



Curso de Maquinaria Agrícola

Capítulo 07.1-

Maquinaria para la recolección de forrajes

Parte 2.- Empacado y transporte

**Prof. Luis Márquez
Dr. Ing. Agrónomo**



Maquinaria para la recogida y el manejo de los forrajes

- **La conservación del forraje y las cadenas de recolección.**
- **Maquinaria para la siega y el acondicionado.**
- **Maquinaria para la recogida, el empacado y el transporte.**
- **Maquinaria para el picado y el ensilado.**
- **Distribución del forraje**

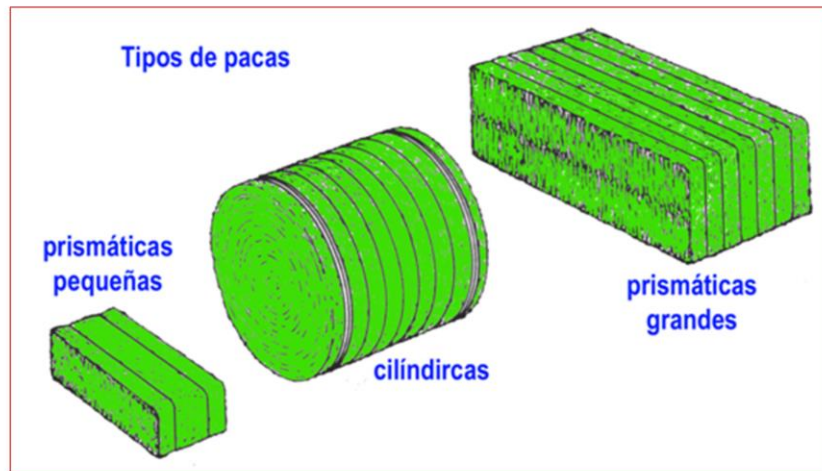


Empaquetado de la hierba

- **Aumentar la densidad del material seco para facilitar su transporte y almacenamiento.**
- **Paquetes fáciles de manejar manual o mecánicamente.**
- **Grupos de máquinas:**
 - Máquinas para la formación de **pacas convencionales** de 15 a 25 kg, las cuales se pueden manejar a mano.
 - Máquinas para la formación de **pacas de gran tamaño**, con formas prismáticas o cilíndricas y masa de 300 a 2000 kg, que necesariamente se deben manejar mecánicamente.
 - Máquinas para la **formación de "pastillas" (micropacas)**, que pueden desplazarse con facilidad mediante transportadores convencionales (cangilones, tornitos sin-fin, etc.).



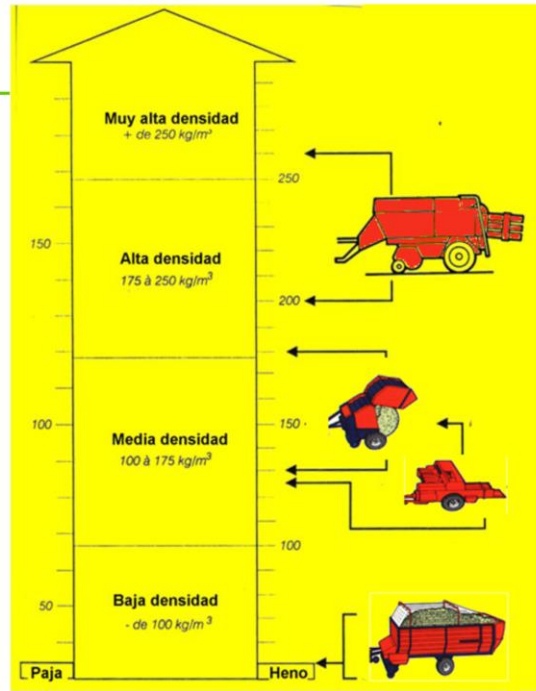
Formas y dimensiones de las pacas



Con independencia del tamaño pueden establecerse diferencias en cuanto a la densidad del paquete que aumenta a medida que lo hace la presión sobre el material empacado, en el momento actual se utilizan, casi de manera exclusiva, las empacadoras que se designan como de media y alta presión, capaces de conseguir densidades de 150 a 250 kg/m³ trabajando con heno al 20% de humedad. Cuando la humedad de la hierba empacada aumenta (empacado para silo) la densidad de la paca es muy superior.



Densidad del forraje empacado





Hilo para el atado de las pacas

Tipo (m/kg)	Diámetro (mm)	Resistencia rotura (kg)	Aplicación
130	5.2	395	Macro-empacadoras
150	4.5	357	
300	3.0	140	Roto-empacadoras
600	2.0	100	

Atado de pacas cilíndricas: 14 a 22 vueltas

La formación de los paquetes va unida a la colocación de hilos de atado que retengan su contenido. La resistencia mecánica que debe proporcionar este hilo está relacionada con la forma de la paca y la presión a la que se comprime el forraje.

Para las pacas cilíndricas la resistencia del hilo no es crítica, ya que se puede ajustar el número de vueltas a la paca, generalmente entre 14 y 22, aunque el coste del hilo por paca aumente. El material utilizado para el hilo es el polipropileno, que ha sustituido al sisal de las empacadoras clásicas, e incluso al alambre de atado, que durante algún tiempo fue la única posibilidad de conseguir pacas pequeñas de alta densidad.

Otra alternativa para el atado de las pacas cilíndricas es el empleo de una malla o red, que con 1.5 a 2.0 vueltas hace posible la retención del material empacado. La resistencia mecánica de esta red es de unos 290 kg y la longitud de las bobinas supera generalmente los 2000 m.

En el caso de las macro-pacas prismáticas el atado se hace con hilo con elevada resistencia mecánica. Algunos fabricantes ofrecen hilo con una carga de rotura mínima de 400 kg, y unas características mecánicas que permiten anudar los dos extremos en el atado con una resistencia de más de 280 kg en el nudo.

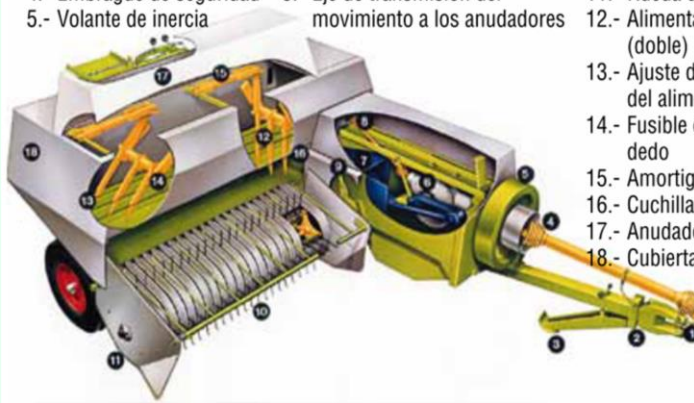
La oferta de hilos para el empacado se clasifica en función de los metros que ofrece por kg de hilo, con valores ente 130 y 600 m/kg. Se ofrecen diferentes colores de hilo, pero la coloración no tiene ninguna relación con su resistencia mecánica.



Empacadora clásica de alta presión

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

- | | | |
|-------------------------------|---|---|
| 1.- Enganche | 6.- Reductor | 9.- Ajuste en altura del elevador de dedos (pickup) |
| 2.- Barra de tiro oscilante | 7.- Pistón de compresión con rodillos de apoyo en las guías | 10.- Elevador de dedos |
| 3.- Apoyo regulable en altura | 8.- Eje de transmisión del movimiento a los anudadores | 11.- Rueda de apoyo |
| 4.- Embrague de seguridad | | 12.- Alimentador de horquilla (doble) |
| 5.- Volante de inercia | | 13.- Ajuste del ángulo de ataque del alimentador |
| | | 14.- Fusible de protección en cada dedo |
| | | 15.- Amortiguador de choques |
| | | 16.- Cuchilla de corte en el pistón |
| | | 17.- Anudadores |
| | | 18.- Cubierta de protección |



La base de estas máquinas la constituye lo que se conoce como "canal de compresión" de sección cuadrada o rectangular con dimensiones entre 35 x 40 a 45 x 65 cm, alimentado lateralmente y recorrido por un pistón en movimiento alternativo, actuando como elemento de cierre posterior la propia fricción del forraje en la cámara. El pistón se desplaza sobre unas guías mediante rodillos con rodamientos que lo facilitan; en el costado por el que se realiza la entrada del forraje desde la alimentación dispone de una cuchilla que corta todo aquello que no entra totalmente en la cámara a la llegada del pistón.

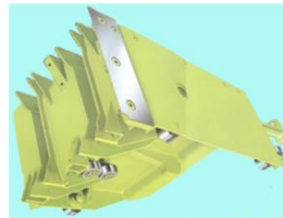


Componentes de la empacadora

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Recogedor de dedos



Pistón con cuchillas



Reductor cónico

E.- Entrada desde la TDF
B.- Eje que acciona la biela
R.- Salida para el recogedor

Regulación de la presión de empacado



El accionamiento del pistón se realiza mediante una biela unida a un cigüeñal que gira a una régimen entre 75 y 100 rev/min. Por ello el accionamiento que recibe la empacadora desde la toma de fuerza del tractor, generalmente a 540 rev/min, se reduce en un par de engranajes de tipo cónico, que también suministra el movimiento al sistema recogedor de la máquina. A este mecanismo va asociado un pesado volante de inercia y un limitador de par en la entrada de la toma de fuerza.

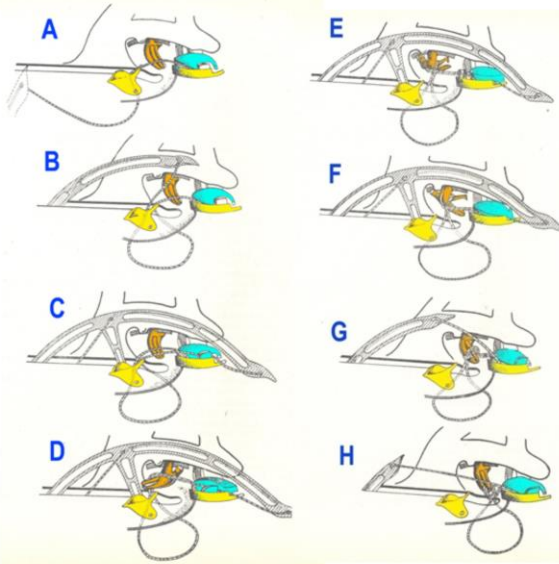
La alimentación se realiza desde un recogedor de dedos ("pic-up"), común a los demás tipos de máquinas que recogen forraje, formado por un conjunto de barras montadas sobre un rotor, dotadas de dedos flexibles con amortiguación mediante una espiral, que giran en sentido contrario al avance de la máquina, y realizan la recogida del forraje por barrido.

Para que el material recogido pase a la cámara de compresión se utilizan alimentadores de diferente tipo, generalmente brazos articulados que llegan hasta la cámara cuando el pistón está desplazado hacia atrás para conseguir un llenado completo y homogéneo.

Para aumentar la compactación del forraje en la cámara de compresión, además del completo llenado de la misma que consiguen los alimentadores, se aumenta la fricción mediante elementos que estrechan el canal de compresión. Generalmente dos compuertas laterales y un conjunto de guías unidas en la parte superior que se presionan hacia abajo mediante resortes laterales cuya tensión se regula manual o automáticamente. El aumento de la fricción produce el aumento de la densidad de la paca e incrementa la potencia necesaria para accionar la empacadora.



Mecanismo atador clásico



- A.- El hilo queda sujeto por un extremo a la estrella al retirarse la aguja después del atado anterior
- B.- La aguja avanza y conduce el hilo alrededor de la paca
- C.- La aguja avanza hasta introducir el hilo en la pinza
- D.- El atador inicia el movimiento de giro
- E.- El atador comienza a abrir
- F.- El atador queda completamente abierto para coger en el interior los dos hilos
- G.- Se completa el nudo y la pinza gira para dejar los extremos del hilo frente a la cuchilla
- H.- La aguja se retira para dejar que empiece a rodear la siguiente paca.

El atado generalmente se realiza mediante anudadores con hilo de plástico (dos o tres unidades) o con alambre (dos unidades) de manera automática y regulable según la longitud que se desee para la paca (80 a 140 cm). El proceso de atado es similar al diseñado para las primeras segadoras-atadoras, y se basa en el conocido como “pico atador” que une simultáneamente los dos extremos de cada uno de los hilos que rodean la paca, previamente tendidos por las agujas.

El atado se desencadena cuando una rueda dentada que se apoya en la paca en formación da un número de vueltas previamente fijado por el usuario en función de la longitud de paca deseada. Una vez formado el nudo, una cuchilla corta los hilos dejando el atador preparado para realizar el atado de la siguiente paca.



Características y capacidades de trabajo de las empacadoras clásicas

	Pequeñas	Medianas	Grandes
Anchura del recogedor (cm):	150-160	165-180	185-200
Dimensiones del canal (cm):	40 x 30	46 x 36	46 x 36
Longitud de la paca (cm):	30-130	30-130	30-130
Tamaño de la paca-heno (kg):	10-25	12-35	12-35
Capacidad de empacado (t/h):	4-6	6-9	8-12
Capacidad efectiva de trabajo (h/ha):	1.5	1.1	0.8
Tractor min. recomendado (kW):	30 a 35	40 a 45	45 a 50

Este tipo de máquinas son fiables y los diseños han sido optimizados con años de experiencia. Su mayor dificultad de empleo es una consecuencia del tamaño del paquete que resulta difícil de manejar de manera eficiente con medios mecánicos sencillos, por lo que en la mayoría de los casos se procede a la agrupación sobre la misma máquina, aunque esto se consiga con técnicas muy simples (pequeños remolques, rampas cargadoras, lanzadores, etc.)



Agrupadores de pacas

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Objetivo: facilitar el manejo mecánico de pacas pequeñas.

Una solución es asociar a la empacadora un remolque que ordene las pacas a medida que las recibe para dejarlas agrupadas formando un bloque, que resulta fácil de recoger mediante un cargador frontal para situarlo en un remolque.

Para cargar remolques convencionales, arrastrados por el tractor que acciona la empacadora, se pueden emplear rampas en prolongación del canal de compresión de la empacadora, o bien "lanzapacas" que lo van llenando de forma menos ordenada que con los sistemas automáticos de apilado o la intervención del hombre. Este desaprovechamiento de espacio útil puede repercutir en los costes, pero se disminuye la mano de obra necesaria y aumenta notablemente la capacidad de trabajo de la operación de carga. Se estima que la capacidad del remolque con pacas desordenadas es aproximadamente del 75% de las que cabrían si estuvieran ordenadas.



Rotoempacadoras



- 1.- Lanza de enganche
- 2.- Toma de fuerza
- 3.- Mando del sistema de atado
- 4.- Elevador de dedos
- 7.- Cámara de prensado
- 8.- Sistema de accionamiento de los rodillos
- 9.- Engrasado automático de la cadena
- 10 y 11.- Sistema atador (hilo o malla)
- 13.- Apoyo para descarga de la paca
- 14.- Almacén de hilo para el atado
- 15.- Indicador de presión de empaçado

Dispositivo picador:

- A) Rotor
- B) Cuchillas de picado
- C) y D) Control electrohidráulico de las cuchillas

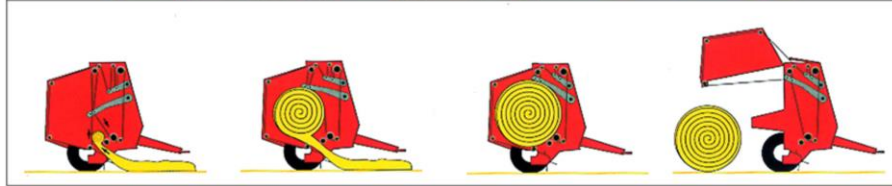
Han sido la respuesta de la técnica a unas condiciones agrícolas diferentes, en las que la mano de obra ha de reducirse de manera considerable, aunque la forma de paquete cilíndrico sea más difícil de transportar que la paca pequeña de forma prismática.

En estas máquinas el proceso de empaçado se realiza en un cámara cilíndrica colocada con el eje en sentido transversal a la dirección de avance de la máquina. La alimentación se realiza tangencialmente a la cámara, manteniéndose en forraje en rotación en el interior hasta que el llenado de la misma es completo y el material almacenado en la misma alcanza una densidad suficiente. Una vez finalizada la formación, y después de atada la paca, se abre la cámara de manera que ésta cae al suelo.



Proceso de formación de la paca

Cámara fija



Cámara variable

En función de las características constructivas de la cámara se pueden establecer tres grupos:

- Cámara de diámetro variable, creciente a medida que se introduce el forraje, con lo que la presión de formación de la paca se mantiene constante durante todo el ciclo.
- Cámara de diámetro fijo, por lo que la presión de empacado aumenta desde el momento en que se ha llenado la cámara hasta que la presión alcanza el nivel deseado.
- Cámara de diámetro fijo-variable en las que en la primera parte del llenado se hace sobre un cilindro de pequeño diámetro, de manera que cuando se completa su llenado la cámara aumenta como en la máquina de cámara variable.

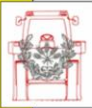


Rotoempacadora (cámara variable - núcleo blando)

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

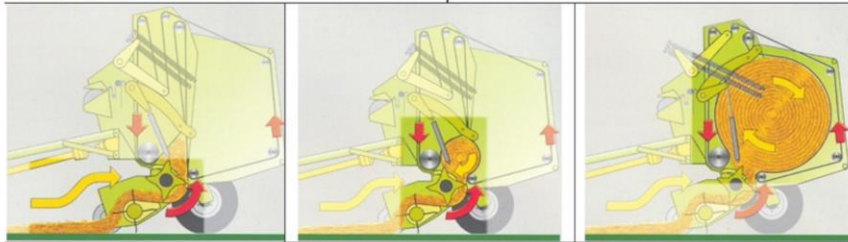


En todas las rotoempacadoras de cámara variable se utilizan brazos tensores unidos a uno o varios rodillos que guían las bandas que rodean la paca. Estos brazos van unidos a unos resortes que les obligan a tomar una posición que reduce el tamaño de la cámara de empacado al mínimo. A medida que el material llega a la cámara, esta aumenta de tamaño venciendo la resistencia de los resortes hasta que alcanza su diámetro máximo.



Formación de la paca (núcleo blando)

Cámara variable



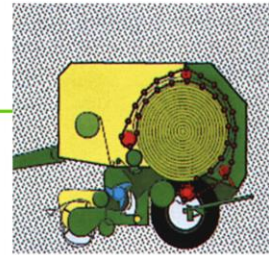
Pacas cilíndricas de diferente diámetro formadas en una empacadora de cámara variable

Al dejar una pequeña cámara fija durante la primera fase de formación de la paca se produce menor compactación del forraje (núcleo blando)

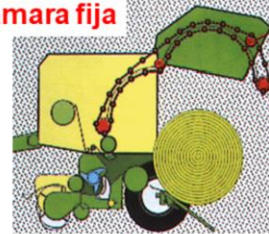


Rotoempacadora (cadenas - fija o variable)

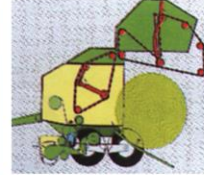
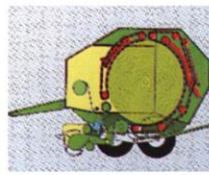
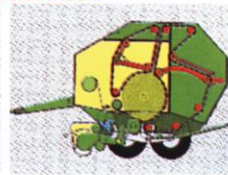
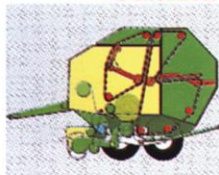
Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



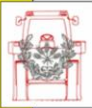
Cámara fija



Cámara variable



El proceso de formación de la paca en las rotoempacadoras de cámara variable inicialmente se diseñó para utilizar bandas de goma. Para aumentar la robustez del sistema, algunos fabricantes sustituyen las bandas de goma por cadenas con travesaños. También las bandas de goma se modifican aumentando su anchura y combinándolas con rodillos fijos.



Atado con cuerda o con red



Dos hilos independientes

Atado con red

Inicialmente se utiliza un alimentador que introduce el hilo por la parte delantera de la paca, una vez detenido el avance de la máquina por estar la paca formada. Este alimentador se desplaza de un lado a otro de la paca a medida que se enrolla el hilo sobre la misma, hasta que da un número de vueltas suficiente (entre 14 y 22) para que quede retenido el material que la forma. El sistema dispone de una cuchilla que detiene y corta el hilo una vez que finaliza el atado de la paca.

Actualmente se prefiere introducir dos hilos independientes y los dispositivos de alimentación se mueven desde el centro hacia cada uno de los lados o desde los lados al centro. Esto permite reducir el tiempo de atado a la mitad para aumentar la capacidad de trabajo.

Posteriormente se ha introducido el atado mediante malla o red, con el que solo se necesitan de 1.5 a 2.0 vueltas de la red que sustituye a la cuerda. En algunos modelos se utiliza un dispositivo que hace que la red llague a la zona plana de la paca, reforzando el borde de la misma. El corte una vez envuelta la paca se realiza con un mecanismo de tipo cuchilla que cubre toda la anchura de la red. En las máquinas que disponen de sistema de atado por red también se suele incorporar el sistema de atado con hilo, para poder utilizar uno u otro sistema indistintamente.



Sistema de apertura rápida de la cámara con laterales móviles

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

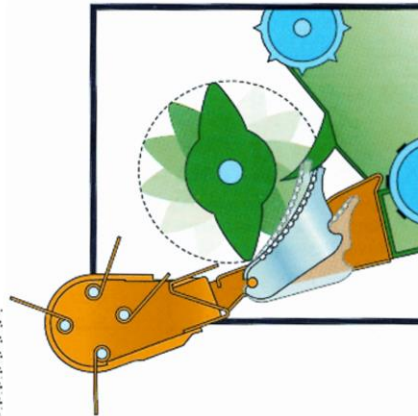
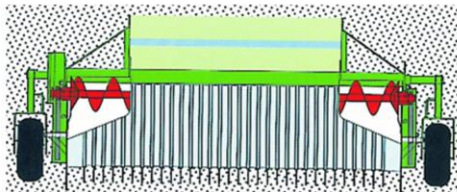
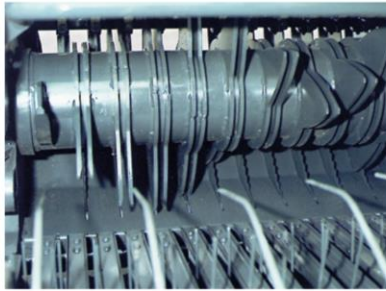


Para la descarga de la paca se necesita que se abra la cámara en la que se ha formado. Generalmente la apertura se realiza al girar una parte de la cámara hacia arriba, aunque hay modelos en los que la paca se descarga por la parte inferior. En algunas rotoempacadoras las paredes laterales de la cámara de compresión son giratorias, con lo que se elimina la fricción en el giro. La apertura y el cierre de la compuerta de descarga se controla mediante unos cilindros hidráulicos situado a ambos lados. La presión sobre la compuerta sirven de referencia para informar al conductor de la densidad del forraje en la cámara de empacado.



Sistemas de alimentación y picado

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



El sistema de alimentación es similar al que se utiliza en las empacadoras convencionales. Disponen de un recogedor de dedos (pic-up) que se sitúa centrado y por delante de la cámara de compresión. Generalmente es de mayor anchura que la de la cámara de empacado. Es frecuente que entre el recogedor y la cámara de empacado se sitúe un rotor que se puede combinar con chillas fijas o retráctiles, en número variable, que producen el picado del material recogido.

La anchura del recogedor debe ser suficiente para que la cámara de empacado se llene en toda su anchura, ya que si no se producen pacas con forma de tonel. Para evitar que los laterales de la cámara de empacado reciban menos material que en la parte central, como consecuencia de una reducida anchura del baraño sobre el que se trabaja, se recomienda un desplazamiento en zig-zag sobre el cordón. Algunos fabricante montan dispositivos electrónicos para el control de la presión de empacado a ambos lados de la cámara, que advierten al operador del problema antes de que se produzcan resultados indeseables.



Características de las rotoempacadoras



	Medianas	Grandes
Anchura del recogedor (cm):	170 a 210	
Dimensiones:		
-Anchura de la paca (cm):	120	150
-Diámetro de la paca (cm):	120 a 180	150 a 180
-Volumen de la cámara (m ³):	2.0 a 3.0	2.6 a 3.8
Capacidad de empacado (t/h):		
-heno	8 a 18	
-silo	10 a 25	
Capacidad efectiva de trabajo (h/ha):	1.0 a 2.0	0.8 a 1.5
Tractor mínimo recomendado (kW):	50 a 55	60 a 65

Densidades (kg/m³):

- Heno: 130-180
- Silo (40% humedad): 350-375

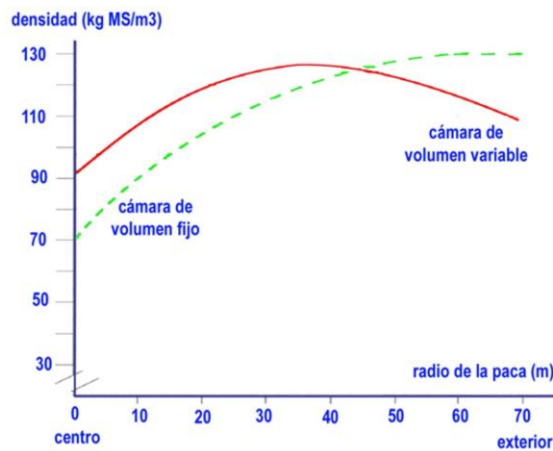
Las anchuras de las cámaras de empacado de las rotoempacadoras suelen ser de 1.20 ó de 1.50 m. El diámetro máximo puede llegar hasta 1.80 m, con unos volúmenes de paca entre 2.8 y 3.8 m.

La densidad de la paca depende del tipo de material; para el caso del heno se alcanzan densidades entre 130 y 180 kg/m³. Cuando se empaca forraje con un 40% de humedad (para ensilado) la densidad bruta está entre 350 y 375 kg/m³. Cuando las pacas cilíndricas de heno con densidad inferior a 140 kg/m³ se dejan algún tiempo sobre el campo, estas pierden algunos puntos de humedad antes de almacenarlas. Esto se facilita en las rotoempacadoras de cámara fija y con las de cámara variable de núcleo blando.



Densidad de la paca

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Observando el lateral de la paca formada se puede conocer el tipo de rotoempacadora con la que se ha formado (cámara fija o variable).

La densidad entre las capas inferiores y exteriores del material que forma la paca no es más uniforme en las rotoempacadoras y la variación depende del proceso de formación de la paca. En las empacadoras de cámara fija la densidad de la paca va aumentando desde el centro a la superficie, en la que alcanza su valor máximo. En las de cámara variable la densidad inicial es más alta y se alcanza rápidamente el valor máximo, con una reducción de la densidad en la parte más exterior de la paca.



Rotoempacadoras “non stop”

Precámara lineal



llenado



atado



descarga



Se ofrecen modelos en los que el canal de alimentación dispone de cintas transportadoras en las partes superior e inferior que ayudan en la alimentación de la cámara. En el momento en el que se inicia el atado se interrumpe el movimiento de las cintas transportadoras, y el material recogido se acumula en esta pre-cámara, lo que permite que la empacadora no detenga su avance mientras se realiza el atado y la expulsión de la paca. Además, ayuda a aumentar la densidad de la paca al forzar la alimentación en el proceso de empacado.

Normalmente estas rotoempacadoras son también envolvedoras.



Rotoempacadoras “non stop”

Doble cámara



Esta rotoempacadora de Vicon dispone de doble cámara de empacado. En la primera cámara se forma el núcleo de la paca, y una vez formado se transfiere a la segunda cámara en la que se completa la paca y se realiza el atado.

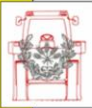


Empacadoras prismáticas (Macro-empacadoras)

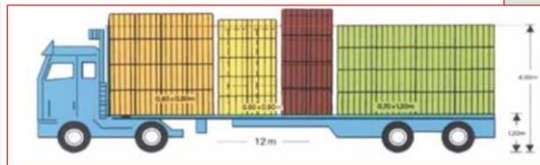
Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



El diseño de empacadoras capaces de formar pacas prismáticas de gran tamaño ha sido una consecuencia de la mayor dificultad que ofrecen las pacas redondas para el transporte; también para conseguir pacas de muy alta densidad. El aprovechamiento de las cajas de camiones y remolques se realiza mejor utilizando pacas prismáticas, sobre todo cuando se trata de materiales voluminosos como el heno y existe la limitación de 2.55 m de anchura y 4.00 m de altura total en la reglamentación de circulación por carretera en los países de la UE.



Dimensiones de las pacas



Altura (m)	Anchura (m)		
	0.80	1.20	
0.50	Claas Q1150		
0.70	Case-IH LB323	Case-IH LB423 Cicoria HD1270 Claas Q3200 Fendt 1270 Krone BP1270 MF 2160	
	Claas Q2100	NH BB 1270 Welger 6006	
	NH BB 870 Welger 4006	Fendt 990N MF 2100	
	0.88	Fendt 1290 MF 2170	
	0.90	Case-IH LB333	Case-IH LB433 Claas Q3300 Krone BP890 Kuhn LSB890 NH BB 890
		1.00	Claas Q3400
1.28		Fendt 12130 Krone BP12130 MF 2190 NH BB12130	

La decisión de compra se vincula a la dimensión de la sección de la paca, teniendo en cuenta el tipo de material que se empaca de manera preferente, y, sobre todo, a las facilidades para su transporte en camión cuando esto se hace a gran distancia. Sobre esta base, se elige como longitud habitual de la paca, que es regulable, los 2.50 m (anchura de transporte en camión), aunque hay modelos que llegan a los 3.20 m. Sin embargo, las alturas de las pacas que ofrecen las diferentes marcas son muy variables, ya que no hay homogeneidad en las preferencias de los compradores en los diferentes mercados europeos.

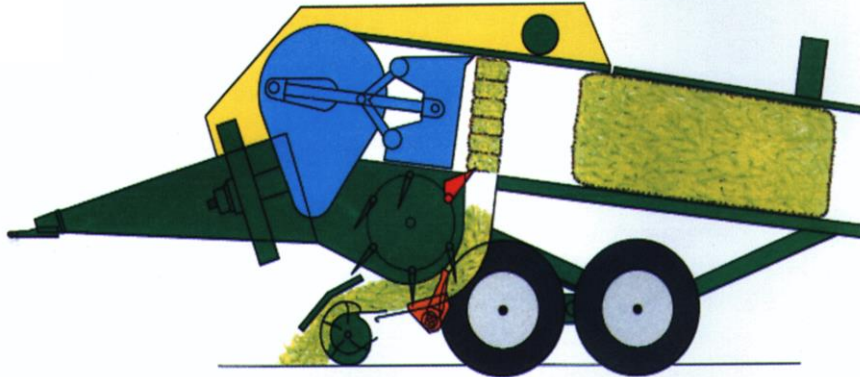
En España el segmento de mercado con mayor demanda corresponde a modelos de 0.80 x 0.90 m de dimensiones de cámara, seguido del correspondiente a cámaras de 1.20 x 0.70 m. También hay un mercado para máquinas más pequeñas, con sección de 0.80 x 0.70 m.

A medida que aumenta la altura de la paca se reduce el consumo de hilo por metro cúbico de forraje empacado. Esto explica el interés de las empacadoras de canal de 0.80 x 0.90 m en algunos mercados; todas ellas son máquinas con 4 anudadores. Sin embargo, con cámaras de 1.20 m de anchura y 0.70 m de anchura (6 anudadores), aunque es mayor el consumo de hilo, el llenado de la cámara de compresión es mejor, ya que no se produce gran reducción de la anchura entre el recogedor, la pre-cámara y la cámara.



Puntos críticos de las macro-empacadoras

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



En todos los modelos que se comercializan en la actualidad se utiliza un canal de compresión que se alimenta desde una pre-cámara; la altura del canal de compresión condiciona los elementos que comprimen el material en la pre-cámara y diferencia unos modelos de otros.

El forraje se hace llegar a la pre-cámara desde un recogedor de dedos y un alimentador rotativo, que se puede combinar en algunos modelos con cuchillas fijas para el picado del material antes de su entrada en la pre-cámara.

La compresión del forraje (o la paja) dentro del canal en el que se forma la paca se consigue por la fricción del material con las paredes del mismo, que se regula utilizando cilindros hidráulicos dotados de sensores para asegurar que se mantiene constante. El régimen del pistón está sobre las 30-65 carreras/minuto, y la longitud de la carrera es de unos 70 cm; suele ir apoyado sobre rodillos con cojinetes sellados. El eje desde que se acciona el pistón lleva incorporado un pesado volante de inercia.

Una vez formada la paca, se ponen en funcionamiento un conjunto de anudadores, con número de unidades variable en función de la anchura de la paca (generalmente 4 ó 6).



Proceso de llenado de la cámara (1)

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Kuhn

El material se va acumulando en la precámara



Proceso de llenado de la cámara (2)

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



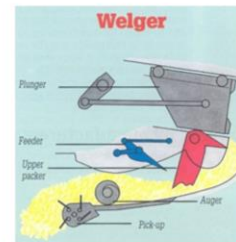
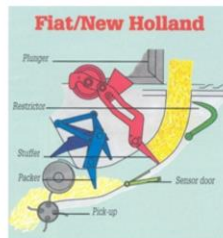
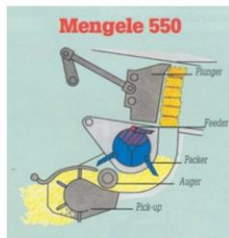
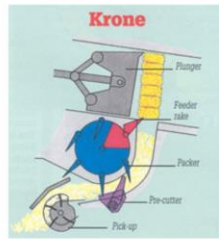
Kuhn

El material acumulado en la precámara pasa al canal de compresión principal



Algunos sistemas de alimentación de la cámara principal

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



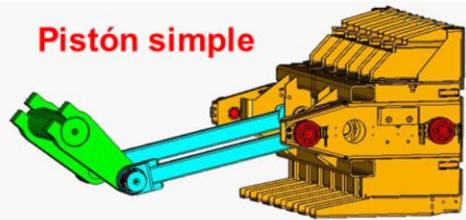
Las principales diferencias entre las marcas y modelos están relacionadas con la forma en la que se alimenta el canal de compresión desde la pre-cámara, ya que esto condiciona la densidad de la paca.



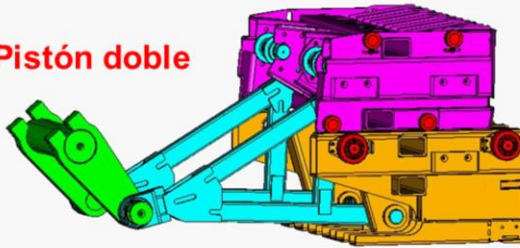
Empacadora con pistón doble



Pistón simple



Pistón doble

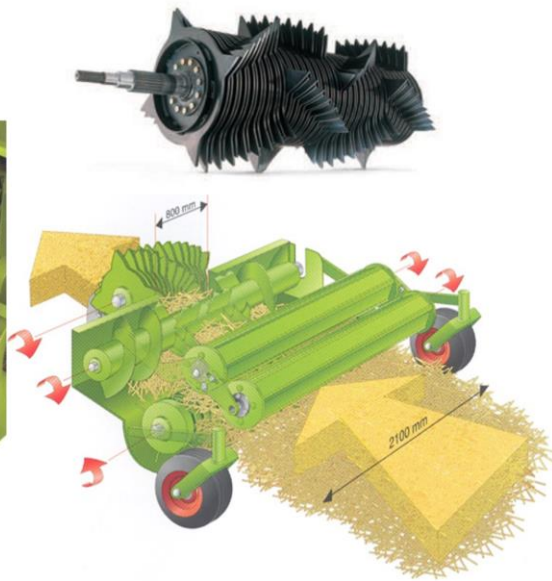


Macroempacadora con pistón doble accionado desde la manivela con una biela doble.
Progresividad en la formación de la paca.



Recogida y picado del forraje

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Habitualmente se utiliza un recogedor de dedos, que se mantiene a altura constante sobre el suelo mediante ruedas de apoyo generalmente laterales, que eleva la hierba o la paja previamente acordonada. La anchura de este recogedor suele estar entre 1.90 y 2.40 m; la limitación de anchura es necesaria para adaptar la máquina a la anchura normal de circulación vial, y se considera que con 2.10 m es suficiente para recoger directamente el cordón de paja dejado por una cosechadora. Una anchura excesiva del recogedor con una cámara de compresión estrecha, obliga a desplazar lateralmente el material recogido para llenar uniformemente la cámara de pre-compresión.

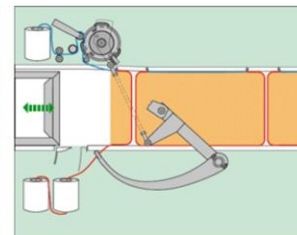
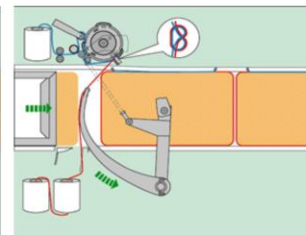
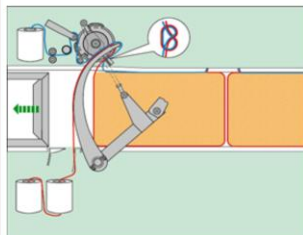
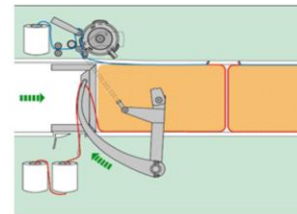
En algunos modelos, el recogedor de dedos dispone de dos rodillos de apoyo en la parte superior; el forraje pasa a un tornillo sinfín que entrega el material a un rotor tipo estrella, del que habitualmente se utiliza en los picadores; esto ayuda a comprimir el material que llega a la pre-cámara.

La mayoría de los modelos de macroempacadoras pueden incorporar un picador con cuchillas situadas por detrás del rotor de alimentación. La distancia entre las cuchillas condiciona el grado de picado. Generalmente resulta posible la retirada del conjunto de cuchillas, así como trabajar con un número variable de cuchillas en función del grado de picado deseado. Se puede llegar a un picado teórico de 24 mm.



Ejecución del atado con doble nudo

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



El sistema de atado se activa en función de la longitud de la paca fijada en el monitor de la empacadora; las agujas se desplazan hacia el interior de la paca llevando el hilo hacia cada unidad de atado, en la que ya se encuentra retenido el hilo procedente de la paca anterior.

En algunos modelos se utilizan anudadores de tipo clásico, con 4 o 6 unidades en función de la anchura de la paca. Para el atado se utiliza hilo de polipropileno o de sisal, y las máquinas disponen de compartimentos para almacenar entre 20 y 24 bobinas de hilo.

Otros fabricantes utilizan el sistema atador de doble nudo con una alimentación doble de cuerda en los atadores, lo que permite reducir a la mitad la tensión del hilo con respecto a la que se necesita en un atador sencillo.

Es habitual la utilización de sistemas de lubricación automática, y dispositivos que permiten extraer la última paca formada, cuando se finaliza el trabajo, utilizando barras con púas accionadas hidráulicamente, dejando la cámara limpia o retirando solamente la última paca formada.



Elementos complementarios

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



En la mayoría de las macroempacadoras se utilizan monitores que permiten el control de la máquina desde el puesto de conducción del tractor, y en estos momentos la tendencia es a seguir el protocolo ISO-BUS.

Pueden incorporar un sistema de pesado de la paca que trabaja sobre el principio de giro integrado, con aislamiento respecto a la paca que se encuentra en formación.

La masa de una macro-empacadora puede llegar a superar las 8 a 10 toneladas, por lo que son importantes el dispositivo de enganche, y el sistema de neumáticos (baja presión sobre el suelo blando) y frenos, incluido el de estacionamiento. Generalmente disponen de un bastidor estructural al que se une el enganche y eje sobre el que se montan las ruedas, que pueden ser simples o en tándem.



Capacidad de trabajo



Potencia necesaria: 100 a 150 CV (TDF 1000 rev/min)

La capacidad efectiva de trabajo de las máquinas formadoras de pacas de gran tamaño esta influenciada por la producción y por el tamaño del recogedor.

Para formar pacas de paja con 2.40 m longitud en una macroempacadora con sección de cámara de compresión de 0.80 x 0.90 m se necesitan alrededor de 60 segundos. Estas pacas pesan unos 300 kg/ud. con paja de menos del 10% de humedad. Esto significa una capacidad de trabajo de 18 t/h.

La capacidad de trabajo en empacadoras de 1.20 m de anchura de cámara de compresión y 1.28-130 m de altura podría llegar a las 40 t/h con paja, pero estos resultados están muy influenciados por la densidad del cordón sobre el que trabaja la empacadora y su contenido de humedad.

La potencia necesaria para accionar la macroempacadora está entre 100 y 150 CV, con régimen de 1000 rev/min en la toma de fuerza. La utilización del picador incrementa la demanda de potencia en unos 30 CV, y depende del tipo de material y del tipo de picado.



Criterios para la selección de una empacadora

- Distancia de transporte
- Sistemas de almacenamiento y de distribución
- Mano de obra disponible
- Inversiones requeridas
- **Empacadora clásica:**
 - mano de obra abundante
 - facilidad de manejo manual de la paca
 - facilidad de transporte y almacenamiento
- **Rotoempacadora:**
 - Cámara fija: simplicidad y bajo coste de mantenimiento
 - Cámara variable: homogeneidad con mayor coste
 - Polivalencia (heno y silo); dificultad para el transporte
- **Empacadora de grandes pacas prismáticas:**
 - mínimas necesidades de mano de obra, grandes inversiones
 - facilidad de transporte pero exige distribución mecanizada



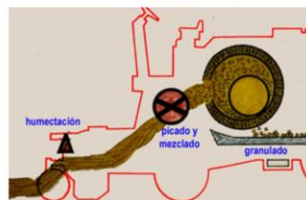
Otros sistemas de empaquetado



Emparvadoras



Granuladoras



Las emparvadoras (o almiadoras) son máquinas muy poco difundidas en Europa que permiten agrupar el heno en parvas o pequeños almiars, de unas 2 toneladas, pero con baja densidad (100 a 150 kg/m^3), lo que las hace apropiadas para el almacenamiento en campo y consumo en las proximidades del lugar de recolección, ya que el transporte debe de hacerse en remolques especiales que mantengan la "paca" sin romperse.

La formación de micropacas se realizan en máquinas conocidas como granuladoras de heno (o empastilladoras), que actúan de manera similar a como lo hacen las granuladoras para piensos compuestos. Se han comercializado máquinas de este tipo para trabajar directamente sobre el forraje hilerado en la parcela, y también máquinas estacionarias para procesar el material amontonado.



Agrupación y carga de pacas



Brazo elevador



Agrupador de pacas



Recogedor-agrupador de pacas

Con independencia de los sistemas que permiten al agrupado de las pacas en el momento en que las forma la empacadora convencional, facilitando su recogida posterior, una vez que quedaron sobre el campo, alineadas o en grupos, se han desarrollado máquinas que llegan a automatizar el proceso, pudiendo algunas de ellas realizar la carga con la sola intervención de la persona que actúa como conductor.

En algunas empacadoras diseñadas para formar pacas de tamaño medio, se han incluido sistemas que permiten agrupar varias de estas pacas para hacer una paca mucho mayor que se puede manejar mecánicamente con cargadores telescópicos, reduciendo los tiempos de operación para llegar a niveles similares a los que se obtienen con las macro-pacas de muy gran tamaño.



Proceso de carga y descarga de pacas

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Para el apilado de pacas de gran tamaño se utilizan generalmente cargadoras telescópicas del tipo “agrícola”, pero también se ofrecen remolques autocargadores con dispositivos de carga similares a los que se utilizan para el apilado de pacas prismáticas pequeñas, aunque diseñados para poder manejar pacas de gran tamaño. Con estos remolques autocargadores la descarga se realiza en montones, mediante el basculamiento hacia atrás de la caja.



Remolque autocargador

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



El transporte de un material de baja densidad exige disponer de remolques con cajas de gran tamaño, especialmente cuando el material es heno con bajo contenido de humedad. Estos remolques se han utilizado durante muchos años para el transporte “cercano”, pero al aumentar el porcentaje de forraje destinado a la deshidratación, en plantas de deshidratado alejadas de las zonas productivas, la oferta de los fabricantes se ha incrementado en cuanto al tamaño de las cajas, y también en relación a su capacidad para circular a mayor velocidad.

Otra particularidad de los remolques para el forraje a granel es su capacidad para realizar la recogida del forraje acordonado en el suelo, por lo que habitualmente recibe la denominación de remolque autocargador. Los remolques autocargadores forman parte de la cadena de recogida, tanto del heno, como del forraje en verde con diferentes contenidos de humedad.



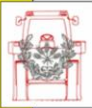
Estructura del remolque autocargador

- 1) Lanza articulada con control hidráulico.
- 2) y 3) Elevador de dedos (pick-up).
- 4) Ruedas de apoyo del elevador.
- 5) Roto alimentador.
- 6) Sistema de accionamiento del alimentador.
- 7) Cuchillas picadoras.
- 8) Canal de corte abatible hidráulicamente.
- 9) Sistema de lubricación centralizado.
- 10) Sistema automático de alimentación y descarga.
- 11) Tensado automático del transportador del fondo de la caja.
- 12) Jaula cerrada.
- 13) Trampilla de acceso a la caja.
- 14) Bastidor de la caja.
- 15) Accionamiento hidráulico del transportador de fondo.
- 16) Sistema de frenos.
- 17) y 18) Ruedas en tándem con muelle para compensación de las oscilaciones.
- 19) Cilindros dosificadores de la descarga.
- 20) Sistema hidráulico de control.



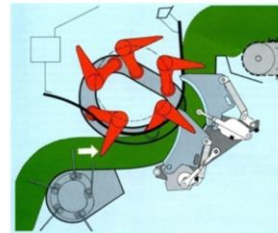
En las versiones de uso común, el remolque autocargador incluye:

- un dispositivo de recogida en el que se incorporan los elementos de elevación y picado;
- una caja cuyo fondo generalmente incorpora un transportador, que ayuda al llenado y vaciado de la caja, con una red para impedir la caída de la carga;
- en la trasera de la caja siempre se incorpora una compuerta basculante y también otros dispositivos de descarga que hacen posible incluso la alimentación directa del pesebre.



Elevador con sistema de picado largo

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Una alternativa a la picadora es el empleo del remolque autocargador provisto de dispositivo cargador que puede trocear el forraje con longitud de picado entre 4 y 20 cm, adecuada al destino final de la hierba (en verde, silo, heno-silo, etc.)

Este picado lo realizan una o dos series de cuchillas, dispuestas en uno o dos bastidores de eje horizontal. Estas cuchillas son fijas o móviles según el modelo de remolque, y siempre se pueden retirar de manera sencilla cuando no se desea el picado (recogida de heno o paja). Generalmente las cuchillas se colocan en el canal de carga, permitiendo el paso de los mecanismos alimentadores que fuerzan el forraje a atravesar las cuchillas, con lo que este resulta cortado.



Sistema de picado basculante

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Afilado automático
de las cuchillas



En algunos modelos de remolques se ha introducido un sistema de afilado automático, que en solo 3 minutos realiza el afilado de 39 cuchillas, lo que permite reducir los tiempos muertos y la potencia necesaria para el picado, ya que las cuchillas se mantiene siempre bien afiladas.

El tamaño de corte depende del número de cuchillas, y la colocación de dos filas de éstas se hace necesaria cuando se desea el picado fino, imprescindible para lograr un ensilado de buena calidad. La presión del forraje en la caja sobre el alimentador ayuda al corte fino, para lo cual conviene retrasar el movimiento del transportador de fondo de la caja.

En silos horizontales no se recomienda picar por encima de 150 a 200 mm, pero en los silos verticales, para evitar problemas en el dispositivo de desensilado, se precisa picados inferiores a 40 mm, algo que está en el límite de las posibilidades del dispositivo picador del autocargador. En estos casos se recomienda realizar en el autocargador un picado largo (aproximadamente 250 mm) y completar el proceso con el picador- lanzador estacionario que se encarga de cargar el silo. Un picado fino en el remolque puede favorecer las obstrucciones en la boca de carga del lanzador.



Características técnicas de los remolques autocargadores

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

Dimensiones	Pequeños	Medianos	Grandes
Anchura del recogedor (m)	1.50-1.60	1.70-1.80	1.80-2.00
Volumen de caja (m ³)	24-32	32-40	45-80
Nº de cuchillas picador	21-31	21-33	30-45
Masa en vacío (kg)	1800-2500	3000-5000	6000-9000



La caja generalmente dispone de un fondo de madera sobre el que se desplaza un transportador de barras de accionamiento intermitente. Este movimiento del transportador es regulable, pero se recomienda que pueda alcanzar de 9-10 m/min para reducir el tiempo de descarga.

El arrastre de un remolque autocargador lo puede realizar un tractor de 45 a 50 kW (60 a 80 CV) de potencia, aunque para arrastrar los grandes remolques, que son los que se utilizan para la alfalfa con destino a la deshidratación en transporte a gran distancia, es frecuente recurrir a tractores de más de 100 kW (136 CV) de potencia, para conseguir mayor velocidad, especialmente cuando en el recorrido hay que superar fuertes pendientes. Para el arrastre de los remolques autocargadores de alta capacidad, es aconsejable la utilización de tractores con transmisión sin escalones (CVT), ya que esto permite ajustar la velocidad de avance a la densidad del cordón de hierba que se recoge, manteniendo el régimen de la toma de fuerza. Si el peso del tractor es reducido en comparación con el del remolque, se debe proceder al lastrado del tractor, especialmente para compensar el efecto de descarga que el remolque producirá sobre el eje delantero.



Curso de Maquinaria Agrícola

Capítulo 07.1-

**Maquinaria para la
recolección de forrajes**

Parte 2.- Empacado y transporte

**Prof. Luis Márquez
Dr. Ing. Agrónomo**