

MAQUINARIA PARA LA DE LOS



El abonado con residuos orgánicos ha sido durante siglos la única forma de aportar a los cultivos la fertilización que necesitaban.

Los animales que se utilizaban como auxiliares en los trabajos agrícolas, especialmente mulas y bueyes, y la ganadería más o menos intensiva, proporcionaban estos residuos, por lo cual sólo había que buscar un sistema para esparcirlos por el campo, lo que, por otra parte, no resultaba sencillo y constituía uno de los trabajos más penosos y molestos de la producción agropecuaria.

En bastantes ocasiones la ganadería 'sin tierra' suministraba este subproducto en abundancia, por el que se percibía un buen ingreso, ya que algunos tipos de estiércol, como la gallinaza o la palomina, eran muy apreciados por los que se dedicaban a la horticultura intensiva.

Mucho han cambiado las cosas desde entonces. Por una parte, el mayor conocimiento de los principios en los que se basa la fertilización de los cultivos y la abundancia de fertilizantes minerales a bajo coste relativo, ha permitido resolver la mayoría de los problemas agronómicos utilizando abono mineral. Por otra parte, la sustitución de la tracción animal por los tractores ha conseguido que el agricultor 'puro' se olvide del problema

del estiércol, aunque muchos de sus campos, bajos de materia orgánica, posiblemente lo 'recuerden' con nostalgia.

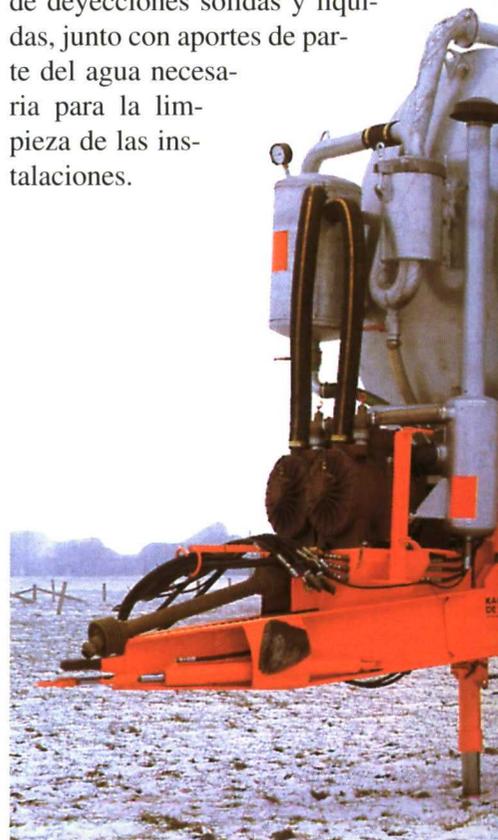
Cuando la producción ganadera se hace de manera extensiva, en un medio seco como es, en su mayoría, el español, el empleo de la pala cargadora y de un remolque esparcidor, mejor o peor equipado, resuelve con facilidad el esparcido del estiércol. De cargar a mano, a generalizarse el empleo del cargador frontal del tractor, hay un paso de gigante, tanto desde del punto de vista de la eficiencia productiva, como de la comodidad y la seguridad en el trabajo. Queda, sin embargo, el problema unido a la ganadería intensiva.

LAS CONCENTRACIONES GANADERAS

La dificultad mayor aparece como consecuencia de la intensificación de la ganadería en determinadas zonas productivas. Estas concentraciones incrementan de tal manera la emisión de residuos en forma de estiércoles que

resulta difícil su eliminación controlada en las proximidades de la zona en la que se producen.

Por si fuera poco, su contenido acuoso aumenta considerablemente, ya que está formado por la unión de deyecciones sólidas y líquidas, junto con aportes de parte del agua necesaria para la limpieza de las instalaciones.



DISTRIBUCIÓN RESIDUOS ORGÁNICOS

Como consecuencia de todo esto se ha producido un cambio en el panorama de la maquinaria para la distribución del abono orgánico. En primer lugar, como consecuencia del aumento del contenido de agua en el estiércol, pero también porque el esparcido se tiene que hacer cumpliendo una normativa ambiental más estricta: respetando las dosis que pueden ser admitidas sin dificultad por el medio agrícola que lo recibe, especialmente en los muy húmedos, y evitando la emisión de olores molestos en las zonas urbanas más próximas.

Si a esto se une el gran volumen de producto que se tiene que esparcir y el mayor recorrido para evitar las concentraciones peligrosas para el medio natural más cercano a las instalaciones ganaderas, es explicable el incremento de la oferta de grandes equipos para realizar este trabajo.

También hay que señalar que el empleo de estos equipos no se limita a la distribución en el campo de las deyecciones animales. Hay otros subproductos de origen orgánico, como los procedentes de depuradoras urbanas, o de algunos procesos industriales, como la industria azucarera, que amplía enormemente su campo de aplicación.

En las líneas que siguen a continuación se pretende realizar un análisis 'sobre el papel' de las características técnicas de estos equipos, así como sus posibilidades de adaptación al esparcido de abono orgánico de diferente procedencia.

■ LA 'MATERIA PRIMA'

Los fertilizantes orgánicos presentan unas diferencias físicas que condicionan las características de las máquinas que pueden realizar su distribución.

Genéricamente se denominan 'estiércoles' a los abonos minerales de origen orgánico con contenido de materia seca superior al 15%. Los abonos orgánicos con un contenido de materia seca inferior al 15% se denominan 'estiércoles líquidos'. A veces se utilizan, para designar a estos últimos, términos procedentes de otros idiomas (como *lisier*). Cuando el contenido de materia seca es mínimo, se generaliza la denominación de 'purín' (fracción líquida de las deyecciones animales).

Mientras el estiércol 'sólido' se puede distribuir desde recipientes abiertos, el 'líquido' o 'semi-líquido' precisa cajas estancas que, en la mayoría de los casos, son cisternas completamente cerradas.

El estiércol semi-líquido está constituido por una mezcla de deyecciones sólidas y líquidas disueltas en agua. Su consistencia varía según las especies animales, el sistema de estabulación y el tipo de alimentos que se consumen.

El estiércol producido en estas condiciones, junto con el agua procedente del lavado, se recoge en una fosa en la que permanece un tiempo más o menos largo, que puede extenderse desde algunas semanas hasta varios meses.

Antes de su distribución en el campo conviene someterlo a una fermentación, con la que se puede producir biogás, a la vez que se reducen los olores que emiten, con la consiguiente estabilización.

El estiércol, al permanecer largo tiempo en la fosa, tiende a sedimentarse, formándose, además, una costra más o menos sólida en la superficie. Esto hace necesario un enérgico mezclado antes de proceder a la extracción de la fosa y la distribución en el campo.



MEZCLADO Y EXTRACCIÓN DEL ESTIÉRCOL LÍQUIDO

Para homogeneizar el contenido de la fosa se utilizan dispositivos mezcladores basados en una hélice montada en el extremo de un eje, que se acciona desde el otro mediante un motor eléctrico de 0.5 a 1 kW de potencia, o con la toma de fuerza del tractor.

También puede utilizarse la inyección de aire con boquillas sumergidas, con caudales de 200 a 300 m³/h y presiones de trabajo próximas a 1 bar.

La carga se puede realizar a partir del momento en que el estiércol que se encuentra en la fosa alcanza un grado de homogeneidad suficiente.

Según la consistencia del estiércol se pueden utilizar dispositivos de carga diferentes:

- Transportadores de tornillo sinfín –similares a los que se utilizan para el manejo de granos– cuando la densidad del estiércol es alta.
- Bombas centrífugas, de paletas o volumétricas alternativas cuando el estiércol está más diluido.

“**Antes de cargar la cisterna se necesita homogeneizar el estiércol contenido en la fosa**”

El dispositivo de carga, en este último caso, es frecuente que se incorpore al propio equipo de transporte-distribución, el cual también se utiliza para forzar la salida del estiércol en el campo.

Cuando se emplean cisternas herméticas para la distribución, las bombas se suelen sustituir por grupos compresores que producen vacío, o sobrepresión, en la cisterna, en función de que se busque su llenado o vaciado.



El bombeo exige que el fluido esté libre de cuerpos extraños, por lo que, para evitarlos, en algunos casos se incorporan filtros activos, capaces de trocear los residuos antes de que éstos alcancen la bomba, o lleguen a la cisterna. Algunos de estos filtros disponen de elementos capaces de retener las piedras que puedan llegar con el estiércol.

Cuando se utiliza un sistema de carga estacionario unido a la fosa, la entrada a la cisterna se puede hacer por la parte superior, utilizando una boca de gran anchura, o mediante entradas laterales. De esta manera se acelera el proceso de llenado, aunque queda condicionado el funcionamiento del sistema a un único dispositivo llenador.

EL EQUIPO PARA LA DISTRIBUCIÓN DEL ESTIÉRCOL SEMILÍQUIDO Y LÍQUIDO

El origen de los esparcidores de estiércol líquido y semilíquido se encuentra en las antiguas cubas para el reparto del purín. Aunque algunos es-

tiércoles líquidos son en gran medida similares al purín, otros tienen mayor consistencia y requieren una construcción particular de los equipos de esparcido para conseguir un funcionamiento exento de problemas.

ESTIÉRCOL LÍQUIDO CON ALTA CONCENTRACIÓN DE SÓLIDOS

Cuando la consistencia del estiércol es muy alta, en el límite con lo que se considera estiércol líquido, se pueden utilizar equipos esparcidores de construcción bastante similares a los remolques esparcidores de estiércol.

Así se encuentran en el mercado remolques de caja abierta, pero estanca por el fondo y los laterales, cuyo transportador de fondo es una lona engomada con travesaños que arrastran el contenido hacia una turbina de paletas situada en un extremo de la caja, con un diámetro de más de un metro, que realiza el troceado y la proyección lateral.

ESTIÉRCOL LÍQUIDO BOMBEABLE

A medida que el contenido de líquido en el estiércol aumenta, para su transporte y distribución se necesita utilizar cisternas completamente cerradas, dotadas de dispositivos que



ayuden a la expulsión del estiércol, ya que la caída por gravedad no suele resultar suficiente y, en cualquier caso, la regularidad de la salida resulta notablemente afectada por el grado de llenado de la cisterna.

COMPONENTES DE LAS CISTERNAS DISTRIBUIDORAS

A medida que aumentan las exigencias para la dosificación precisa del estiércol con elevado contenido de agua, las mejoras en el equipo mecánico que realiza la distribución aumentan significativamente.

Estas mejoras se ponen de manifiesto ya en el recipiente que debe de contener el estiércol y ayudar a transportarlo, que lógicamente se integra en la estructura resistente remolcable, y continúa en los sistemas que hacen posible el bombeo para la carga y la descarga controlada.

LA CISTERNA O DEPÓSITO

Lo primero que hay que dejar claro es que se trata de distribuir un producto muy voluminoso, como consecuencia de su gran contenido de agua

y de su origen: grandes concentraciones de animales.

Esto obliga a contar con cubas de gran capacidad, que en los modelos más grandes llegan a superar los 20 m³ y que en los más pequeños sobrepasan generalmente los 5 m³, salvo los que tiene que trabajar en zonas de montaña, con fuertes pendientes, que suelen ser algo menores.

Es importante el diseño estructural del conjunto, ya que, además de transportar una carga pesada, hay que contar con el peso de un recipiente suficientemente resistente para soportar las sobrepresiones que se generan en los procesos de carga y descarga, que se aproximan a los 2 bar.

Como consecuencia de la agresividad del producto transportado, los materiales utilizados en la construcción de la cuba, así como los demás materiales que pueden estar en contacto con el estiércol, deben de ser inoxidable, bien por su composición (acero inoxidable) o por el tratamiento que reciben (frecuentemente galvanizado).

La forma constructiva del depósito generalmente es la cilíndrica con extremos abombados para mejorar la resistencia frente a los cambios de presión que se van a producir en su interior. Para la inspección interna disponen de lo que se conoce como 'boca de hombre', que es un orificio de al menos 400 mm de diámetro, que puede estar situado en la parte posterior, o en la superior, cuando el sistema de distribución limita la otra opción.

De acuerdo con lo que indica la norma UNE-EN 707, aplicable a estos equipos, cuyo cumplimiento presupone la conformidad de este material con la Directiva de 'seguridad en las máquinas', obligatoria en el ámbito de los países de la Unión Europea, el fabricante debe de colocar una rejilla metálica desmontable solamente mediante herramientas, con malla de dimensiones máximas de 300 x 400 mm, que impida la entrada del operador por la 'boca de hombre' en situaciones normales de trabajo. Esto garantiza

la posibilidad de limpieza eficaz del interior de la cisterna con la seguridad de que se impide acceder al interior de manera poco razonada.

En algunos casos, la parte posterior de la cisterna se puede abrir completamente para facilitar el acceso al interior de la misma. En cualquier caso, la tapa que se sitúa sobre cualquier orificio de la cuba debe de tener cierre hermético. Además, las tapas situadas en la parte superior deben de estar diseñadas, o contar con elementos apropiados, de manera que se evite su cierre inesperado.

Han aparecido recientemente en el mercado cisternas que disponen de un orificio superior con tapa deslizante.

“ Las cisternas esparcidoras deben de cumplir los requisitos de la norma UNE-EN 707 ”

Esto facilita la carga del estiércol con medios externos, a la vez que evita las dificultades que aparecen para abrir una tapa con bisagras, situada en la parte superior, cuando hay que hacerlo en edificios o estructuras relativamente bajas.

Como complemento se utilizan indicadores de nivel de llenado, así co-



mo pantallas que actúan de rompeolas en el interior del depósito, que no deben de interferir en el proceso de vaciado y limpieza interior. De acuerdo con lo que establece la norma UNE-EN 707, las pantallas rompeolas son obligatorias para las cisternas de 6 000 litros, y deben de cubrir al menos dos tercios de la sección de la cisterna. El número mínimo de pantallas debe de ser: una, para cisternas hasta de 10 000 litros; dos, para las de 10 a 15 000 litros; y tres, para las que superen los 15 000 litros de capacidad.

LA ESTRUCTURA REMOLCABLE

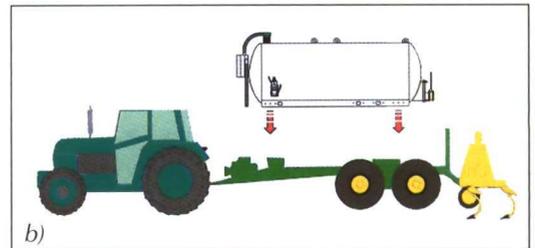
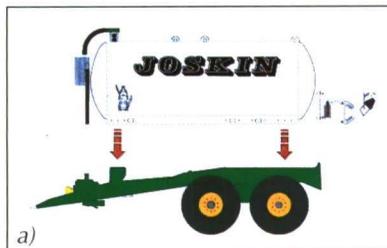
Puede ser totalmente independiente o encontrarse integrada en la propia cisterna, en cuyo caso son necesarios refuerzos longitudinales de la cisterna que aumenten su resistencia.

Cuando la estructura es independiente (sistema monobloque) se diseña de manera que, a partir del enganche en el tractor, salgan unos perfiles longitudinales que finalicen en el soporte que integra al conjunto de las ruedas. La cisterna dispone de apoyos específicos, pero no ayuda a aumentar la resistencia del bastidor remolcable. Con esta estructura, el sistema de impulsión (compresor) se puede fijar entre los perfiles que forman la estructura, aunque se trate de un bastidor diseñado para unirse a enganches de tractor tipo bajo (gancho o pivote), que son los que permiten aplicar más carga vertical sobre el tractor.

En los equipos más pequeños, en cierta medida para reducir el coste de fabricación, se utiliza una estructura resistente adosada a la cisterna. Sobre ella se sitúan las ruedas y el enganche, que puede incluir, en los equipos más pesados, un dispositivo de amortiguación por ballesta, que aumenta la estabilidad durante los transportes por carretera.

Es aconsejable que la anchura del bastidor que forma la estructura del remolque sea relativamente pequeña, ya que de esta manera se pueden utilizar ruedas muy anchas sin sobrepasar los límites de anchura máxima de circulación por carretera, ni elevar demasiado el centro de gravedad de la cuba, lo que favorece la estabilidad.

En los últimos años han empezado a comercializarse unos bastidores es-



Dos alternativas para construir un bastidor independiente de la cisterna:

a) Bastidor monobloque.

b) Bastidor universal que permite integrar dispositivos para la inyección del estiércol en el suelo.

tructurales que pueden definirse como 'modulables'. La cisterna quedaría simplemente apoyada, y, además, resulta posible adaptar diferentes elementos de distribución-inyección al bastidor, admitiendo incluso el desplazamiento, hacia delante o hacia atrás, del conjunto de las ruedas sobre las que se apoya el bastidor.

Este sistema está estudiado para adaptarse a las necesidades de los diferentes sistemas de inyección, que exigen que la estructura del remolque les proporcione mayor apoyo de tracción. Por otra parte, en estos equipos es posible substituir la cisterna por otro tipo de cajas, adecuadas para el transporte de sólidos, como hierba picada o fertilizantes, aumentando el periodo de utilización anual del equipo.

EL ENGANCHE Y EL SISTEMA DE DIRECCIÓN

El tipo de enganche puede considerarse como uno de los puntos críticos para estos vehículos remolcados. Por una parte, debe de cumplir una normativa estricta, que va en función del peso máximo autorizado del vehículo, a la vez que se adapta a las costumbres locales de trabajo en el campo.

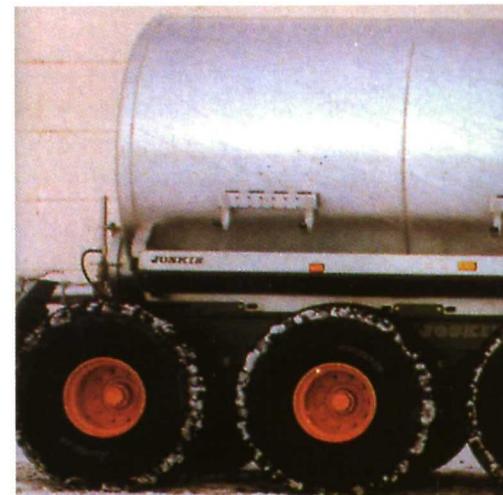
En la mayoría de los casos se utiliza una lanza adaptada a un enganche de tractor tipo 'bajo', con capacidad de soportar elevada carga vertical, ya que una parte de la masa del remolque se apoya en el tractor, dándole estabilidad y capacidad de tracción. Este enganche debe de permitir la conexión de la toma de fuerza, que se encarga de accionar el compresor o la bomba que se utiliza para el trasiego del estiércol.

En algunos países, como Alemania, es frecuente que la lanza se adapte al enganche tipo 'boca', en cuyo

caso la toma de fuerza debe de situarse en un plano inferior.

En los equipos más pesados se suele utilizar un sistema de ballesta entre el apoyo posterior de la lanza y la estructura del remolque, de manera que se amortigüen las sacudidas que se transmiten al enganche, de la misma forma que lo hacen los ejes suspendidos en los vehículos de carretera.

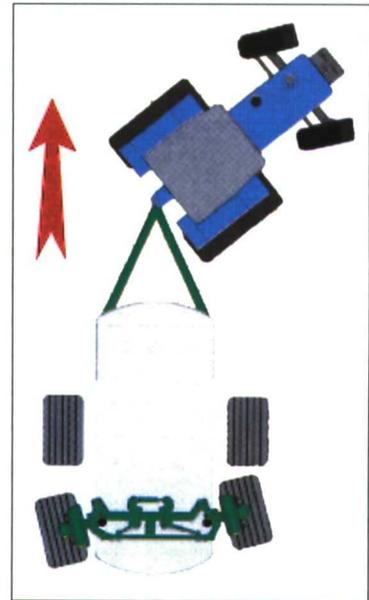
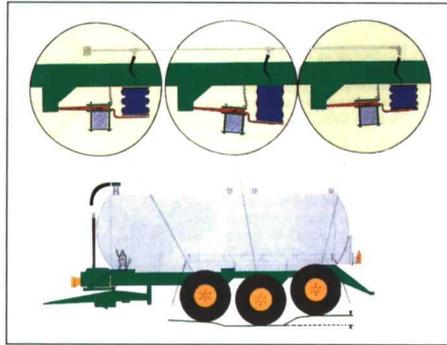
En algunos casos, esta suspensión del enganche se hace hidroneumática,



con lo que, además, se puede modificar la inclinación de la cisterna durante el transporte por carretera, sin que se sobrecargue excesivamente el enganche del tractor durante el trabajo de campo.

En los equipos muy pesados se suele utilizar un eje doble (más de 10 000 litros) o triple (más de 18 000 litros), según los casos. El eje doble suele montarse en forma de *boggie* con un punto de articulación central y sistema de ballestas hasta los ejes que soportan las ruedas. Esto resulta especialmente apropiado cuando hay que distribuir el estiércol en suelos irregulares.

En los equipos de tres ejes se suele utilizar una suspensión hidráulica o hidroneumática independiente en cada eje, con láminas de torsión, que permite, tanto su adaptación a las irregularidades del terreno, como la estabilidad cuando se circula por carretera.

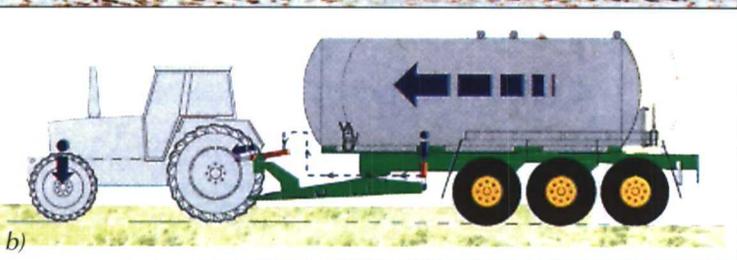
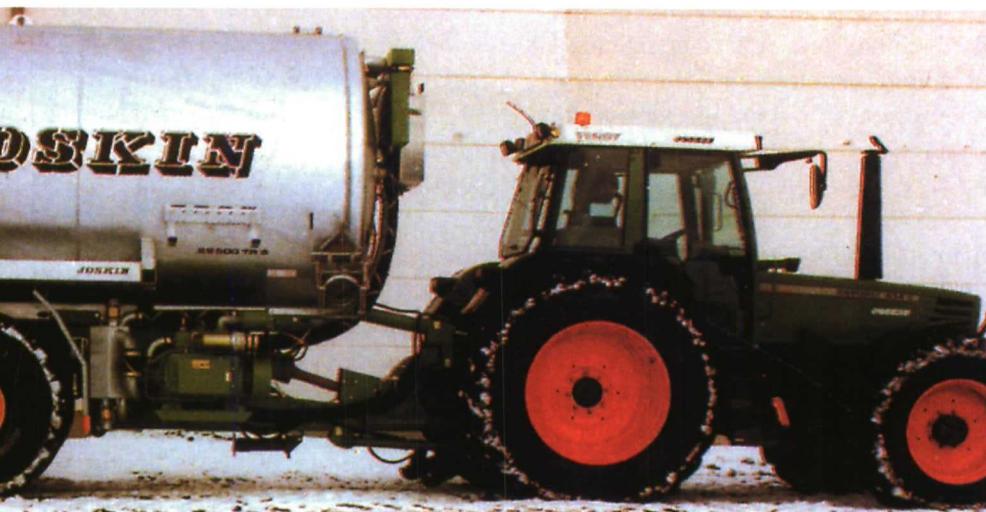


Sistemas de apoyo para cisternas de gran tamaño:

a) Eje doble con ruedas en tandem.

b) Eje triple con suspensión independiente.

c) El eje trasero director facilita los cambios de dirección y reduce el radio de giro.



Utilizando un bastidor universal se puede cambiar la cisterna por diferentes tipos de caja así como la posición de la carga durante el transporte.

a) Alternativas posibles.

b) Desplazamiento de la cisterna para mejorar las condiciones de estabilidad en carretera.

c) Recibiendo maíz picado.

En el caso de contar con tres ejes –a veces con dos– es conveniente disponer de un sistema de dirección forzada, de manera que las ruedas del eje delantero y del trasero giren en sentidos contrarios cuando se aborda una curva. El control del giro lo realiza un sistema hidráulico pilotado desde la lanza del tractor.

El giro de las ruedas asegura que el remolque sigue con facilidad la trayectoria que impone el tractor, reduciendo el radio de giro, a la vez que se evitan los deslizamientos laterales de las ruedas, que demandan mayor esfuerzo de tracción y producen surcos profundos sobre suelos blandos.

LAS RUEDAS Y LOS FRENOS

Los neumáticos deben de ser los apropiados para la carga que tienen que soportar y su banda de rodadura ajustarse a las características del suelo por el que van a circular.

Se recomiendan que sean preferentemente:

- De bajo perfil (relación altura/ancho) para evitar el deslizamiento lateral.
- De gran diámetro, ya que de esta manera es menor su resistencia a la rodadura y disponen de más superficie de apoyo.
- De gran anchura de balón, lo que au-

menta su capacidad de carga, con lo que pueden trabajar con presiones de inflado más bajas, reduciendo así la compactación que se induce en el suelo.

Hay que tener en cuenta que el tamaño de los neumáticos viene limitado por el espacio que dejan libre la cisterna y el bastidor, a la vez que está condicionado por la 'homologación' de la cisterna a efectos de circulación vial.

No hay que olvidar a este respecto la importancia del sistema de frenos. En España, la circulación de conjuntos formados por tractores agrícolas y sus remolques está limitada a 20 km/h, por lo que resulta suficiente disponer de frenos hidráulicos servoa-sistidos moderables, combinados con los frenos del tractor. En algunos países, como Alemania, se admite la posibilidad de conjuntos que circulen a más de 40 km/h, lo que exigiría el empleo de frenos neumáticos, similares a los de camión.

La normativa oficial exige en muchos países un freno de estacionamiento para cualquier cisterna remolcada, así como un tipo de apoyo que facilite las operaciones de enganche y desenganche de la lanza al tractor, y los dispositivos de señalización luminosa de acuerdo con el Código de Circulación si van a circular por las vías públicas.

EL SISTEMA DE BOMBEO

Normalmente, tanto para llenar la cisterna, como para esparcir el estiér-



Cisterna esparcidora de estiércol mediante bomba volumétrica.

La bomba se sitúa bajo la cisterna lo que exige su accionamiento por debajo del enganche.
a) Detalle de la bomba volumétrica.

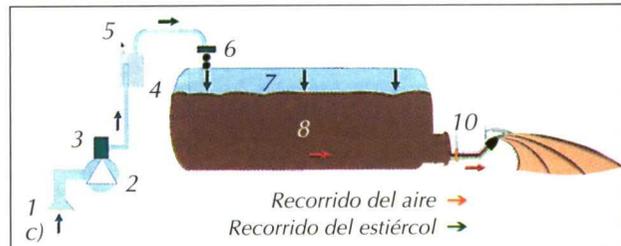
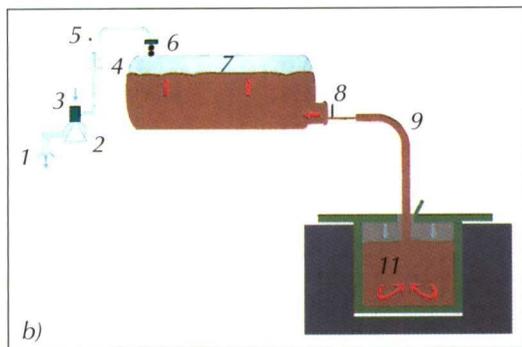
col, se recurre a la ayuda de un compresor (distribución neumática). No obstante, en algunas regiones de Europa es frecuente el empleo de bombas volumétricas (distribución mecánica) que permiten trabajar con mayores presiones, asegurando una aspiración mejor durante el llenado de la cuba, lo que reduce el tiempo necesario para ello, aunque esto signifique aumentar la inversión y los costes de mantenimiento y reparaciones. Esto se debe a que si atraviesa la bomba algún cuerpo extraño, los daños pueden ser importantes, y resulta complicada la instalación de filtros previos. Por otra parte, la posición relativa que exige la bomba con respecto a la cisterna, no

siempre resulta compatible con el enganche bajo.

En consecuencia suele ser un compresor, o bomba de vacío, lo que generalmente se utiliza como elemento de bombeo del estiércol líquido.

Esta bomba de aire, generalmente de paletas, produce la variación de la presión en la cisterna, generando un vacío –por aspiración del aire contenido en la cisterna– durante la fase de llenado, y una sobrepresión, durante la fase de vaciado.

En ambos casos la bomba de vacío gira en el mismo sentido, y se utiliza una válvula de dos posiciones: para producir el vacío o la sobrepresión en la cisterna, comunicando alternati-



Funcionamiento en carga y descarga de una cisterna de presión con bomba de aire:

a) Bomba de aire con rotor de paletas.

b) Llenado de la cisterna aspirando el estiércol desde la fosa.

c) Esparcido del estiércol aumentando la presión en el interior de la cisterna.

- 1.- Escape o aspiración de la bomba.
- 2.- Bomba de vacío.
- 3.- Válvula limitadora de presión.
- 4.- Depósito que protege a la bomba de cualquier entrada de líquido (con sifón) para eliminar la espuma.
- 5.- Manómetro indicador del nivel de presión.
- 6.- Válvula limitadora del sobrellenado de la cisterna.
- 7.- Cámara de aire (presión inferior o superior a la atmosférica).
- 8.- Válvula de aspiración.
- 9.- Tubería por la que sube el estiércol.
- 10.- Esparcidor.
- 11.- Fosa con el estiércol líquido.

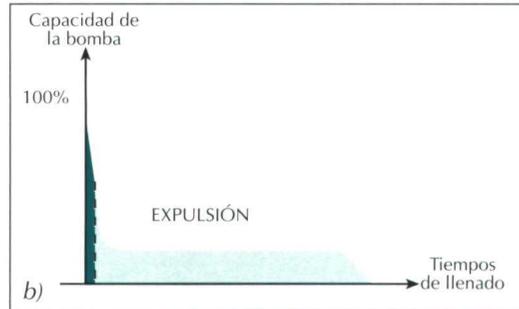
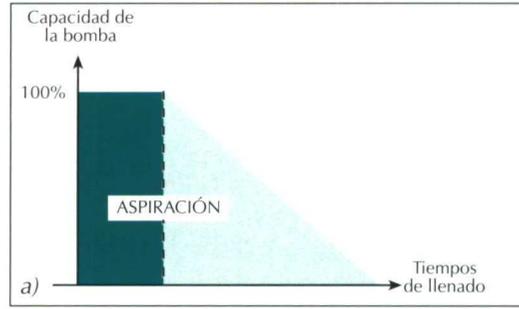
vamente con ella la admisión o el escape de la bomba.

Para que el sistema funcione correctamente y sin riesgos se necesita, además de la válvula de aspiración-impulsión, un dispositivo de sifón, que evite la entrada de cuerpos extraños en el cuerpo de la bomba-compresor, un manómetro para el control de la presión y una válvula que impida el desbordamiento de la cuba una vez llena. La normativa CE (Directiva de 'Seguridad en las máquinas'), exige que se incluya una válvula limitadora de presión que actúe como elemento de seguridad. Algunos fabricantes incluyen otra válvula complementaria que asegura una presión constante en la cuba, lo que ayuda a conseguir una distribución más uniforme del estiércol sobre el campo

En la parte posterior de la cuba se suele conectar el dispositivo de aspiración, que pone en contacto la cisterna con la fosa que contiene el estiércol, aunque a veces se utiliza un sistema de 'jirafa' o tomas desplazables mediante cilindros hidráulicos, que permite llenar la cuba sin que se necesite una intervención manual para proceder al acoplamiento de las tuberías.

Para el esparcido, a la vez que se produce la sobrepresión en el interior de la cisterna, una llave de paso permite la salida del estiércol contenido en la cisterna que pasa al dispositivo de esparcido que cada situación requiere.

La bomba de vacío debe de engrasarse de manera continua, lo que asegura la estanqueidad entre las paletas y el cuerpo de la bomba, a la vez que se limita su desgaste; por otra parte, durante el proceso de aspiración del estiércol para llenar la cisterna, se puede producir un sobrecalentamiento que exigiría incorporarle un siste-



Grado de utilización de la capacidad de la bomba de aire:

a) Aspirando el aire de la cisterna para que entre el estiércol; con el periodo inicial se necesita aspirar el aire contenido en la cisterna para que el estiércol comience a entrar; luego sube el volumen correspondiente al estiércol que llega.

b) Aumentando la presión en el interior de la cisterna para que el estiércol salga de manera uniforme; al principio la demanda de aire es elevada, pero rápidamente el caudal que debe de impulsar la bomba se estabiliza a un nivel más bajo.

ma de refrigeración por agua, o contar con periodos de tiempo entre cargas sucesivas que aseguren que las temperaturas en los elementos de la bomba no alcanzan límites peligrosos. Durante la fase de esparcido, la aspiración del aire desde la atmósfera no suele crear problemas por falta de refrigeración.

DIMENSIONAMIENTO DE LA BOMBA

La capacidad de la bomba de vacío viene definida por el caudal de aire que puede impulsar y los niveles de presión que puede conseguir.

Debe de estar relacionada con el volumen de la cisterna, necesiándose la capacidad máxima cuando se inicia el trabajo, creando en el interior del depósito el vacío necesario para que comience a entrar el estiércol procedente de la fosa. Una vez que se ha alcanzado este nivel de presión (vacío) la bomba sólo irá sacando el aire que compense la progresiva entrada de estiércol, por lo que trabajará muy por debajo de su capacidad nominal.

Algo similar sucede durante el esparcido, aunque en este caso, al estar la cisterna casi llena, el tiempo en el que se produce la máxima entrada de aire es considerablemente menor.

Esto significa que sobredimensionando las bombas de los equipos no se consiguen ventajas, ya

que la sobrepresión que producen suele ser similar en todas las bombas (alrededor de 1.5 bar), al igual que el nivel de vacío que son capaces de generar (alrededor de -0.95 bar)

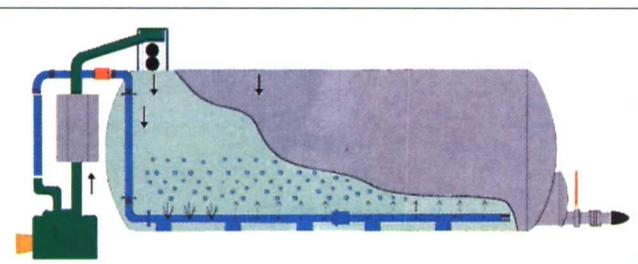
Es importante cuidar el diseño de los sistemas de escape de las bombas de vacío, ya que, además de reducir la emisión de ruido, actúa como elemento recolector del aceite lubricante expulsado por la bomba. En ambientes muy pulverulentos conviene utilizar dispositivos de aspiración que impidan la entrada de polvo en el cuerpo de la bomba.

Por otra parte, la bomba de aire puede suministrar, mediante una salida independiente que comunica con una tubería de aire en el fondo de la cisterna, un caudal de aire que produzca un barboteo en la parte inferior de la misma, ayudando a mantener homogéneo el estiércol, tanto durante el transporte como en el esparcido. En este caso, los orificios deben de estar protegidos con dispositivos anti-retorno para evitar la entrada del estiércol en la tubería. En otros casos se utilizan sistemas de agitación hidráulica.

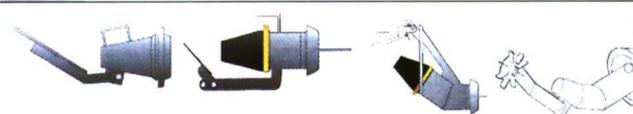
ENTRADAS Y SALIDAS

El llenado y vaciado de la cisterna se realiza mediante orificios de diferente diámetro que hacen posible la conexión de tuberías capaces de dar salida a un producto denso, como corresponde al estiércol líquido.

Salvo que se utilice una boca superior para el llenado con estiércol procedente de un sistema de carga in-



Agitador neumático con toma de aire directa desde la bomba.



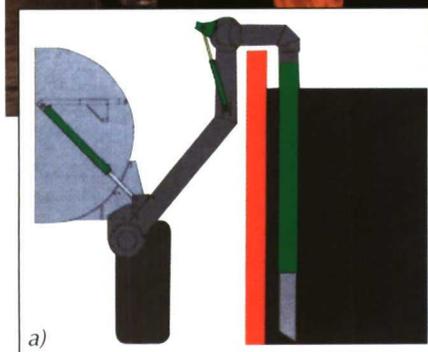
Alternativas para el esparcido del estiércol en cisternas con salida única.

toma de la fosa, una entrada de aire a presión, lo que ayuda que suba el estiércol por la tubería.

Normalmente, el remolque cisterna dispone de soportes suficientes para transportar una o varias tuberías de las que se utilizan en el bombeo del estiércol.

Para facilitar la operación de llenado, se pueden utilizar dispositivos mecánicos unidos a las tuberías de aspiración que se encargan de colocarlas sobre la fosa y retirarlas una vez efectuada la carga. Las formas constructivas de estos dispositivos son muy variadas: brazo hidráulico frontal, brazo superior (tipo 'jirafa'), etc. El accionamiento de estos brazos se realiza mediante cilindros hidráulicos.

Si estos dispositivos se van a utilizar también para el vaciado de la cuba, es necesario que la tubería llegue hasta el fondo de la cisterna. Con los dispositivos que realizan la carga por la parte superior de la cisterna, en cierto modo se reduce la capacidad de aspiración (diferencia de nivel entre la fosa y la entrada del estiércol en la cisterna).



Sistemas mecánicos para realizar la aspiración:
a) Brazo hidráulico frontal.
b) Jirafa con entrada superior.



dependiente, las tomas deben de incorporar una válvula de compuerta con capacidad para cerrar un orificio en el que a veces quedan residuos de paja que la dificultan.

En algunas ocasiones esta válvula se combina con un dispositivo que deja entrar aire en la tubería, una vez cerrada la compuerta, para que el estiércol contenido en la misma fluya por gravedad hasta la fosa. Las tuberías normalmente disponen de un sistema de enganche rápido que facilita su adaptación a la toma.

Cuando el llenado se hace por la compuerta superior, es conveniente que ésta disponga de un cierre deslizante accionado con un cilindro hidráulico.

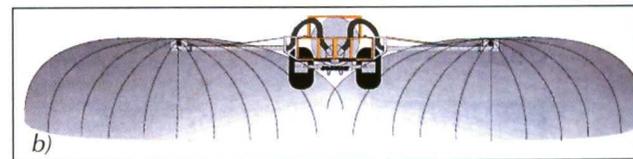
Para facilitar el flujo de estiércol por la tubería se utiliza en su fabricación materiales adecuados, como el PVC flexible reforzado, con paredes interiores lisas que reducen los rozamientos. Las uniones se realizan con piezas metálicas galvanizadas. Una tubería de 4 metros se considera que proporciona un buen compromiso en-

tre lo que se refiere a alcance, peso y pérdida de carga admisible en la aspiración del estiércol.

Cuando el estiércol está muy cargado de sólidos, se puede adosar, a la



a) Cisterna distribuidora con barra multibojas.
b) Distribución con dos cañones.



SISTEMAS ESPARCIDORES

Constituyen un elemento clave para conseguir una distribución uniforme del estiércol, y deben de adaptarse a las características del suelo y del cultivo en el que se realiza la aplicación.

La forma de lanzamiento repercute sobre las pérdidas de nitrógeno a la atmósfera, así como sobre la emisión de malos olores.

Con los sistemas de esparcido-distribución pueden establecerse dos categorías: los que realizan un esparcido sobre toda la superficie del terreno y los que lo aplican en bandas.

ESPARCIDO EN TODA LA SUPERFICIE

El esparcido sobre toda la superficie ha sido el sistema tradicional; está basado en una o varias boquillas de gran diámetro unidas a una pantalla sobre la que golpeaba el chorro de estiércol, de manera que se distribuye, más o menos uniformemente, sobre toda la banda correspondiente a la pasada.

El diseño de este 'cañón' o boquilla deflectora resulta algo diferente según la región. Normalmente la salida suele ser única, de forma cónica, construida en material de caucho, aunque a veces se utiliza tubería galvanizada, que de esta manera hace que aumente la velocidad de salida del estiércol.

Colocada lateralmente respecto a la salida, una pantalla se encarga de realizar la distribución, cubriendo mayor o menor anchura en la pasada. Las pantallas clásicas, situadas en la parte inferior, admiten muy poca regulación de la anchura de esparcido, mientras que con pantallas deflectoras situadas por encima del chorro, la distribución puede ser más precisa, admite regulación y resulta menos afectada por el viento atmosférico. A veces, la pantalla se sustituye por una hélice con paletas, montada lateralmente, en rotación libre, que recibe el movimiento al chorro al chocar con las paletas, dando lugar a una distribución más uniforme, con anchuras de trabajo hasta de 20 m.

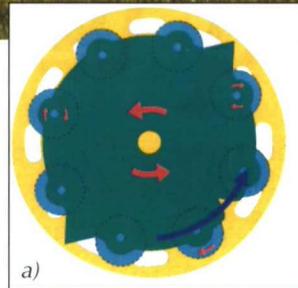
Las exigencias medioambientales en la distribución del estiércol líquido han reducido la demanda de los equipos con boquilla deflectora única, aumentando el interés en los sistemas que utilizan al menos varias boquillas, lo que reduce la altura de lanzamiento, y con ello la emisión de olores.

La solución más simple es la que incorpora una tubería horizontal de gran diámetro alimentada por el centro, donde se conecta la salida de la cisterna. Cada uno de los extremos finaliza en una boquilla deflectora, tipo cañón, que se encarga de la distribución, de manera similar a las de los equipos de cañón único, con anchura de trabajo mayor (18 m), garantizando mayor uniformidad en la distribución superficial del estiércol. El transporte del equipo no se complica demasiado, ya que se puede plegar lateralmente con buena simplicidad mecánica.

Cuando esta alternativa se considera insuficiente se recurre a barras multiboquillas, en las que para cubrir una anchura de 12 metros se suelen utilizar alrededor de 8 boquillas, que actúan de manera similar a las de tipo cañón de-

flector, pero con tamaño y alcance mucho menor. Estos sistemas deben de utilizar dispositivos antigoteo que, a veces, se combinan con el dispositivo de plegado hacia arriba de cada una de las tuberías secundarias que alimentan cada una de las boquillas.

Por otra parte, hay equipos especializados que permiten el esparcido lateral mediante cañón de largo alcance, de manera que se puede fertilizar en laderas por las que no puede circular el conjunto formado por la cisterna y el tractor que la arrastra. En esos casos, el cañón deflectora con hélice que se encarga del lanzamiento se combina con una bomba centrífuga, que recibe el estiércol procedente de la cisterna, y la impulsa con mayor energía. Este tipo de cañones se controla mediante dispositivos hidráulicos que le permite modificar la dirección de salida y el ángulo de lanzamiento, aunque la uniformidad de distribución no puede ser tan buena como la que se consigue con los equipos de salidas convencionales hacia atrás, ni puede utilizarse con estiércoles líquidos muy cargados.



Repartidor-cortador con cuchillas circulares para impedir las obstrucciones en las salidas individuales.
a) Rotor con cuchillas circulares.
b) Detalle de la acción de la cuchilla.



LOCALIZACIÓN DEL ESTIÉRCOL

La importancia relativa de los sistemas que permiten una distribución localizada del estiércol es una consecuencia directa de las limitaciones en materia ambiental que se aplican en determinados países, o en zonas particularmente sensibles.

Desde el punto de vista del aprovechamiento, la distribución uniforme en toda la superficie sería lo más adecuado, pero esto impregna las plantas de manera que pueden resultar afectadas física y químicamente. Por otra parte, la localización profunda es la que evita en mayor grado las emisiones de nitrógeno a la atmósfera (reducciones de más del 95% respecto al esparcido con cañón), a la vez que la de olores desagradables.

Como consecuencia de todo ello, los sistemas de localización son un compromiso entre la mayor cobertura superficial y la profundidad de enterrado compatible con el manto vegetal que cubre la superficie del campo.

Así, para praderas, en las que se desea evitar la contaminación superficial que, además, provocaría el rechazo de los animales que en ellas pastan, se utilizan discos ranurados sobre los que se realiza la descarga. La separación entre los surcos suele estar entre los 25 y 30 cm.

Cuando se desea realizar un enterrado a mayor profundidad se recurre a rejas, montadas sobre brazos más o



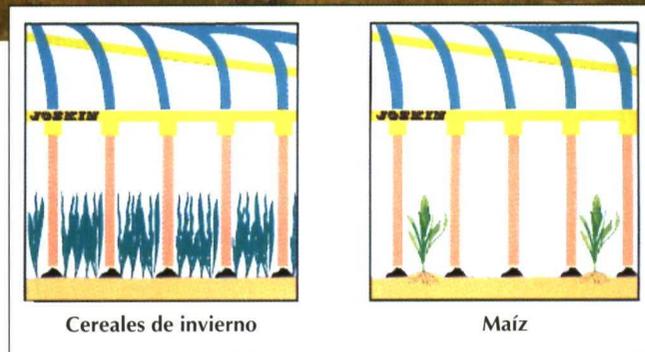
menos flexibles, con punta escarificadora o extirpadora (tipo 'cola de golondrina'), combinadas con elementos que le ayudan a profundizar a la vez que controlan la profundidad de trabajo.

En otros casos es el peso del conjunto el que se encarga de controlar la profundidad que alcanzan los elementos enterradores en el suelo. La separación entre estos elementos se mantiene alrededor de los 20 cm.

Con cultivos más o menos desarrollados—cereales de invierno, maíz, etc.—se pueden utilizar sistemas de localización en bandas sobre la superficie, para lo que se necesita contar con numerosas salidas constituidas por tuberías independientes por las que fluye el estiércol correspondiente a cada banda.

Dada la proximidad que se exige en estas tuberías, deben de ser de muy pequeño diámetro, lo que obliga a un diseño especial, en el que interviene un repartidor-cortador, que pulveriza cualquier partícula que pueda obstruirlas. Este sistema se basa en un rotor, accionado mediante un motor hidráulico que lo hace girar a baja velocidad, dotado de cuchillos circulares que actúan sobre un orificio alargado, interviniendo sobre el estiércol de la misma forma como lo puede hacer una tijera.

Para utilizar estos sistemas se necesita que el estiércol esté libre de elementos muy duros, lo que obliga a la utilización de filtros activos en la carga de la cisterna. En los equipos dota-



dos con elementos que admiten la distribución localizada, las barras a las que van fijados estos elementos exigen un diseño similar a los que se utilizan en los equipos para la aplicación de fitosanitarios en los cultivos bajos, aunque más robusto por el peso de ellos. Deben de incluir, junto con los dispositivos que hacen posible su plegado, los de estabilización frente a sacudidas y los de seguridad frente al choque con obstáculos.

CONDICIONES ESPECÍFICAS DE SEGURIDAD

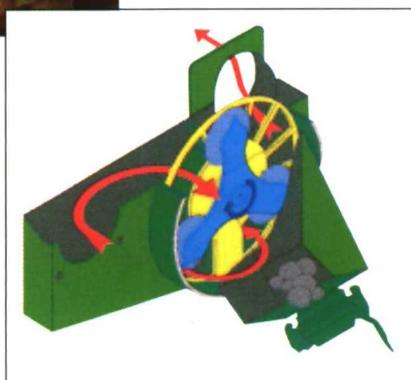
Como ya se ha indicado en algunos apartados anteriores, la conformidad con lo que establece la Directiva de 'seguridad en las máquinas' puede conseguirse mediante el cumplimiento de la Norma UNE-EN 707, que se considera como armonizada (que da presunción de conformidad con la Directiva).

Como aspectos más significativos relacionados con la seguridad, todos ellos fijados en la citada norma técnica, caben destacar los siguientes:

- Todos los dispositivos de control del equipo deben de estar situados, preferentemente, accesibles desde el puesto de conducción.
- En cualquier caso, los controles de la bomba o del compresor deben de



Filtro activo con recuperador de piedras.



estar a más de 550 mm del plano vertical que pasa por el eje de la toma de fuerza.

- Cuando se utilizan brazos de carga desplazables mecánicamente, su recorrido debe de ser visible, en toda su amplitud, desde el puesto de conducción.
- Hay limitaciones específicas para las barras portaboquillas, que afectan a la necesidad de contar con empuñaduras para su manejo manual, la resistencia máxima que se necesitaría para su plegado y desplegado –inferior a 250 N– y las velocidades de desplazamiento cuando se accionan mecánicamente (inferior a 0.5 m/s)
- Para todos los elementos del equipo, hay que contar con escalas y medios de acceso apropiados.

Una limitación crítica está en relación con la válvula de seguridad, concebida de manera que nunca pueda superar en un 10% el valor máximo establecido, sin que pueda ser modificada por el usuario.

El fabricante del equipo tiene la obligación, además de marcarlo con las letras CE, de entregar un certificado señalando de manera específica el cumplimiento con lo que establece la Directiva de ‘seguridad en las máquinas’, incluyendo preferentemente la referencia a la norma europea UNE-EN 707, junto con el manual del operador para el equipo suministrado.

RECOMENDACIONES DE EMPLEO

La evaluación de las características de un equipo y de sus componentes puede hacerse en relación con

la secuencia de operaciones que ejecuta:

- Toma de la fosa.
- Transporte hasta el campo.
- Esparcido.

TOMA DE LA FOSA

Para ello puede utilizarse el bombeo o la depresión producida por el compresor en la cuba. Utilizando un compresor se produce insuficiencia en el llenado con estiércoles espesos o muy espesos. Otros estiércoles producen espumas que hacen actuar la válvula de control de llenado antes de que este se haya completado. Sin embargo, la presencia de elementos extraños en el estiércol –piedras, maderas, etc.– no es peligrosa para el equipo.

Si el llenado se realiza con bomba, éste puede ser completo, pero hay que utilizar filtros de aspiración que retengan los elementos de tamaño peligroso para el cuerpo de la bomba.

Algunos indicadores de nivel resultan afectados por la espuma que se produce, dando información errónea, lo que impide el llenado completo de la cisterna.

Además, cuando el estiércol está diluido en agua, o metanizado, se produce una decantación rápida por lo que se hace necesario un sistema de agitación del contenido de la cuba independiente de la circulación de llenado. En estiércoles con decantación lenta la agitación inicial resulta suficiente.

TRANSPORTE

El coste relativo de las cubas de mayor capacidad es menor, aunque se precisa cuidar aspectos importantes relacionados con la seguridad: frenos

y dispositivos de enganche, y disponer de un tractor con capacidad de tracción suficiente.

El peso total en carga de cualquier remolque no puede ser superior a 4.5 veces el del tractor que lo arrastra, siempre que disponga de frenos servoasistidos moderables.

El transporte a gran distancia favorece la sedimentación y obliga a incorporar en la cisterna sistemas de agitación independientes que actúen durante todo el recorrido.

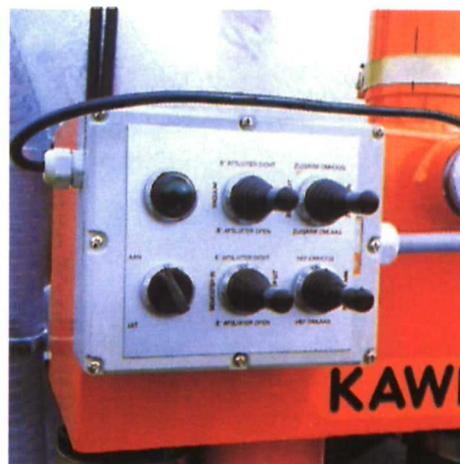
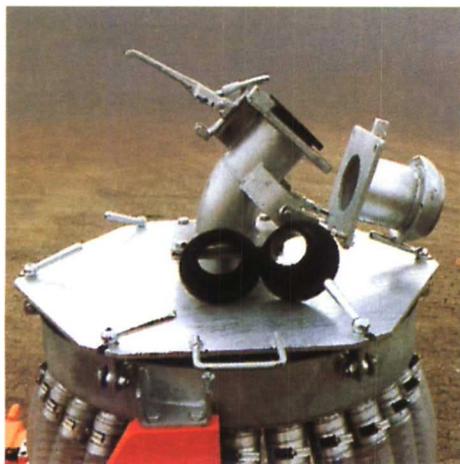
ESPARCIDO

Es, sin duda, la etapa más importante. En ella hay que conciliar diferentes aspectos: ausencia o limitación de olores junto con el buen reparto tanto longitudinal como transversal.

Los sistemas más difundidos por su ‘economía’ no proporcionan resultados satisfactorios. En general, las boquillas no producen un esparcido regular.



Se pueden conseguir anchuras de esparcido entre 18 y 20 m, pero la cantidad de producto que llega al suelo es variable en función de la distancia a la boquilla. Esta cantidad au-



menta ligeramente desde debajo de la boquilla hasta la distancia de 1 metro y desde aquí disminuye progresivamente. Para conseguir una distribución uniforme se recomienda mantener entre pasadas una separación de 10 a 14 m. Las capacidades de descarga en campo son de 1 a 1.5 m³/min.



La distancia de transporte condiciona la forma y dimensiones del vehículo que arrastra la cisterna.



Con la localización del estiércol se reduce la emisión de olores.

Para arrastrar la cisterna hay que vencer la resistencia que opone el suelo agrícola a los elementos de rodadura, que depende de la masa transportada y del tamaño de los neumáticos. La demanda de potencia de la bomba impulsora es inferior a 2 ó 2.5 kW/m³ de capacidad de cisterna

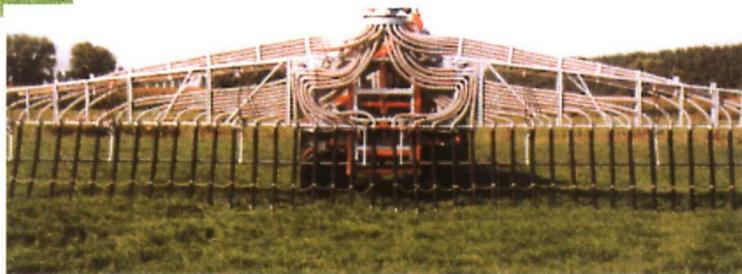
CONCLUSIÓN

Puede que la visión que algunos tienen de la agricultura sea la de ach-

carle su interferencia con el 'medio natural'. Frecuentemente se olvida que gracias a la agricultura tecnificada el abastecimiento de alimentos a la población urbana queda asegurado.

Las 'buenas prácticas agrícolas' permiten realizar una agricultura integrada en el ambiente y respetuosa con él. Pero también podemos decir que puede ir algo más allá: gracias a la agricultura se pueden 'depurar' de manera natural los residuos que emiten las ganaderías intensivas, y también los que proceden de las concentraciones de población que son las ciudades.

Para ello, lo verdaderamente importante es utilizar un equipo mecánico de precisión, porque no hay producto tóxico, sino dosis tóxica. ♠



GILI



TALLERS GILI 98, S.L.

Ctra. Balaguer-Agramunt, km. 7,3
Tels. 973 43 01 29 / 973 43 03 05
Fax. 973 43 02 16
25616 MONTGAI (Lleida)