

ESTUDIO DE TIEMPOS, RENDIMIENTOS Y COSTES DEL DESEMBOSQUE CON CABLE AÉREO EN CATALUÑA.

E. Tolosana (1), J. Rodríguez (2), M. Piqué (2), S. Agudín (1), P. Boticario (1) y Y. Ambrosio (1).

(1) Departamento de Economía y Gestión Forestal. E.T.S.I. Montes. Universidad Politécnica de Madrid. Ciudad Universitaria. 28040 (Madrid).

Correo electrónico: eduardo.tolosana@upm.es

(2) Centre Tecnologic Forestal de Catalunya. Pujada del Seminari, s/n. Solsona (Lleida).

RESUMEN.

El desembosque con cable aéreo es un medio de extracción de la madera poco utilizado en España, generalmente debido al coste de las operaciones pero también a la falta de experiencia de técnicos y operarios. No obstante, en ciertas condiciones como la orografía complicada o los altos requerimientos de protección del terreno, es el medio más idóneo. A fin de experimentar sobre su aplicabilidad en dichos casos, así como para difundir su modo de funcionamiento y condicionantes, durante el otoño de 2002 se realizaron cuatro experiencias de estudio de tiempos, rendimientos y costes de desembosque con dos cables aéreos de pequeño y mediano tamaño sobre varias masas forestales catalanas (cortas sobre masas irregulares de pino y abeto en la Cerdaña, corta a mata rasa de un castañar en La Selva). De los resultados obtenidos, además de la cuantificación de los rendimientos y del desarrollo de ecuaciones predictivas de tiempos, es remarcable la constatación de la gran importancia de los factores de organización en la operatividad del funcionamiento de estos equipos.

INTRODUCCIÓN.

El cable aéreo de desembosque es un medio de extracción propio de zonas montañosas o con una especial sensibilidad ambiental en que sea difícil el uso de tractores o animales de saca. En Europa, su utilización reciente es abundante en países de condiciones montañosas, como Austria, Suiza, el norte italiano o las zonas alpinas de Francia, e incluso se extiende su uso por áreas con problemas como el encharcamiento o la sensibilidad a los daños medioambientales (Owende *et al*, 2002)

A pesar de que las peculiares condiciones orográficas del estado español, junto con la acendrada sensibilidad ambiental en las sociedades desarrolladas, parecen favorecer el uso de esta alternativa técnica, el número de estos medios de desembosque en España es reducido, o casi se podría calificar de testimonial. Las causas no se asocian sólo al elevado coste de utilización, sino también a la falta de profesionales y técnicos conocedores de su uso (Juanati *et al*, 2004; Tolosana *et al*, 2004).

No obstante, numerosas innovaciones técnicas han simplificado el diseño de los cables, especialmente de los llamados ligeros o medios, reduciendo el número de operarios requeridos para su manejo (Frutig, 1997, 2002).

Para extender el conocimiento por parte de los sectores de interés acerca de esta alternativa técnica de desembosque, la Generalitat de Cataluña promovió, en la segunda mitad de 2002, una actividad de demostración mediante un contrato con la empresa checa Larix por la que dos modelos de cables fabricados por la citada empresa, el Larix 3T y el Larix Kombi, fueron empleados en la Cerdaña para una demostración en octubre de 2002, y posteriormente en algunos ensayos en Riells i Vilabrea, tiempo durante el que se llevó a cabo el seguimiento cuyos resultados se presentan en esta comunicación.

Las condiciones de los aprovechamientos controlados a través de esta experiencia cubrieron intervenciones comunes en las áreas pirenaicas (cortas por entresaca de masas irregulares de pino silvestre – *Pinus sylvestris* L. - y abeto - *Abies alba* -) y otras tan distintas como las cortas a mata rasa de castaño – *Castanea sativa* Mill. -, tratando de cubrir una muestra diversa de las posibilidades de uso de este medio de saca. Las características de los equipos empleados se resumen en la Tabla I

MODELO	TIPO	LONGIT. MÁX.	LONGIT. MEDIDA	SEPARAC. ENTRE LÍNEAS	ALTURA DE MONTAJE	GRUPO MOTRIZ	CARGA MÁX.	PRECIO 2002
LARIX 3T	TRICABLE GRÚA	650 m	330 m	60 m	5-6 m	TRACTOR AGRÍCOLA	2,5 t	84000 €

						TORRETA DE 6,4 M		
LARIX KOMBI	BICABLE CON CABLE VÍA MÓVIL	220 m	85, 110 y 135 m	30, 40 y 60 m	3 m	TRACTOR AGRÍCOLA TORRETA DE 2,3-3,3 m	1,5 t	36000 €

Tabla 1: Características de los equipos

MATERIAL Y MÉTODOS.

- La caracterización dasométrica de las áreas de estudio

Se replantearon, en cada uno de los tres sitios de ensayo, entre 12 y 24 parcelas circulares de 8 m de radio repartidas regularmente por toda la superficie aprovechada, con la intención de cubrir la mayor superficie posible, evitando las calles de desembosque (pues no hubieran sido útiles para estimar el peso de la corta en las cortas de entresaca, ya que en ellas la intensidad es similar a una corta a hecho).

- El control de la producción

Se registraban, a la vez que se realizaron los cronometrages para el estudio de tiempos, el número de fustes por ciclo de desembosque, el número de ciclos de desembosque, y para las operaciones de apeo, el número de fustes apeados. Se midió también la longitud total del tendido de las líneas para el estudio de rendimientos en el montaje y desmontaje del equipo.

La recogida de datos de las actividades de los motoserristas se realizaba a la vez que su cronometraje continuo, apuntando los pies apeados, su clase diamétrica y su altura, así como la dirección del apeo (correcta o incorrecta) y la especie, mientras que los datos necesarios para estimar el rendimiento en las actividades del cable se tomaron durante el cronometraje continuo y han sido los siguientes: número de fustes por ciclo, especie a que pertenecían, clase diamétrica de los mismos y altura. El número de fustes totales se deduce fácilmente de las anotaciones de cada ciclo y los volúmenes se calculan a partir de la tarifa y los datos de clase diamétrica. Esta tarifa se ajustó a partir de las mediciones que se iban realizando a lo largo de cada jornada en periodos discontinuos de tiempo sobre las pilas de fustes extraídos., en que se cubicaba metro a metro una muestra de fustes.

- El estudio de tiempos

Se han seguido las directrices del Protocolo armonizado propuesto en el seno de la Acción Concertada europea AIR3-CT94-2097 (CTBA, 1997), basado en las definiciones de IUFRO (Bjöherden *et al.*,1995). Este estudio de tiempos comprendió otras actividades además del desembosque con cable. En la Tabla 2 se presentan las que componen el aprovechamiento y el tipo de cronometrages que se llevó a cabo en ellas, de acuerdo con las definiciones citadas y de la clasificación de sistemas de cronometraje de Tolosana *et al* (2004).

Actividad	Tipo de cronometraje efectuado
Apeo, desrame y tronzado con motosierra	Discontinuo (multimomento)
Montaje de la línea de cable aéreo	Continuo
Desembosque con cable aéreo	Continuo
Desembosque con <i>skidder</i>	Continuo
Desmontaje de la línea de cable aéreo	Continuo (sin libreta de campo electrónica)

Tabla 2: Tipos de cronometraje de las distintas operaciones

* Cronometraje continuo.

Para el cronometraje continuo se disponía de un ordenador de campo (PSION Organizer II LZ 64), así como de un programa de transcripción de tiempos ZPR. Diariamente se tomaron los tiempos con esa libreta de campo electrónica y después se descargaron en un ordenador. Los datos tomados incluyen

el tiempo de inicio y tiempo de finalización para cada una de las actividades del ciclo estudiadas, así como diversos parámetros para cada ciclo de desembosque, lo que permitió la elaboración de las ecuaciones predictivas de tiempo.

En el caso del cable medio (Larix 3T), el tamaño del equipo, que condicionaba la distancia entre la estación de descarga y la zona de enganche, así como la orografía del terreno, no permitían observar con claridad el ciclo completo, por lo que se dispuso de dos cronometradores distintos, uno situado en el interior de la masa (con libreta electrónica), en la zona donde se realiza el enganche de la madera, y otro en la estación de descarga (con reloj digital y estadillo de tiempos), junto al tractor y la madera apilada. Cada cronometrador se ocupa exclusivamente de tomar los tiempos de las actividades que puede observar, que coinciden con las realizadas por cada uno de los dos operarios necesarios. Algunos parámetros son tomados por ambos cronometradores (nº de pies/ciclo, clases diamétricas, ...). Posteriormente se cotejaron ambos cronometrajes y se integraron para completar los tiempos de cada ciclo, para lo que resultó básica la sincronización.

* Cronometraje Continuo (sin libreta de campo electrónica).

En el caso de la medición de actividades de montaje y desmontaje de la línea de cable, al no realizarse mediante repetición de ciclos de trabajo (como ocurre en el apeo y desrame y en el desembosque, con ciclos de trabajo que se repiten continuamente), se optó por hacer un cronometraje con reloj digital, apuntando en una libreta de campo las distintas actividades que se iban realizando y el tiempo empleado en las mismas.

* Cronometraje discontinuo multimomento.

Es un método de base estadística – por muestreo temporal a lapsos fijos - en que sólo se obtiene una estimación de la duración media de cada fase cíclica de las que componen un determinado trabajo, junto con los valores medios de los factores condicionantes. Para el estudio de las actividades desarrolladas por los motoserristas se decidió su uso por permitir la toma de tiempos de más de un trabajador a la vez. Consiste en anotar en un estadillo la actividad que está realizando cada operario periódicamente, eligiéndose como lapso de tiempo el minuto. De este modo, un reloj equipado con temporizador de repetición emite cada minuto un pitido y el cronometrador anota la actividad que realiza cada trabajador, siguiendo siempre el mismo orden de observación para evitar desigualdades en los lapsos de tiempo.

La toma de tiempos se realizó, para el cable Larix Kombi, en octubre de 2002, coincidiendo con una actividad de demostración, y en noviembre para el caso del castañar. El Larix 3T fue estudiado a lo largo del mes de noviembre de 2002. Las fechas concretas de toma de tiempos del desembosque con cable aéreo en este último caso fueron las recogidas en la Tabla 3.

Fecha	Hora inicio	Hora finalización
5 de noviembre	08:50	13:30
6 de noviembre	12:20	14:22
7 de noviembre	10:54	15:20
14 de noviembre	8:50	14:15
18 de noviembre	10:21	15:52
19 de noviembre	13:20	17:16

Tabla 3: Fechas de toma de tiempos para el cable medio Larix 3T

- La elaboración de modelos de tiempo

Aunque no se presenten en esta comunicación, se desarrollaron ecuaciones predictivas de tiempos

para las distintas fases del desembosque con cable en cada uno de los sitios estudiados, lo que permite la estimación de tiempos, rendimientos y costes en circunstancias similares a las estudiadas, a partir de los principales parámetros determinantes (longitud de línea y separación entre líneas, volumen de carga, etc.). Estas ecuaciones pueden consultarse en Boticario (2003) y Agudín (2004).

- La estimación de costes

Para la estimación de costes, se partió de los siguientes valores estimados para los costes horarios (€ corrientes de 2002 por hora de trabajo, de acuerdo con la definición de IUFRO):

- Coste de personal (operario especializado sin motosierra): 16,64 €/hora
- Coste de personal (media de coste por motoserrista): 19,50 €/hora
- Coste de desembosque Larix Kombi: 47,77 €/hora
- Coste de montaje y desmontaje Larix Kombi: 41,52 €/hora
- Coste de desembosque Larix 3T: 64,59 €/hora
- Coste de montaje y desmontaje Larix 3T: 58,22 €/hora
- Coste de *skidder* para el despeje (Larix 3T): 33,14 €/hora

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

- Caracterización dasométrica de las intervenciones: su resumen se refleja en la Tabla 4.

EXPERIENCIA	TIPO CORTA	ESPECIES	ALTITUD	PEND MEDIA	Nº PIES INICIAL	Nº PIES FINAL	VOLUMEN UNITARIO MEDIO (m ³)
A1 (LARIX KOMBI, ALP)	ENTRESACA	80% Abies , 20% P. sylvestris	1300	60	1050	775	0,42
A2 (LARIX KOMBI, ALP)	ENTRESACA	80% P. sylvestris y uncinata, 20% Abies	1350	45	906	750	0,48
A3 (LARIX KOMBI, RIELLS I VIABREA)	CORTA A HECHO	100% Castanea sativa	575	70	1330	0	0,23
B (LARIX 3T, ALP)	ENTRESACA	85% Abies , 15% P. sylvestris	1525	36	1177	977	0,42

Tabla 4: Características dasométricas de las cortas estudiadas

- Rendimientos y costes medios estimados.

* Experiencia A1: Corta de entresaca de una masa irregular de pinar-abetar en octubre de 2002 en el monte Paborde (Gerona), tendidos de 100 m separados 60, 58% de pendiente, saca descendente de 1 a 3 fustes (volumen medio de carga 0,74). Tiempo de montaje y desmontaje: 3,76 horas/línea. Los rendimientos y costes se recogen en la Tabla 5.

ACTIVIDAD	RENDIMIENTOS			COSTES UNITARIOS (referidos al volumen)
	RESPECTO A TIEMPO PRESENCIAL	RESPECTO A TIEMPO DE TRABAJO	RESPECTO A TIEMPO PRODUCTIVO	
Desembosque con cable aéreo (dos operarios de la empresa fabricante del cable con funciones de enganchador y desenganchador)	3,98 m ³ /hora presencial	4,56 m ³ /hora de trabajo	4,50 m ³ /hora productiva	10,34 €/ m ³
Apeo y desrame (Un motoserrista)	4,67 m ³ /hora presencial	6,16 m ³ /hora de trabajo	6,98 m ³ /hora productiva	3,11 €/ m ³
Montaje y desmontaje del cable (dos operarios. Referido a hora de trabajo)	70 m lineal/h			2,61 €/ m ³
TOTAL				16,06 €/ m³

Tabla 5: Resultados del cronometraje y estudio de rendimientos del equipo ligero Larix Kombi en la entresaca del pinar - abetar de Paborde

- * Experiencia A2: Entresaca de un abetal irregular con 70% de pendiente en Paborde (Gerona),

tendidos de 85 m separados 60, saca descendente de 1 a 2 fustes (volumen medio de carga 0,54 metros cúbicos). Tiempo de montaje y desmontaje: 2,50 horas/línea. Los rendimientos y costes se recogen en la Tabla 6.

ACTIVIDAD	RENDIMIENTOS			COSTES UNITARIOS (referidos a hora de trabajo)
	RESPECTO A TIEMPO PRESENCIAL	RESPECTO A TIEMPO DE TRABAJO	RESPECTO A TIEMPO PRODUCTIVO	
Desembosque con cable aéreo (dos operarios de la empresa fabricante del cable con funciones de enganchador y desenganchador)	4,27 m ³ /hora presencial	5,05 m ³ /hora de trabajo	5,14 m ³ /hora productiva	9,33 €/ m ³
Apeo y desrame (Trabajando tres motoserrietas)	4,50 m ³ /hora presencial	5,00 m ³ /hora de trabajo	5,14 m ³ /hora productiva	11,23 €/ m ³
Montaje y desmontaje del cable (dos operarios. Referido a hora de trabajo)	70 m lineal/h			1,64 €/ m ³
TOTAL				22,20 €/ m³

Tabla 6: Resultados del cronometraje y estudio de rendimientos del equipo ligero Larix Kombi en la entresaca del abetar de Paborde

* Experiencia A3: Corta a mata rasa de un castañar en Riells i Viabrea (Gerona) en noviembre de 2002 con 70% de pendiente, tendidos de 135 m separados 65, saca descendente de 3 fustes (volumen medio de carga 0,74 metros cúbicos). Tiempo de montaje y desmontaje: 4,02 horas/línea. Los rendimientos y costes se recogen en la Tabla 7.

ACTIVIDAD	RENDIMIENTOS			COSTES (referidos a hora de trabajo)		
	RESPECTO A TIEMPO PRESENCIAL	RESPECTO A TIEMPO DE TRABAJO	RESPECTO A TIEMPO PRODUCTIVO	Apertura de calle	Desembosque	Media
Desembosque con cable aéreo (dos operarios de la empresa fabricante del cable con funciones de enganchador y desenganchador)	3,44 m ³ /hora presencial en apertura de calle	3,89 m ³ /hora de trabajo en apertura de calle	3,89 m ³ /hora productiva en apertura de calle	12,12 €/ m ³	15,06 €/ m ³	13,43 €/ m ³
	2,28 m ³ /hora presencial en desembosque de faja	3,13 m ³ /hora de trabajo en desembosque de faja	3,13 m ³ /hora productiva en desembosque de faja			
<i>Apeo y desrame</i> (Trabajando tres motoserrietas)	14,06 m ³ /hora presencial	18,91 m ³ /hora de trabajo	27,17 m ³ /hora productiva	3,00 €/ m ³ (4,76 €/ m ³ incluyendo dos operarios de tronzado y apilado)		
Montaje y desmontaje del cable (dos operarios. Referido a hora de trabajo)	90 m lineal/h			2,54 €/ m ³		
TOTAL				17,66 €/ m³	20,60 €/ m³	18,97 €/ m³

Tabla 7: Resultados del cronometraje y estudio de rendimientos del equipo ligero Larix Kombi en la corta a hecho del castañar de Riells i Viabrea

* Experiencia B: Tricable grúa medio-pesado de tipo continuo modelo Larix 3T en corta de entresaca de una masa irregular de pino y abeto con el 36% de pendiente tendidos de 330 m separados 60, saca ascendente de 2 fustes (volumen medio de carga 0,62 metros cúbicos). Tiempo de montaje y desmontaje: 16,10 horas/línea. Los rendimientos y costes se recogen en la Tabla 8.

Actividad		Rendimiento				Coste horario (de los medios implicados) €/hora	Coste unitario (de los medios implicados) €/mc	
		Fustes / jornada	mc/hora de presencia	mc/hora de trabajo	mc / hora productiva			
Desembosque con cable hasta la estación del <i>skidder</i>	Primera línea	32,67	1,94	3,63	3,71	71,75	16,53	
	Segunda línea	54,33	3,30	4,79	5,21			
	Media	43,5	2,70	4,34	4,62			
Despeje de madera con <i>skidder</i> hasta la pista		7,04 mc/hora de trabajo				33,16	4,71	
Apeo y desramado manuales		3,72 mc/hora presencia	5,96 mc/hora trabajo	6,70 mc/hora productiva		38,2	6,41	
Montaje y desmontaje		25,59 m lineales /hora trabajo en montaje 105,74 m lineales /hora trabajo en desmontaje				65,38	4,73	
TOTAL						32,38		
Equipo		4 operarios (aunque sólo dos trabajaron y fueron objeto de valoración), 1 capataz (ingeniero), motosierras, cable, <i>skidder</i> y medios auxiliares						

Tabla 8: Resultados del cronometraje y estudio de rendimientos del equipo medio Larix 3T en la corta de entresaca del pinar - abetar de Paborde

CONCLUSIONES.

Se han obtenido unas estimaciones totales de rendimientos de los cables ensayados entre los 4,5 y 5 metros cúbicos por hora de trabajo para el cable ligero en las cortas de entresaca de las masas irregulares, y alrededor de 3,5 metros cúbicos en la corta a mata rasa del castañar. El cable medio Larix 3T arrojó un rendimiento de 4,34 metros cúbicos por hora de trabajo.

Estos rendimientos han originado unos costes totales directos del aprovechamiento (incluido apeo, elaboración y, en su caso, despeje auxiliar de la estación de descarga) de entre 16 y 22 € de 2002 por metro cúbico para el equipo ligero, y de casi 32,5 € para el equipo medio.

El estudio de los factores condicionantes durante los cronometrajes mostró que uno de los principales factores negativos sobre los rendimientos fue la falta de coordinación entre los equipos de corta y saca, que afectó especialmente al equipo más pesado, y que condujo a que los fustes no quedasen en una disposición en “espinas de pescado”, imprescindible para optimizar rendimientos y reducir daños. Las operaciones debidas a una incorrecta colocación de los fustes supusieron, para el Larix 3T, más de 35 segundos de retraso por ciclo.

En esta falta de planificación o coordinación no influyó sólo la falta de experiencia de los equipos que efectuaron el apeo y elaboración, sino incluso los problemas de comunicación (idiomáticos) entre los operarios checos del cable y los catalanes que cortaban y elaboraban la madera. No hay que olvidar que se trataba de una actividad puntual de carácter demostrativo, con lo que faltó el tiempo necesario para conseguir un adecuado entrenamiento.

Ello hace pensar que los resultados de estas operaciones podrían mejorar sensiblemente con una mejor planificación de las operaciones que incluyera sobre todo un entrenamiento específico para el trabajo con cable de los equipos de taladores.

BIBLIOGRAFÍA.

AGUDÍN, S., 2004 : *Estudio de tiempos, rendimientos, costes y efectos ambientales del desembosque con cable aéreo en los montes ‘Paborde’ del Término Municipal de Alp (Gerona) y ‘Castanyareda*

d'en Perearnau' del T.M. de Riells i Vilabrea, (Gerona). Inédito. Trabajo Fin de Carrera de la E.T.S.I. de Montes de la U.P. de Madrid, dirigido por el Prof. E. Tolosana. 214 pág.+Anexos

ARMEF-CTBA: *Manuel d'exploitation forestiere.* Tome I. 442 pág. París, 1993.

BOTICARIO, P., 2003 : *Estudio de tiempos, rendimientos, costes y efectos ambientales del aprovechamiento con cable aéreo en el monte nº 7 del C.U.P. "Muntanya d'Alp", del Término Municipal de Alp (Gerona).* Inédito. Trabajo Fin de Carrera de la E.T.S.I. de Montes de la U.P. de Madrid, dirigido por el Prof. E. Tolosana.189 pág. + Anexos

CONWAY, S., 1992: *Logging Practices. Principles of Timber Harvesting Systems.* Miller Freeman Publications, Inc. Edición revisada. 432 pág. San Francisco.

FAO, 1981: *Cable logging systems.* 111 pág. Roma.

FRUTIG, F., 1997. "Amélioration des systèmes de grues á câble - diverses approches de solutions". En "Management practices for forest harvesting considering environmental and economic constraints". Proceedings from the Final Seminar of the U.E. Concerted Action AIR3-CT94-2097 in Sant Jean D'Arvey (Savoie, France). 8 pp.

FRUTIG, F. (WSL,2002): *Techniques et utilisation du câble-grue.* Disponible en Internet, en <http://www.wsl.ch/forest/manwanu/dokumente/cable-grue/index.ehtml>

IUFRO -FAO -ECE-ILO, 2001: *New trends in wood harvesting with cable systems for sustainable forest management in the mountains.* Workshop Proceedings from the meeting hold in Ossiach (Austria) in June 2001

JUANATI, C., J. RODRÍGUEZ, M. PIQUÉ y E. TOLOSANA, 2004: *Manual del cable aeri.* Ed. Generalitat de Catalunya. Departament de medi Ambient i Habitatge y Centre de la Propietat Forestal. 234 pág.

OWENDE, P. M. O., J. LYONS y S. M. WARDS (Editores), 2002: *Operations protocol for eco-efficient wood harvesting on sensitive sites.* Documento procedente del proyecto europeo "Ecowood" (disponible en Internet).

SAMSET, I., 1985: *Winch and Cable Systems.* Ed. Martinus Nijhoff Publishers (distribuido por Kluwer Academic Publishers). 539 pág. Holanda.

TOLOSANA, E., 1998: *El cable aéreo como medio de desembosque.* Servicio de Publicaciones E.U.I.T. Forestal, Universidad Politécnica de Madrid. 98 pág. Madrid.

TOLOSANA, E., V. M. GONZÁLEZ y S. VIGNOTE, 2004: *El Aprovechamiento maderero.* 2ª Edición. Coed. Mundiprensa y Fundación Conde del Valle de Salazar. Madrid, 628 pág.

VALLADARES, A., 1970: *Manual de teleféricos forestales.* Ed. REALIGRAF. 234 pág.