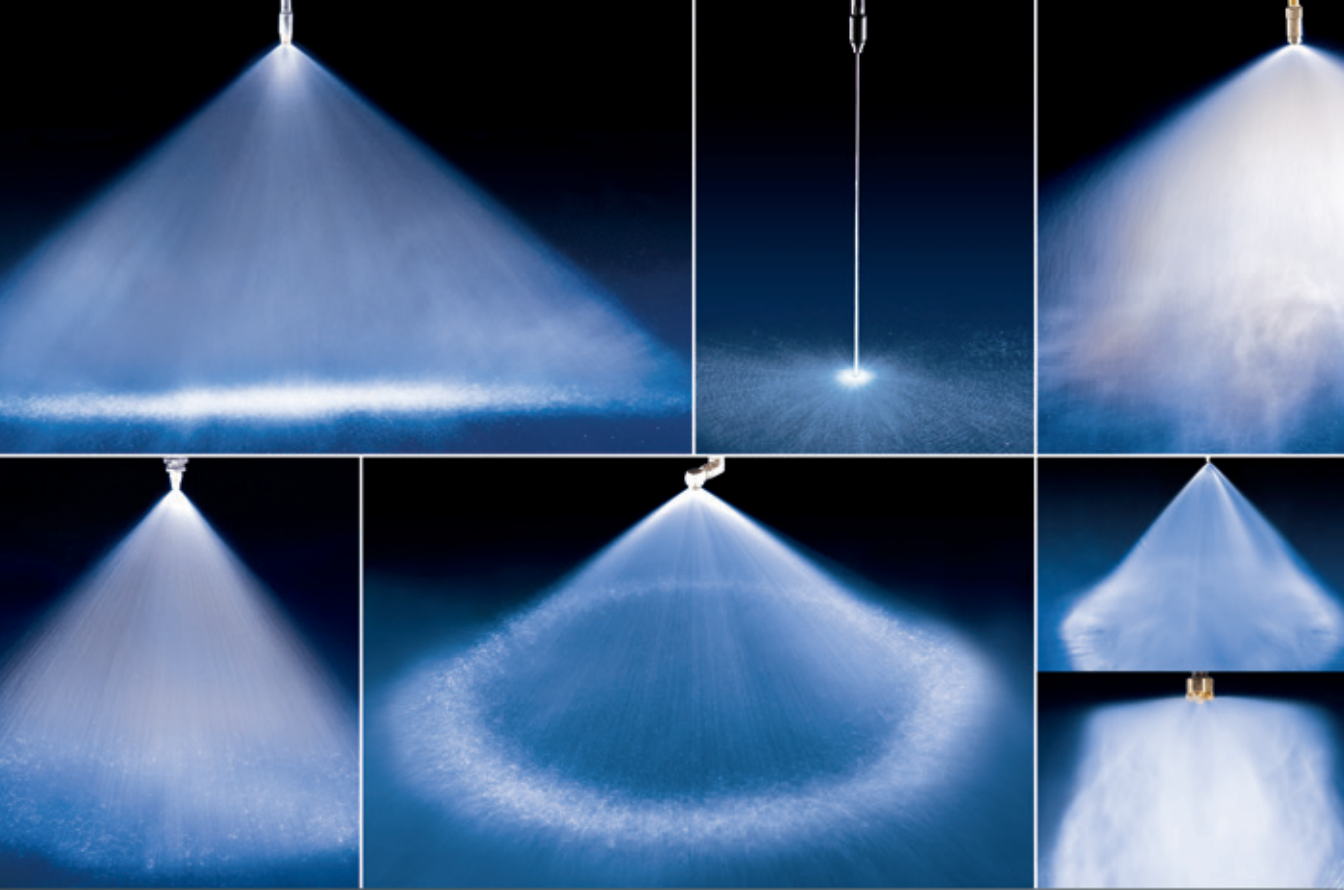
¿PUEDE LA OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ASPERSIÓN AHORRARLE DINERO? CASI SIEMPRE LA RESPUESTA ES “SÍ”

¿CUÁNTO DINERO PUEDE AHORRAR?

No podrá saberlo hasta que no analice sus operaciones de aspersión, pero en la mayoría de los casos, será tiempo bien utilizado. Además de ahorrar dinero, muy probablemente mejorará la eficiencia de la operación y la calidad en el producto y/o proceso.

¿POR QUÉ NO COMENZAR AHORA?

Comience con una auditoría a su sistema de aspersión, planee las mejoras y desarrolle un plan de mantenimiento preventivo. La ayuda de expertos está disponible -sólo busque a un fabricante que se especialice en tecnología de aspersión, cuyos representantes se encuentren en su área.



Spraying Systems México

Expertos en Tecnología de Aspersión

Spraying Systems México, S.A de C.V
Acceso B 102, Parque Industrial Jurica, 76120 Querétaro, Qro., México
Tel: (52-442) 218 4571 E-mail: ssmex@spray.com
www.spray.com.mx



TM410C ©Spraying Systems Co. 2015