

EL EMPACADO DE RESIDUOS FORESTALES

Ensayo de la rotoempacadora Valmet Woodpac



La puesta en el mercado de las empacadoras para leña constituye una valiosa alternativa para la recogida y transporte de los restos de poda y residuos procedentes de la limpieza de los montes.

Los restos de poda y los residuos procedentes de la limpieza de los montes son un problema, ya que favorecen la propagación de los incendios forestales. La forma tradicional de eliminarlos ha sido

mediante el empleo de máquinas trituradoras accionadas por tractores; de esta manera, el residuo picado se descompone con mayor facilidad.

Por otra parte, el aumento de la demanda de energías renovables ha valorizado estos materiales residuales, por lo que se han buscado soluciones para recogerlos y aprovecharlos de manera rentable.

La recogida y el transporte a granel de estos residuos obligan a disponer de cajas con gran capacidad, lo que dificulta y encarece el traslado hasta los lugares de aprovechamiento. La puesta

en el mercado de las empacadoras para leña abre nuevas oportunidades, especialmente para los montes de escaso valor maderero, pero también para el aprovechamiento rentable de los residuos que se generan durante la limpieza y mantenimiento de las áreas forestales.

■ El monte y el bosque

En los países mediterráneos, a diferencia de lo que sucede en otros países del centro y norte de Europa, las masas forestales suelen estar unida a la montaña.

De aquí que el término 'monte' se utilice como referencia para describir las zonas en las que se realicen los aprovechamientos forestales.

Esto obliga a utilizar material específico que se pueda desplazar en zonas con fuertes pendientes, sin perder otras características, como el gran despeje, para superar los obstáculos que pueden aparecer en el bosque, o el reducido radio de giro, para poder maniobrar entre los árboles.

En todo el proceso de corta y entresaque, las procesadoras están ocupando progresivamente el lugar de las motosierras manejadas a mano, aunque éstas sigan siendo imprescindibles, especialmente en el derribo en zonas con fuertes pendientes.

Para los claros de zonas forestales, en cierto modo marginales, a medida que se ponen en el mercado vehículos forestales maniobrables y aptos para desplazarse sobre parcelas con fuertes pendientes, se están utilizando ya las procesadoras de árboles, aunque con cabezales de menor dimensión, adecuados para el tamaño de los árboles sobre los que van a actuar.

Durante el procesado, se separa la parte del árbol con aprovechamiento maderero de los restos, que se apilan para su posterior recogida utilizando autocargadores.

Estos autocargadores, dotados de grúa con grapa o pinza, hacen posible, a medida que se desplazan por la masa forestal, la recogida de la madera, y posteriormente, la de los residuos, aunque para esto último la caja del autocargador deba de transformarse para impedir la caída de los mismos durante el transporte.

Como alternativa al transporte de residuos a granel, se ha puesto en el mercado rotoempacadoras específicamente diseñadas para ser instalada en la caja del autocargador forestal.

Rotoempacadora Valmet Woodpac

Hace varios años que aparecieron en ferias dedicadas a la maquinaria forestal, máquinas especializadas para el empaqueo de restos de poda y residuos forestales. En principio, basadas en el atado de un paquete que se mantenía aprisionado por la presión de un cámara que se cerraba mediante cilindros hidráulicos. De su comportamiento y de la capacidad de trabajo que se puede conseguir con estas máquinas en los montes mediterráneos no se encuentra información aprovechable para evaluar sus posibilidades.

Sin embargo, más recientemente, ha llegado al mercado español la empacadora Woodpac de Valmet, junto con la información de los resultados reales obtenidos durante el trabajo realizado en montes españoles.

La rotoempacadora está diseñada para su montaje sobre el autocargador forestal. Durante las pruebas se ha utilizado al autocargador Valmet de 140 kW de potencia de motor con un peso de 24 toneladas. La rotoempacadora se puede desmontar en un tiempo de unos 15 minutos, lo que permite utilizar el autocargador para funciones de desbosque.



Funcionamiento de la rotoempacadora

El proceso de empaqueo es discontinuo, siendo alimentada la rotoempacadora por la parte superior utilizando la grapa del autocargador, por lo que es importante la buena capacitación del operador que la maneja para conseguir elevado rendimiento. La cámara de compresión está formada por 7 rodillos, 6 de los cuales son motores, los que hacen girar a izquierdas el material que entra en la cámara.

Esta forma de rotación, unida a la biomasa que entra por la parte superior, enreda el residuo a la vez que lo comprime, del mismo modo que lo hace una rotoempacadora de forraje del tipo 'cámara fija'. Cuando la fuerza de expansión de los residuos que ocupan la cámara supera un determinado nivel, se suspende la alimentación y se procede a introducir el hilo por cuatro zonas diferentes, a la vez que se mantienen el paquete en rotación, con lo que el hilo da varias vuel-





tas alrededor del paquete. Una vez cortados los hilos se procede a abrir la compuerta lateral de la empacadora, con lo que se produce el tensado de los hilos del atado, y la paca cae al suelo, quedando dispuesta para su posterior recogida con autocargador, al igual que se hace con las pilas de madera.

La empacadora de leña tiene un peso aproximado de 8 400 kg, y una longitud de 4.87 m, una anchura de 2.12 m y una altura de 2.14 m, con lo que puede ser montada en cualquier remolque con plataforma de carga que admita estas dimensiones.

Para el funcionamiento de la empacadora se necesita un suministro hidráulico de 120-140 L/min, con presión de trabajo máx./min. de 280/320, lo que equivale a una potencia hidráulica de 70 kW (95 CV). El proceso de control se realiza por cuatro electroválvulas hidráulicas (24 voltios).

Evaluación en el monte

No resulta sencillo realizar una evaluación sistemática de máquinas discontinuas, como las empacadoras forestales, ya que, en gran parte, la capacidad de trabajo depende de las características del monte y de la experiencia del operador.

En el caso de la empacadora Woodpac, se dispone de una información muy completa, resultado de los trabajos realizados

**PARA EL
FUNCIONAMIENTO DE
LA EMPACADORA SE
NECESITA UN
SUMINISTRO
HIDRÁULICO DE 120-140
L/min, CON PRESIÓN DE
TRABAJO MÁX./MIN. DE
280/320**

por EGMASA (Empresa de Gestión Medioambiental S.A.), en la sierra de Filabrés (Almería), por encargo de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, dentro de su programa de *Consultoría y asistencia técnica para el desarrollo de sistemas de gestión de residuos selvícolas*, trabajos realizados por Hitraf, S.A., distribuidor oficial de Valmet en España.

Este estudio, que se puede encontrar en www.hitraf.com, empieza analizando los objetivos que se pretenden alcanzar, sobre la base de que se trata de zonas selvícolas en las que los recursos forestales son de escaso valor, con mala estructura de la propiedad y sin industrias de trans-

formación primaria cercanas, lo que lleva al deterioro y abandono de los montes.

La zona en la que se realizaron las pruebas corresponde a una plantación de pinos en terrazas acaballonadas, realizada en las décadas '50 y '60 del siglo pasado, sobre la que se realiza un clareo a partir de un inventario con 14 parcelas de 200 m de lado, contabilizando número de pies, diámetros nominales, especies encontradas, estado y agrupaciones, a partir del cual se marcan parcelas circulares de 12.6 m de radio (unos 500 m² de superficie) sobre las que se realiza el clareo.

Se trabaja sobre calles de 3.5 m (con 5.0 m en los cambios de dirección) sobre curvas de nivel, separadas entre sí a 18 m, valorando diferentes opciones:

- Empacado a pie de pista [1] (saca del material empacado hasta una zona accesible a camión).
- Empacado en calles con diferentes pendientes [2, 3 y 4] (< 10%, entre 10 y 30%, entre 30 y 50%).
- Empacado de árbol completo [5].



La mayor superficie trabajada (12.09 ha) corresponde a empacado en calles sobre zonas con pendientes medias (10 al 30%) con la madera y los residuos apilados por la procesadora. Sólo en la zona con fuertes pendientes (>30%) se recurre al clareo manual. El autocargador que se utiliza para la saca es un Dingo 8WD.

Con el empacado se pretende poder realizar el transporte viario del residuo forestal con unas características similares a las de la madera en rollo, manipulándolo con los mismos autocargadores que se utilizan para la saca de la madera, y con posibilidad de almacenamiento sin que se produzcan pérdidas cuantitativas del residuo, aunque se requiere una operación adicional que encarece el proceso en su conjunto.

En la evaluación del proceso, se pesaron los paquetes en verde, con humedad no inferior al 40%, y posteriormente después de un periodo de almacenamiento, con humedad de menos del 20%. Asimismo, se valoraron los nutrientes que quedaban en el monte durante el proceso de empacado.



Las características de los paquetes formados obtenidos en la experiencia de la sierra de Filabrés, quedan reflejadas en la Tabla 1.

En la evaluación de la efectividad en la recogida de la biomasa, a partir del residuo generado con 105 árboles procesados, se detecta que el 27% del residuo no se recoge, quedando en el monte un 23% y un 4% en el cargadero, como consecuencia de que la grapa utilizada en el autocargador no es la adecuada para la recogida del residuo silvícola.

En el caso de utilizar una grapa adecuada, la pérdida de residuo puede ser del 43% (17% recogido y 26% desprendido), empacándose un 57% del total de residuo generado en el tratamiento silvícola.

En cuanto al residuo desprendido, por el porcentaje de nutrientes obtenido en el ensayo de laboratorio, se pone en evidencia que, en una gran parte, son acículas desprendidas durante el proceso de empacado.

Para la determinación del contenido energético de los paquetes se suponen unas condiciones medias de 264 kg por paquete, con una humedad del 18%, por lo que con un poder calorífico de 3 454 kcal/kg (4.01 kWh/kg), lo que daría 1.06 MWh térmicos por paquete.

Capacidad de trabajo y costes

En el estudio realizado por EGEMASA hay que tener en cuenta que se ha incluido un proceso de aprendizaje del maquinista, que ha influido en los resultados obtenidos. En consecuencia, hay que tomar como referencia los resultados correspondientes a la parte del trabajo en la que el operador ya disponía de experiencia suficiente en el manejo de la máquina; también la capacidad de trabajo estuvo influenciada por la calidad del apilado y la situación de los residuos.

Trabajando en la zona de monte con pendientes entre el 10

Tabla 1.- Caracterización de los paquetes

Dimensiones del paquete	Longitud	3.10 m
	Diámetro	0.75 m
Volumen aparente		1.37 m ³
Peso del paquete	En verde (> 40% humedad)	490 kg
	En seco (< 18% de humedad)	264 kg
Densidad específica paquete		482 kg/m ³
Densidad aparente	En verde (> 40% humedad)	358 kg/m ³
	En seco (< 18% de humedad)	193 kg/m ³
Coeficiente de apilado		0.78



SE ESTIMA UN

COSTE HORARIO DE

99.34€/HORA, LO QUE

SIGNIFICA UNOS

22 €/PAQUETE SÓLO EN

LO QUE CORRESPONDE

AL EMPACADO



y el 30%, en jornada de mañana y tarde, la productividad alcanzada se mantuvo entre 3.03 y 6.33 paquetes/hora de trabajo efectivo. Trabajando a pie de pista se llega a 7.04 paquetes/hora, aunque esta capacidad podría mejorarse, ya que corresponde al primer día de trabajo, en el que el operador tenía menos experiencia.

En cuanto a los costes, las estimaciones realizadas, sobre la base de 8 años de vida de la máquina, con una utilización anual de 1 250 horas y un valor resi-



dual del 10%, e incluyendo todos los conceptos que definen el coste de la máquina, comprendidos maquinista y encargado, llevan a un coste horario de 99.34 €/hora, lo que significa unos 22 €/paquete sólo en lo que corresponde al empacado.

En cuanto al transporte, utilizando remolques con longitudes efectivas de 6.20 y 7.40 m, con capacidad para 48 paquetes, y góndolas de 13.20 m, con capacidad para 57 paquetes, realizado en el

la compresión de los paquetes durante la manipulación.

Como muy significativo hay que destacar el aumento de la eficiencia que se produce a medida que aumenta la experiencia del maquinista. Al comienzo de la experiencia se necesitaban 20 minutos para formar un paquete, mientras que al final este tiempo quedaba reducido a 4.5 minutos.

Tomando como referencia el trabajo realizado, EGEMASA establece como valores de referencia los indicados en la Tabla 2.

Tabla 2.- **Capacidad de trabajo potencial del conjunto saca - empacado (Pino en Filabrés-Almería)**

	Saca		Empacado	
	paquetes/h	€/paquete	paquetes/h	€/paquete
Ensayo 1	2.45	24.49	11.00	9.03
Ensayo 2	18.00	3.33	8.50	11.69
Ensayo 3	10.62	5.65	6.50	15.28
Ensayo 4	2.50	24.00	4.00	24.84
Ensayo 5	22.00	2.73	4.50	22.08

mes de septiembre, después de haberse producido una pérdida de peso por reducción de humedad y caída de material vegetal (264 kg/paquete en fábrica), los costes pueden cuantificarse, sobre 300 km de distancia de transporte, en 44.23 €/tonelada. Hay que destacar que durante el almacenamiento en el monte no se han producido problemas por disminución de

Evaluaciones complementarias

En las primeras evaluaciones realizadas con eucalipto globulus, se han conseguido realizar 15 paquetes/hora efectiva, manteniendo las mismas dimensiones que con el pino. La corteza es procesada por la empacadora con gran facilidad, ayudando a la formación de la paca.

El peso de los paquetes obtenidos en este ensayo preliminar se mantiene entre 400 y 450 kg, siendo la mayoría del material empacado corteza.

Conclusiones

Las experiencias evaluadas ponen de manifiesto que con ella se pueden producir sin dificultad entre 10 y 12 paquetes por hora efectiva de trabajo, siendo necesario un tiempo de

formación del maquinista de al menos un mes.

La biomasa empacada queda limpia, ya que ya que la tierra y las piedras que llegan con la grapa se desprende durante el proceso de formación por rotación del paquete, a la vez que se devuelven al suelo el material fino que aporta nutrientes.

Puede trabajar sin dificultad en pendientes de hasta el 40% en línea de máxima pendiente y del 30% siguiendo curvas de nivel y se instala en el mismo autocargador que se utiliza para el transporte de la madera y de los paquetes. El tiempo de montaje y de desmontaje de la empacadora en el autocargador es de aproximadamente 15 minutos.

En consecuencia, el sistema de empacado por rotación que ofrece la Woodpac puede ayudar a la valorización de los residuos de poda, dejando el limpio el monte, a la vez que ofrece una biomasa leñosa fácilmente transportable. ■

 **LUIS MÁRQUEZ**

Agradecimientos

Este artículo ha podido ser elaborado gracias a la información suministrada por:

- La Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía y a la empresa EGEMASA, ejecutora de la *Consultoría y asistencia técnica para el desarrollo de sistemas de gestión de residuos selvícolas; Sierra de los Filabrés, Almería.*
- Los ingenieros Ignacio Ortego y César Sánchez, de la empresa Hitraf-Valmet (www.hitraf.com).