

Capítulo 3

Pastillas pulverizadoras

3

3. Pastillas pulverizadoras

La boquilla pulverizadora es el componente más importante de la máquina pulverizadora, de ella depende el éxito o fracaso de una aplicación.

La conocemos con distintos nombres: pastillas, puntas, picos, boquillas; y es importante entender su funcionamiento para saber cómo manejarse ante cada situación.



Las boquillas pulverizadoras tienen tres funciones fundamentales:



Erogar
un caudal
determinado



Producir
gotas



Distribuir
esas gotas en un
patrón específico

PARA MAYOR ENTENDIMIENTO DEL FUNCIONAMIENTO Y DE LA IMPORTANCIA DE ESA PIEZA, ESAS TRES FUNCIONES SERÁN ANALIZADAS POR SEPARADO, AUNQUE OCURRAN AL MISMO TIEMPO Y ESTÉN ESTRECHAMENTE LIGADAS.

Caudal

El caudal de la boquilla varía con la presión de pulverización.

En general, la relación entre l/min y presión es la siguiente:

Donde:

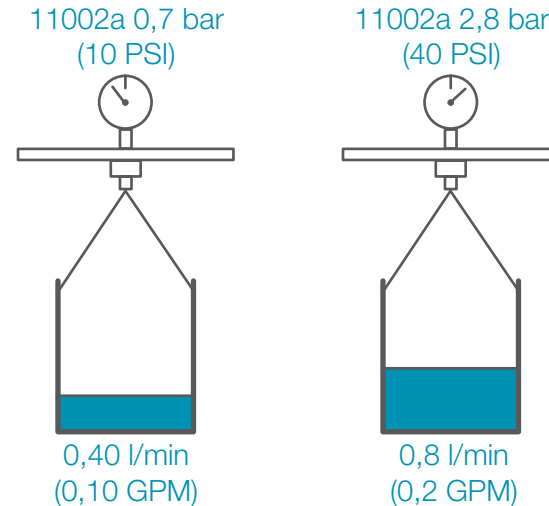
V = Volumen

P = Presión

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\sqrt{P_1}}{\sqrt{P_2}}$$

Esta ecuación queda explicada en la ilustración donde se puede decir que para duplicar el caudal a través de una boquilla es necesario aumentar cuatro veces la presión.

! La presión más alta no solamente aumenta el caudal que pasa por el orificio de una boquilla, sino que tiene injerencia en el tamaño de las gotas y en el ritmo de desgaste del orificio. Cuando la presión aumenta, el tamaño de la gota disminuye y el ritmo de desgaste del orificio aumenta.



Esta ecuación es relevante ya que (a) está incorporada en la programación de los controladores de pulverización para modificar la presión toda vez que se detecta una variación en la velocidad de avance; (b) sirve para determinar la presión real en una boquilla en caso de no contar con un manómetro; (c) es la ecuación que usan los fabricantes de pastillas para armar las tablas de uso de sus diferentes modelos de pastillas (excepto las combinaciones de Disco + Núcleo de Turbulencia que no cumplen con la función cuadrática de presión respecto al caudal); y (d) es el principio que explica el funcionamiento de una pastilla inducida por aire.

Asimismo, las pastillas se identifican por el caudal que erogan con un código de colores y su nomenclatura se basa en el caudal medido en galones por minuto a una presión nominal como sigue: [CUADRO EN ANEXO PÁGINAS 88 Y 89](#).



Proceso de formación de gotas

Para la producción de gotas, el líquido tiene que ser sometido a la acción de una determinada cantidad de energía para vencer la atracción molecular interna. Una de las formas más simples es la de producir la quiebra del líquido y transformarlo en una lámina fina que se torna inestable y que se rompe en pequeñas gotas.

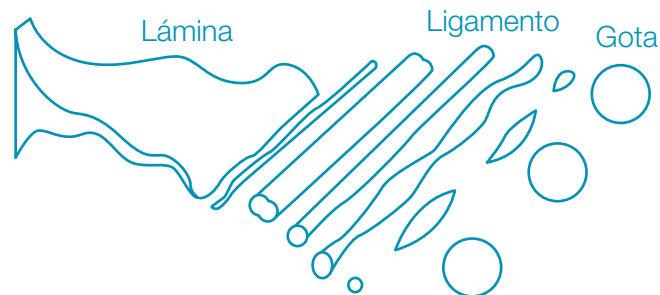
Dependiendo del tipo e intensidad de la energía empleados y de cómo ella actúa en la masa líquida, el tamaño de las gotas resultantes y su variación pueden ser diferentes.

Como en la preparación del caldo, la calidad del agua prácticamente no es alterada, en una determinada aplicación, el tamaño de gota generado por una pastilla de pulverización depende básicamente de la presión de trabajo.

Distribución de las gotas

- Forma del asperjado emitido -

La forma del líquido proyectado depende del diseño de la pastilla y de la presión, de manera que la lámina de líquido se forme y se desintegre en gotas. **El líquido asperjado de pulverización comprenden tres formas básicas: asperjado en forma de abanico plano, cónico hueco y cónico lleno.**



El tamaño de gota producido por una pastilla es en función de su tipo y de las características físicas del líquido, de manera que esas relaciones pueden ser expresadas de la siguiente manera:

$$D = (Q \times V \times S) / (P \times d \times A)$$

Donde:

D = tamaño de gota;

Q = caudal;

V = viscosidad;

S = tensión superficial;

P = presión;

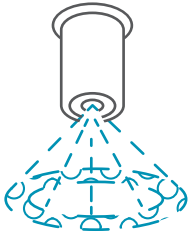
d = densidad y

A = ángulo del chorro asperjado.

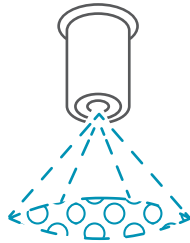
Dentro de cada forma básica, hay variaciones principalmente en cuanto a distribución cuantitativa del líquido en la franja proyectada (**perfil o patrón de distribución**), en función de detalles del diseño y de la presión de trabajo.

Para que las tres funciones se cumplan de manera adecuada, las pastillas deben ser utilizadas dentro de la franja de presión que el fabricante recomienda, recordando que, dentro de esos límites, las características de pulverización son diferentes, de modo que la presión de trabajo debe ser bien definida para atender mejor las necesidades de aplicación.

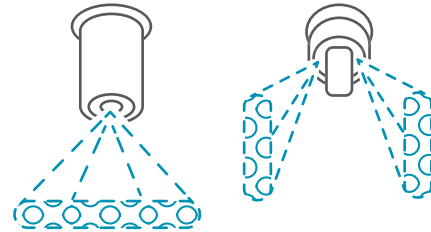
Cono hueco



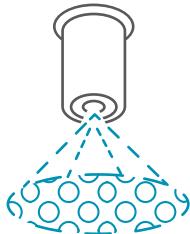
Abanico plano estándar



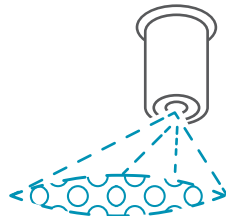
Abanicos planos uniformes



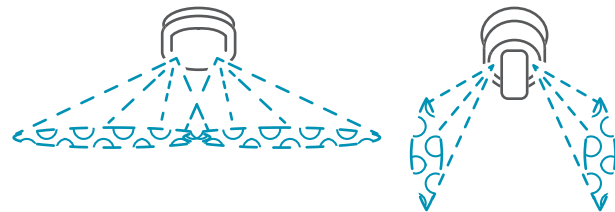
Cono lleno



Abanico plano descentrado



Abanicos planos dobles



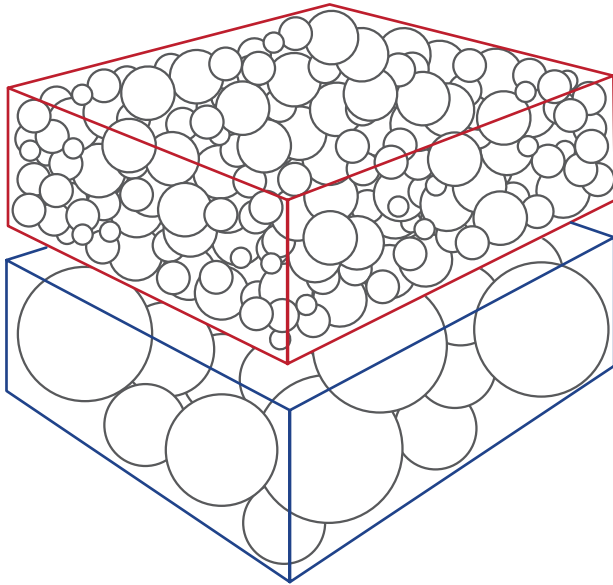
Características de la pulverización

Si bien toda pulverización está constituida por gotas de diferentes tamaños, se caracteriza por dos valores en particular: (a) por un diámetro de gota que represente toda la población producida, y (b) por un número que represente esa dispersión de tamaños. Esos valores son, respectivamente, el Diámetro Volumétrico Mediano (DVM) y la Amplitud Relativa (AR).

Tamaño de gota:

Vamos a representar en forma teórica un determinado volumen de líquido de una pulverización mostrando las gotas producidas. Ese volumen va a estar contenido en un cubo que se ha ido completando con las gotas en orden decreciente de tamaño (empezamos con las gotas más grandes hasta terminar con la gota más chiquita); entonces vamos a poder ver que la mitad superior del cubo tiene la mitad del volumen (50% del total) con un gran número de gotas pequeñas, y la parte inferior, con la otra mitad del volumen (50% del total), con un número mucho menor de gotas de tamaños mayores. De esta forma, el volumen pulverizado está dividido en dos partes iguales.





Considerando los tamaños de las gotas que están en los límites de ambas mitades –la mayor gota de la mitad superior y la menor gota de la mitad inferior–, tendrán prácticamente el mismo diámetro (o la media de ellos). Ese valor de diámetro, expresado en micrones - μm (1/1000 mm) es el que representa el tamaño de gota de la pulverización. En términos técnicos, ese diámetro es el “Diámetro Volumétrico Mediano” (DVM), que puede ser definido como “el valor donde el 50% del volumen total del líquido pulverizado está constituido por gotas de tamaños mayores que ese valor y 50% del volumen por gotas de tamaños menores que ese valor”.

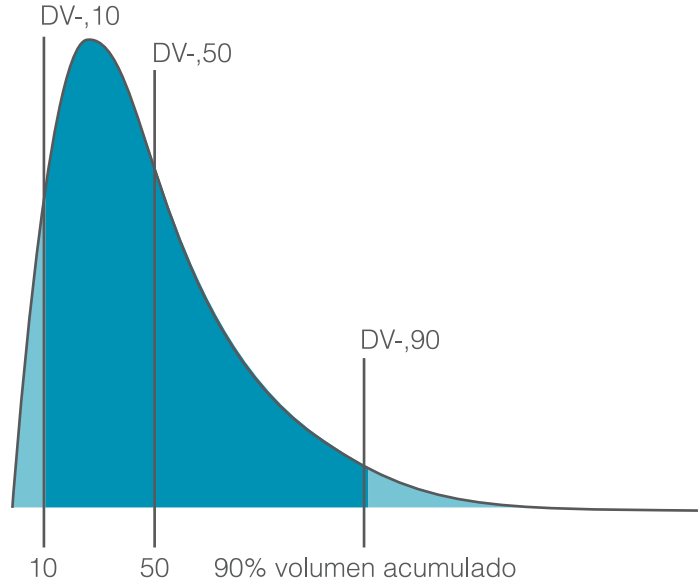
El ejemplo de arriba simulado representa, entonces, un cúmulo de volumen a partir de la gota de menor tamaño hasta la de mayor tamaño y que en total, independientemente de la cantidad de líquido, puede ser representado como 100%. El valor del DVM es, por lo tanto, el diámetro de gota del 50% de volumen acumulado.

Uniformidad del Espectro de Tamaño de Gotas:

El espectro de gotas es la caracterización de la pulverización en función de las gotas de diferentes tamaños producidas por el pulverizador. El espectro sería **homogéneo** si todas las gotas fueran de un mismo tamaño. Teniendo gotas de tamaños diferentes, el espectro es **heterogéneo**. El **espectro** es considerado estrecho si la diferencia entre las gotas mayores y las menores fuera pequeña; si esa diferencia fuera grande, el espectro es **amplio** o **ancho**.

En base a los datos provistos por la curva de tamaño de gotas, se puede caracterizar la uniformidad de esa distribución. El valor de esa dispersión es un número adimensional, llamado "Amplitud Relativa" (AR), que está determinado por los valores de los diámetros de gota de los volúmenes acumulados de 10% (DV0,1), de 50% (DV0,5) o DVM y de 90% (DV0,9) del total, de la siguiente manera:

$$\text{AMPLITUD RELATIVA} \\ \frac{DV-0.9 - DV-0.1}{DV-0.5}$$



La caracterización numérica del espectro puede ser hecha utilizando los datos de evaluación de la curva de porcentaje de volumen acumulado en relación con el diámetro de gotas. Los valores de diámetro son relativos a 10% (DV0,1), 50% (DV0,5 o DVM) y 90% (DV0,9) del volumen acumulado.

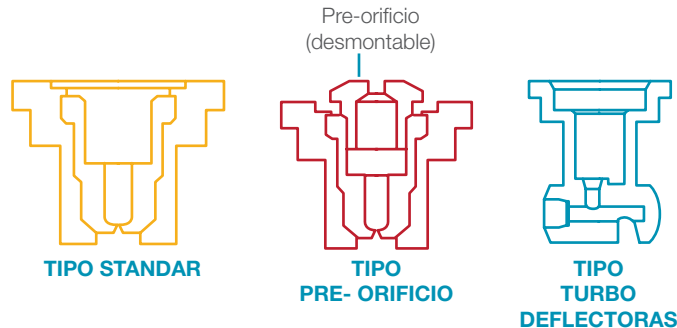
La **Amplitud Relativa** sirve para comparar el espectro de dos pulverizaciones con DVM semejantes. Numéricamente, cuanto mayor es el valor de la Amplitud Relativa, mayor será la franja de tamaño de gotas de la pulverización. De la misma forma, pulverizaciones que tiendan a la homogeneidad, tendrán valores de AR tendiendo a 0 (cero).

Los valores de DVM y AR deben ser analizados conjuntamente para la caracterización de la pulverización. Individualmente, el DVM da sólo la información de un tamaño de gota de pulverización, dado que pueden ocurrir distribuciones con el mismo valor mediano, pero, con componentes diferentes.

FACTORES QUE AFECTAN EL TAMAÑO DE LAS GOTAS

La pulverización producida por una máquina depende de varios factores:

Tipo de pastilla: De manera general, las pastillas de cono lleno producen las gotas más gruesas, seguidas por las pastillas de abanicos planos y luego por los conos huecos. A su vez, dentro de una misma forma de aspersión, como por ejemplo los de abanico plano, diferentes tipos de pastillas pueden producir pulverizaciones con distintos tamaños de gota. Las pastillas de abanico plano 11003, de las series Standard, de pre-orificio y del tipo Turbo Deflectoras, a una misma presión, erogando un mismo caudal, producen gotas de tamaño diferente.



A medida que el riesgo de deriva aumenta, es muy importante elegir boquillas de pulverización con gotas más gruesas que sean menos propensas a la deriva. **El uso de boquillas con inducción de aire ha revolucionado la práctica de pulverización.**

Una particularidad distintiva de las pastillas inducidas con aire es la presencia de un inserto en su interior, que cuenta con un tubo de Venturi con salidas laterales hacia el exterior por las que ingresa aire del ambiente y carga de burbujas las gotas producidas. Estas pastillas requieren de una presión mínima de trabajo elevada, no menor a 3 bar para lograr inducir aire.

Otra característica sumamente importante es que al pasar al líquido por el inserto mencionado se cumple una vez más la relación entre l/min y presión como se ve en la figura siguiente:



La Caída de Presión es el resultado de una resistencia en el caudal. Una pastilla AI11004-VS operando a 40 psi (2,76 bar) tiene:
04 caudal entre pre-orificio.
08 caudal a la salida del orificio.
 $0,4 \text{ gpm} / 0,8 \text{ gpm} = \sqrt{x} / \sqrt{40} = x = 10 \text{ psi}$
Aproximadamente 75% de reducción en la presión.

Factores a tener en cuenta previos a la pulverización con la máquina

Caudal: El caudal de una pastilla tiene una relación directa con el tamaño de gota. Pastillas que erogan caudales mayores, a una misma presión de trabajo, producen gotas mayores. Por ejemplo, las pastillas de Abanico plano estándar 11004, a una presión de 2 bar, con caudal de 1,29 l/min, producen gotas mayores que las pastillas de Abanico plano estándar 11002, a la misma presión, pero con un caudal de 0,65 l/min.

Presión: La presión de pulverización tiene un efecto inverso en el tamaño de gota. Un aumento de la presión reducirá el tamaño, en tanto que una reducción de la presión aumentará el tamaño de gota. Por ejemplo, una pastilla de Abanico Plano estándar 11003, a una presión de 1,5 bares, produce gotas mayores que a una presión de 4 bares.

Ángulo del asperjado: El ángulo del flujo emitido por la boquilla tiene una relación inversa con el tamaño de gota. Pastillas con el mismo caudal, a la misma presión, pero con ángulos mayores, producen gotas menores.

Propiedades del líquido: Líquidos con mayor viscosidad y tensión superficial requieren mayor cantidad de energía para su pulverización. Por lo tanto, líquidos que tengan esas propiedades con valores mayores producirán gotas mayores, manteniendo igual los demás valores arriba descritos.

PRESIÓN DE TRABAJO	CAUDAL DE BOQUILLA	ÁNGULO	TAMAÑO DE LA GOTA
Igual	Igual	Mayor	Menor
Igual	Igual	Menor	Mayor
Mayor	Igual	Igual	Menor
Menor	Igual	Igual	Mayor
Igual	Mayor	Igual	Mayor
Igual	Menor	Igual	Menor

La tabla muestra la relación de los factores caudal de boquilla, presión de pulverización y ángulo de asperjado con el tamaño de gota.

CAUSAS Y CONTROL DE LA DERIVA

Tal como vimos en el Capítulo 1, cuando se aplican los productos fitosanitarios, la deriva es el término empleado para definir aquellas gotas que contienen el ingrediente activo y que no se depositan en el objetivo. Las gotas más propensas a la deriva son, por lo general, las gotas pequeñas, inferiores a 200 micrones de diámetro y que son fácilmente desviadas del objetivo por el viento u otras condiciones climáticas.

La deriva puede causar el depósito de productos fitosanitarios en zonas no deseadas con graves consecuencias, tales como:

- Daño a cultivos sensibles colindantes.
- Contaminación del agua.
- Riesgos para la salud de personas y animales.
- Posible sobredosificado del objetivo o blanco.

Causas de deriva de la pulverización

Una cantidad de variables contribuyen a la deriva; éstas se deben principalmente a la puesta a punto del equipo de pulverización y a factores meteorológicos.

Tamaño de gota: El tamaño de las gotas es el factor de mayor influencia en relación con la deriva. Cuando una solución líquida se pulveriza a presión, se atomiza en gotas de tamaños diversos. Cuanto más pequeño es el tamaño de la boquilla y mayor la presión de pulverización, más pequeñas son las gotas y por ende mayor la proporción con tendencia a desviarse del blanco u objetivo.

Altura de pulverización:

A medida que la distancia entre la boquilla y el objetivo aumenta, mayor es el efecto que puede tener la velocidad del viento en la deriva. La influencia del viento puede aumentar la proporción de gotas más pequeñas desviadas del objetivo y consideradas deriva. No aplique a alturas mayores que aquellas recomendadas por el fabricante de las boquillas de pulverización, y procure no pulverizar por debajo de las alturas mínimas recomendadas.

(La altura óptima de pulverización para las boquillas de pulverización de 80° es 75 cm, y 50 cm para las de 110°.)

Velocidad de trabajo:

El aumento de la velocidad de trabajo puede hacer que el producto aplicado se desvíe hacia las corrientes de viento ascendentes y los vórtices detrás del pulverizador, lo cual atrapa las gotas finas y puede contribuir a la deriva.

Velocidad del viento:

En la mayor parte del mundo la velocidad del viento varía durante el día. Por lo tanto, es importante efectuar los trabajos de pulverización con la máquina durante las horas del día relativamente calmas.

Generalmente, temprano por la mañana y al atardecer son las horas más tranquilas.

Consulte la etiqueta del producto químico para las recomendaciones sobre velocidad. Al pulverizar empleando técnicas tradicionales, las siguientes reglas prácticas aplican:

En situaciones de baja velocidad del viento, la pulverización puede efectuarse a las presiones recomendadas para las boquillas.

A medida que la velocidad del viento aumenta se deberá reducir la presión de pulverización y aumentar el tamaño de la boquilla para obtener gotas más grandes que son menos propensas a la deriva. Es recomendable tomar mediciones del viento durante la operación de pulverización utilizando un anemómetro (medidor de viento).

Trabajos realizados a campo indican que se deben realizar aplicaciones con las características adjuntas, para las velocidades de viento indicadas.

VIENTO		$D_{vo,1}$	
Hasta 7,2 km/h	\geq	130	μm
Hasta 10,8 km/h	\geq	140	μm
Hasta 12,0 km/h	\geq	160	μm
Hasta 18,0 km/h	\geq	200	μm

Resumen

La **deriva** puede ser tratada con mucho éxito cuando se tiene un buen conocimiento de los **factores que la afectan**, así como de las **boquillas** utilizadas para su control. Un balance exitoso entre la aplicación y la protección del ambiente se logra con **boquillas anti deriva** operadas dentro de los rangos de presión recomendados por el fabricante que aseguren la efectividad del producto.

Los factores a considerar para optimizar la aplicación y lograr controlar la deriva son:

- Boquillas anti-deriva.
- Presión de trabajo y tamaño de gota.
- Flujo y tamaño de la boquilla.
- Altura de pulverización.
- Velocidad de avance.
- Velocidad del viento.
- Temperatura y humedad relativa del aire.
- Zonas de amortiguación (distancias seguras de las zonas sensibles).
- Cumplir con las instrucciones del fabricante del producto fitosanitario y de las boquillas.