Energía de la Biomasa

Biomasa

Maquinaria agrícola y forestal

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO
IDAE Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

Energía de la Biomasa

Biomasa

Maquinaria agrícola y forestal

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO
IDAE Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

TÍTULO

"Biomasa: Maquinaria agrícola y forestal"

DIRECCIÓN TÉCNICA

IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía)

ELABORACIÓN TÉCNICA

BESEL, S.A. (Departamento de Energía)

Esta publicación ha sido producida por el IDAE y está incluida en su fondo editorial.

Cualquier reproducción, parcial o total, de la presente publicación debe contar con la aprobación por escrito del IDAE.

Depósito Legal: M-45367-2007
ISBN-13: 978-84-96680-18-0

IDAE
Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía
C/ Madera, 8
E-28004-Madrid
comunicacion@idae.es
www.idae.es

Madrid, octubre de 2007

1 Objeto 5

2 Maquinaria convencional 7

2.1 Maquinaria para biomasa leñosa 9

2.1.1 Procesadoras 9

2.1.2 Autocargadores 9

2.1.3 Maquinaria para el astillado y triturado 11

2.2 Experiencias de recogida y pretratamiento de residuos de aprovechamientos maderables 12

2.2.1 Astillado 13

2.2.2 Empacado 16

2.2.3 Conclusiones y resumen de productividades 18

2.3 Maquinaria para biomasa herbácea 18

2.3.1 Equipos de labranza 18

2.3.2 Equipos de abonado 20

2.3.3 Equipos de siembra, plantación y trasplante 20

2.3.4 Maquinaria para la recolección de forraje 21

2.3.5 Tipos de costes de maquinaria y operación 22

2.4 Máquinas de diseño específico para biomasa 22
2.4.1 Empaquetadora de Trabisa 22
2.4.2 Astilladora SAT3 25

3 Bibliografía y referencias 29

1 Objeto

La producción y obtención de biomasa como material procedente bien de cultivos, bien de la explotación del monte con otros fines, son actividades que se deben mecanizar todo lo posible con el objetivo de reducir costes y optimizar la productividad, además de limitar trabajos manuales penosos.



Empacadora Forestpack. Fuente: TRABISA.

Para la siembra, plantación, recolección y otras labores culturales, existe maquinaria en el mercado. No obstante, casi toda ha sido diseñada con miras distintas de la obtención de biomasa con fines energéticos y es por ello que, en general, no hay muchas máquinas diseñadas *ex profeso* para este fin. En el caso de cultivos herbáceos, algunas máquinas existentes se pueden adaptar a fin de aumentar la parte vegetativa que se cosecha o recoge en el campo. En lo que se refiere a materiales leñosos, y más concretamente a compactación y astillado en campo, en España se han desarrollado máquinas especialmente diseñadas para tales funciones.

En este documento se presentan las funcionalidades y características de las máquinas empleadas en la actualidad, enfatizando en aquellas de nuevo diseño para el manejo de la biomasa con fin energético.

En cuanto a biomasas leñosas, la maquinaria que permite recoger y densificar el material antes de su transporte al lugar de utilización o segunda transformación, reduce en gran medida los costes de manejo y transporte, al tiempo que mejora posteriores rendimientos industriales y económicos. En lo relativo a herbáceas, el aspecto más importante es la reducción de las pérdidas de la parte vegetativa que se producen en los procesos de siega, hilerado y empacado.

2 Maquinaria convencional

La biomasa, por su propia naturaleza, requiere de una serie de pretratamientos o transformaciones para ser objeto de un aprovechamiento energético eficiente. Las características intrínsecas y extrínsecas que aparecen tanto en la biomasa agrícola como en la forestal son:

- Gran tamaño de las piezas (granulometría).
- Heterogeneidad y poca uniformidad.
- Elevado contenido en humedad.
- Reducida densidad.
- Gran dispersión de los residuos.
- Dificultad de transporte y manipulación.
- Presencia de residuos no aprovechables como arena, piedras, metales, etc.

Cada tipo de residuo presenta los anteriores inconvenientes en mayor o menor medida. En residuos agrícolas (ramas, hojas, paja), y en los forestales (ramas y hojas verdes), pueden originar algunos problemas en equipos de tratamiento y manejo, tales como el taponamiento en los equipos de astillado, trituración, transporte y manipulación, abovedamientos en silos y tolvas de almacenamiento, fermentación de la biomasa amontonada perdiendo parte de su poder calorífico, e incremento de la humedad.

Estas características son las que dificultan o incluso impiden, a veces, su aprovechamiento como combustibles. Al margen de su poder calorífico, es conveniente que los combustibles biomásicos tengan las siguientes propiedades:

- Homogeneidad y uniformidad.
- Aumento de su densidad natural mediante compactación.
- Humedad relativa baja.
- Limpieza. Deben estar exentos de contaminantes.
- Facilidad de manejo y almacenaje.
- Economía de transporte.

Para conseguir el acondicionamiento de la biomasa y las características necesarias para mejorar la valorización de la misma como combustible, es necesario realizar una serie de modificaciones. Generalmente, estos tratamientos se efectúan antes de la fase de transporte, para reducir el coste del mismo.

Las etapas fundamentales en el pretratamiento son:

- Reducción de la granulometría: consiste en la homogenización y reducción del tamaño de la biomasa, dando la posibilidad de un transporte y almacenaje más sencillo y económico, e incluso la alimentación automática a diferentes equipos. En este proceso se utilizan sistemas de astillado, triturado, molienda, cribado, tamizado y disgregación.
- Reducción de la humedad: fundamental para reducir costes de transporte, se consigue mediante secado. El secado es la fase más costosa de las transformaciones previas. Existen dos formas de secado distintas: secado natural y secado forzado. El secado natural es ideal para zonas con clima mediterráneo o continental y cuando la humedad de la materia prima sea elevada (>30%). Por el contrario, el secado forzado es mucho más costoso y sólo es necesario para algunos usos finales como la producción de pelets.

  En cuanto al secado natural se pueden distinguir dos casos:

  - Secado de residuos previo al astillado inicial.
  - Secado natural de los materiales que han sido previamente astillados.
- Densificación o compactación de la biomasa: consiste en reducir el volumen de la biomasa, consiguiendo minimizar el coste de transporte y almacenaje. Al mismo tiempo se evita la degradación por fermentación. En este proceso existen varias alternativas como son el pelletizado y briquetado, pero el único que nos interesa en este capítulo es el empaquetado o empacado.
- Eliminación de componentes no deseados: consiste en eliminar residuos extraños, como metales, plásticos, piedras. Se aplican técnicas de cribado, separación por gravedad, imanes, triaje manual, etc.

En función del tipo de biomasa, el estado en que es recogida y las características finales que ha de tener, se realizan una serie de tratamientos, estando relacionados directamente con la aplicación final del combustible y su precio.

Se puede distinguir entre dos tipos de maquinaria: la utilizada con la biomasa leñosa y la utilizada con biomasa herbácea.

2.1 Maquinaria para Biomasa Leñosa

2.1.1 Procesadoras





Cabezales multifunción. Fuente: Elaboración propia.

Las procesadoras, cuya aplicación principal es apear y trocear la parte maderable, también pueden trocear las ramas grandes y las copas, para facilitar el posterior trabajo del manejo de los residuos.

Según las experiencias realizadas se demuestra que, si los residuos están amontonados en el campo, en su posterior recolección, ya sea para empacar, astillar, o desemboscar, la productividad es mayor y el coste menor.

2.1.2 Autocargadores

Los autocargadores son utilizados para realizar el desembosque de los materiales, ya sean maderables o con destino energético. Generalmente, este medio de saca se usa junto con otros equipos como una cosechadora de cabezal procesador.

Los autocargadores se clasifican en función de su estructura. Normalmente son tractores forestales con un remolque unido por medio de un sistema de articulación. Están formados por la cabeza tractora y el remolque que se pueden situar en planos distintos. Asimismo, entre los autocargadores, se puede distinguir:

- De semichasis, que tienen doble articulación, una delantera con el sistema motriz y el habitáculo para el operario, con los sistemas de mando y control, y otro trasero con el órgano de trabajo. Cada módulo tiene su propio eje motriz.
- De doble eje: el conjunto sigue siendo articulado, pero ahora es más propio hablar de "cabeza tractora", o simplemente tractor, y remolque u "órgano de trabajo". El tractor forestal, en este caso, es de doble eje y el remolque es exactamente igual al del caso anterior.



Remolque forestal. Fuente: Elaboración propia.

Los órganos de trabajo en todos los autocargadores son la caja de carga y la grúa. El elemento de trabajo activo de un autocargador es la grúa de carga. Está formada por tres elementos principales: el brazo de grúa, el rotator y la grapa. El sistema es accionado desde el habitáculo por medio de un sistema hidráulico.

2.1.3 Maquinaria para el astillado y triturado

Este tipo de maquinaria se utiliza para reducir el volumen de distintos tipos de biomasa:

- Residuos forestales procedentes de tratamientos selvícolas.
- Biomasa leñosa procedente de cultivos energéticos.
- Leñas producidas en las podas de frutales, olivo y vid.
- Residuos de industrias transformadoras de madera.



Astilladora semimóvil con motor diésel. Fuente: Elaboración propia.

Con el astillado se consigue aumentar la densidad del residuo facilitando su secado natural, y economizando en su transporte.

Las astilladoras se pueden clasificar según su sistema de tracción que, a su vez, está relacionado con el tamaño y capacidad de proceso.

- Astilladoras estáticas: son equipos fijos que pueden procesar una gran cantidad de biomasa por hora (cerca de 200.000 kg/h). Generalmente están localizadas en industrias transformadoras de madera o plantas de tratamiento de residuos leñosos.

- Astilladoras semimóviles: son equipos de grandes dimensiones con ruedas, desplazados a las explotaciones para realizar el astillado en campo. Pueden procesar gran cantidad de biomasa en poco tiempo, hasta 100.000 kg/h (árboles enteros, sarmiento, etc.).
- Astilladoras móviles: por su reducido tamaño tienen gran facilidad de acceso a las explotaciones forestales y agrícolas.
  - Astilladoras remolcadas: son de tamaño pequeño, remolcadas y accionadas mediante la toma de fuerza de un tractor. Pueden procesar entre 1.000 y 10.000 kg/h.
  - Astilladoras autopropulsadas: son equipos de mayor dimensión, con tracción autónoma y con producciones que van de 5.000 a 20.000 kg/h.





Trituradora trabajando con sarmientos. Fuente: Elaboración propia y Factor Verde.

2.2 Experiencias de recogida y pretatamiento de residuos de aprovechamientos maderables

En España se han realizado diversas experiencias y pruebas de recogida y tratamientos previos de biomasa de monte. Entre ellas, merece la pena destacar las realizadas por el Centro de Innovación y Servicios Tecnológicos de la Madera de Galicia (CIS Madeira) en masas de *P. pinaster y E. globulus*. Estas experiencias se consideran de interés por la abundancia de datos de operación y los resultados obtenidos, que permiten evaluar los sistemas de recogida puestos en práctica.

En concreto, las experiencias se refieren al astillado y al empacado de residuos del aprovechamiento maderable en masas de las especies mencionadas, en tres diferentes situaciones respecto a la localización y estado de los residuos:

1: Restos de corta dispersos (S1).

2: Restos de corta agrupados en pequeños montones (S2).

3: Restos de corta agrupados a pie de pista en montones (S3).

2.2.1 Astillado

En el caso del astillado en monte, se empleó una máquina astilladora BRUKS 803 CT, con motor independiente de 415 CV, un diámetro de rotor de 800 mm, dos cuchillas, entrada con cadenas motorizadas y rodillo prensor dentado. El volumen del depósito de astillas es de 20 m^3. El autocargador es un VALMET 892 de 6 ruedas, con una potencia de 207 CV.

Las experiencias que se han realizado responden a los siguientes escenarios:

- Restos de eucalipto amontonados a pie de pista.
- Restos de eucalipto dispersos.
- Restos de pino amontonados a pie de pista.
- Restos de pino agrupados en pequeños montones.

Las operaciones que se realizan en las experiencias de astillado son las siguientes:

- Alimentación de la astilladora, es decir, introducir o poner en la mesa de alimentación la biomasa.
- Desplazamiento de la astilladora: movimiento de este equipo con el objetivo de aproximarse a la biomasa.
- Desembosque: en estas experiencias, se denomina desembosque a la operación de transportar la astilla desde donde se produce (parcela o pista) hasta el contenedor más cercano en el que el producto saldría, en camión, hacia el punto de utilización.
- Descarga de la astilla sobre el contenedor, que posteriormente es puesto sobre camión.
- Colocación de la astilla en el contenedor, a fin de repartir el material y aumentar la densidad aparente.

Estas operaciones no pueden ser sincronizadas a la perfección, con lo que se producen unos tiempos muertos, que también es preciso tener en cuenta.

2.2.1.1 Factores que intervienen en la productividad

Las experiencias con las dos especies configuran cuatro escenarios, cuyos resultados se resumen en la siguiente tabla.

	Producción máxima (m^3 estéreo/hora)[1]	Producción media (m^3 estéreo/hora)
Restos de corta de eucalipto agrupados en montones a pie de pista	61,3	39,6
Restos de corta de eucalipto dispersos	37,9	28,3
Restos de corta de pino agrupados en montones a pie de pista	64,9	41,1
Restos de corta de pino agrupados en pequeños montones por parcela	44	31,6

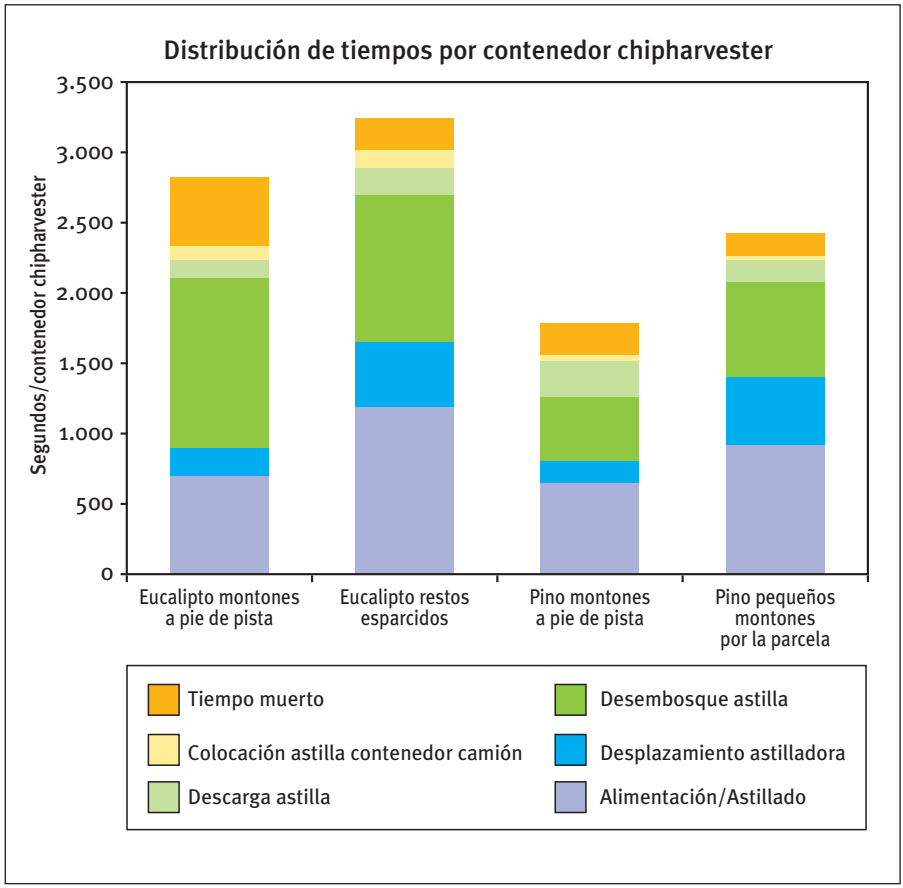
No se incluye el tiempo de desembosque de la astilla.

Producción de astilla en diferentes escenarios. Fuente: CIS MADEIRA.

El astillado fijo a pie de pista es mucho más productivo ya que la alimentación de la astilladora se puede realizar con más facilidad. En consecuencia, la astilladora trabaja a un régimen más próximo a su capacidad nominal, y el hecho de que el conjunto autocargador-astilladora tenga que moverse por la parcela a recoger restos esparcidos, hace que la astilladora trabaje a menor carga de la que es capaz. En resumen, el cuello de botella se produce por la limitación del autocargador, para hacer trabajar a la astilladora a su máxima capacidad.

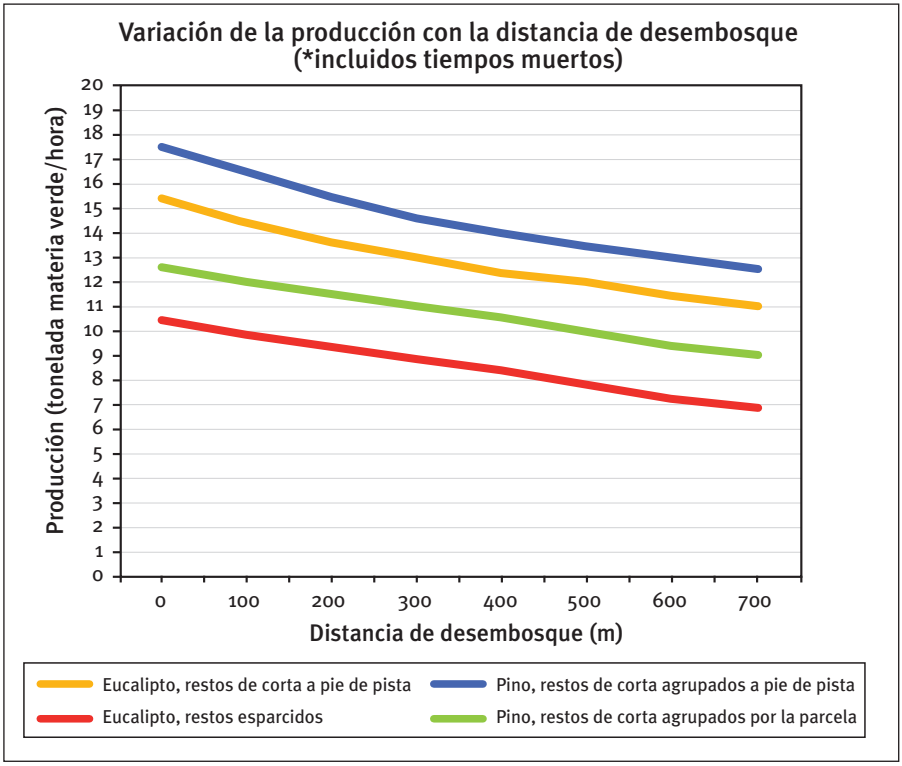
El efecto mencionado se puede comprobar con toda nitidez en la gráfica de distribución de tiempos, en la que tanto la alimentación de la astilladora como el desplazamiento de ésta, consumen más tiempo cuando la biomasa está dispersa en la parcela, tanto para pino como para eucalipto, siendo el resto de los tiempos similar en las otras tareas.

1 Por su utilidad para calcular el volumen de los sistemas de transporte que se pueden requerir, el estéreo es una medida de volumen empleada en el ámbito forestal, que equivale a 1 m^3 aparente. Es decir que, en 1 m^3 aparente, se da por incluido el volumen de aire que hay entre la materia sólida. Su transformación a unidades de masa depende del grado de compactación de la biomasa y de la especie considerada, y no sólo de la densidad de la madera.



Distribución de los tiempos invertidos en las diferentes operaciones. Fuente: CIS MADEIRA.

El tiempo invertido en desembosque puede suponer hasta el 50% del tiempo total, por lo que el estudio de este factor es de importancia. La distancia de desembosque, como se puede ver en el siguiente gráfico, influye negativamente en la productividad. Esta influencia es independiente de la especie y del lugar donde se realiza el astillado. La variable fundamental en la reducción de la productividad es la distancia, en aproximadamente un 6% cada 100 m, en los primeros 300 m, y un 5% cada 100 m, a partir de los 400 m.



Influencia de la distancia de desembosque sobre la productividad. Fuente: CIS MADEIRA.

2.2.2 Empacado

Las experiencias realizadas en lo referente al empacado se han desarrollado empleando una empacadora y un autocargador, en las mismas situaciones que para las experiencias de astillado.

La empacadora, una Fiberpack que se alimenta a través de una mesa de entrada dotada de rodillo dentado y motorizado, produce unas pacas o balas cilíndricas, con un diámetro de 700 m y una longitud ajustable que, en el caso de las experiencias, fue de 3 m. Por tanto, el volumen de las pacas es de aproximadamente 1,2 m^3. Las pacas, que van atadas cada 50-60 cm, son producidas a un ritmo de entre 20 y 25 unidades por hora.

El autocargador fue un Timberjack 1210 B de 8 ruedas y 170 CV.

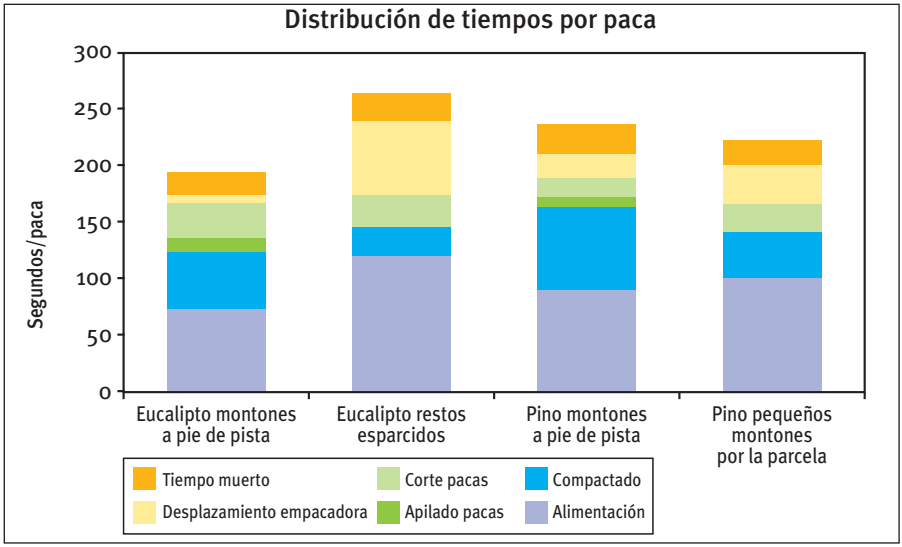
Las operaciones que se llevaron a cabo en las experiencias de empacado fueron las siguientes:

- Alimentación de empacadora con pinza del autocargador.
- Compactado de la biomasa.
- Corte de las balas a la longitud deseada.
- Apilado al margen de la pista.
- Desplazamiento de la empacadora por el monte o la pista, para acercarse a la biomasa.

En la tabla siguiente se indican las productividades horarias resultantes de la experiencia para cuatro escenarios, dos con pino y dos con eucalipto.

	Producción (pacas/h)
Eucalipto montones a pie de pista	18,3
Eucalipto restos esparcidos	13,9
Pino montones a pie de pista	15,6
Pino pequeños montones esparcidos por la parcela	16,2

En las pruebas con restos de eucalipto en estado verde, se obtuvo un peso medio por unidad compactada de 650 kg con un contenido en humedad medio del 80% en base seca. Con el material más seco (humedad media en torno al 35%) el peso medio fue de 480 kg. En el caso de las pruebas con restos de pino, las pacas con un contenido medio de humedad del 55% tuvieron un peso medio de 460 kg.



Distribución del tiempo de producción de balas según el método empleado. Fuente: CIS MADEIRA.

2.2.3 Conclusiones y resumen de productividades

Al margen de la técnica de recogida empleada en cada caso, hay dos aspectos clave que se ponen de manifiesto para lograr optimizar económicamente este tipo de operaciones.

Por un lado, la planificación integrada de todas las tareas a realizar (incluyendo las labores de aprovechamiento previas) es un requerimiento imprescindible para alcanzar niveles de eficiencia adecuados, teniendo en cuenta su alto impacto sobre el rendimiento de la recogida.

Asimismo, la organización del trabajo debe realizarse de forma que pueda alcanzarse un nivel de utilización elevado, que permita reducir el coste fijo horario de las máquinas. En este sentido, cabe añadir que, lógicamente, el tamaño medio de las explotaciones tiene una importante repercusión sobre la incidencia del coste de transporte.

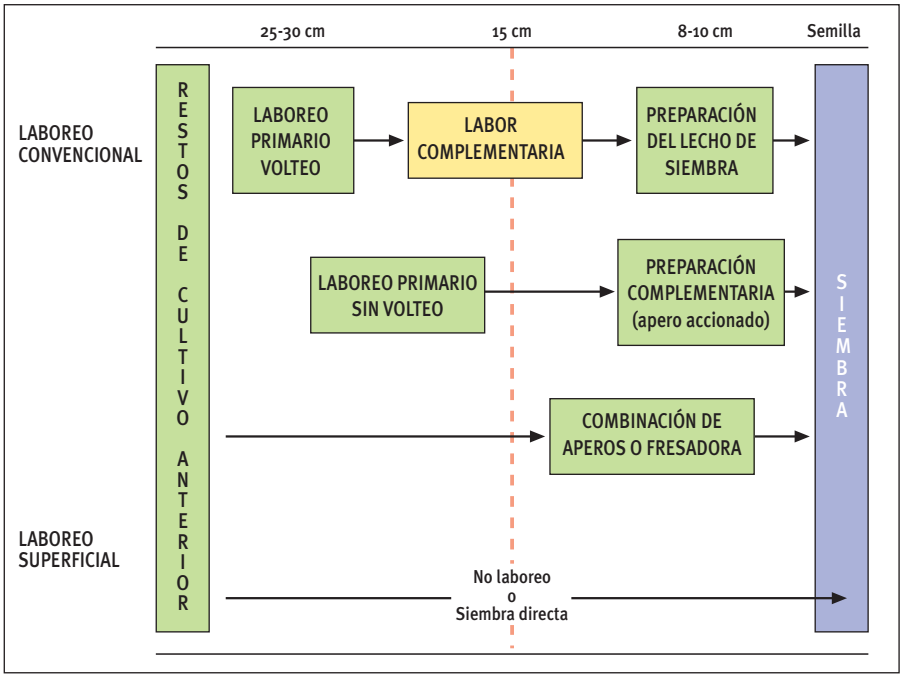
La conveniencia del sistema de astillado o compactación vendrá dada en función del equipamiento disponible y, sobre todo, del tipo de organización logística adoptado. Hay que tener en cuenta que el sistema de compactación permite una mayor flexibilidad en la organización del transporte a planta y, a diferencia del sistema de astillado, admite medios de transporte comunes en trabajos forestales.

2.3 Maquinaria para biomasa herbácea

La maquinaria agrícola se puede clasificar en función de su accionamiento, ya que pueden ser no accionadas o accionadas. En este último caso, podrán ser accionadas por la toma de fuerza del tractor, por el hidráulico o por sus propias ruedas. A su vez, se pueden clasificar en función del trabajo que desarrollen, así nos encontramos con:

2.3.1 Equipos de labranza

Su finalidad es preparar el suelo arable o cama de siembra, que son los 30 cm más superficiales donde se da el máximo desarrollo radicular de las plantas. La labranza consiste en realizar de forma artificial lo que la naturaleza realiza de forma natural, una descompactación del suelo para su posterior manejo con cultivo.



Esquema para la preparación del terreno. Fuente: Escuela de Ingenieros Agrónomos de la Universidad Politécnica de Madrid.

Los tipos de aperos de labranza según la profundidad de trabajo y el tipo de accionamiento son los siguientes:

Profundidad de labor	Accionamiento	Tipo de maquinaria
40 - 60 cm	Fijos	Subsoladores
		Descompactadores
Labores primarias 20 - 35 cm	Fijos	Arado de vertedera y chisel
	Giratorios	Arado de discos
	Toma de fuerza	Cavadoras
Labores superficiales 5 - 15 cm	Fijos	Cultivador 15 cm
		Vibrocultivador 8 cm
		Rastra de púas 15 cm

Profundidad de labor	Accionamiento	Tipo de maquinaria
	Giratorios	Grada de discos
		Grada de púas alternativas
		Grada de púas giratorias
		Rodillos
		Rotocultores autoaccionados (fresadoras, de formones)

Tipos de aperos de labranza. Fuente: Departamento de Ingeniería Rural de la Escuela de Ingenieros Agrónomos de la Universidad Politécnica de Madrid.

2.3.2 Equipos de abonado

La abonadora es la máquina utilizada para la distribución del abono. Existen diferentes tipos de abonadoras según sea la distribución del producto fertilizante:

- Abonadoras por gravedad.
- Abonadoras centrífugas o de proyección.
- Abonadoras neumáticas.

2.3.3 Equipos de siembra, plantación y trasplante

Sembrar es introducir un órgano vegetativo a la profundidad adecuada para que dé lugar a una planta. El órgano vegetativo puede ser una semilla, un bulbo o tubérculo y una plántula.

Sembradoras a chorrillo				Sembradora a golpes/monograno		
Caída por gravedad		Neumáticas		Caída por gravedad	Neumática	Sistema de distribución
Rodillo acanalado (un dosificador por línea)	Rueda dentada	Con dosificador único para todas la líneas	Un dosificador por línea	Mecánica de discos Mecánica de cintas	De presión Mecánica	Sistema de dosificación
	Botas					
	Rejas					
	Un disco					
	2 discos					

Tipos de sembradoras. Fuente: Departamento de Ingeniería Rural de la Escuela de Ingenieros Agrónomos de la Universidad Politécnica de Madrid.

2.3.4 Maquinaria para la recolección de forraje

Existen diferentes tipos de máquinas para la recolección del forraje que tienen su importancia en la recolección de biomasa de especies como brasicas, sorgos, y otras. Se pueden distinguir los siguientes equipos:

Segadoras	Alternativas	Cuchilla simple
		Doble cuchilla
	Rotativas	Eje horizontal (mayales)
		Eje vertical (discos, tambores, mixtos)
Rastrillos	Accionados por la toma de fuerza	De molinete horizontal, de cadenas de soles
	Accionados por un eje horizontal	Horquillas verticales y horizontales, peines oscilantes
Accionadores (después de la segadora)	De rodillos	
	De dedos	
Picadores	De mayales	
	De precisión o de corte exacto	
Empacadoras	Prismáticas	
	Rotoempacadoras	

Tipo de maquinaria para la recolección de forraje. Fuente: Departamento de Ingeniería Rural de la Escuela de Ingenieros Agrónomos de la Universidad Politécnica de Madrid.



Cosecha de sorgo forrajero. Siega, picado y carga sobre camión que circula en paralelo a la segadora. Fuente: SAVB.

2.3.5 Tipos de costes de maquinaria y operación

Los costes de maquinaria y operación tienen dos componentes:

- Costes fijos: dependen a su vez de la depreciación de la máquina, interés, seguros de accidente, impuestos y alojamiento.
- Costes variables: se calculan en función el número de horas de trabajo de la máquina. Sus componentes son: mano de obra, costes de combustible, lubricante, reparaciones y mantenimiento.



Cosecha de cabezuelas de *C. cardunculus* para producción de semilla. Fuente: Junta de Andalucía.

2.4 Máquinas de diseño específico para biomasa

2.4.1 Empaquetadora de Trabisa

TRABISA ha desarrollado la segunda generación de una máquina autopropulsada, con capacidad de alimentar y empaquetar todo tipo de materiales leñosos, tomando como base estructural un modelo anterior.

Gracias al trabajo de la empaquetadora se consigue compactar y dar forma al material, reduciendo los costes de transporte y el espacio de almacenamiento del mismo. Con este modelo nuevo se consigue una densidad de material de hasta 0,7 t/m^3.

El objetivo de la máquina es reducir la densidad del material, teniendo la capacidad de empacar incluso si el material está contaminado por piedras, troncos, tocones, etc.




A la izquierda, equipo de primera generación y a la derecha, el modelo nuevo, ambos trabajando. Fuente: TRABISA.

Los materiales que puede embalar son:

- Residuos forestales: pino, chopo, eucalipto, etc.
- Ramón de olivo
- Naranjo
- Árboles frutales
- Cepas de vid y sarmiento
- Residuos agrícolas
- Residuos de invernadero
- Algodón
- Paja de arroz
- Cereales




Balas de pino (izquierda) y poda de almendro (derecha) procesadas con la empaquetadora de TRABISA.

Los datos técnicos de este nuevo modelo de empaquetadora mejoran mucho respecto el modelo anterior, consiguiendo un mayor rendimiento y una mayor capacidad de trabajo.

Datos técnicos		Rendimiento de empaquetado	
Motor	300 CV	Residuos forestales	20 balas/h
Medidas	Largo: 9.018 mm	Ramón de olivo	25 balas/h
	Anchura: 2.543 mm	Naranjo	20 balas/h
	Altura: 3.631 mm	Cepas	20 balas/h
Peso	18.000 kg	Sarmientos	25 balas/h
Número de ejes	2	Árboles frutales	20 balas/h
Tracción	4 x 4	Restos agrícolas	25 balas/h

Datos técnicos y rendimiento de trabajo de la empacadora. Fuente: TRABISA.

El peso de la bala varía entre 300 y 700 kg dependiendo del tipo de material y su contenido en humedad.

Las medidas de la bala son: ancho de 700 mm, alto de 1.000 mm y largo opcional.

2.4.1.1 Funcionamiento y operación de la máquina

La operación de la máquina es sencilla. Sólo es necesario un operario que, desde la cabina, y mediante el mando de control, es capaz de manejar la pluma incorporada en la empaquetadora para ir recogiendo el material a embalar.

La pluma introduce la biomasa en un cubículo que, mediante un sistema hidráulico empuja ésta hacia un sistema de rodillos con púas. Los rodillos van recogiendo el material y lo van comprimiendo, al tiempo que le van dando la forma rectangular final. A continuación se produce el atado de las balas, antes de ser expulsadas al suelo.

Como la pluma no suministra material suficiente en cada carga, la máquina funciona en discontinuo, es decir que, hasta que no se ha alimentado la cantidad necesaria para formar una bala, no se finaliza el proceso de embalado. La bala se va comprimiendo a medida que se hacen cargas en el cubículo, pero no se finaliza la bala hasta que no hay suficiente material en la máquina.

Cuanta más biomasa se carga cada vez, aumenta la productividad horaria de la máquina.

2.4.2 Astilladora SAT3

La Agencia Andaluza de la Energía comenzó en el año 1998 a estudiar la logística necesaria para la recogida de los restos de poda de olivar que se generan en Andalucía. Se decidió trabajar con este material ya que en Andalucía cada año se producen 1.500.000 toneladas de poda. Por otro lado, existen varias plantas de biomasa que se encuentran ubicadas en las zonas donde está el cultivo del olivar.

Se realizaron pruebas de astillado y empacado con maquinaria de otros países, principalmente de Suecia, Alemania y Finlandia. Estas máquinas no dieron los resultados esperados, ya que estaban diseñadas para los residuos forestales y para condiciones orográficas y climáticas distintas.

La principal peculiaridad de la poda del olivar es su baja densidad, elevado volumen y reducido peso. Esa circunstancia hace que sea necesaria una maquinaria con un sistema de alimentación específico.

Debido a que los resultados no fueron los esperados, se decidió la fabricación de una máquina específica para la recogida de la poda del olivar. Este proyecto se financió con fondos de la Agencia Andaluza de la Energía (Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa) y Valoriza Energía. Se contrató a una ingeniería andaluza que, con la ayuda de los técnicos de la Agencia, diseñó la máquina. Posteriormente se construyó, en talleres de Andalucía, el primer prototipo.

Este primer prototipo constaba solamente del cabezal y era necesario un tractor de 200 CV para su tracción. Este sistema se utilizó durante las campañas 2004 y 2005. Los mejores resultados se han obtenido con la rama de olivar y el sarmiento de vid. También se ha probado con el cañote de girasol y la mata de algodón.



Cabezal prototipo de astillado propulsada por tractor.

La ventaja de este sistema respecto al autopropulsado es que el tractor se puede utilizar para otras labores agrícolas. El principal inconveniente se debe a que el tractor pasa por encima de las ramas, lo que ocasiona menores rendimientos. Existe en el mercado una máquina de características parecidas de la empresa SERRAT, concretamente el modelo de trituradores Olipack.

Los resultados obtenidos con el cabezal fueron los esperados, por ello se decidió la fabricación de la máquina autopropulsada (tipo cosechadora). Durante la campaña de poda del 2007, la Sociedad Andaluza de Valorización de la Biomasa (SAVB) llega a un acuerdo con los propietarios de la máquina para la realización de pruebas de campo en régimen normal de trabajo. Los resultados obtenidos fueron muy alentadores pues se demostró que era posible obtener altos rendimientos de recogida de poda sin problemas técnicos de ningún tipo.

Una vez analizados los resultados, se ha decidido la construcción de cinco nuevas máquinas que estarán en funcionamiento en la campaña 2007. En concreto se van a construir tres modelos autopropulsados y dos cabezales con tracción mediante tractor.

Estas máquinas serán utilizadas por empresas agrícolas que dan servicios a los agricultores.



Ramón de olivo alineado para su triturado.

El agricultor, una vez podado el árbol, retira la leña gruesa y alinea el ramón entre las calles. Posteriormente pasa la máquina que astilla el ramón y evacua la astilla al remolque. Una vez lleno el remolque se sustituye por otro vacío y se transporta al consumidor.



Astilladora autopropulsada Sat3 trabajando con poda de olivo.



La nueva retribución a la generación de energía eléctrica, y lo que pueda aportar el agricultor por la retirada de las ramas, hacen de este sistema un negocio rentable.

Por tanto es una máquina agrícola autopropulsada para la recolección de restos leñosos de explotaciones agrícolas: poda de olivo, caña de girasol, plantas de algodón, poda de vid, etc. Sus características técnicas son:

- Masa total: 12.300 kg.
- Masa sobre el eje delantero: 7.380 kg.
- Masa sobre el eje trasero: 4.920 kg.
- Distancia entre ejes: 2.500 mm.
- Anchura máxima: 2.500 mm.
- Altura máxima: 3.410 mm.
- Longitud máxima: 8.670 mm.
- Motor: Scania DC9 200 kW.



Recogedora-Astilladora autopropulsada.

3 Bibliografía y referencias

- Departamento de Ingeniería Rural de la Escuela de Ingenieros Agrónomos de la Universidad Politécnica de Madrid.
- Bajo Pérez, V. M. (Ingeniero Técnico Forestal). *Guía de Maquinaria Forestal*. http://usuarios.lycos.es/maquinariaforestal/
- Factor verde.
- Sociedad Andaluza de Valorización de la Biomasa.
- Valoriza Energía.
- Nº 10 de la Revista del Centro de Innovación y Servicios Tecnológicos de la Madera de Galicia (CIS Madeira). *Aprovechamiento de la Biomasa Forestal producida por la Cadena Monte-Industria de Galicia* (páginas 6-25).
- CIEMAT. *La biomasa como fuente de energía y productos para la agricultura y la industria, vol. II.*

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

c/ Madera, 8 - 28004 Madrid
Tel.: 91 456 49 00. Fax: 91 523 04 14
comunicacion@idae.es
www.idae.es

ISBN 978-84-96680-18-0

P.V.P.: 5 € (IVA incluido)