

Organización de la maquinaria en explotaciones forestales para la extracción de biomasa residual

BORJA VELÁZQUEZ MARTÍ. Dr. Ingeniero agrónomo.
Departamento de Mecanización y Tecnología Agraria. Universidad Politécnica de Valencia.

Este trabajo ha sido utilizado como base en el proyecto de investigación "Desarrollo de sistemas mejorados de extracción de biomasa forestal para su aprovechamiento energético dentro de una gestión sostenible del monte", el cual ha sido realizado por el autor en la Universidad Albert Ludwigs de Freiburg (Alemania). En el mismo se exponen las diferentes formas de organización que se emplean en Centroeuropa para la extracción de biomasa residual de los aprovechamientos madereros para su utilización como fuente de energía.

Una de las principales fuentes de energía renovable es la combustión de biomasa, la cual es considerada neutral desde el punto de vista ambiental en la emisión de CO₂ a la atmósfera. Por ello, en los últimos años los gobiernos de los paí-

ses de la Unión Europea están promocionando la construcción de plantas destinadas a este fin. La mayoría de estas plantas de generación de energía se están abasteciendo de restos de la industria maderera que podrían reutilizarse como materia prima de otros subproductos, como table-

ros de fibra, conglomerado etc. Esto supone un planteamiento ambiental inadecuado dado que el CO₂ fijado en los procesos biológicos de la producción forestal debería ser devuelto a la atmósfera lo más tarde posible en la cadena productiva. Por otra parte, España es un país deficitario en recursos

madereros y las plantas energéticas compiten con las industrias que usan estos residuos, las cuales tienen problemas de abastecimiento. Además, mucha de la biomasa producida en los sistemas agrícola y forestal no es utilizada para la producción de bioenergía debido a que presenta diferentes dificultades técnicas en su extracción, manipulación y transporte, así como a la carencia de suficiente información sobre la cantidad y calidad de estos residuos.

Obtención de la biomasa

Actualmente, una gran cantidad de biomasa residual es generada en la gestión del monte, especialmente en operaciones de limpieza para prevención de incendios, restos de los claros y podas, apertura de vías forestales y principalmente talas finales. La biomasa residual que no es capaz de degradarse con rapidez supone un serio peligro dado que puede ser foco de incendios o de proliferación de insectos perjudiciales, y además causa un impacto visual en aquellos montes destinados al turismo de montaña (foto 1). La investigación realizada en el proyecto mencionado ha ido encaminada al estudio de la posible utilización de esta biomasa adicional



Foto 1. Biomasa residual procedente de un aprovechamiento maderero.



de los montes que no ha sido usada hasta ahora como fuente de energía de industrias que utilizan el calor dentro de su proceso productivo, pudiendo ser abastecidas con bioenergía. Por medio de métodos empíricos se han estudiado diferentes opciones de aprovechamiento, técnicas de extracción de la biomasa, astillado y transporte, que en este artículo se describen.

Eficiencia en el trabajo de extracción

En general, una eficiente extracción de los residuos forestales irá ligada a una organización del trabajo que debe buscar las técnicas que resulten más económicas para obtener el máximo margen posible en el aprovechamiento forestal. Esto se conseguirá integrando los sistemas de corta y procesado con la concentración de la biomasa residual en diferentes áreas destinadas para ello. Es decir, deben realizarse las operaciones de aprovechamiento maderero y concentración de biomasa residual conjuntamente. Posteriormente a la concentración, el gran volumen y la baja densidad de los

materiales residuales obligan a realizar un astillado o un empaclado que permita un transporte económico y eficiente. Según las características de los equipos de astillado y empaclado, los esquemas de trabajo serán diferentes. A continuación se exponen aquéllos que son más utilizados en Centroeuropa.

Sistemas de extracción previa trituración con astilladoras móviles

Las astilladoras móviles son capaces de desplazarse por las vías de saca en el interior de la zona de trabajo, pudiéndose realizar la carga de forma manual o con grúa cargadora de pinzas en el punto donde se encuentran los residuos. Estas astilladoras poseen un depósito propio de unos 15 a 20 m³ para el almacenamiento de la astilla producida, lo que permite realizar un trabajo continuado en un área más o menos grande (fotos 2 y 3). Cuando el depósito propio de la máquina está lleno, es necesario vaciarla en contenedo-

res de acopio y transporte que se sitúan en las pistas forestales. El vaciado suele ser por impulsión neumática o vuelco (foto 4). Los contenedores de transporte utilizados para la astilla son cargados y descargados por camiones preparados para tal fin o pueden ser traccionados por un tractor agrícola. Suelen tener una capacidad de 30-40 m³ (foto 5). Una vez llenos, serán transportados hasta la planta de transformación o directamente a la industria.

Tiempo de ciclo de trabajo

En el caso de una astilladora móvil, el tiempo del ciclo se divide en los siguientes periodos:

1. Tiempo de desplazamiento en vacío: período durante el cual la astilladora se desplaza por la vía de saca desde el contenedor de acopio hasta la zona de trabajo. Este recorrido lo hace al principio de ciclo y estando el depósito de la máquina vacío.

2. Tiempo de trabajo: este período viene condicionado por la capacidad del depósito donde se almacena el material triturado. Se divide en dos partes:

- Trabajo con carga: tiempo en el que la plataforma de alimenta-

Fotos 2 y 3. Astilladora móvil que recoge residuos en la zona de trabajo.

Foto 4. Vaciado de contenedor por vuelco.

Foto 5. Descarga del contenedor de acopio.

Foto 6. Astilladora transportable que trabaja en la pista forestal.

Foto 7. Astilladora transportable.

ción está con material que está siendo astillado. Este período se identifica porque el sonido de la trituración es muy alto.

- Trabajo en vacío: tiempo en el que la plataforma de alimentación no tiene material. En este período la máquina está trabajando y el gasto energético no se ha interrumpido, pero la producción de astillas está siendo nula. Este período se identifica por una acústica de trabajo más silenciosa.

3. Tiempo de desplazamiento entre las diferentes zonas de trabajo, es decir, entre los montones donde se concentran los residuos forestales.

4. Una vez está lleno el depósito de almacenamiento de la astilladora, la máquina se desplaza desde la zona de trabajo al área de acopio donde se sitúa el

contenedor en el que realizará el vaciado. La velocidad de desplazamiento es más lenta debido al peso que supone tener el depósito lleno.

5. Tiempo empleado en las operaciones de vaciado.

Una vez lleno el contenedor de acopio, también hay que contabilizar el tiempo de espera para que llegue el camión de transporte y la duración de las operaciones de posicionamiento y carga del contenedor.

El tiempo empleado en el ciclo de trabajo será el sumatorio de los períodos descritos. Además, habrá que añadir interrupciones diversas causadas por esperas cuando no hay ningún contenedor vacío para poder reanudar el ciclo de la astilladora, tiempo empleado en preparativos para el trabajo, ausencias del trabajador, tiempos de descanso, averías, etc.

Producción teórica

Estará definida por el volumen de astillas que es capaz de realizar por unidad de tiempo de trabajo efectivo. Esta produc-

ción teórica es tomada en el tiempo del ciclo en el cual la máquina está astillando y por tanto descontando desplazamientos de la misma, tiempo de carga, etc. Dependerá exclusivamente de las características mecánicas del sistema de astillado y de las propiedades físicas del material a astillar (resistencia al corte, humedad del material, densidad, etc.).

Producción real

Está definida como el volumen de material astillado por unidad de tiempo de trabajo, considerando el ciclo completo.

La producción teórica es tomada como la producción máxima posible, estando todo el tiempo de trabajo la máquina astillando. La producción real vendrá dada por la producción teórica por un factor minorante, que dependerá de diversos factores:

- Organización del trabajo: distancias recorridas.
- Tipo de trabajo: cortas a hecho, clareos, obras de infraestructura (cortafuegos o vías forestales).
- Condiciones de la parcela: pendiente, densidad de la vegeta-

- ción, etc.
- Condiciones climáticas.
- Experiencia de los operarios.

Este factor minorante se denomina factor de aprovechamiento de la máquina.

El factor de aprovechamiento nos permite comparar diferentes sistemas organizativos, aun empleando máquinas de astillado diferentes.

Sistemas de extracción previa trituración con astilladoras autopropulsadas o transportables

Las astilladoras transportables son máquinas que van montadas sobre un camión que generalmente no puede circular por la parcela forestal a causa de las irregularidades del terreno, la fragilidad de los neumáticos, la potencia exigida al equipo y por la compactación que supondría su tránsito debido a su elevado peso. Estas razones obligan a la máqui-

na a trabajar desde la pista forestal en posición fija (**fotos 6 y 7**). Los sistemas de extracción con estas máquinas obligan a que durante o posteriormente al aprovechamiento maderero un tractor autocargador preparado para circular por las zonas de corta recoja los residuos y los amontone en un lugar accesible para la astilladora, generalmente a un lado de la pista forestal o en cargadero (**foto 8**).

Las astilladoras transportables suelen ser máquinas de elevada potencia. Poseen un motor independiente del propio camión de unos 400-600 CV. Son capaces de triturar piezas de elevado tamaño procedente de los despuntes. Para la colocación de los residuos en la plataforma de alimentación estas máquinas poseen una pluma con pinza cargadora. Tras la trituración, existe un sistema continuo de descarga, de forma que a medida que se va produciendo la astilla, se va depositando directamente en el contenedor de transporte similar a los descritos anteriormente (**foto 9**).





Foto 8. Tractor autocargador que recoge restos forestales para su concentración en pista forestal.

Foto 9. Contenedor de acopio preparado en la pista forestal para ser llenado por la astilladora transportable.

Foto 10. Colocación del contenedor y la astilladora en paralelo.

En las experiencias realizadas en el sur de Alemania, la tala de una superficie de 0,5 ha de *Picea abies* con una densidad de 125 pies/ha precisó ocho contenedores de estas características.

Este sistema de extracción presenta el inconveniente de ser dificultoso en terrenos con pendientes acusadas, al tiempo de necesitar espacio para la colocación de la astilladora y el contenedor de transporte en paralelo (foto 10).

En la evaluación de las astilladoras transportables el tiempo de desplazamiento en vacío es nulo. No así el tiempo de desplazamiento entre las diferentes zonas de trabajo, dado que el tractor que concentra los resi-

duos a los pies de la pista forestal realiza diferentes pilas que pueden estar separadas una distancia variable (normalmente 60-80 metros). Por tanto, éstas se ven obligadas a desplazarse distancias cortas dentro de la pista forestal durante el tiempo de trabajo. Como estas máquinas depositan la astilla directamente en contenedor mediante una impulsión neumática, tam-

ELIJA KUHN, ELIJA LA DIFERENCIA



FC 303/353 CONSTANT FLOAT®

UN MAYOR ALIGERAMIENTO PARA OBTENER MEJORES RESULTADOS

El porvenir pertenece a aquellos que sabrán controlar los niveles de ácido butírico en la leche y conservar la cubierta vegetal para acelerar el crecimiento. Para conseguir estos retos, KUHN ha inventado un sistema de aligeramiento constante CONSTANT FLOAT® para las segadoras acondicionadoras FC 303/353, de regulación sencilla y fiable.



CONSTANT FLOAT®
Aligeramiento constante sobre un amplio desplazamiento. Una exclusividad KUHN.



www.kuhn.es

175
Years of Excellence

KUHN IBÉRICA, S.A.

Pol. Ind. Los Frailes, 23 • 28814 Daganzo (Madrid) • Tel.: 91 878 22 60 • Fax: 91 878 25 01

e-mail: info@kuhn.es



Foto 11. Empacadora de pacas cilíndricas.

Fotos 12 y 13. Empacadora que trabaja en pista forestal.

Foto 14. Camión que transporta residuos forestales empacados.

poco posee un tiempo de vaciado de los materiales, dado que éste es simultáneo al propio astillado.

Sistemas de extracción por empacado

Estos equipos de recogida de restos forestales tienen como principio de funcionamiento la compactación de los materiales. De esta forma es posible optimizar el almacenamiento y transporte utilizando equipamiento forestal convencional. Las empacadoras son máquinas autónomas que recogen los residuos forestales directamente del suelo a través de una pinza adaptada, y los depositan en un dispositivo de compresión propio de la máquina donde, tras el aumento de la densidad, los materiales quedan ligados mediante una cuerda plástica formando pacas de forma variable (foto 11). La diferencia principal entre los distin-

tos sistemas se centra básicamente en la geometría de la paca y en el sistema de atado. El empacado de los residuos facilita su transporte hasta planta, donde los materiales serán astillados. Por tanto, después del empacado, las pacas deben ser transportadas.

Las máquinas empacadoras normalmente trabajan en la pista forestal debido a que requieren un amplio espacio de trabajo que no presente dificultades de maniobrabilidad, por lo que los materiales deben ser concentrados previamente en un lateral de la misma o en el cargadero mediante un tractor autocargador (fotos 12 y 13), aunque a veces diferentes sistemas de corta en zonas de poca pendiente y baja densidad de vegetación permiten que se adentren en la zona de trabajo. En este sentido, los residuos forestales siguen la misma cadena de extracción que las tronzas de la fracción de biomasa maderable. Una vez están concentrados los residuos en la pista forestal, la máquina empacadora forma las pacas depositán-

dolas en pilas a la espera de un camión de transporte forestal convencional (foto 14). Durante la espera, los materiales pueden sufrir un proceso de secado que mejorará las propiedades energéticas. Los materiales transportados al llegar a la planta de transformación pueden ser almacenados en una zona de recepción al aire libre, tal como se hace con troncos maderables. Cuando se precise material combustible para las calderas de generación energética, las pacas serán previamente astilladas en máquinas estáticas.

Las etapas del ciclo de trabajo de la empacadora vendrán dadas por:

Tiempo de empacado

La grúa va recogiendo los materiales de los montones y va depositándolos en el canal de compresión. Este período se divide en dos partes:

- Trabajo con carga: tiempo en el que la plataforma de alimentación se halla con material que está siendo compactado.

- Trabajo en vacío: tiempo en el que la plataforma de alimentación no tiene material. En este período la máquina está trabajando y el gasto energético no se ha interrumpido.

Tiempo de corte y atado

Es el período empleado en pasar la motosierra o disco de corte

por los extremos del canal de compresión a la distancia convenida para que la longitud de las pacas resultantes sea similar en cada una de las unidades, y pasar los flejes alrededor del material comprimido.

Tiempo de expulsión de la paca y apilado

Consiste en la apertura de la compuerta de expulsión, salida de la paca por gravedad y apilado de la misma mediante la grúa de pinzas.

Tiempo de desplazamiento

Tiempo entre las diferentes zonas de trabajo, es decir, entre los montones donde se concentran los residuos forestales.

Del mismo modo que en las astilladoras, el ciclo de trabajo será la suma de cada período descrito. Otros tiempos que habría considerar son: interrupciones diversas del ciclo, tiempo empleado en preparativos para el trabajo, ausencias del trabajador, tiempos de descanso, etc.

También habrá que considerar la producción teórica y real. La producción de las empacadoras vendrá definida por los siguientes parámetros:

- Volumen de las pacas.
- Número de pacas realizadas por unidad de tiempo efectivo de trabajo.
- Número de pacas realizadas por unidad de tiempo real de trabajo.
- Densidad aparente de las pacas.
- Densidad real. ■

MLT : la cultura del trabajo ~~bien~~ hecho

mejor



manipulando paja



limpiando granjas



ensilando



cargando cereales

La cultura del trabajo bien hecho significa optimizar todas las tareas de la finca con más rapidez y más eficacia que nunca.

Esté manipulando paja, o ensilando, limpiando las granjas, cargando camiones, manejando estiércol o manipulando cereales, MLT trabajará más horas que cualquier otra máquina de su finca.

Sus prestaciones hidráulicas, su fuerza, su seguridad y su maniobrabilidad son todas las características que hacen de Manitou el líder en agricultura.