

Mantenimiento y calibración de maquinaria para aplicación de productos fitosanitarios



Pulverizadores aerotransportados



Unión Europea
Fondo Europeo Agrícola
de Desarrollo Rural



JUNTA DE ANDALUCÍA

MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN DE MAQUINARIA PARA APLICACIÓN DE PRODUCTOS FITOSANITARIOS

PULVERIZADORES AEROTRANSPORTADOS

SEVILLA, 2013



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA



JUNTA DE ANDALUCÍA
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, PESCA Y MEDIO AMBIENTE



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS Y DE MONTES

Mantenimiento y calibración de maquinaria para aplicación de productos fitosanitarios: pulverizadores aerotransportados / [realización: Gregorio L. Blanco Roldán, Jesús A. Gil Ribes, Juan Luis Gamarra Diezma]. – Sevilla, Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, Servicio de Publicaciones y Divulgación, Universidad de Córdoba, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes, 2013.

51 p.: fotos, tablas. – (Agricultura. Guías prácticas).

Subtítulo tomado de la cubierta.

Consta en v. de la portada. “La presente monografía se ha realizado dentro del “Plan de Mantenimiento y Calibración de los Equipos de Aplicación de Tratamientos Fitosanitarios (2008-2013)” establecido en función de un Convenio específico de colaboración entre la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural y la Universidad de Córdoba.

D.L. **CO-2325-2013**

Maquinaria de cultivo. -- Equipo de aplicación de productos fitosanitarios. – Mantenimiento. – Aplicación de productos fitosanitarios. – Plaguicidas

Blanco Roldán, Gregorio L.

Gil Ribes, Jesús A.

Gamarra Diezma, Juan Luis

Andalucía. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural

Universidad de Córdoba. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes.

Agricultura (Andalucía. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural). Guías prácticas.



La presente monografía se ha realizado dentro del “Plan de Mantenimiento y Calibración de los Equipos de Aplicación de Tratamientos Fitosanitarios (2008-2013)” establecido en función de un Convenio específico de colaboración entre la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural y la Universidad de Córdoba.

Coordinadores: Antonio Rodríguez Ocaña

M^a. del Carmen Castro Mora

Autores: Gregorio L. Blanco Roldán

Jesús A. Gil Ribes

Gamarra Diezma, Juan Luis

Agradecimientos: los autores agradecen la colaboración de D. Rafael Delgado Zafra y D. Rafael Millán, de la empresa Aeronáutica Delgado, y D. Ignacio Fraile Moreno, de la empresa Trabajos Aéreos Espejo.

Edita: Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural.

Publica: Servicio de Publicaciones y Divulgación.

Producción editorial:

Serie: Agricultura. Guías prácticas.

D.L. **CO-2325-2013**

MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN DE MAQUINARIA PARA APLICACIÓN DE PRODUCTOS FITOSANITARIOS

PULVERIZADORES AEROTRANSPORTADOS

ÍNDICE

<i>Introducción</i>	8
<i>¿Cómo se consigue un tratamiento fitosanitario correcto?</i>	10
<i>¿Para qué se necesita la revisión y calibración?</i>	12
<i>¿Qué beneficios reales se obtienen de la revisión y calibración de los equipos?</i>	12
<i>¿Cómo se realiza la revisión y calibración?</i>	12
<i>¿Qué procedimiento se utiliza?</i>	14
<i>¿Qué elementos se examinan visualmente sin accionamiento del equipo?</i>	15
<i>¿Qué elementos se examinan visualmente accionando el equipo</i>	34
<i>¿Qué medidas se realizan para la calibración del equipo?</i>	38
<i>¿En qué consiste la prueba de vuelo y qué se mide?</i>	43
<i>¿Qué otros aspectos hay que tener en cuenta para realizar un tratamiento fitosanitario?</i>	45
<i>Protocolo de mantenimiento y calibración</i>	46

Los pulverizadores aerotransportados son equipos de aplicación de productos fitosanitarios diseñados para su montaje en aeronaves (avión o helicóptero) y tienen la posibilidad de realizar tratamientos a distintos volúmenes de aplicación. Para aplicaciones de ultra bajo volumen (UBV), se equipan con boquillas centrífugas, comúnmente conocidas como atomizadores, y para aplicaciones con volúmenes mayores se equipan con boquillas, generalmente, de turbulencia, cuyo funcionamiento es similar al de los equipos convencionales de pulverización hidráulica de chorro proyectado. Ambos tipos de boquillas se pueden instalar en un mismo equipo aerotransportado, que consta, generalmente, de los siguientes elementos (Figura 1): bomba, depósito de caldo, manómetro, válvula reguladora de presión y caudal, tuberías, filtros, pértiga de aplicación y boquillas.

Para que el pulverizador funcione de forma adecuada es necesario que sus elementos estén en perfecto estado de mantenimiento y calibración.

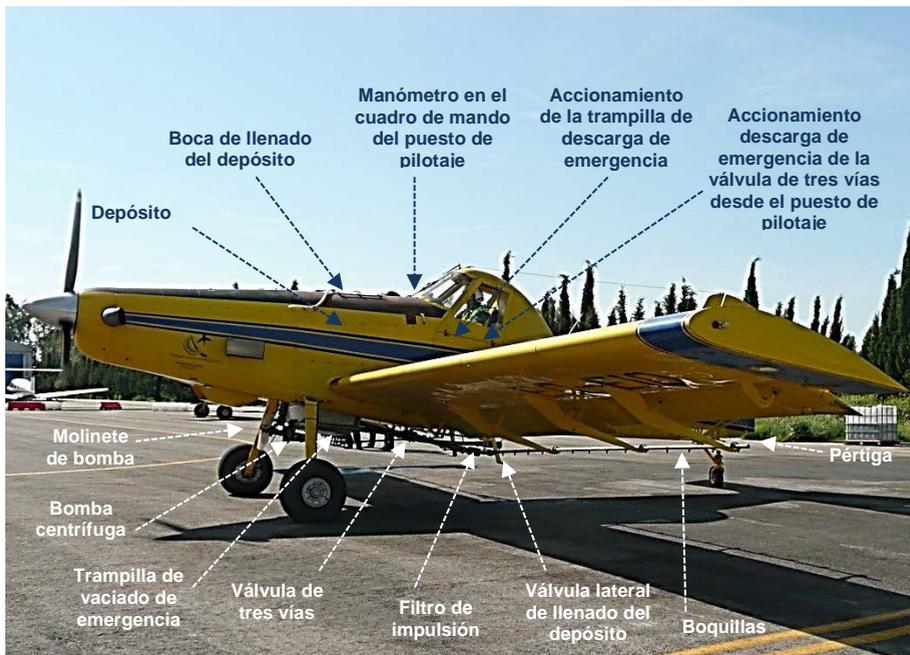


Figura 1. Elementos de un pulverizador aerotransportado sobre avión.

Si bien el fundamento de la aplicación con helicóptero es similar al descrito en el caso de los aviones, las principales diferencias, en cuanto a los elementos que componen el equipo de aplicación de productos fitosanitarios son (Figura 2): bomba sin molinete, accionada por el propio motor del helicóptero o por una motobomba independiente; localización distinta del depósito de caldo, a ambos lados del motor, en el interior de la cabina (detrás del puesto del piloto o en la panza; y boquillas centrífugas hidráulicas o eléctricas.



Figura 2. Elementos de un pulverizador aerotransportado sobre helicóptero.

Para realizar un **tratamiento fitosanitario correcto** hay que elegir un producto fitosanitario autorizado expresamente para su aplicación desde una aeronave (según el Real Decreto 1311/2012, de 14 de septiembre, por el que se establece el marco de actuación para conseguir un uso sostenible de los productos fitosanitarios); el momento óptimo de aplicación (generalmente, cuando las condiciones de viento son más favorables, al amanecer); y la dosis exacta a aplicar. Además, hay que conseguir una buena aplicación basada en una distribución, lo más uniforme posible, lo cual se consigue con un equipo técnicamente adecuado, bien regulado y con un mantenimiento correcto.

En función del tipo de aeronave (avión o helicóptero) hay que tener en cuenta otros factores indicados en la Tabla 1.

Tabla 1. Condicionantes de la calidad de la aplicación en función del tipo de aeronave.

	Altura de vuelo	Longitud de pèrtiga	Velocidad
Avión	Debe ser igual o inferior al 75% de la envergadura	Debe ser inferior al 75% de la envergadura	Casi constante, poca posibilidad de variación
Helicóptero	No existe ninguna restricción al respecto	*No existe ninguna restricción al respecto	Posibilidad de variación (problemas de homogeneidad en el tratamiento)

*Aunque no existe una opinión unánime al respecto

El caudal aplicado con el equipo va siempre en función de unos parámetros, previamente seleccionados y estudiados, según la siguiente expresión:

$$Q \left(\frac{l}{\text{min}} \right) = \frac{C \left(\frac{l}{\text{ha}} \right) \cdot V \left(\frac{\text{km}}{\text{h}} \right) \cdot A \text{ (m)}}{600}$$

Donde Q (l/min) es el caudal total pulverizado (suma del caudal individual de cada una de las boquillas), C (l/ha) es el volumen de caldo a distribuir por superficie, V (km/h) es la velocidad real de avance de la aeronave, A (m) es la anchura de trabajo conseguida en

cada pasada y el denominador es un factor de conversión de unidades.

Partiendo del conocimiento del volumen de caldo, una velocidad adecuada de vuelo y el ancho de pasada determinaremos el caudal que debe desalojar la pértiga. Ese caudal lo dividiremos entre el número total de boquillas y tendremos el caudal individual (Fig. 3) que habrá que conseguir en función de la presión de la bomba, del tipo de boquilla y del dosificador de flujo (en caso de boquillas centrífugas o atomizadores).

				l/min												
				0,7 bar	1 bar	2 bar	3 bar	4 bar	5 bar	6 bar	10 bar	15 bar	20 bar	1 bar	10 bar	20 bar
D1	DC31	0,79	0,31	0,36	0,49	0,59	0,67	0,74	0,80	1,0	1,2	1,4	42°	40°	38°	
D1.5	DC31	0,91	0,39	0,45	0,63	0,76	0,86	0,95	1,0	1,3	1,6	1,8	54°	46°	40°	
D2	DC31	1,0	0,45	0,53	0,72	0,86	0,98	1,1	1,2	1,5	1,8	2,0	56°	54°	49°	
D3	DC31	1,2	0,49	0,58	0,80	0,95	1,1	1,2	1,3	1,6	1,9	2,2	58°	67°	58°	
D1	DC33	0,79	0,32	0,36	0,46	0,56	0,64	0,71	0,78	0,98	1,2	1,4	24°	37°	37°	
D1.5	DC33	0,91	0,42	0,47	0,63	0,75	0,85	0,95	1,0	1,3	1,6	1,9	34°	46°	45°	
D2	DC33	1,0	0,47	0,56	0,78	0,95	1,1	1,2	1,3	1,7	2,0	2,3	42°	55°	52°	
D3	DC33	1,2	0,57	0,68	0,95	1,1	1,3	1,5	1,6	2,0	2,5	2,8	46°	57°	56°	
D4	DC33	1,6	0,78	0,91	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,7	3,3	3,7	49°	63°	63°	
D1	DC35	0,79	0,30	0,36	0,48	0,58	0,65	0,71	0,78	0,97	1,2	1,3	16°	27°	27°	
D1.5	DC35	0,91	0,41	0,47	0,63	0,76	0,85	0,94	1,0	1,3	1,5	1,7	19°	30°	30°	
D2	DC35	1,0	0,53	0,62	0,83	0,99	1,1	1,2	1,3	1,7	2,0	2,2	38°	45°	40°	
D3	DC35	1,2	0,58	0,72	0,98	1,2	1,3	1,5	1,6	2,0	2,4	2,8	42°	48°	42°	
D4	DC35	1,6	1,0	1,2	1,6	2,0	2,3	2,5	2,8	3,5	4,2	4,8	65°	68°	60°	
D5	DC35	2,0	1,3	1,6	2,2	2,6	3,0	3,3	3,6	4,5	5,5	6,3	65°	69°	62°	
D2	DC56	1,0	—	—	0,80	0,98	1,1	1,2	1,4	1,8	2,2	2,5	—	18°	16°	
D3	DC56	1,2	—	—	1,1	1,3	1,6	1,7	1,9	2,4	3,0	3,4	—	24°	22°	
D4	DC56	1,6	—	—	1,3	1,8	2,2	2,5	2,8	3,1	4,0	5,6	18°	30°	28°	

Figura 3. Relación entre presión, caudal y ángulo de cono en boquillas de turbulencia con distintas características de diámetro y difusores.

3

¿Para qué se necesita la revisión y calibración?

Para que se detecte cualquier deficiencia o mal funcionamiento de la máquina como consecuencia de su uso (desgaste). De esta forma la dosis estimada no será distinta de la realmente aplicada y se distribuirá uniformemente, consiguiendo así un tratamiento eficiente y, por tanto, una reducción de los riesgos generados al medio ambiente y a la seguridad y la salud humana, así como la disminución de costes.

4

¿Qué beneficios reales se obtienen de la revisión y calibración de los equipos?

Los **beneficios** obtenidos por el empresario que realice la revisión y calibración de su equipo son:

- Ahorro de producto fitosanitario.
- Mayor eficiencia en el tratamiento.
- Aumento de la seguridad y salud del aplicador.
- Garantizar la seguridad del consumidor (alimentos sin residuos).
- Reducción de la contaminación ambiental.

5

¿Cómo se realiza la revisión y calibración?

Para la **revisión** se efectúan dos exámenes, uno visual, de los elementos del equipo, sin accionamiento del mismo, además de comprobar los sistemas de seguridad. Y otro, generando presión en el circuito hidráulico, mediante una bomba auxiliar, portátil.

Para la **calibración** se efectúan medidas de precisión del manómetro (que es el punto de control de la presión del circuito hidráulico del equipo), de la distribución del caudal en las boquillas y del equilibrio (caída) de presiones en las distintas secciones de la pértiga.

No obstante, se recomienda obtener un certificado de verificación de la calibración del equipo de aplicación (Figura 4), donde conste una descripción detallada del equipo de pulverización, los ajustes necesarios para realizar un tratamiento correcto (presión, velocidad de aplicación, tipo de boquilla, orificio de salida de caldo y orientación de las palas) y el resultado previsible, en cuanto a dosificación y tamaño de gota, que se obtendría en una posible aplicación. Este certificado está basado en el ensayo estándar: ASAE S572 AUG99.

Además para comprobar que los ajustes realizados durante la verificación de la calibración se ajustan a la realidad (dentro de un margen de variación), es recomendable realizar una **prueba en vuelo**, durante la cual se comprobará la homogeneidad del tratamiento, el tamaño de gota y su distribución, en función de parámetros como el tipo de boquilla y su ángulo respecto al flujo de viento, así como la presión y velocidad de trabajo.

De esta forma se consigue tener una máquina que aplica un tratamiento homogéneo, con una buena dosificación y que cumple con los **requisitos** de salud y seguridad y de medio ambiente establecidos por el Real Decreto 1702/2011, de 18 de noviembre, de inspecciones periódicas de los equipos de aplicación de productos fitosanitarios.

CERTIFICADO DE VERIFICACION/CALIBRACION

MATRICULA:

CERTIFICA QUE ESTE EQUIPO ESTA DE ACUERDO A LAS TABLAS Y GRAFICOS DEL FABRICANTE DE LOS ATOMIZADORES, AJUSTADO Y VERIFICADO CON AGUA LIMPIA EN LAS CONDICIONES SIGUIENTE:

DATOS DEL EQUIPO

TIPO:	ATOMIZADOR DE CANASTILLA GIRATORIO POR AIRE	
FABRICANTE:	MICRONAIR	
MODELO ATOMIZADOR:	AU-5000	
VALVULA ANTIGOTEO:	EX1526	
UNIDAD RESTRINGIDA:	EX2080	
CANTIDAD:	6	
POSICION:	EL EJE DE GIRO DEL ATOMIZADOR PARALELO A LA CORRIENTE DEL AIRE	
REPARTO:	80% DE LA ENVERGADURA	

MANOMETRO

MANOMETRO:	DE 0 A 100 PSI
TEST:	PRUEBA REALIZADA CON UN PATRON BARFIELD P/N 304-00101

DATOS DE TRABAJO DEL AVION

VELOCIDAD DE APLICACION	224 k/h
ANCHO PASADA	40 m.
HECTAREAS X MINUTO	14,93
DIAMETRO DE GOTA	120 µm
RPM PARA 120 µm	7000

LITROS HECTAREA	ORIFICIO	PRESION (PSI)	1 ATOMIZADOR		6 ATOMIZADORES		ANGULO PALA
			LITROS X MINUTO	LITROS X MINUTO	DMV		
3	11	25	7,47	45	120	52°	
5	13	35	12,44	75	120	50°	

Figura 4. Ejemplo de certificado de verificación/calibración de un pulverizador aerotransportado.

Para la revisión y calibración de pulverizadores en uso montados en aeronaves se ha realizado el protocolo que aquí se presenta como **guía base de procedimiento**, adaptando los conceptos de las normas europeas y españolas **UNE EN 13790-1** (inspección de pulverizadores para cultivos bajos) y **UNE EN 13790-2** (inspección de pulverizadores para plantaciones arbustivas y arbóreas) a las particularidades de estos equipos. Este protocolo indica los **elementos** del equipo que deben examinarse, los **requisitos** (de salud y seguridad y de medio ambiente) que deben cumplir los elementos y la valoración de los **defectos** (incumplimiento de los requisitos) que se detecten (Tabla 2). Para los elementos que no sean similares a los recogidos por las normas, se exigirán requisitos recomendados por los fabricantes como imprescindibles para el correcto funcionamiento del equipo por su diseño.

Actualmente, está en fase de desarrollo la norma europea sobre equipos de aplicación para tratamientos aéreos.

Tabla 2. Valoración de los defectos detectados en el equipo.

DEFECTO	DESCRIPCIÓN	EFEECTO
GRAVE	Defecto que debe ser reparado antes de volver a trabajar de nuevo . Afecta severamente a la calidad de la pulverización, a la seguridad del operario o al medioambiente.	Inspección desfavorable
LEVE	Defecto que debe ser reparado lo antes posible . Afecta moderadamente a la calidad de la pulverización, a la seguridad del operario o al medio ambiente.	Recomendación de cambios para subsanar los defectos
SIN DEFECTO	No se detectan defectos.	Requisito satisfecho

DEPÓSITO

- Ausencia de fugas. No se deben producir fugas desde el depósito ni desde la trampa de descarga de emergencia (Figura 5). En el caso de helicópteros con dos depósitos, también se deben comprobar los manguitos de conexión entre ambos.

Figura 5. Trampa de emergencia de vaciado sin fugas.



- Dispositivo de compensación de presiones (o venteo del depósito) en buen estado y sin residuos (Figura 6). Con una entrada de aire sin obstáculos hasta la parte superior del depósito de caldo se consigue que la presión interior sea la atmosférica y así evitar sobrepresiones o depresiones que puedan deformar el depósito en llenado o vaciado. También aplicable a helicóptero.



Figura 6. Dispositivo tubular de compensación de la presión interior del depósito.

Examen visual sin accionamiento del equipo

DEPÓSITO

- Presencia de indicador de nivel de fácil lectura, con números legibles y visible desde el puesto del piloto y desde la posición de llenado en tierra (Figuras 7 y 8). Este punto no es aplicable a helicópteros durante el vuelo, ya que la posición del depósito impide su visión.



Figura 7. Indicador de nivel desde el puesto de pilotaje en buen estado de señalización.



Figura 8. Indicador de nivel, de ventana translúcida, visible desde tierra para realizar el llenado al volumen adecuado.

Examen visual sin accionamiento del equipo

DEPÓSITO

- Cierre totalmente estanco de la boca de llenado superior del depósito (Figura 9). *Para evitar derrames en movimientos bruscos, como el giro con respecto al eje longitudinal para cambiar de sentido de vuelo (en aeronaves de ala fija en ciertas maniobras de giro sobre un solo eje).*



Figura 9. Comprobación del cierre estanco de la boca de llenado superior del depósito.

- Paredes internas. *Se debe comprobar la existencia y el buen estado de las paredes internas, elementos “rompeolas”, que evitan el movimiento brusco del caldo en el depósito mientras se vuela, para evitar una oscilación del centro de gravedad que podría afectar a la estabilidad de la aeronave.*

Examen visual sin accionamiento del equipo

DEPÓSITO

Ausencia de fugas en la válvula lateral de llenado. No deben existir fugas en la válvula lateral del fuselaje utilizada para llenar el depósito ni en el desacople de la misma (Figura 10).

En el caso de helicópteros de doble depósito lateral, esta comprobación debe ser realizada para cada uno de los depósitos.



Figura 10. Válvula lateral de llenado del depósito sin fugas pero con escape de líquido en el desacople.

Examen visual sin accionamiento del equipo

BOMBA

Es el elemento que genera la presión en el circuito del equipo de tratamientos, las de los aviones son accionadas por un molinete de palas, sin embargo, en helicópteros, el accionamiento de la bomba es hidráulico, eléctrico o a través una motobomba de gasolina.

- Palas en buen estado (bombas accionadas por molinete). *Se comprobará que todas las palas son iguales, que no tienen roturas ni desgastes y que no estén rígidas, ya que esto supondría un riesgo de rotura por falta de elasticidad. Si esto ocurre habría que sustituir todas por otras nuevas que posean las propiedades óptimas para su buen funcionamiento.*
- Orientación de las palas (bombas accionadas por molinete). *La orientación (ángulo de calado) de todas las palas debe ser igual (Figura 11). El dispositivo de control de palas debe funcionar correctamente para que pueda modificarse dicha orientación.*
- Giro uniforme del molinete (bombas accionadas por molinete). *Se comprobará visualmente que el giro es uniforme, sin que se observen desequilibrios en la velocidad angular ni cabeceos.*

Bombas en helicópteros. *Comprobar que existe un mecanismo de parada de emergencia, para evitar posible pérdidas de la carga en vuelo.*



Figura 11. Comprobación del ángulo de calado de las palas en función de una posición señalada en la base. Todas las palas deben tener la misma posición.

Examen visual sin accionamiento del equipo

BOMBA

- Mecanismo de frenado (bombas accionadas por molinete). *Este tipo de bombas debe llevar algún sistema de frenado (Figuras 12 y 13) para interrumpir su giro cuando sea necesario, debido a que con altas velocidades de desplazamiento podría desintegrarse. Se ensayará accionando el mecanismo e intentando mover el molinete manualmente para comprobar su efectividad.*



Figura 12. Sistema de frenos de disco montados en el eje del molinete que acciona la bomba para interrumpir su giro a voluntad.



Figura 13. Sistema de desactivación del giro del molinete por modificación del ángulo de calado de las aspas.

Examen visual sin accionamiento del equipo

SISTEMAS DE MEDIDA, CONTROL Y REGULACIÓN

El sistema de medida está formado, principalmente, por el manómetro que mide las presiones, positivas (tratamiento) y negativas (aspiración), características del funcionamiento del equipo. Otros dispositivos son el caudalímetro, para medida del caudal de aplicación, y el GPS, que permite obtener la velocidad de avance de la aeronave.

El sistema de control y regulación está formado por las válvulas que regulan la presión, el caudal y la distribución del caldo. En los equipos montados en aeronaves, la principal es una **válvula de tres vías**, que consigue variar la presión a voluntad y generar un paso de caudal al retorno para la agitación.

La combinación de los sistemas de medida, control y regulación, debe conseguir una superficie tratada con uniformidad en la dosis de producto, número y tamaño de gotas, lo que exige una sincronización entre la velocidad de avance de la aeronave y el caudal.

En aeronaves se pueden dar dos sistemas de regulación:

Presión constante o caudal constante (PC o CC). Es el formado por un sistema de control y regulación manual de la válvula de tres vías. Consigue un reparto homogéneo si la velocidad del motor (en el caso de bombas eléctricas o hidráulicas) y avance se mantienen. Igualmente, en el caso de bombas accionadas por molinete, la velocidad de avance de la aeronave, calculada previamente en el diseño del tratamiento, debe ser constante para conseguir reparto homogéneo a la presión de trabajo.

Caudal proporcional al avance electrónico (CPAE). Un microprocesador controla el caudal, en función de la velocidad de avance, medida con GPS, al accionar una válvula motorizada.

En todos los casos, la revisión periódica de los equipos y su correcto mantenimiento son imprescindibles para que el trabajo sea correcto.

Estos sistemas de medida, control y regulación deben ser accesibles por el operador y permitir una lectura correcta de cualquier información que proporcionen.

Examen visual sin accionamiento del equipo

VÁLVULA DE TRES VÍAS

Es el elemento más importante del equipo de aplicación en aeronaves. De su buen funcionamiento va a depender la calidad de la aplicación, la estanqueidad del circuito y la ausencia de goteo en las boquillas.

En aviones, el accionamiento de la mencionada válvula suele ser manual, sin embargo, en el caso de helicópteros, será generalmente de accionamiento eléctrico o hidráulico, por lo que la primera comprobación que deberá realizar el piloto es la de funcionamiento correcto del sistema de accionamiento.

- Comprobación de la estanqueidad. *Para comprobar que la válvula de tres vías funciona correctamente, no tiene fugas y es totalmente estanca, se procede a cerrar totalmente el retorno, se abre la conducción de la barra y se desacopla el filtro de la misma. Una vez que haya salido el caldo alojado, por gravedad, y se haya recogido en un recipiente apropiado, se comprueba que no gotea por la boca de la tapa del filtro. Si existe goteo, una vez desalojado el líquido contenido en la barra, es indicativo de falta de estanqueidad y, por lo tanto, mal funcionamiento de la válvula.*
- *En caso de existir goteo es necesario quitar el manguito de salida de la válvula para comprobar de donde procede ese goteo. En caso de que el líquido proceda de la válvula, sería necesario reparar los elementos dañados de la misma. Pero, en cambio, si se comprueba que el goteo proviene del tornillo de retorno, bastaría con cerrarlo y ajustarlo bien, para impedir que el líquido saliese.*
- Comprobación del sistema de accionamiento. *Es aconsejable comprobar el accionamiento de la válvula, cuando este sea manual, ya que el accionamiento difícil de la misma puede ser indicativo de un problema mayor que provoque la rotura de la válvula durante el vuelo.*

Examen visual sin accionamiento del equipo

MANÓMETRO

- Visualización desde el puesto del piloto. *No obstante, hay que tener en cuenta que el manómetro debe situarse de tal manera que no existan riesgos de fuga que pueda alcanzar al operador.*
- Escala legible y adecuada para el rango de presiones del trabajo. *El manómetro, tendrá una escala suficientemente amplia, para medir las presiones normales de trabajo de los equipos en los que vaya montado (mínima, 100PSI en aviones y 150PSI en helicópteros).*
- Resolución mínima de la escala (Figura 14):

Cada 0,2 Bar (2,8PSI)	Presiones de trabajo menores de 7 bar ó 100PSI (aviones y helicópteros)
Cada 1,0 Bar (14,22PSI)	Presiones de trabajo superiores a 7 bar ó 100PSI (helicópteros)



Figura 14. Manómetro con resolución de escala cada 0,5 bares, no apropiado para trabajar a presiones inferiores a 7 bares.

- Diámetro mínimo de la carcasa (para manómetros analógicos): 50 mm.
- Valores con indicaciones de presión en aspiración (Figura 15). *El manómetro debe tener una escala de valores negativos para indicar cuándo la pértiga soporta el vacío por aspiración debida al retorno de la válvula de tres vías. Esto ocurre como medida de*

seguridad de las válvulas de tres vías que refuerza los sistemas antigoteo de las boquillas de la pértiga, aspirando el caudal cuando no se está aplicando. Este punto es aplicable tanto a aviones como a helicópteros.



Figura 15. Manómetro correcto, con valores negativos (indican cuándo la pértiga soporta el vacío por aspiración) y escala adecuada para pulverizaciones con presiones de trabajo menores a 5 bar (divisiones cada 2 PSI, equivalente a 0,14 bar).

Examen visual sin accionamiento del equipo

SISTEMA GPS

Se trata del único elemento objetivo del que dispone el piloto para conocer la posición exacta del avión y por tanto, el dispositivo que marca la trayectoria a seguir durante las pasadas paralelas en los tratamientos aéreos. Debido a su importancia, es necesario comprobar que el sistema de GPS es adecuado para la aplicación en la que se utiliza, y por lo tanto debe ser un sistema específico para tratamientos aéreos.

- Comprobación de existencia y funcionamiento. *Se verificará, que este dispositivo existe en la aeronave y además se comprobará que funciona, ya que, sin él es imposible realizar un tratamiento sin solapes o dejando franjas sin tratar.*
- Auto chequeo. *Antes de realizar cualquier otra operación, se procederá a encender el sistema GPS, para que realice el auto chequeo interno del que suelen disponer estos elementos.*

Examen visual sin accionamiento del equipo

TUBERÍAS

- Ausencia de doblado/abrasión. Las tuberías flexibles deben colocarse sin codos salientes y sin que pueda producirse rotura o abrasión de las mismas, de tal manera que los materiales internos no queden al descubierto (Figura 16). Además, una tubería aplastada o doblada induce a una caída local de presión y podría causar un problema de equilibrio de presiones, lo que originaría un mal tratamiento (Figura 17).



Figura 16. Tubería en mal estado que puede ocasionar fugas bajo presión del caldo.



Figura 17. Tubería aplastada en el perfil de la pértiga que dificulta el paso de líquido hacia la boquilla (atomizador).

- Protección frente a proyección de fluido a alta presión. Las tuberías deben situarse fuera del puesto de pilotaje.

Las tuberías deben indicar la presión máxima admisible.

Examen visual sin accionamiento del equipo

- Conexiones de tuberías y sujeciones con sistemas adecuados (Figura 18). *Las conexiones y sujeciones de las tuberías deben realizarse con abrazaderas metálicas y pestillos de seguridad que eviten una desconexión fortuita en vuelo.*



Figura 18. Tubería de aspiración de la bomba aprisionada mecánicamente sin riesgo de fugas o desconexión fortuita.

FILTROS

- Presencia de filtro entre la bomba y las boquillas (filtro de impulsión) (Figura 19).
- Presencia de dispositivo que permita la limpieza de los filtros sin que se vacíe el contenido del depósito.
- Facilidad de extracción e intercambio (Figura 19).

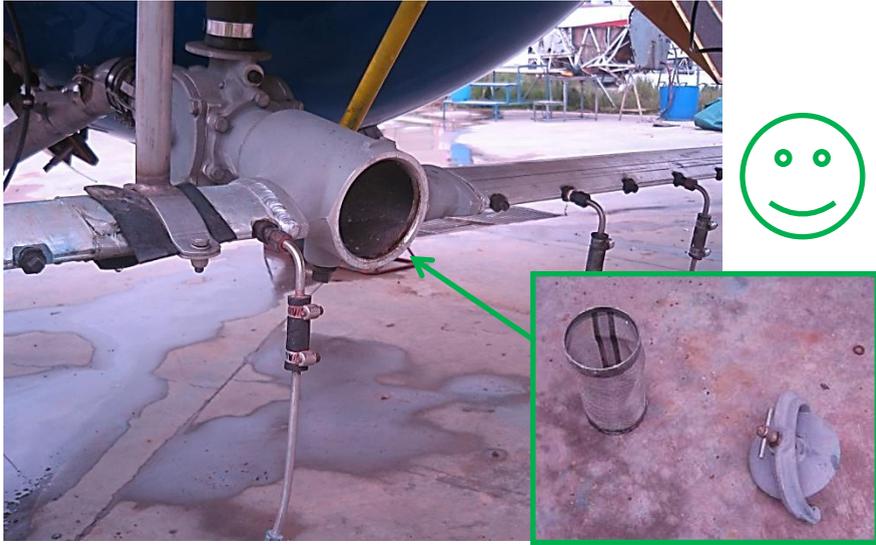


Figura 19. Filtro de impulsión fácil de extraer, limpiar e intercambiar por otro.

- Buen estado de los filtros y con tamaño de la malla adecuado para las boquillas instaladas (Figura 20).

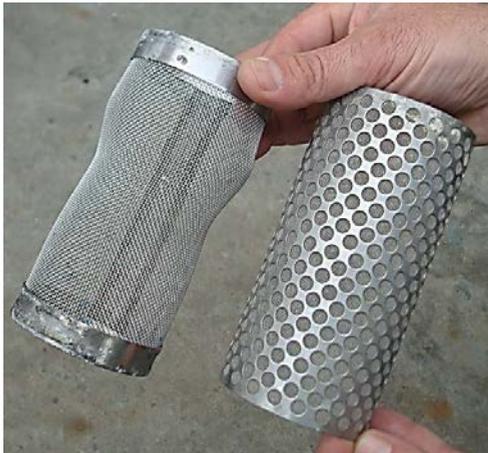


Figura 20. Filtros en buen estado y con tamaño de malla adecuado para aplicar con boquillas centrífugas a UBV (derecha) y con boquillas hidráulicas para volúmenes mayores (izquierda).

Examen visual sin accionamiento del equipo

BARRA PORTABOQUILLAS (PÉRTIGA)

- Estabilidad/rigidez. La pértiga debe permanecer estable, no debe haber amarres con holguras, ni posibilidad de descolgarse accidentalmente. Para ello se requiere siempre sujeción mediante abrazaderas metálicas (Figura 21).

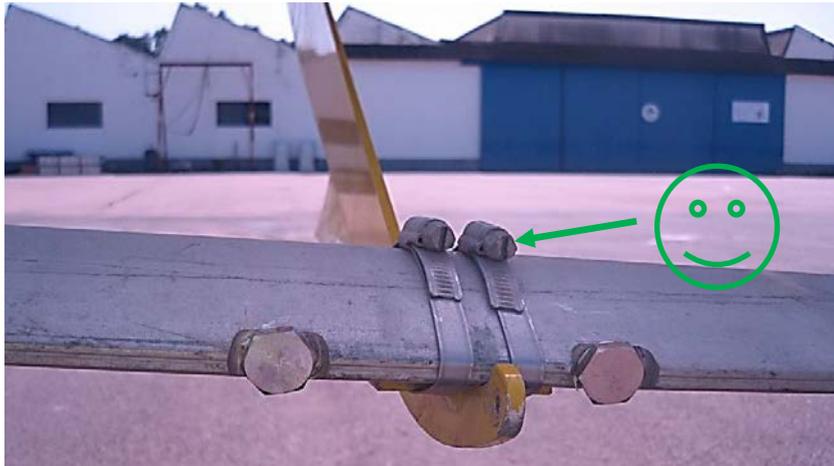


Figura 21. Pértiga sujeta al ala del avión por medio de abrazaderas metálicas que aseguran la estabilidad en vuelo.

- Simetría. Para alturas de vuelo superiores a 15,25m (50 pies), las secciones derecha e izquierda deben ser de la misma longitud, es decir, debe existir el mismo número de boquillas en ambas (Figura 22). Para alturas de vuelo inferiores, este requisito no es necesario. En este caso, debería realizarse una prueba en vuelo, previa al tratamiento, para comprobar la distribución.
- Simetría. En el caso de helicópteros, las boquillas deben colocarse a la misma distancia de forma que en la barra exista simetría. En estas condiciones, se conseguirá una distribución correcta cuando la velocidad de vuelo sea suficiente y constante.



Figura 22. Simetría en el número de boquillas y equidistantes para una pulverización uniforme.



- Posición. *En el caso de aviones o avionetas, la pértiga debe estar separada la mayor distancia posible del ala, y nunca debe tener una anchura total, superior a $\frac{3}{4}$ de la envergadura de la aeronave.*

Examen visual sin accionamiento del equipo

BOQUILLAS

- Presencia de boquillas idénticas en toda la barra: tipo, tamaño, material, origen y otros componentes (filtros y dispositivos antigoteo) (Figura 23). *Si las boquillas situadas debajo de las alas son centrífugas por molinete (atomizadores rotativos), las situadas bajo la base de la aeronave pueden ser diferentes, debido a la necesidad de flujo de aire que en esta zona puede verse afectada por la presencia del molinete anterior que acciona la bomba (Figura 24). Sin embargo, en helicóptero, al desaparecer este efecto, las boquillas deben ser todas iguales.*
- Regulación de la posición de las boquillas. *Debe ser posible regular la posición y orientación de las boquillas de manera simétrica y reproducible.*



Figura 23. Boquillas hidráulicas idénticas en toda la pértiga.



Figura 24. Boquillas centrífugas (accionadas por flujo de aire en la pértiga) y complementadas bajo la base de la aeronave (zona de interferencia de la bomba de molinete) por boquillas hidráulicas.

Examen visual sin accionamiento del equipo

BOQUILLAS

- Las boquillas deben poder identificarse por su tipo con una nomenclatura (Figura 25) o por un color normalizado (ISO 10625:2011).

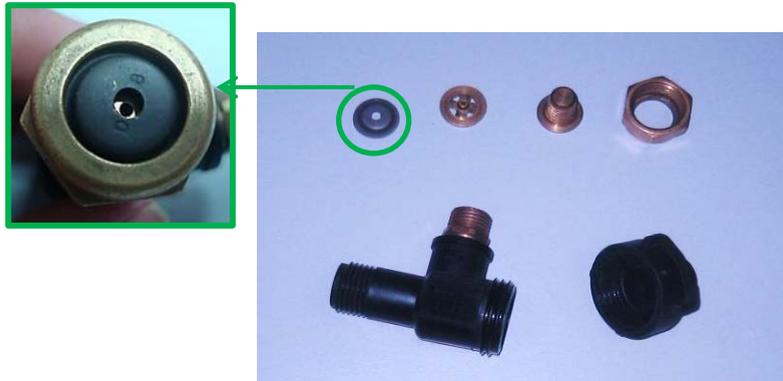


Figura 25. Boquilla de turbulencia de cono lleno formada por punta de pulverización, difusor, filtro y tuerca que acopla el conjunto a un dispositivo con membrana antigoteo. En la punta de pulverización aparece grabada la nomenclatura D 8 para conocer el caudal de aplicación.

- En el caso de boquillas centrífugas (atomizadores rotativos), *hay que comprobar que la numeración del selector es correcta, coincidiendo con la del disco. Los números del selector de caudal deben ser legibles y visibles. El cambio de posición del disco para valores pares o impares (Figura 26) debe funcionar correctamente*, de este modo se puede comprobar el caudal de aplicación. Además, las palas del atomizador deben estar en buen estado, sin deformaciones ni roturas, y la canastilla debe girar libremente.



Figura 26. Válvula de restricción de caudales de una boquilla centrífuga con graduación de caudales grabada sobre la carcasa plástica (izquierda). Se observa la posibilidad del cambio de posición del disco restrictor (derecha) que debe ajustar perfectamente y sin juego para permitir un paso de caudal exacto.

- **Montaje.** *A la hora de montar las boquillas, una vez que se sustituyen por otras o tras realizar labores de mantenimiento, se recomienda acudir a la carta de calibración y características de las mismas ya que existen incompatibilidades entre algunos componentes de las boquillas. También es aconsejable acudir a este documento, puesto que la posición, y localización de los componentes son determinantes a la hora de realizar un buen tratamiento y por lo tanto es fundamental su correcta colocación combinación.*

¿Qué elementos se examinan visualmente accionando el equipo?

Para realizar estas pruebas, **no se debe poner en funcionamiento el rotor en el helicóptero ni la hélice de la aeronave**, sino que, con la ayuda de una bomba auxiliar portátil se debe generar la presión necesaria en el circuito hidráulico del equipo.

BOMBA

- Ausencia de fugas. *Se comprobará al accionar la bomba que no existen fugas. También puede comprobarse sin accionamiento, con el depósito lleno hasta la mitad, simplemente por gravedad.*

AGITACIÓN

- Recirculación claramente visible. *Se debe comprobar de manera visual con la presión de pulverización, generada por la bomba auxiliar, y con el depósito lleno hasta la mitad de su capacidad nominal. Debe existir agitación, a la presión normal de trabajo con la llave de tres vías cerrada.*

DEPÓSITO

- Trampilla de descarga de emergencia. *Se debe comprobar que al accionar la palanca de seguridad (Figura 27) esta se abre rápidamente, pudiendo evacuar todo el contenido del depósito en menos de 5 segundos. Esta comprobación deberá ser la última prueba de la revisión.*
- Válvula de corte. *Es recomendable la instalación de una válvula de cierre a la salida del depósito, que permita el cierre del circuito, ante una posible rotura de elementos entre el depósito y las boquillas. Se comprobará el funcionamiento correcto, accionándola con el depósito lleno y el circuito abierto.*

SISTEMAS DE MEDIDA, CONTROL Y REGULACIÓN

- Ausencia de fugas. *Aplicando presión se comprobará que la válvula de tres vías no tiene fugas (Figura 28).*

- Estanqueidad. Aplicando presión y con el retorno *totalmente cerrado*, se comprueba que no hay goteo en las boquillas. De este modo se comprueba que la válvula de tres vías es *totalmente estanca*. En caso de existir un leve goteo, pero este se pudiese corregir abriendo un poco el tornillo de retorno, también se consideraría aceptable.



Figura 27. Palanca que acciona la trampilla de seguridad para evacuar todo el líquido en caso de emergencia. Debe conseguirse en menos de 5 segundos tanto en el suelo como en vuelo.



Figura 28. Válvula de tres vías sin fugas y con tuberías aprisionadas mecánicamente sin riesgo de fugas.

- Efecto de vacío. Se aplica presión y se abre el retorno. En este caso, se debe comprobar que en el depósito se observa claramente un burbujeo, que indica que el venturi está funcionando correctamente, creando un efecto de succión que genera presión negativa y que, por lo tanto, impide que las boquillas goteen.

TUBERÍAS

- Ausencia de fugas. Se generará una presión un 50% superior a la presión normal de trabajo y se comprobará que las tuberías, tanto rígidas como flexibles, y sus conexiones no evidencian fugas ni zonas de fragilidad (Figura 29).



Figura 29. Junta de conexión entre tuberías con fugas apreciables.

Examen visual con accionamiento del equipo

BOQUILLAS

- Ausencia de goteo. Una vez se haya detenido la pulverización no se debe producir goteo en las boquillas pasados 5 segundos. En caso contrario, habrá que comprobar los dispositivos antigoteo y el ajuste del retorno en la válvula de tres vías (Figura 30). En el caso de los atomizadores, además de la succión generada por la válvula de tres vías, existe un sistema antigoteo adicional (Figura 31), cuyo funcionamiento se comprobará, anulando el efecto succión de la válvula de tres vías, una vez retirada la presión.



Figura 30. Válvula de tres vías con tornillo de retorno para regular la presión de aspiración.



Figura 31. Dispositivo antigoteo de una boquilla centrífuga o atomizador rotativo.

MANÓMETRO

- Precisión. Se medirá contrastando el manómetro de la aeronave con un manómetro patrón de alta precisión (Figura 32). El manómetro no se extraerá de la aeronave sino que se conectará al contrastador de manómetros a través de una tubería auxiliar.

$\pm 0,2 \text{ bar (2,8PSI)}$	Presiones de trabajo entre 1 y 2 bar (14-28PSI)
$\pm 10 \%$ del valor real	Presiones de trabajo superiores a 2 bar (28PSI)



Figura 32. Contrastador de manómetros.

OTROS DISPOSITIVOS DE MEDIDA

Si el pulverizador dispone de otros dispositivos de medida, como por ejemplo sensores de caudal y de velocidad de avance (GPS), éstos deben medir con un error máximo del 5%.

Medidas que se realizan para la calibración del equipo

BARRA PORTABOQUILLAS (PÉRTIGA)

- Simetría. Las secciones derecha e izquierda deben ser de la misma longitud.
- Longitud de la barra. Se instalarán boquillas en la pértiga hasta que se consiga una longitud máxima de $\frac{3}{4}$ de la longitud total del ala (envergadura). Una pértiga con más longitud y disposición de boquillas en los extremos da lugar a una mala distribución de la pulverización por el efecto vórtice (Figura 33).



Figura 33. Pértiga con longitud del total de la envergadura donde se aprecia el efecto vórtice y la mala distribución lateral.

- Separación de boquillas en la barra (Figura 34). La separación entre boquillas y su orientación debe ser uniforme a lo largo de toda la barra. Esta condición se aplica cuando de antemano se quiere volar a una altura de $\frac{1}{3}$ la envergadura del ala, ya que, se consigue la mejor uniformidad en la distribución.



Figura 34. Pértiga con boquillas equidistantes para una pulverización uniforme a alturas inferiores a $1/3$ de la envergadura del fuselaje.

Medidas que se realizan para la calibración del equipo

DISTRIBUCIÓN TRANSVERSAL

Puede determinarse directamente utilizando un banco de ensayo de distribución transversal o mediante la medida del caudal y el equilibrio de presiones.

- Caudal. *La variación del caudal en boquillas de un mismo tipo no debe exceder en $\pm 10\%$ del caudal nominal indicado por el fabricante.*

Método de medida. *Con las boquillas desmontadas se realiza la medida del caudal de cada una de ellas, a 3 bares de presión, colocándolas en un banco de ensayo (Figura 35). Alternativamente, también se puede realizar la medida sin desmontar las boquillas de la pértiga, utilizando probetas graduadas (Figura 36), cronometrando el tiempo de pulverización, o también, con caudalímetros electrónicos.*



Figura 35. Banco de ensayo de boquillas.

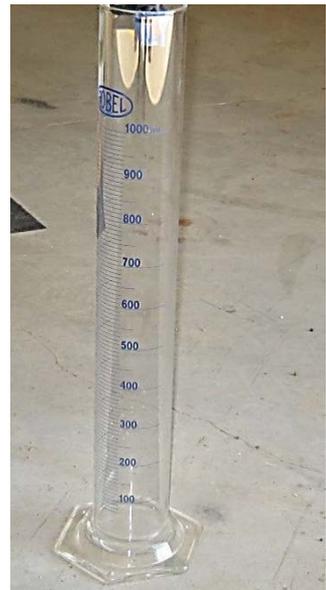


Figura 36. Probeta graduada.

Medidas que se examinan para la calibración del equipo

DISTRIBUCIÓN TRANSVERSAL

- Equilibrio de presiones. *La pérdida de presión entre el punto donde se mide, generalmente en el puesto de pilotaje, y el extremo de cada sección de la pértiga no debe superar el 10% de la lectura real.*

Medida de la caída de presión. Se debe colocar un manómetro calibrado en el lugar de la última boquilla de cada sección de la pértiga. Se accionará la bomba auxiliar para generar presión en el circuito y se realizarán al menos tres medidas ascendentes (1, 2 y 3 bares) y otras tres descendentes (3, 2, y 1 bar). Los valores indicados por el manómetro del equipo se deben comparar con el valor medido por el manómetro calibrado (Figura 37) y comprobar que la diferencia de presión es inferior al 10%.



Figura 37. Comprobación de la caída de presión en el extremo de la pértiga con manómetro calibrado.

10 ¿En qué consiste la prueba de vuelo y qué se mide?

La prueba de vuelo es un simulacro de aplicación donde se comprueba la homogeneidad del tratamiento, la distribución de gotas y el tamaño medio de las mismas, en función de la configuración de la aeronave (**tipo de boquilla, orientación de la boquilla, presión y velocidad de avance**). Está basada en la norma ASAE S386.2 FEB1988 (R2009) "Calibration and Distribution Pattern Testing of Agricultural Aerial Application Equipment".

Este ensayo se debe realizar en una zona de estudio, en la que se colocará una malla de muestreo (estaquillado) con papel hidrosensible, tal y como se muestra en la Figura 38.

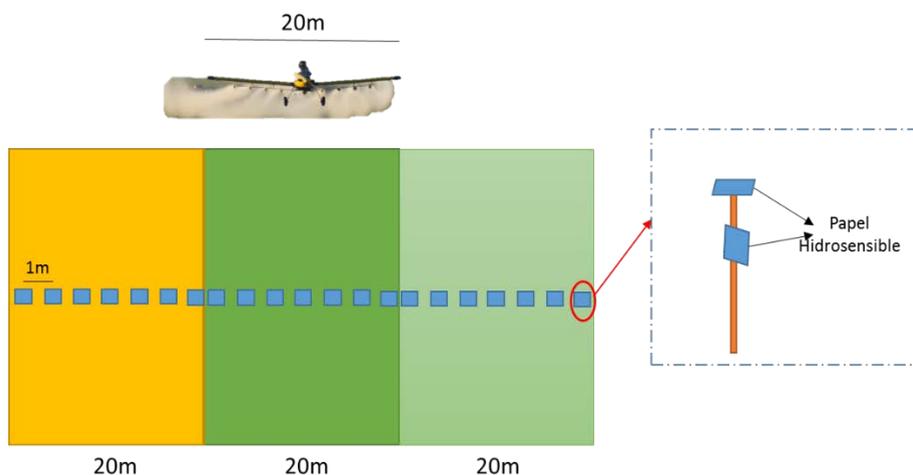


Figura 38. Esquema de la zona de estudio para la prueba de vuelo.

Se realizarán un máximo de tres pasadas, a la velocidad normal de tratamiento, a una altura inferior a $\frac{3}{4}$ partes de la envergadura (aviones) y con unas condiciones de viento de menos de 20 km/h.

Al terminar la prueba, se retirará el papel hidrosensible, y se procederá a ver la distribución obtenida y el tamaño de gota (Figura 39). Debe obtenerse una distribución homogénea y un porcentaje elevado de tamaños de gota con diámetros superiores a 150 μm , ya que, este es el tamaño que va a determinar las pérdidas por deriva.

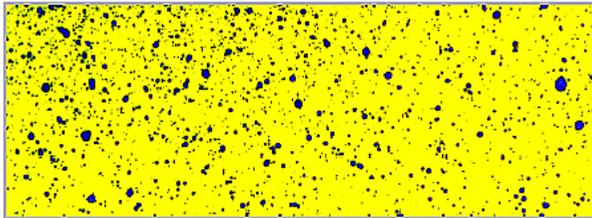


Figura 39. Papel hidrosensible utilizado en prueba de vuelo.

Durante esta prueba, también se comprobará que no se aprecia la “niebla de pulverización”, ya que, esto es indicativo de que la configuración elegida para la aeronave no es la correcta y se podría perder gran parte del líquido aplicado (Figura 40).



Figura 40. Niebla de pulverización, evidente tras un tratamiento incorrecto.

¿Qué otros aspectos hay que tener en cuenta para realizar un tratamiento fitosanitario?

- RIESGOS PARA LA SEGURIDAD Y SALUD DEL OPERADOR

La pulverización origina aerosoles, nieblas, gases y vapores orgánicos, por tanto, la inhalación del contaminante es causa importante de intoxicación, especialmente en la fase de preparación del caldo, ya que, se realiza con el producto concentrado. También debe impedirse la entrada de estos productos por vía dérmica, extremando las precauciones frente a salpicaduras o derrames. En todo caso, la mejor manera de informarse de los riesgos de un producto fitosanitario es a través de la etiqueta del envase y de su Ficha de Seguridad.

Estas operaciones deben realizarse con Equipos de Protección Individual adecuados. En el caso del pilotaje de aeronaves, se utiliza casco, traje ignífugo y máscara con filtros (Figura 41).



Figura 41. Equipo de Protección Individual de las vías respiratorias (máscara con filtros).

Otros aspectos a tener en cuenta para realizar un tratamiento fitosanitario

- PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

Los envases se consideran residuos peligrosos y deben llevarse a puntos limpios autorizados, como los de SIGFITO. Normalmente, en cada provincia existe una red de puntos de recogida donde se pueden depositar los envases vacíos (Figura 42).



Figura 42. Punto de recogida de envases vacíos.

PROTOCOLO DE
MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN
DE MAQUINARIA PARA APLICACIÓN DE PRODUCTOS
FITOSANITARIOS

PULVERIZADORES AEROTRANSPORTADOS

Elementos examinados visualmente sin accionar la máquina.	Resultado		
	C	G	L
DEPÓSITO			
-Limpieza	■	■	■
-Ausencia de fugas	■	■	■
-Presencia de compuerta de emergencia	■	■	■
-Presencia de indicador de nivel	■	■	■
-Cierre estanco de la boca de llenado superior	■	■	■
-Estado de las paredes internas rompeolas, (cuando sea posible)	■	■	■
-Ausencia de fugas en la válvula lateral de llenado	■	■	■
BOMBA			
-Ausencia de fugas en bomba	■	■	■
-Palas en buen estado (bombas de molinete)	■	■	■
-Orientación de las palas (todas mismo ángulo)	■	■	■
-Mecanismo de frenado (bombas eólicas)	■	■	■
SISTEMAS DE MEDIDA CONTROL Y REGULACIÓN			
-Accesibles y que permitan lectura correcta	■	■	■
VÁLVULA DE TRES VÍAS			
-Ausencia de fugas	■	■	■
-Estanqueidad	■	■	■
MANÓMETRO			
-Visualización correcta desde el puesto de pilotaje	■	■	■
-Escala legible y adecuada para el rango de presiones de trabajo	■	■	■
-Resolución de la escala	■	■	■
-Valores con indicaciones de presión en aspiración	■	■	■
-Diámetro mínimo de la carcasa para manómetros analógico:50mm	■	■	■
TUBERÍAS			
-Ausencia de doblado/abrazión	■	■	■
-Protección frente a proyecciones de líquido a presión	■	■	■
-Indicación de la presión máxima admisible	■	■	■
-Conexiones y sujeciones metálicas con sistemas adecuados	■	■	■
FILTROS			
-Presencia de filtro en la impulsión de la bomba	■	■	■
-Presencia de dispositivo para limpieza de filtros que eviten el vaciado	■	■	■
-Facilidad de extracción e intercambio	■	■	■
-Buen estado de filtros y tamaño de malla adecuado para las boquillas	■	■	■
BARRA PORTABOQUILLAS (PÉRTIGA)			
-Estabilidad/Rigidez	■	■	■
-Simetría	■	■	■
-Proporción longitud-envergadura	■	■	■
BOQUILLAS			
-Presencia de boquillas idénticas, exceptuando la base (aviones)	■	■	■
-Nomenclatura de boquillas	■	■	■
-Regulación de la posición y orientación	■	■	■

	Resultado		
	C	G	L
BOQUILLAS CENTRÍFUGAS			
-Idoneidad de la boquilla (en helicóptero, hidráulico o eléctrico)	■	■	
-Paletas en buen estado	■	■	■
-Giro libre y uniforme de la cazoleta	■	■	
-Numeración del selector visible y en buen estado	■	■	
-Correspondencia entre numeración y orificio de salida de caldo	■	■	
GPS			
-Presencia	■	■	
-Auto chequeo	■	■	
-Funcionamiento	■	■	
-Específico para tratamientos aéreos	■	■	

<i>Elementos examinados visualmente con accionamiento auxiliar</i>	Resultado concluido		
	C	G	L
BOMBA			
-Ausencia de fugas	■	■	
AGITACIÓN			
-Recirculación claramente visible	■	■	
DEPOSITO			
-Trampilla de descarga de emergencia (última prueba)	■	■	
SISTEMAS DE MEDIDA, CONTROL Y REGULACIÓN			
-Ausencia de fugas	■	■	
-Válvula de cierre. Presencia y funcionamiento	■	■	■
VÁLVULA DE TRES VÍAS			
- Ausencia de goteo en boquillas con el tornillo de retorno totalmente cerrado	■	■	
-Burbujeo en depósito con el tronillo de retorno abierto (succión del venturi)	■	■	
-Estanqueidad	■	■	
TUBERÍAS			
-Ausencia de fugas a sobrepresión del 50% de la presión de trabajo	■	■	■
BOQUILLAS			
-Ausencia de goteo	■	■	■

Protocolo de mantenimiento y calibración

Medidas realizadas para la calibración de la máquina	Resultado concluido		
	C	G	L
SISTEMAS DE MEDIDA, CONTROL Y REGULACIÓN			
-Precisión del manómetro			
-Otros dispositivos de medida			
PÉRTIGA			
-Simetría			
-Longitud de la pértiga, (menor o igual a $\frac{3}{4}$ de la longitud del ala)			
-Separación de boquillas			
-Posición de la barra			
-Distancia de la última boquilla al extremo del ala (cuando proceda)			
DISTRIBUCIÓN TRANSVERSAL			
-Caudal individual			
-Equilibrio de presiones			
BOQUILLAS			
-Orientación de las mismas (ángulo de ataque)			
BOQUILLAS CENTRÍFUGAS			
-Orientación de las mismas (ángulo respecto al avance)			
-Numeración adecuada del selector			

SISTEMAS DE MEDIDA, CONTROL Y REGULACIÓN

- Precisión del manómetro

Lectura del manómetro inspeccionado	Lectura ascendente			Lectura descendente		
	Manómetro patrón	Error absoluto (bar)	Error relativo (%)	Manómetro patrón	Error absoluto (bar)	Error relativo (%)

Error admisible para lecturas comprendidas entre 1 y 2 bar ó bien 14 y 28PSI (ambos incluidos): $\pm 0,2$ bar (2,8PSI). Error admisible para lecturas mayores que 2 bar ó 28PSI: $\pm 10\%$ del valor real.

DISTRIBUCIÓN TRANSVERSAL

- Caudal

Posición de boquilla	Identificación de boquilla	Caudal nominal (l/min)	Caudal obtenido (l/min)	Desviación con respecto al caudal nominal (%)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

La variación del caudal en boquillas de un mismo tipo no debe exceder en $\pm 10\%$ del caudal nominal indicado por el fabricante.

- **Equilibrio de presiones**

Sección de la pértiga.	Lectura manómetro pulverizador (bar)	Lectura en la sección de la pértiga (bar)	Error real (bar)	Error real (%)
Izquierda				
Derecha				

La caída de presión entre el punto donde se mide la presión en el pulverizador y el extremo de cada sección de la pértiga no debe superar el 10% de la lectura del manómetro.

- **Prueba de vuelo**

Durante la prueba de vuelo, es necesario comprobar la distribución y homogeneidad del tratamiento así como el tamaño de gota generado. Para ello es necesario analizar los testigos de papel hidrosensible.

Posición del testigo	Distancia a la estaquilla anterior	% de cobertura	% gotas de < 100µm	% gotas de < 200µm
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

Los testigos se numerarán de modo ascendente de izquierda a derecha, posicionándose de frente a la aeronave.



AGRICULTURA



GUÍAS PRÁCTICAS



GANADERÍA



PESCA Y ACUICULTURA



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

