

Calibración de los Equipos de Aplicación Fertilizadores

John Mortvedt, Larry Murphy y Roy Follett

Para una utilización óptima de fertilizantes, cal agrícola y enmiendas de suelo exige una aplicación precisa y uniforme de estos insumos. Los fracasos en el resultado de fertilizantes y agroquímicos en general pueden con frecuencia atribuirse a una aplicación inadecuada, en particular por aplicaciones desuniformes ocasionadas por fallas en el equipo, segregación o aplicación negligente. La distribución despareja de fertilizantes y cal agrícola puede reducir los rendimientos de los cultivos. Cuando un área del lote es sobre fertilizada (o sobre encalada) y en otros es sub fertilizada (o sub encalada), el rendimiento total del cultivo puede ser inferior que si la dosis correcta de fertilizantes (o cal agrícola) fueran distribuidas uniformemente sobre todo el lote. Los efectos de la variabilidad en la distribución del fertilizante son mucho más notables en los lotes con suelos menos fértiles, ya que la respuesta a las fertilizantes aplicados es mayor.

Los problemas para esparcir fertilizantes sólidos también se dan en aplicaciones de cal agrícola y otras enmiendas de suelo. Los problemas son singulares en cambio, cuando se aplican materiales muy finos, tal como cal agrícola, yeso y azufre elemental. Materiales de granulometría muy fina están más sujetos a la deriva del viento en el campo. Este problema también se encuentra al trasvasar material desde bolsas del camión a la tolva del aplicador.

Equipos de aplicación de fertilizantes sólidos

La calibración de equipos de siembra es relativamente simple. La distribución es bastante uniforme entre los cajones fertilizantes sobre una sembradora multi – hileras, pero deben verificarse periódicamente. La calibración se hace conduciendo la sembradora sobre una distancia determinada y recogiendo el fertilizante entregado por cada unidad en recipientes plásticos. El área "cubierta" por el aplicador de fertilizantes puede calcularse como el producto de la distancia por el ancho (ancho de la línea por el número de unidades individuales) de aplicación.

Las sembradoras de cultivos de escarda o de línea tienen que calibrarse individualmente. Muchas veces, las especificaciones publicadas por el fabricante están cerca de las reales, pero para lograr una mejor operación, el proceso debería repetirse separadamente para cada unidad. El proceso es laborioso y consume mucho tiempo, pero puede ameritar el esfuerzo. Puede hacerse fuera de temporada cuando hay más tiempo. Dosis excesivas, especialmente para aplicaciones cerca de la semilla de fertilizantes arrancadores, pueden resultar en una disminución de la germinación por daños en la semilla y no debería dejarse al azar.

Las sembradoras de grano fino operan esencialmente como una unidad. Para una apropiada calibración, los fertilizantes entregados por cada abertura deberían recogerse en un balde individual, y así determinar tanto la uniformidad como la dosis promedio de aplicación. Debido a que las aberturas sobre la mayoría de las sembradoras se ajustan colectivamente, poco pueden hacerse para cambiar el modelo de distribución. Sin embargo, la dosis de aplicación puede fácilmente cambiarse siguiendo el mismo procedimiento que se planteó para las sembradoras de hileras.

La calibración en el galpón puede hacerse aprovechando días de lluvia. Para ello se coloca el implemento elevado sobre el piso, se determina el diámetro de la rueda impulsora, y se simular el movimiento de la sembradora haciendo girar la rueda las veces necesarias para dar una distancia predeterminada. La desventaja de esta técnica (que puede también hacerse con la sembradora de grano grueso) es que la operación adentro de un galpón puede entregar algo menos fertilizantes que si el implemento operara sobre el suelo de cultivo a campo. Sin embargo, el procedimiento es adecuado y debería dar una buena aproximación de la dosis de aplicación de fertilizante.

Otro factor que debe considerarse es que la dosis de entrega de cada fertilizante pueden variar significativamente entre diferentes tipos de fertilizantes.

Cuadro 1. Factores que afectan la aplicación uniforme de fertilizantes o cal agrícola por distribuidores centrífugos a granel

- 1. Ancho de trabajo excesivo.*
- 2. Condiciones del lote incluyendo la forma, pendiente y tipo de suelo*
- 3. Condiciones climáticas (viento y lluvia).*
- 4. Dosis de aplicación.*
- 5. Diseño del equipo.*
- 6. Composición del material aplicado (densidad de partícula, tamaño, forma y humedad).*

La recalibración puede ser necesaria si son evidentes diferencias entre la entrega esperada y la efectiva, medida por el consumo de fertilizantes en el lote. El proveedor de fertilizantes generalmente reconoce la necesidad usar materiales de granulometría uniforme y de buena calidad en las mezclas físicas, de modo que puedan distribuirse uniformemente y con un mínimo de segregación.

Los problemas para obtener una aplicación uniforme de fertilizantes o cal agrícola desde un distribuidor centrífugo a granel son magnificados por varios factores enumerados en el Cuadro 1.

Los patrones de aplicación de un distribuidor centrífugo de disco doble de fertilizantes pueden clasificarse en seis tipos. Los modelos plano, ovalado, y piramidal son los más deseables ya que permiten superponer a sí mismos sus anchos de trabajo. Los modelos indeseables más comunes son en "M", en "W", y desviados (o ladeado). El modelo en "M" puede mejorarse haciendo uno o más ajustes enumerados en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Ajustes del equipo para corregir el modelo en "M".

- 1. Mueva la boca de descarga hacia el aplicador para cambiar el punto de entrega del material más cerca al borde exterior del plato giratorio.*
- 2. Mueva las paletas de plato giratorio en la dirección opuesta de la rotación de plato*
- 3. Aumente la velocidad de plato giratorio (Se recomienda entre 550 a 650 r.p.m.). Velocidades más altas del plato giratorio destrozan los gránulos y pueden producir segregación y distribución desuniforme.*

El modelo en "W" puede resultar de condiciones del aplicador parecidas a las ocasionadas en el modelo "M". En el centro de la banda se da una banda de aplicación más densa de fertilizantes, además se ven concentraciones más altas tanto a la izquierda como a la derecha. La mayor concentración en el centro puede ser el resultado de una boca de entrega ajustada inadecuadamente, o pérdidas que dejan que caiga fertilizante inmediatamente detrás del aplicador. El material húmedo que se pega a la banda o cadena transportadora, y luego cae sobre el plato giratorio también ocasiona una mayor aplicación en el centro de la banda de aplicación. Los pasos enumerados en el Cuadro 3

para corregir este problema son esencialmente los contrarios a los descriptos para corregir el modelo en " M ". Uno o más de los cambios deberían alterar el modelo a otro más aceptable.

Cuadro 3. Ajustes del equipo para corregir el modelo en " W ".

- 1. Desplace la boca de entrega lejos del aplicador, para mover el punto de descarga del fertilizante más cerca del centro del plato giratorio.*
- 2. Mueva las paletas del plato giratorio en la dirección de rotación de plato giratorio.*
- 3. Disminuya velocidad de plato giratorio.*

Los modelos ladeados o a la derecha o a la izquierda, pueden resultar de platos giratorios dobles debido a la entrega despareja a los platos giratorios. La causa más común es un ajuste inapropiado del divisor de flujo. Las aplicaciones sobre pendientes fuertes también pueden producir un flujo más denso para el lado pendiente abajo si no se instala en el sistema un divisor efectivo. Este problema puede superarse algo con una apropiada superposición entre bandas de aplicaciones, y aplicando en un modelo circular sobre el lote.

Los aplicadores centrífugos de sólidos de plato giratorio único también puede producir un modelo ladeado cuando la entrega del material al plato giratorio no se ubica adecuadamente. Si la mitad derecha del modelo de un plato giratorio que gira en el sentido de las agujas del reloj es más densa que la mitad izquierda, cualquiera de los ajustes enumerados en el Cuadro 4 retrasará la descarga del fertilizante desde el plato giratorio y mejorará el modelo. Las aplicaciones más densas al lado izquierdo se corrigen irían haciendo los ajustes en la dirección contraria.

Cuadro 4. Ajustes del equipo para corregir modelos ladeados.

- 1. Ajustar la tolva de entrega para entregar más cerca del borde externo del plato giratorio.*
- 2. Mover la paleta del plato giratorio inclinándola en dirección de la rotación del plato giratorio.*
- 3. Disminuya la velocidad de plato giratorio.*

El mantenimiento adecuado es uno de los problemas principales para asegurar la aplicación apropiada de fertilizantes sólidos. Algunos problemas específicos de mantenimiento que requieren atención se enumeran en la Tabla 5. Estos problemas resultan en ángulos modificados de las paletas del plato giratorio o entrega inadecuada a los platos giratorios. El equipo hidráulico debería verificarse regularmente; bajo nivel de aceite y desgaste excesivo de las válvulas pueden afectar significativamente la operación del equipo.

Cuadro 5. Artículos que requieren atención de mantenimiento en sólido equipo de aplicación de fertilizantes.

- 1. Acumulación de material sobre las paletas del plato giratorio, divisores de flujo,*

compuerta de control de flujo y sobre el transportador de cadena o cintas.

2. Paletas gastadas del plato giratorio.

3. Paletas del plato giratorio sueltas o flojas.

4. Transportador de cadena o cintas flojas.

Calibración de equipo para sólidos

Al chequear la calibración de los equipos de aplicación de fertilizantes sólidos, debe quedar evidenciada el tipo del modelo de distribución, incluyendo el grado de uniformidad de la banda de aplicación obtenida, el ancho efectivo de la banda de aplicación, y la dosis de aplicación.

Un sistema simple para calibrar un aplicador centrífugo de fertilizantes (ó cal agrícola) involucra el uso de bandejas recolectoras, tubos de ensayo y su gradilla, embudo y cinta métrica. Una balanza pequeña ayudará a mejorar la exactitud de la prueba de calibración. El tamaño de las bandejas y los tubos de ensayo deben ser proporcionales a la dosis de aplicación. En general una bandeja playa (3 a 7 cm) de 30 x 40 cm es adecuada.

Para evaluar el patrón de distribución visualmente y para estimar la cantidad de fertilizante aplicado deberían usarse por lo menos cerca de 15 bandejas y sus tubos de ensayo. Para aplicaciones hasta 1,0 t/ha se recomiendan tubos de 1 x 10 cm. Las bandejas deben colocarse, perpendiculares a la trayectoria del equipo aplicador, regularmente espaciadas entre 0,6 y 1,5 m, según el ancho de la banda de aplicación. El equipo aplicador, primero ajustado para la dosis objetivo de aplicación, se conduce a velocidad normal de campo en dirección a la bandeja media. El material recolectado en cada bandeja se vierte en el tubo de ensayo correspondiente en su gradilla.

El fertilizante recolectado en los tubos de ensayo provee una imagen visual rápida del patrón de distribución. Los patrones típicos plano, ovalado, piramidales, en "M", "W" o los modelos ladeados, pueden ser fácilmente vistos colocando la gradilla de tubos contra un fondo negro. Luego pueden hacerse los ajustes requeridos. El ancho efectivo de la banda de aplicación también puede determinarse ubicando los tubos a la izquierda y a la derecha de la central donde el fertilizante acumulado en esos tubos es la mitad del recolectado en el tubo central.

Los tubos de ensayos también pueden calibrarse para estimar la cantidad de fertilizante entregado por unidad de área (ó dosis por ha), pesando el material de cada uno y calculados para un área determinada (el área de la bandeja), vertiéndolos en el tubo y marcando la altura, para alguna dosis conocida como 100 kg/ha. Este sistema es aproximado ya que la densidad y tamaño de partícula de los materiales (cal agrícola ó fertilizantes) varían considerablemente. El mejor procedimiento es pesar el contenido de los tubos individualmente, lo que daría una imagen más precisa del patrón de distribución y la dosis de aplicación. Los cálculos para determinar la dosis de aplicación de fertilizantes sólidos (suponiendo un modelo uniforme de distribución) se dan en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Cálculos para determinar la dosis de aplicación de fertilizantes sólidos.

Dosis objetiva de aplicación = 450 kg/ha

Número de bandejas =13

Espacio entre bandejas = 1.35 m

Ancho efectivo de la banda de aplicación = $13 \times 1.35 = 18 \text{ m}$

Area de cada bandeja = $30 \times 40 \text{ cm} = 0.12 \text{ m}^2$ Area acumulada de todas las bandejas = $13 \times 0.12 \text{ m}^2 = 1.56 \text{ m}^2$

Peso acumulado de material en todas las bandejas = 0.07 kg

Dosis neta de aplicación = $(10000 \text{ m}^2 / \text{ha} / 1.56 \text{ m}^2) \times 0.07 \text{ kg} = 448 \text{ kg/ha}$

Calibración de equipos para fertilizantes líquidos

La calibración de equipos de aplicación de fertilizantes fluido (tanto suspensiones como soluciones líquidas) requieren esencialmente la misma atención y detalle como las calibraciones para los equipo de aplicación de sólidos. El tipo de aplicador determina la técnica de calibración. Por ejemplo, si el aplicador está equipado con varias boquillas sobre un botallón impulsada con un sistema propio de bombeo o sistema hidráulico, entonces puede calibrarse estacionariamente.

La dosis aproximada a aplicar puede determinarse desde las especificaciones del fabricante de la bomba y las boquillas. Debido a que la presión apropiada para la operación correcta de las boquillas puede mantenerse por la bomba, la calibración del sistema involucra recolectar el fertilizantes líquido que se entrega en un período determinado de tiempo. El fluido puede recolectarse en cualquier recipiente de capacidad adecuada. Los baldes plásticos pequeños son ideales. La medida del fluido entregada puede ser o por volumen o por peso. El peso por unidad de volumen del fluido o peso específico) debe conocerse para transformar el volumen por unidad de área, en el peso por unidad de área cubierta en la aplicación. Los cálculos para una prueba de calibración de este tipo se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7. Cálculos para calibrar el equipo de aplicación de fertilizantes fluidos con bombas impulsadas por toma de fuerza.

Dosis de aplicación deseada	= 200 kg/ha
Número de boquillas	= 14
Ancho efectivo de cada boquilla	= 1.5 m
Ancho efectivo de la banda de aplicación = 14×1.4	= 21 m
Velocidad de aplicación deseada	= 15 km / hora
Capacidad de aplicación = $[(15 \text{ km /hr} \times 1000 \text{ m/km}) \times 21 \text{ m}] / 10000 \text{ m}^2 / \text{ha}$	= 31.5 ha/hr
Densidad del líquido	= 1.3 kg/lt
Tiempo de ensayo	= 1 minuto
Caudal entregado por boquilla	= 6.5 lt
Caudal entregado (todas las boquillas) = $(14 \times 6.5 \text{ lt}) \times 1.3 \text{ kg/lt}$	= 101 kg
Dosis entregada a Campo = $101 \text{ kg} \times 60 \text{ minutos}$	= 6,060 kg / hr
Dosis neta de aplicación = $6,060 \text{ kg/hr} / 31.5 \text{ ha} / \text{hr}$	= 192 kg / ha

Si la bomba es del tipo el terreno - conducido con el desalajamiento positivo, entonces calibración debe involucrar o movimiento real de la aplicador sobre una rotación o longitud determinada del terreno - el paseo rueda el número apropiado de veces para fingir viaje de una longitud cierta. La entrega de fluido es controlada por (1) la longitud de golpe de la bomba y (2) el número de golpes. La calibración de la cantidad entregó todavía involucra

recaudo de fluido desde todas las boquillas o reducciones a objeto de comparar el cálculo y uniformidad de entrega de la cantidad total entregó. Un cálculo de muestreo para un sistema de este tipo se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8. Cálculos para calibrar el equipo de aplicación de fertilizantes de fluido con bombas movidas por la tracción del equipo.

Dosis de aplicación deseada	= 200 kg/ha
Número de boquillas	= 8
Ancho efectivo de cada boquilla	= 1,5 m
Ancho Efectivo de la banda de aplicación = 8 x 4.88 ft	= 39 ft
Densidad del líquido	= 12 Lb / gal
Longitud de la prueba	= 325 ft
Area de la prueba = 325 ft x 39 ft = 12,675 sqft + 43,560 sq ft / acre	= 0.29 acre
Caudal entregado por la boquilla	= 0.73 gal
Caudal entregado por todas las boquillas = (8 x 0.73 gal) = 5.84 gal x 12 Lb / gal	= 70.08 Lb
Dosis neta de aplicación = 70.08 Lb + 0.29 acre	= 242 / b / acre

La calibración visual ó determinación de las características del patrón de distribución para fertilizantes líquidos no es tan fácil como par fertilizantes sólidos a menos que el tamaño de la prueba disminuya mucho. Una prueba visual similar a la descrita para sólidos con los tubos y bandejas pero de caudales entregados por boquilla requeriría recipientes muy grandes o una prueba muy corta, y posteriormente no sería deseable debido a los grandes errores. Una faja de papel dispuesta perpendicular a la trayectoria del aplicador puede usarse para evaluar visualmente. La uniformidad de la aplicación. Este es un método barato y rápido, pero el mismo efecto puede ser logrado por meramente corriendo la aplicador conteniendo agua sobre un área de concreto seco y liso. Agua teñida con algún colorante proveería un mejor medio y más parejos para examinar el patrón general de pulverización. No se puede suponer, sin embargo, que el patrón con agua será exactamente igual al de suspensiones fertilizantes, mucho más densas.