

HECHO EN ARGENTINA

PLANTAS Y EQUIPOS PARA PROCESAMIENTO DE OLEAGINOSAS

PARA OBTENCIÓN DE EXPELLER
Y EXTRACCIÓN DE ACEITE



INDUSTRIAS METALÚRGICAS
DINO BARTOLI E HIJOS S.R.L.



www.dinobartoli.com.ar
info@dinobartoli.com.ar
54 0343 4940800

Ruta 32 Km 61 - 3133 María Grande - Entre Ríos

7 Rastrillado



Independientemente de las condiciones de trabajo, el uso de los rastrillos se define bajo dos objetivos principales:

- Necesidad de juntar hileras para aumentar la capacidad de trabajo en la recolección y evitar pérdidas excesivas durante ese proceso.
- Incremento de la tasa de secado del forraje, por mayor aireación de las hileras

Si bien en términos generales se tiende a pensar que en la operación de rastrillado siempre se pierde eficiencia de trabajo, es importante tener presente que cuando se henifica hileras de mayor volumen, ya sea que se trabaja con pasto seco o húmedo, el impacto de los dedos recolectores de la rotoenfardadora o megaenfardadora es mucho menos agresivo que cuando se trabaja sobre hileras de poco volumen.

Con el objetivo de analizar pérdidas por recolección, durante un ensayo a campo comparativo entre una rotoenfardadora y una megaenfardadora realizado en INTA Manfredi, se trabajó con hileras dobles e hileras triples para forzar la capacidad de trabajo de la maquinaria, encontrándose un nivel de pérdidas menor cuando las hileras son más voluminosas.

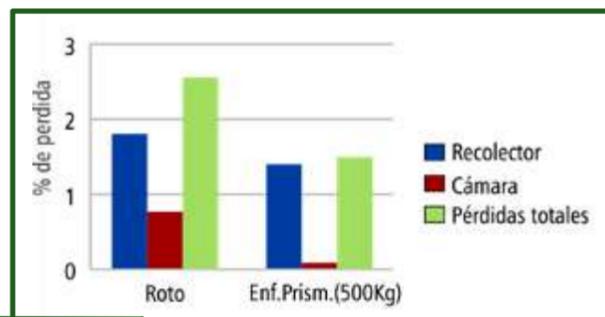


Figura 7-1 Pérdidas diferenciadas, que demuestran la mayor eficiencia cuando se trabajó en la recolección de hileras de mayor volumen.

Como lo indica la figura 7-1, cuando se trabajó en hileras dobles (1,8 kg MS/m lineal) con la recolección de una rotoenfardadora se observó una pérdida de 1,782 kg de forraje por tonelada recolectada, mientras que cuando se trabajó con las enfardadoras de grandes dimensiones a la que se le preparó una hilera triple (3,5 kg MS/m lineal), la pérdida por recolección se disminuyó a 1,421 kg/t recolectada (Figura 7-2).

Otro de los puntos que justifica utilizar un rastrillo para realizar gavillas de mayor volumen de pasto, es que disminuimos el traslado que va tener que hacer la máquina henificadora dentro del lote para recolectar el pasto. Recordemos que en caso de una rotoenfardadora estamos circulando en el lote con un tractor de entre 100 y 150 hp, mientras que con una megaenfardadora lo hacemos con tractores de entre 150 y 180 hp. Al disminuir los metros que circula el tractor y la máquina dentro del lote, eficientizamos el uso del combustible que utilizamos para trasladar el equipo en el campo.

Otra de las razones que justifican y hacen necesario el uso de los rastrillos, es la necesidad de incrementar la tasa de secado que se puede hallar estancada por condiciones de campo. De acuerdo a lo que demuestra en la figura 7-3, tanto cuando se trabaja con cortadoras acondicionadoras como



Figura 7-2 Pérdida excesiva por recolección cuando se trabaja con hileras de baja densidad

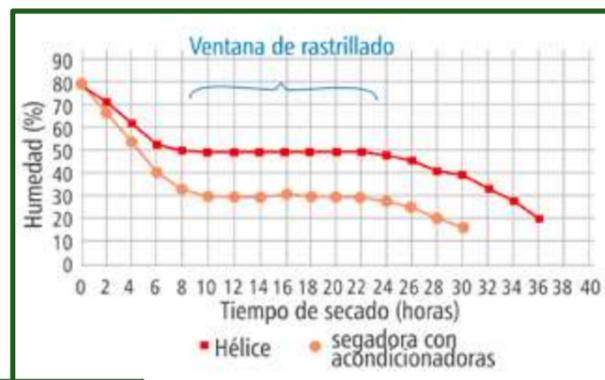


Figura 7-3 Tasa de secado de alfalfa cortada con acondicionador y sin acondicionador. Observar el "estancamiento" que se produce en el secado de la pastura, lo cual justifica la incorporación de los rastrillos para incrementar la aireación de la hilera.

cuando se trabaja con sistemas de corte convencional, la tasa de secado tiende a estancarse, en el primer caso con 30 % de humedad mientras que en las cortadoras convencionales lo hace con niveles del 50 % de humedad. **La manera más práctica para "reactivar" la tasa de secado, es aireando las hileras mediante el uso de rastrillos.**

Por otra parte, esto nos da la pauta de cuál es el momento adecuado para el rastrillado ya que de otra manera si se hace de manera anticipada, se estaría corriendo el riesgo de "juntar agua" y forzar el sistema por el traslado de un material más pesado, mientras que, si se hace más tarde, se estaría incrementando el tiempo de permanencia del forraje en el campo, con el consiguiente riesgo de ocurrencia de lluvias, y el aumento de pérdidas físicas al momento de rastrillar.

De esta figura también se debe extraer el concepto de la importancia que tiene el uso de acondicionadores al momento de efectuar el corte, demostrando la sincronización que producen en el proceso a lo largo de la confección del heno.

Recordar que cada máquina tiene una capacidad de trabajo a la cual logra las mejores prestaciones y que permite disminuir las pérdidas no solo del recolector, sino también de la cámara de compactación, a la vez que se logran los mejores valores en cuanto a litros de combustibles consumidos para henificar una tonelada de MS. Por ejemplo, una rotoenfardadora con sistema de atador a hilo debería trabajar a un ritmo de 13 t/h, una rotoenfardadora con atador a red a 18 t/h y una megaenfardadora entre 35 y 45 t/h. Para lograr estos parámetros, el lote debe presentar siempre hileras que posean entre 3 y 4 kg/m lineal.

Es por esto que no se debe descartar que el aumento de capacidad de trabajo y las disminuciones

de pérdidas, tanto de recolector como de la cámara, son favorecidos con hileras más voluminosas, justificando cada vez más la utilización de los rastrillos en pos de recolectar la mayor cantidad de forraje en el momento oportuno, con la menor cantidad de pérdidas físicas.

1. Diseños de rastrillos

1.1 Rastrillos de ruedas estelares

Son rastrillos que no poseen sistemas de transmisión, ya que sus ruedas giran por el contacto con el forraje. Son de construcción simple, rústicos y de bajo costo de mantenimiento. Para aumentar su duración, en andanas muy pesadas y con exceso de humedad se aconseja disminuir la velocidad de trabajo y reducir el ángulo de cruce (Figura 7-4).

Estos rastrillos de ruedas estelares, tienen un ancho máximo de barrido 0,65 m por rueda y pueden ser contruidos de arrastre o montados en tres puntos, con una disposición de las ruedas en forma lineal o en "V", pudiendo contar con 4 o hasta 16 ruedas según el modelo. Cabe aclarar que el ancho máximo de barrido es teórico, ya que en esa posición carecen de capacidad de rastrillado por trabajar en un ángulo muy abierto con respecto al sentido de avance, **por lo que es aconsejable no superar los 0,50 m de barrido por rueda, para que su trabajo sea suave y parejo.**

Los rastrillos estelares en "V", poseen un diseño con dos bastidores convergentes de ángulo regulable, con cuatro (mínimo) hasta 16 (máximo), o más ruedas basculantes cada uno y cuerpos plegables para el traslado (Figura 7-5).

Presentan la ventaja de poder juntar andanas con un menor recorrido del forraje, ya que convergen hacia el centro dos hileras que pueden estar separadas hasta 4,5 m entre extremos. Existen diseños que tienen una rueda central, para cuando se tra-

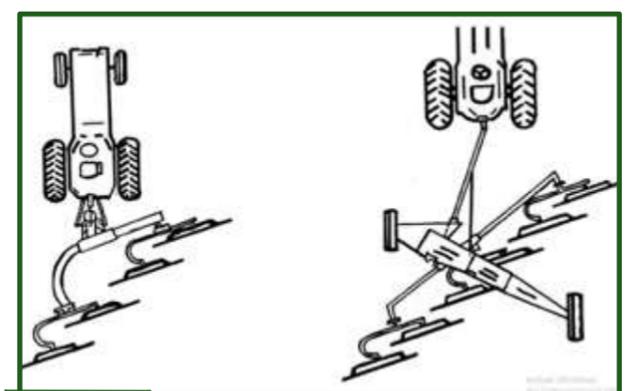


Figura 7-4 Rastrillos de ruedas estelares montados en tres puntos y de arrastre.

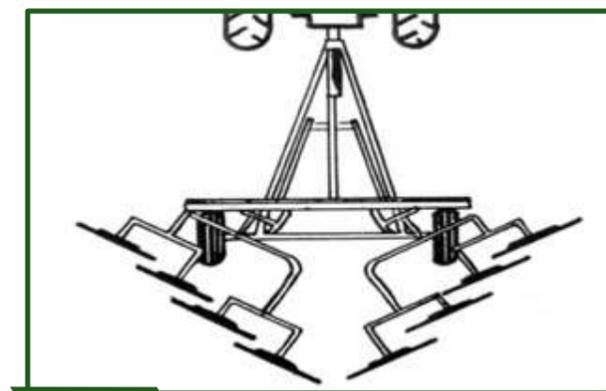


Figura 7-5 Rastrillo estelar en "V".



Figura 7-6 Rastrillo estelar con rueda central que remueve la andana central.

baja con el juntado de tres hileras, la del medio pueda ser movida, igualando la velocidad de secado de todas las porciones de la andana que se forma (Figura 7-6).

Cualquiera sea la disposición de las ruedas, es conveniente que tengan articulación y estén colgadas por un resorte de carga variable. También es importante que los brazos de sujeción de las estrellas sean de diseño arrastrado y que las regulaciones de cruce y altura de trabajo puedan realizarse por medio de acoples rápidos, sin necesidad de utilizar herramientas manuales (Figura 7-7).



Figura 7-7 Rastrillo de arrastre con diseño de ruedas en "V".



Figura 7-8 Rastrillo estelar (en "V") con diseño de ruedas montadas sobre balancín.

Los rastrillos en "V" con sistemas de estrellas montados sobre balancines, son muy aconsejados, cuando se trabaja en pasturas de gran volumen como las megatérmicas. Esto se debe a que tienen un mejor copiado del terreno, los desniveles de estas pasturas se promedian en altura con el balancín y se reducen los esfuerzos puntuales de cada una de las ruedas mejorando el trabajo final y reduciendo el índice de roturas (Figura 7-8).

1.2 Rastrillos giroscópicos

Son accionados por la toma de potencia del tractor (TDP) y poseen brazos horizontales que giran alrededor de un eje central y tienen peines u horquillas en su extremo (Figura 7-9).

El rastrillo giroscópico presenta algunas ventajas con respecto al rastrillo estelar, relacionado principalmente al menor aporte de tierra a la andana, menor recorrido del forraje y un trato menos agresivo; lo que permite preservar más las hojas.

Dado que estos implementos son accionados por la toma de potencia, se debe tener cuidado de reducir las revoluciones del tractor cuando se trabaja con pasturas delicadas, como la alfalfa por ejemplo, de modo tal que no se entreguen 540 vueltas sino 350 - 400 a la TDP para que el impacto de

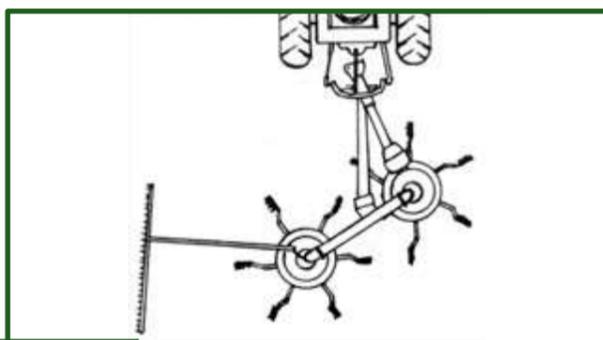


Figura 7-9 Rastrillo giroscópico de dos rotores.



Figura 7-10 Detalle de un rastrillo giroscópico de 4 rotores. 1: transmisión de hilerao con lubricación continua y 12 brazos de púas. 2: rotores con suspensión totalmente flotante y chasis de cuatro ruedas para copiado de irregularidades del terreno. 3: neumáticos del bastidor principal. 4: sistema de acople. 5: pantalla para bloqueo de dirección. 6: sistema hidráulico (detección de carga). 7: sistema de conexión ISO BUS para facilidad de operación. 8: sistema de levante individual del rotor y cabecera. 9: luces de trabajo LED. Fuente: CLAAS Argentina

los dedos con el forraje sea menos agresivo y de esa manera se evite la caída de hojas. Otro de los puntos a considerar para la correcta formación de las hileras es la distancia de la pollera o faldón que posee a un lado, para que el forraje no vuele con el impacto. Esto además permite manejar correctamente el ancho de la hilera que se pretende formar (Figura 7-10).

En nuestro país, este tipo de rastrillo se utiliza mayormente para el andanado de forrajes con mayor contenido de humedad como los henolajes y aquellos silajes que necesitan un preoreo (silajes de alfalfa y cereales de invierno cortado en hoja bandera).

La utilización de estos equipos en este tipo de forrajes disminuye drásticamente la incorporación de tierra al silaje, a la vez que generan gavillas con buen volumen de pasto, para el posterior trabajo de la picadora (Figura 7-11).



Figura 7-11 Rastrillo giroscópico con una correcta regulación en la formación de las hileras. Los modelos de 4 rotores están destinados fundamentalmente a la confección de silajes



Figura 7-12 Rastrillo giroscópico de 2 rotores, muy utilizados en la confección de megafardos

En los últimos años, se ha notado la incorporación de rastrillos giroscópicos, de 2 rotores y con un ancho de entre 6 y 7 m, que son muy utilizados para henificación, dado que ofrecen una muy buena capacidad de trabajo y permiten andar cuando el pasto posee entre 35 % y 40 % de humedad, valores en donde los rastrillos estelares pueden presentar algunos problemas. Estos rastrillos trabajan en equipo conformados por segadoras autopropulsadas y preparan gavillas para que sean henificadas por megaenfardadoras (Figura 7-12).

1.3 Rastrillos de barras paralelas y molinetes oblicuos

Estos rastrillos ofrecen una opción muy interesante, por el excelente tratamiento que hacen del forraje y el corto recorrido del mismo. Tienen un conjunto de barras con dientes púas que mueven el forraje, montadas sobre un molinete oblicuo para acortar aún más el recorrido del material y mejorar la calidad de su trabajo. Una alternativa interesante de este tipo de rastrillos, es que en algunos casos toman el mando desde un cardán



Figura 7-14 Invertidor de andana de forraje ROC de 9,5 metros de ancho. Aluminio, caucho, plástico, polímeros, hidráulico, sistema electrónico; todo un equipo de alta tecnología al servicio del forraje conservado.



Figura 7-13 Rastrillo de barras paralelas y molinetes oblicuos, con accionamiento mediante cardán a la rueda del mismo.

unido a la rueda (sin necesidad de usar la TDP o el sistema hidráulico del tractor), de modo tal que en la medida que se aumenta la velocidad de avance, ésta tiene sincronismo con el giro de los molinetes, ofreciendo un trabajo prolijo y delicado con el forraje. Los últimos diseños de rastrillos de este tipo ya poseen accionamiento de giro hidrostático, lo cual otorga importantes ventajas, ya que pueden adaptar desde el tractor en movimiento la velocidad de giro, de acuerdo al tipo de material a trabajar (Figura 7-13).

1.4 Invertidor de andana

Prestan excelente servicio para dar vuelta y/o unir andanas. Constan de un recolector que levanta la hilera de forraje y una noria con mando hidráulico que lo transporta hacia el lateral, haciendo un trabajo de inversión total del forraje con excelente tratamiento del mismo (Figura 7-14). Con el invertidor de andana se uniformiza el oreado de la parte superior e inferior de las hileras. Una de las razones por las cuales volvieron a tomar auge este tipo de implemento (Figura 7-15), es parte



Figura 7-15 Invertidor de andana en pleno trabajo. Si bien para la confección de heno puede resultar de un costo excesivo, para el trabajo con silaje de pasturas en zonas de campo con piedra, reducen mucho el riesgo de rotura de las picadoras.

de la migración sufrida por la ganadería a zonas de campos más desfavorables. Cuando se trabaja en campos con piedra por ejemplo se minimiza el riesgo de juntar piedras con los rastrillos, evitando daños a la maquinaria que trabaja en la recolección del forraje, cualquiera sea su destino de producción (heno o silaje).

2. Recomendaciones de uso de los rastrillos

Teniendo en cuenta que alrededor del 30 % del total de pérdidas que se ocasionan en la conservación de forrajes en forma de heno corresponde al rastrillado, se detallan a continuación algunas recomendaciones de manejo para realizar un proceso de rastrillado con las menores pérdidas posibles.

2.1 Altura de trabajo

Debe procurarse siempre trabajar a una altura tal que no se deje forraje sin mover para evitar la pérdida directa de material, pero nunca tocar el suelo, para evitar la contaminación del forraje con tierra o bosta y tampoco producir daños en los meristemas de crecimiento de las pasturas (Figura 7-16).

Otro punto fundamental es que cuando las púas o dientes de rastrillo tiene constante contacto con el suelo, el desgaste de las mismas se hace más pronunciado, pudiendo en muchos casos "perder dientes" en el lote que posteriormente va a dañar otros implementos con el incremento de los gastos de reparación y mantenimiento y pérdida de la capacidad de trabajo. Para realizar una regulación correcta hay que "colgar" el rastrillo, es decir, levantarlo superando su altura de trabajo y luego bajarlo paulatinamente hasta observar que no queda material sin "barrer", y que a la vez no



Figura 7-16 En la foto se observa la marca del rastrillo en el suelo, y la ausencia de plantas en el lugar del impacto con la consiguiente pérdida de stand de plantas.

toca el suelo. De esta manera se impide que la pastura sufra cualquier tipo de daño y que las púas del rastrillo tengan un desgaste excesivo.

Otra ventaja importante al trabajar de esta manera es que se evita recolectar broza de cortes anteriores (forraje de mala calidad), que va a deteriorar el valor nutritivo del heno producido.

Un aspecto a cuidar es la flotación y nivelación de los rastrillos, sobre todo cuando se trabaja con implementos de gran ancho que poseen 8, 10 o 12 ruedas estelares. Es mandatario que la primera rueda o estrella del rastrillo tenga la misma altura y flotación que la última, para que el trabajo sea parejo y nunca se deje material sin recoger, ni se contamine con tierra el forraje (Figura 7-17).

Un aspecto no menor cuando se trabaja sobre todo en suelos arenosos (caso típico de desarrollo de algunas especies megatérmicas), es que tanto el forraje recolectado como el material remanente del suelo y que originará los próximos rebrotes suele contaminarse con tierra, si los rastrillos no están bien regulados en altura. Esto trae aparejado dos inconvenientes. Por un lado puede ocasionarse un acelerado desgaste en los dientes de los animales que consumen este forraje, y por el otro, se incorpora tierra al ambiente ruminal, disminuyendo la eficiencia energética de la dieta provista, dado que el animal tiene que gastar parte de esta energía en "desintoxicar" el rumen.

2.2 Velocidad de trabajo

Un error muy común en el uso de los rastrillos estelares, es el exceso en la velocidad de avance, lo que ocasiona pérdidas excesivas de material de calidad, defectos en la calidad de trabajo y en realidad no ofrece ningún beneficio. Al trabajar con un rastrillo estelar, evitar siempre superar los 8 km/h.



Figura 7-17 Cultivo contaminado con tierra que originará inconvenientes en la conservación y consumo del forraje.

Según estudios de la Michigan State University, por cada km/h que se incrementa la velocidad por encima de los 7 km/h, se pierde alrededor de un 5 % más de material de alta digestibilidad como son las hojas.

Calculando la capacidad de trabajo de un equipo completo, diremos que si una cortadora acondicionadora puede trabajar a 12 - 14 km/h y un rastrillo junta dos hileras para entregarlas a una rotoenfardadora, que también puede trabajar a esa velocidad, no tiene sentido trabajar por encima de los 7 km/h superando innecesariamente la capacidad de trabajo de los otros componentes del equipo y aumentando en forma más que considerable la pérdida de material de altísima calidad (hojas), sin contar que el desgaste del rastrillo se acentúa cuando trabaja a altas velocidades.

2.3 Momento y horario de trabajo

El momento óptimo para realizar el rastrillado, es cuando el forraje disminuye su tasa de secado, o sea cuando éste tiene una humedad de entre el 40 % y el 35 % de acuerdo a expresado anteriormente. Es siempre conveniente rastrillar a la tardecita, cuando el forraje se reviene o en su defecto a la mañana, después que se levanta el rocío.

La primera opción siempre es la más conveniente cuando se utilizan rastrillos estelares, dado que se disminuye las pérdidas de hojas. Es conocido que las hojas son un órgano de la planta con arquitectura planófito, lo cual hace que sean más susceptibles a humedecerse cuando el forraje se reviene. De esta forma, al rastrillar a la tarde, las hojas presentan menos fragilidad por encontrarse humedecidas. Por lo contrario, por esta misma razón, las hojas se secan más rápido que los tallos a la mañana cuando actúa el calor del sol, lo que las torna más frágiles y susceptibles al daño mecánico.

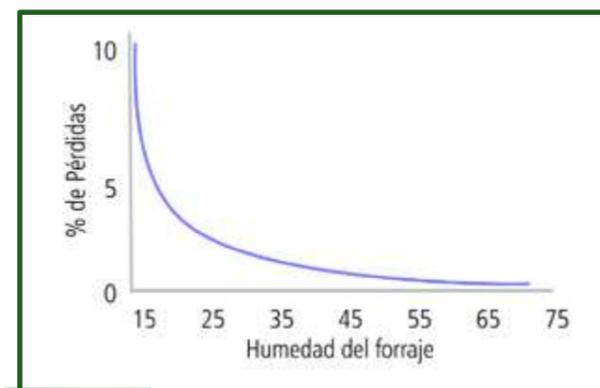


Figura 7-18 Variación del porcentaje de pérdidas en función de la humedad del forraje.



Figura 7-19 Gavilla confeccionada con más de 40 % de humedad con formación de bollos que dificultan la alimentación de las máquinas.

Recordar que cuando se utiliza un rastrillo estelar, para un buen trabajo, la humedad debe rondar el 35 %, mientras que con un rastrillo giroscópico, los cuales poseen más fuerza para mover el material, la humedad puede encontrarse entre 45 y 40 %. Es por este motivo, que estos últimos suelen utilizarse a la mañana temprano.

Tal como lo expresa la figura 7-18, cuando se trabaja con niveles de humedad de entre el 25 y 35 % los niveles de pérdidas son aceptables, en tanto que si la operación se hace por debajo de esos niveles, las pérdidas comienzan a crecer de manera exponencial, llegando a niveles excesivos cuando el forraje está seco.

Con rastrillos estelares de gran ancho (más de 10 ruedas estelares), no se debe trabajar con humedades superiores al 40 % para evitar la formación de bollos (Figura 7-19), que se generan en la estructura de la gavilla que se está confeccionando. Estos bollos luego dificultan la alimentación de las máquinas, fundamentalmente cuando se trata de rotoenfardadoras o megaenfardadoras con sistema procesador de fibra (cutter).

Estos inconvenientes se presentan normalmente cuando se utilizan rastrillos estelares para juntar andanas, dada su particular manera de trabajar enrollando el material contra el suelo durante su desplazamiento lateral. Distinto es el accionar de un rastrillo giroscópico que peina verticalmente la andana, permitiendo engavillar con mayor humedad sin generar las puntuales sobrecargas de pasto. Con este tipo de tecnologías es normal trabajar con niveles de humedad cercanos al 40 %.

2.4 Recorrido del forraje

Cuando se efectúa la labor de rastrillado, el forraje es desplazado en un sentido transversal, al del avance del tractor. Por ello debe tratarse de que la

cantidad de impactos que recibe la planta hasta alcanzar su posición final, sea la menor posible, para que la pérdida de material de alta calidad sea mínima. Esto se consigue con rastrillos cuyos diseños contemplen un recorrido corto de desplazamiento del material, hasta formar la andana.

Los rastrillos también son utilizados cuando es necesario juntar hileras de escaso volumen, para hacer más eficiente el trabajo de las rotoenfardadoras y disminuir la pérdida de material de alta calidad en la recolección, como se expresó anteriormente.

Con la capacidad de trabajo que tienen las rotoenfardadoras de nueva generación o las megaenfardadoras, las mismas pueden trabajar con hileras de 5 a 7 kg/m lineal de andana (dependiendo de su diseño y capacidad), haciendo un correcto amasado del forraje dentro de la cámara de compactación.

2.5 Arquitectura de la hilera rastrillada

Para lograr rollos de una arquitectura correcta, se debería confeccionar hileras que tengan un ancho similar a la mitad del ancho del recolector de la rotoenfardadora, de modo tal que permita maniobrar la misma cargando en forma uniforme todo el ancho de la cámara de compactación (Figuras 7-20 y 7-21).



Figura 7-20 Gavilla mal confeccionada por falta de velocidad en rastrillado, que deriva en un rollo con forma de reloj de arena.

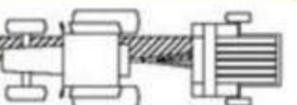
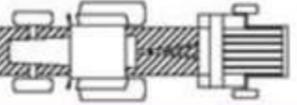
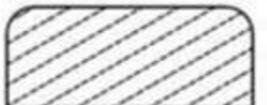
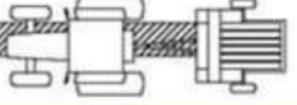
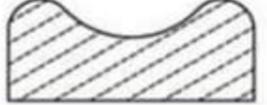
	Forma de camellón	Forma de fardo resultante
Formación de camellón correcta	 Ancho de camellón igual o menor a la mitad del ancho de la cámara de fardos	 Forma correcta
	 Ancho de camellón igual al ancho de la cámara de fardos	 Forma correcta
	 Camellón con una sección transversal uniforme	 Forma correcta
Formación de camellón incorrecta	 Ancho de camellón mayor a la mitad pero menor al ancho completo de la cámara de fardos	 Forma de barril
	 Camellón con más material en los bordes que en el centro	 Forma de reloj de arena
	 Camellón con más material en el centro que en los bordes	 Forma de barril

Figura 7-21 Recomendaciones de arquitectura de una hilera para confeccionar correctamente un rollo. Fuente: Manual de usuario de Rotoenfardadoras AGCO 2013.

8 Confección del Heno



El heno es un método de conservación de forraje seco (menos de 20 % de humedad) y se puede clasificar de acuerdo a la máquina que se utiliza para confeccionarlo y por ende, a la estructura física y el largo de fibra promedio en su presentación final (Tabla 8-1).

1. Características destacables en las rotoenfardadoras

El mercado de las rotoenfardadoras, ha mostrado una gran evolución en cuanto a prestaciones y diseños que hacen que el trabajo tenga gran excelencia, además de una alta performance en cuanto a su capacidad de trabajo.

Cuando se elige una máquina para recolección del forraje cortado, se deben tener en cuenta dos aspectos fundamentales.

- Que presenten una alta capacidad de trabajo, reduciendo los tiempos muertos, para poder recoger la mayor cantidad de forraje en el momento óptimo de confección (20 % de humedad), a los fines de que se incremente la cantidad de heno de alta calidad producido a lo largo de la campaña.
- Que el forraje sea tratado lo más delicadamente posible, reduciendo el número de impactos y los quiebres en la dirección de tránsito del forraje para reducir el consumo de potencia requerida y minimizar las pérdidas de MS.

En la Argentina, el parque de rotoenfardadoras se encuentra generalizado al uso de máquinas de 1,56 m de ancho y 1,80 m de diámetro. Hasta el año 2008, solo el 10 % de las ventas anuales co-