

2.- MAQUINARIA DE SACA.

2.1.- EL TRACTOR AGRICOLA EN EL APROVECHAMIENTO MADERERO.

Como se expondrá en el próximo apartado, los requerimientos impuestos por su medio y por su trabajo a un tractor de saca son bastante estrictos. El tractor agrícola no responde en su concepción a dichas exigencias, por lo que su uso supone un descenso de rendimiento de las operaciones y una menor seguridad para los trabajadores. No obstante, dado el pequeño tamaño de la mayor parte de las empresas de explotación, que conlleva una capacidad de inversión limitada, este tipo de tractor realiza un gran porcentaje de la saca en los aprovechamientos españoles.

Aunque, en términos generales, su reducida productividad conduce a una menor rentabilidad, en el caso de aprovechamientos de pequeño volumen la pérdida de competitividad económica no es tan clara, dados los mayores costes fijos de las empresas de cierto tamaño que emplean maquinaria forestal con respecto a las familiares que emplean con frecuencia la agrícola (costes de gestión de compra, de contratación y transporte de máquinas, etc.).

Por tanto, si bien el tractor agrícola no es una máquina adaptada a las condiciones forestales, su utilización está en muchos casos justificada, aunque conviene equiparlo convenientemente y tomar una serie de precauciones en su utilización, buscando una mayor seguridad del tractorista y un aumento de su eficacia en las operaciones.

2.1.1.- EQUIPAMIENTO DEL TRACTOR AGRÍCOLA PARA USO FORESTAL.

El equipamiento del tractor agrícola para la realización del trabajo forestal no tiene como objetivo convertirlo en tractor forestal, lo que sería difícil y en cualquier caso antieconómico, sino dotarlo de dispositivos que proporcionen mayor seguridad al conductor y mayor protección a la máquina ante esfuerzos para los que no está diseñada. También es necesario equiparlo con aperos para realizar las operaciones propias de los trabajos forestales.

Los elementos indispensables en el equipamiento del tractor agrícola para su uso en trabajos forestales - en algunos casos, incluidos de serie por el fabricante- son los siguientes:

2.1.1.1.- Dispositivos para la seguridad del operario.

- a) **Protectores de la cabina ante el vuelco:** la cabina de los tractores agrícolas (cuando existe) no suele tener protección antivuelco. Se debe reforzar mediante una estructura tubular de gran resistencia, perfectamente anclada en el chasis (normas ROPS)¹.
- b) **Protectores de la cabina ante impactos de trozas:** debe cubrir sobre todo la ventanilla trasera, dado que es en esta parte donde se mueve la madera, pero permitiendo la perfecta visibilidad del operario desde el interior, por lo que lo más conveniente es disponer de un enrejado exterior a la cabina y solidario con ésta, que debe cumplir la normativa específica - FOPS² -.

¹ ROPS son las siglas de "Rolling over protection standards", es decir, normas de seguridad contra el vuelco.

² FOPS son las iniciales de "Falling objects protection standards", esto es, normas de seguridad contra la caída de objetos.



- c) **Contrapeso delantero:** el trabajo forestal suele suponer la incorporación de carga en el eje trasero; si a esta circunstancia se une la distribución de peso del tractor agrícola en vacío, que penaliza también a este eje, resulta que el centro de gravedad del vehículo con carga está muy desplazado hacia la parte posterior, con peligro de vuelco longitudinal, sobre todo cuando asciende por pendientes. Por esta razón resulta conveniente modificar el estibado, cargando más peso sobre el eje delantero. Para ello, lo más sencillo es disponer en el frente del tractor y a la menor altura posible, una pequeña caja que, cuando va a realizar trabajos forestales, se llena con contrapesos metálicos. Otra práctica común es apoyar, en el caso de tractores equipados con remolque y grúa, la grapa de ésta en una barra situada en el semichasis delantero.

Además, se debe manejar el tractor teniendo siempre presente su falta de estabilidad: ascender sin carga siempre que sea posible, incluso en el sentido de marcha atrás, utilizando una velocidad que garantice un par cercano al máximo. La carga se transportará descendiendo, para lo que se utilizarán marchas cortas que retengan el tractor.

2.1.1.2.- Dispositivos de protección del tractor.

Los dispositivos de protección del tractor deben ser los siguientes:

- a) **Protección del bastidor:** la menor altura del bastidor del tractor agrícola y su falta de protección adecuada ponen en peligro elementos tan importantes como el motor, la transmisión, el eje delantero o la dirección, cada vez que el tractor pasa por encima de piedras, tocones u otros obstáculos del terreno. Por esta razón es imprescindible dotarlo de dispositivos robustos de protección, tal como una chapa de acero que cubra los bajos del vehículo. Para evitar que cuando sobrepase un obstáculo, el tractor se quede colgado, conviene que la chapa esté ligeramente abovedada.
- b) **Protección del motor:** frecuentemente el tractor choca con ramas y árboles y resulta conveniente proteger el motor, sobre todo en su parte delantera donde se sitúa el radiador. Para ello, basta con incorporar un enrejado metálico que lo proteja sin estorbar la refrigeración.
- c) **Protección de otros elementos:** conviene proteger contra los golpes la válvula de inflado de los neumáticos, los faros y la toma de fuerza.

2.1.1.3.- Dispositivos de trabajo.

Para que un tractor agrícola pueda realizar convenientemente el trabajo forestal, debe cumplir unas condiciones mínimas, así como disponer de aperos específicos.

- a) **Características requeridas:** es necesario que tenga un mínimo de potencia, en torno a los 50 o más CV, cada día más usual en estos tractores. Es conveniente, casi indispensable, que disponga de doble tracción; en caso contrario, tendría muchos problemas de adherencia y, aún incorporando cadenas al eje motriz, se limitaría el número de días aprovechados. Además, en el caso de acoplarle un remolque, se le debe dotar de un gancho en la parte trasera donde engancharlo, y de un árbol de transmisión de tipo telescópico.
- b) **Aperos:** pueden ser tantos como operaciones se pretenda realizar. Así, se ofertan cabezales taladores, procesadores o cosechadores, cabrestantes para el arrastre de madera, grúas y remolques para su carga, etc. De ellos, los primeros son infrecuentes dada la escasa potencia y estabilidad del tractor agrícola para realizar convenientemente estas operaciones.

A continuación se describen los aperos más comunes destinados a la reunión y desembosque de madera:

b.1) **El cabrestante de arrastre:** El mercado ofrece una amplia gama de winches acoplables a tractores agrícolas, que constan de los siguientes elementos (Figura 1):

- Enganche de tres puntos al elevador del tractor (1).
- Toma de fuerza acoplable a la del tractor a través de un árbol de transmisión telescópico convencional (2).
- Transmisión de fuerza a través de un piñón acoplado a la toma de fuerza y de éste a una reductora por medio de cadena o engranajes (3).
- Torno acoplable a dicha reductora mediante un embrague, que puede ser accionado a distancia usando un cable auxiliar (4). El torno incorpora un cable acero (5), de unos 8 mm de sección y 50 m de longitud, y un freno que puede ser también de accionamiento manual a distancia (6).
- Arco integral (7) para elevar las testas de las trozas del suelo. El arco incorpora con frecuencia una polea autoorientable (8).
- Patas de estacionamiento ajustables manualmente en altura (9).

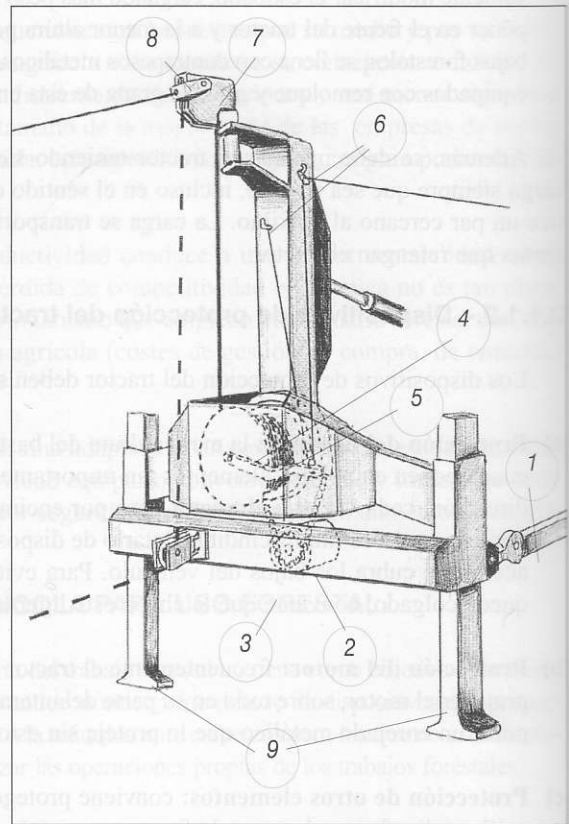


Figura 1: Cabestrante acoplable a tractor agrícola

b.2) **Remolque para transporte de madera:** este apero es el más utilizado, por ser también útil en labores agrícolas y porque se adapta al transporte de madera tronzada en longitudes cortas, común en el norte de España. Los remolques pueden ser de tipo carretón ó de tipo *trailer*:

b.3) **Remolque tipo carretón:** preferido cuando el uso habitual es el desembosque de madera, monta un único eje.



Proporciona una mayor adherencia al tractor, pues carga su peso sobre el eje trasero.

Este remolque debe disponer de los siguientes elementos (Figura 2):

Figura 2: Remolque tipo carretón

- Eje, preferiblemente con ruedas en tándem (*bogies*), por la ganancia de estabilidad al sobrepasar obstáculos.
- Plataforma adaptada a la carga de madera, tanto en su sentido longitudinal como en el transversal, para lo que es conveniente que la base esté formada por dos o más perfiles de acero longitudinales y dos o más transversales, y los teleros (barras para la sujeción de la carga) puedan intercambiarse, disponiéndose en los laterales del remolque cuando la carga es longitudinal y en el frente y trasera, cuando es carga transversal.



b.4) **Remolque tipo trailer:** es el que mejor se adapta cuando se combina el desembosque con el transporte, tanto forestal como agrícola. Su característica principal es el disponer de al menos dos ejes (Figura 3)

Figura 3: Remolque tipo trailer.

Este tipo de remolque presenta la ventaja de su mayor estabilidad, aunque puede presentar problemas de adherencia cuando circula por terreno forestal, al no ceder apenas carga sobre el eje de tracción del tractor, que puede por ello presentar problemas de adherencia.

Una solución relativamente sencilla ofrecida por algunos constructores para resolver los problemas escasa adherencia consiste en dotar de tracción al eje trasero del remolque, incorporando los siguientes elementos (Figura 4):.

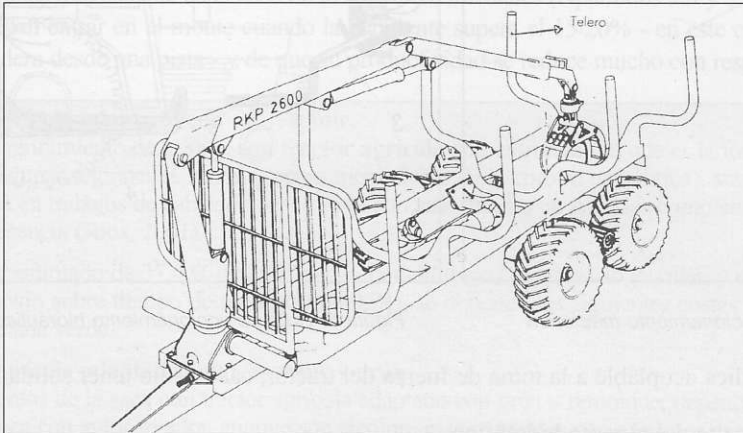


Figura 4: Remolque con rodillo de tracción incorporado entre las ruedas del bogie

- Árbol de transmisión de suficiente longitud como para conectar la toma de fuerza al diferencial.
- Diferencial.

- Mecanismo de tracción, que puede consistir en un rodillo estriado que se puede inclinar ligeramente manualmente hacia abajo o hacia arriba, según se quiera dar o no tracción al eje trasero.
- Eje tipo *bogie* de ruedas en tándem.

En España existen empresas especializadas en adaptar el tractor agrícola a la explotación forestal, en las que se ofrece una mejora de adherencia del remolque dotándole de transmisión a través de un circuito hidráulico.

b.4) **Grúa de carga:** En un tractor agrícola es posible instalar dos tipos de grúas, según su accionamiento:

- *Grúa mecánica:* es la más sencilla y económica de instalar, teniendo además la ventaja de servir tanto para reunir como para cargar la madera. Su desventaja principal es la lentitud de manejo, por lo que hoy en día prácticamente no se utiliza (Figura 5).
- *Grúa hidráulica:* se caracteriza por la rapidez y sencillez con que efectúa la carga de madera, aunque sea más cara, requiera mayor potencia y tenga un mantenimiento más complejo. Su utilización como apero se ha generalizado.

Para instalar una grúa hidráulica en un tractor agrícola es necesario disponer de los siguientes dispositivos : (Figura 6)

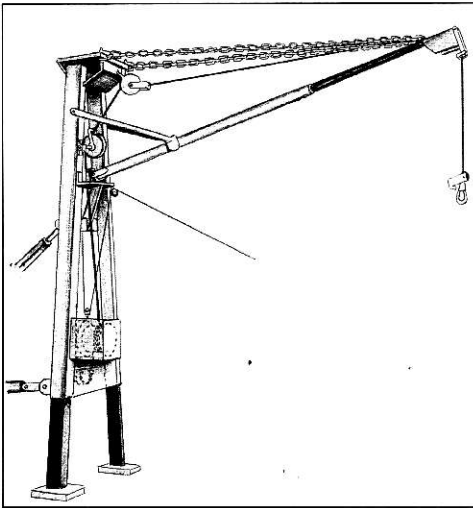


Figura 5 Grúa de accionamiento mecánico

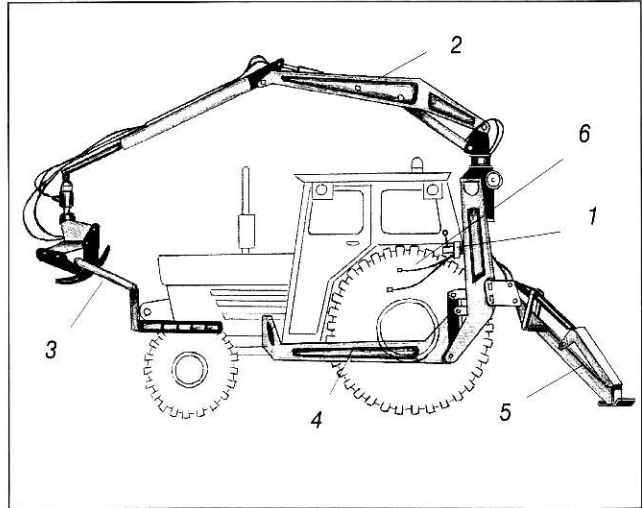


Figura 6: Grúa de accionamiento hidráulico

- Bomba hidráulica acoplable a la toma de fuerza del tractor, caso de no tener salida hidráulica.
- Depósito de aceite del circuito hidráulico.
- Distribuidor de presión (1).
- Grúa propiamente dicha, con los elementos que se expondrán en el apartado dedicado al tractor auto-cargador (2). Además, debe disponer de una sujeción para transporte en carretera (3) y un acoplamiento robusto al chasis del tractor en su parte más baja (4).

— Patas extensibles de accionamiento manual o hidráulico (5).

— Mangueras, tuberías y válvulas de presión para completar el circuito hidráulico (6).

En cualquier caso, es conveniente que la grúa disponga de un pequeño cabrestante auxiliar para acceder a la madera cuando se encuentre en una situación poco accesible.

2.1.1.4.- Otros dispositivos.

Además de los elementos señalados, es conveniente incorporar herramientas y equipos auxiliares. Entre otros, se debe disponer de los siguientes:

- Motosierra y equipo complementario de la máquina.
- Cable de maniobra, para accionar a distancia el embrague o freno del torno del cabrestante o la grúa, cuando su accionamiento es mecánico.
- Cadenas y piezas de enganche (*choker*) para el enganche de las trozas.
- Ganchos, palancas y/o tijeras de tracción para el manejo de madera.
- Poleas de derivación.

2.1.2.- OTRAS CONSIDERACIONES.

En cuanto a las condiciones de utilización y formas de organización del trabajo de desembosque mediante tractores agrícolas, dependen de que su adaptación se oriente al trabajo por arrastre o a la carga en remolque, pero en ambos casos son las mismas que en el caso de los tractores forestales (Apartados 2.3 y 2.4), con las salvedades de que no pueden entrar en el monte cuando la pendiente supera el 15/20% - en este caso, se pueden usar para cablear la madera desde una pista - y de que su productividad se reduce mucho con respecto a aquellos.

a) Tractor agrícola adaptado con cabrestante.

En cuanto al rendimiento de la **saca con tractor agrícola con cabrestante**, que es la forma de utilización más común en algunas regiones (Cataluña, zonas montañosas de la cornisa cantábrica), sus rendimientos por hora de presencia en trabajos de cableado desde pista han sido citados en Asturias como entre 1,9 y 2,5 toneladas/hora de presencia (Ríos, 2001).

Para un coste estimado de 37,4 € de 2001 por hora de trabajo con operario auxiliar, y con un coeficiente de tiempo de trabajo sobre tiempo de presencia de 0,74), se obtienen los siguientes costes unitarios: 11,07 a 14,57 € por tonelada verde.

b) Tractor agrícola adaptado con remolque y grúa.

Los rendimientos de la **saca con tractor agrícola adaptado con grúa y remolque**, dependen de los mismos factores que la **saca con autocargador**, aunque son siempre más reducidos por su menor capacidad de carga y peor adaptación a los terrenos forestales, lo que implica también que tiene limitado su campo de actuación.

Vgnote *et al* (2001) han desarrollado, a partir de los datos de 4 claras estudiadas, la siguiente ecuación predictora para el rendimiento del desembosque en este caso:

$$R(m^3/hora_productiva) = 9,812 - 0,4048 \cdot \left(\frac{D_d}{V_{Ext}}\right)$$

donde D_d es la distancia de desembosque (ida, en metros) y V_{Ext} el peso de la corta en m^3/ha .

Los rendimientos y costes que se deducen de esta ecuación predictiva se muestran en los gráficos adjuntos, en que se emplea un coste horario de 41,77 € por hora de trabajo efectivo, un coeficiente de tiempo productivo sobre tiempo de trabajo del 78% y una densidad de 0,85 t/m^3 .

Como modelo simplificado, se puede aportar el siguiente, a partir de una elaboración previa de datos por los mismos autores: de acuerdo con S. Vignote *et al* (1999), en la saca con tractor agrícola adaptado¹ de cuatro primeras claras, el rendimiento medio obtenido en las explotaciones en que emplearon el tractor fue de 6,4 m^3 /hora productiva, bastante menor que en condiciones similares con autocargador o *skidder*. Además, los coeficientes de tiempo productivo sobre tiempo de trabajo (62,5% como media) y sobre tiempo de presencia (41,4%) son también bastante menores.

Las capacidades de carga observadas de las máquinas variaron entre 5,8 y 7,4 m^3 c/c (media de 6,4) y, a pesar de que las claras tenían un peso muy variable – entre 21 y 157 m^3/ha , también con corteza –, y de que las pendientes medias también lo fueron (entre 0 y 41%, media de 22%), los rendimientos se vieron condicionados básicamente por la distancia de desembosque, como se muestra en el gráfico adjunto – que, dado el pequeño número de datos, tiene sólo un carácter orientativo.

Como otras referencias a los rendimientos en condiciones distintas de este tipo de máquinas que se emplean en la saca, se pueden citar las siguientes:

- IBERSILVA (1993) proporciona como valor medio para sus aprovechamientos de eucalipto en el suroeste, también con sistema de madera corta, el de 20,2 m^3 c/c por jornada.
- CBE (1994) refiere un resultado del estudio de tiempos de una corta de pino gallego en Figueira de Foz (Portugal), en un terreno llano y en una corta a hecho de 262 m^3 c/c por hectárea (volumen unitario cercano al metro cúbico) un rendimiento de un tractor *Same* para distancias de desembosque reducidas de 13,9 m^3 c/c por hora productiva.

¹ En realidad, una de las máquinas es un autocargador de fabricación española, de la casa gallega *Forcar*, pero se agrupó con los tractores agrícolas adaptados (en una de las claras, un *Masey-Ferguson* adaptado y, en los restantes, dos *Guerra RTH800*), por la similitud, en el caso observado, de su volumen de carga.

Tabla rendimiento

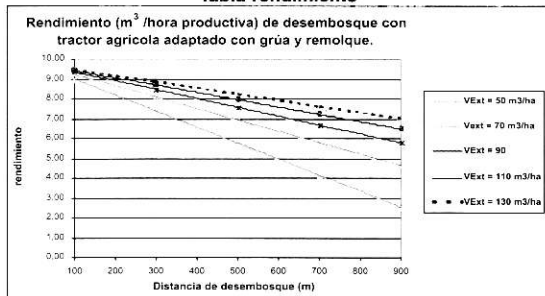


Tabla coste

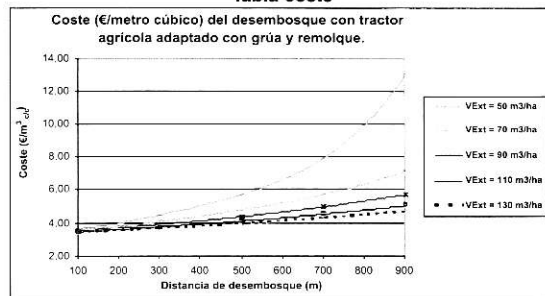
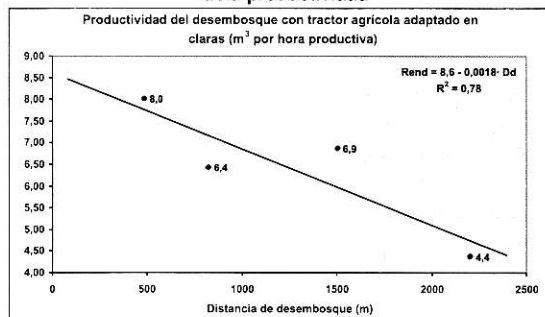


Tabla productividad



Por lo que respecta a las medidas de seguridad en su utilización, además de lo indicado al tratar de los dispositivos de protección y de las técnicas de conducción para evitar el vuelco longitudinal o “encabritamiento”, es de aplicación lo indicado en los capítulos dedicados a los tractores forestales.

2.2.- LOS TRACTORES FORESTALES. REQUERIMIENTOS Y SOLUCIONES TÉCNICAS.

El medio más adecuado para el desembosque de madera es el tractor forestal en alguna de sus modalidades. También es frecuente la utilización de otros medios como el tractor agrícola, camión todo terreno o “carroceta”, pero su escasa adaptación a las dificultades del medio forestal circunscriben su uso a los trabajos de “cableo” desde pistas o a terrenos más accesibles y, aún en estos casos, se presentan problemas de productividad y de seguridad con respecto a los tractores forestales.

A lo largo de este apartado se analizan las condiciones que debe reunir un tractor forestal para desplazarse por el monte y desemboscar la madera. Asimismo, se discutirán las características técnicas que permiten un rendimiento máximo compatible con la seguridad en los aprovechamientos forestales.

2.2.1.- CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS TRACTORES FORESTALES.

2.2.1.1.- Generación y aprovechamiento de la fuerza de tracción.

El desplazamiento del tractor cargado exige vencer el rozamiento o “resistencia a la rodadura” entre el tractor y el suelo, así como las fuerzas debidas al peso del propio tractor y de la carga que mueve (estas últimas, agravadas por la pendiente en la que frecuentemente debe desarrollarse el trabajo forestal). Estas resistencias al desplazamiento exigen un robusto diseño del tractor, tal que la fuerza de tracción generada por el motor y transmitida a los distintos órganos sea suficiente para vencerlas.

Por otra parte, la escasa adherencia de los suelos forestales exige también que, para que el tractor se desplace, su tren de rodaje proporcione el suficiente agarre.

a) Fuerza de tracción.

Para que el tractor desarrolle la suficiente fuerza tractora debe ser dotado de un motor que proporcione elevada potencia, capaz además de alcanzar su par máximo a un régimen bajo.

- **Potencia:** hasta hace pocos años, la tendencia ha sido su aumento buscando la productividad, pero los problemas de peso excesivo y con él de compactación y degradación del suelo forestal, han hecho retroceder tal tendencia evolutiva, situándose hoy en día la potencia de los tractores de fabricación y uso en Europa entre 100 y 120 CV en los tractores de arrastre y por debajo de los 220 CV en autocargadores.
- **Velocidad:** la mayoría de los tractores poseen sistemas de reducción que permiten aprovechar al máximo su potencia a velocidades cercanas a 1 km/h, alcanzando fuerzas máximas de tracción de alrededor de 20 t.

b) Fuerza de adherencia.

La fuerza de tracción sólo puede desarrollarse si la adherencia entre el suelo y el tren de rodaje lo permite (en caso contrario, las ruedas o cadenas patinan, absorbiendo la fuerza sin aprovecharla). La fuerza de adherencia es mayor cuanto mayor es el peso sobre las ruedas tractoras y mayor es el coeficiente de adherencia entre el tren de rodaje y el suelo. Ello obliga a que el tractor forestal tenga las siguientes características:

- Todas las ruedas tractoras, (incluso con la posibilidad de bloquear el diferencial).
- Peso elevado.
- Coeficiente de adherencia lo más alto posible.

b.1) **Tracción total:** la tracción a todos los ejes es fundamental, pues en caso contrario muchas zonas del monte resultarían inaccesibles por falta de adherencia. Como es obvio, todos los ejes con tracción deben montar un puente de transmisión con diferencial, con la función de permitir el giro de las ruedas del mismo eje a diferentes velocidades cuando el tractor traza curvas.

El diferencial puede resultar un inconveniente en los casos en los que, por las características del suelo, una sola de las ruedas de un determinado eje no tiene adherencia. En estos casos, se transmitiría a dicha rueda mayor fuerza, incrementándose el patinado. Es por ello por lo que muchos tractores poseen un bloqueador que interviene sobre el diferencial de manera que actúe únicamente en los virajes y en el paso de obstáculos, pero no en los desplazamientos rectilíneos (Figura 1).

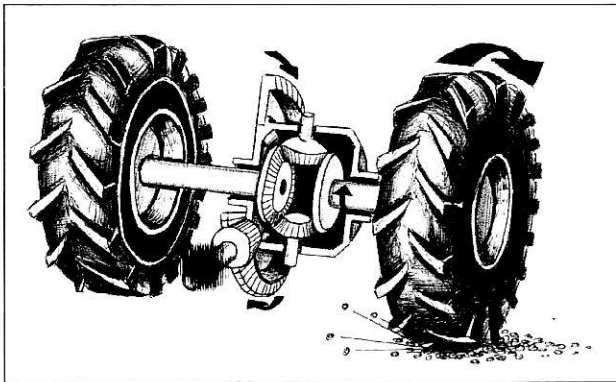


Figura 1: Acción del diferencial cuando una rueda no tiene adherencia

b.2) **Peso:** para evitar los problemas de falta de adherencia, su valor debe ser alto, pero no demasiado, por dos razones:

- Una parte importante de la potencia del motor se invierte en mover el peso propio del tractor.
- La degradación del suelo forestal está directamente relacionada con la presión ejercida, y ésta depende del peso de la máquina.

En la práctica, el peso del tractor se relaciona con la potencia, haciéndose mayor al aumentar ésta (Figura 2).

b.3) **Coeficiente de adherencia:** la adherencia también se puede aumentar incrementando este coeficiente, que depende del tipo de suelo y de las características del tren de rodaje. En general, excepto en terrenos arenosos, el coeficiente de adherencia es mayor a medida que aumenta la superficie de contacto con el suelo y por tanto resultan mejores los tractores de cadena, mas su escasa velocidad y peor movilidad en terrenos escabrosos hace que se utilicen menos que los tractores de neumáticos en las condiciones españolas.

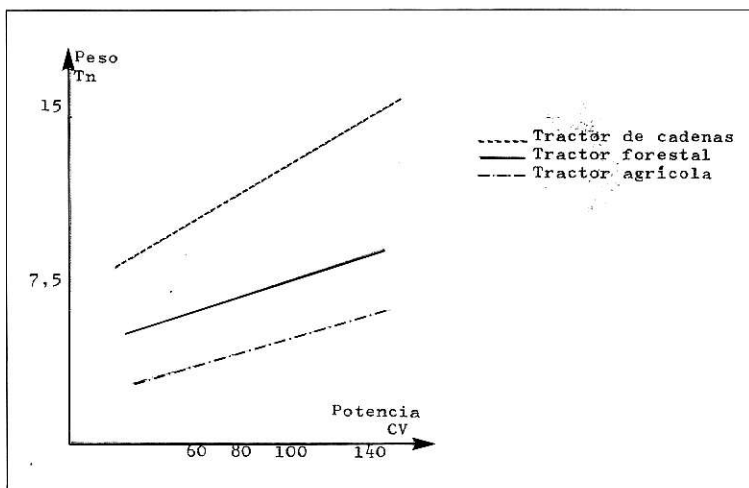


Figura 2: Relación del peso del tractor con su potencia para diferentes tipos de tractores. Fuente: Caterpillar, 1987.

Respecto a los tractores de ruedas o neumáticos, la evolución en los últimos años en favor de la adherencia ha sido muy considerable. Se ha aumentado la superficie de apoyo a base de, por un lado, incrementar las dimensiones de las ruedas y, por otro, mejorar el perfil del neumático evolucionando desde las ruedas tóricas a las ruedas radiales y de éstas a las llamadas de baja presión.

Otra línea de desarrollo consiste en el aumento del número de ruedas del tractor, existiendo tractores de ocho ruedas, generalmente mediante la incorporación de ruedas en tándem (*bogies*). Estas adaptaciones y otros accesorios con efectos favorables sobre la adherencia (cadenas, semiorugas) se tratarán con detalle en el Apartado 2.2.2.

2.2.1.2.- Adaptación a las condiciones accidentadas de los terrenos forestales.

La necesidad de salvar obstáculos como piedras, tocones o taludes obliga a diseñar los tractores con las siguientes características:

- Altura del chasis** lo más elevada posible para superar los obstáculos, pero no tanto como para que la subida del centro de gravedad empeore excesivamente su estabilidad. En la práctica, la altura del chasis oscila entre 40 y algo más de 65 cm.
- Ruedas de gran diámetro** que permitan sobrepasar fácilmente los obstáculos que se encuentran en el camino. Es cada vez más normal que los neumáticos convencionales superen el metro y medio de diámetro.

Los trenes de rodaje de cadenas deben presentar unos ángulos de ataque y salida de la cadena muy pequeños, para superar de forma progresiva y suave los obstáculos.

- Superficie de apoyo del tren de rodaje adaptada al poder portante del suelo.** Dada la conjunción del peso elevado del tractor y la fragilidad de muchos suelos forestales, hay peligro de hundimiento del tractor en el terreno y de compactación. Por ello, otra línea de diseño trata de minimizar estos efectos limitando el peso y repartiéndolo en mayor superficie a través del tren de rodaje.

- d) **Eje delantero y/o trasero oscilantes**, de forma que en casi todo momento las ruedas estén en contacto con el suelo. Ello se puede obtener construyendo los ejes de forma que permitan este movimiento, o bien dotando a la unión de los semichasis de los tractores articulados de la posibilidad de bascular respecto a su eje longitudinal. Este es también uno de los objetivos del montaje de pares de neumáticos oscilantes en tándem (*bogies*).

2.2.1.3.- Movilidad y manejabilidad.

La movilidad del tractor obliga a que éste tenga un radio de giro lo más pequeño posible, así como a que sus dimensiones sean reducidas. La manejabilidad supone facilidad en la conducción del tractor - dirección asistida, embrague automático, frenos asistidos, etc.-

- a) **Dimensiones:** la anchura del tractor raramente supera los 2,5 m, siendo frecuentes los 2 m e incluso existen tractores aún más estrechos, especialmente diseñados para cortas de mejora. En cuanto a su longitud, oscila entre los 3 m en tractores para claras y los 8 m de algunos autocargadores.
- b) **Radio de giro:** para el caso de tractores oruga, el giro se logra inmovilizando un lateral del tren de rodaje, con lo que el radio de giro equivale a la longitud del tren de rodaje.

En los tractores de ruedas, el radio de giro sería muy grande si montaran una dirección convencional como la de los vehículos de carretera (sistema *Ackerman*), dado que poseen ruedas de grandes dimensiones. Para evitarlo, los tractores forestales de ruedas se diseñan incorporando un sistema articulado de dirección, consistente en disponer los ejes en dos semichasis independientes unidos por una articulación que hace de eje de giro. El giro no se consigue variando el ángulo de las ruedas con respecto al chasis (de hecho, las ruedas son siempre paralelas a cada semichasis), sino por el movimiento, mediante uno o dos cilindros hidráulicos de doble efecto, de un semichasis con respecto al otro (Figura 3).

La unión de ambos semichasis suele permitir, además, cierto basculamiento en el plano vertical (Figura 4). Como se ha indicado, esto mejora la adherencia y la estabilidad.

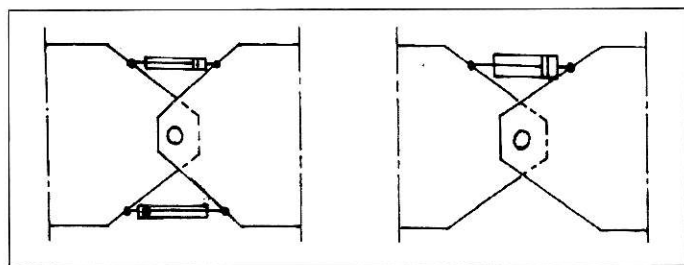


Figura 3: Articulación del chasis del tractor.

Una última ventaja del sistema articulado es que las ruedas traseras describen la misma trayectoria que las delanteras. De esta forma, el conductor sólo tiene que preocuparse, al salvar los obstáculos, de superarlos con las ruedas delanteras.

- c) **Transmisión:** es seguramente el sistema del que existe más diversidad en los tractores forestales. La transmisión clásica, formada por un embrague monodisco (o con mucha frecuencia dos embragues, uno al eje de la caja de cambios y otro al eje de la toma de fuerza), una reductora y una caja de cambios (Figura 5), presenta los siguientes inconvenientes en su aplicación a los tractores forestales:

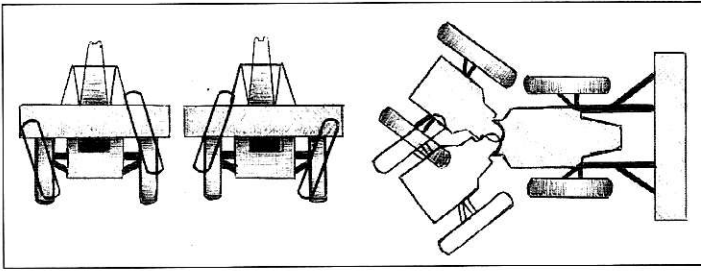


Figura 4: Movimientos del tractor, en el plano vertical y horizontal.

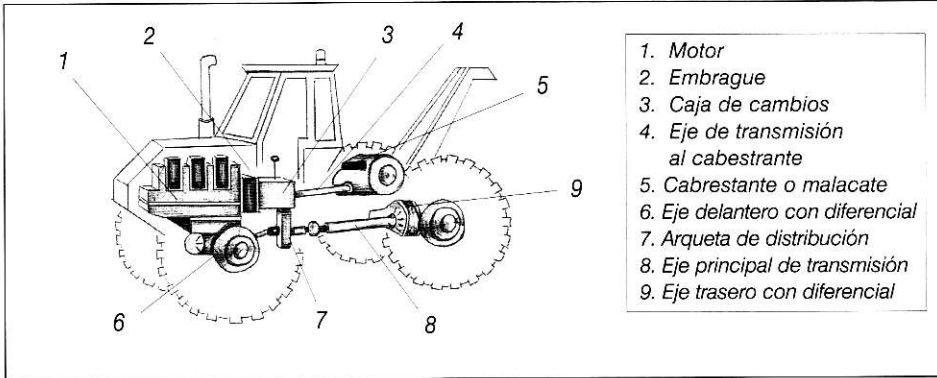


Figura 5: Transmisión mecánica.

- Dificultad de aprovechamiento de la potencia del motor: Sea un tractor con V velocidades, que al par máximo le permiten desarrollar las fuerzas Et_1, \dots, Et_n ; sólo cuando los requerimientos de fuerza del tractor sean iguales a estos valores se aprovecha toda la potencia del motor, pero en los valores intermedios el tractor deberá funcionar proporcionando esfuerzos inferiores a los que podría desarrollar el motor.
- Dificultad de conducción: los continuos cambios de pendiente y obstáculos que presenta el terreno requieren una adaptación continua de la fuerza de tracción que obliga a un cambio ininterrumpido de velocidades si se quiere aprovechar su potencia al máximo - o a conducir a velocidades reducidas para tener una reserva de fuerza -. El cambio frecuente hace la conducción incómoda y además desgasta rápidamente el embrague, pudiendo incluso poner en peligro la estabilidad longitudinal del tractor.

Estos inconvenientes pueden soslayarse con la incorporación del convertidor de par a la transmisión en lugar del embrague convencional. Se conoce entonces como “transmisión hidrodinámico-mecánica”.

El *convertidor de par* es un embrague hidráulico en el que se intercalan, entre el impulsor (movido por el motor) y el rotor (que mueve la transmisión), unos álabes que, de acuerdo con los requerimientos de potencia del tractor, pueden cambiar de orientación modificando la velocidad del fluido que circula por el embrague y, por tanto, aumentando o disminuyendo la velocidad del tractor a costa de disminuir o aumentar el esfuerzo de tracción disponible. Sus elementos se muestran en la Figura 6.

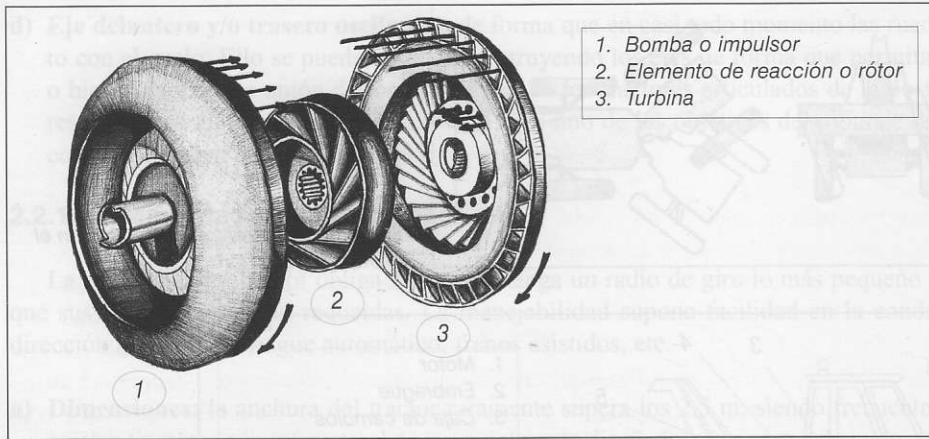


Figura 6:
Convertidor de par.

Se consiguen así las siguientes ventajas:

- Se necesita un número mínimo de revoluciones del motor (y por tanto del impulsor) para que el fluido sea capaz de mover el rotor. A partir de ese régimen - aproximadamente 500 rpm. - el movimiento del rotor es paulatinamente creciente, no entrando bruscamente en movimiento como un embrague clásico. Es, por tanto, imposible que se cale el motor.
- Cuando el tractor se encuentra con un obstáculo o una pendiente que exige una mayor potencia, automáticamente los álabes cambian de inclinación haciendo que el rotor gire más despacio (pero con mas fuerza rotatoria), funcionando el tractor como si hubiese cambiado a una velocidad inferior.

No es que con el convertidor de par se pueda prescindir del cambio de velocidades, pero sí puede hacer que se necesiten menos marchas, y desde luego no es necesario realizar cambios con tanta frecuencia, perdiendo tiempo e impulso, dado que en cada marcha se amplifica el rango de velocidades y esfuerzos de tracción. En la Figura 7 se muestran los diagramas Fuerza de tracción/velocidad para una transmisión mecánica e hidrodinámico-mecánica.

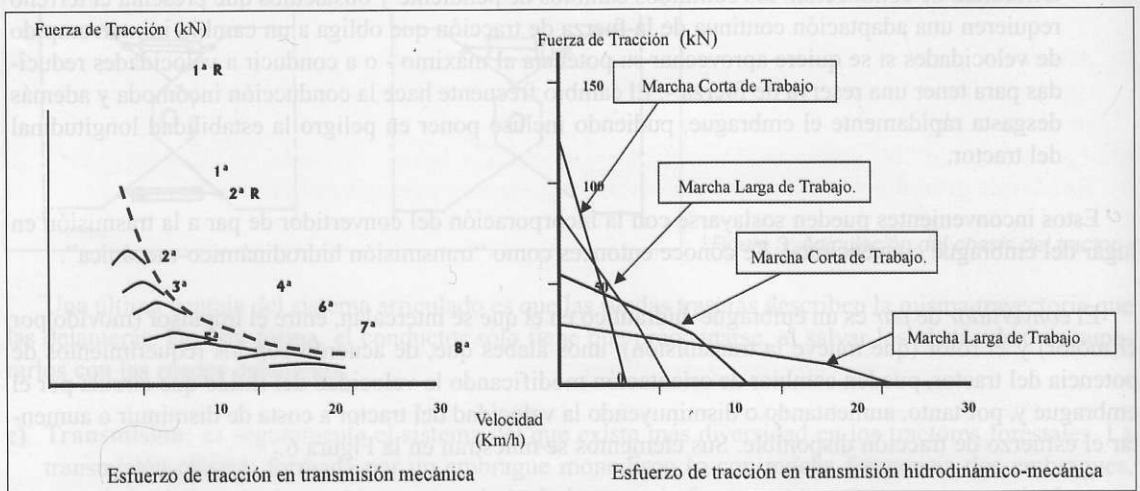


Figura 7: Gráficos Et/v para transmisión mecánica e hidrodinámico-mecánica.

El convertidor de par tiene, sin embargo, los siguientes inconvenientes:

- Su coste es mayor que el embrague mecánico.
- Tiene un rendimiento de potencia inferior, derivándose de ello un mayor consumo de combustible.
- Produce ciertos problemas cuando se quiere reducir en las cuestas abajo.

En la Figura 8 se puede apreciar el rendimiento de la energía motriz en un embrague clásico y un convertidor de par. En él se puede apreciar cómo el rendimiento en el convertidor de par, hasta un número de revoluciones característico denominado “máximo de conversión”, es hasta dos veces y media superior al sistema clásico. A partir de ese régimen de giro el rendimiento baja mucho, incluso por debajo del sistema clásico. El resultado final es que la potencia a la barra en un convertidor de par es menor que con embrague clásico, pero entre el número de revoluciones en que inicia el movimiento el rotor y el máximo de conversión, la potencia disponible es superior a la del sistema clásico.

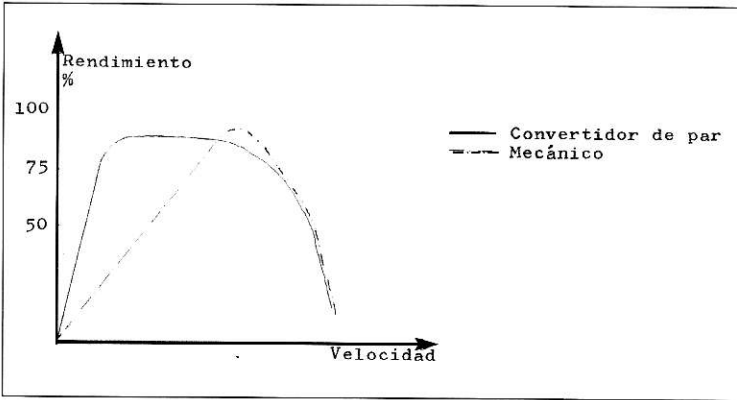


Figura 8: Rendimiento motor con embrague clásico y con convertidor de par.

Cuando se dispone de un convertidor de par, la caja de cambios suele ser diferente a la clásica dado que no es necesario disponer de tantas marchas y además, porque si bien al ralentí el motor no tiene fuerza para mover el eje primario, sí habría tendencia (si las velocidades estuvieran engranadas) a acuñarse los piñones de las marchas y dificultar su manejo.

Es por ello por lo que la caja de cambios, después del convertidor de par, es del tipo denominado “servotransmisión”, formada por tres a cinco juegos de engranajes (Figura 9) con las siguientes funciones:

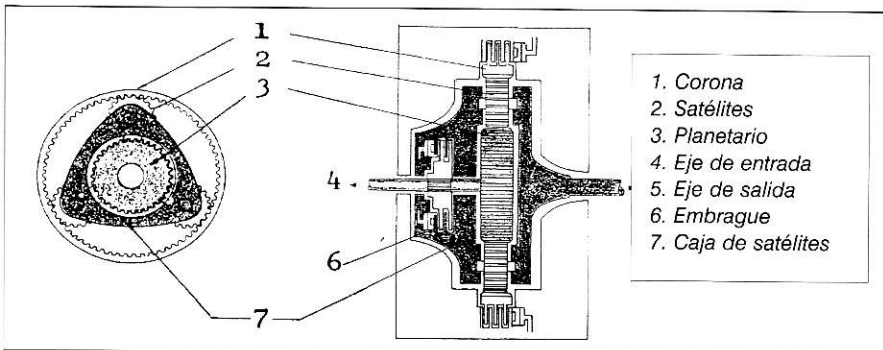


Figura 9: Servocambio.

- 1 - Marcha corta
- 2 - Marcha larga
- 3 - Marcha atrás
- 4 - Marcha adelante

En la Figura 10 se representa una cadena cinemática típica con convertidor de par, aunque es posible encontrar múltiples variantes.

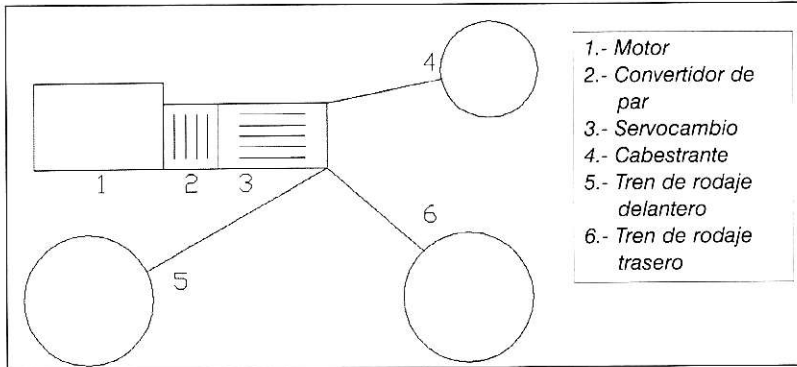


Figura 10: Cadena cinemática con convertidor de par

La transmisión hidrodinámico-mecánica es una de las más empleadas en vehículos forestales, montándose en numerosos tractores de arrastre y en buen número de autocargadores.

Otra solución menos común para la transmisión es el denominado multiembrague. El embrague está integrado por tantos discos como marchas tiene el motor, resultando el cambio de marchas un simple cambio de disco de embrague.

La cadena cinemática más evolucionada es la transmisión hidrostática, bien en forma parcial, o bien en su totalidad:

- *La transmisión hidrostática parcial ó hidrostático-mecánica* está formada por una bomba hidráulica (Figura 11) que transforma el movimiento de rotación del cigüeñal en movimiento de fluido a presión en el interior de un circuito de transmisión formado por conductos flexibles llamados latiguillos.

En dicho circuito, la relación caudal-velocidad del aceite hidráulico equivale a la relación esfuerzo de tracción-velocidad en una transmisión clásica. La regulación, por medio de electroválvulas y distribuidores de flujo, de estos parámetros, es mucho más sencilla y continua que en una transmisión mecánica o hidrodinámico-mecánica. El circuito hidráulico finaliza en un motor hidráulico, que vuelve a transformar el flujo de aceite en movimiento de rotación, comenzando aquí un final de transmisión de tipo mecánico, en que se puede intercalar un servocambio. El conjunto de la transmisión puede apreciarse en la Figura 12.

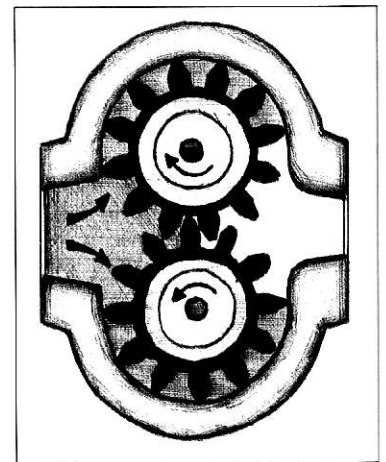


Figura 11: Ejemplo de bomba hidráulica "de engranaje".

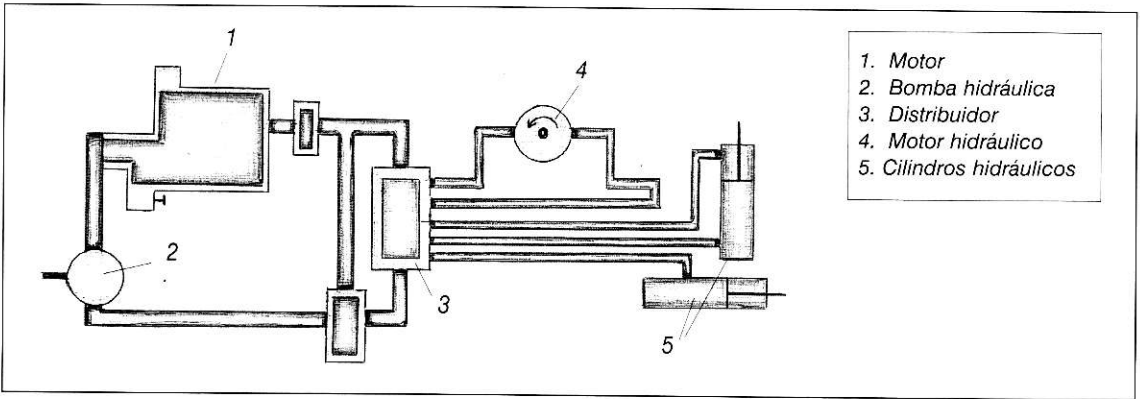


Figura 12: Transmisión hidrostático-mecánica.

- La *transmisión hidrostática* propiamente dicha o completa está formada por una bomba hidráulica, un circuito hidráulico complejo que conduce el aceite a presión a tantos motores hidráulicos como ruedas y tomas de fuerza tenga el tractor (Figura 13).

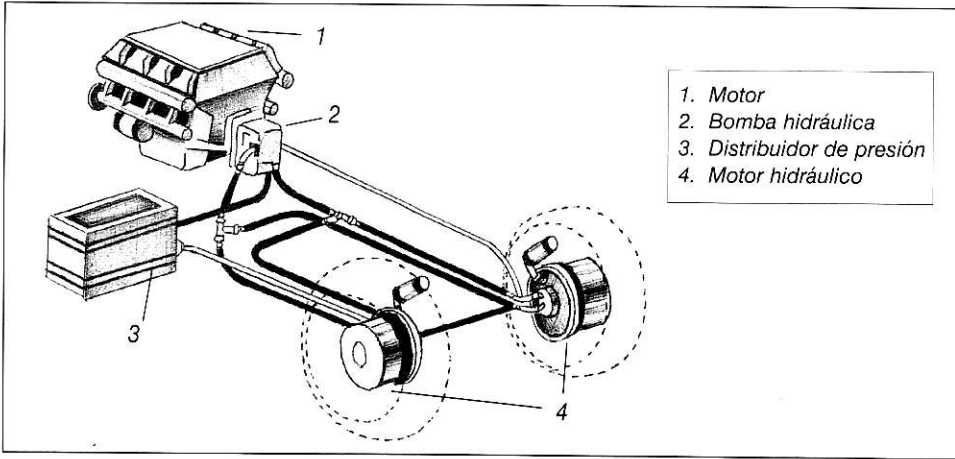


Figura 13: Esquema simplificado de una transmisión hidrostática completa.

Las ventajas de la transmisión hidrostática son las siguientes:

- La regulación de la relación Fuerza de tracción-Velocidad es prácticamente continua (Figura 14). Ello no sólo permite reducir los cambios de marcha, sino que suaviza la transición, consiguiendo una adaptación progresiva al régimen necesario, con lo que se reduce el desgaste de los neumáticos o cadenas y los daños al suelo.
- El régimen del motor puede ser prácticamente continuo, no requiriéndose acelerarlo para elevar el régimen y el par cuando se necesita aumentar el esfuerzo. Ello supone, en teoría, un menor mantenimiento del motor y una mayor duración.

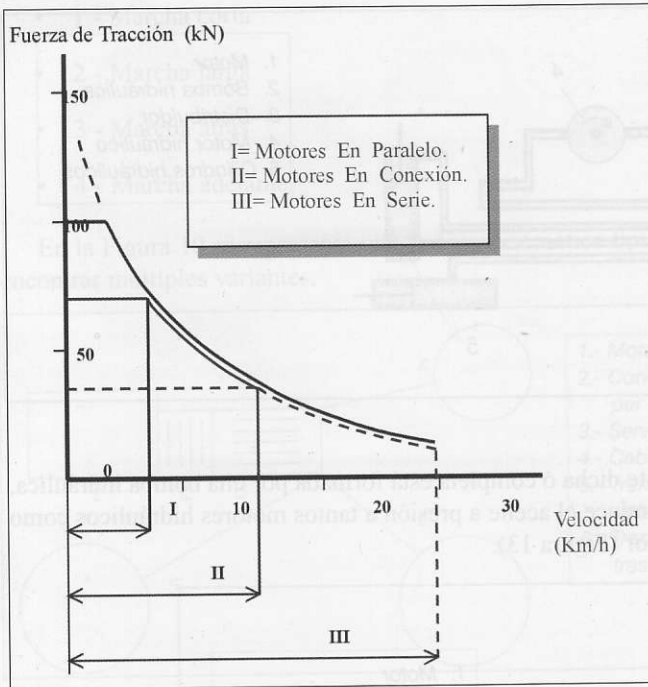


Figura 14: Relación Esfuerzo-Velocidad en una transmisión hidrostática.



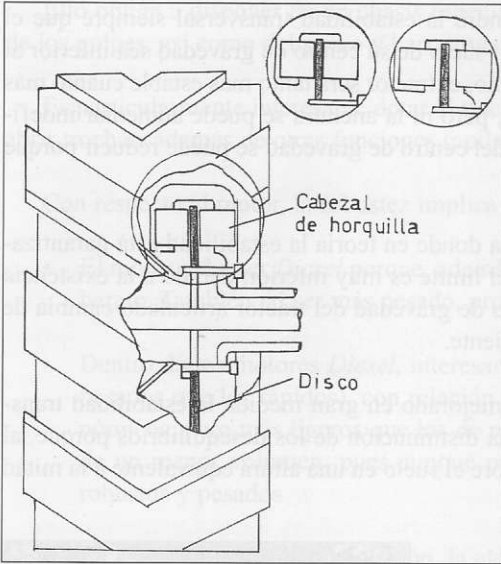
Figura 15: Vehículo de chasis nivelable, posible gracias a su transmisión hidrostática.

— La inexistencia de transmisión mecánica a partir de la bomba elimina la necesidad de ejes de transmisión, arquetas de distribución, diferenciales, palieres, etc. Ello supone que la geometría de la máquina puede hacerse variable, modificando la posición relativa de las ruedas, en cualquier sentido imaginable: se puede elevar el chasis sobre ellas para pasar un obstáculo, acercar o separar las ruedas que corresponderían al mismo eje, aumentando o disminuyendo la anchura y estabilidad del vehículo, e incluso mantener las ruedas que corresponderían a un mismo “eje” a distintas alturas de forma que el chasis se mantenga horizontal, lo que permitiría desplazarse en cualquier terreno minimizando el riesgo de vuelco lateral (Figura 15).

d) **Mandos de la dirección:** ya se indicó que el cambio de dirección se lleva a cabo por medio de uno o dos émbolos que desplazan un semichasis con respecto al otro: para que esta acción no requiera de esfuerzo por parte del conductor, los tractores forestales disponen (independientemente de cuál sea su tipo de transmisión) de un circuito hidráulico - con su bomba, depósito de aceite, latiguillos, válvulas y distribuidores - mediante el cual, al variar la posición del volante o de la palanca de dirección, varía la carrera de los émbolos y con ello se produce el giro.

Dentro de los mandos de dirección, el volante presenta ventajas por su precisión, debida a la desmultiplicación del giro. Ello supone ventajas en la maniobra a cierta velocidad - por ejemplo, en pista -. A cambio, es más incómodo de manejo, dado lo frecuente de las maniobras en los trabajos forestales.

El mando de palanca tiene las ventajas e inconvenientes complementarios. Tiene menor precisión en el giro - lo que es menos importante para circular a baja velocidad, en el monte - pero su manejo es muy cómodo. Hay algunas máquinas que montan mando doble, pudiéndose elegir uno u otro, según las condiciones de utilización.



e) **Frenos:** dada la envergadura de las cargas desplazadas por los tractores, la eficacia de los frenos es fundamental para la seguridad del conductor. Asimismo, la acción de frenado debe facilitarse en la mayor medida al conductor, por esas mismas razones de seguridad, por lo que normalmente se realiza a través de un circuito hidráulico o por aire comprimido, por presión de una zapata sobre los discos de las ruedas o sobre el eje de transmisión. (Figura 16)

Figura 16: Sistema de frenos.

Como factor de seguridad en el frenado del tractor, se dispone, además de un freno de estacionamiento, el de la pala frontal, que puede ser aplicada al suelo inmovilizando el tractor, como se aprecia en la (Figura 17).

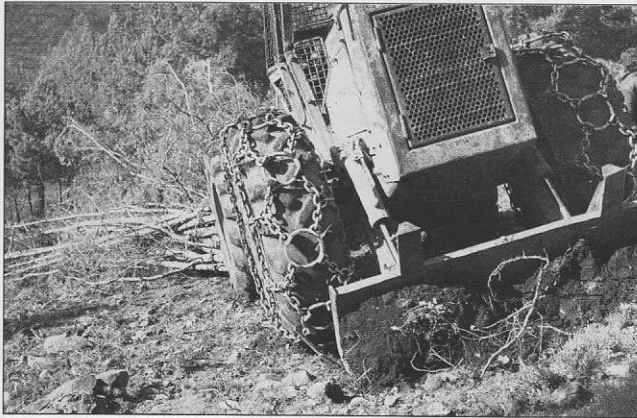


Figura 17: Pala frontal que actúa como freno de estacionamiento.

2.2.1.4.- Seguridad.

Los principales riesgos en el trabajo con tractores forestales tienen lugar durante la saca en sentido descendente o, en terrenos en pendiente, por el riesgo de vuelco lateral o incluso longitudinal.

Como elemento de seguridad pasiva, el tractor debe estar diseñado adecuadamente para que, en caso de vuelco, se proteja la integridad del operario. A este respecto, debe cumplir la normativa internacional de homologación de cabinas antivuelco (ROPS). Otras medidas preventivas en relación con el peligro de vuelco son las siguientes:

a) **Estabilidad en sentido transversal:** El tractor mantendrá la estabilidad transversal siempre que el cociente entre la mitad de su anchura y la altura sobre el suelo de su centro de gravedad sea inferior al valor de la pendiente expresado en tanto por uno. Por tanto, el tractor será tanto más estable cuanto más ancho sea y cuanto más bajo sea el centro de gravedad, pero ni la anchura se puede aumentar indefinidamente, porque disminuye la movilidad, ni la altura del centro de gravedad se puede reducir porque disminuye la capacidad de salvar obstáculos.

En su construcción, se opta por una solución intermedia donde en teoría la estabilidad está garantizada en pendientes laterales del 35%, aunque en la realidad el límite es muy inferior, debido a la existencia de obstáculos que desequilibran al tractor y a que el centro de gravedad del tractor articulado cambia de posición desfavorablemente cuando éste gira hacia la pendiente.

Una vez más, el desarrollo de los trenes de rodaje ha mejorado en gran medida la estabilidad transversal. Dotando al tren de rodaje de *bogies* se consigue una disminución de los desequilibrios porque, al sobrepasar un obstáculo, el eje del *bogie* sólo se levanta sobre el suelo en una altura equivalente a la mitad de la del obstáculo (Figuras 18 y 19).

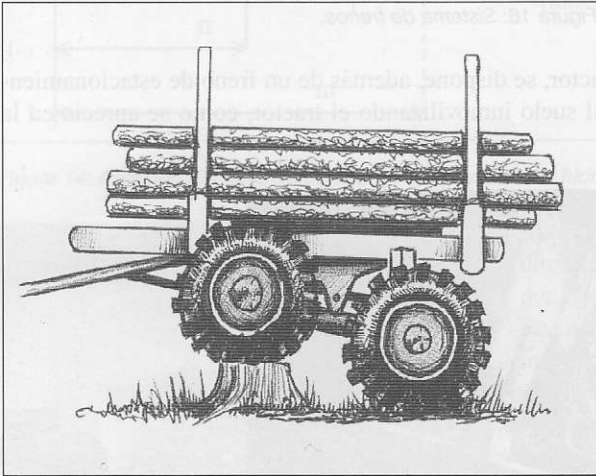


Figura 18: Funcionamiento de un bogie.



Figura 19: Bogie de accionamiento forzado.

b) **Estabilidad en el sentido de la marcha:** el tractor será más estable cuanto más bajo y adelantado se sitúe su centro de gravedad. Por ello, al contrario de lo que sucede en los tractores agrícolas, la mayor parte del peso se sitúa en la parte delantera del tractor. Con el tractor sin carga, al eje delantero le corresponden dos tercios del peso del vehículo y al trasero el tercio restante.

2.2.1.5.- Robustez.

Por último, otra importante condición que se exige a un tractor forestal es su robustez, como consecuencia de la dureza de los trabajos que realiza y de las condiciones en las que se desarrolla dicho trabajo.

Ello obliga a disponer de un chasis especialmente resistente para proteger los órganos de la máquina de los golpes, así como del polvo y barro que pueden deteriorarlos.

Es particularmente interesante dotar al tractor de una pala frontal para eliminar pequeños obstáculos o abrir trochas, además de otras funciones (apilar madera, anclaje,....).

Con respecto al motor, la robustez implica que:

- El motor debe ser *Diesel* porque, además de su mayor vida, consume menos y del combustible más barato. También, al ser más pesado, proporciona una mayor tara, mejorando la adherencia.
- Dentro de los motores *Diesel*, interesan los motores lentos, (también más robustos, económicos y pesados que los rápidos), con relación carrera-diámetro del émbolo pequeña, (más fiables y económicos, pero más ligeros que los de relación alta), y con un número de cilindros elevado a costa de un menor volumen, pues aunque proporcionen peor rendimiento de la combustión, son más robustos y pesados.
- En cuanto a la turboalimentación, la elección no es siempre muy clara: a las ventajas de los motores turboalimentados (invariabilidad de la potencia con la altitud, economía y mayor aceleración), se contraponen su mayor ligereza e inferior robustez a igualdad de potencia.

2.2.2.- LOS NEUMÁTICOS DE LOS TRACTORES FORESTALES.

Los neumáticos son los elementos del tractor que tienen como misiones más importantes:

- Servir de soporte al vehículo y a la carga de madera transportada.
- Transmitir al suelo la presión derivada del peso del sistema vehículo-carga.
- Transmitir al suelo la fuerza de tracción (adherencia) que llega a los ejes tractores, procedente del par motor.

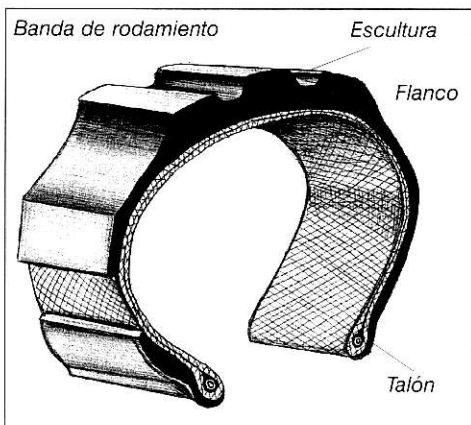


Figura 20: Elementos de la cubierta un neumático.

Las dimensiones, estructura y calidad de los neumáticos influyen en el comportamiento del vehículo y en su interacción con el terreno, y su elección es, por tanto, uno de los parámetros que más afecta al rendimiento y al coste horario del tractor, así como a sus efectos ambientales (Figura 20).

Si en todo tipo de vehículos la elección adecuada de los neumáticos es de gran importancia, por ser el único nexo de unión al terreno, en el caso de los tractores forestales puede ser determinante en su comportamiento. El tractor forestal está pensado para transitar sobre el suelo del monte, es decir, sobre un terreno que no ha recibido ninguna preparación tendente a facilitar la circulación de vehículos. Este medio se caracteriza por su agresividad hacia el neumático

y por ser muy heterogéneo. Las condiciones cambian constantemente al variar las cualidades físicas del suelo, la humedad, la pendiente, la cubierta vegetal, la pedregosidad y los obstáculos naturales. Esta variabilidad dificulta extraordinariamente la transitabilidad del tractor y es la causa de que, con mucha frecuencia, se presenten situaciones límite tanto de estabilidad como de adherencia.

Se espera de un neumático forestal que proporcione seguridad, fiabilidad y alto rendimiento (adherencia) a la máquina bajo la que se monta. Por consiguiente, se le exige que sea duro, para resistir los sobreesfuerzos a que se ve sometido al acometer obstáculos; que sea resistente a los pinchazos y a los cortes de las rocas; que sea elástico para absorber los esfuerzos derivados del tránsito sobre un medio heterogéneo; que sea polivalente para adaptarse a situaciones diversas, y que sea lo más barato posible, para que los costes de reposición no sean tan altos que obliguen a utilizar unos neumáticos más horas de las que serían recomendables siguiendo criterios de seguridad.

En definitiva, a un neumático se le piden demasiadas cosas, y algunas de ellas son antagónicas. El diseño y fabricación de un neumático contemplan y tratan de conjugar todas estas exigencias y, para ello, los fabricantes utilizan y tecnologías muy sofisticadas que, en general, son desconocidas e infravaloradas por el usuario. Es por esta causa por lo que los neumáticos destinados a los tractores forestales deberían escogerse cuidadosamente, de acuerdo con la función que tengan que desarrollar.

Los tractores forestales son vehículos cuya potencia oscila entre 100 y 175 CV, con 4, 6 u 8 ruedas, en general todas tractoras, que desarrollan velocidades pequeñas (entre 1 y 20 km/h), con chasis articulado y dirección por giro de un semichasis respecto al otro. El tipo de trabajo desarrollado depende del tipo de tractor. Los autocargadores están diseñados para transportar la madera totalmente suspendida sobre el remolque, mientras que los tractores arrastradores desemboscan la madera arrastrándola sobre el suelo forestal. Circunstancialmente pueden realizar trabajos de empuje con la cuchilla delantera. El terreno por donde circulan es suelo forestal, distinguido por la elevada pendiente, la abundancia de obstáculos (tocones, restos de material leñoso, piedras, rocas y otros materiales de carácter abrasivo y cortante), así como por su escasa adherencia y su relativa facilidad de deformación y, por tanto, compactación.

Los neumáticos forestales son los únicos diseñados para trabajar en tales circunstancias. Son neumáticos anchos con una amplia superficie de contacto con el suelo que permite distribuir mejor el peso y reducir la compactación, favoreciendo la capacidad tractora de la máquina. Su escultura, a base de tacos altos, resistentes al arranque, permite el anclaje sobre el suelo paliando en parte la falta de adherencia del conjunto suelo-neumático (Figura 21).

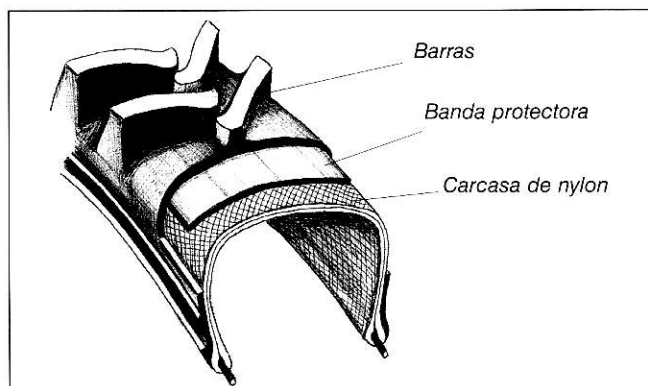


Figura 21: Estructura de un neumático forestal.

Su estructura admite una capacidad de carga elevada como resultado del trabajo que realizan. Esta característica es la causa de que prácticamente todas las cubiertas tengan una arquitectura convencional reforzada. No se utiliza la arquitectura radial (Figura 22).

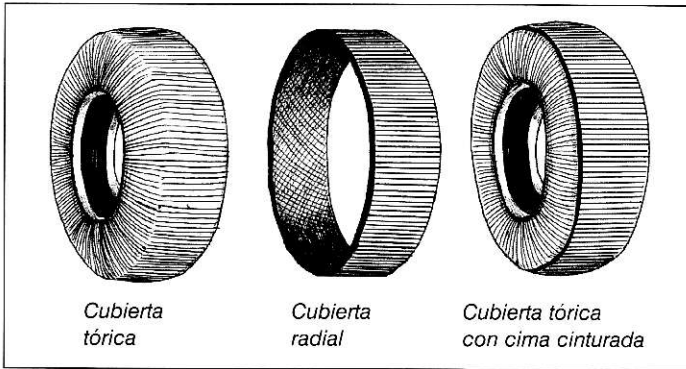


Figura 22: Tipos de Cubierta.

La presión de inflado del neumático es una característica determinante del comportamiento del mismo y está estrechamente ligada a la arquitectura de la cubierta y a la carga. Los neumáticos forestales deben transmitir bajas presiones al suelo para evitar su compactación, pero, al mismo tiempo, deben soportar cargas muy altas. Los fabricantes, en sus catálogos, exponen la presión ideal de trabajo en función de la carga y la velocidad. Una presión más baja de la recomendada mejora la movilidad del tractor al adaptarse a los obstáculos, sin embargo la cubierta sufre unas deformaciones que disminuyen su vida útil. Una sobrepresión aumenta la profundidad de las rodadas y la compactación del suelo, dificultando la superación de obstáculos y la conducción.

Es imprescindible una elevada resistencia a cortes y perforaciones, tanto en la banda de rodadura como en los flancos y en la unión entre la cubierta y la llanta. Esto exige que la estructura de la cubierta este reforzada habitualmente con mallas de cable de acero por debajo de la banda de rodamiento. Los flancos son, generalmente, los puntos débiles del neumático y deben ser objeto de especial atención utilizando gomas más anchas y más resistentes.

La unión entre el talón y la llanta, así como la válvula de inflado deben estar protegidos para impedir la entrada de cuerpos extraños.

A pesar del desarrollo de la investigación y de las constantes innovaciones tecnológicas, la fabricación de un neumático forestal es un proceso muy complicado donde intervienen muchas variables. Es, por tanto, muy recomendable dejarse aconsejar por expertos cuando se trata de montar unos neumáticos nuevos, cuyo coste puede representar el 10% del coste total del tractor. Una vez montados, seguirá siendo preciso atender a las sugerencias del fabricante en cuanto a presión de inflado y capacidad de carga, para obtener un óptimo rendimiento en el trabajo.

2.3.- LOS TRACTORES ARRASTRADORES (SKIDDERS).

Los tractores arrastradores o *skidders* se caracterizan por desemboscar la madera por arrastre. Lo más frecuente es que el extremo basal del fuste se suspenda del tractor, mientras el otro es arrastrado en contacto con el terreno (Figura 1).

Sólo en el caso de que la madera sea corta (longitud inferior a 2,5 metros) y haya sido reunida previamente en pilas de 3 a 6 estéreos, el transporte se realiza con las trozas totalmente suspendidas (Figura 2).



Figura 1: Desembosque en forma semiarrastrada por medio de skidder.



Figura 2: Desembosque en suspensión (en "paquetes") por medio de skidder.

2.3.1.- CARACTERÍSTICAS DEL TRACTOR DE ARRASTRE O SKIDDER: ELEMENTOS DE TRABAJO.

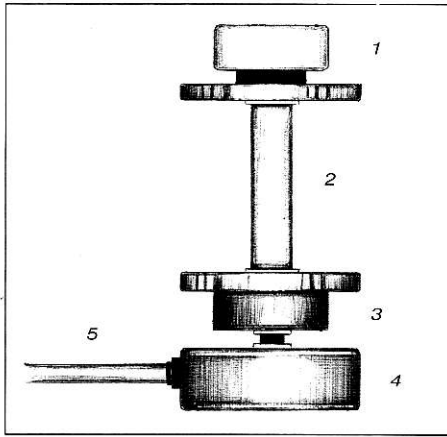
El *skidder* más utilizado en España es un tractor de tamaño relativamente reducido, articulado, con el motor y la cabina montados en el semichasis delantero, y los elementos de trabajo y carga en el trasero. Puede montar en el semichasis trasero uno o dos *cabrestantes* (Figura 3) en los que se arrollan sendos cables de acero que se accionan a través de la toma de fuerza del tractor.



Figura 3: Skidder con doble cabestrante.

Este accesorio realiza simultáneamente labores de reunión y desembosque. Su principal ventaja consiste en poder sacar la madera de zonas inaccesibles al tractor con tal de que esté situada al alcance del cable del cabestrante, lo que se complementa con la posibilidad de soltar cable dejando la carga tras de sí cuando el *skidder* se enfrenta a obstáculos de cierta envergadura, recuperándola traccionando el cabestrante una vez los ha superado.

Como se ha indicado, el elemento característico del *skidder* es el **cabestrante**, pero su equipamiento se completa con un **arco integral**, un **escudo protector** y una **pala frontal**.



- 1.- Freno
- 2.- Tambor
- 3.- Embrague
- 4.- Reductora
- 5.-Eje de transmisión

Figura 4: Cabrestante con sus elementos.

Se describen a continuación, con mayor detalles, estos elementos de trabajo:

a) Cabrestante: está formado por los siguientes elementos (Figura 4):

- a.1) **La reductora.** Recibe la fuerza de la caja de transmisión o directamente del embrague, transformando el movimiento circular longitudinal en circular transversal (sistema tornillo sinfin- corona) y reduciendo la velocidad de rotación hasta 10 ó 20 rpm para aumentar la fuerza de tracción al máximo.
- a.2) **El tambor.** Aloja y da fuerza y movimiento al cable tractor. Debe admitir entre 50 y 175 metros de cable de 12 a 25 mm de diámetro. Lo ideal es que sea de tipo Seale con hilos cruzados preformados (Cf. capítulo 2.5.).
- a.3) **El embrague.** Permite acoplar y desacoplar el movimiento de la reductora con el tambor. Si bien existen sistemas mecánicos, los más utilizados son los de accionamiento hidráulico o electroneumático por su ventaja de poderse maniobrar más rápidamente. Esta cualidad es muy importante cuando por razones de estabilidad u otras situaciones de peligro conviene soltar la carga con rapidez.
- a.4) **El freno.** Al igual que el embrague, el freno juega un papel decisivo en la seguridad de la explotación. Existen muchos tipos, pudiendo actuar sobre diferentes niveles de la cadena cinemática. Los más corrientes actúan sobre el tambor mediante accionamiento hidráulico.
- a.5) **Los mandos de accionamiento del cabrestante.** Suelen ser palancas situadas en la cabina que actúan sobre el tambor del cabrestante mecánica o hidráulicamente. También pueden situarse exteriormente, junto al cabrestante, con la única ventaja de poder controlar mejor la fase de reunión de la madera. En este último caso suelen ser de accionamiento eléctrico.

Más sofisticados son los mandos por radio, que permiten dirigir la reunión a una distancia de hasta varias decenas de metros. Su interés radica en la posibilidad de que una sola persona pueda efectuar el desembosque. Así, el maquinista, una vez situado el tractor en la posición de arrastre, suelta el freno del cabrestante y acerca el cable hasta la madera a desemboscar. Engancha las trozas al cable tractor y, mediante el mando a distancia acciona el tambor para recoger con lo que no es necesario un operario auxiliar, sino que el maquinista acompaña a la madera durante el arrastre pudiendo, a lo largo del recorrido, manipular el funcionamiento del cabrestante para salvar más fácilmente los obstáculos del terreno.



Figura 7: Reunión de madera de pequeña dimensión en "haces" de árboles completos.

- b) Desembosque por cableo desde la pista:** Si existe una red de vías de saca suficientemente densa para que pueda sacarse la madera sin necesidad de que el arrastrador transite fuera de ellas, el *skidder* circula por una vía y el tractorista lo fija en la posición más cercana a la madera. El ayudante - o el mismo tractorista, si dispone de control remoto - aproxima el extremo libre del cable a la madera, enlazándola. Posteriormente se recoge el cable, reuniendo las trozas en la vía de saca o sus proximidades -talud- Una vez allí, el ayudante o el propio tractorista desengancha la madera y vuelve a tirar del cable tractor para iniciar un nuevo ciclo.

Este método es propio de pendientes muy fuertes o terrenos muy difíciles por otros motivos- afloramientos rocosos, escabrosidad, ...) en que se arrastra la madera desde pistas temporales abiertas según líneas de nivel separadas 40-80 metros y generalmente en sentido ascendente (por ser más fácil la extensión del cable y más controlado el arrastre de la carga), tal como se puede apreciar en la Figura 9, aunque en este caso se trata de un tractor agrícola adaptado al trabajo como arrastrador.

Es un sistema que puede producir muchos daños, tanto por la apertura de pistas necesaria como por los daños causados por la madera en arrastre total en largas distancias (especialmente si hay masa residual). Por ello, debe limitarse su uso a los casos en que sea imprescindible y los daños causados sean moderados.

En realidad, como se verá, este sistema puede considerarse, más que un tipo de desembosque con *skidder*, una variante de desembosque con cable, concretamente el sistema conocido como "a cabo perdido".

- c) Desemboque por cableo "cerrado" desde la pista:** Se trata de una variante del caso anterior, en el que el tractor funciona únicamente como elemento motriz del torno, disponiendo de un doble cabrestante. Uno de accionamiento del cable tractor y el otro que soporta un cable de retorno para así, una vez que se desenganchen las trozas, hacer volver al cable tractor hasta la zona de corta sin necesidad de que el ayudante acompañe a la madera durante el arrastre. Mientras tanto puede lazar las siguientes trozas a extraer (Figura 8)².

² La necesidad de establecer una polea de derivación hace el montaje más lento que la simple extensión del cable, lo que hace que compense cuando hay mucha madera que arrastrar desde cada posición (arrastres largos de cortas a hecho, por ejemplo).

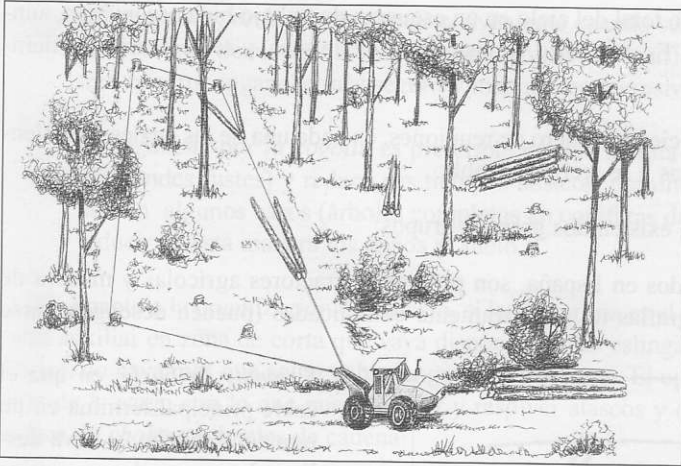


Figura 8: Skidder actuando por cable cerrado desde pista (montes de gran escabrosidad o escasa red de pistas).



Figura 9: Cableo desde pista.

2.3.3.- CICLO DE TRABAJO EN SACA DE MADERA LARGA (FUSTES ENTEROS / ÁRBOLES COMPLETOS).

El desembosque de madera “en largo” - fustes enteros o árboles completos, en ocasiones trozas largas - se sirve de las tres modalidades descritas (desplazamiento del *skidder* a través del monte, desembosque desde pista y cableo cerrado) con ciertos elementos comunes al ciclo de trabajo que desarrollamos a continuación. Si se utiliza como referencia la primera modalidad, caso más corriente en España, los elementos del ciclo de trabajo son los siguientes:

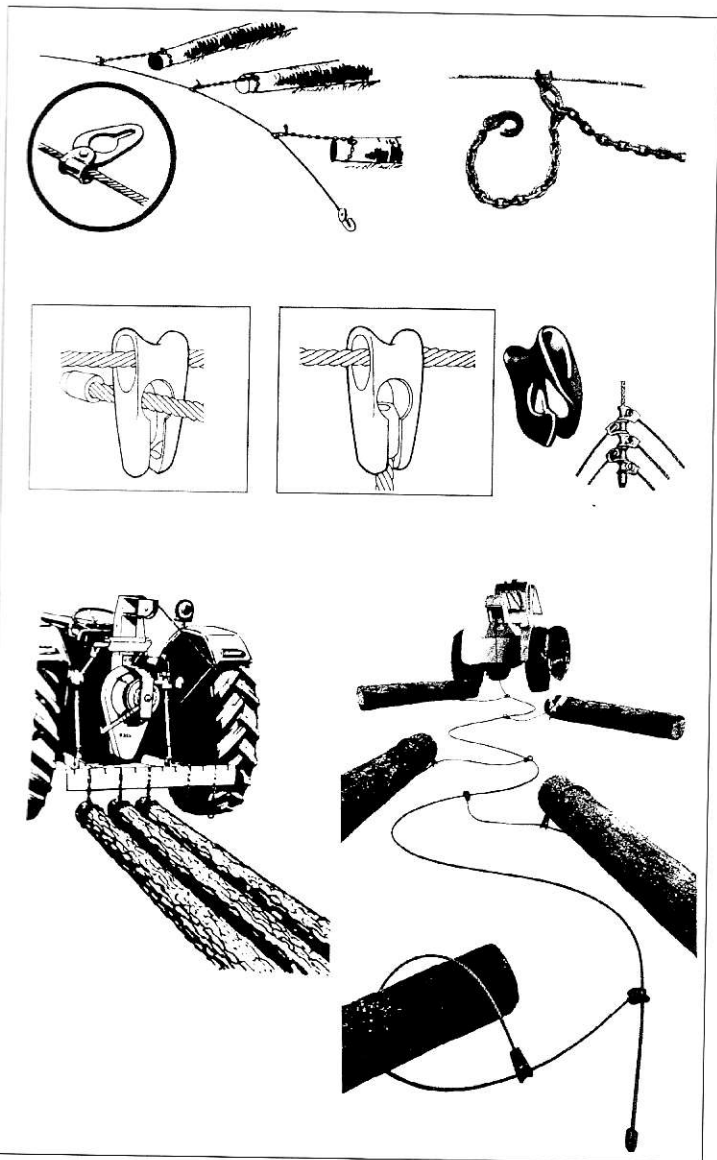
- a) **Desplazamiento del tractor:** consume un 30-40 % del tiempo del ciclo, para distancias de desembosque de 150-200 metros. La reducción de este tiempo se debe realizar acortando las distancias de desembosque (si es posible) u organizando mejor la red de arrastraderos para evitar maniobras y tiempos muertos. Así, la posibilidad de aumentar la velocidad media se basa más en evitar atascos y tiempos muertos y en practicar el “*winch on the go*” para salvar obstáculos (pero sin abusar, pues sufre el cable y se producen más daños al suelo) que en conducir más deprisa - lo que resulta peligroso, especialmente en vacío -.

b) **Carga:** consume un 50-60% del tiempo total del ciclo en un esquema de trabajo bien organizado, aunque puede llegar a ser más si no es así. Es, por tanto, la fase crítica de la saca, y se dedicará más tiempo a su estudio.

Se compone cada ciclo de carga de un cierto número de reuniones, en cada una de las cuales se extiende el cable, se engancha una o varias piezas y se recoge el cable.

En cuanto a los *sistemas de enganche*, existen dos grandes grupos:

- Sistemas de gancho, poco empleados en España, son propios de tractores agrícolas y madera de pequeñas dimensiones y de fisiografías no excesivamente complicadas (pueden desengancharse con cierta facilidad).



- *Sistemas de bucle*, en que el cable principal termina en un remate o gancho, y lleva deslizando a su largo varios bucles, sean de cadena o de cable, que se pasan alrededor de las testas de las trozas (o de los grupos de árboles), tal como ilustra la Figura 10.

En España, es más común el uso de bucles de cadena (sistema de chapa y bola), por su mayor robustez y la facilidad de reparación, pero en los países más desarrollados tiende a imponerse el uso de bucles de cable (llamados eslingas de cable o *chokers*) porque son mucho más ligeros a igualdad de resistencia.

Respecto a las *formas de enganche*, se puede llevar a cabo por la coz o por la cogolla. En realidad, lo más común (y recomendable) es hacer el enganche por el extremo más cercano a la dirección de la reunión, para evitar daños (efecto abanico), atascos y retrasos.

Figura 10: Sistemas de enganche para la saca con tractor de arrastre.

- *El enganche por la coz* es el más conveniente cuando se pueda llevar a cabo un buen apeo planificado ya que tiene algunas ventajas (transmisión más eficaz de la carga, con mayor adherencia del tren trasero; enganche más seguro y menor efecto erosivo en fustes enteros).
- *El enganche por la cogolla* es preferible porque facilita el propio enganche (lo que es importante en grandes fustes) y reduce sus tiempos básicos, permitiendo además el uso de eslingas más cortas. En algunos casos (árboles completos en coníferas de porte más o menos piramidal) se pueden reducir de esta manera los daños al suelo.

En cuanto a la organización del trabajo, si lo que prima es el rendimiento lo ideal es contar con un operario auxiliar en zona de corta que vaya disponiendo las eslingas para que, en el momento de llegada del tractor, no haya más que soltar cable, enganchar y recoger. El operario auxiliar, además, acompaña la reunión de la carga con lo que puede prever y resolver atascos y otros problemas. Esto exige al menos dos juegos de *chokers* o bucles de cadena.

En España, es común que el tractorista conduzca solo, pare el tractor, extienda el cable, vuelva al tractor y lo recoja, perdiendo con ello mucho tiempo y sin poder acompañar la reunión de la madera. Para paliar parcialmente esta mala organización, si no es posible o rentable contar con operarios auxiliares, es muy útil el control remoto del cabrestante.

En cuanto al tamaño de la carga, los tractores de arrastre más comunes en España pueden transportar holgadamente entre tres y seis toneladas de madera (según el sentido de la saca, la pendiente, etc). La limitación de tamaño de la carga frecuentemente se produce más bien por volumen o por complejidad del enganche y desenganche que por peso. En general, se puede decir que el número de fustes arrastrados en nuestras latitudes oscila entre tres a cuatro dependiendo de su dimensión y del sentido de la saca, para madera de cortas finales, y puede superar los 20, enganchados en hatos de tres a diez fustes o árboles, para madera de pequeñas dimensiones (en todo caso, más de 12 a 15 enganches por viaje suele resultar engorroso).

El número de operaciones de reunión por cada ciclo es también variable (entre una sola y más de cinco), dependiendo sobre todo de la densidad de corta (a mayor, menor número de reuniones), del tipo de corta (menor en cortas a hecho) y de si hay o no algún tipo de reunión previa.

- c) **Descarga de la madera:** suele consumir el restante 10-15% del tiempo. Es sencilla, pues basta con soltar cable y desenganchar los bucles, recuperar las cadenas o eslingas y luego reapilar con la pala delantera si es necesario.

Se puede ganar tiempo con un operario auxiliar en cargadero, que suelte el conjunto de bucles del tractor y se quede desenganchando la madera mientras este se aproxima a volver a cargar. Ello no suele ser rentable salvo que haya otras funciones para dicho operario en el cargadero (por ejemplo, procesado en sistemas de árboles completos o descortezado en los pocos casos en que se hace en monte).

En cuanto al *desembosque con skidder en semiarrastrado de fustes enteros*, los parámetros condicionantes de los rendimientos son los generales para las operaciones de desembosque: la **distancia de desembosque**, la fisiografía (cuyo parámetro más significativo, aunque no siempre suficiente, es la **pendiente**) y, en caso de que haya pendientes condicionantes, el **sentido ascendente o descendente** del desembosque. Además y por último, es una variable explicativa del rendimiento el **volumen medio de la carga** (relacionado también con la potencia y estado del tractor, con el tamaño de la madera y con la pendiente y el sentido - ascendente o descendente - del desembosque), la **espesura media de la masa remanente** - porque puede dificultar bastante la reunión de los fustes - y la **densidad de corta**, en tanto condiciona la agrupación de los fustes y, si es alta, facilita las operaciones de reunión con cable.

En el caso de que el *desembosque de fustes enteros con skidder u otro medio* se lleve a cabo *por cableo desde pista*, el rendimiento depende básicamente de la **potencia** de la máquina empleada para arrastrar la madera, la **distancia media de extensión del cable** - relacionada con la densidad de pistas temporales -, la **densidad de corta**, la **espesura de la masa remanente** (que puede dificultar mucho el arrastre) y el **tamaño medio de los fustes**.

Si, como ocurre con cierta frecuencia, el mismo tractor tiene que arrastrar la madera por pista hasta un parque, el rendimiento de esta fase de la operación de desembosque dependerá del tipo de tractor; su potencia y capacidad de carga, y de la **distancia media a recorrer por la pista y su estado**.

Se proporcionan a continuación algunos ejemplos, a título orientativo, de rendimientos aportados por autores ibéricos.

- Fustes enteros semiarrastrados:

- CBE, 1993: En dos cortas a hecho de pino gallego en Lousa (Portugal) para volúmenes unitarios de entre 1,1 y 1,15 m³ y densidades de corta entre 312 y 444 m³/ha, en todo caso con corteza, siendo las pendientes medias en ambos casos del 40%, la saca con un skidder LKT 81 produjo rendimientos de 6,4 a 8,8 m³ por hora productiva (se desconocen las distancias de desembosque en estas experiencias de estudio de tiempos)
- J. Fraile (2000) reporta, en cortas finales de aclareo sucesivo, los siguientes rendimientos en función de la pendiente, el volumen unitario y la distancia de arrastre:
 - + 43 m³ por jornada, para pinos de 1,8 m³, pendiente media del 25% y distancias medias de arrastre de algo más de 300 m, habiéndose reunido con pares de mulas toda la madera.
 - + 67 m³ por jornada, para pinos de 1,0 m³, pendiente media del 10% y distancias medias de arrastre de algo menos de 200 m, habiéndose reunido con pares de mulas el 25% de la madera.
 - + 53 m³ por jornada, para pinos de 2,5 m³, pendiente media del 35% y distancias medias de arrastre de algo más de 500 m, habiéndose reunido con pares de mulas el 20% de la madera.

- Fustes enteros por cableo desde pista:

- Martín, F., 1999: Desembosque por cableo desde pista (distancia media de arrastre de 20 m) seguido de arrastre por pista (distancia media de 50 m), con una media de 9 fustes de

0,27 m³ c/c procedentes de una clara sobre una repoblación de pino silvestre en que la madera había sido previamente reunida con animales. La pendiente media era del 37,5 %. El rendimiento estimado como resultado de los cronometrajes fue de 4,6 m³ c/c por hora productiva (3,02 por hora de presencia).

Si se trata de **árboles completos**, los rendimientos se reducen porque la capacidad de carga se reduce dado su mayor volumen y peso por metro cúbico extraído, y dada su mayor dificultad de manejo y arrastre o semiarrastre, siempre frente a los fustes enteros. Los factores que influyen son los mismos, aunque ahora **interviene también la especie y edad de los árboles** en tanto condicionan, junto con la espesura de la masa y su calidad de estación, la forma y volumen de sus copas.

- Árboles completos semiarrastrados:

- López Tola, J. (1994): En una clara sobre una repoblación de pino silvestre con pendiente media del 37% y volumen unitario de 0,037 m³ c/c por pie, estima el rendimiento de la reunión y saca de árboles completos con *skidder* para distancias medias de unos 50 m. Los árboles habían sido reunidos por mulas y agrupados en haces que el ayudante iba eslingando con cadenas durante el desplazamiento del tractor en borde de calle. El rendimiento medio resultante tras casi un mes de seguimiento fue de 1,58 m³ c/c por hora de presencia de un *Caterpillar* 518 equipado con cadenas en sus neumáticos delanteros.
- Carrascosa, A. (1998): para una clara temprana sobre una repoblación (extracción de 600 pies/ha de 0,09 m³/árbol, con una pendiente media del 35%) estima el rendimiento de la agrupación y saca de árboles completos mediante *skidder*, para una distancia de desembosque de 250 m, en 3,52 m³ c/c por hora de presencia.
- IBERSILVA (1993): la saca de eucaliptos en el suroeste se lleva a cabo, en montes con cierta pendiente y sin terrazas anchas, por el sistema de árboles completos. Para pendientes de entre el 15 y el 30%, el arrastre se realiza mediante *skidder* de grapa y pluma, con un rendimiento medio de 6,2 m³ c/c por hora de presencia, mientras que para pendientes mayores del 30%, se prefiere el arrastre con tractores de arrastre de cabrestante - *skidders* convencionales - que proporcionan un rendimiento medio de 4,4 m³ c/c por hora de presencia. Esta empresa distingue también entre rendimientos medios de tractores de arrastre propios sacando árboles completos (11,9 m³ por jornada) y tractores contratados (16,3 m³ por jornada).

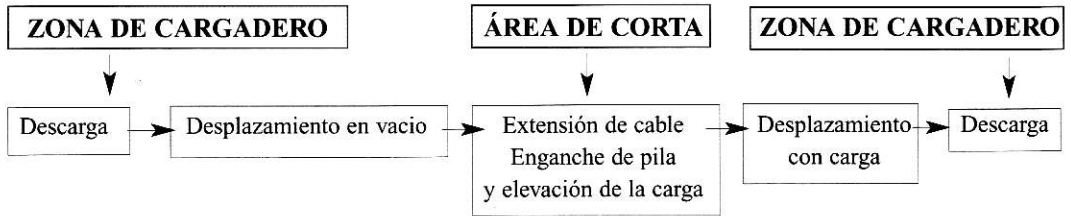
2.3.4.- CICLO DE TRABAJO EN SACA DE MADERA CORTA.

En este caso se emplea el sistema de saca en paquetes.

Este sistema es raro en Europa; se utiliza en España (además de en ciertos países subdesarrollados) porque es una modalidad autofinanciable con el material obtenido por saca en primeras claras de masas espesas, y causa unos daños reducidos. Condiciona su uso el que la densidad de corta sea relativamente alta, para poder formar pilas voluminosas sin grandes distancias de reunión.

Su principal inconveniente reside en que se infrutiliza la capacidad de carga del tractor, que en este caso se limita a pilas de una y media a tres toneladas en el caso más común. Además, el nivel de daños suele ser alto (aunque menor que si se sacara en fustes o árboles completos).

El esquema del ciclo de trabajo sería el siguiente:



Las medidas organizativas para reducir el tiempo de desplazamiento son similares a las indicadas en las modalidades de saca “en largo”. En todo caso, el desplazamiento consume menos tiempo, pues la velocidad del tractor se eleva algo al transportar cargas menos voluminosas.

En cuanto al tiempo de carga, depende de si la pila estaba previamente preparada, con la cadena o cable pasado de modo que sólo hay que hacer el enganche al cable principal del tractor; si el tractorista debe bajar y preparar el bucle a tractor parado el tiempo se dobla. Esta medida de organización constituye la principal mejora en cuanto a tiempos de carga.

Hay dos prácticas que pueden ser especialmente dañinas desde el punto de vista medioambiental, y son el arrastre de pilas en distancias largas y la formación de pilas de tamaño excesivo, que se transportan arrastrando por el suelo. También es peligroso trabajar con calles estrechas, pues se producen daños en la masa residual.

El rendimiento de la *saca de madera corta en paquetes con tractor de arrastre o skidder* cuando el tractor transita por el monte varía, dentro de los rangos normales de potencia que oscilan entre 100 y 120 CV en España, fundamentalmente con la *distancia de desembosque y las condiciones fisiográficas*, porque el tamaño de pila se adapta a la máxima capacidad del tractor (de 1,5 a 2 toneladas verdes en condiciones usuales).

De acuerdo con Ambrosio Y. *et al* (2001), se aprecia también una influencia – aunque débil - del volumen unitario del árbol extraído. De acuerdo con este equipo, los rendimientos por hora productiva de la saca con tractor forestal de arrastre en paquetes en claras sobre repoblaciones de coníferas (a partir de los estudios de tiempos de 8 claras) vienen dados por la siguiente ecuación predictiva

$$R \text{ (m}^3\text{/hora de trabajo)} = \frac{1}{0,03172 + 7,88E-05 \cdot D_d + 9,903E-04 \cdot p\% + 0,2062 \cdot v_U}$$

Siendo:

- D_d la distancia de desembosque, que en todos los casos estudiados fue hasta el borde de una pista (rango observado de hasta 340 m).
- $p\%$ es la pendiente en porcentaje (rango observado entre el 20 y el 40%), y
- v_U es el volumen unitario medio del pie extraído (rango observado de 0,10 a 0,18 m³).

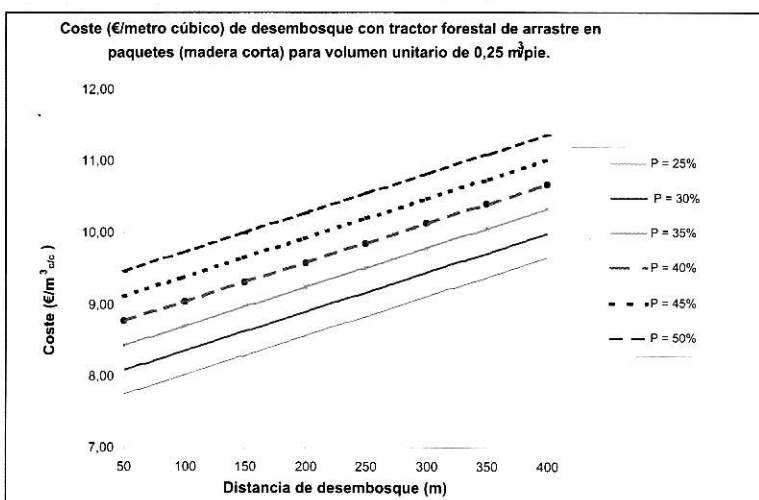
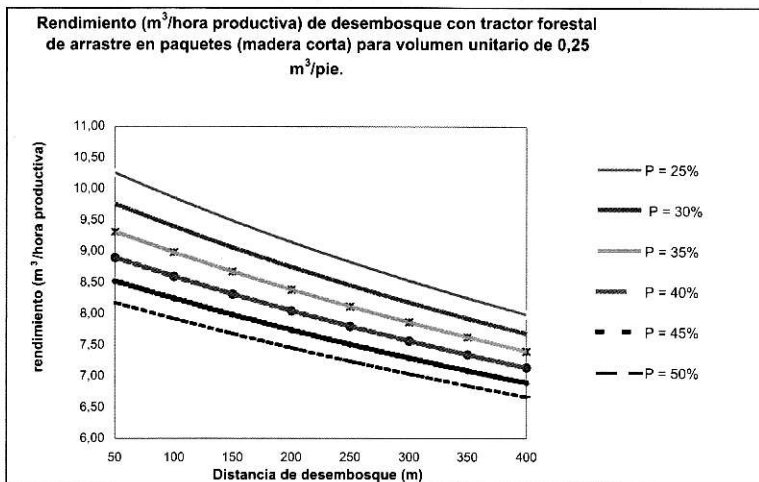
Si se acepta el citado coste horario de tractor de arrastre con ayudante de 51,23 € y un coeficiente de productividad del 74%, se tiene la siguiente función de costes:

$$C_U \text{ (€/m}^3\text{)} = 2,19 + 5,445 \cdot 10^{-3} \cdot D_d + 0,06855 \cdot p\% + 14,267 \cdot V_U$$

o, de forma simplificada, para volumen unitario de $0,25 \text{ m}^3$:

$$C_u (\text{€/m}^3) = 5,76 + 5,445 \cdot 10^{-3} \cdot D_a + 0,06855 \cdot p\%$$

y gráficamente, los rendimientos y costes simplificados resultan los que se representan en los gráficos de las páginas siguientes:



Un caso que es particularmente interesante, por su frecuencia en algunas regiones como el País Vasco, es el **desembosque con skidder por cable de pilas desde pista**. Los principales factores explicativos y fases disgregadas a considerar son los siguientes:

Factores: volumen de la carga, distancia de arrastre (generalmente hacia arriba) por cableo desde la pista y distancia de desplazamiento por pista (si este desplazamiento lo lleva a cabo, como es frecuente, la misma máquina que cablea la madera).

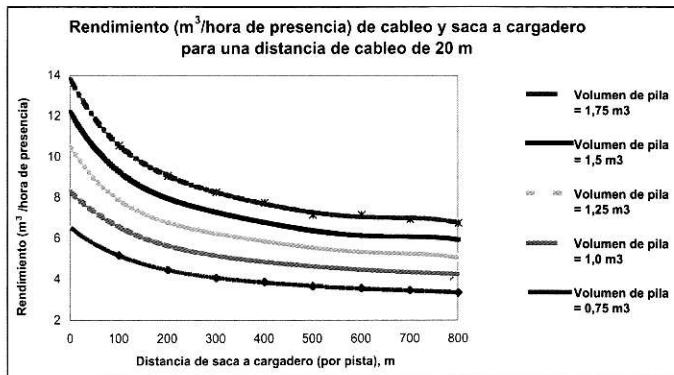
El aprovechamiento maderero

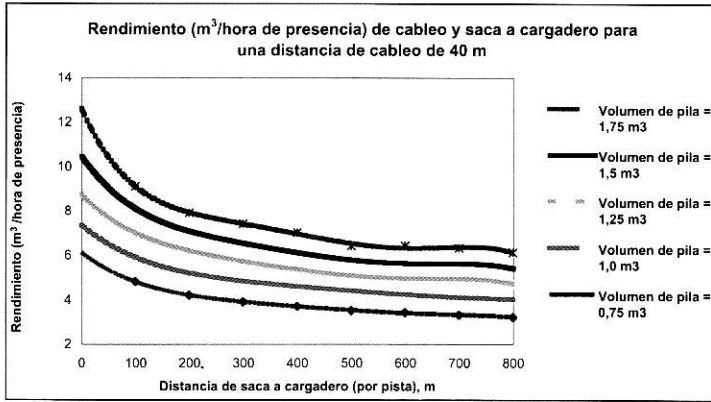
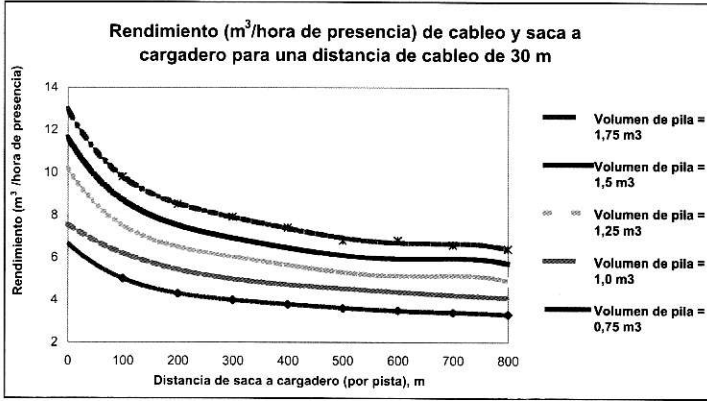
Fases: desplazamiento vacío por pista, extensión de cable, enganche o enganches, cableo, descarga y desenganche (en su caso) a borde de pista, desplazamiento cargado, descarga y desenganche en cargadero.

Como referencia en el Estado español, se cuenta con datos procedentes de Central Forestal, S.A. (Albizu, 1999) sobre los rendimientos del cableo desde pista de pilas de madera de pino radiata, que en el País Vasco se suele seguir de la saca con el mismo tractor con el que se ha cableado – con frecuencia, un *skidder* – de los fustes o pilas por pistas temporales hasta el cargadero de camión “de monte” (todo terreno) o de caja rígida.

Los rendimientos se presentan en la siguiente tabla, y de forma gráfica en las figuras siguientes:

Volumen de pila (m ³)	Distancia de cableo (m)	Distancia de transporte por pista temporal a cargadero (m)							
		100	200	300	400	500	600	700	800
0,75	20	5.2	4.5	4.1	3.9	3.7	3.6	3.5	3.4
	30	5.0	4.3	4.0	3.8	3.6	3.5	3.4	3.3
	40	4.8	4.2	3.9	3.7	3.5	3.4	3.3	3.2
1,00	20	6.6	5.7	5.2	4.9	4.7	4.5	4.4	4.3
	30	6.2	5.4	5.0	4.7	4.5	4.4	4.2	4.1
	40	5.9	5.2	4.8	4.6	4.4	4.2	4.1	4.0
1,25	20	7.9	6.8	6.3	5.9	5.6	5.4	5.3	5.1
	30	7.5	6.5	6.0	5.7	5.2	5.2	5.1	4.9
	40	7.0	6.2	5.7	5.4	5.0	5.0	4.9	4.7
1,50	20	9.3	8.0	7.3	6.9	6.3	6.3	6.1	6.0
	30	8.7	7.5	6.9	6.5	6.0	6.0	5.9	5.7
	40	8.1	7.1	6.5	6.2	5.7	5.7	5.6	5.4
1,75	20	10.6	9.1	8.3	7.8	7.2	7.2	7.0	6.8
	30	9.8	8.5	7.9	7.4	6.8	6.8	6.6	6.4
	40	9.1	7.9	7.4	7.0	6.4	6.4	6.3	6.1



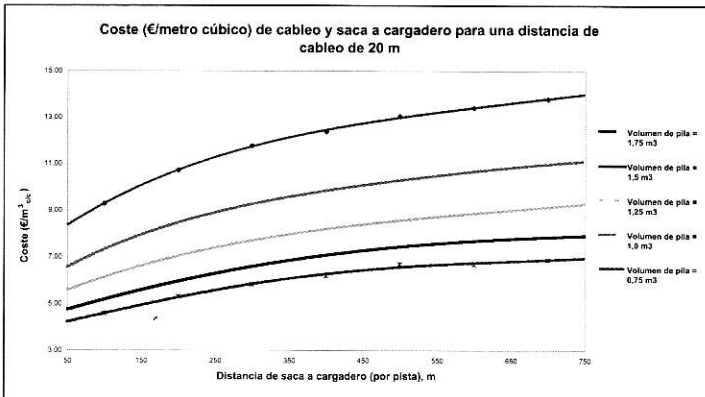


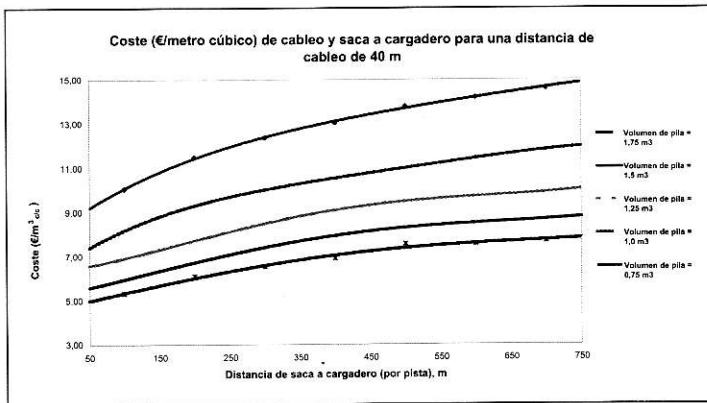
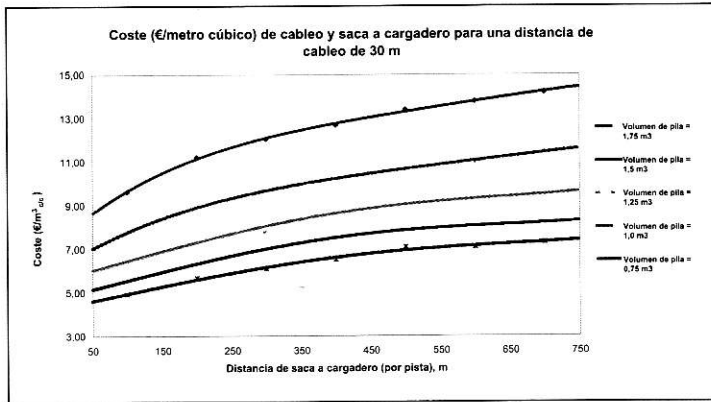
En cuanto a la transformación de estos datos en una ecuación de costes, si se toman los costes horarios estimados en capítulos precedentes, en euros corrientes de 2001 (51,23 €/hora para tractor de arrastre con tractorista y ayudante), y para un valor medio de tiempo de trabajo por tiempo de presencia del 94 % (el de tiempo productivo por tiempo de trabajo es del 74%), se tiene:

$$C_U \text{ €/m}^3 = 48,156 / R$$

(siendo R el citado rendimiento en m³/hora de presencia)

Gráficamente, para distancias de arrastre de 20, 30 y 40 m:





Como otra referencia nacional, para el cableo desde pista de pilas de leña de *Quercus pyrenaica* en León, en un estrato de pendiente del 44,3%, con autocargador ligero de fabricación nacional (Dingo 6x6), P. Ranz (2001) estima los rendimientos y costes medios siguientes:

- Rendimiento medio: 3,81 m³/hora de trabajo
- Coste horario: 58,60 €/hora (con 2 operarios auxiliares por el R.G. de la S.S.)
- Coste unitario: 15,39 €/m³ = 14,95 €/tonelada verde

Como pone de manifiesto este último ejemplo, el cableo desde pista se puede realizar mediante otros vehículos (y frecuentemente más económicos) que el tractor forestal de arrastre. Los costes en este caso se deberían reducir, por los menores costes horarios, aunque también podrían mantenerse o incrementarse algo al reducirse los rendimientos, y desde luego estos vehículos de menor potencia pueden no ser capaces de cablear grandes fustes o árboles completos, como un *skidder*.

2.3.5.- SEGURIDAD EN LOS TRACTORES DE ARRASTRE (SKIDDERS).

De acuerdo con las Guías de Seguridad en el trabajo forestal de la británica *Forestry Commission*, el mayor riesgo es el de vuelco lateral, seguido del descontrol del vehículo en cuestas abajo y de los accidentes con los cables.

Se sugieren las siguientes medidas preventivas:

a) Seguridad Pasiva.

- Disponer de cabinas ROPS, rejillas FOPS (homologadas según estándares internacionales).
- Usar cinturón de seguridad y transportar botiquín.
- No trabajar más horas de las establecidas por la Ley. En lo posible, reducir el porcentaje de destajos.
- Utilizar cables homologados, con cargas de rotura certificadas.
- Emplear equipo de seguridad. El enganchador debería llevar, como mínimo, guantes, casco y botas.
- Evitar el trabajo en solitario. Usar teléfonos portátiles o portófonos para comunicar en caso de accidente.
- Llevar botiquín. Es necesario que los operarios tengan nociones de primeros auxilios.
- La formación es esencial; el conocimiento de los riesgos y de las prácticas y utensilios para evitarlos es básico.

b) Seguridad Activa.

- Evitar pendientes laterales (incluyendo las maniobras de giro en pendientes fuertes).
- Evitar el arrastre de carga en direcciones muy alejadas del eje del vehículo.
- Controlar la velocidad en los viajes en vacío. Es cuando se producen más accidentes.
- Evitar bajar pendientes fuertes prolongadas controlando la velocidad mediante el freno; es preferible aprovechar la retención de la caja de cambios reduciendo convenientemente.
- No transportar objetos sueltos en la cabina. No dejar los *chokers* o cadenas arrastrando cuando se viaja en vacío.
- No trabajar con el cable cuando haya gente dentro del radio de peligro (dos veces la extensión del cable más la longitud de la carga)
- Correcto engrase, mantenimiento y uso del cable. Vigilar la aparición de deshilachados, cocas, etc. Informar de cualquier problema a la dirección de obra.

- Si se apila la madera, la altura de las pilas no debe nunca superar un metro si va a haber posterior manipulación por operarios, o los dos metros en caso de utilizar máquinas.

2.3.6.- OTROS TIPOS DE TRACTORES ARRASTRADORES.

Aunque el *skidder* descrito hasta ahora - tractor de arrastre de cabrestante o *winch skidder* - es el más utilizado en nuestro país, existen otros tipos de tractores que arrastran la madera, en los que difiere el elemento de enganche de la madera.

2.3.6.1.- *Skidder* de arco y grapa.

Este tractor se caracteriza por disponer en el semichasis trasero de una grapa hidráulica de entre dos y dos y medio metros de abertura máxima, colocada sobre un soporte giratorio dotado de cierto movimiento vertical (Figura 11).



Figura 11. *Skidder* con grapa.

— Procedimiento operativo: el maquinista maniobra en el monte y se detiene en el momento en que la primera troza o grupo de trozas está al alcance de la grapa (esto es, justo bajo la trasera del tractor). Entonces hace bajar la grapa abierta, capturando - al cerrarla - la troza o el grupo por la testa. Tras elevar la grapa, transporta la carga semisuspendida/s hasta encontrar una nueva troza o grupo de trozas. Una vez situada la grapa con su carga precedente sobre ella, sitúa el *skidder* de forma que dicha carga quede por encima o solapada con la nueva troza o grupo de trozas. Abre, entonces, la grapa, y deposita la madera transportada sobre la nueva, para posteriormente bajar y cerrar la grapa, capturando las dos cargas de una sola vez. El tractor vuelve a ponerse en movimiento hacia la tercera troza o grupo de trozas, repitiendo las operaciones señaladas hasta completar la capacidad total de carga de la garra.

Este método es apropiado cuando la madera está perfectamente dispuesta en la dirección del tractor y se sacan fustes enteros o árboles completos -por ejemplo en los apeos mecanizados - En estos casos, el tiempo de apresamiento es menor que con el *skidder* de cabrestante. Además, el peso de las trozas recae en un mayor porcentaje sobre el tractor, por lo que este gana en adherencia y, por tanto, aumenta su capacidad de tracción. En general el proceso es más eficiente a condición de que la madera esté previamente apilada.

Los principales inconvenientes de este tipo de máquina son los siguientes:

- El tractor debe acercarse hasta donde está la madera a desemboscar y, por tanto, el terreno no debe ser difícil en cuanto a la movilidad de los vehículos se refiere.
- Se necesita que la madera esté perfectamente dispuesta en la dirección del vehículo. En caso contrario, el tiempo de enganche aumenta con respecto al que se necesitaría si se usara un *skidder* con cabrestante.
- La grapa y sus mecanismos incrementan sensiblemente la tara del tractor, que compacta el terreno a su paso más que otros tipos de tractores de arrastre.

2.3.6.2.- Skidder con grapa y pluma.

Es esta máquina un tractor intermedio entre el arrastrador clásico y el autocargador. Posee una grúa que, mediante una pinza, coge la madera (normalmente fustes enteros) y la deposita sobre una grapa abierta hacia arriba que se monta en el semichasis trasero³. Esta última es el medio de sujeción de la madera, que se desemboscará semiarrastrada - de ahí que algunos autores se refieran a este tractor como “*skidder* autocargador”- (Figura 12).



Figura 12: Skidder de grapa y pluma. Detalle de una grapa.

— Procedimiento operativo: el maquinista conduce el tractor a través del monte, parándose cuando el fuste o grupo de fustes está al alcance de la pluma; en ese momento se estaciona el tractor, se abre la grapa y se deposita la madera que haya cogido con la grúa; se cierra la grapa⁴, se acomoda la pluma sobre el semichasis trasero y se inicia el movimiento del tractor hacia una nueva carga. Cuando se completa la capacidad de carga de la grapa se lleva la madera al cargadero.

- Ventajas: principalmente la rapidez de enganche de la madera, aún más que en el caso del *skidder* con grapa (no hay que maniobrar hasta que la madera quede debajo de la grapa, sino sólo al alcance de la grúa). Otras ventajas son similares a las que presenta este último con respecto al de cabrestante.
- Inconvenientes: al igual que en el caso anterior, la necesidad de llegar hasta donde se encuentra la madera para poder extraerla del monte.

Su campo de aplicación es el desembosque en sistemas de árbol completo o fuste entero, con la madera más o menos apilada - en cuyo caso puede superar en rendimiento al tractor de grapa, porque su capacidad de carga es usualmente mayor- en montes que no ofrezcan muchos obstáculos al tránsito de la máquina.

³ El semichasis trasero es mayor que en los otros tipos de tractor de arrastre, y frecuentemente monta “bogies” como los autocargadores, o su base es la de un autocargador (por ejemplo, los autocargadores españoles *Forcar* que se transformaban para ser exportados a Indonesia).

⁴ Es frecuente que existan cables auxiliares que hagan presión sobre la carga para evitar que se deslice y se pierda.

2.4.- EL TRACTOR AUTOCARGADOR.

Los tractores autocargadores o *forwarders* se caracterizan porque llevan a cabo el desembosque transportando la madera totalmente suspendida sobre el semichasis trasero, dentro de una caja o remolque que se llena de trozas por medio de una grúa. Estos son sus elementos de trabajo característicos (figura 1).



Figura 1. Tractor autocargador.

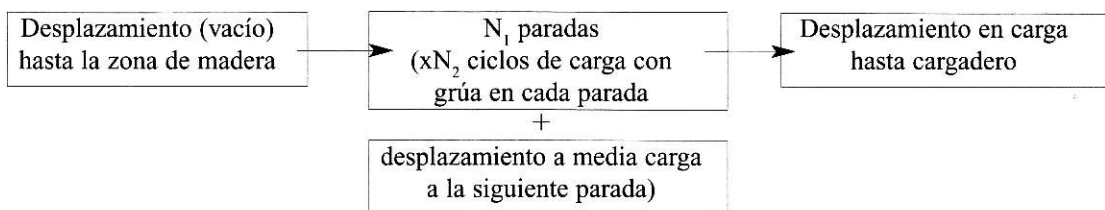
Su rendimiento es óptimo cuando se trata de desemboscar madera corta, de unos dos a dos metros y medio en cargas transversales y de cuatro metros y medio o más en cargas longitudinales. El apilado previo de las trozas hace que el ciclo de trabajo se complete de forma óptima. Sólo en los montes de difícil acceso y con pendientes superiores al 30% su rendimiento disminuye fuertemente y, entonces, puede ser ventajosa la utilización de otro medio de desembosque.

2.4.1.- PROCEDIMIENTO OPERATIVO.

El maquinista conduce el tractor a través del monte, dirigiéndolo hacia una posición en que pueda acceder, con seguridad, a las primeras trozas o pilas (de forma que el mayor número de éstas queden al alcance de la grúa). Fijado el tractor en una posición estable y, actuando sobre los mandos de la grúa, carga la madera sobre la caja en una serie de ciclos de aproximación - enganche - transporte y elevación - depósito. Cargada la primera tanda de pilas, cuando ya no puede acceder con la grúa a ninguna más en condiciones de seguridad, vuelve a poner en movimiento el vehículo para dirigirse a un nuevo grupo de pilas e iniciar un nuevo ciclo de carga.

Completada la capacidad de carga del tractor, regresa al cargadero donde realiza la descarga de la madera mediante la grúa, bien en el suelo o, preferiblemente, en un remolque de camión (en el caso de camiones con remolque o semirremolque, es útil disponer de un juego de dos remolques o "gabarras", para poder dejar uno vacío en el cargadero, mientras la cabeza tractora desplaza el otro remolque a la fábrica).

El ciclo de trabajo de estas máquinas se puede esquematizar de la siguiente forma:



Cabe distinguir, entre las posibles modalidades de utilización de la máquina, las siguientes:

- *Desembosque de madera corta* (2 a 2,5 m): saca de la madera dispuesta transversalmente en el remolque. Normalmente, la madera corta estará dispuesta en pilas formadas manualmente o por medio de una máquina que haya realizado el apeo mecanizado, en el borde de “calles” separadas normalmente entre 15 y 24 metros. El tamaño de estas pilas oscila entre 0,3 y un metro cúbico según la densidad de corta. Para optimizar el uso del autocargador, conviene que dichas pilas tengan un tamaño igual o algo menor que la capacidad de carga de la grapa - o que un múltiplo de la misma - para evitar en lo posible operaciones de carga de trozas sueltas.
- *Desembosque de madera larga* (4,5-6-7m¹): saca de la madera longitudinalmente dispuesta en el remolque. El apilado sólo se suele realizar cuando el apeo es mecanizado, mientras que en caso de apeo manual la madera se encontrará más o menos reunida mediante apeo dirigido hacia las calles, pero en general no perfectamente apilada. En este caso, las calles no deben separarse mucho más del doble del alcance de la grúa, puesto que ésta debe acceder a las trozas al pie de los tocones.

En cuanto a los desplazamientos, es muy importante asegurar una buena red de calles apoyada en pistas no muy alejadas, especialmente si hay pendiente.

En este caso, es conveniente que los desplazamientos a través de la masa (por dichas calles) comiencen y acaben en una pista con salida de la calle lo más cómoda posible. En caso contrario, el autocargador deberá entrar marcha atrás, y normalmente hacia arriba, y cargar de vuelta, con las consiguientes pérdidas de tiempo. Las distancias de desembosque, incluyendo desplazamientos por pistas hasta el cargadero, no deben ser muy largas, especialmente para autocargadores hidrostáticos con ruedas de baja presión, que no pueden desarrollar velocidades elevadas en pista. Si, como ocurre en nuestro país, esta es una circunstancia frecuente, puede ser útil mejorar las pistas para reducir esta distancia, o contar con un vehículo para desembosque por pista (por ejemplo, un camión todo-terreno con coste horario reducido), aunque esto obligue a una operación de carga y descarga adicional.

Las recomendaciones más importantes para las operaciones de carga y descarga se contemplan en el siguiente apartado, al describir la grúa como elemento de trabajo característico.

Los autocargadores constituyen el sistema de saca más empleado, asociado con sistemas de madera larga, en el centro y norte de Europa. Su mayor precio con respecto a los tractores de arrastre es compensado por su mayor velocidad y capacidad de carga (además de resultar una máquina menos agresiva que aquellos para el medio forestal).

¹ En España, en ocasiones se superan estas medidas y se llega a transportar madera de 10 metros, lo cual no resulta recomendable desde el punto de vista de seguridad y maniobrabilidad (daños a la masa).

En España, se emplea aún relativamente poco - el parque se estima en poco más de 200 máquinas -, sobre todo en esquemas de madera corta en el norte de la península.

No obstante, el crecimiento de este parque es porcentualmente muy superior al de otros tipos de máquinas forestales, al aumentar la capacidad de inversión de las empresas de aprovechamientos. Otra peculiaridad importante es la utilización frecuente de camiones todo-terreno modificados, con grandes capacidades de carga, como autocargadores.

2.4.2.- ELEMENTOS CARACTERÍSTICOS.

Como se deduce de la forma de trabajo, los elementos propios de este tipo de tractores son la grúa y la caja, si bien pueden poseer otros elementos accesorios tales como cabrestante, pala frontal, etc.

2.4.2.1.- La grúa.

La grúa está formada por un soporte base, rígido, por el que se une al chasis del tractor, un pie giratorio, dos brazos articulados (el segundo suele ser telescópico) y una grapa que, en el extremo, se une a través de un rotador, al segundo brazo. El movimiento se obtiene gracias al sistema de rotación del pie, a las dos articulaciones, al alargamiento del segundo brazo y al rotador.

Todos estos elementos se mueven por accionamiento hidráulico, a través de una línea de presión que alimenta una bomba conectada con los elementos de transmisión del tractor y que reparte el fluido mediante un distribuidor hidráulico (Figura 2).

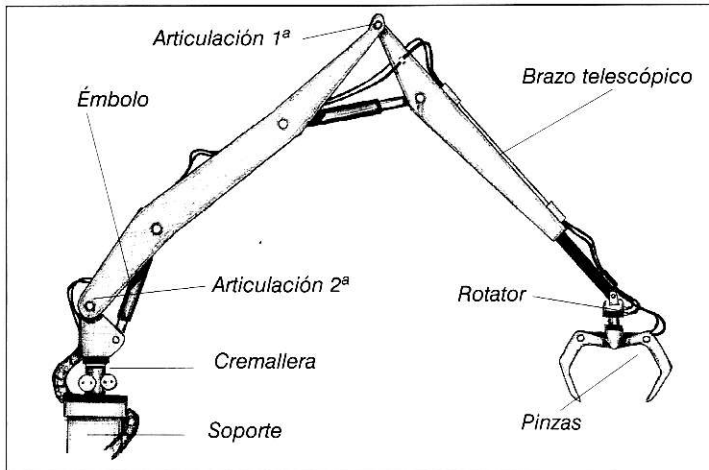


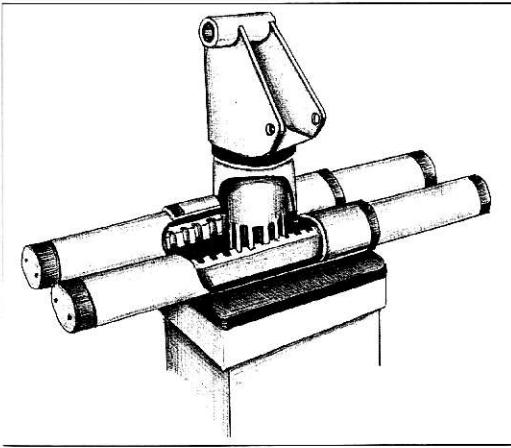
Figura 2: Elementos de la grúa hidráulica.

La grúa puede situarse en el semichasis delantero o bien en el trasero.

En el primer caso, el maquinista tiene más y mejor visibilidad, sobre todo cuando la grúa se aloja sobre la cabina. Además, como el semichasis delantero lleva el peso del motor, los desequilibrios que se originan por el uso de la grúa son absorbidos con más facilidad. Sin embargo, aunque la probabilidad de vuelco es menor, cuando éste ocurre entraña un mayor peligro para la máquina y, sobre todo, para el maquinista.

Con la segunda opción se tiene la ventaja de dar más peso y por tanto más adherencia al semichasis trasero cuando va vacío; sin embargo, su menor peso en relación al delantero le hace ser más susceptible de vuelco por los momentos generados durante la operación de carga, cuando aún está vacío o casi. Aunque esta probabilidad de vuelco es mayor, el peligro para maquinista y máquina es más pequeño, y la operación de devolverlo a la posición de partida es muy rápida y sencilla: simplemente accionando la grúa, utilizando el suelo como apoyo.

Los elementos de la grúa tienen las siguientes características:



a) **Pie giratorio:** Suele tener una ligera inclinación con respecto a la vertical, para compensar parte del momento que crea la carga y, por tanto, disminuir los esfuerzos sobre el soporte de la grúa. Está movido, generalmente, por un piñón central, que rota por el desplazamiento tangencial de dos cremalleras accionadas por dos cilindros hidráulicos contrapuestos. Se permiten giros completos, e incluso superiores a los 360° (Figura 3).

Figura 3: Pie rotativo de cremallera

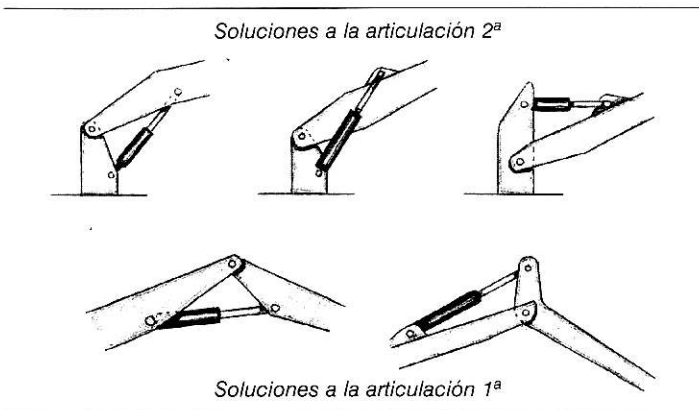


Figura 4: Alternativas de disposición de las articulaciones de la grúa.

El segundo brazo puede ser telescópico (es decir, puede alargarse o acortarse); además, su primer extremo - su base - puede estar articulado con el distal del primer brazo - es lo más común - o bien deslizar a lo largo de unas guías, como ocurre en las denominadas grúas de arrastre o de largo alcance (Figura 5). Este último tipo de grúas tienen, por tanto, dos posibles alargamientos, el de la posición del segundo brazo y el de su longitud.

- c) **Grapa:** Este elemento es el que permite recoger la madera gracias a las pinzas, que se abren y cierran por la acción de uno o varios émbolos hidráulicos. Además, gracias a la ayuda de un rotátor, las pinzas pueden girar sobre su eje hasta 360°, con lo que disponerse mejor para recoger la madera (Figura 6).

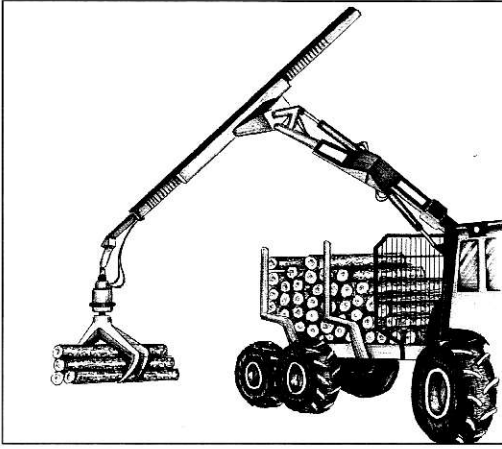


Figura 5: Brazo telescópico hidráulico en grúa de arrastre.

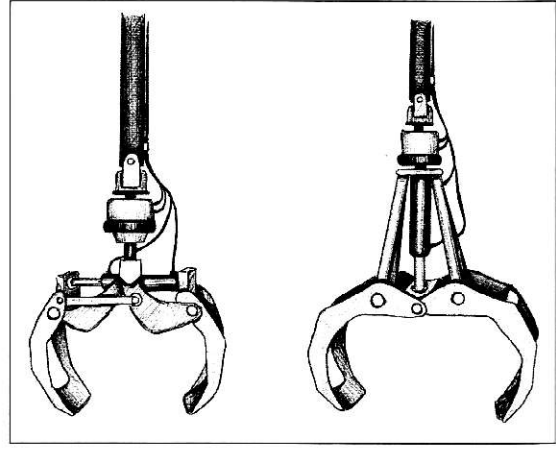


Figura 6: Distintos tipos de grapa

Las características más interesantes de las grúas se pueden deducir del análisis de tiempos empleados en la realización de las operaciones básicas, supuesto que el autocargador es manejado por una persona experimentada. Así, para un tipo de explotación con distancia de desembosque reducida, los tiempos de cada una de las operaciones básicas del autocargador se distribuyen de la siguiente forma:

Desplazamiento	5 - 8%
Parada	6 - 10%
Carga	50 - 60%
Descarga	28 - 34%

Del elevado porcentaje de tiempo dedicado a la carga, se deduce que lo que se debe exigir a la grúa del autocargador es que realice las operaciones de carga y descarga lo más rápidamente posible. El tiempo de carga y descarga depende, a igualdad de otras condiciones, del número de ciclos necesarios para cargar y descargar la caja y de la velocidad en la ejecución de cada ciclo. El primero es función de la capacidad de carga de la grapa y la segunda de la movilidad y rapidez de acción de cada uno de los elementos de la grúa.

- *Capacidad de carga:* La capacidad de carga de la grapa depende de su sección y de la longitud de las trozas, aumentando con ambas. Naturalmente, la sección no puede agrandarse indiscriminadamente, pues tendría que verse correspondida con un incremento adecuado de potencia y robustez del equipo hidráulico, con todo lo que ello implica. Por ello, a la hora de elegir la sección de la grapa más conveniente se debe tener en cuenta el peso de la madera. Si la madera tiene poca densidad y es de pequeña longitud, puede optarse por grapas de gran sección (mueven mucho volumen y poco peso); sin embargo, si la madera es densa y larga deben considerarse las grapas de sección más pequeña.
- *Rapidez de movimientos:* el tiempo invertido en cada operación de carga con grúa oscila entre 0,45 y 0,6 minutos, mientras que el tiempo por cada operación de descarga - de una grapa cargada - es

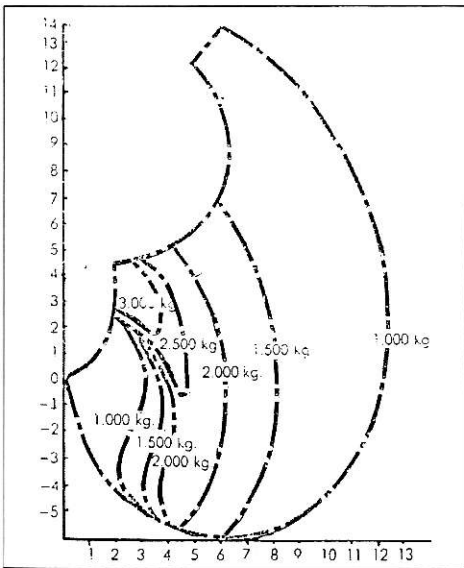
de 0,42 a 0,48 minutos (FAO, 1987, datos de explotaciones suecas). La rapidez de movimientos de la grúa depende de la velocidad de movimiento de sus elementos y del propio diseño de los brazos y sus articulaciones. Si la grúa está dimensionada para grandes alcances, la duración de la fase de carga será mayor, por ser mayores las distancias que deben recorrer sus elementos. Por ello, debe optarse siempre por grúas que tengan un alcance adecuado a la disposición espacial de la madera en el monte. Puede ser preferible mover el tractor para poder alcanzar un pequeño porcentaje de madera que queda en el suelo a dotar al autocargador de una grúa de gran alcance.

Tampoco puede aumentarse a capricho la velocidad de movimientos de los elementos de la grúa. A mayor rapidez se requiere mayor potencia y/o menor capacidad de carga.

Respecto al tiempo de parada del tractor, debe decirse que depende del número de estacionamientos necesarios para cargar el remolque y del tiempo consumido en realizar cada estacionamiento:

El número de estacionamientos depende, a su vez, del alcance de la grúa. Supuesta una distribución uniforme de las trozas en la superficie de corta, el número de estacionamientos necesarios para cubrir una hectárea de monte y el alcance de la grúa están relacionados según:

ALCANCE (m.)	5	6	7	8	9	10	11	12
Nº ESTAC./ha.	125	92	70	56	45	38	32	27



Como puede apreciarse, el número de estacionamientos disminuye muy rápidamente al aumentar el alcance de la grúa, pudiendo llegar a pensar que es conveniente que éste sea siempre grande. Sin embargo, como se ha indicado, al aumentar el alcance disminuye la velocidad del ciclo de carga y descarga; además, y esto es aún más importante, a igualdad de potencia la capacidad de carga disminuye con el alcance (Figura 7).

Figura 7: Diagrama carga-distancia de una grúa de 12 m de alcance.

Es por ello por lo que se debe optar por grúas de alcance no excesivo. Sólo para casos de desembosque de madera procedente de claras, donde por cuestiones socioeconómicas excepcionales es difícil realizar la reunión de la madera por calles (o, en segundas claras u operaciones posteriores en que la madera no se puede reunir en pilas), puede interesar incorporar grúas de gran radio de acción.

Otro factor que debe tenerse en cuenta en la elección de máquina y grúa es el tiempo que tarda en realizarse cada estacionamiento (entre 0,3 y 0,8 minutos/parada, de acuerdo con FAO). Este depende del tipo y situación de los mandos de la grúa. Si éstos están integrados en la cabina del tractor, el tiempo de accionamiento es muy pequeño, pero pueden presentarse problemas de falta de visibilidad. En caso contrario, es decir si están fuera de la cabina, junto a la grúa, los tiempos llegan a ser más del doble de los consumidos en el caso anterior, pudiendo afectar gravemente a la productividad del autocargador.

Un último factor que influye en la operatividad del tractor es el peso de la propia grúa, pues a medida que este aumenta, resta capacidad de tracción del tractor, además de subir el centro de gravedad de este, con aumento de su inestabilidad. Esta característica, unida a la propia robustez que debe tener la grúa, obliga a diseñarla a base de materiales especialmente resistentes y ligeros.

2.4.2.2.- La caja o remolque.

La caja de un autocargador debe diseñarse teniendo en consideración las siguientes circunstancias:

- a) **El tipo de madera a desemboscar:** la utilización en sistemas de madera corta o larga condiciona el diseño de la caja.



- a.1) Si se va a transportar madera larga, la caja debe adaptarse a esta circunstancia **-apilado longitudinal-**, contar con vástagos de acero para contener la madera llamados teleros a ambos lados y disponer de elementos que impidan el deslizamiento de las trozas, protegiendo la cabina y la propia grúa, e incluso en la parte trasera, para impedir que puedan caerse durante el trayecto (Figura 8).

Figura 8: Diseño de la caja o remolque para apilado longitudinal (madera larga).

- a.2) Si la madera es corta, lo normal es **apilarla transversalmente en la caja**, cuya anchura debe estar en consonancia con la longitud de la madera. No tienen especial sentido los teleros laterales, mientras que sí es necesaria su presencia en la parte trasera de la caja (Figura 9). El uso del autocargador para saca de madera corta, a pesar de ser, con mucho, el más corriente en nuestro país, conlleva ciertos inconvenientes como el mayor tiempo invertido en la operación de carga - por menor volumen de cada carga de la grúa - y la necesidad de operaciones complementarias de "cuadrado" de la carga en el remolque, golpeando lateralmente las trozas con la grúa para que no sobresalgan excesivamente por los laterales de la caja.



Figura 9: Diseño de la caja o remolque para apilado transversal (madera corta).

b) **La fuerza tractora del vehículo:** sería absurdo diseñar una caja de capacidad superior a la que el tractor, a plena carga y en circunstancias normales, podría desplazar.

En función de la capacidad de carga de la caja, relacionada con la potencia y envergadura de la máquina, está extendida la siguiente clasificación, que se refiere a madera verde de coníferas:

- Autocargadores ligeros: < 8 t
- Autocargadores medios: 8-12 t
- Autocargadores pesados: >12 t

Otros autores (E. Tolosana, 2002), ante la variabilidad del peso de la madera a igualdad de volumen, consideran el peso transportado un criterio débil, por lo que proponen emplear como criterio alternativo el peso de la propia máquina en vacío; así un autocargador pesado tiene igual o más de 15 t de peso en vacío, y los más livianos son ligeros o medios.

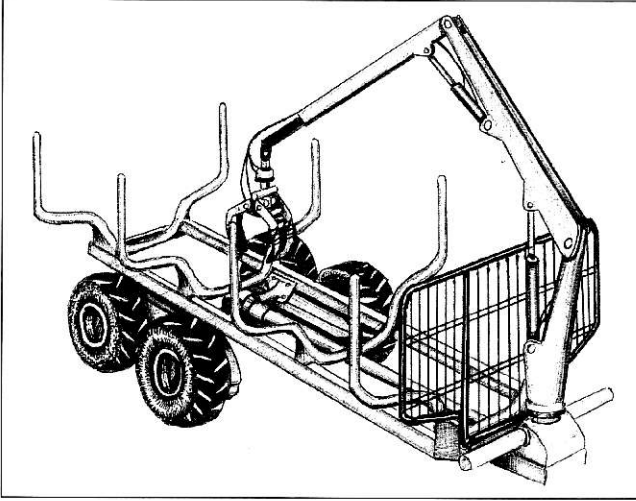
c) **La estabilidad del tractor:** si se hiciera una caja muy alta, aumentaría la altura del apilado de la madera y, por consiguiente, el centro de gravedad del conjunto tractor-carga se desplazaría hacia arriba incrementándose el peligro de vuelco. Podría darse más anchura para contrarrestar la pérdida de estabilidad, pero entonces se limitarían, en muchos casos, las zonas accesibles al tractor.

d) **La maniobrabilidad:** a medida que aumenta la longitud de la caja, el vehículo se hace más largo y, por consiguiente, se dificulta la maniobrabilidad al aumentar el radio de giro.

Además de estos factores, el diseño de la caja está condicionado por el tipo de tren de rodaje, sobre todo si el tractor dispone de *bogies*, dado que se debe tener previsto un espacio donde las ruedas puedan realizar sus movimientos oscilantes.

En cuanto a la constitución estructural de la caja, su base está formada por dos perfiles de acero rígidamente instalados en toda la longitud del semichasis trasero. Cada uno de ellos está separado, respecto al eje longitudinal, 1/4 de la anchura del tractor (Figura 10). Si se quiere disponer la carga longitudinalmente, es preciso dotar a la caja con un suplemento de perfiles de acero transversales y añadir un juego de teleeros para evitar que rueden las trozas en las oscilaciones laterales del tractor.

Una robusta rejilla en la parte delantera de la caja se encarga de proteger a la grúa y a la cabina de los golpes debidos al desplazamiento de las trozas en las pendientes descendentes y en los frenados bruscos del vehículo.



En el caso de la saca de madera larga, puede disponerse de otra rejilla trasera para evitar que la madera se caiga, pero tiene el inconveniente de limitar la longitud de la madera a transportar, por lo que no suele ser frecuente. La *Forestry Commission* (1993) ha ensayado la utilización de residuos de corta sobre la parte trasera de la "cama" para elevar la carga y evitar su deslizamiento cuando se saca hacia arriba en zonas con fuertes pendientes.

Figura 10: Constitución estructural de una caja para carga longitudinal. Obsérvese la forma de los teleros para permitir la oscilación de los bogies.

El rendimiento de la saca con autocargador varía fundamentalmente con la capacidad de carga de la máquina, la distancia de desembosque y las condiciones fisiográficas.

De acuerdo con E. Tolosana (2002), los rendimientos por hora productiva de la saca con autocargador en primeras claras de repoblaciones de silvestre (a partir de los estudios de tiempos de 17 claras, en que se empleó el sistema de aprovechamiento de madera corta - trozas de 2,0 a 2,5 m de longitud -) vienen dados por distintos modelos para autocargadores pesados del tipo de los *dumper Volvo* adaptados (con peso en vacío de más de 15 t y un volumen medio de carga observado de 14,4 m³) y para autocargadores ligeros o medios, en su mayor parte máquinas escandinavas de transmisión hidrostática (con peso en vacío menor de 15 t y volumen medio de carga observado de 12,3 m³), a saber:

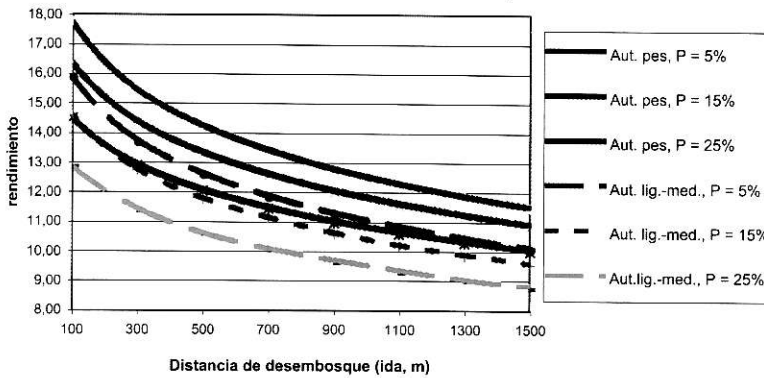
a) Autocargadores pesados (P vacío ≥ 15 t)

$$R = \frac{1}{0,04067 + 1,533E-05 \cdot p\% \cdot (p\%+11,5) + 2,0376E-03 \cdot \text{Distdesemb}^{0,424}}$$

b) Autocargadores ligeros - medios (P vacío < 15 t)

$$R = \frac{1}{0,04461 + 1,796E-05 \cdot p\% \cdot (p\%+11,5) + 2,3866E-03 \cdot \text{Distdesemb}^{0,424}}$$

Rendimiento (m³/hora productiva) de desembosque con tractor forestal autocargador (madera corta).



Los coeficientes de utilización que relacionan el porcentaje de tiempo productivo con el tiempo de trabajo - que, en la práctica, coincide con el tiempo de horámetro - fueron distintos para autocargadores ligeros-medios y pesados, siendo sus valores medios:

- Autocargador pesado: 89,0%.
- Autocargador ligero o medio: 80,4 %.

Esta diferencia se debe a la mayor robustez de los autocargadores pesados, frente a la relativa delicadeza - especialmente por su complejo sistema oleohidráulico - de los autocargadores ligeros, que sufren un mayor porcentaje de incidencias y averías, así como un mantenimiento más cuidadoso.

En cuanto a los costes unitarios, (por tonelada verde, supuesta la habitual densidad de 0,85 t por metro cúbico con corteza desemboscado), se obtienen las siguientes ecuaciones predictivas:

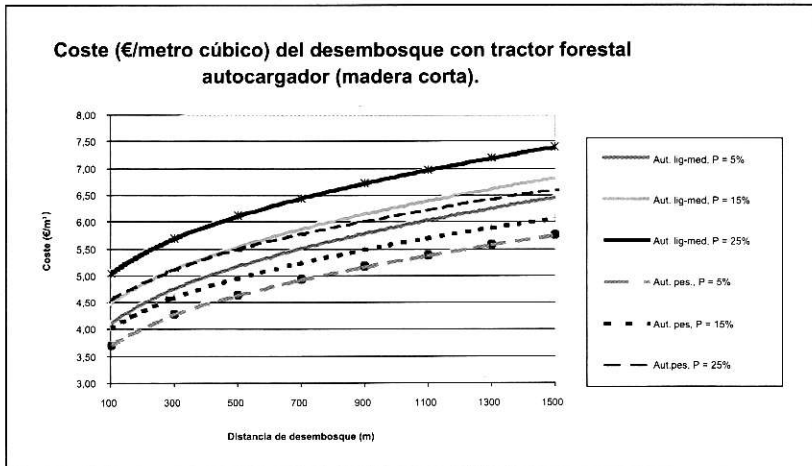
a) Autocargador pesado

$$Cu (\text{€/m}^3) = 331,3 + 0,1508 \cdot p\% \cdot (p\%+11,5) + 16,6 \cdot \text{Distdesemb}^{0,424}$$

b) Autocargador ligero-médico

$$Cu (\text{€/m}^3) = 374,5 + 0,1508 \cdot p\% \cdot (p\%+11,5) + 20,0 \cdot \text{Distdesemb}^{0,424}$$

En la figura, para cada condición de pendiente media (5, 15 y 25%), se presentan las curvas de costes unitarios en función de la distancia de desembosque que corresponden a cada tipo de autocargador para los costes horarios estimados en 2002 (52,29 €/hora de trabajo para autocargadores ligeros y 58,90€ para los pesados).



Del gráfico precedente se puede deducir que el coste unitario es, a igualdad de pendiente, más elevado utilizando un autocargador ligero-medio que uno pesado. Las diferencias porcentuales en costes están comprendidas entre 13 y 15%.

No se debe olvidar que la saca con autocargador en madera corta, que suele ser más económica que otros medios donde es posible, se ve limitada por los destinos de la madera y, por otro lado, supone un incremento de los trabajos en monte (requiere tronzado y apilado además de apeo y desramado-despunte).

2.4.3.- SEGURIDAD EN EL USO DE AUTOCARGADORES.

De acuerdo con las guías del Consejo de Seguridad Forestal de la *Forestry Commission* (1988) las principales normas de seguridad en el uso de tractores autocargadores² son las siguientes:

- Emplear vestimenta de seguridad (casco, protectores para los oídos excepto si el ruido en la cabina es inferior a los 85 dB, guantes para manipular madera o materiales, botas de seguridad, elementos de limpieza y botiquín de primeros auxilios).
- Utilizar grúas en que figuren claramente indicados la carga máxima y el alcance, así como la distancia de seguridad para operarios manuales (dos veces el alcance de la grúa) y una advertencia contra el trabajo en la proximidad de líneas eléctricas, caso en que la distancia de seguridad es de 15 metros para grandes torres eléctricas y 9 para postes de menos altura.
- Utilizar algún medio de comunicación (portéfono, teléfono móvil) con un código de auxilio.
- Utilizar siempre el freno de estacionamiento cuando se para la máquina.
- Emplear cadenas y/o semiorugas de acuerdo con las condiciones del terreno, y teniendo en cuenta los posibles cambios meteorológicos.
- Utilizar cinturón de seguridad y no dejar objetos sueltos en la cabina.
- Asegurarse de que la grúa está adecuadamente inmovilizada antes de poner la máquina en movimiento.
- Antes de conducir hacia abajo en pendientes fuertes, chequear el funcionamiento de los frenos, utilizar una marcha reducida y bloquear los diferenciales. Frenar con el motor y aplicar sólo un ligera presión sobre los pedales de freno si es necesario.
- Si la máquina patina conduciendo hacia abajo, soltar los frenos, incrementar gradualmente la velocidad y continuar en línea recta hacia delante hasta que se recupere la tracción.
- Evitar las pendientes laterales excesivas. Evitar los giros hacia arriba si hay pendiente lateral.
- Si la pendiente es muy fuerte, extender la grúa en dirección aguas arriba para incrementar la estabilidad.
- Reducir la carga cuando las condiciones del terreno sean duras, asegurando que pueda ser transportada hacia arriba por los más difíciles puntos del trayecto.
- En la carga, asegurarse de que el freno de estacionamiento o de carga esté conectado (y no olvidar soltarlo antes de poner la máquina en marcha). Si hay pendiente, evitar parar en los tramos más escarpados para cargar y utilizar convenientemente rocas, tocones o irregularidades del terreno para calzar los neumáticos.

² Estas normas son válidas también para la saca con tractores agrícolas adaptados mediante remolque y grúa.

- Asegurarse, al cerrar la grapa, de que la carga es abarcada completamente.
- Si hay riesgo de inestabilidad de la máquina, acercar la carga cerca del nivel del suelo y elevarla sólo cuando haya llegado cerca de la caja.
- No sobrecargar la caja, evitando cargar por encima del nivel de los teleros.
- No apilar en cargadero por encima de un metro de altura cuando la madera de la pila deba ser manipulada manualmente con posterioridad. Aunque no sea así, las alturas de apilado no deberían superar los dos metros. Se debe evitar el apilado en lo alto de grandes cunetas de pistas.
- Deben tomarse especiales precauciones en áreas frecuentadas. Cuando sea necesario, instalar señales de peligro o incluso rodear el área de trabajo con baliza.
- Si hay que cambiar algún latiguillo, codo, etc. del circuito hidráulico, apagar el motor, desconectar la bomba y liberar la presión. Es necesario asegurarse de la compatibilidad de las conexiones antes de ajustar los nuevos elementos del circuito.