

# La explotación maderera de bosques de montaña

Informe del  
Tercer Curso de Capacitación FAO/Austria  
sobre carreteras forestales y aprovechamientos  
en bosques de montaña  
Ossiach y Ort, Austria, 1-28 de junio de 1981

recopilado y editado por  
**R. Heinrich**  
Dirección de Industrias Forestales

ESTUDIO FAO:  
MONTES

**33**



ORGANIZACION  
DE LAS  
NACIONES UNIDAS  
PARA LA  
AGRICULTURA  
Y LA  
ALIMENTACION  
Roma, 1984

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

M-30

ISBN 92-5-301225-0

Reservados todos los derechos. No se podrá reproducir ninguna parte de esta publicación, ni almacenarla en un sistema de recuperación de datos o transmitirla en cualquier forma o por cualquier procedimiento (electrónico, mecánico, fotocopia, etc.), sin autorización previa del titular de los derechos de autor. Las peticiones para obtener tal autorización, especificando la extensión de lo que se desea reproducir y el propósito que con ello se persigue, deberán enviarse al Director de Publicaciones, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Via delle Terme di Caracalla, 00100 Roma, Italia.

© FAO 1984

## RESUMEN

El Tercer Curso de Capacitación FAO/Austria sobre Carreteras Forestales y Aprovechamientos en Bosques de Montaña se celebró en los Centros de Capacitación Forestal de Ossiach y Ort, Austria, del 1 al 28 de junio de 1981. El curso fue posible gracias a una contribución especial de Austria en apoyo de las actividades del Programa Regular de la FAO en el campo de la explotación maderera. Igual que los cursos anteriores, este tercero fue organizado por la FAO en cooperación con el Gobierno de Austria.

El principal objetivo de estos cursos fue familiarizar a los participantes con los problemas que se presentan en el aprovechamiento de los bosques de montaña, sobre la base de su rendimiento sostenido, teniendo en cuenta los efectos de la explotación maderera sobre el ambiente. Se hizo especial hincapié en los aspectos prácticos de la planificación, trazado, construcción y mantenimiento de carreteras forestales, así como en la planificación, elección y utilización de aquella tecnología de explotación maderera que es apropiada para las condiciones de los bosques de montaña.

Otro objetivo importante fue dirigir la atención de los participantes hacia la seguridad y la salud en el trabajo, la ergonomía y la productividad en la explotación maderera.

El programa del Curso de Capacitación incluyó conferencias, informes de países, excursiones, demostraciones y ejercicios prácticos de campo.

El Curso de Capacitación contó con la asistencia de 38 participantes procedentes de los 19 países siguientes:

Bangladesh, Bhutan, Burma, Cameroon, Chile, Fiji, Gabón, Indonesia, Jamaica, Hawai, México, Nepal, Nigeria, Pakistán, Panamá, Polonia, Somalia, Sudán y Tanzania.

Once participantes fueron patrocinados por Austria, quince por la FAO, cinco por el programa alemán de ayuda bilateral y siete por otras fuentes.

El conjunto de participantes incluyó personas procedentes de instituciones como ministerios de agricultura y montes, administraciones forestales públicas, empresas forestales públicas y privadas y centros de capacitación forestal.

Este informe es resultado de la recopilación de los escritos correspondientes a las conferencias presentadas. Este informe se considera el más completo preparado hasta hoy, pues contiene también las conferencias publicadas en los informes de los cursos anteriores.

Se espera que con la publicación de este informe muchos forestales de los países en desarrollo puedan sacar provecho de la información que contiene.

La FAO expresa agradecida su reconocimiento al Gobierno de Austria por patrocinar este programa de capacitación.

NOTA DE LA REDACCION

Los documentos presentados en este informe se han publicado con la amplitud que se ha considerado necesaria para ayuda del lector.

La mención de compañías o sus productos o marcas comerciales no implica una aprobación o recomendación por parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

Foto de la cubierta: Unidad móvil de cable grúa de torre en posición de trabajo, con llegada de las trozas a la carretera forestal (Foto: R. Hinteregger).

INDICE

	<u>Página</u>
I. PROLOGO	
II. GENERALIDADES	
Discurso de introducción por L.R. Letourneau	1
La investigación forestal en las regiones alpinas por J. Egger	3
Las actividades forestales y la ecología en las zonas de montaña, por E. Tüchy	9
III. CARRETERAS FORESTALES	
La construcción de carreteras forestales, entre la economía y la protección de la naturaleza, por E. Pestal	15
El proyecto de inventario de carreteras forestales y sus efectos sobre las medidas de financiación y planificación, por E. Neuberger	19
Principios Generales sobre planificación de redes de carreteras foresta- les por O. Sedlak	27
Trazado y cálculo del coste de las carreteras forestales por O. Sedlak	49
El empleo de maquinaria en la construcción de carreteras forestales con especial hincapié en la voladura de rocas en zonas de montaña, por W. Blaha	67
Aplicación práctica de los métodos de ensayo de suelos a las carreteras forestales por J. Eisbacher	71
IV. TRABAJOS DE PROTECCION DE CARRETERAS FORESTALES Y CORRECCION DE TORRENTES	
Estabilización de terraplenes de carreteras mediante trabajos biólogos y de ingeniería, en el caso de las carreteras forestales, por R. Heinrich	81
Influencia de las carreteras forestales en el aumento de la sedimentación y los deslizamientos de tierras, a causa de la escorrentía, por H. Hattínger	93
Trabajos de ingeniería de torrentes para la protección de carreteras forestales de montaña en la región de "Salzkammergut", Austria, por M. Jedlitschka	105
V. APROVECHAMIENTO DE MADERA	
Técnicas de aprovechamiento de madera dirigidas al aumento de producción de madera y al ahorro de energía por E. Pestal	115
Planificación de sistemas de trabajo para el aprovechamiento de madera en re- giones de montaña por W. Egger	121
Aplicación de tecnologías intermedias en el aprovechamiento de madera en países en desarrollo, por E. Heinrich	131

	<u>Página</u>
Sistemas de trabajo y costes de aprovechamiento de madera y su influencia sobre el trabajador forestal y el bosque, por O. Frauenholz	147
Organización del trabajo en el aprovechamiento de madera, por O. Frauenholz	153
Equipos, herramientas y su aplicación a la explotación maderera, por O. Frauenholz y E. Feichtinger	169
Introducción a los equipos de cable empleados para la extracción de madera, por R. Meyr	205
Instrucciones de trabajo para las instalaciones de cables-grúa en Austria, por A. Trzesniowski	211
Instrucciones de trabajo para el funcionamiento de tractores de ruedas y cabrestantes de cable rastrero, por A. Trzesniowski	217
Requisitos de los tractores de ruedas empleados en el trabajo forestal, por A. Trzesniowski	221
Aprovechamiento mecanizado de la madera y realización óptima de accesos a los bosques, por F. Auböck	225
Selección de árboles en operaciones de aclareo - Extracción de árboles individuales en bosques secundarios, por G. Sonnleitner	231
<b>VI. ERGONOMIA, ESTUDIOS DE TIEMPOS Y TRABAJO</b>	
Principios básicos de Ergonomía, por J. Wencł	239
Utilización de mediciones ergonómicas mediante telemetría y uso de computadoras, para determinar y evaluar los parámetros fisiológicos en el aprovechamiento mecanizado de la madera, por J. Wencł	253
Estudios de tiempos en las operaciones de arrastre de madera, por E. Hauska	257
Estudios del trabajo en actividades forestales, por O. Frauenholz	259
<b>ANEXOS</b>	
Anexo I - Programa del curso.	271
Anexo II - Lista de participantes en el curso.	277
Anexo III - Lista de personal directivo del curso, profesores y oradores.	281

LISTA DE FOTOGRAFIAS

	<u>Páginas</u>
Corta rasa en fajas, con transporte de trozas cuesta abajo, mediante cable. Cargando un camión mediante cargador hidráulico.	viii
Equipo de cable móvil con cargador hidráulico, montados ambos sobre un viejo camión.	xii
Operario de motosierra, equipado con indumentaria de seguridad, haciendo el corte de apeo.	2
La investigación forestal es fundamental para mantener las funciones productivas y ambientales de los bosques de montaña.	7
Bosque recreativo con una carretera forestal bien trazada.	8
Las técnicas modernas de construcción de carreteras forestales permiten el acceso a zonas forestales en terrenos difíciles.	26
Estuche de ingeniería con instrumentos.	46
Unas redes bien planificadas de carreteras forestales permiten operaciones forestales intensivas (obsérvense pequeñas superficies de cortas rasas junto a rodales de regeneración y rodales maduros).	47
Carretera forestal bien trazada, en terreno muy difícil, con talud de terraplén cubierto de nuevo de vegetación.	48
Instrumentos para el trazado de carreteras.	55
Tractor de gran potencia realizando el trabajo de explanación de una carretera.	65
Martillo perforador de rocas, montado sobre tractor, utilizado en la construcción de carreteras forestales de montaña.	66
Los participantes escuchando la conferencia sobre ensayos de suelos.	80
Construcción de un muro de contención formado de bloques de piedra colocados en el talud del desmonte mediante una excavadora.	87
Muro de contención destruido, sustituido eficazmente por gabiones.	87
Excavadora-transportadora rellenando un barranco, alcantarilla de hormigón y construcción protectora de rollizos emplazadas de modo que queda asegurado el curso natural del agua.	89
Revestimiento con armazón de hormigón, formado con vigas de hormigón prefabricado.	89
Motoniveladora colocando una capa de base de roca machacada.	92
Una carretera que ha sido incorrectamente diseñada y construida es la causa de la devastación, por una corriente de fango, de las zonas y edificios situados aguas abajo.	102
La falta total de un sistema de desagüe de la superficie de una carretera ha ocasionado el deslizamiento de tierras y la erosión en barrancos.	102

LISTA DE FOTOGRAFÍAS (cont.)

	<u>Páginas</u>
La construcción inadecuada del terraplén (carga adicional sobre la ladera inferior) y un sistema inapropiado de desagüe de la superficie de la carretera han ocasionado el deslizamiento de tierras y la erosión en barrancos.	103
Carretera forestal con cuneta por el lado de la montaña, mostrando boca de salida bien protegida de una alcantarilla de chapa de acero ondulada.	104
Desastre de la inundación de 1899 en el Langbathbach, Ebensee.	106
Medidas de protección en la misma zona que aparece en la foto anterior.	107
Carretera y cauce de río estabilizados mediante trabajos de ingeniería de torrentes en la misma zona que aparece en las dos fotos anteriores.	108
Abanico aluvial que ha sido escalonado mediante una serie de diques de retención, hechos con piedras, bien adaptadas al paisaje.	109
Serie de diques de retención, hechos con rollizos en la parte superior de un cono de derrubios.	109
Material de barrenado depositado en una ladera inclinada.	110
Dique de hormigón para la retención de sedimentos.	111
Protección de márgenes con pedraplén colocado a mano y soleras de madera.	112
Revestimiento vertical con armazón de madera en sustitución de un talud natural.	112
Ejemplo de dique con autodescarga de sedimentos.	113
Construcción de un muro de encauzamiento de piedra en seco para proteger las márgenes de un río. Al fondo, diques de retención protegiendo un puente.	114
Extracción tradicional de madera con caballos, utilizando un carro de madera de dos ruedas.	117
Transporte de fajos de ramillas y ramas mediante cable.	117
Sistema sencillo de explotación maderera con cable (Gnezda), utilizado para el transporte de trozas a cortas distancias.	119
Remolque Mini-Urus, dotado de equipo de cable, torre y motor, que se emplea como cable-grúa para cortas distancias en operaciones de aclareo o para maderas de pequeña dimensión en cortas finales.	120
Procesadora recogiendo trozas de troncos enteros para desramar, descortezar, tronzar y clasificar.	129
Deslizadero de madera empleado antes de dar acceso a los bosques de montaña mediante carreteras forestales.	130
Garra con cabrestante de cable de un solo carrete.	134
Cabrestante de un solo carrete montado sobre tractor, con plancha de madereo.	135
Tractor de ruedas con cabrestante Farmi y garra.	136
Tractor agrícola con vagoneta giratoria (bogie), empleado para el arrastre cuesta arriba.	137

	<u>Páginas</u>
Tractor agrícola con vagoneta giratoria, transportando la carga.	136
Sistema de cable Koller 300 extrayendo trozas cuesta arriba hasta el borde de la carretera.	139
Sistema de cable Alp, con remolques James Jones, extrayendo trozas cuesta abajo hasta la carretera.	139
Descarga por basculación de madera corta transportada en un remolque (Padolf-Zeller-Rückewagen).	140
Cabrestante de trineo Adja.	141
Cabrestante ligero múltiple KBF para arrastre por tierra.	141
Radiotir Alpin 1200.	141
Tractor agrícola dotado de equipo de cable K300, listo para trasladarlo al próximo emplazamiento del cable.	143
Rajador mecánico de madera de tipo cónico, acoplado a un tractor de ruedas.	145
Cabrestante de motosierra empleado para la agrupación previa de trozas individuales, procedentes de áreas inaccesibles.	146
Procesadora Steyr-Ösa 705 en el trabajo de desrame y tronzado.	152
Sistema de cable de gran potencia con torre móvil (Steyr KSK 16) adecuado para el transporte de árboles completos, cuesta arriba o cuesta abajo.	168
Unidad móvil de cable Urus-Unimog, situada en carretera, lista para el transporte de trozas cuesta arriba.	210
Soporte intermedio en un árbol, utilizado en una operación con cable.	216
Los tractores forestales cargadores se han empleado con éxito en zonas con madera dañada por el viento y para el transporte de pequeñas cantidades de madera en bosques de fincas agrícolas.	220
El MB-Trac ocupa el espacio entre un tractor agrícola y un tractor arrastrador. Su equipo de cable y una cabina confortable para dos hombres le hacen cada vez más popular.	220
Cabrestante ligero de un solo carrete utilizado para aclareos.	237
Tractor agrícola equipado con vagoneta giratoria, empleado para el transporte de leña a cortas distancias.	238
Tractor arrastrador articulado, de ruedas, equipado con cadenas antideslizantes, extrayendo grandes trozas de troncos enteros.	238
Medición telemétrica del ritmo del corazón en el aprovechamiento de madera.	246
Medición manual del ritmo del corazón, con cronómetro.	251
Medición de la concentración de gas, con un detector de gases.	252
Equipo de telemetría EDV <u>1/</u> incorporado a una furgoneta Volkswagen	254
Audiómetro utilizado para descubrir pérdidas de audición.	255
Cabrestante de un solo carrete tirando de sí mismo cuesta arriba por el bosque.	256

1/ Tratamiento electrónico de datos.

LISTA DE FOTOGRAFIAS (cont.)

Páginas

Cargando un camión de madereo, con un cargador de garras montado sobre un camión, en el cargadero de trozas.	270
Trozas cargadas sobre camión mediante cable y cabrestante cargador incorporado (tiravira)	275
Trozas de troncos enteros transportadas con camión y remolque. Obsérvese la gran calidad de la carretera (curva y anchura).	276
Transporte de trozas mediante camión de plataforma plana con remolque por una carretera forestal estrecha, en terreno de montaña.	276
Patio central de madera para descortezado, tronzado y clasificación de trozas listas para una nueva transformación.	280
Cargador de garras con ruedas, apilando y transportando trozas para un aserradero.	280



Corta rasa en fajas, con transporte de trozas cuesta abajo mediante cable. El camión se está cargando con un cargador hidráulico (foto: Instituto Federal de Investigación Forestal).

## PROLOGO

### I. INFORMACION GENERAL

En muchos países en desarrollo, el empleo en terrenos inclinados de métodos inapropiados de aprovechamiento de maderas es causa de una destrucción forestal que acarrea una erosión grave e inundaciones aguas abajo, que afectan gravemente a los cultivos agrícolas, a las zonas urbanas y a sus abastecimientos de agua, en las zonas llanas.

Por ello, debe dedicarse una gran atención y prioridad a la preservación de los bosques en terrenos difíciles, mediante la aplicación de sistemas apropiados de aprovechamiento maderero, a fin de garantizar sus funciones protectoras, sociales y productivas en estas zonas.

Debido al aumento de la población y a los mejores niveles de vida que cabe esperar, los expertos prevén para el futuro un aumento considerable de la demanda de madera, lo que va a obligar a realizar operaciones forestales en terrenos de condiciones cada vez más difíciles, especialmente mediante la apertura de bosques inaccesibles por medio de carreteras forestales. En muchos países en desarrollo con fuertes presiones demográficas, las actividades forestales tendrán que limitarse en el futuro a las zonas menos pobladas y a los terrenos inapropiados para otros fines, debido a las condiciones topográficas y del suelo.

En zonas remotas, las actividades forestales pueden contribuir de forma importante a mejorar la situación de empleo de la población local mediante una ordenación forestal intensiva, contribuyendo con ello a su bienestar económico y al desarrollo general del país.

En terrenos de montaña habrá que utilizar métodos de extracción con un mayor empleo de mano de obra que en el caso de los bosques de terrenos llanos; esto aumenta naturalmente las oportunidades disponibles de empleo. Se logran oportunidades adicionales de empleo mediante la construcción de carreteras forestales y su mantenimiento, la rehabilitación de terrenos devastados, la forestación y los cuidados culturales y también con medidas de encauzamiento de cursos de agua y protección de cuencas. Muchos países en desarrollo que tienen bosques en terrenos muy inclinados están preocupados de realizar operaciones forestales apropiadas, de forma que se mantenga la función protectora de los bosques, proporcionando también un rendimiento sostenido; tienen, por lo tanto, un gran interés por resolver los problemas correspondientes.

El vivo interés por las actividades de capacitación dirigidas a resolver los problemas antes mencionados, se ha confirmado por la espléndida respuesta en cuanto a participación en los tres cursos de capacitación FAO/Austria ya terminados y que se limitaron para participantes de países anglófonos en desarrollo.

Basándose en las recomendaciones de la primera reunión del Comité de Montes (COFO), que subrayó la importancia de la capacitación referente a la explotación y transporte de la madera, el Gobierno de Austria apoyó generosamente las actividades de capacitación de la FAO sobre explotación maderera, financiando el Primer Curso de Capacitación FAO/Austria sobre Carreteras Forestales y Aprovechamientos en Bosques de Montaña, celebrado en junio de 1975 en Ossiach, Austria.

En consonancia con nuevas recomendaciones sobre capacitación y mejora de las operaciones forestales, realizadas por el COFO y por el Octavo Congreso Forestal Mundial celebrado en Jakarta en octubre de 1978, prosiguió la serie de cursos de capacitación bajo un programa conjunto de capacitación FAO/Austria. Se celebró un segundo curso en Austria del 3 de junio al 2 de julio de 1978. El tercer curso tuvo lugar del 1º al 28 de junio de 1981 y está programado un cuarto curso para junio de 1983, también en Austria.

Más de 120 participantes, en su mayoría procedentes de países en desarrollo de todo el mundo, han tomado parte hasta ahora en los tres primeros cursos de capacitación. En relación con estos cursos, se prepararon informes técnicos ilustrativos para que la información proporcionada durante los cursos pudiera estar a disposición de un auditorio más amplio, especialmente de los forestales de países en desarrollo que encuentran problemas al planificar, supervisar y ejecutar actividades de explotación forestal en bosques de montaña. Hasta hoy se han distribuido por todo el mundo unas 4 000 copias de informes técnicos de los cursos de capacitación, respondiendo sobre todo a solicitudes de particulares, organizaciones e instituciones.

Este informe es en su mayor parte una recopilación de los escritos de las conferencias del último curso; sin embargo, incluye también documentos de los cursos anteriores, pudiendo considerarse por tanto como una síntesis de los tres primeros cursos.

Se confía en que la información contenida en este informe, al igual que en los anteriores, resulte también útil y sirva como libro de referencia para temas específicos sobre explotación maderera de montaña.

## 2. ORGANIZACION Y ADMINISTRACION DEL CURSO DE CAPACITACION

El trabajo preparatorio y la organización del curso se realizaron con la estrecha colaboración de la Subdirección de Explotación y Transporte Forestal de la FAO, Roma, el Ministerio de Agricultura y Montes, Viena, y los Centros de Capacitación Forestal de Ossiach y Ort.

La coordinación general fue responsabilidad del Dr. H. Redl, Director de la División Internacional, y sus colaboradores. La administración del curso fue realizada por el Verein zur Förderung der forstlichen Forschung in Österreich, dirigida por el Dr. E. Neuberger, con la ayuda del Sr. D. Hanak-Hammerl.

Los Sres. O. Frauenholz y A. Trzesniowski de Austria, y R. Heinrich de FAO, Roma, fueron designados directores del Curso. Además de los directores del Curso, contribuyeron al programa del mismo más de 30 profesores, oradores e instructores. Para apoyar a los profesores e instructores forestales de los Centros de Capacitación Forestal de Ossiach y Ort, se llevaron profesores de más de 20 instituciones forestales, organizaciones y fabricantes de maquinaria y herramientas.

Se contó además con ayuda administrativa, técnica y de secretaría, proporcionada por 28 personas procedentes de los Centros de Capacitación Forestal y del Instituto Federal de Investigación Forestal.

## 3. PARTICIPANTES

Asistieron al Curso de Capacitación 38 participantes de los 19 países siguientes:

Bangladesh, Bhutan, Burma, Camerún, Chile, Fiji, Gabón, Indonesia, Jamaica, Hawaii, México, Nepal, Nigeria, Pakistán, Panamá, Polonia, Somalia, Sudán y Tanzania.

Once participantes fueron patrocinados por Austria, 15 por la FAO, 5 por el programa alemán de ayuda bilateral y 7 por otras fuentes.

Asistieron al Curso de Capacitación participantes procedentes de instituciones tales como ministerios de agricultura y montes, administraciones forestales públicas, empresas forestales públicas y privadas y centros de capacitación forestal.

## 4. FINALIDAD DEL CURSO

El principal objetivo del curso era proporcionar a los forestales de los países en vía de desarrollo información básica sobre planificación y ejecución de operaciones forestales en zonas de montaña, dando la debida atención a los aspectos de protección ambiental y conservación. Se hizo hincapié especial en la planificación y trazado de redes de carreteras forestales y también en los sistemas de aprovechamiento. Las conferencias, discusiones y demostraciones incluyeron también temas tales como la seguridad y sanidad de los trabajadores forestales, ergonomía y estudios de tiempos y trabajo, todos ellos considerados como aspectos importantes de los procesos del aprovechamiento forestal, además de constituir un medio para ayudar a los responsables de la toma de decisiones a analizar las relaciones entre el hombre y el trabajo para evaluar los métodos y sistemas de trabajo, y con ello, la productividad y los costes.

## 5. RESULTADOS Y RECOMENDACIONES

El Curso de Capacitación fue inaugurado por el Secretario de Estado, Sr. Albin Schober del Ministerio Federal de Agricultura y Montes de Viena. El Sr. L.R. Letourneau del Departamento de Montes de FAO, Roma, en su discurso de introducción, dio la bienvenida a los participantes del curso de capacitación en nombre del Director General, Dr. Edouard Saouma, y del Director General Adjunto del Departamento de Montes, Dr. M.A. Flores Rodas.

En la primera parte del Curso de Capacitación, que tuvo lugar en Ossiach, se presentaron y demostraron varios métodos de aprovechamiento de madera. Los participantes tuvieron que planificar y establecer una instalación de cable y ayudar a la preparación de la planificación del trabajo de extracción de madera. Se hizo una demostración sobre el funcionamiento de las diversas máquinas de arrastre de madera.

Durante la primera parte del Curso, además de la enseñanza en clase, que se mantuvo en un mínimo, se realizaron también once excursiones, demostraciones y salidas al campo.

La segunda parte del Curso de Capacitación se realizó en Ort y trató sobre todo de la planificación, trazado, y construcción de carreteras forestales, de los factores ambientales, de la organización, seguridad y sanidad en el trabajo y de los estudios de tiempos y trabajo. También esta parte estuvo orientada a la práctica, consistiendo el programa en unas once demostraciones al aire libre y ejercicios de campo.

Durante el Curso los participantes presentaron informes muy interesantes de sus países, introduciendo breves descripciones sobre el sector forestal en relación con las operaciones de aprovechamiento de madera.

La evaluación del curso, realizada por los participantes, destacó lo siguiente:

- Este tipo de curso de capacitación de orientación práctica tuvo gran interés para los participantes porque trató de una materia difícil mediante la presentación y explicación de resultados tangibles, obtenidos de la larga experiencia austríaca en operaciones de aprovechamiento de maderas.
- La presentación de informes nacionales por los participantes y el subsiguiente intercambio de opiniones sobre el aprovechamiento de maderas en los distintos países, se consideró como un ejercicio muy valioso al que habría que dedicar más tiempo en cursos futuros.
- En cuanto a la materia objeto del curso, los participantes consideraron que en vez de realizar un estudio detallado del trazado de un cable y de establecer un cable grúa, debería dedicarse más tiempo a los temas de estudios de tiempos y trabajo y a la ergonomía. También debe hacerse más hincapié en los estudios de costes y productividad, comprando varias alternativas de sistemas de aprovechamiento maderero.
- Los participantes indicaron también que para la mayor parte de sus países es muy importante la tecnología intermedia en materia de explotación maderera y que quizás debería dedicarse más tiempo a los métodos de utilización intensiva de mano de obra o a una combinación de métodos con alta proporción de mano de obra y de otros más complicados, de acuerdo con estudios modelo de ejemplos apropiados.

## 6. AGRADECIMIENTOS

La FAO agradece profundamente a Austria y le queda muy reconocida por su ayuda a las actividades de capacitación del Programa Regular de la FAO en el campo de la explotación y transporte forestal, al patrocinar y hacer de anfitrión de los Cursos de Capacitación FAO/Austria sobre Carreteras Forestales y Aprovechamientos en Bosques de Montaña. Este agradecimiento se extiende de modo especial a la Cancillería Federal, al Ministerio de Agricultura y Montes, a los Directores y al personal técnico y administrativo de los Centros de Capacitación Forestal, así como al Instituto Federal de Investigación Forestal y a muchas otras organizaciones que apoyaron generosamente el curso de capacitación, proporcionando profesores, provisiones, materiales, maquinaria, o cualquier otro medio. A este respecto, desearíamos hacer una mención especial de las empresas forestales y fabricantes de equipos que proporcionaron sus servicios y ayuda, lo que permitió a los directores del Curso realizar unas excursiones de campo y visitas de estudio muy interesantes y provechosas.



Equipo de cable móvil con cargador hidráulico, montados ambos sobre un viejo camión  
(Foto: R. Hinteregger)

## DISCURSO DE INTRODUCCION

por

Leo Reginald Letourneau,  
Dirección de Industrias Forestales  
Departamento de Montes de FAO

En nombre del Director General, Dr. Edouard Saouma, y del Departamento Forestal de la FAO, tengo el placer de darles la bienvenida al Tercer Curso de Capacitación FAO/Austria sobre Carreteras Forestales y Aprovechamientos en Bosques de Montaña.

Es un placer excepcional ver aquí a tantos forestales procedentes de diversas zonas del mundo que han dedicado su tiempo y esfuerzo a venir a este Curso para ampliar sus conocimientos sobre el sector forestal en general, y sobre la explotación maderera en particular.

Desearía en este momento expresar el agradecimiento a nuestros anfitriones austríacos, porque sin su generosa e ilimitada ayuda no habría sido posible este Curso. Sabemos por su título que es el tercero de este tipo de cursos, lo que atestigua no sólo la generosidad de Austria, sino también su interés por esta materia en la que se encuentran a la cabeza del mundo.

Parece innecesario mencionar las estrechas y cordiales relaciones en este campo entre el Departamento Forestal de la FAO y Austria, especialmente con el Sr. Plattner del Departamento Forestal y con el Dr. Redl de la Dirección Internacional, porque con su intervención no sólo podemos celebrar tales cursos, sino que también podemos contar con rapidez con los forestales de los países en desarrollo, que participan en los cursos especializados de capacitación en Austria.

Centrándonos en nuestro propio trabajo, Vds. han sido seleccionados por sus países para tomar parte en este Curso de Capacitación, y en consecuencia, al regresar contarán con una mejor idea sobre la forma de llevar a cabo las operaciones de aprovechamiento, ya sea en terrenos inclinados o de otro tipo, y también con un mejor conocimiento de las consecuencias de sus acciones sobre el terreno, los bosques y los cursos de agua, y de los efectos sociales y culturales sobre las poblaciones próximas a Vds.: los trabajadores, los aldeanos y los usuarios industriales de las trozas.

He mencionado antes que han sido Vds. seleccionados. Quizás algunos han solicitado su participación en el Curso sin un gran interés por este campo. La explotación maderera es un campo especializado que no siempre se admite como profesión por los jóvenes procedentes de los países tropicales. Es muy frecuente que se considere como una fase de una profesión que se prevé larga en el sector forestal o servicio gubernamental. Independientemente de la intención, este Curso está destinado a esclarecer y a ampliar sus perspectivas. Se habrá ganado algo más si en años futuros muchos de Vds. están aún trabajando en este campo.

La profesión dedicada a la explotación forestal es difícil y exige que cada cual desarrolle sus propias defensas en un medio duro, pero no se trata sólo de una ocupación difícil, porque también da satisfacciones. Satisfacciones en el sentido de que a través de su capacitación especializada, uno está poniendo orden en lo que a veces es un caos y está tendiendo un puente en el vacío existente entre la producción de árboles y su utilización.

Observarán Vds. al mirar el programa de Curso que, además de cubrir la planificación, el trazado, la explotación maderera y la construcción de carreteras, se ha dejado tiempo para otros temas como la seguridad, la protección y la ecología. El programa es amplio, pero está diseñado para darles una imagen general de lo que se necesita para un aprovechamiento eficaz de los bosques. Uno de los mayores inconvenientes para lograr un aprovechamiento eficaz es la falta de personal experimentado capaz de adoptar decisiones operativas destinadas a garantizar el control de los trabajadores y operaciones implicados en el aprovechamiento. Los malos resultados de esta falta de experiencia no sólo se traducen

en unos costes de producción mayores de lo necesario, sino que también se reflejan con frecuencia en una menor productividad, e incluso a veces en la destrucción del bosque, teniendo también un efecto negativo sobre el ambiente.

Planificación y seguimiento apropiados son elementos esenciales si hemos de conseguir menores costes, proteger el bosque y el ambiente y, sobre todo, lograr ciertos beneficios para la población de nuestros respectivos países, mediante la creación de puestos de trabajo, la obtención de productos forestales y la reducción de las importaciones.

Los bosques, naturales o artificiales, pueden desempeñar y normalmente desempeñan un papel importante en la economía de sus países y, por tanto, deben ser tratados con atención. Nuestra tarea como responsables de la explotación maderera, es crear y al propio tiempo preservar. Para lograrlo, debemos aprender la forma de aplicar principios básicos y técnicos que generalmente ya son conocidos. Sin embargo, ~~debemos aprender~~ también a pensar partiendo de aquellos principios básicos, porque cada aplicación puede exigir no sólo una técnica algo distinta, sino a veces un concepto completamente nuevo. En otras palabras, el responsable de la explotación maderera debe ser adaptable e imaginativo y confiar en sí mismo.

Les ruego disculparme y que me permitan terminar con el deseo de que hagan buen uso de lo que aprendan aquí y que, a través de este Curso, algunos de Vds. decidan hacer de la explotación maderera su propia vocación.



Operario de motosierra, equipado con indumentaria de seguridad, haciendo el corte de apeo  
(Foto: O. Sedlak)

## LA INVESTIGACION FORESTAL EN LAS REGIONES ALPINAS

por

Johann Egger  
Forstliche Bundesversuchsanstalt 1/

### 1. INTRODUCCION

En un país claramente montañoso, como Austria, no hay ningún rasgo más característico del paisaje que los bosques. El cuarenta y cuatro por ciento de la superficie total del país está cubierto de bosques. Estos, con una extensión superficial de 3,69 millones de ha, producen un rendimiento anual aproximado de 14 millones de m<sup>3</sup> de madera. Evitan la erosión del suelo, mantienen el equilibrio hidrológico y protegen contra los daños a los valles fértiles con sus poblados, instalaciones de transporte e industrias. Ofrecen también empleo a un gran número de habitantes y, debido a su belleza escénica y gran valor recreativo, constituyen un factor importante para la industria nacional de turismo.

El bosque sólo puede desempeñar a largo plazo estas múltiples funciones de carácter económico y social si se conoce su ciclo vital natural y se respetan sus principios a través de la ordenación forestal.

La moderna Ley Forestal Austríaca de 1975 rige todo el campo de la ordenación forestal así como las relaciones recíprocas entre el bosque, la economía y la sociedad. Esta modificación a la ley forestal original, que tenía 100 años de antigüedad, junto con la investigación forestal, orientada a las necesidades específicas de los terrenos de montaña, proporciona una buena base para la ordenación forestal del futuro.

De la amplia gama de temas de investigación forestal y de sus logros, me gustaría presentarles únicamente los datos más importantes, de forma condensada.

### 2. PRODUCCION

La subdivisión de Austria en siete regiones productivas se basa en los habitats naturales de las especies arbóreas y, en especial, en las diferencias pronunciadas en el clima que reina en el país.

Estas subdivisiones en zonas productivas y la Ley de Semillas Forestales, que provee lo necesario para la clasificación de rodales de calidad dirigida a la utilización de semillas de procedencia comprobada, son el resultado de los trabajos realizados por el Instituto Forestal de Viena.

Además de identificar la procedencia de las semillas, una forestación con éxito depende también de la calidad de las plantas utilizadas. Esta es el motivo del esfuerzo permanente que se está realizando para mejorar la calidad de las plantas mediante la aplicación de normas de calidad bien definidas e inspecciones regulares a los viveros.

Otro proyecto de investigación trata de cuestiones como el incremento de crecimiento que puede esperarse de las especies arbóreas más corrientes en diferentes ubicaciones. Se eligieron superficies forestales de 500 ha cada una en regiones productivas estrictamente definidas (por ejemplo, la zona de flysh 2/, los Alpes calizos del Norte, y así sucesivamente). Después de un levantamiento cuidadoso del sitio, se miden con precisión por lo menos 200 000 árboles de todas las clases de edad. El resultado que esperamos obtener de este trabajo forestal práctico será la respuesta a las preguntas siguientes: ¿qué especie arbórea o qué composición de masa garantizará un rendimiento óptimo y sostenido en estaciones que suelen ser muy diferentes? ¿en qué medida puede variarse la participación porcentual de cada especie, dependiendo en cada caso del objetivo de la ordenación, sin reducir el potencial productivo a largo plazo de la masa?

1/ Instituto Federal de Investigación Forestal, Viena.

2/ Zona geológica de Austria.

En la actualidad nuestro trabajo está enfocado al estudio de los bosques de altitud elevada, algunos de los cuales se encuentran actualmente amenazados. El objetivo de nuestro trabajo es elaborar normas selvícolas de ordenación para la conservación o regeneración del bosque, según el caso de que se trate.

En el vivero de Tulln, se están realizando estudios comparativos sobre variedades de álamo producidas en Austria; se están propagando aquellos clones de álamos y variedades de álamo, cuyos ensayos han demostrado que son de excelentes a buenos.

Desde 1957 se han realizado estudios dirigidos a comprobar la progenie de grupos aislados y rodales de abeto rojo, y a determinar la distribución altitudinal de los rodales de abeto rojo de montaña. Mediante el establecimiento de 44 parcelas experimentales en las distintas zonas productivas y a distintas altitudes, esperamos poder confirmar los resultados de ensayos anteriores sobre la transmisión hereditaria de las características fisiológicas y morfológicas del abeto rojo. Se están realizando ensayos de procedencia para identificar las procedencias más apropiadas de abeto de Douglas (Pseudotsuga Douglassii).

Los estudios sobre disponibilidad de agua en terrenos llanos y de montaña se remontan a los primeros días de la investigación forestal. En tiempos recientes, se ha cambiado el acento de estas investigaciones hacia la elaboración de un sistema uniforme de clasificación de las estaciones forestales de Austria, que se basa en análisis de suelos y estudios fito-sociológicos. Esta clasificación uniforme está destinada a proporcionar una delimitación más exacta de las zonas productivas de Austria. Los estudios sobre estaciones productivas, realizados bajo el Programa del Inventario Forestal de Austria sirve para la misma finalidad.

### 3. PROTECCION FORESTAL

El Instituto para la Protección Forestal actúa como órgano asesor en todos los casos en que se han producido daños; además, es responsable de ensayar los pesticidas e insecticidas utilizados en las actividades forestales, y dirige la investigación sobre nuevos agentes biológicos preventivos y de control. Las cuestiones actuales sobre contaminación, estrechamente ligadas a la utilización de insecticidas y fungicidas, juegan un papel importante en las actividades del instituto.

Los ensayos que incluyen la aplicación de Pheroprax, atrayente del barrenillo de la corteza, se han traducido en una mejora de las recomendaciones para su uso práctico. Otros ensayos, en los que se ha estudiado el efecto sobre el barrenillo del pino de piretroides toxicológicamente favorables, han dado resultados positivos.

El problema de los daños producidos por la emisión de humos industriales existía mucho antes del establecimiento de nuestro instituto de investigación. Al principio, sólo se estudió la contaminación del aire, utilizando análisis de aire y de acículas; posteriormente, se prepararon mapas topográficos y sólo muy recientemente se han realizado las denominadas fotografías en falso color, zona por zona, a fin de determinar rápidamente la extensión de la contaminación en las zonas dañadas. Las observaciones prácticas sobre crecimientos, realizadas en cooperación con el Instituto de Investigación de la Producción a partir de 1965, han confirmado los estudios anteriores sobre los daños del humo.

La bibliografía sobre protección de bosques y pastos contra los daños ocasionados por la caza, demuestra que éste era ya un tema importante en tiempos tan remotos como el año 1884. Sólo después de un largo intervalo, en 1956, se acordó otorgar de nuevo una mayor importancia a la cuestión del "bosque y la caza". El objetivo de una serie de ensayos a largo plazo es demostrar la influencia del pastoreo de la caza sobre la vegetación y sobre las plantas forestales en particular. Además, se están investigando temas tales como la cantidad y distribución de la caza y extensión de los daños que ocasiona y se están ensayando medidas de protección, en cuanto a su eficacia.

#### 4. CIENCIA DE LA PRODUCCION FORESTAL

Inicialmente, la investigación sobre producción y ordenación forestal se enfocaba sobre todo hacia los temas de la Dasometría; de este modo, en el período de 1899 a 1908 se publicaron estudios referentes a las formas y volúmenes del abeto rojo, el alerce, el pinus strobus y el abeto. Schifffl trató de conseguir las formas características de los fustes utilizando coeficientes mórficos. Igualmente importantes fueron sus estudios sobre espaciamientos de plantas y cuidados culturales de las masas como factores de crecimiento del abeto rojo. En su documento "Principios sobre el Crecimiento de las Masas Normales de Abeto Rojo", Schifffl abrió un nuevo camino en este campo, que posteriormente fue continuado y perfeccionado por Krenn, Assmann y Franz. La investigación actual sobre producción está orientada principalmente a una serie de experimentos a medio plazo que tratan de encontrar respuestas a cuestiones tales como la de mantener un número constante de pie o aclarar las masas de abeto rojo o de pino, esperándose que ayuden a reducir los costes de plantación y cuidados culturales. Por medio de ensayos de fertilización forestal el instituto realiza comprobaciones precisas sobre el valor económico de tales medidas.

Las cuestiones sobre espaciamiento apropiado de la plantación o métodos óptimos de aclareo, tan importantes en la actualidad, no habrían podido encontrar una respuesta profesional competente si no se hubieran realizado ensayos permanentes durante los primeros años de existencia del instituto. El experimento de Hauersteig sobre espaciamiento de los árboles (para el abeto rojo), realizado por Cieslar en 1892, sirve como modelo de tal trabajo experimental.

#### 5. INGENIERIA FORESTAL

Los primeros estudios de ingeniería forestal se concentraron sobre la utilización de la cuña de apeo y después sobre los métodos de trazado de las vías de saca. Después de un largo intervalo, se emprendieron de nuevo estos estudios en 1940, y llevaron a la construcción del equipo de cable Mariabrunn que se ensayó extensamente en operaciones prácticas, como equipo de extracción con cable de arrastre, y como cable grúa de corta distancia. En estos ensayos de campo, el conjunto sirvió ante todo para desarrollar métodos de extracción mediante un solo cable. Puede considerarse como un dispositivo modelo para su época, que hizo posible diseñar un cabrestante de cable adecuado para el trabajo forestal.

Posteriormente, se cambió el interés hacia los cables-grúa de larga distancia. En este caso el objetivo era comprobar distintos diseños originales en cuanto a su aplicación práctica y, en especial, desarrollar y comprobar métodos apropiados de trazado, cálculo, establecimiento y funcionamiento, y también diseñar nuevos soportes de los cables aéreos y tipos de anclaje. En estrecha cooperación con la Universidad de Agricultura y Montes, se determinó el tiempo, el material y la inversión necesarios para el establecimiento y desmontaje de los cables en distintas condiciones de trabajo. La valiosa información obtenida por estos estudios se incorporó a los cursos de capacitación, pasando así a un gran número de forestales.

El propio trabajador ha estado siempre en el centro de todas las investigaciones sobre técnicas de trabajo, porque el trabajo que él debe realizar debe ser factible y físicamente tolerable a largo plazo. Las pruebas ergonómicas se utilizan para demostrar los esfuerzos físicos y psíquicos a que se expone el trabajador e indicar cualquier necesidad de cambio en la secuencia de las operaciones.

En cooperación con el Departamento de Higiene de la Universidad de Viena, se analizó una meningo-encefalitis de principio de verano, enfermedad vírica transmitida por ácaros. Sobre la base de estas investigaciones se elaboró el primer mapa que muestra las áreas en que se produjo la enfermedad y se determinó también que este tipo de meningo-encefalitis es una enfermedad laboral que ataca sobre todo a los trabajadores y empleados forestales. Como medida de protección se desarrolló posteriormente una vacuna de inmunización.

Como consecuencia de la mecanización y de la utilización creciente de tecnología, había que registrar las nuevas máquinas y dispositivos, ensayándolos en cuanto a su conveniencia para terrenos de montaña; también había que estudiar los métodos de trabajo más adecuados. Se observaron con atención los constantes avances registrados en cuanto a

mecanización. Un gran número de estudios y análisis del trabajo forestal, incluyendo el empleo de la motosierra, de los tractores forestales arrastradores articulados de ruedas y de los cables móviles de torre para la extracción de madera, proporcionaron resultados que eran directamente aplicables en la práctica. Las normas de trabajo para las operaciones con motosierra, los cálculos en cuanto a horas de trabajo, las listas de maquinaria y dispositivos existentes y las sugerencias sobre perfeccionamiento de estas máquinas o de los métodos de trabajo, son sólo algunos ejemplos de estos resultados.

Cuanto más complicada es la tecnología empleada, más importante y decisivo es, para lograr unas operaciones rentables, el contar con una organización y una preparación del trabajo apropiada. Este es, por ejemplo, el caso de una "cadena discontinua de trabajo": apeo, extracción de árboles individuales por medio de un cable móvil de torre, apilado con un arrastrador articulado de garras y transformación por medio de una procesadora móvil; o también la extracción de madera de coníferas mediante helicóptero.

#### 6. INVENTARIO FORESTAL

El Inventario Forestal Austríaco se desarrolló a partir de la investigación sobre masas forestales realizada de 1952 a 1956. Este año entra en su tercera fase después de la terminación del trabajo de inventariación precedente, realizado de 1961 a 1970 y de 1971 a 1980. El objetivo del proyecto de inventario es determinar las condiciones y los cambios de las masas forestales, mediante inventarios continuos que abarcan toda la superficies del país. Los resultados del primer inventario decenal (1961-70) están contenidos en el Folleto Informativo Nº 103. Con esta información detallada sobre los datos del inventario, el sector forestal austríaco y los organismos responsables de la ordenación cuentan con un valioso material para poder adoptar decisiones sobre política forestal y economía forestal. El trabajo preparatorio del inventario forestal comenzado en 1980 está actualmente en marcha.

#### 7. CORRECCION DE TORRENTES Y ALUDES

Los graves desastres de los aludes de 1951 y 1954 motivaron la elaboración de un registro de aludes para la provincia del Tirol, y la realización del estudio de Fromme que demostró que durante los últimos 200 años ha descendido considerablemente en muchas regiones del Tirol el límite superior del arbolado alpino y que existe una estrecha correlación entre la deforestación y los riesgos de aludes o torrentes.

Como sabemos que dos terceras partes de todos los aludes comienzan por debajo de la línea potencial superior del arbolado, el riesgo de aludes se puede combatir no sólo mediante construcciones realizadas técnicamente sino también mediante forestación a largo plazo de las estaciones de altitud elevada. Los amplios análisis realizados sobre aspectos microclimáticos y sobre suelos y vegetación, además de los estudios sobre metabolismo de las las especies arbóreas más importantes, han demostrado que la reforestación en altitudes elevadas es un concepto económicamente correcto.

En la estación de ensayos de Patscherkofel, se examinan las reacciones de las diversas especies arbóreas frente al medio ambiente. Las plantas se colocan en túneles de viento con aire acondicionado, donde se exponen a condiciones climáticas simuladas análogas a las que reinan en altitudes elevadas. Sus reacciones se interpretan a partir de su intercambio de bióxido de carbono. La cámara climática, que ha estado en pleno funcionamiento desde 1964, ha proporcionado muchos resultados valiosos respecto al choque del trasplante, el choque de evaporación, las características de resistencia de las plantas forestales jóvenes, y su dependencia de diversos factores externos.

El Departamento de Biología del Suelo ha tenido éxito en la selección de valiosos hongos que actúan en simbiosis con nuestros árboles forestales. Se crían en monocultivos y se emplean mediante inoculaciones para favorecer el crecimiento y la resistencia de las plantas inoculadas a emplear en la forestación. El proyecto del mapa de vegetación del Tirol, no terminado aún, se ha puesto de nuevo en marcha. Cuando se termine, constará de 12 mapas a escala 1 : 100 000. También se ha comenzado recientemente el proyecto de revitalización de bosques protectores. Al igual que la reforestación de las estaciones de altitud elevada, la revitalización va tomando una importancia cada vez mayor.

Después de los grandes desastres de inundaciones y deslizamientos de tierras de 1965, el Instituto Federal de Investigación Forestal de Viena estableció una subdirección independiente para la investigación sobre torrentes y aludes que debe complementar la investigación biológica que se realiza en Innsbruck. El grupo de trabajo de Viena está dedicado a la investigación sobre erosión de torrentes, y la corrección de torrentes y aludes mediante sistemas de construcción.

El problema de la erosión de torrentes se está estudiando en zonas seleccionadas como cuencas modelo y se está intentando demostrar la eficiencia de las medidas de ordenación y construcción, mediante mediciones hidrográficas y morfométricas. En la zona de la cuenca modelo de Trattenbach se ha desarrollado un método apropiado de determinación de datos. En la actualidad, se dispone de los siguientes resultados de aplicación práctica: indicaciones para lograr datos de dimensionamiento y métodos mejores y más precisos en los trabajos de construcción para la corrección de torrentes; un nuevo avance en los diques de retención abiertos; ensayos de resistencia y elasticidad de las estructuras de acero; publicación sobre los desastres de aludes en Austria y un simposio sobre diques de retención de torrentes. Para la evaluación hidrológica de distintas cubiertas de vegetación, se determinan índices de erosión por medio de ensayos con rociadores.

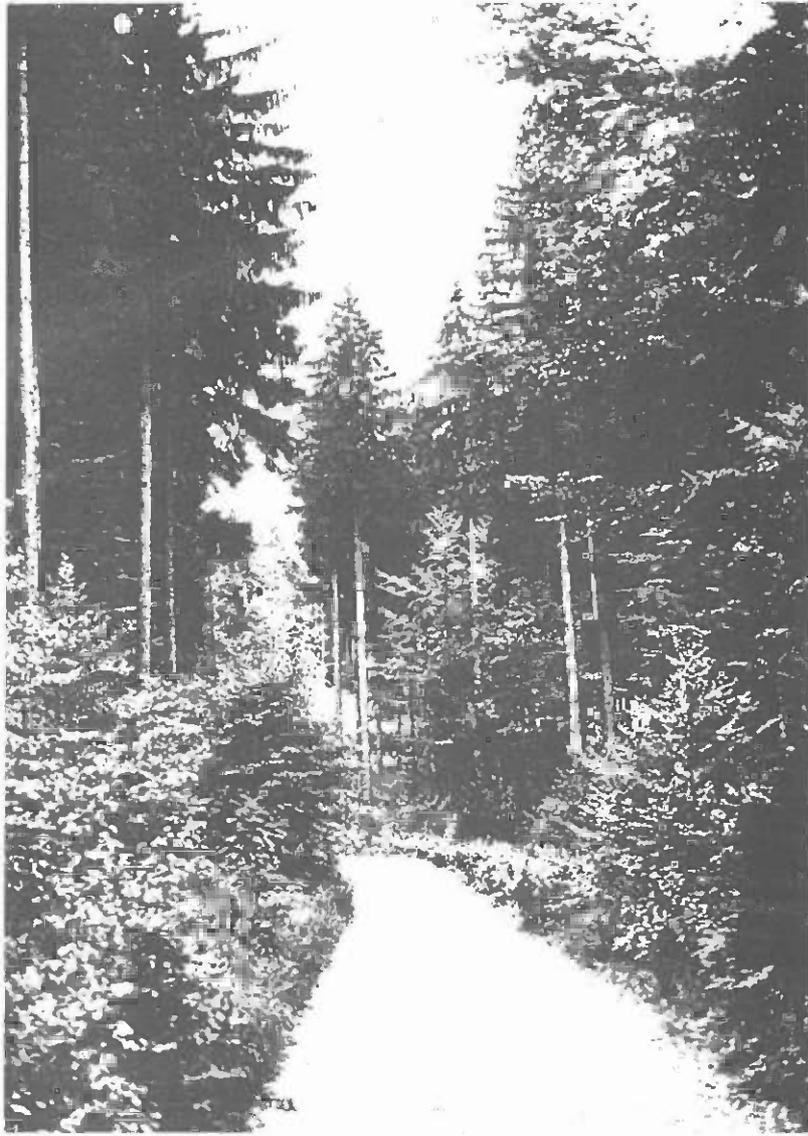
## 8. CONCLUSION

Conservar el bosque y su óptima eficacia económica, y garantizar las múltiples funciones que desempeña para nuestra sociedad, es una tarea fundamental y una obligación que incumbe a políticos y administradores, propietarios forestales y personas implicadas en el sector forestal y especialmente a los científicos.

La investigación forestal trata de ajustarse a este principio orientador de la economía forestal, especialmente dirigiendo los proyectos de investigación a las necesidades prácticas y mediante una cooperación internacional intensa de objetivos definidos.



La investigación forestal es fundamental para mantener las funciones productivas y ambientales de los bosques de montaña (Foto: R. Heinrich)



Bosque recreativo con una carretera forestal bien trazada (Foto: E, Pestal)

LAS ACTIVIDADES FORESTALES Y LA ECOLOGIA  
EN LAS ZONAS DE MONTAÑA

por

Edwin Tüchy  
Bundesministerium für Land-u. Forstwirtschaft 1/

## 1. INTRODUCCION

El objetivo de unos bosques bien ordenados es garantizar una producción sostenida, resultante de los diversos usos de los bosques. De éstos, la producción de madera continúa siendo el más importante. La productividad de un bosque depende de diversos factores ecológicos y de sus efectos positivos o negativos. Un requisito fundamental para lograr un rendimiento sostenido es la seguridad de un ambiente estable, en el que se mantengan todas las diversas funciones ecológicas. Esto es aplicable tanto a los bosques artificiales como a los bosques naturales que se utilizan por su producción.

Este documento trata de las consideraciones ecológicas a tener en cuenta al comunicar los bosques mediante carreteras y al efectuar su aprovechamiento. Se concentra en los factores ecológicos que, empíricamente, prevalecen en las zonas de montaña así como en las medidas necesarias para tener en cuenta estos factores.

Se comprende evidentemente la necesidad de llegar a un compromiso entre las intenciones económicas y las ecológicas. Sería un error el planificar unas medidas forestales basadas exclusivamente en las realidades económicas y hechos actualmente disponibles. Los grandes desastres naturales de Europa Central fueron el resultado de tal error conceptual.

## 2. LOS BOSQUES Y EL AGUA

En Europa Central, y en casi todas las zonas montañosas del mundo, las precipitaciones aumentan con la altitud. Independientemente del hecho de que se produzcan períodos secos durante ciertas estaciones del año y de que algunas áreas puedan no contar con lluvias en absoluto, es cierto en general, que el agua es abundante en las regiones montañosas. Como ha demostrado la experiencia, el principal problema ecológico de las zonas de montaña, es la disponibilidad excesiva de agua, en particular el tipo de precipitación que se produce súbitamente.

Como las pendientes de las laderas son fuertes en las zonas de montaña, especialmente en las formaciones geológicas más jóvenes, el problema hidrológico va inseparablemente unido al problema de la erosión.

Los estudios realizados hace algunas décadas en diversas partes del mundo han demostrado con claridad que de todos los tipos de vegetación es el bosque el que puede evitar los grandes desastres y garantizar la conservación del paisaje y del suelo. Otros puntos que pueden plantearse en favor de la preservación de los bosques de montaña, son las buenas perspectivas futuras de la venta de madera y los progresos de la tecnología de los aprovechamientos madereros en particular de los métodos de extracción.

## 3. EJEMPLOS DE LOS RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS

### 3.1 Escorrentía superficial

Se compara la escorrentía de las precipitaciones en dos valles vecinos, con distintos grados de densidad forestal.

---

1/ Ministerio Federal de Agricultura y Montes, Viena.

Valle	Densidad forestal %	Precipitación mm	Escorrentía l/ha/seg.
Sperbelgraben	95	35	8,4
Rappengraben	35	35	más de 33

(Estudio realizado por Engler, 1900, Suiza).

Después de una fuerte precipitación el máximo de inundación en el terreno cubierto de bosque se alcanzó sólo después de 36 minutos. En terrenos con cortas rasas se registró después de 15 minutos y fue 2,5 veces superior. (Estudio realizado por Hibbert).

Se hallaron cifras de escorrentía aún mayores en pendientes de esquiar de terrenos con cortas rasas (comparables a pastizales de suelo compactado): la escorrentía fue seis veces superior que en los bosques; la infiltración de la lluvia en el suelo fue de 30 cm mientras que en el suelo cubierto de bosque fue de 110 cm. (Estudio realizado por Stauder, Austria).

Disminución de la escorrentía con el aumento de la densidad de masa:

Ejemplo de una masa de pinar

<u>Grado de densidad de masa</u>	<u>Escorrentía en %</u>
0,2	25
0,6	9
0,8	2

3.2 Erosión

Una capa de suelo de 18 cm en un bosque mezclado caducifolio se erosiona teóricamente en 575 000 años y, en prados y pastos, en 82 000 años.

Si la misma capa de suelo no tiene ninguna vegetación, en las mismas condiciones, la erosión se produce en sólo 18 años. (Estudio realizado por H. Walter).

Evitación de la erosión con cubierta vegetal baja

Grado de superficie cubierta en %	Precipitación (tormenta) en mm	Infiltración en %	Erosión del suelo kg/ha
75	60	2	100
10	60	73	10 000

(Estudio realizado por Susmel)

Niveles de erosión antes y después de la construcción de una carretera.

Precipitación anual: 1 500 mm.

Nivel de erosión del suelo/ha/año antes de poner en comunicación el bosque	20 - 30 kg
Durante la construcción (caja de la carretera recientemente excavada)	2 000 - 4 000 kg
Tras de la terminación de los trabajos y de recubrirse los taludes con vegetación	100 - 150 kg

(Tomado de Pestal, estudios realizados en los EE.UU.)

### 3.3 Aludes

La nieve se acumula en el bosque de forma irregular; se evita así una estratificación peligrosa. Los árboles hacen el efecto de postes que sostienen la capa de nieve. La mejor protección la proporciona un bosque irregular de gran densidad cuya estructura de masa está estratificada.

## 4. LAS ACTIVIDADES FORESTALES EN LA MONTAÑA BASADAS EN CRITERIOS ECOLÓGICOS

Los resultados de los estudios realizados han demostrado que las actividades forestales tienen que ajustarse a las necesidades ecológicas y, en particular, en las zonas de montaña. Para preservar el ambiente los economistas forestales tienen que tratar de evitar los siguientes riesgos:

- una gran escorrentía superficial
- la erosión
- los aludes de nieve en zonas cubiertas de bosque.

Mientras que las inundaciones y los aludes ocasionan sobre todo daños temporales, (aunque su reparación pueda tardar decenios), la erosión ocasiona casi siempre un daño permanente e irreparable al suelo. Desgraciadamente, aún no es de conocimiento general que las capas superiores del suelo, o sea la capa de humus y las capas que contienen humus y material mineral (que suelen tener sólo algunos centímetros de profundidad) son las responsables del suministro de nutrientes. La producción de grandes volúmenes de madera depende sobre todo de estas capas superiores del suelo. Puede deducirse de ello que la erosión no es sólo un problema ecológico, sino también económico. Los forestales de Europa Central prefieren que la mecanización se ajuste más a las necesidades selvícolas que a las de otro tipo.

Las consideraciones ecológicas siempre influirán en las decisiones económicas. Las medidas que tienen en cuenta la ecología, no deben dirigirse a lograr los máximos beneficios a corto plazo, sino que deben basarse en los distintos usos de los bosques a largo plazo.

No deseo, sin embargo, dar la impresión de que en Europa es tan favorable el porcentaje de rentabilidad que pueda sacrificarse la racionalización y mecanización por tratar de cumplir unas complicadas exigencias ecológicas. La verdad es totalmente diferente: los elevados costes de la mano de obra y su escasez, por una parte, y sólo una ligera subida en los precios de la madera, por otra, constituyen un desafío permanente para que los economistas forestales encuentren nuevos medios de armonizar la economía y la ecología. Permítanme ilustrar mis argumentos con algunas cifras.

## 5. DATOS DEL SECTOR FORESTAL AUSTRIACO

De todos los países Centroeuropeos, Austria cuenta con el mayor porcentaje de tierras arboladas: 44% (comparado con Checoslovaquia, 35%; Francia 24%; República Federal Alemana 30%; Italia 21%; Suiza 24%; y Yugoslavia 30%). Este porcentaje corresponde aproximadamente a 3,7 millones de ha, de las cuales alrededor de 3,2 millones de ha corresponden a zonas forestales productivas.

Los bosques de Austria están situados principalmente en terrenos de montaña.

Altitud sobre el nivel del mar en m		Superficie forestal productiva en %
Hasta	900	51
De 901 a	1 200	22
De 1 201 a	1 800	27

Pendientes del terreno en las áreas forestales

Pendiente del terreno		Area forestal productiva en %
En grados	En porcentaje	
0 - 20	0 - 36	49
de 21 a 40 y más	+ 84	51

En 1976 la producción de madera en rollo representó alrededor de 10 millones de m<sup>3</sup> procedentes de una superficie de 30 000 ha. De éstas, en 18 200 ha se realizaron cortas rasas y en 12 500 ha, entresacas. El volumen medio de madera aprovechada mediante cortas finales fue de 324 m<sup>3</sup> por ha, lo que representa un volumen en pie de 400 m<sup>3</sup> por ha. En 1976 la superficie reforestada ascendió a 17 700 ha.

Relación ingresos - costes

- El jornal por hora de los trabajadores forestales aumentó casi en un 100% entre 1970 y 1976.
- El precio de la madera en rollo que se emplea como madera aserrada (abeto rojo, abeto) aumentó alrededor del 20% en el mismo período.

<u>Componentes del coste en 1975</u> <u>(bosques extensos) en %</u>		<u>Tipos de costes en 1975</u> <u>(bosques extensos) en %</u>	
Aprovechamiento de madera	43	Jornales	39)
Silvicultura	8	Salarios	19) 58
Equipo de saca	10	Materiales	7
Administración	33	Mano de obra externa	16
Edificios	6	Impuesto de empresa	5
		Depreciación	9
		Otros	5

- Ingresos por ha de bosque productivo obtenidos de cortas finales y claras en 1975: 2 743 S.A. (182 dólares EE.UU.).
- Costes de reforestación por ha incluyendo cuidados culturales y eliminación de malezas 15 000 S.A. (1 000 dólares EE.UU.)

S.A. = Chelín austríaco.

- Ejemplos de productividad media con empleo de motosierra (Empresa Forestal Federal Austríaca)

	Volumen en m <sup>3</sup> de madera apeada por hora de trabajo		Aumento en %
	1970	1976	
Corta final	0,59	0,88	50
Claras	0,35	0,57	63

## 6. PRINCIPIOS ECOLOGICOS BASICOS

Los datos anteriores, la situación reinante y la experiencia procedente de esta situación destacan la necesidad de aplicar los principios ecológicos a las actividades forestales. Teniendo en cuenta el tema general de este Curso, me voy a concentrar en la realización de accesos a los bosques y la extracción de madera.

### 6.1 Realización de accesos a los bosques

La construcción de carreteras es la primera actividad selvícola de una dasonomía ambientalmente consciente en las áreas de montaña.

Planificación cuidadosa. Todo proyecto de realización de accesos exige decisiones de larga previsión que determinarán el desarrollo de la zona durante largo tiempo. Los errores de planificación se harán evidentes y con frecuencia no se podrán corregir después.

Planificación integrada. El transportes de madera representa sólo el 30% o menos de la utilización de una carretera forestal. En la mayoría de los casos las carreteras sirven para múltiples finalidades, en cuanto a la ordenación intensiva del bosque (reforestación, cuidados culturales, protección forestal, entre otros) y en cuanto a servicios sociales (transporte de trabajadores, transporte en casos de accidentes, etc.).

Planes de desmonte. La primera realización de acceso a un bosque virgen da lugar al desmonte del bosque y su transformación en tierra de cultivo. Hay que atender de modo especial a estos desmontes y sobre todo a la distribución de los terrenos arbolados, debido al riesgo de erosión. En zonas de montaña hay que mantener un porcentaje elevado de tierras arboladas.

Si existe un riesgo potencial de aludes en invierno, debe mantenerse una ancha faja de bosque en las laderas de los valles.

Nivel de accesibilidad. Datos empíricos han demostrado que con el actual nivel de mecanización la densidad óptima de carreteras en los bosques de Europa Central sólo se puede lograr con 30 o 40 m por ha de bosque productivo. Sólo esta densidad elevada de la red de carreteras permite realizar cortas en pequeña superficies.

Alternativas de extracción. La red de carreteras será siempre la espina dorsal de un proyecto de realización de accesos. En terrenos empinados o rocosos o en suelos de escasa resistencia, la construcción de carreteras puede tener consecuencias desastrosas. En estos casos habrá que considerar otras alternativas (por ejemplo, la utilización de instalaciones provisionales de cables, etc.).

Construcción esmerada. Hay que evitar la acumulación de grandes volúmenes en terrenos empinados o rocosos. Las carreteras y las pistas de arrastre deben proyectarse adaptándolas al terreno. Hay que mantener unas pendientes reducidas. La superficie de las carreteras debe tener desagüe suficiente. Es fundamental, sobre todo en terreno rocoso, el recubrir los taludes con vegetación natural o artificial.

Sólo un control consecuente de los trabajos de construcción garantizará su eficiencia y buenos resultados.

## 6.2 Aprovechamientos de madera

En la actualidad y en el futuro, los trabajos forestales que estén basados en principios ecológicos no serán posibles sin utilizar maquinaria de grandes dimensiones. No obstante, las grandes máquinas sólo son rentables si se utilizan en gran escala, lo que es desfavorable desde el punto de vista ecológico en terrenos inclinados. La maquinaria pesada no se suele emplear en las zonas montañosas.

El aprovechamiento tiene que planificarse cuidadosamente. Habrá que comparar diversos métodos de aprovechamiento y de saca de la madera. El método que implique los menores costes no tiene que ser necesariamente el más barato. Unos costes mayores están justificados si se pueden reducir sustancialmente los daños. La explotación maderera en terreno empinado y cerca del límite superior del arbolado en altitudes elevadas debe realizarse con precaución.

Cortas rasas en pequeñas superficies. Las cortas rasas de gran dimensión no se realizan ya en Austria. Las cortas rasas en pequeñas superficies y bien espaciadas (cortas por fajas, incluso muy estrechas) ayudan a evitar grandes erosiones.

Métodos de aprovechamiento. Son preferibles aquellos métodos que dejan en la superficie de corta hojas, acículas, ramas y tocones. La explotación maderera de árboles completos lleva consigo la reducción de las materias nutritivas en suelos pobres. Incluso una fertilización mineral equivalente no puede compensar por completo la pérdida de materias nutritivas. En terrenos fuertemente inclinados y montañosos las ramas y los tocones son importantes para impedir la erosión.

Madereo de arrastre. No son aconsejables las máquinas que producen surcos en el suelo porque dan lugar a la compactación y erosión del suelo. El madereo de arrastre por gravedad no es conveniente para distancias largas. Una alternativa sería el arrastre cuesta arriba mediante cabrestante.

Madereo de arrastre en cortas de entresaca. Los árboles deben caer en forma de espina de pescado, dejando el pasillo de arrastre como línea central. Hay que evitar, con medidas de protección, los daños a los troncos y raíces de los árboles que quedan en pie: almohadillado con ramas; utilización de deslizaderos, etc.

Cauces de torrentes. La madera extraída debe sacarse rápidamente de los cauces de los torrentes y acopiarla en lugares que estén a salvo de inundaciones.

Las áreas de corta deben reforestarse inmediatamente (debe cubrirse el suelo con rapidez) con plantas que sean compatibles con la masa forestal. Las plántulas deben proceder de la misma altitud que la zona a repoblar.

## 7. REFERENCIAS

- |  |   |
|--|---|
| Arbeitsgemeinschaft für den Wald, 1977               | Waldwirtschaft, Verantwortung für die Zukunft. Separate print from Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen No. 7.   |
| Bundesministerium für Land- u. Forstwirtschaft, 1976 | Jahresbericht über die Forstwirtschaft, Vienna.   |
| Forstliche Bundesversuchsanstalt                     | Österr. Forstinventur 1961/70. Zehnjahresergebnisse für das Bundesgebiet. Österr. Agrarverlag, Vienna.  |
| Österr. Statistisches Zentralamt, 1966               | Kennst du Österreich. Österr. Bundesverlag.   |
| Pestal, E. 1975                                      | Holzernte und forstl. Wegebau im Gebirge. Allgem. Forstzeitung No. 7. Vienna.   |
| Pestal, E. 1975                                      | Die Kärntner Murenkatastrophe und ihre Lehren für den Forstwegebau. Allgem. Forstzeitung No. 23. Vienna.  |
| Tüchy, E. 1975                                       | The Forest Road in the Cultivated Landscape; its Function in Forest Production and in Non-Productive Areas. 1st FAO/Austria Training Course on Forest Roads and Harvesting in Mountainous Forests, FAO. |
| Watschinger, B. 1977                                 | Wasser und Wald. Allgem. Forstzeitung No. 10. Vienna.   |

LA CONSTRUCCION DE CARRETERAS FORESTALES  
ENTRE LA ECONOMIA Y LA PROTECCION DE LA NATURALEZA

por

Ernst Pestal  
Universität für Bodenkultur 1/

1. INTRODUCCION

Nunca se han construido tantas carreteras en todo el mundo en tan corto espacio de tiempo como en la actualidad. La potente maquinaria para el movimiento de tierras y las técnicas racionales de barrenado y voladura hacen rentable la construcción de carreteras forestales en zonas que hace sólo unas décadas no se consideraban de topografía adecuada.

Tenemos toda clase de razones para sacar partido de la tecnología moderna porque la situación de la economía mundial nunca ha sido más favorable para la realización de accesos a los bosques, y esto no sucederá así en el futuro con unos precios energéticos en constante aumento. Como los costes de construcción dependen mucho de los precios de la energía, no podemos tener la seguridad de que dentro de 20 o 30 años podamos construir la carretera forestal que no construimos hoy. Si los precios del gasoil y de los explosivos crecen con mayor rapidez que los precios de la madera, la construcción de carreteras forestales se hará cada vez más costosa.

Altas montañas, valles profundos; donde hay luz, hay sombras; así resultó inevitable que el intenso esfuerzo de construcción de los últimos decenios diera lugar a efectos derivados indeseables. Afortunadamente sabemos en la actualidad como podemos reducir estos efectos hasta un nivel tolerable.

A ello obedece que nuestro análisis actual sobre la construcción de carreteras forestales se centre en dos puntos polémicos: rentabilidad, frente a protección ambiental. Nuestro objetivo es alcanzar en cada caso en particular un compromiso que sea satisfactorio para ambos puntos.

2. CONSIDERACIONES ECONOMICAS

No vamos a tratar aquí de los aspectos selvícolas o de ordenación de las carreteras forestales, sino de los aspectos económicos de su construcción.

2.1 Ahorro resultante de un trazado adaptado a la topografía

Un método de construcción de carreteras es económico si se reducen al mínimo los costes conjuntos de su construcción y mantenimiento. La decisión primera y más importante, que influye en el nivel de costes, es la elección del trazado. Cuando los romanos construyeron sus carreteras, hace 2 000 años, utilizaron un sistema de trazado geométrico porque tenían soldados en su ejército regular que tenían que estar ocupados en tiempo de paz. Hoy día no existe justificación para diseñar una carretera forestal que consista en líneas circulares unidas por rectas tangenciales a aquéllas. Este método, además de estropear la topografía natural elevaría los costes de construcción innecesariamente sobre todo en valles estrechos y en laderas fuertemente inclinadas. En la naturaleza no se encuentran ni líneas rectas ni líneas circulares y las curvas de nivel se asemejan a curvas libres (que, sin embargo, son con frecuencia similares a curvas con tres centros).

Cuanto más se ciña la carretera a las curvas de nivel, menos daño se hará a la estética de la estructura de las lomas y a la de los cursos de agua, y más perfectamente entonará la carretera forestal con el paisaje circundante. El ajustar la carretera al terreno se hace imposible lógicamente, si con ello no se logra alcanzar un radio mínimo. Sin embargo, esto se puede evitar fácilmente comprobando los radios de las curvas durante la construcción, mediante el uso de una cinta de medir.

---

1/ Universidad de Agricultura y Montes. Viena.

En el bosque de capacitación de la Universidad de Viena la red de carreteras incluye más de 50 km pero, con la excepción de un tramo de carretera construido a mano que data de 1938/39, no existe una sola carretera que forme una curva realmente circular. Se acusa a veces que las curvas de tres centros representan un daño para la circulación motorizada porque un radio inicialmente grande se reduce en una corta distancia y de nuevo se hace mayor en el tramo de salida. Sin embargo, esto no es peligroso, sino que representa más bien una ventaja porque de esta forma el conductor se ve forzado a mantener una velocidad de 30 a 40 km por hora. Si sobrepasa esta velocidad, tiene el riesgo de no tomar bien la curva. Y seamos honrados, ¿quién mantiene una velocidad límite a menos que se vea forzado a hacerlo? Y un límite de velocidad es la condición previa más importante para reducir los costes de mantenimiento de las carreteras.

También puede señalarse que los montañeros que recorren los bosques suelen tener aversión a las rutas diseñadas geométricamente y prefieren las carreteras forestales que, como los senderos de excursión, se pegan a las laderas y siguen el terreno naturalmente.

## 2.2 Construcción más económica de carreteras de tierra

En los tiempos revolucionarios iniciales de la construcción mecanizada de carreteras forestales, los constructores se sentían felices cuando unas condiciones favorables de suelo y clima permitían que un conductor eficiente de una topadora angular (angledozer) completase en un día 300 m de explanación en bruto. Si era necesario, se aplicaba seguidamente una pequeña capa de piedra machacada; de esta forma, el coste del metro lineal de carretera forestal con explanación de 5 m de anchura y capaz de soportar camiones, ascendía normalmente a la reducida cantidad de 100 a 150 S.A. Sin embargo, los costes posteriores de mantenimiento solían ser exorbitantes. Por ello, el movimiento de tierras mecanizado se orienta en la actualidad a incurrir en los menores costes posibles de mantenimiento.

Hoy día se exige que el operario de la topadora angular (angledozer) haga la mayor parte de la explanación en el subsuelo. El sistema anterior de extraer primero capas de suelo relativamente delgadas y distribuir seguidamente la tierra suelta para nivelar las inevitables ondulaciones de la carretera, exigía material adicional de roca machacada. Hoy en día el operario de un tractor oruga comienza en el borde superior del talud de la ladera, quitando capas cada vez más delgadas a medida que avanza hacia la explanación. En este caso, es conveniente el empleo de dos tractores oruga. La explanación en bruto la hace el tractor oruga más pesado que extrae también los tocones; la máquina menor se emplea a continuación para terminar la explanación.

### 2.2.1 Cortes escalonados

El método antes mencionado no puede evitar que se entremezcle la capa superior de humus del suelo con el subsuelo mineral; por ello, los terraplenes no se pueden mantener libres de raíces y ramas. Como consecuencia, se producen desplomes de forma gradual, lo que obliga a una nueva nivelación, tendido de piedra machacada y apisonado. El mejor método de apartar el subsuelo de humus, los tocones y las raíces lejos de la subestructura que soporta las cargas, es el tipo de corte escalonado.

En este procedimiento el tractor oruga comienza a un nivel aproximado de medio metro por debajo de la futura explanación, retirando el material cortado que se entremezcla con el humus y las raíces ladera abajo. En una segunda operación la máquina comienza alrededor de medio metro por encima de la futura explanación y traslada el material suelto sobre la superficie que se creó en primer término.

En una tercera operación, el tractor oruga empuja este material hacia abajo por la parte inferior de la ladera, donde forma con las raíces y ramas, una maraña que sostiene el material que rueda cuesta abajo. En una cuarta y última operación la explanación en bruto se termina con suelo mineral casi puro. Este método aumenta los costes de movimiento de tierras en un 50 por ciento aproximadamente, pero la inversión adicional se ve compensada por lo que se ahorra en aplicación de piedra machacada y mantenimiento de la carretera.

Mientras que en el pasado se utilizaban predominantemente las topadoras angulares para el movimiento de tierras, se ha producido actualmente un cambio hacia las excavadoras-transportadoras. Estas no sólo extraen el material arrancado lateralmente, sino que pueden también transportarlo longitudinalmente a distancias hasta de 50 metros. De esta forma ocasionan menos daños al terreno y en particular a las laderas inferiores, lo que compensa el mayor coste de movimiento de tierras.

### 2.3 Barrenado de rocas más económico

Con métodos de construcción cada vez más complicados, el barrenado de rocas está adquiriendo una importancia cada vez mayor. En este campo se ha desarrollado una tecnología que ha reducido los costos de construcción de las carreteras forestales en terreno rocoso, en muchos casos por debajo de los costes de construcción en zonas arcillosas. ¿Cuál es la utilidad de una explanación en bruto en un terreno de flysh <sup>1/</sup> si a continuación debe aplicarse una capa de piedra machacada de 40 cm de espesor? En terreno rocoso, las carreteras se pueden construir en cualquier época, incluso en invierno. Normalmente sólo se aplica una capa delgada de piedra machacada y en algunos casos no se necesita ninguna, reduciéndose a un mínimo absoluto los costes de mantenimiento.

El método más barato de construcción de carreteras en terreno rocoso es el barrenado de gran profundidad paralelo al eje de la carretera. Como el taladro tiene de 10 a 15 m de longitud, se puede volar en un día la roca de 60 m de carretera, utilizando dos trabajadores y dos máquinas. Los escombros de voladura pueden acumularse, sin embargo, en el desmonte inferior, lo que puede motivar protestas de los conservacionistas de la naturaleza y de los montañeros.

Este método de barrenado de roca puede aplicarse de esta forma únicamente en zonas donde los escombros de voladura no molestan al propietario del bosque y no sean visibles al público.

#### 2.3.1 Voladura fraccionada

El último año se ha realizado una importante mejora del método anteriormente descrito. Como es usual, primero se barrena la roca haciendo un agujero de 10 a 15 m de longitud con un diámetro de unos 80 mm. Después de haber colocado la mecha detonante de dinamita, se coloca la carga delantera en el fondo del agujero. La próxima carga, que normalmente consiste en un tercio o un cuarto de cartucho de gelatina donarite 1, calibre 60 x 700, se coloca en el agujero de barrenado a una distancia de 1 a 2,5 m, dejando así un espacio que no se llena de agentes detonantes. Sólo se cierra y tapona cuidadosamente la boca del agujero.

Cuando se prende la carga, toda la columna se llena de modo uniforme de gas explosivo muy comprimido. Cuando la presión excede el límite crítico se detona la primera carga de explosivo en toda la profundidad del barreno, pero los escombros de voladura no saltan muy lejos; la rápida presión que surge al prender va seguida de una caída de presión igualmente rápida al ceder el material de roca, de modo que la fuerza explosiva no es muy fuerte. En el mejor de los casos los escombros se quedan sobre la explanación, casi de la misma forma que una capa de terraplén.

Este procedimiento, descrito como "voladura de carga prolongada y huecos intermedios", se utiliza también en minería donde tiene también ventajas un efecto explosivo suave.

La voladura fraccionada no se puede emplear si el volumen de material a volar es muy grande y si el barreno tiene que cargarse del todo. Este procedimiento tampoco se aplica cuando el material rocoso varía de espesor o resistencia, porque en este caso el "tiro" explosivo podría romper en el punto más débil.

Esto viene a demostrar que en muchos casos sólo puede garantizarse una voladura de roca segura empleando el barrenado de avance y el método de pega de milésima de segundo. Este sistema se traduce en un daño mínimo y en menores fragmentos de escombros que no llegan muy lejos.

Nosotros ya no utilizamos compresores ni barrenas de martillo manuales, sino martillos perforadores hidráulicos montados sobre excavadora. En Austria, en un esfuerzo por humanizar el trabajo, no permitimos que los operarios sostengan en pie con la mano sus perforadoras durante semanas o meses, porque esto suele traducirse en daños a los discos o articulaciones intervertebrales.

---

<sup>1/</sup> Formación geológica específica de Austria.

#### 2.4. Trabajo con excavadora

Durante dos decenios se creyó que el trabajo con excavadora multiplicaría los costes de construcción por cinco o por diez con relación al coste normal por metro lineal de carretera forestal. Ahora se ha demostrado que no era la excavadora la que elevaba los precios sino más bien la práctica común de utilizar un camión para transportar el material excavado a lo largo de la carretera. Es lógico que el tener varios camiones esperando en línea y la apisonadora que había que emplear en el lugar de descarga, representaba un aumento exagerado de los costes de construcción.

Recientemente se ha introducido un nuevo método: el trabajo de la excavadora no se combina ya con el transporte del material a lo largo de la explanación de la carretera y así las excavadoras se pueden emplear rentablemente para construcción en tierra y en roca. Al principio se necesitaban todavía apisonadoras porque era imposible que la excavadora hiciera una explanación plana pero hace sólo dos años que un operario logró hacer una explanación aceptable con una excavadora, trabajando perpendicularmente y a lo largo del eje de la explanación. Desde entonces se están utilizando cada vez más las excavadoras para hacer explanaciones en bruto. Como consecuencia de ello, es posible en la actualidad construir carreteras forestales a un coste aceptable y con un daño mínimo a los bosques, incluso en laderas muy inclinadas con pendientes hasta del 80%. En tales casos, la excavadora apila los escombros de voladura en el talud inferior, formando una especie de pared de bloques, reduciendo así a un mínimo el daño ocasionado por el material rodante y por los montones de escombros.

#### 3. PROTECCION AMBIENTAL

La piedra que he colocado aquí en la mesa, con su montadura de resina artificial, es de la Vía Egnatia que es la más antigua carretera conocida que va por el campo y que tiene firme de piedra. El Rey Felipe, padre de Alejandro el Magno, construyó esta carretera como enlace entre Tesalónica y Néapolis, la Kavala actual. Los ejércitos de Alejandro marcharon por esta carretera hacia Oriente donde establecieron un imperio que se extendía desde el Nilo hasta el Indo. Quince siglos después los ejércitos turcos marcharon hacia Occidente y conquistaron un imperio que duró más que el de Alejandro.

Como se ve por estos ejemplos, la construcción de carreteras permite el movimiento de la gente y de las mercancías. Tan pronto como se termina una carretera, su constructor no tiene ningún control sobre nada de lo que circula por ella, en una u otra dirección. Además, las carreteras tienen normalmente una duración ilimitada.

Durante el tiempo en el que el Profesor Sklavounos dio clases sobre ingeniería forestal en la Universidad de Tesalia, proscribió toda construcción de carreteras en el bosque de capacitación, argumentando que "no hay que dar acceso a los bosques o desaparecerán". Esta fue la lección aprendida de 4 000 años de historia griega que demostraron que los bosques sólo sobrevivían en terrenos absolutamente inaccesibles.

Teniendo en cuenta esta experiencia, yo desearía pedirles a Vds. que comprueben en cada caso antes de construir una carretera forestal, si se podrá proteger el bosque después en forma adecuada contra las cortas excesivas y su consiguiente destrucción. La legislación no será suficiente por sí sola. Con frecuencia, la costumbre y la miseria fuerzan a la gente a ignorar las prohibiciones, ocasionando así daños irreversibles.

En todo el mundo, pero especialmente en los bosques tropicales húmedos, presenciamos ejemplos alarmantes de una extensa devastación forestal, que fue precedida por la construcción de una carretera. Naturalmente, no suele ser una carretera forestal sino una carretera pública la que ha motivado tal devastación pero sus efectos son los mismos.

Hace ya miles de años que el hombre convirtió grandes terrenos arbolados en desiertos, como en la región mediterránea o en China, por ejemplo. Hoy día el hombre ha multiplicado su fuerza mediante el empleo de máquinas; desgraciadamente, éstas no se utilizan siempre de modo favorable. Es nuestra obligación diagnosticar a tiempo una situación; siempre que un proyecto de desarrollo represente un riesgo para la existencia de un bosque, la opinión del profesor griego está justificada.



Del estudio se obtuvieron los siguientes resultados:

Carreteras accesibles con camión

Los datos que siguen corresponden a la longitud de carreteras y a la densidad de la red de carreteras en bosques altos totalmente productivos y a bosques protectores en producción:

<u>Especificación forestal</u>	<u>Longitud de carreteras</u>		<u>Densidad de la red de carreteras</u> <u>m lineales/ha</u>
	<u>Km</u>	<u>%</u>	
Bosque alto totalmente productivo	91 410	96,6	33,3
Bosque protector en producción	3 237	3,4	8,6
Total: bosque alto en producción	94 647	100 0	30,3

Como puede verse, la densidad de carreteras accesibles con camión en bosques altos plenamente productivos es casi el cuádruplo de la correspondiente a bosques protectores en producción. La cifra de la longitud de carreteras en bosques protectores en producción dada en porcentaje de la superficie es sólo del 3,4 por ciento mientras que en los bosques altos de producción es del 21,1%.

1. TIPOS DE PROPIEDAD

Para los distintos tipos de propiedad el inventario forestal da las siguientes cifras para bosques altos totalmente productivos:

<u>Tipos de propiedad</u>	<u>Longitud de carreteras</u>		<u>Densidad de la red de carreteras</u> <u>m lineales/ha</u>
	<u>Km</u>	<u>%</u>	
Pequeños bosques	61 682	67,5	37,1
Empresas forestales	22 273	24,4	29,7
Bosques estatales	7 454	8,1	22,3

Los bosques de empresas forestales y los bosques estatales tienen una densidad bastante inferior de red de carreteras, lo que puede explicarse porque las carreteras en los grandes bosques son principalmente para darles acceso. En bosques más pequeños la red de carreteras públicas y las carreteras de transporte agrícola contribuyen a una cifra mayor de densidad de la red de carreteras. La definición de bosques altos totalmente productivos, dada por el inventario forestal, difiere ligeramente de la aplicada por la empresa forestal del Estado Austríaco.

En los bosques protectores en producción son suficientes densidades pequeñas, de 7,0 a 9,0 m lineales por ha.

2. ALTITUDES

<u>Altitud sobre el nivel del mar</u>	<u>Bosque alto totalmente productor</u>			<u>Densidad de la red de carreteras</u> <u>m lineales/ha</u>
	<u>Tamaño del bosque</u> <u>superficie, ha</u>	<u>Longitud de carreteras</u>		
		<u>Km</u>	<u>%</u>	
Hasta 900 m	1 549 864	57 525	62,9	37,1
De 900 a 1 200 m	608 758	20 788	22,8	34,1
Más de 1 200 m	589 480	13 097	14,3	22,2

La densidad de la red de carreteras en el bosque alto totalmente productivo disminuye considerablemente al aumentar la altitud. La densidad de la red de carreteras en altitudes hasta de 1 200 m sobre el nivel del mar es del 91,9 por ciento de la cifra de densidad correspondiente al nivel inferior; en altitudes superiores a los 1 200 m sólo es el 59,8% de la cifra de densidad correspondiente al escalón más bajo.

A continuación, se comparan la distribución de la superficie forestal y los porcentajes de la posibilidad total y de cortas, dados por el inventario de existencias, con la distribución de las cifras de longitud de carreteras en los tres niveles de altitud.

Altitud sobre el nivel del mar	Superficie forestal %	Posibilidad total %	Cortas p.a. %	Longitud de carreteras %
Hasta 900 m	56,4	52,9	59,0	62,9
De 900 a 1 200 m	22,2	23,5	22,6	22,8
Más de 1 200 m	21,4	23,6	18,4	14,3

Esta comparación confirma que la densidad de la red de carreteras disminuye al aumentar la altitud. Esto demuestra que la distribución de la longitud de carreteras en las tres altitudes no se corresponde, sino que difiere considerablemente de los porcentajes relativos a la superficie de bosque y a la posibilidad total. Con el 62,9 por ciento el porcentaje de longitud en altitudes hasta de 900 m es considerablemente superior al porcentaje de posibilidad. Por otro lado el porcentaje de longitud de carreteras del 14,3 en altitudes por encima de los 1 200 m es inferior al porcentaje de posibilidad del 23,6, casi en la misma cuantía.

La distribución de las cifras de cortas anuales en las diversas altitudes viene a situarse entre los porcentajes de posibilidad y de longitud de carreteras. Las cifras de cortas son mayores en altitudes inferiores, y menores en altitudes superiores. No obstante, el porcentaje de cortas está por encima del porcentaje de longitud de carreteras en la mayor altitud, lo que significa que la puesta en comunicación va bastante retrasada con respecto a las actividades reales de corta.

#### Bosque protector en producción

Altitud sobre el nivel del mar	Tamaño del bosque superficie, ha	Longitud de carreteras Km	Densidad de la red de carreteras m lineales/ha
Hasta 900 m	54 518	624	11,4
De 900 a 1 200 m	69 438	653	9,4
Más de 1 200 m	250 547	1 960	7,8

Aquí la disminución de la densidad de la red de carreteras con una altitud creciente es mucho mayor incluso que en los bosques altos plenamente productivos.

#### Distribución de la superficie del bosque, posibilidad y longitud de la carretera a distintas altitudes

Altitud sobre el nivel del mar	Superficie forestal %	Posibilidad total %	Longitud de carreteras %
Hasta 900 m	14,6	14,8	19,3
De 900 a 1 200 m	18,5	21,6	20,2
Más de 1 200 m	66,9	63,6	60,5

El porcentaje de la longitud de carreteras en bosques protectores con altitudes hasta de 900 m es 1,3 veces superior al porcentaje de posibilidad en esta altitud; para la mayor altitud, superior a los 1 200 m, sólo es el 95 por ciento del porcentaje de posibilidad, y el 90 por ciento del porcentaje de superficie de bosques.

### 3. ESPECIFICACION DE LAS CARRETERAS

<u>Tipo de carreteras</u>	<u>Bosques altos totalmente productivos longitud total de carreteras</u>	
	<u>Km</u>	<u>%</u>
Pública	29 728	32,5
Cooperativa	38 132	41,7
Privada	<u>23 550</u>	<u>25,8</u>
	91 410	100,0

De todas las carreteras del bosque alto totalmente productivo, casi una tercera parte corresponde a carreteras públicas, un poco menos de la cuarta parte son privadas y pertenecen a propietarios forestales individuales, y el 42 por ciento restantes corresponde a carreteras cooperativas.

#### Bosques altos totalmente productivos

<u>Tipo de carretera</u>	<u>Bosques pequeños longitud de carreteras</u>		<u>Empresas forestales longitud de carreteras</u>		<u>Empresa Forestal Estatal de Austria, longitud de carreteras</u>	
	<u>Km</u>	<u>%</u>	<u>Km</u>	<u>%</u>	<u>Km</u>	<u>%</u>
Pública	24 738	40,1	3 564	16,0	1 425	19,1
Cooperativa	33 262	53,9	3 801	17,1	1 069	14,3
Privada	<u>3 683</u>	<u>6,0</u>	<u>14 908</u>	<u>66,9</u>	<u>4 960</u>	<u>66,6</u>
	61 683	100,0	22 273	100,0	7 454	100,0

### 4. ANCHURA DE LAS CARRETERAS

<u>Anchura de las carreteras</u>	<u>Bosques altos totalmente productivos longitud total de carreteras</u>	
	<u>Km</u>	<u>%</u>
2 a 3 m	51 585	56,4
3 a 5 m	32 846	35,9
5 m y más	<u>6 979</u>	<u>7,7</u>
	91 410	100,0

#### Bosques altos totalmente productivos

<u>Anchura de las carreteras</u>	<u>Bosques pequeños longitud de carreteras</u>		<u>Empresas forestales longitud de carreteras</u>		<u>Empresa Forestal Estatal de Austria, longitud de carreteras</u>	
	<u>Km</u>	<u>%</u>	<u>Km</u>	<u>%</u>	<u>Km</u>	<u>%</u>
2 a 3 m	35 043	56,8	12 206	54,8	4 336	58,2
3 a 5 m	21 828	35,4	8 375	37,6	2 643	35,4
5 m y más	<u>4 811</u>	<u>7,8</u>	<u>1 693</u>	<u>7,6</u>	<u>475</u>	<u>6,4</u>
	61 682	100,0	22 274	100,0	7 454	100,0

El porcentaje de carreteras con una anchura de calzada de 2 a 3 m en empresas forestales es superior pero muy próxima a la cifra correspondiente a pequeños bosques.

Partiendo de estos datos, obtenidos de todos los bosques de Austria, se pueden obtener también resultados para las provincias federales y comunidades. Sin embargo, el margen de error es relativamente alto en cálculos de pequeñas superficies de comunidades, de modo que los datos no pueden considerarse exactos. Constituyen sólo una indicación sobre la existencia en estas pequeñas unidades de una tendencia convergente o divergente respecto a las metas establecidas.

Cuando se comenzaron en 1948, las actividades para dar acceso a los bosques, el objetivo de la planificación se fijó en una densidad de unos 20 m lineales por ha (cifra media para toda la superficie de Austria). Los resultados antes expresados exigieron una revisión de objetivos que se efectuó con ocasión de un seminario celebrado en la primavera de 1977.

En 1975 se aprobó una nueva Ley Forestal de Austria que incluye, entre otras cosas, una parte dedicada a la promoción del sector forestal en general. Se definen claramente los diversos sectores cuya promoción debe realizarse y entre ellos se incluye la construcción de carreteras forestales. La subvención máxima que se concede es el 45 por ciento. En altitudes superiores a 1 200 m existe la menor densidad de red de carreteras, pero las posibilidades de madera están bastante por encima de la media. A fin de estimular la accesibilidad de los bosques altos, el Ministerio Federal de Agricultura y Montes publicó unas normas mediante las cuales la subvención máxima del 45 por ciento, estipulada en la ley, se otorga solamente para carreteras forestales en altitudes superiores a 1 200 m. Las carreteras situadas por debajo de esta altitud se subvencionan sólo con el 30 por ciento de su coste total. Esta subvención pública sólo se concede si el solicitante está calificado para realizar el proyecto y si no cuenta por sí mismo con los medios financieros necesarios.

Otro tipo de promoción es la concesión de bonificaciones sobre intereses. Estas se pagan con cargo al presupuesto federal y ayudan a pagar los intereses sobre préstamos de inversión agrícola otorgados por bancos dentro de un contrato especial con el Ministerio Federal. Esta subvención mediante fondos públicos sirve de ayuda a la tasa de interés de tal forma que en la práctica el solicitante sólo paga un interés del 5 por ciento. Estos préstamos se limitan a un plazo de 10 años y su cuantía no debe exceder del 60 por ciento de los costes totales. En situaciones extremas como por ejemplo, después de desastres de destrozos por la nieve, se pueden otorgar subvenciones de cualquier tipo de combinación; pero el 20 por ciento debe pagarse con recursos propios del solicitante.

Se otorgan créditos a los grandes propietarios forestales - tamaño mínimo 200 ha - a partir del fondo denominado ERP 1/ que fue creado por el Gobierno de los Estados Unidos para la reconstrucción de Europa después de la Segunda Guerra Mundial. El fondo pasó a la administración austríaca a partir de 1955. Bajo el programa ERP, se otorgan préstamos hasta del 70% de los costos totales de producción con una tasa de interés del 3%. El plazo de estos préstamos es de 15 años. El programa sirve también para sufragar gastos de maquinaria forestal, como camiones, máquinas de descortezar y otra maquinaria utilizada para los aprovechamientos de madera, todo ello subvencionado con préstamos del ERP. El plazo de estos préstamos para maquinaria es sólo de 5 años y el interés es del 5 por ciento.

Como puede observarse de las cifras antes mencionadas, Austria cuenta ya con una red básica de carreteras de acceso. Sin embargo, hay que mejorarla en lo que se refiere a densidad y altitud. Los daños ocasionados al paisaje por las actividades futuras de accesibilidad serán mucho más advertidos por el público que nunca en el pasado. Habrán de adoptarse medidas preventivas para reducir al mínimo estos daños y habrá que revisar los objetivos de la apertura de accesos a los bosques. En el año 1977 se celebró un seminario en el Centro de Capacitación Forestal de Gmunden, con el fin de estudiar la apertura de accesos a los bosques y el interés público.

1/ European Recovery Programme (Programa Europeo de Recuperación).

Al entrar en terrenos difíciles y en bosques protectores, el forestal responsable de la planificación y construcción de carreteras va a ser cada vez más criticado por la opinión pública. Sin embargo, las carreteras forestales son necesarias para una ordenación esmerada y para la preservación de nuestros bosques. Las carreteras forestales pueden suplementarse mediante sistemas de cable, pero no puede prescindirse de ellas. Con el fin de encontrar la respuesta más uniforme a estos problemas, el Ministerio Federal de Agricultura y Montes invitó a un seminario a representantes de distintos niveles administrativos de los organismos forestales y cámaras de agricultura, la Asociación Ambiental, la Empresa Forestal del Estado Austríaco, el Instituto Federal de Investigación Forestal, la Dirección de Corrección de Torrentes y Aludes, empresas forestales privadas, asociaciones de ingeniería civil, y varios expertos en silvicultura, en protección forestal y en tecnología forestal.

Después de dos conferencias de introducción, en la primera de las cuales se comunicaron las conclusiones de los expertos en preservación de la naturaleza, y en la segunda las de los expertos en tecnología forestal, se formaron cuatro grupos de estudio para analizar las respuestas a un cuestionario. El primer grupo de estudio estuvo encargado de presentar el punto de vista de la tecnología forestal, el segundo el de las empresas forestales privadas, el tercero el de la silvicultura y la protección forestal y el cuarto el de las autoridades forestales.

Los debates de los grupos fueron resumidos y expuestos a los demás participantes por un portavoz del grupo. Los resultados logrados en los distintos grupos de estudio se volvieron a debatir, llegándose a las siguientes conclusiones generales:

Al contrario de lo que fue práctica general en el pasado, la densidad de la red de carreteras para la superficie total del país no debe determinarse al comenzar un programa de realización de accesos a los bosques. Este debe ajustarse a la estructura y tipo de propiedad. Para la Empresa Forestal del Estado Austríaco se recomendó una densidad de unos 25 m lineales por ha, a fin de reducir los costes de transporte de la madera. Teniendo en cuenta el alto nivel de mecanización, la densidad recomendada para las empresas forestales privadas fue de 30 a 35 m lineales/ha. Los pequeños bosques pertenecientes a agricultores deben tener como meta una densidad de 40 a 50 m lineales por ha para estar en concordancia con el nivel de mecanización. Los representantes de la Dirección de Corrección de Torrentes y Aludes fueron escépticos sobre esta última cifra porque creían que, dependiendo del tipo del terreno de explanación, los lugares de construcción pueden ejercer un efecto negativo sobre las estadísticas de erosión.

Debido al nivel creciente de mecanización, se estaban racionalizando y simplificando las actividades de planificación. Esto no daba siempre buenos resultados. Como existe una tendencia general hacia el mejor trabajo al mínimo costo, habrá que mejorar también en algunos casos la calidad de la planificación, y habrá que preparar planes generales y detallados para los proyectos difíciles. Deberán evitarse en el futuro los defectos de construcción debidos a un trabajo preparatorio imperfecto.

Los jóvenes forestales tendrán que capacitarse a través de cursos y seminarios antes de trabajar en proyectos de carreteras. La plantación de los taludes debe realizarse lo antes posible, no sólo por su efecto visual sino también porque el reforzamiento del talud tiene una influencia positiva sobre la calidad de la carretera. Hay que disponer en las carreteras forestales bifurcaciones de sendas de paseo. A fin de lograr los objetivos generales de la apertura de accesos, debe procurarse la mejor combinación posible entre carreteras y cables.

En todos los grupos existió un consenso de opinión evidente sobre la conveniencia, en un país densamente poblado como Austria, de intensificar en forma considerable el trabajo de relaciones públicas, juzgando que deben emplearse para este fin todos los medios disponibles. Es necesario informar al público en general sobre todos los objetivos y exigencias del sector forestal, de tal modo que cuando haya que adoptar medidas de diverso carácter puede contarse con el conocimiento y comprensión del público.

En la etapa de planificación tiene una importancia fundamental el comparar diversas rutas posibles a fin de lograr los mejores resultados con el mínimo gasto y los menores daños para el paisaje. Debe darse una atención especial a los espacios de aparcamiento y a las áreas recreativas de tal modo que los visitantes se vean orientados en el bosque. Esto representa unos costes adicionales para las empresas forestales privadas. Los representantes expresaron su confianza en que estos costes adicionales de la construcción de carreteras, realizados para hacer más atractivo el medio ambiente, serían sufragados por el público en general. Deben hacerse continuos esfuerzos para conseguir la cooperación de los diversos propietarios forestales para los proyectos de construcción de carreteras. Tal esfuerzo conjunto haría con frecuencia menos costoso el itinerario más en consonancia con las necesidades. También sería de interés para la administración pública porque cabría esperar una mayor eficiencia.

Los propietarios forestales privados esperan, como es lógico, que la promoción no sea diferente para los distintos tipos de propiedad y que puedan contar con la concesión de créditos y subvenciones apropiados. Su preocupación es comprensible porque la ayuda dependería en su mayor parte no sólo de la situación financiera del Estado sino también de la comprensión del público sobre el sector forestal y sus resultados. Como el público es consciente con frecuencia de la construcción de carreteras y como, por otra parte, no hay duda de la necesidad y ventajas de dar acceso a nuestros bosques, el grupo de propietarios privados subrayó su esperanza de que el trabajo futuro de relaciones públicas se enfoque hacia la utilidad e importancia nacional de tales proyectos. No es sólo el propietario forestal el que se beneficia de su bosque sino también muchos miles de empleados austríacos, quienes se gana la vida mediante tareas que están aseguradas directa o indirectamente por el sector forestal. Por ello, este sector merece la preocupación de toda la nación.

El grupo selvícola expuso los siguientes puntos:

Cuanto mayores son las altitudes que alcanzan los proyectos de accesibilidad, más indudable es la utilidad para el público en general de la construcción de carreteras. Los expertos selvícolas están en favor de la construcción de carreteras porque sólo mediante ellas puede preservarse el bosque y llevarse a cabo las claras necesarias; pueden reducirse las cortas rasas y la madera, aprovechada con máquinas más potentes, puede extraerse y transformarse con más facilidad (lo que consideran como una ventaja sobre todo los expertos de protección forestal).

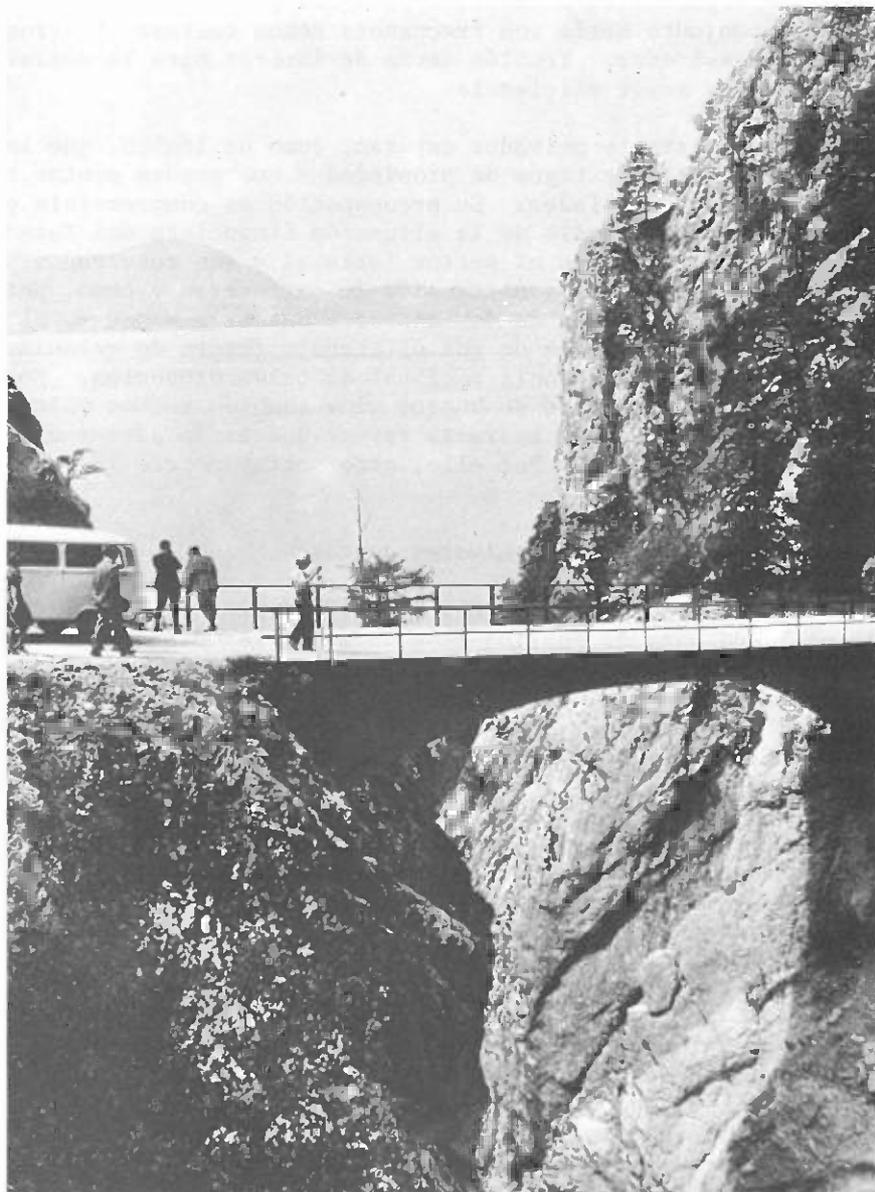
Los representantes del sector de corrección de torrentes hicieron observaciones tanto a favor como en contra de la construcción de carreteras. Los aspectos positivos incluyeron la mejor accesibilidad del terreno y las ventajas hidrológicas de cortas rasas menos frecuentes. Los aspectos negativos fueron los deslizamientos de tierras, nuevas concentraciones de agua debido a un drenaje insuficiente y, como consecuencia, nuevos centros de erosión.

El grupo de expertos selvícolas y de protección forestal manifestó que la construcción de carreteras forestales debe realizarse de acuerdo con el principio de rentabilidad. Aquellas medidas cuyo costo exceda esta rentabilidad deberían financiarse por las partes interesadas. (Tales partes pueden incluir la población que viva en la zona o esté interesada en el turismo y aquellas otras personas que se beneficien de las carreteras forestales).

En lo que se refiere a la legislación, hubo la opinión generalizada de que es suficiente la base legal para una construcción apropiada de carreteras. Es esencial apoyar firmemente la capacidad de ejecución de las previsiones legales, por parte de la administración y por parte del propietario forestal.

Se atribuyó una especial importancia al control cuidadoso de la construcción. En la construcción de carreteras, deben armonizarse los efectos económicos con los ecológicos; las carreteras forestales deben estar en armonía con la naturaleza y el paisaje; deben observarse los límites del relieve. El mantener los costes de construcción en un mínimo no puede ser el objetivo exclusivo de un proyecto de tan largo alcance. Las medidas de seguridad son parte de la construcción, lo que explica la razón de que sus costos sean subvencionados justamente.

En este intento de describir las actividades de realización de accesos a los bosques, tal como se llevan a cabo actualmente en Austria, se espera que los participantes encuentren una base para soluciones satisfactorias de problema similares en sus propios países.



Las técnicas modernas de construcción de carreteras forestales permiten el acceso a zonas forestales en terrenos difíciles (Foto: R. Heinrich).

PRINCIPIOS GENERALES SOBRE PLANIFICACION DE  
REDES DE CARRETERAS FORESTALES

por

Otto Sedlak

Forsttechnische Abteilung, Amt der  
Oberösterreichischen Landesregierung 1/

## 1. INTRODUCCION

Las carreteras forestales aptas para camiones se han convertido a nivel mundial durante las últimas décadas en la base de la ordenación forestal. Como estas carreteras son los elementos permanentes de un sistema moderno de transporte forestal, se necesita una planificación y preparación esmeradas.

Las grandes diferencias existentes en cuanto a condiciones locales, excluyen unas especificaciones comunes en cuanto a normas de calidad y espaciamiento de las carreteras. Por ello, se va a intentar en este capítulo explicar los términos técnicos y describir en general los procedimientos de reconocimiento.

La red de carreteras forestales se proyecta teniendo en cuenta los métodos pretendidos o deseados de desembosque de la madera, a fin de obtener un sistema de transporte económico con un coste total mínimo. En los planes se tienen en cuenta los principios de la ordenación para el uso múltiple de los recursos forestales y de los de protección ambiental.

El principio básico a seguir es el de planificar partiendo de lo general y llegando a lo particular. Por ello, la planificación general de las carreteras para el desarrollo forestal constituye el marco para el proyecto detallado.

Un plan general para un sistema de transporte forestal, incluyendo la red de carreteras forestales, sólo se suele elaborar para grandes superficies. El tamaño mínimo es de unas 500 ha para los bosques de ordenación intensiva en las zonas de montaña de Europa Central.

No existe ningún otro campo en el sector forestal en el que los errores sean tan irreversibles y permanentes como en la planificación de carreteras forestales. Por ello deberán tenerse en cuenta, por parte de especialistas cualificados y experimentados, muchas variantes de las rutas posibles. Es indispensable una estrecha cooperación con el personal local que conoce las peculiaridades de la zona forestal.

## 2. DEFINICION DE TERMINOS TECNICOS

### 2.1 Desarrollo externo e interno

Las carreteras de acceso conectan una superficie forestal con la red pública de carreteras, dando así comunicación a aquella superficie con el exterior. Su función principal es proporcionar un enlace longitudinal externo entre las áreas forestales y el sistema de carreteras públicas. Estas carreteras están normalmente situadas en terrenos sin bosques y conectan puntos dominantes siguiendo la distancia más corta posible. En Europa la mayor parte de estas carreteras de acceso ya están construidas y son carreteras públicas.

---

1/ Dirección de Técnicas Forestales, Servicio Forestal Austriaco Upper

La función principal de la red de carreteras forestales es desarrollar internamente la superficie del bosque.

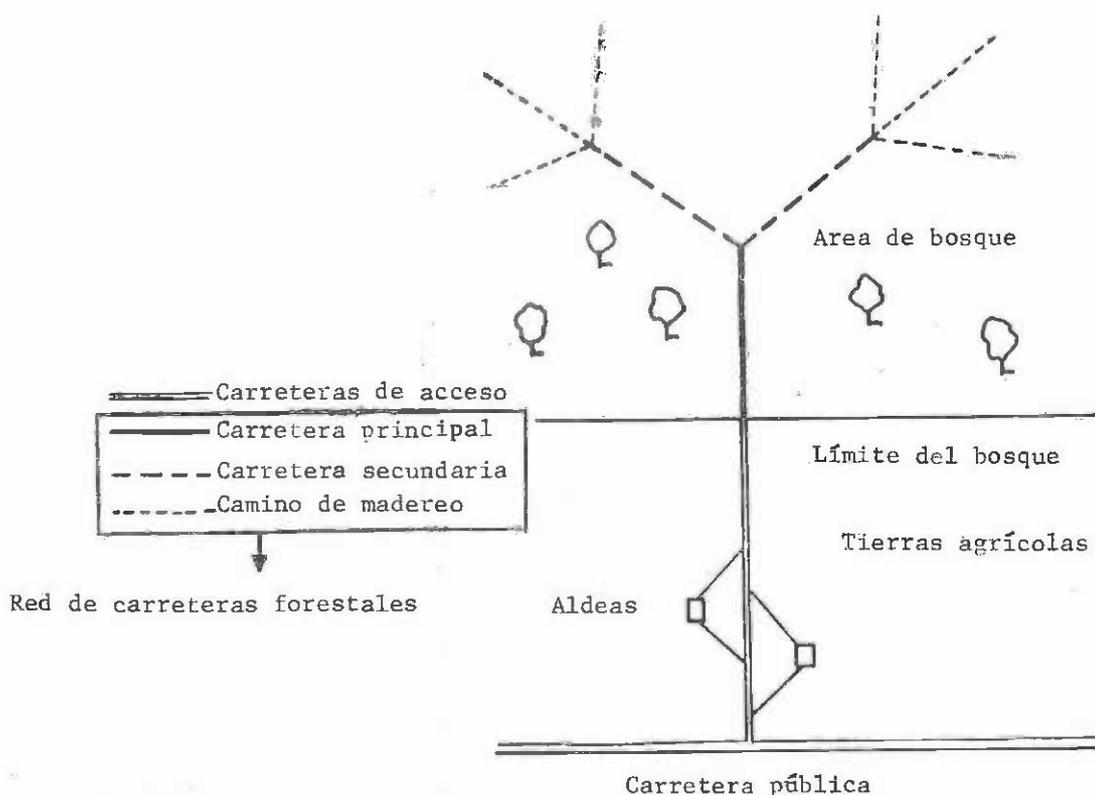


Fig. 1 - Esquema del desarrollo de una red de carreteras forestales.

## 2.2 Clases de carreteras

Carreteras "A" (carreteras de acceso y carreteras forestales de primer orden o principales)

Estas carreteras están destinadas a servir de conexión y para explotación. Tienen una calidad de construcción relativamente alta y las pueden utilizar los camiones durante todo el año. En Europa suelen ser de una sola dirección, mientras que en las zonas tropicales son frecuentes las dos direcciones. Las carreteras con capa de superficie alquitranada sólo se emplean cuando hay una alta densidad de tráfico.

Carreteras "B" (carreteras de segundo orden o secundarias, carreteras de aprovisionamiento)

Subdividen el bosque en secciones independientes de explotación y sirven para comunicar los cargaderos con las carreteras principales. Tienen una calidad de construcción más sencilla y las pueden utilizar los camiones sólo en condiciones muy favorables de tiempo.

Carreteras "C" (caminos de madereo)

Estas carreteras sirven para comunicar los lugares de corta con los cargaderos. No tienen afirmado y las utilizan únicamente las máquinas empleadas para el madereo.

EJEMPLO DE CLASIFICACION DE CARRETERAS FORESTALES EN AUSTRIA

Especificación	Tipo de carretera forestal		
	Carretera principal A	Carretera secundaria B	Camino de madereo C
Anchura de la explanación b (m)	5,0 - 5,5	4,5 - 5,0	3,0 - 4,0
Anchura de la calzada f (m)	3,5 - 4,0	3,0 - 3,5	-
Pendiente máxima $g_{max}$ (%)	9	10 (12)	12 (16)
Pendiente mínima $g_{min}$ (%)	2 - 3	2 - 3	3 - 4
Pendiente máxima en dirección de subida $g'$ (%)	6	8	10
Presión máxima de las ruedas P (t)	5 (7)	5 (7)	1 (1,5)

EJEMPLO DE CLASIFICACION DE CARRETERAS FORESTALES  
EN MONTES ALTOS TROPICALES

(Einrich 1975)

Carretera	Uso de la carretera	Anchura de de la carretera: calzada incluyendo bermas en m <u>1/</u>	Anchura de la calzada en m <u>1/</u>	Radio mínimo de curva en m	Pendiente máxima en %	Cargas de camión por día	Velocidad de circulación en km por hora	Coste estimado en \$ EE.UU. por m de carretera
Carretera de acceso	camioneta pick-up permanente	9 - 12	7 - 10	50	6(8) <u>2/</u>	Más de 50	50 - 60	10 - 15
Carretera forestal de primer orden	camioneta pick-up permanente	8 - 10	6 - 8	30	8(10) <u>2/</u>	Hasta 50	25 - 40	7 - 10
Carretera forestal de segundo orden	camioneta pick-up temporal	6 - 8	5 - 6	20	10(12) <u>3/</u>	Hasta 6	15 - 25	1 - 7
Camino de madereo	tractor arrastrador de ruedas,  tractor de ruedas tractor de cadenas		3,5 - 4,5					0,3 - 1
Pista de arrastre	tractor de cadenas		3,5 - 4,5					0,05 - 0,1

1/ En topografía muy inclinada y difícil hay que reducir considerablemente las anchuras de carreteras dadas anteriormente.

2/ Pendiente máxima en topografía muy inclinada y difícil, para camiones descargados, cuando circulan cuesta arriba.

3/ Pendiente máxima en topografía muy inclinada y difícil, para distancias cortas.

### 2.3 Espaciamiento de carreteras, densidad de carreteras y distancia de madereo

El espaciamiento de las carreteras (EC) es la distancia media horizontal en m (metros) entre las carreteras de una red de carreteras forestales (sin considerar los caminos de madereo).

La densidad de las carreteras (DC) es la longitud media de carreteras forestales en m/ha (metros por hectárea) de una red de carreteras forestales.

Ambos términos vienen definidos por medio de fórmulas sencillas:

$$EC \text{ (m)} = \frac{10\ 000}{DC} \quad \vee \quad DC \text{ (m/ha)} = \frac{10\ 000}{EC}$$

La distancia de madereo (d) es el valor medio de la distancia teórica de madereo o saca, dependiendo del espaciamiento de las carreteras, de la topografía, y de las técnicas de madereo aplicadas.

La densidad de carreteras y la distancia de madereo pueden calcularse también por medio del factor de "eficacia de las carreteras"; véase V. Segebaden (FAO):

$$DC \text{ (m/ha)} = \frac{f}{d \text{ (km)}} \quad \vee \quad d \text{ (km)} = \frac{f}{DC \text{ (m/ha)}}$$

f = factor de eficacia de las carreteras: normalmente entre 5 y 9

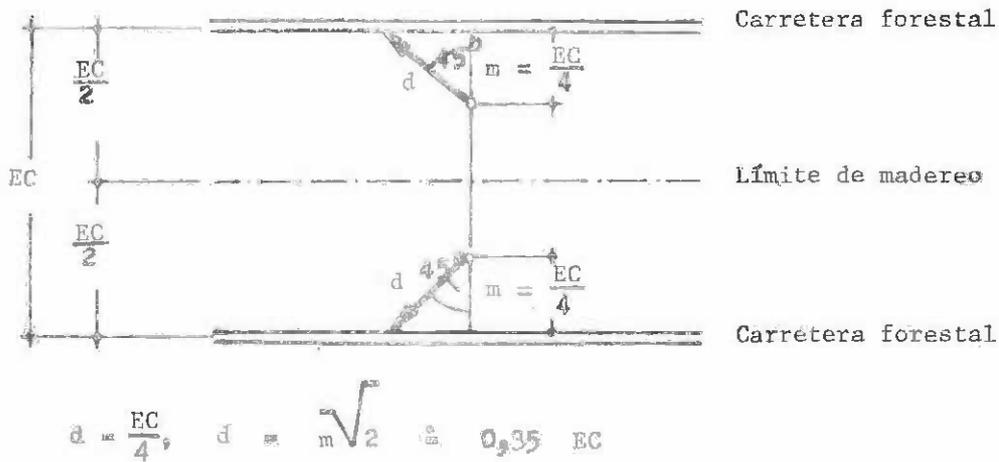
4-5 para terreno llano;  
5-7 para terreno de colina;  
7-9 para terreno inclinado;  
9 y más para terreno regularmente muy inclinado.

d = distancia media de madereo (km)

La relación entre el espaciamiento de las carreteras y la distancia media de madereo se explica en los dos ejemplos siguientes:

#### 2.3.1 Ejemplo para terreno llano

En la práctica, la distancia media de madereo no corresponde a la distancia más corta posible de madereo ( $m = EC/4$ ). De acuerdo con Volkert, es aproximadamente de un 20 a un 30 por ciento más largo. Para cálculos aproximados es suficiente suponer un ángulo de 45 grados entre la dirección de madereo y la carretera forestal (véase la Figura 2).



Ejemplo para EC = 400 m;  $d = 400 \cdot 0,35 = 140$  m

Fig. 2 - Distancia media de madereo en terreno llano

### 2.3.2 Ejemplo para laderas de montaña

Los tractores de ruedas con un cabrestante trasero trabajan normalmente en pendiente hasta del 35%. En terrenos más inclinados se necesitan caminos de madereo o se aplican métodos de extracción con cable y/o de madereo de arrastre por medio de la gravedad. Por ello, el límite de madereo en una ladera depende de la superficie del terreno, del grado de inclinación y de las técnicas aplicadas. Cuando se calcula la distancia real de madereo en pendientes inclinadas, debe considerarse la diferencia entre la longitud real en la ladera y su proyección horizontal en el mapa.

Los ejemplos que siguen corresponden a madereo de arrastre cuesta arriba mediante cabrestante (Figura 3) y de arrastre cuesta abajo por gravedad en el bosque de una finca agrícola con escasa mecanización:

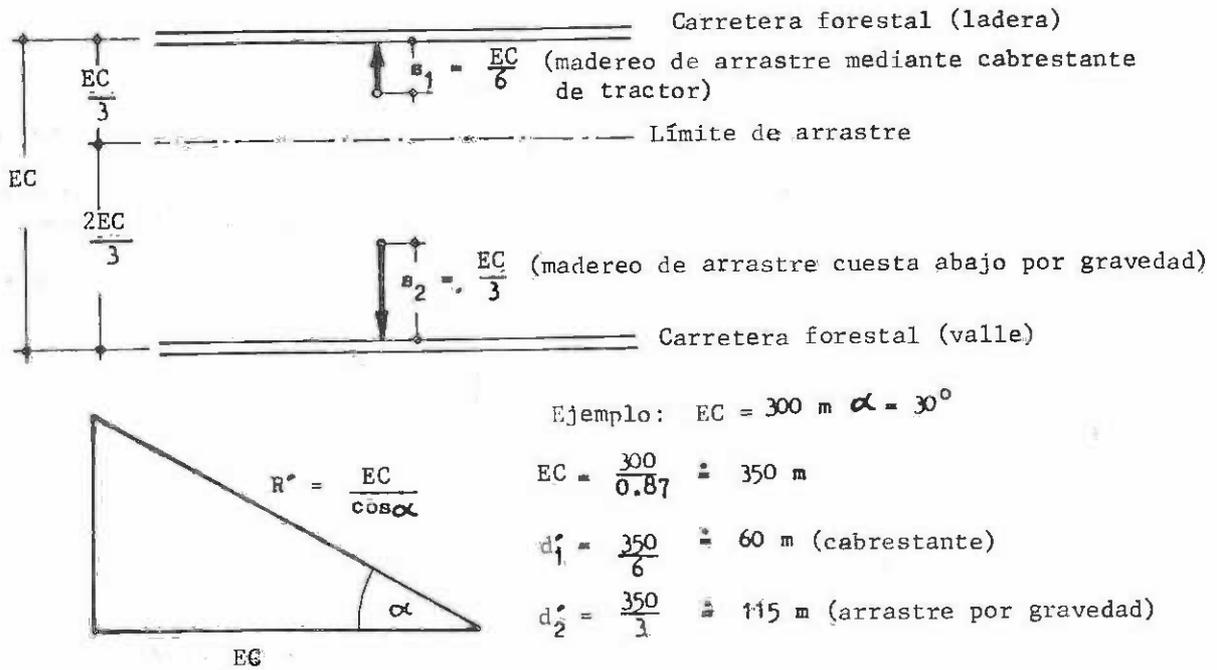


Fig. 3 - Distancias medias de maderero en laderas de montaña con arrastre cuesta arriba y cuesta abajo

#### 2.4 Densidad apropiada de carreteras forestales

El problema de elegir la densidad correcta de carreteras forestales es importante en teoría pero es difícil de resolver en la práctica.

El principal objetivo del proyecto general de un sistema de transportes forestales es determinar la red de carreteras más práctica y económica con el mínimo costo a largo plazo. Además de los costos íntimamente dependientes del transporte fuera de la carretera y por ella, hay que tener en cuenta también otras consideraciones sobre los valores no monetarios de la ordenación para el uso múltiple y de la protección ambiental. Se han desarrollado algunos modelos que utilizan sobre todo métodos de análisis de costo-eficacia y/o de simulación con ordenador. Pero ninguno de estos experimentos es muy compatible con el comportamiento en la práctica.

Se han desarrollado numerosos métodos de aproximación para calcular equivalentes posibles de la densidad de carreteras y del espaciamiento de éstas.

Los factores más importantes para establecer comparaciones entre los costes de transporte son:

- cantidad media anual de madera aprovechada por hectárea
- costo medio de madereo por hectárea
- costo medio de carreteras por hectárea (incluyendo construcción y mantenimiento).

Estos costos se pueden emplear para calcular el costo de transporte de redes de carreteras de diferentes densidades a fin de determinar el alcance del coste mínimo total.

La Figura 4 muestra la relación general entre el coste de la carretera, el coste de madereo y el coste total (curva-suma).

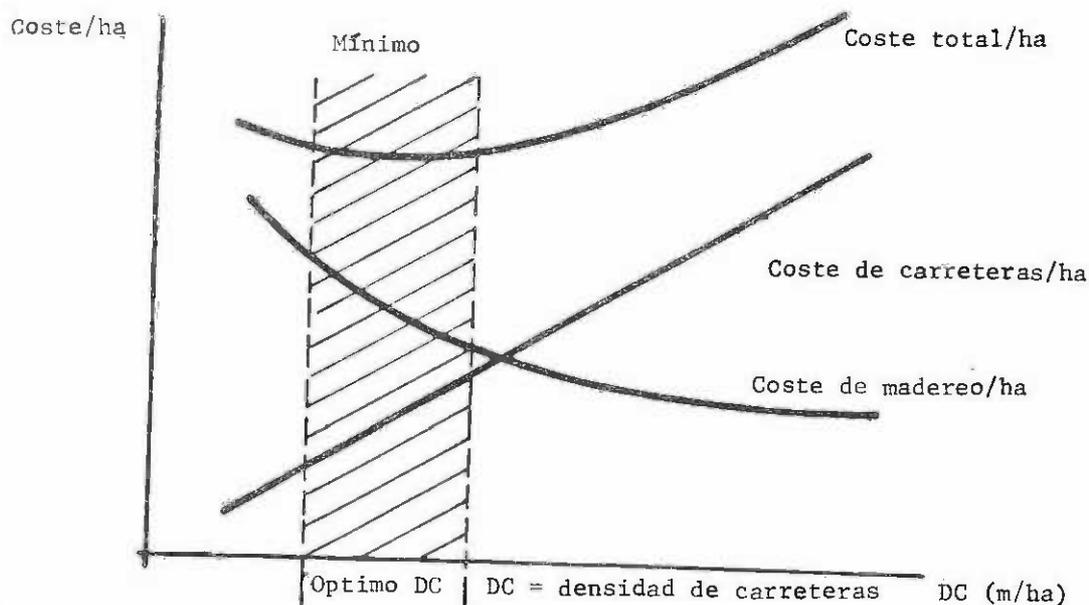


Fig. 4 - Optimización del coste total de transporte

Utilizando el método antes mencionado, Koenig calculó valores óptimos teóricos para el espaciamiento de carreteras en Nordrhein-Westfalen de la República Federal Alemana.

Costes anuales de carreteras	Incremento anual de madera			
	(bajo) 3 m <sup>3</sup> /ha		(alto) 9 m <sup>3</sup> /ha	
	terreno llano	colinas	terreno llano	colinas
bajo	700 m	450 m	400 m	250 m
medio	1 000 m	600 m	550 m	350 m
alto	1 000 m	750 m	700 m	450 m

Suponiendo un incremento medio y un coste medio de construcción, a continuación da el autor un ejemplo de recomendaciones empíricas para el espaciamiento de carreteras en Austria.

Pendiente	Terreno	Arrastre	Bosque grande (> 2 000 ha)	Bosque de tamaño medio (200-2 000 ha)	Bosque pequeño (< 200 ha)
0-15%	terreno llano	tractor arras-trador de ruedas, cuesta arriba y cuesta abajo	500-600 m	400-500 m	300-400 m
15-30%	colinas	tractor arrastra-dor de ruedas, cuesta abajo	500 m	300-400 m	300 m
30-60%	colinas y montañas	tractor arrastra-dor de ruedas sobre trochas de arrastre, arrastre con cable cuesta arriba, arrastre por gra-vedad cuesta abajo	300-400 m	300 m	200-250 m
> 60%	empinado	arrastre con cable, arrastre por grave-dad cuesta abajo	400 m	300-400 m	300 m

Tiene interés la comparación de los valores de densidad de carreteras que se encuentran actualmente en Austria para ordenación forestal intensiva, y los resultados del Inventario Forestal Austríaco. La red de carreteras públicas dentro del bosque (excepto autopistas) se incluye en estas cifras. La proximidad de pequeños bosques privados a la red de carreteras públicas explica en gran parte la densidad relativamente elevada de sus carreteras.

Tipo de propiedad	Densidad de carreteras m/ha
Pequeños bosques de propiedad privada	37
Bosques de tamaño medio y grande, de propiedad privada	30
Bosques de propiedad estatal	22

## 25. Superficie de explotación maderera y direcciones de madereo

El diseño general de una red de carreteras suele abarcar la superficie de explotación maderera para la que se construye el sistema de transporte forestal. Uno de los primeros pasos del reconocimiento es determinar los límites de esta superficie. Esto es relativamente sencillo en terrenos montañosos donde las cuencas vienen marcadas por las divisorias. En terrenos llanos y de colinas es más difícil determinarlo porque los límites naturales son menos pronunciados,

La red de carreteras forestales debe desarrollarse de tal modo que aproveche plenamente la gravedad para las operaciones de maderero y transporte. Esto es importante teniendo en cuenta el costo creciente del combustible. En algunas regiones la explotación maderera con cable se ha traducido en unos extensos sistemas de carreteras por las divisorias ya que la explotación maderera con cable es más fácil cuesta arriba que cuesta abajo. Pero, a menos que el terreno sea extremadamente difícil, la red de carreteras forestales debe desarrollarse a partir de los puntos más bajos de la superficie de explotación. Las carreteras principales deben comunicar los valles y las laderas deben subdividirse en secciones mediante carreteras de aprovisionamiento, que comienzan en los valles. Si se construye tal sistema de carreteras, es posible el maderero tanto cuesta abajo como cuesta arriba. Un sistema de carreteras forestales que esté basado principalmente en carreteras por las divisorias y en el arrastre cuesta arriba no es la mejor solución a largo plazo.

2.6 Pendiente de ladera y clasificación del terreno

Pendiente de ladera	Clasificación del terreno	Ejecución
0 - 30%	Terreno llano y de colinas	Construcción de carreteras sencillas, pocas rocas o ninguna, sólo daños menores al ambiente.
30 - 60%	Terreno medio de colinas y montañoso	
60 - 80%	Terreno empinado	Construcción difícil de carreteras. A medida que aumenta la pendiente de la ladera, más rocas y daños; si la pendiente media sobrepasa el 70%, debe plantearse si es realmente necesaria la construcción de la carretera.
> 80%	Terreno muy empinado	

2.7 Sistemas de carreteras para el desarrollo forestal

Las redes de carreteras forestales tienen tanta diversidad como la misma topografía. Sin embargo, hay algunos modelos y diseños típicos.

2.7.1 Terreno llano

El espaciamiento de un sistema de carreteras en terreno llano se puede mantener bastante constante. Por ello, los resultados prácticos se corresponden bastante bien con los modelos teóricos.

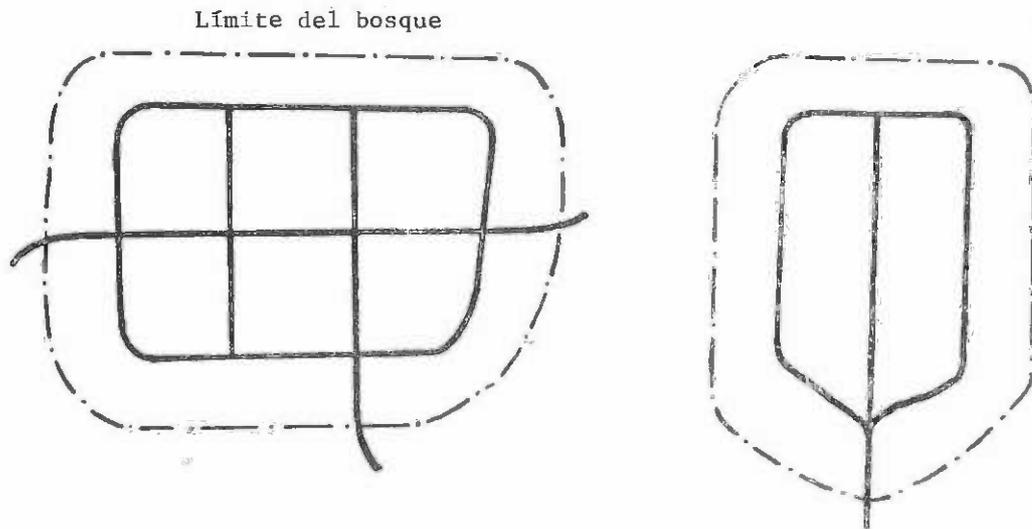


Figura 5 - Dos esquemas de redes de carreteras en terreno llano

### 2.7.2 Terreno de colinas y montañas

#### i) Carreteras de valle

Suelen ser carreteras principales básicas para el fondo del valle y las laderas que ascienden desde éste. Deben reducirse al mínimo los puentes porque son costosos de construir y mantener.

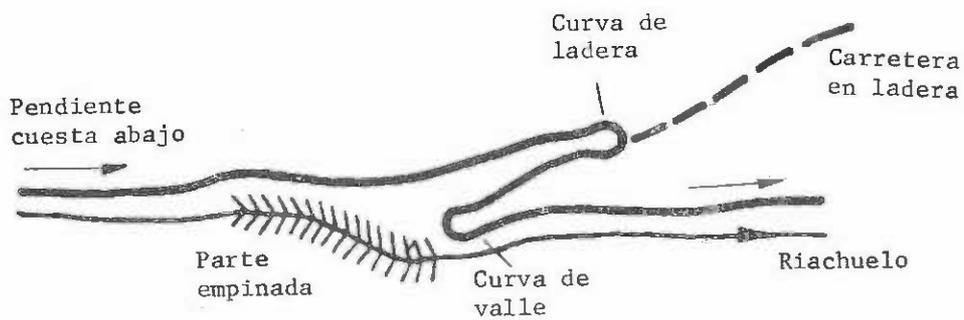


Figura 6 - Carretera de valle en una parte empinada (Curva de valle serpenteada y curva de ladera)

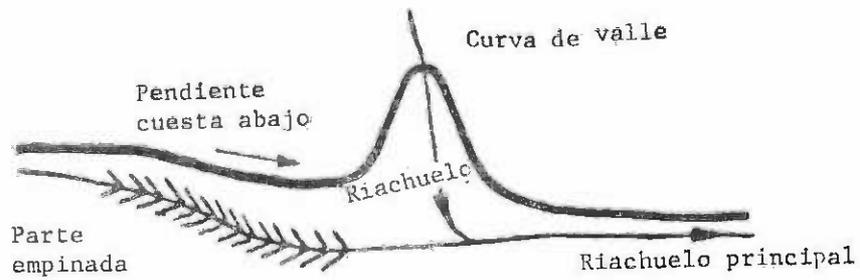


Figura 7 - Carretera del valle en una parte empinada (Curva en un valle lateral)

ii) Carreteras de ladera

Comienzan a partir de las carreteras de valle y subdividen las laderas. Puede hacerse una distinción entre los sistemas serpenteados y los diagonales, dependiendo de la pendiente de la ladera.

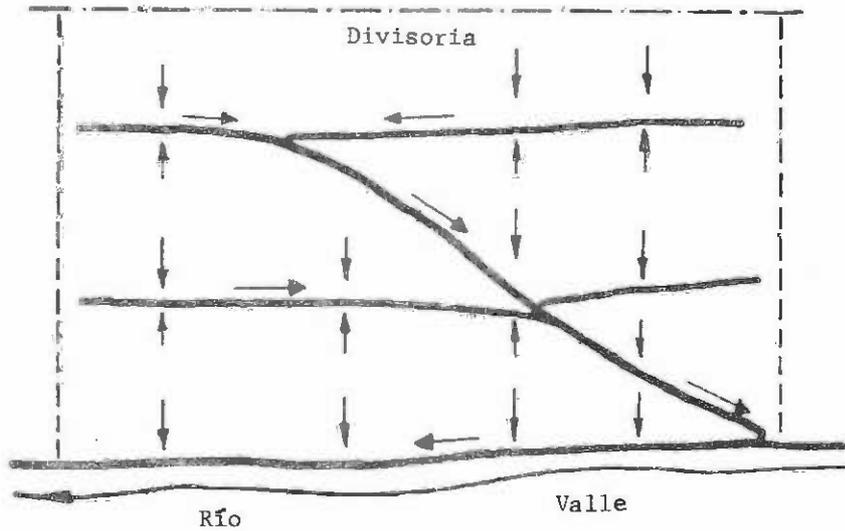


Fig. 8 - Sistema diagonal en pendiente suaves

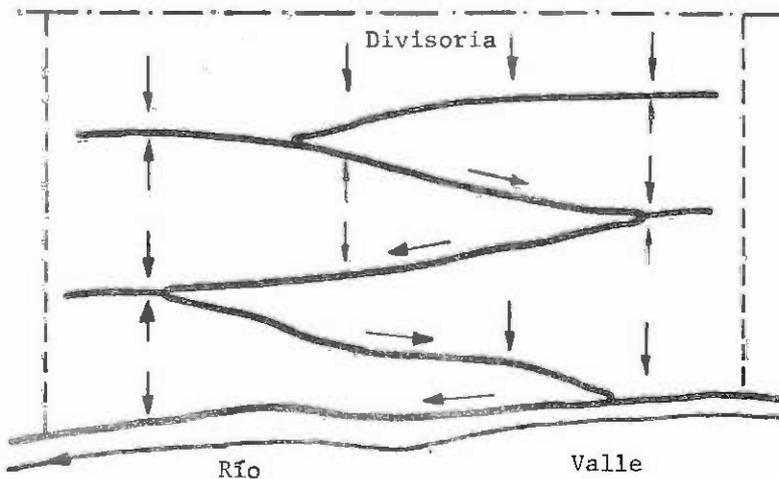


Fig. 9 - Sistema serpenteado en laderas empinadas y largas

Cuando se planifican sistemas de carreteras forestales en laderas, debe hacerse el mayor esfuerzo posible para reducir al mínimo el número de curvas a fin de evitar los trazados denominados en zig-zag. Los propietarios de pequeños bosques en zonas de montaña deben cooperar para construir un sistema común y conveniente de carreteras tal como se muestra en la parte izquierda de la Figura 10.

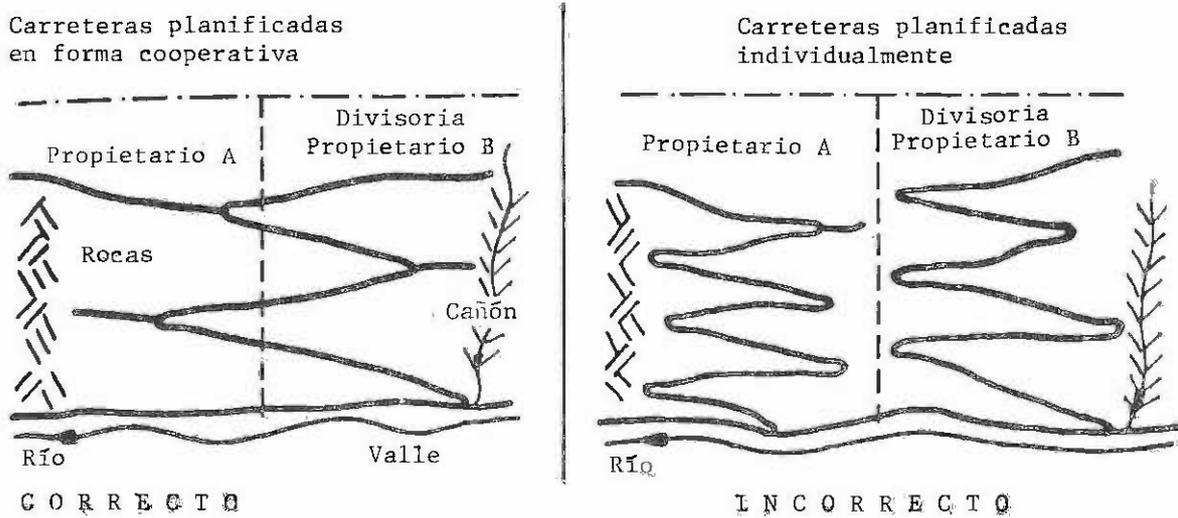


Figura 10 - Desarrollo correcto e incorrecto de un sistema de carreteras forestales sobre una ladera

iii) Carreteras de divisoria

Estas carreteras representan el tipo más barato en terrenos empinados e irregulares. Sin embargo, ponen en comunicación el área con un alcance muy limitado, utilizándose en terrenos difíciles para la explotación maderera con cable cuesta arriba. Se deben planificar únicamente si los valles son realmente inaccesibles o si las laderas son demasiado empinadas o inestables. Véase la Figura 11.

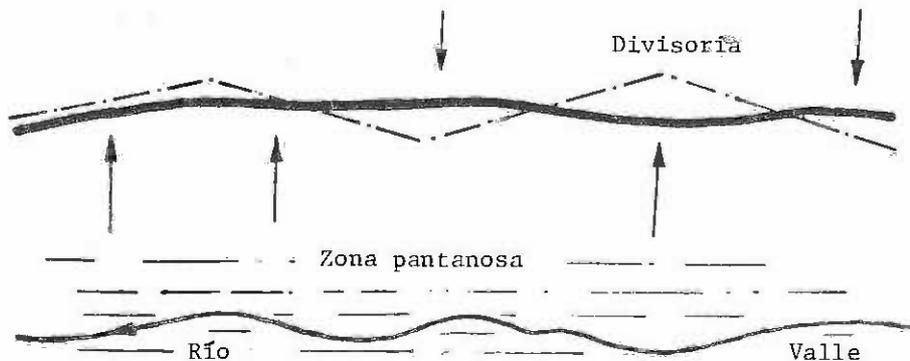


Figura 11 - Carretera forestal siguiendo una divisoria

iv) Cumbres de montañas y colinas

Para dar acceso a cumbres de montañas y colinas pueden trazarse carreteras circulares cuando la topografía lo permite. Véase Figura 12.

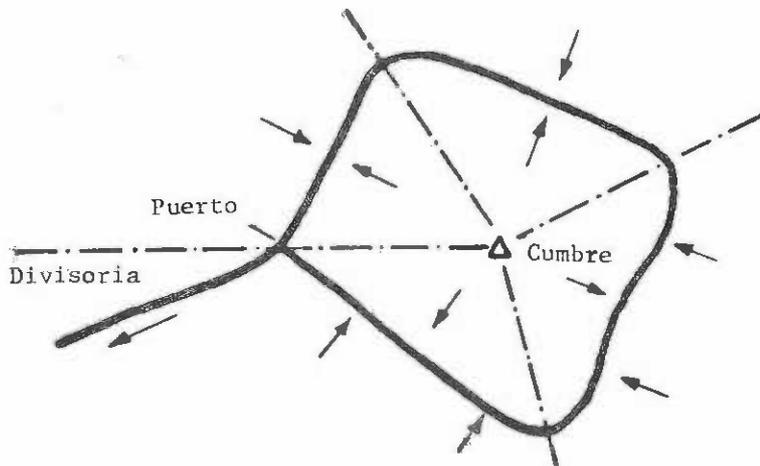


Figura 12 - Carretera circular rodeando la cumbre de una colina.

v) Cuencas de valle

Las cuencas de valle en terrenos de colinas o montañas se comunican por medio de una carretera principal de valle y un sistema de carretera circular por las laderas, siempre que el terreno no sea demasiado difícil. Véase la Figura 13.

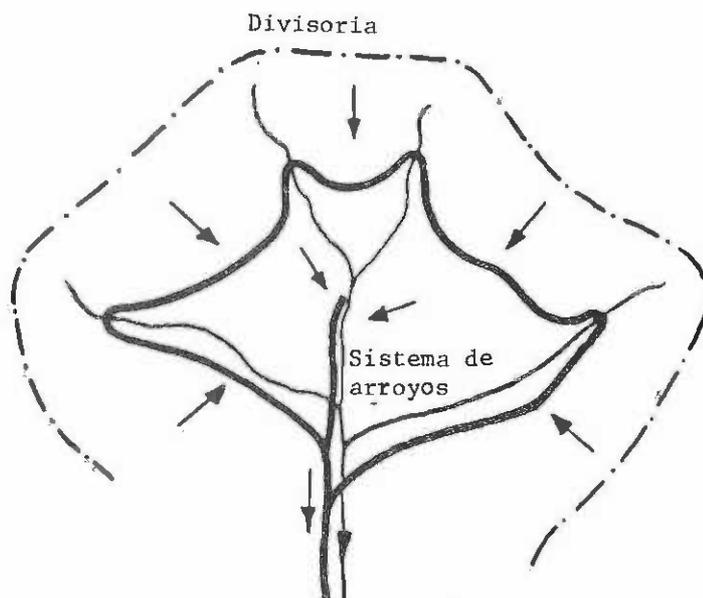


Figura 13 - Sistema de carreteras forestales en una cuenca de valle.

vi) Zonas de madereo situadas detrás de terrenos inaccesibles

Se puede comunicar a veces tales áreas partiendo del lado opuesto, cruzando para ello la divisoria por un punto adecuado de paso y utilizando pendientes de subida en parte de la carretera.

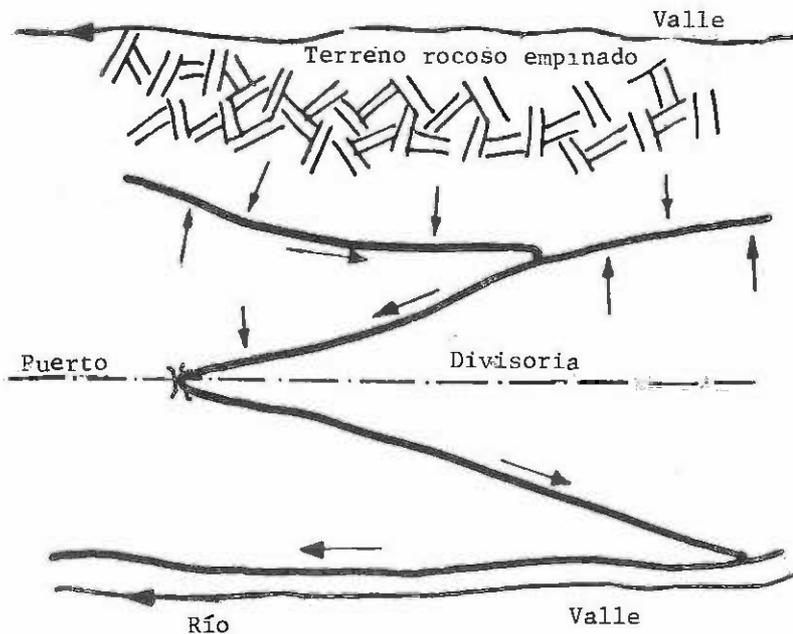


Figura 14 - Desarrollo de una carretera desde el lado opuesto.

3. EJECUCION PRACTICA DE LA PLANIFICACION

3.1. Preparación

Como requisito previo a la operación de reconocimiento, debe reunirse toda la información disponible sobre el área de que se trate. Este material debe incluir, por ejemplo, mapas topográficos y fotografías aéreas, datos geológicos, hidrológicos y edafológicos, mapas de propiedad y planes de uso múltiple de las tierras, ordenación forestal y transporte forestal.

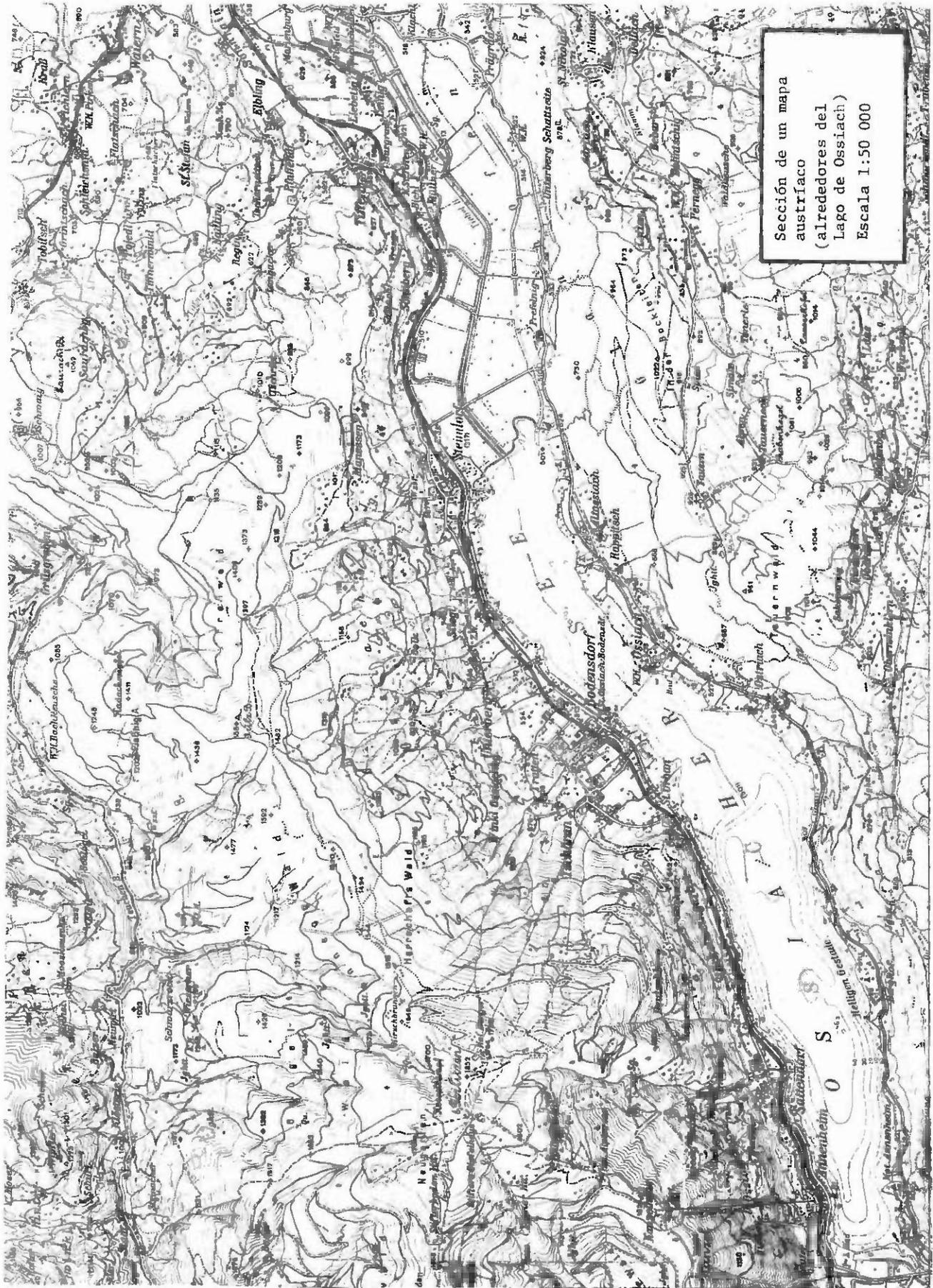
3.1.1 Mapas topográficos

Los modernos mapas topográficos se hacen a partir de fotografías de recursos y son indispensables para el reconocimiento de grandes superficies. En Europa los organismos nacionales de cartografía proporcionan normalmente mapas topográficos de gran calidad y precisión. Las escalas normales son: 1:50 000 o 1:25 000. Los mapas tienen curvas de nivel a intervalos de 10 o 20 m.

3.1.2 Mapas especiales

Los mapas forestales modernos, a escala 1:10 000 o 1:5 000, presentan muchos detalles importantes sobre topografía, cursos de agua, cubierta forestal, clases de edad y sistemas de transporte existentes.

Los mapas geológicos son muy útiles y proporcionan una perspectiva general de los suelos y de las condiciones del subsuelo.



Sección de un mapa austriaco (alrededores del Lago de Ossiach) Escala 1:50 000

### 3.1.3 Fotografías aéreas

Frecuentemente se utilizan fotografías aéreas además de mapas topográficos. Tales fotografías ofrecen muchos detalles por ejemplo sobre el uso de las tierras y la cubierta forestal.

Las fotografías aéreas son aún la única fuente de información de reconocimiento en muchos países. En terrenos llanos y ligeramente ondulados, estas fotografías se pueden utilizar directamente como "mapas fotográficos" porque revelan distancias. Para terrenos montañosos las fotografías aéreas han de transformarse en mapas ortofotográficos. Un material ideal es el mapa ortofotográfico con curvas de nivel que combina el efecto fotográfico con la precisión de un mapa.

La escala normal de las fotografías aéreas utilizadas durante el trabajo de campo es próxima a 1:15 000. Los fotomapas se amplían a escala 1:10 000 a 1:5 000.

### 3.1.4 Datos previos al reconocimiento

Además de mapas y fotografías, se necesitan muchos otros tipos de información. Para un conocimiento general del área, se recogen datos sobre la localidad, el clima y el tamaño del área. También se necesitan datos geológicos e hidrográficos, detalles de la ordenación forestal (recursos de madera, volumen en pie, incremento, costes de explotación maderera, análisis de los sistemas de transporte existentes). Es muy conveniente contar con experiencia práctica sobre construcción anterior de carreteras forestales en la zona (subsuelo, depósitos de grava, costes).

Hay que dar una atención especial a los problemas de protección ambiental y de coordinación del uso múltiple con la cooperación de especialistas competentes.

### 3.2 Reconocimiento de campo

No pueden recomendarse unos métodos determinados para el reconocimiento de campo porque varían mucho las condiciones y objetivos locales. Pero se subraya que es indispensable un reconocimiento personal completo, realizado a pie, a fin de estudiar las peculiaridades del terreno y las rutas posibles. Este compromiso personal del ingeniero responsable, en estrecha cooperación con el personal local, no debe sustituirse por estudios de mapas, fotografías aéreas o incluso vuelos en helicóptero que sólo pueden servir como complemento de un reconocimiento cuidadoso.

#### 3.2.1 Procedimientos de trabajo

Si se dispone de mapas modernos con curvas de nivel, pueden dibujarse con bastante facilidad varias variantes de la red de carreteras forestales. Pero, en cualquier caso, es necesario de antemano un primer reconocimiento de carácter general.

Las carreteras principales se sitúan normalmente en los valles principales y las laderas deben subdividirse por medio de carreteras de aprovisionamiento, como ya se ha mencionado. Hay que tener en cuenta los puntos de empalme con la red de carreteras públicas la topografía y los puntos fundamentales del trazado, las pendientes y espaciamientos recomendables.

La parte más importante es el reconocimiento completo siguientes para verificar los trazados preliminares dibujados. Si no se dispone de mapas modernos, el trabajo comienza inmediatamente con un reconocimiento completo de campo.

Hay que planificar esmeradamente y por adelantado esta actividad, en lo que se refiere a distribución del tiempo y organización. Las superficies extensas deben dividirse en varias unidades de planificación. Deben tenerse en cuenta los problemas referentes al clima, desplazamientos, alojamiento, suministro de alimentos y agua potable.

Durante este reconocimiento completo el equipo técnico debe recorrer a pie todos los valles principales y laterales y cruzar las laderas y divisorias de la zona. Se comprueba cuidadosamente la topografía real contrastándola con los mapas y fotografías o, si no se dispone de este material, se va anotando mediante dibujos y diseños. Se comprueban todos los puntos fundamentales de referencia con sus altitudes:

Los puntos de referencia positivos son importantes, así como los lugares convenientes para la construcción de carreteras o para la explotación maderera. Se incluyen los puntos para el establecimiento de puentes, los pasos de las divisorias, las laderas suaves para un buen trazado, los lugares adecuados para vueltas en zig-zag y cargaderos. También son muy importantes los yacimientos de grava que se pueden explotar dentro del sistema de carreteras, especialmente para utilizarla en suelos de poca resistencia.

Los puntos de referencia negativos como laderas empinadas, rocas, pantanos, laderas inestables, cañones profundos y partes de topografía muy irregular, no son convenientes y deben evitarse a toda costa.

Durante este reconocimiento de campo se explora en detalle el terreno. Se corrigen los trazados preliminares sobre el papel (mapa) o se pueden elegir directamente en el terreno los posibles trazados. Una vez más debe hacerse hincapié en la conveniencia de estudiar completamente todas las rutas posibles. Las comparaciones finales y las estimaciones generales de costos conducen normalmente a unas pocas variables posibles del sistema general de carreteras.

Se recomienda, incluso para planes generales, que se comprueben los corredores de paso de las rutas principales elegidas por medio de un control detallado de campo. En terrenos de montaña donde las alineaciones "están controladas por la pendiente", el ingeniero con su equipo (dos ayudantes y dos cortadores de maleza) traza alineaciones provisionales por medio de un clinómetro (pendiente) y una cinta de medir (distancia). Estas alineaciones deben marcarse con señales de plástico en los árboles. Durante esta fase pueden encontrarse todavía obstáculos inesperados, debiendo hacer correcciones para conseguir trazados viables.

El trazado final del plan general de la red de carreteras forestales debe elegirlo el ingeniero responsable del trazado, con la cooperación del personal local y especialistas en recursos forestales, medio ambiente y uso múltiple de las tierras.

### 3.2.2 Instrumentos y equipos

En la ingeniería de carreteras forestales se utilizan sobre todo en la actualidad instrumentos manuales modernos. Estos instrumentos son pequeños pero precisos.

#### Instrumentos y equipos

Altímetro barométrico

Clinómetro

Brújula

Cinta de medir (nylon), 50 m

Estereoscopio de bolsillo

Equipo adicional:

estuche de ingeniería con lapiceros,  
reglas y escalas, transportador,  
libreta de campo, mapas y  
fotografías aéreas, banderolas de  
señalización de plástico (cinta)

#### Utilización

Altitudes sobre el nivel del mar

Pendientes y taludes laterales

Rumbos (Azimuth)

Distancias

Visión estereoscópica de las fotografías aéreas.

### Instrumentos recomendados:

#### Altímetros barométricos

El altímetro de bolsillo THOMMEN (fabricado en Suiza) es un pequeño instrumento de bolsillo para estudios de carácter general, con una precisión de  $\pm 20$  m. Precio aproximado 150 dólares EE.UU.

El altímetro PAULIN (fabricado en Suecia) es un instrumento muy exacto con una precisión de  $\pm 5$  a 10 m. Precio aproximado 1 000 dólares EE.UU.

#### Clinómetros

El clinómetro MERIDIAN (fabricado en Suiza) es un pequeño dispositivo de péndulo con un sistema óptico fijo. El modelo más apropiado, el MC 1002, tiene dos lentes que separan las lecturas cuesta arriba y cuesta abajo, llegando al 100 por ciento en ambos sentidos. Precio aproximado 130 dólares EE.UU.

El clinómetro SUUNTO (fabricado en Finlandia) es un pequeño instrumento de bolsillo con escala graduada móvil. Se utiliza normalmente el tipo PM-5/360 PC con escalas en tanto por ciento y 360 grados. Precio aproximado 70 dólares EE.UU.

#### Brújulas

En el reconocimiento de campo, puede resultar conveniente utilizar brújulas con transportador en su base. Hay muchos tipos, pudiendo recomendarse los siguientes instrumentos:

BEZARD (fabricado en Alemania). Precio aproximado 90 dólares EE.UU.

SILVA (fabricado en Suecia). Precio aproximado 30 dólares EE.UU.

Para trabajos topográficos más exactos se recomiendan instrumentos de brújula sin transportador en la base.

El SUUNTO (fabricado en Finlandia) es un instrumento excelente de precio razonable próximo a los 60 dólares EE.UU.

El MERIDIAN (fabricado en Suiza). Precio unos 90 dólares EE.UU.



Estuche de ingeniería con instrumentos (Foto: O. Sedlak)

### 3.3 Elaboración del proyecto general

El proyecto general representa los resultados del reconocimiento de campo y de la elección del trazado. El trabajo de gabinete consiste en una parte escrita y en mapas y planos topográficos.

#### Trabajo de gabinete

El Informe Técnico consta de lo siguiente:

- a. Resumen, principalmente en forma de cuadros (trazados, longitud, costes);
- b. Descripción del área y de los sistemas existentes anteriormente, de ordenación y de explotación maderera;
- c. Razones para desarrollar un nuevo sistema de carreteras y mejoras que se espera obtener. Descripción del nuevo sistema de transporte y explotación maderera;
- d. Descripción del sistema programado de carreteras forestales (principios del proyecto y consideraciones sobre espaciamiento de carreteras), detalles de cada uno de los nuevos trazados;
- e. Métodos recomendados de construcción y organización. Cronograma;

f. Estimación general de costes. Si no se dispone de datos locales, el coste aproximado se puede determinar utilizando la fórmula de Sundberg:

$$C_i = 230 + 17 \times SL + 660 \times ST_i + 30 \times SL \times ST_i$$

Donde:

$C_i$  = coste directo en dólares EE.UU. por km de una carretera de clase "1" (excluida la supervisión y los gastos generales)

$SL$  = pendiente media lateral en tanto por ciento de terreno

$ST_i$  = calidad de carretera, 0 para pistas de arrastre, 1 - 2 para carreteras secundarias, 3 para carreteras principales y de acceso

#### Dibujos y planos

Sección del mapa topográfico (escala 1:50 000) con el trazado de la red de carreteras programada.

Mapa topográfico (escala 1:10 000) con el plano detallado del sistema de carreteras programado.

Secciones transversales corrientes (escala 1:50).

Planos generales de las estructuras (alcantarillas, puentes, muros de contención, escala 1:50).



Unas redes bien planificadas de carreteras forestales permiten operaciones forestales intensivas (obsérvense pequeñas superficies de cortas rasas junto a rodales de regeneración y rodales maduros) (Foto: R. Heinrich)

REFERENCIAS

- FAO. La explotación maderera y el transporte de trozas en el monte alto tropical. Roma. 1974
- FAO. Harvesting man-made forests in developing countries. Roma. 1976
- Hafner, F. La construcción de carreteras forestales. Viena (en alemán). 1971
- Heinrich, R. Problems of forest road construction in tropical high forests. Technical Report of FAO/Austria Training Course. Roma. 1976
- König, W. The influence of optimum road spacing on opening up the state forests of North-Rhine-Westphalia. Gemünd (en alemán). 1970
- Schönauer, H. Planificación de redes de carreteras forestales en regiones de montaña. Viena (en alemán). 1961
- Sedlak, O. La planificación de carreteras forestales en la práctica. Viena (en alemán). 1977
- Sedlak, O. Principios generales para la planificación de una red de carreteras forestales. Informe Técnico del Curso de Capacitación FAO/Austria. Roma. 1978
- Sundberg, U. La planificación de carreteras forestales. Informe Técnico del Curso de Capacitación FAO/Austria. Roma. 1976
- Volkert, E. Principios para el cálculo de sistemas óptimos de apertura de comunicación. Gemünd (en alemán). 1970



Carretera forestal bien trazada, en terreno muy difícil, con talud de terraplén cubierto de nuevo de vegetación (R. Heinrich)

## TRAZADO Y CALCULO DEL COSTE DE LAS CARRETERAS FORESTALES

por

Otto Sedlak  
Forsttechnische Abteilung  
Amt der Oberösterreichischen Landesregierung 1/

### I. OBSERVACIONES GENERALES

Este capítulo trata del trazado de carreteras forestales y de la elaboración de proyectos, principalmente para países montañosos.

Cuanto más complicada y costosa sea la construcción de una carretera, más intensos y precisos deben ser los métodos de planificación que se apliquen. Se necesitan métodos precisos de planificación si las carreteras se van a construir manualmente, como sucede todavía en países con subempleo y costos reducidos de jornales. En este caso debe establecerse un trazado y proyecto preciso de acuerdo con el método clásico de ingeniería. Este procedimiento incluye el estudio preliminar del corredor del trazado siguiendo el perfil longitudinal, la elaboración de las curvas de nivel de esta faja, nivelación, levantamiento y representación gráfica de las secciones transversales, elaboración del mapa y trazado sobre el papel, trazado final y compensación de tierras.

Se han desarrollado métodos de trazado más sencillos para la construcción mecanizada de carreteras forestales en las montañas de Austria. Normalmente, es suficiente, el trazado del perfil longitudinal (denominado en Austria línea 0) cuando la pendiente es el factor determinante. Desde que las carreteras forestales se construyen con máquinas con un alto rendimiento, no se necesita un cálculo exacto del coste del movimiento de tierras.

Sin embargo, para determinar la ruta más conveniente, es necesario recorrer varios perfiles longitudinales tentativos. Tales métodos sencillos, pero prácticos, no deben confundirse con una planificación descuidada, y exigen habilidad y experiencia.

Como la construcción mecanizada de carreteras se utiliza con mucha frecuencia, se analizará durante el curso este método sencillo del perfil longitudinal.

### 2. TRAZADO Y DISEÑO

El trazado y diseño de una carretera forestal puede dividirse en dos fases:

#### Trazado directo en el campo

En una región de colinas o montañas, el perfil longitudinal de una carretera forestal se trata directamente en el terreno. En una región llana el factor determinante es sobre todo la traza horizontal y las tangentes se sitúan dependiendo del proyecto general.

Elaboración del texto del proyecto: informe técnico, planos y estimaciones de costes.

Esta parte del texto del proyecto contiene la información necesaria para la construcción y supervisión y también para su análisis y aprobación.

---

1/ Dirección de técnicas forestales, Servicio Forestal Austríaco.

## 2.1 Trazado

### 2.1.1 Trazado en zona llana o suavemente ondulada

De la misma forma que en una región montañosa, para encontrar la mejor ruta habrá que estudiar diversas variantes del trazado dentro del recorrido general de la carretera. Se estaquilla la alineación tangencial final del eje central- dando preferencia a un trazado curvilíneo respecto al de tangentes muy largas (véase la Fig. 1). Los puntos de las curvas se determinan a partir de los ángulos entre alineaciones y del radio y empleando tablas de curvas. Hay que tener cuidado de alcanzar el radio mínimo y lograr unos enlaces suaves y una pendiente mínima.

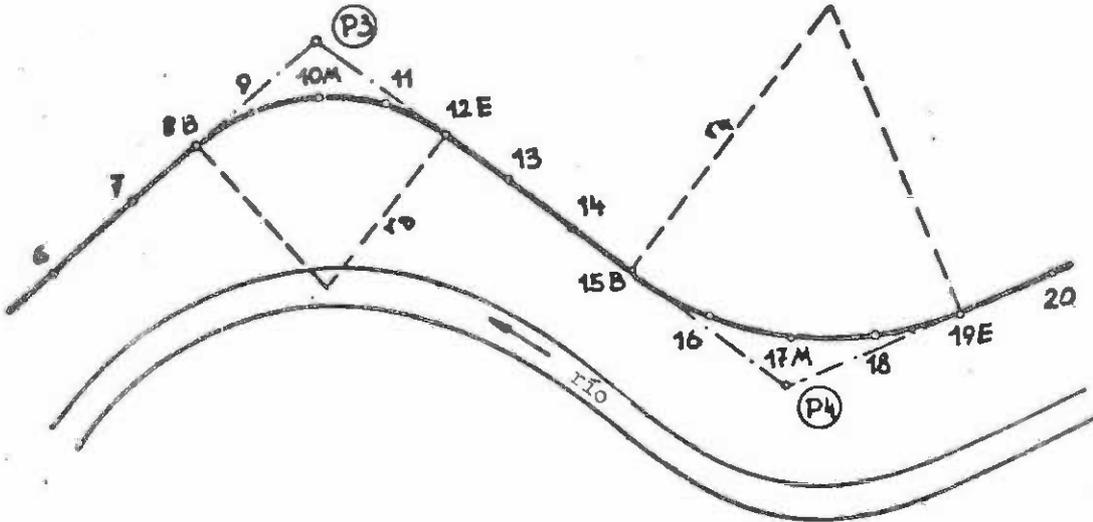


Fig. 1 - Trazado en región llana

- B y E = puntos de entrada y salida de curva.
- M = punto medio de la curva
- P = vértice de la poligonal

En carreteras secundarias pueden emplearse también curvas parabólicas que simplemente se estaquillan.

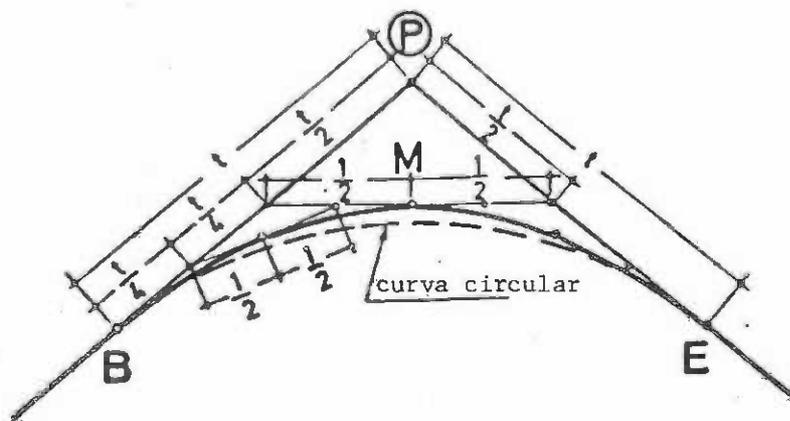


Fig. 2 - Curva parabólica

Instrumentos utilizados: jalones, cintas de acero o de fibra de vidrio, cuerda, brújula de bolsillo, altímetro, teodolito o clinómetro o nivel topográfico.

### 2.1.2 Trazado en región de colinas y montañas

Las carreteras forestales en terreno de colinas y de montañas están condicionadas sobre todo por la pendiente y se sitúan en laderas. La línea de pendientes que es la línea de referencia para la construcción mecanizada de la carretera, se traza directamente en el campo y consiste en una línea estaquillada con la pendiente exigida ajustada a la topografía del terreno. Representa la intersección de la explanación de la carretera con la ladera.

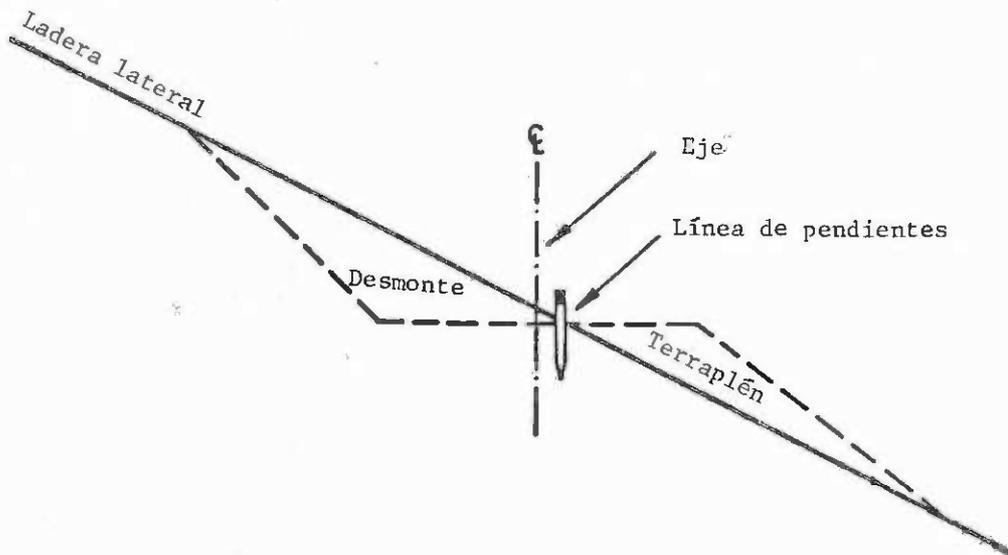


Fig. 3 - Posición del perfil longitudinal

La línea de pendientes se puede estaquillar con rapidez y precisión por medio de un clinómetro manual. Para determinar el mejor trazado se recomienda recorrer una o más líneas tentativas. Estas consisten únicamente en líneas marcadas con banderolas de plástico coloreadas que se sujetan a árboles o ramas.

Adicionalmente se estaquilla el eje central en ciertos tramos difíciles del trazado donde son factores importantes la alineación y el control horizontal (por ejemplo, en emplazamientos de puentes, terraplenes, desmontes largos en lomas transversales).

#### 2.1.2.1 Técnicas para el levantamiento de la línea de pendientes

Para estaquillar la línea de pendientes se ajustan a la misma altura en dos jalones, el clinómetro y una tablilla topográfica adecuada (tablero contrachapado u hoja de aluminio pintados con un tamaño aproximado de 30 por 20 cm).

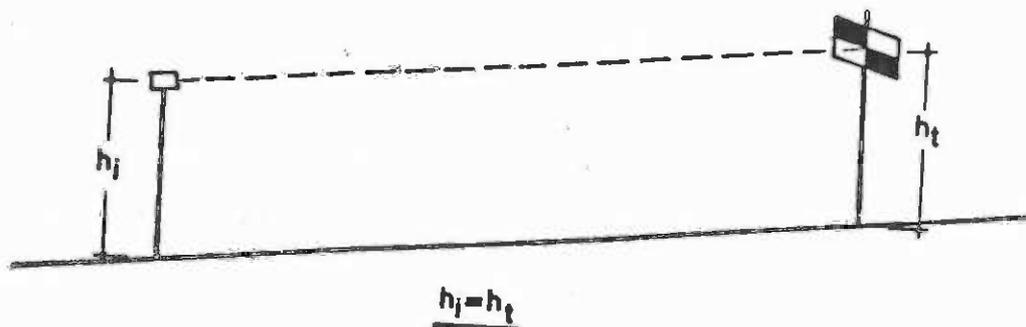


Fig. 4 - Clinómetro y tablilla topográfica

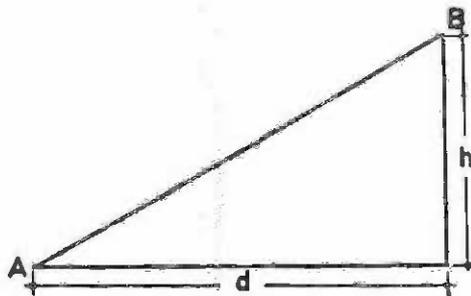
Este sencillo equipo deberá comprobarse antes de utilizarlo. Se fijan sobre el terreno dos puntos a una distancia de 20 a 30 m y se mide la pendiente cuesta arriba y cuesta abajo. Si las lecturas son iguales, el ajuste es correcto.

El topógrafo necesita un equipo formado por un hombre encargado de la tablilla y unos tres ayudantes para cortar el matorral y estaquillar. Anda siempre por delante del equipo y dirige su clinómetro hacia atrás, a la señal de referencia. Las distancias entre los puntos de la línea de pendientes deben ser aproximadamente iguales (de 30 a 50 m para señalización con banderolas y de 20 a 30 m para el estaquillado).

La pendiente máxima para transporte de bajada no debe pasar del 9 al 10 por ciento en carreteras principales o el 12% en carreteras secundarias. Cuando hay que hacer transporte de subida, la pendiente máxima debe ser del 6 al 8 por ciento. Es necesaria una pendiente mínima del 2 al 3 por ciento para lograr un buen drenaje. No se debe utilizar nunca una rasante horizontal en una larga distancia porque el agua de lluvia se queda sobre la carretera y ésta se daña por el tráfico, pudiendo surgir fácilmente problemas de circulación.

Durante las primeras tentativas en la ruta elegida para la carretera, el topógrafo determina los puntos de referencia intermedios y las pendientes necesarias. Para trazados largos son auxiliares convenientes un altímetro de bolsillo y una cuerda de 50 m.

Se calculan cada una de las pendientes entre los puntos de referencia por medio de la diferencia de altitudes y la distancia.



$$g (\%) = \frac{h}{d} \times 100$$

h ... diferencia de altitudes B - A  
d ... distancia horizontal

Fig. 5 - Pendiente entre puntos de referencia

En el caso de que sea necesario reducir o aumentar la inclinación de la línea de pendientes, la diferencia máxima entre dos pendientes consecutivas no debe sobrepasar el 3% siempre que la distancia media entre estaquillas sea de 20 a 30 m. De esta forma se obtendrán unos enlaces suaves en el perfil de la carretera. Esta regla debe ser observada especialmente al proyectar tramos en zig-zag y al pasar de una elevación a una depresión ("cumbre" - "valle") o viceversa.

La línea de pendientes debe estaquillarse lo más cerca posible del eje futuro de la carretera a fin de evitar diferencias importantes de pendiente entre la línea de pendientes y la carretera final. En un terreno irregular con divisorias y valles la línea de pendientes refleja de forma más clara los quiebros de la topografía y es más larga que el eje central final. Hay que tener esto en cuenta y reducir la pendiente (véase la Fig. 6). Un error corriente que cometen las personas sin experiencia es el de colocar estaquillas muy por encima de las depresiones o en la parte exterior de las lomas, manteniendo una pendiente constante. La pendiente en estas curvas resultará demasiado fuerte.

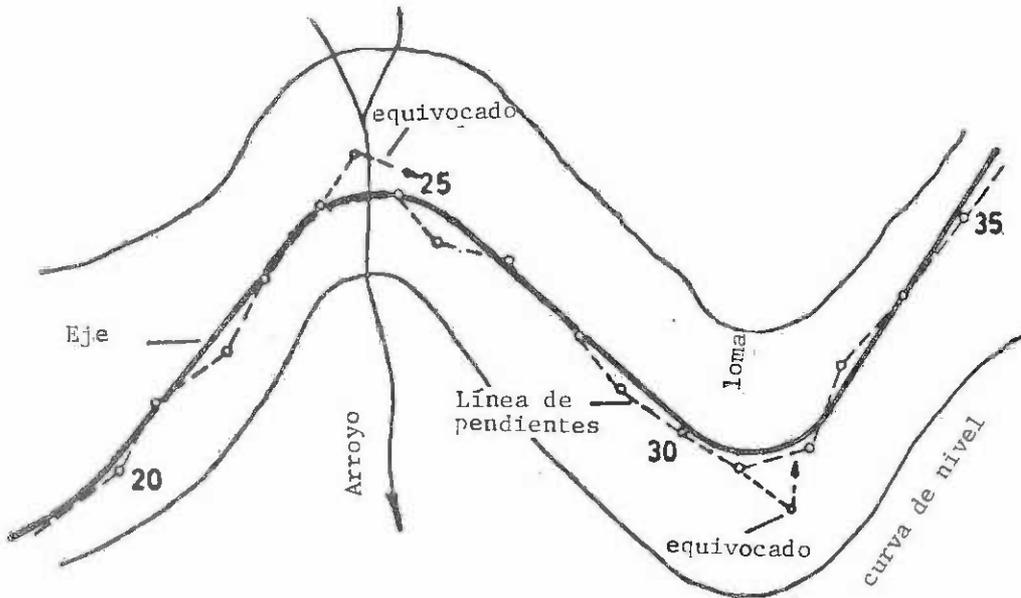


Fig. 6 - Trazado por una ladera

Los "valles" del perfil de la carretera deben situarse transversalmente a las depresiones de los desagües o torrentes que pondrán en peligro la carretera con lluvias intensas. De esta forma el exceso de agua se limitará a estos tramos y no se dañarán partes importantes de la carretera.

Un zig-zag ("curva de tambor") se traza en la forma que muestra la Fig. 7. El eje se estaquilla adicionalmente, utilizando la cinta. El talud lateral máximo no debe sobrepasar el 40 por ciento. En terreno inclinado los lugares adecuados para establecer estas curvas son puntos de referencia.

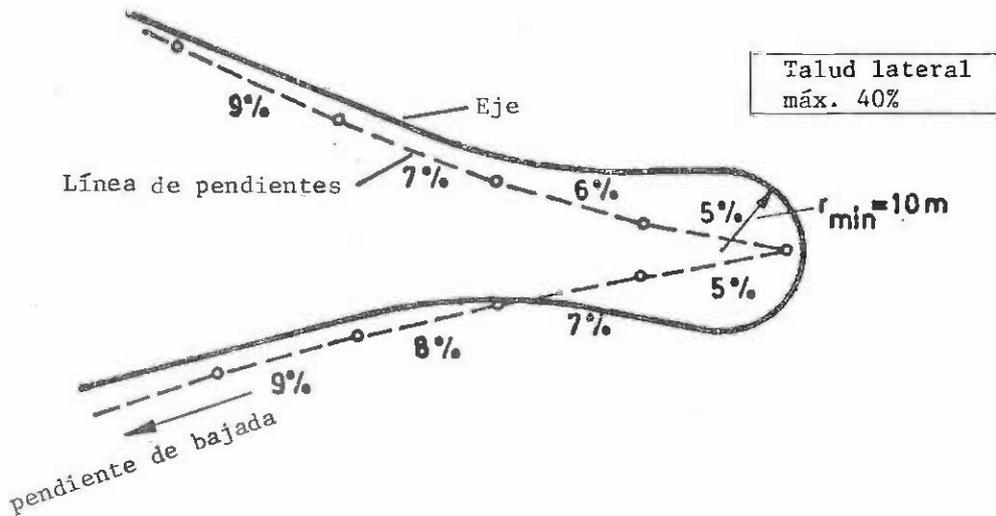


Fig. 7 - Trazado de un zig-zag (curva de tambor)

2.1.2.2 Método de trazado de la línea de pendientes

Mediante reconocimiento se descubre un posible recorrido de la carretera, y con ello el responsable del levantamiento tiene una cierta idea sobre las condiciones generales, los puntos de referencia y las pendientes obligadas de cada uno de los tramos. Sin embargo, se perdería el tiempo clavando estaquillas durante las primeras tentativas, porque suelen ser necesarias las correcciones. Por ello se recomienda dividir en cuatro etapas el trazado y el levantamiento:

1. Se marca con banderolas una línea tentativa con la pendiente estimada, sin utilizar ni tablilla topográfica ni jalones. El ingeniero mira hacia atrás al ayudante, que debe llevar una señal de referencia a la altura de la vista de aquél (casco). Se emplea una cuerda de medir para determinar aproximadamente las distancias entre puntos de referencia. La línea se marca mediante banderolas. Esta primera línea tentativa no llegará al punto deseado de referencia y habrá que corregir la pendiente calculando la diferencia de alturas respecto a la distancia:

$$\text{Corrección de pendiente } \dots + (\%) \frac{\Delta h}{d} = 100$$

Debe mencionarse que la diferencia entre la distancia inclinada y la horizontal de la línea de pendientes es tan pequeña que puede despreciarse.

2. En el caso de una diferencia importante, se recorre una segunda línea de pendientes, utilizando en el camino de vuelta la pendiente mejorada. Para evitar confusiones deben emplearse banderolas de color diferente.

3. Las dos tentativas precedentes pueden considerarse como un reconocimiento detallado. Puede comenzarse ahora el trazado final utilizando el clinómetro y la tablilla, ajustados con jalones.

El topógrafo señala los siguientes datos en su libreta de campo durante el trazado de la carretera: número de la estaquilla, pendiente, talud lateral representativo, componente estimada de roca, masa adicional de tierra y roca que excede de los perfiles normales, descripción del terreno, alcantarillas y obras de fábrica (véase la Fig. 8).

Taqui-lla		de	a	Pendiente g (%)	Distancia d (m)	Rumbo b (°)	Pendiente lateral s (%)	Excavación en roca r (%)	Notas y dibujos

Fig. 8 - Modelo de libreta de campo

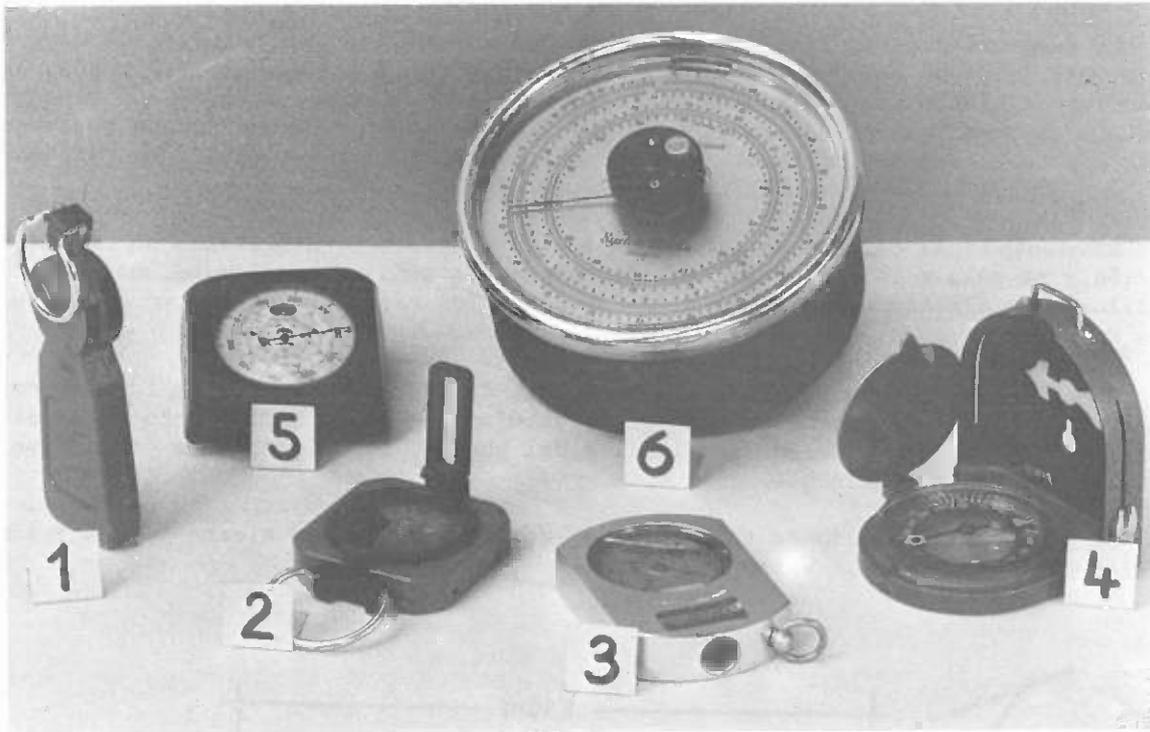
4. Se levanta la línea de pendientes estaquillada utilizando una brújula y una cinta, caminando el topógrafo hacia atrás por el trazado. También va por delante del equipo mirando hacia atrás a la tablilla topográfica. Utilizando una segunda señal hacia delante, puede comprobar los rumbos con la escala inversa de la brújula. Se anotan ambos rumbos, no debiendo exceder de 1 grado las diferencias.

El equipo encargado de la cinta, compuesto de tres hombres, mide las distancias entre estaquillas. Las lecturas se redondean en decímetros enteros.

Durante esta cuarta etapa el topógrafo sólo tiene que anotar los rumbos y las distancias.

#### 2.1.2.3 Instrumentos

Los instrumentos descritos para el reconocimiento general de carreteras forestales se utilizan también para el trazado y el levantamiento. En lugar de una cuerda, se utilizan una cinta (30 a 50 m, de acero o de fibra de vidrio) para medir las distancias con precisión.



Instrumentos para el trazado de carreteras (Foto: O. Sedlak)

#### 2.1.2.4 Rendimiento

El nivel de rendimiento en el reconocimiento detallado de campo, trazado de la carretera y levantamiento de las líneas de pendiente depende de la accesibilidad del terreno, de la topografía, de la cubierta arbolada y por último y, no menos importante, de la experiencia del ingeniero de carreteras forestales y su equipo. Para fines de estimación pueden emplearse los datos siguientes:

<u>Condiciones del terreno</u>	<u>Personal necesario</u>	<u>Tiempo necesario</u>
Normal (bosques de clima moderado y terreno suave)	1 ingeniero 3 obreros	5 - 7 horas/km 15 - 20 " "
Difícil (bosques de zonas tropicales, terreno difícil)	1 ingeniero 5-6 obreros	8 - 12 " " 40 - 60 " "

## 2.2 Elaboración del texto del proyecto

Se evalúan los datos de campo relativos al trazado directo de la línea de pendientes ("trazado sobre el papel") y se prepara también un informe técnico con estimaciones de movimientos de tierras y costes.

### 2.2.1 Mapas y planos

Una sección del mapa del levantamiento topográfico (escala 1:50 000 o 1:25 000) muestra el trazado general de la carretera proyectada dentro del sistema existente de transportes.

La proyección de la línea de pendientes se presenta en una sección del mapa de detalle (escala 1:10 000 o 1:5 000). Se dibuja en papel transparente, sobre el mapa, la línea de pendientes, junto con los puntos de referencia y se dibuja a mano alzada el eje de la carretera junto a la línea de pendientes. Hay que examinar cuidadosamente este eje en cuanto a referencias horizontales (alineación, radio mínimo) y viabilidad. Varias secciones transversales en puntos críticos mejorarán este trazado "en el papel".

El dibujo final se hace en secciones de 100 m cada una, utilizando un compás de división, y se pasa a la hoja principal del mapa. Se señalan en el mapa, utilizando símbolos sencillos, las alcantarillas y obras de fábrica y los cargaderos así como las peculiaridades del terreno.

En copias del plano del proyecto se dibuja la traza horizontal de la carretera, en tinta roja. Los ríos y pequeños arroyos se dibujan con lápiz azul blando y las divisorias en marrón. Se dibujan en verde los límites del bosque. Las direcciones de maderreo pueden representarse mediante flechas.

Se dibujan las secciones transversales características en tierra y roca y los planos normales de construcción. Véase Fig. 9.

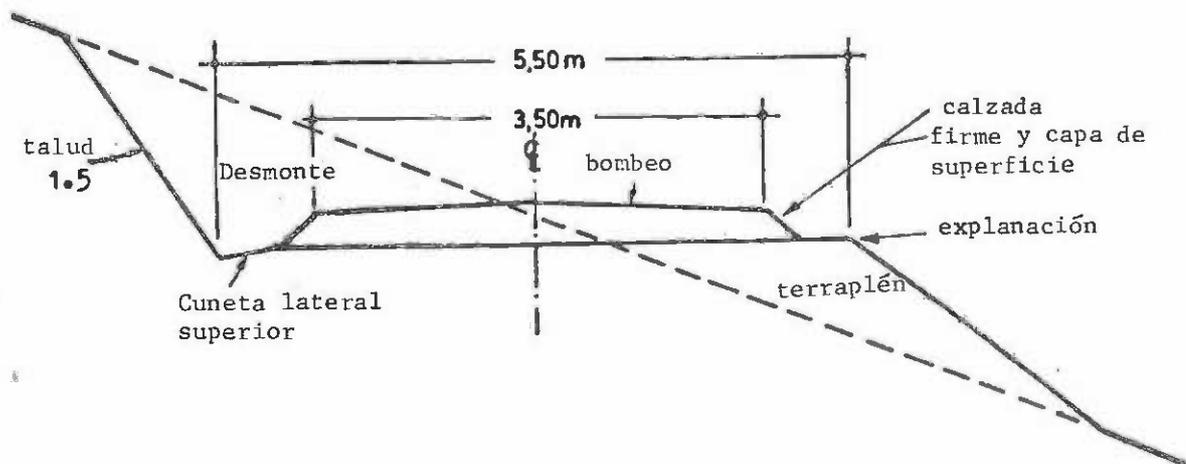


Fig. 9 - Sección transversal

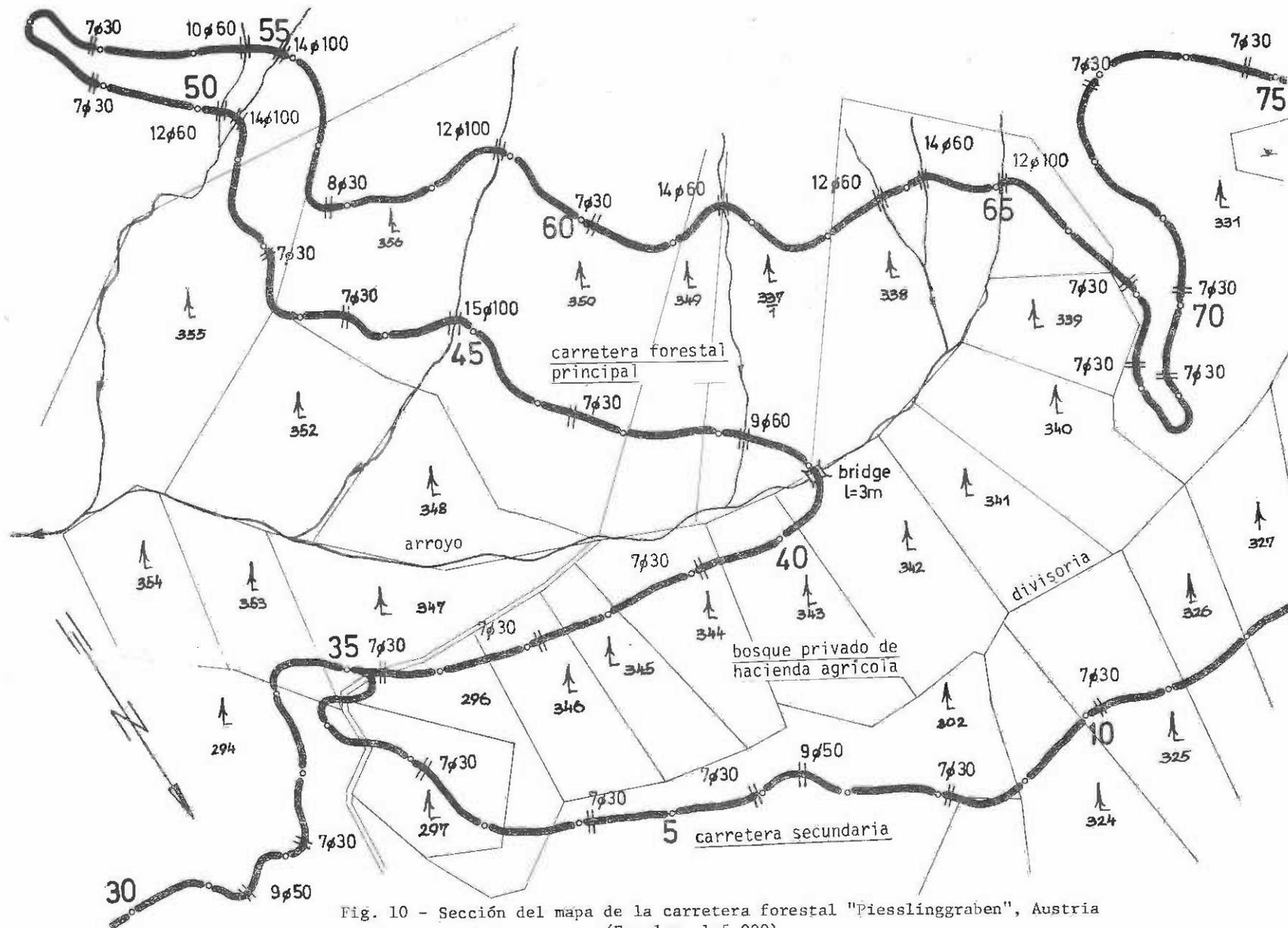


Fig. 10 - Sección del mapa de la carretera forestal "Piesslinggraben", Austria  
(Escala: 1:5 000)

No se suele dibujar un perfil de la línea de pendientes, si se hace un dibujo correcto, directamente en el campo, de todos los puntos de referencia verticales. Se prepara únicamente un cuadro en forma de perfil longitudinal escrito, tal como se indica a continuación:

Estaquilla	Situación (hm)	Distancia d (m)	Pendiente g (%)	Notas

### 2.2.2 Informe técnico

Este informe contiene:

- descripción del área forestal (situación, condiciones geológicas, topografía, dimensión, datos forestales)
- sistema existente de transportes (métodos de explotación y saca, transporte a larga distancia, costes)
- sistema de transporte a desarrollar
- descripción del proyecto
- construcción (maquinaria, equipos, métodos, organización)
- perfil longitudinal escrito

Aunque todo lo dicho hasta ahora se refiere sobre todo a los aspectos técnicos del trazado de una carretera forestal y a la preparación del terreno para su construcción, el ingeniero especializado en carreteras generalmente tiene que "preparar el terreno" en otro sentido, esto es, "calcular el costo de la actividad" tal como se explica a continuación.

### 2.2.3 Valoración de los costes de construcción

Los costes de la construcción mecanizada de carreteras forestales son bastante parecidos, a pesar de las grandes diferencias en cuanto a condiciones locales. Dentro de ciertos límites, son comparables los costes del movimiento mecanizado de tierras y el transporte.

Sin embargo, las condiciones locales influyen en el rendimiento económico. En países con jornales baratos y situación de subempleo, la maquinaria y los equipos modernos son relativamente muy caros, especialmente en lo que se refiere a los precios crecientes del combustible. En estos casos puede ser aún la mejor solución la construcción a mano o sólo parcialmente mecanizada. En un método de construcción mixto la mayor parte del movimiento de tierras se hace a máquina, y sólo el movimiento menor de tierra (ej. conformación de taludes de desmonte, desagüe, alcantarillas) se hace a mano.

#### 2.2.3.1 Costes del trabajo preliminar

##### Limpieza de la faja de paso de la carretera

Los costes de la corta rasa de la faja de paso de la carretera no suelen asignarse al coste de construcción cuando se puede utilizar la madera. La faja debe limpiarse de ramas y matorral, dentro de los límites de la zona despejada depositando el material en el borde inferior de la calzada.

### Voladura previa de tocones

Si se dispone de explosivos, se recomienda volar previamente todos los tocones de diámetro superior a 40 o 50 cm, especialmente en regiones llanas. En laderas sólo se vuelan los tocones próximos a la línea de pendientes. El coste medio por tocón es de unos 4 a 6 dólares EE.UU. La voladura de tocones no es económica si se utiliza una explanadora pesada (por ejemplo, Caterpillar D8).

### Desagües

Las zonas húmedas deben desaguar mediante un sistema de drenaje en espina de pescado varias semanas antes de comenzar el movimiento de tierras. El coste medio normal por metro es de unos 0,8 a 2,0 dólares EE.UU.

### 2.2.3.2 Costes del movimiento de tierras

Las explanadoras con hojas en A o en S son aún las máquinas más importantes en la construcción de carreteras forestales. Estas máquinas combinan un alto rendimiento con un reducido coste de producción. Sin embargo, en terrenos muy inclinados las explanadoras ocasionan un daño considerable por el material que arrojan lateralmente. Por ello, a fin de atender a las exigencias de la protección ambiental, se están empleando cada vez más, en terrenos de montaña, excavadoras hidráulicas.

Pueden aplicarse diversos métodos para calcular los costes del movimiento de tierras:

- a) calculando el volumen, por medio de los taludes laterales y las secciones transversales tipo que pueden diseñarse fácilmente para diversas clases de explanación (véanse las figuras 11 A y B para ejemplos atribuidos a Hafner). Los costes se calculan basándose en el volumen total y el coste por metro cúbico;

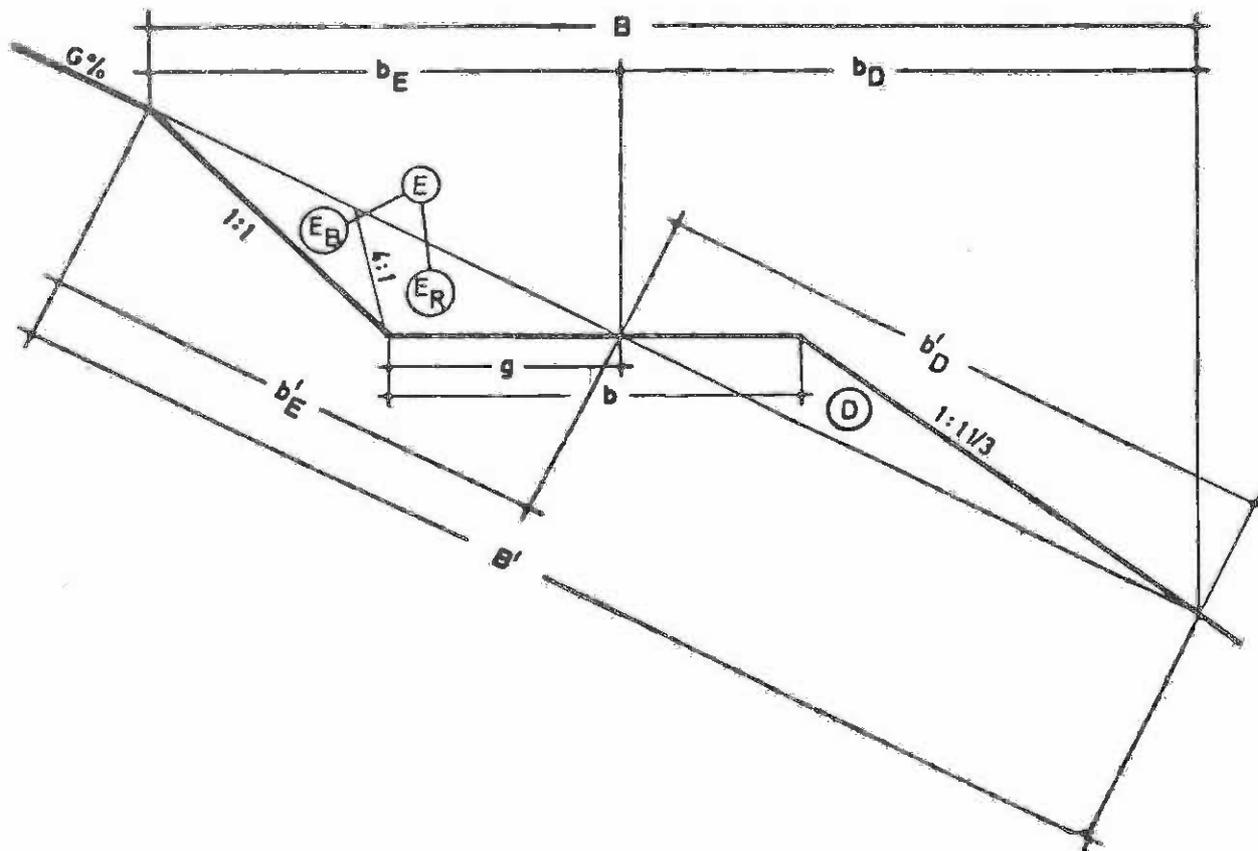


Figura 11 A. Sección transversal (perfil del talud) en tierra - Ejemplo para  $b = 4$  m (ref. a Hafner)

Tierra

G %	g m	b m	$E$ m <sup>3</sup> /m	$E_R$ m <sup>3</sup> /m	$E_B$ m <sup>3</sup> /m	$b_E$ $b'_E$ m	$b_D$ $b'_D$ m	$B$ $B'$ m
20	2,70	5,30	0,91	0,77	0,14	3,35 3,40	3,65 3,70	7,00 7,10
30	2,70	5,30	1,56	1,18	0,38	3,85 4,05	4,30 4,50	8,15 8,55
40	2,30	4,40	1,76	1,17	0,59	3,85 4,15	4,50 4,85	8,30 9,00
50	2,30	4,20	2,64	1,51	1,13	4,60 5,15	5,80 6,50	10,40 11,70
60	2,40	4,10	4,32	2,03	2,29	6,00 7,00	8,75 10,20	14,80 17,20
70	2,70	4,00	8,50	3,09	5,41	9,00 11,00	19,70 24,00	28,70 35,00

Fig. 11 A. Cálculo de los costes de movimiento de tierras: tierra

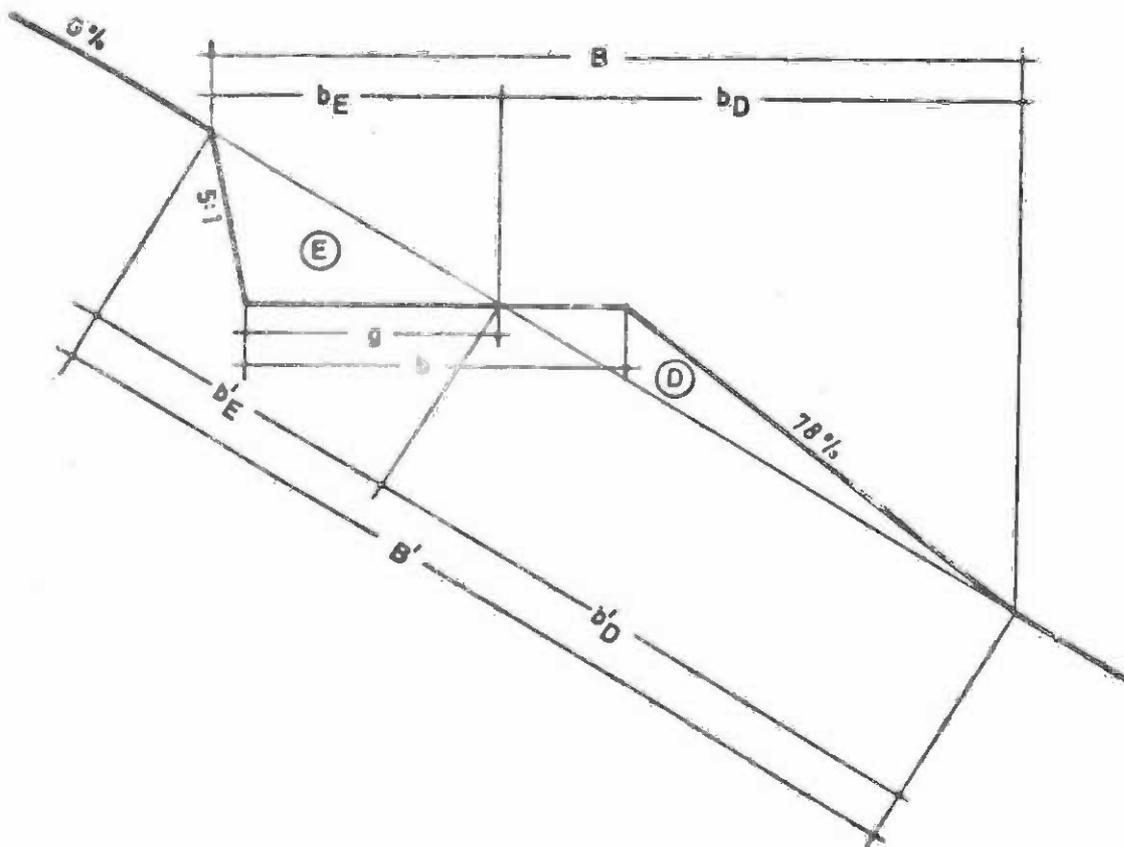


Fig. 11 B. Sección transversal (perfil del talud) en roca - Ejemplo para  $b = 4$  (ref. Hafner)

Roca

G %	g <sub>m</sub>	b <sub>m</sub>	m <sup>3</sup> <sub>E</sub> /m	b <sub>E</sub> b' <sub>E</sub> m	b <sub>T</sub> b' <sub>T</sub> m	B B' m
40	2,50	4,50	1,36	2,70 2,95	4,00 4,35	6,75 7,30
50	2,50	4,20	1,74	2,80 3,10	4,75 5,30	7,55 8,40
60	2,60	4,00	2,30	2,95 3,45	6,20 7,25	9,20 10,70
70	3,00	4,10	3,66	3,50 4,25	10,90 13,30	14,40 17,60
80	4,00	4,00	7,62	4,80 6,10	00	5 + 6,5 +
90	4,00	4,00	8,78	4,90 6,60	00	5 + 7 +
100	4,00	4,00	10,00	5,00 7,10	00	5 + 7,5 +

Fig. 11 B - Cálculo de los costes de movimiento de tierras: roca

- b) Calculando el volumen medio por metro, dependiendo del talud lateral medio. Los costes se calculan como en (a).
- c) Calculando el coste medio de máquina, por metro, basándose en datos empíricos locales.

Cuadro 1

Producción y costes medios de una explanadora de tipo medio (peso 12-16 Tm) en la construcción de una carretera forestal secundaria en las montañas de Austria

Coste de máquina por hora productiva: 35-40 dólares EE.UU.

	Condiciones del terreno		
	Sencillas	Medias	Difíciles
Talud lateral medio en %	30	50	70
Producción en metros/hora	12 - 15	9 - 12	6 - 9
Coste por metro en dólares EE.UU.	2,5 - 3	3 - 4	4 - 6
Coste por m <sup>3</sup> de movimiento de tierras en dólares EE.UU.	1,25	1,1	0,9

Las motoniveladoras (peso medio de 10-14 Tm) se emplean en la construcción de carreteras forestales, sobre todo para dar forma a los taludes, perfilar y desaguar. La habilidad y la experiencia del operario influyen mucho en la producción.

La producción media conformando los perfiles finales y los desmontes está entre los 50 y 100 metros lineales por hora. Los costes son del orden del 0,5 a 1 dólar EE.UU. por metro.

### 2.2.3.3 Barrenado y voladura de rocas

El barrenado de rocas en terrenos difíciles se realiza en Austria con máquinas perforadoras neumáticas de gran potencia. Los compresores pequeños con martillos manuales se emplean para trabajos de roca parciales o menores.

Los costes de voladura dependen del tipo de roca y del porcentaje de ésta en la sección transversal (volumen de roca por m), así como del equipo.

Los costes medios de barrenado y voladura son actualmente de 3,5-5 dólares EE.UU. por m<sup>3</sup>.

### 2.2.3.4 Desagües

Las carreteras forestales con una pendiente máxima del 10 por ciento se drenan por medio de cunetas por el lado de la montaña y de alcantarillas de hormigón. En Austria hay tubos de hormigón prefabricado a precios relativamente reducidos que se transportan en camión al lugar de construcción.

Si no se dispone de tales tubos o son demasiado caros, se pueden construir directamente en el lugar alcantarillas a base de madera o de planchas de hormigón. Incluso pueden emplearse bidones usados soldados entre sí. Si no se dispone de material adecuado para alcantarillas, hay que desaguar la cuneta lateral superior mediante lomos de desviación sencillos hechos en la capa de superficie a base de madera.

En zonas con intensas precipitaciones anuales y tormentas hay que planificar y construir esmeradamente el sistema de desagües para proteger la carretera contra su erosión y destrucción.

En Austria los tubos de hormigón prefabricado para alcantarillas son de 1 m de longitud y tienen los siguientes pesos y precios:

Diámetro en cm (longitud 1 m)	Peso en kg por m	Precio en el lugar de construcción en dólares EE.UU. por m
30	100	6
50	270	13
60 reforzado	610	35
80 " "	1 000	53
100 " "	1 700	80

Los tubos de hormigón para alcantarillas suelen colocarse en Austria mediante excavadoras hidráulicas. El coste depende de su diámetro y del tipo de subsuelo, pudiendo estimarse como promedio de unos 10 a 15 dólares EE.UU. por m lineal. El pozo y el enchado de una alcantarilla puede calcularse en unos 25-40 dólares EE.UU.

Estos tubos empleados en la construcción de carreteras forestales, tienen sólo diámetros hasta de 1 m. Los tubos especialmente reforzados tienen diámetros hasta de 1,5 m pero son muy pesados.

Una solución intermedia entre una alcantarilla y un puente pequeño es una alcantarilla de chapa ondulada de acero. Este material se produce en diversos tamaños para distintos sistemas y diámetros y se acopla en el lugar de trabajo.

Estas alcantarillas son caras, pero son convenientes para lugares de construcción difíciles e inaccesibles. El precio para alcantarillas de 1,5 a 3 m de diámetro es de unos 250-600 dólares EE.UU. por m lineal.

### 2.2.3.5 Firme o base

La cantidad del material del firme depende de la capacidad de resistencia del subsuelo, de la anchura de la calzada y de la calidad del propio material. En suelos arcillosos y limosos, de poca resistencia, los gastos en material de base pueden ser hasta del 60 por ciento del coste total.

Material necesario para el firme de una calzada de 3,5 m de anchura  
(datos empíricos para las condiciones austríacas)

Subsuelo	arcilla/limo	limo/arena	arena/piedra
Capacidad de resistencia	baja	media	alta
Material de base (m <sup>3</sup> )	2,5 - 3	1,5 - 2	0,5 - 1

Es muy importante para una construcción económica el encontrar depósitos de grava lo más cerca posible del trazado de la carretera, porque los costes de transporte son elevados. Si se puede explotar un pozo de grava o una cantera a lo largo de la carretera a construir, el coste puede reducirse considerablemente.

El material para el firme se carga desde el depósito en camiones basculantes pesados por medio de un cargador sobre orugas, de un cargador de rueda o de una excavadora hidráulica. La producción media de carga es de unos 40-50 m<sup>3</sup> por hora en condiciones medias. El coste es de 0,6-1 dólares EE.UU. por m<sup>3</sup>.

La capacidad normal de carga de los camiones basculantes de dos o tres ejes es de 6-10 m<sup>3</sup> por camión. El coste medio de transporte asciende a unos 0,5-0,6 dólares EE.UU. por m<sup>3</sup> y km para distancias entre 10 y 20 km.

El material se descarga en la explanación de las carreteras y se extiende y conforma con pequeñas explanadoras o motoniveladoras. Los costes son de unos 0,4-0,5 dólares EE.UU. por m<sup>3</sup>.

La nivelación final y compactación del firme y la capa de superficie se hace con motoniveladora y rodillo vibrador.

Máquina	Producción (m por hora)	Costo en dólares EE.UU. por m
Niveladora	150 - 250	0,3 - 0,4
Rodillo vibrador	80 - 100	0,4 - 0,5
Coste total		0,7 - 0,9

2.2.3.6 Obras de fábrica y otros elementos

Los puentes, las grandes alcantarillas y las obras de fábrica especiales (muros de contención, revestimientos con armazón de madera) se calculan por separado. La planificación y la supervisión representan el 5% del coste total. Debe asignarse un 10 por ciento del coste total a gastos imprevistos.

Partidas	Unidades	Precio por unidad	Costes
1. Preparación (corta y limpieza, voladura previa de tocones)			
2. Movimiento de tierras			
3. Voladura de rocas			
4. Desagües (alcantarillas, lomos de desviación, cunetas)			
5. Construcción del firme (tendido del firme, nivelación, compactación)			
6. Obras de fábrica			
7. Planificación y supervisión	5%		
8. Gastos imprevistos	10%		

Fig. 12 - Modelo de cálculo del ingeniero

Cuadro 2

Resumen del coste de carreteras forestales en Austria

Datos empíricos promedios para terrenos fáciles y medios en dólares EE.UU. por m lineal

Clase de carretera	Capacidad de resistencia del subsuelo		
	baja	media	alta
Carretera principal	26 - 30	17 - 19	11 - 13
Carretera secundaria	23 - 26	13 - 15	8 - 10
Camino de madereo		1,5 - 4	

REFERENCIAS

FAO. Glosario multilingüe de la ciencia del trabajo forestal, Roma.

FAO. La explotación maderera y el transporte de trozas en el monte alto tropical, Roma.

Hafner, F. Construcción de carreteras forestales, Viena (alemán) 1971.

Heinrich, R. Problems of forest road construction in tropical high forests, FAO Technical Report, Roma. 1976

Sedlak, O. Detailed planning of forest roads in practice, FAO Technical Report, Roma. 1978



Tractor de gran potencia realizando el trabajo de explanación de una carretera  
(Foto: O. Sedlak)



Martillo perforador de rocas, montado sobre tractor utilizado en la construcción de carreteras forestales de montaña (Foto: E. Pestal)

EL EMPLEO DE MAQUINARIA EN LA CONSTRUCCION DE CARRETERAS FORESTALES CON ESPECIAL HINCAPIE EN LA VOLADURA DE ROCAS EN ZONAS DE MONTAÑA

por

Willibald Blaha  
Forstabteilung,  
Niederösterreichische Landes-Landwirtschaftskammer 1/

1. INTRODUCCION

La construcción moderna de carreteras forestales por parte de la Cámara de Agricultura comenzó hace cerca de 26 años en la provincia de la Baja Austria, que es la mayor provincia federal en el nordeste de Austria. Estas carreteras se construyeron sobre todo para servir a los propietarios de pequeños bosques privados (hasta 400 ha) en zonas de colinas y en áreas de montaña. Desde aquellos tiempos el empleo de maquinaria ha cambiado de forma continua y de manera considerable. En los primeros tiempos de la construcción mecanizada de carreteras en Austria, sólo se emplearon explanadoras angulares. Estas máquinas eran militares y fueron abandonadas después de la Segunda Guerra Mundial. Los forestales austríacos comprendieron las ventajas de estas máquinas para la puesta en comunicación de los bosques mediante la construcción mecanizada de carreteras, y desarrollaron nuevos métodos de planificación apropiados para la enorme capacidad de construcción de estas máquinas.

2. PROGRESO DE LA CONSTRUCCION DE CARRETERAS FORESTALES

Al principio se utilizaron explanadoras angulares de tamaño pequeño o mediano (de 8 a 10 tm) para hacer la explanación de las carreteras, para la excavación de la grava necesaria para el firme de la carretera y para la primera conformación de ésta. La formación de taludes, la construcción de alcantarillas, la excavación de cunetas y la carga del material para el firme de la carretera exigían mano de obra. Había que transportar el material de base mediante carros tirados por caballos o con tractores agrícolas. El equipo y el personal de construcción de la carretera consistían en una explanadora angular y un conductor, hasta 20 obreros sin especializar, una serie de carros y tractores agrícolas y, en terreno rocoso, 1 o 2 compresores que accionaban barrenas neumáticas. En la actualidad las circunstancias económicas exigen una rápida realización de accesos a los bosques. Con el avance hacia terrenos cada vez más difíciles, la falta de mano de obra motivada por la emigración a zonas industriales, y el alto nivel de mecanización de los métodos de construcción de carreteras, la participación de los costes de equipo se ha elevado desde el 50 por ciento hasta cerca del 95% de los costes totales de construcción de carreteras.

3. SITUACION ACTUAL

En la actualidad se emplean diferentes clases de equipos de construcción de carreteras, dependiendo del terreno y de los factores geológicos, como se indica a continuación:

Situación A

Las condiciones topográficas no son difíciles, las pendientes no son demasiado inclinadas y la proporción de roca es reducida:

Explanadora angular	16 t, 120 kw	explanación, conformación de taludes
Excavadora ligera	7 t, 50 kw	cunetas laterales, alcantarillas pequeñas
Niveladora	12 t, 100 kw	cunetas (sección en V), perfilado
Capataz u obrero especializado		dirección del trabajo y manejo de los equipos, operaciones de voladura
Trabajadores no especializados:	1 - 2	barrenado, ayuda a los operarios

1/ Dirección Forestal, Cámara de Agricultura, Baja Austria.

Si es necesario:

Compresor, que acciona 1 o 2 barrenas neumáticas; potencia de aire 2-2,5 m <sup>3</sup> /min; 6 bar	0,8 t, 20 kw	operaciones menores de barrenado
Excavadora pesada (accionada hidráulicamente)	18 t, 50 kw	grandes alcantarillas, construc- ciones protectoras a base de grandes piedras

Situación B

Terreno difícil, laderas fuertemente inclinadas y rocosas, hay que hacer curvas de tambor:

Excavadora-transportadora	17 t, 110 kw	explanación, conformación de taludes, terraplenado y depósito de los escombros de coladura
Excavadora ligera	7 t, 50 kw	cunetas laterales, alcantarillas pequeñas
Niveladora	12 t, 100 kw	cunetas (sección en V) perfilado
Excavadora pesada (accionada hidráulicamente)	18 t, 50 kw	curvas de tambor
Taladradora de roca, montada sobre tractor de cadenas; potencia de aire 8,5 m <sup>3</sup> /min; 10 bar	15 t, 95 kw	grandes operaciones de voladura
Capataz	15 t, 95 kw	grandes operaciones de voladura
Trabajador especializado (minador):	1	dirección del trabajo
Trabajadores sin especializar	2-3	voladura, construcciones pro- tectoras
		barrenado, ayuda a los operarios.

Situación C

Condiciones de terreno extremadamente peligrosas debido a la fuerte inclinación de las pendientes, constituidas por roca compacta; deben evitarse los daños a las masas forestales y a instalaciones públicas y privadas.

Excavadora pesada (accionada hidrau- licamente)	18 t, 50 kw	apertura de la explanación me- diante zanjas sucesivas, cons- trucción de muros en seco for- mados por grandes bloques de piedra, para retener el material desprendido de la ladera superior y/o mediante la carga de camiones basculantes con el material sobrante.
Barrenado de roca (igual que anteriormente)		
Minador:	1	
Trabajadores sin especializar	1-2	
Camiones basculantes (si es necesario)	25 t, 110 kw	para transporte longitudinal
Niveladora	12 t, 100 kw	perfilado.

#### Situación D

Para la ejecución del firme y de la capa de superficie de la carretera forestal:

Excavadora transportadora o	17 t, 110 kw	} carga y distribución de piedra y grava
Excavadora pesada (hidr.)	18 t, 50 kw	
Camiones pesados (3 ejes)	25 t, 110 kw	transporte
Excavadora-transportadora	11 t, 65 kw	nivelación del firme
Niveladora	10 t, 70 kw	nivelación de la capa de superficie
Rodillo vibrador	9 t, 95 kw	fuerte compactación de la carretera
Capataz		dirección del trabajo.

#### 4. CALCULO DE LA PRODUCCION Y COSTES DE LA CONSTRUCCION DE CARRETERAS

A continuación se dan algunos ejemplos de cálculos aproximados de costes:

##### Situación A

Con un rendimiento de construcción de 80 a 200 m por día de trabajo (10 horas) el coste sería de unos 4 700 a 16 000 dólares EE.UU. por km; promedio, 6 700 dólares EE.UU. por km.

##### Situación B

Con un rendimiento de construcción de 30 a 80 m por día de trabajo (10 horas) el coste sería de unos 16 700 dólares EE.UU. a 33 300 dólares EE.UU. por km; promedio, 23 300 dólares EE.UU. por km.

##### Situación C

Con un rendimiento de construcción de 50 a 70 m por día de trabajo (10 horas) el coste sería de unos 57 000 a 85 000 dólares EE.UU. por km; promedio, 70 000 dólares EE.UU. por km.

##### Situación D

Con un rendimiento de construcción de 170 a 250 m por día de trabajo (10 horas) el coste sería de unos 7 300 a 16 700 dólares EE.UU. por km; promedio, 10 700 dólares EE.UU. por km.

#### 5. BARRENADO Y VOLADURA DE ROCAS EN ZONAS DE MONTAÑA

Después de haber comunicado la mayoría de nuestros bosques situados en terreno suave, tenemos ahora que hacer accesibles para camiones aquellos bosques que están situados en lugares empinados y rocosos. En anteriores tiempos, entre las dos guerras mundiales, las trozas procedentes de estos lugares tenían que transportarse a largas distancias por medio de carros de caballos o de bueyes, trineos de madera o deslizaderos de madera que funcionaban por gravedad.

La necesidad de poner en comunicación nuestros bosques protectores es tanto una cuestión de producción de madera como de regeneración de las masas excesivamente viejas que se encuentran en estas zonas de montaña. Por ello es cada vez más fundamental la voladura de rocas.

No obstante, continúa el progreso de los métodos de barrenado y voladura y se practica extensamente en la construcción de carreteras forestales el barrenado mecánico de rocas mediante martillo interno, haciendo perforaciones de agujeros profundos. En la actualidad este método tiene ciertas ventajas respecto a otros, como el barrenado con martillo accionado a mano, el barrenado con martillo externo, y el barrenado giratorio.

Puede aplicarse en toda clase de rocas, como granito, caliza, dolomita, etc. La barrena para roca va montada sobre un tractor de cadenas o de ruedas; el aire necesario (8,5 m<sup>3</sup>/min, 10 bar) para accionar el martillo y expulsar lo proporciona un compresor que va montado sobre el vehículo transportador. Para una carretera de 5 m de anchura es suficiente barrenar horizontalmente un solo taladro, paralelo a la dirección de la carretera a construir, por el lado interno del desmonte a realizar, justo por encima de la base proyectada de la carretera, siempre que la pendiente del talud del terreno sea inferior al 70-80 por ciento. Si las pendientes son mayores del 70-80 por ciento y la base de la carretera es mayor de 5 m, puede necesitarse más de una perforación. Las barrenas montadas sobre máquina pueden perforar taladros de 10 a 15 m de longitud (80 mm de diámetro).

El rendimiento de estas barrenas montadas sobre máquinas, que no se fabrican en serie sino que las acoplan mecánicos especializados, varía de 5 a 30 cm/min. Como promedio se viene a tardar de hora y media a dos horas para un solo orificio de 10 m, incluyendo la colocación, el barrenado, su traslado a una posición segura y la voladura.

La columna de carga compuesta de cartuchos llenos de donarita gelatina (60 mm/700 mm) y de tubos de plástico rellenos de restos debe detonarse mediante un cordón de dinamita a partir del fondo del taladro; para detonar el cordón es necesario un detonador eléctrico.

Sin duda, para lograr una voladura con éxito y seguridad el mayor valor lo tiene el contar con un minador experimentado; sólo él será capaz de hacer los taladros apropiados y disponer la carga correcta a fin de evitar daños a la parte de la ladera situada por debajo de la carretera.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La utilización de excavadoras-transportadoras y excavadoras, en vez de explanadoras angulares, en la construcción de carreteras forestales, ha demostrado tener grandes ventajas. Si las condiciones del terreno son difíciles, el terraplenado y disposición de los escombros de voladura puede hacerse mediante estas máquinas con cuidado suficiente para evitar daños al medio situado por debajo de las carreteras forestales. Hay que destacar que el mismo forestal debe ser responsable de planificar y supervisar la construcción de la carretera forestal.

La construcción de carreteras forestales será al mismo tiempo económica y protectora del paisaje si el conjunto formado por el capataz, los operarios, los trabajadores especializados y el forestal llega a formar un equipo bien entrenado, coordinado y experimentado.

Una de las principales tareas del forestal responsable puede ser la capacitación permanente de este equipo. Una gran eficacia y velocidad de trabajo pueden constituir una gran tentación para el forestal y su equipo, de perturbar el paisaje y dañar gravemente los recursos naturales. Por ello, deben tener en cuenta siempre que la construcción de carreteras no es un fin en sí misma. Por el contrario, su finalidad es ayudar a unos buenos métodos forestales.

## 7. RESUMEN

Desde un punto de vista ideal, en lugar de utilizar una máquina para todo, en la construcción de carreteras forestales debe emplearse una combinación de máquinas más especializadas. Esto exigirá una planificación eficaz, una buena supervisión y un equipo humano permanentemente bien capacitado.

APLICACION PRACTICA DE LOS METODOS DE ENSAYO DE SUELOS  
A LAS CARRETERAS FORESTALES

por

Johann Eisbacher  
Porstliche Bundesversuchsanstalt 1/

1. INTRODUCCION

Las carreteras forestales, para servir a su finalidad, tienen que soportar cargas de madera en los tiempos requeridos y a velocidades apropiadas.

En las carreteras principales, que pueden tener una o dos direcciones, se transportan cargas de madera de 500-5 000 m<sup>3</sup> anuales a velocidades de hasta 40 km/h. Estas carreteras tienen también por finalidad la comunicación de terrenos arbolados de carácter recreativo. Por lo tanto, tienen que servir también para un tráfico privado que va a velocidades de hasta 60 km/h. Las cargas por eje que cabe esperar pueden ser del orden de las 16 tm, pues estas carreteras las utilizan también conjuntos de camión y remolque que tienen un peso total de 38 tm.

Las carreteras de aprovisionamiento tienen que soportar cargas de hasta 500 m<sup>3</sup> anuales de madera a una velocidad de hasta 20 km/h, sirviendo únicamente para dar entrada al bosque. No obstante, hay que tenerlas en cuenta al elaborar los planes de construcción. Los caminos de arrastre son accesibles únicamente para vehículos de todo terreno, trineos, carros de caballos, y otros elementos análogos, y se utilizan empleándose periódicamente.

Si el material local de construcción de carreteras tuviera poca resistencia, serían necesarias unas capas de refuerzo de material cribado o natural a base de grava o arena, mezclado con aglutinantes (alquitrán, cemento). Las carreteras de aprovisionamiento pueden reforzarse algo y ser accesibles durante todo el año o no reforzarse y ser accesibles sólo temporalmente. El segundo tipo (carreteras de buen tiempo) sólo puede soportar camiones cuando la superficie está seca o helada.

Las carreteras forestales deben ser suficientemente resistentes a las influencias mecánicas, climáticas y bacteriológicas. Sólo se pueden garantizar unos métodos de construcción apropiados y una buena seguridad de tráfico si se dispone de los datos que proporcionan los métodos de ensayo de suelos, que ayudan a determinar la calidad y estabilidad de una carretera. Tales datos tendrán una influencia decisiva en los métodos de excavación empleados en un cierto proyecto. Hay procedimientos sencillos que permiten realizar ensayos de suelos sin dispositivos especiales y métodos laboriosos y complicados que dan una descripción exacta de los suelos y de sus cualidades mediante datos o curvas de referencia. La mayoría de los métodos consisten en sistemas normalizados. Los ensayos deben ser realizados siempre por expertos a fin de obtener datos dignos de confianza.

Como hay un número tan grande de métodos de ensayo de suelos sólo se van a mencionar en este artículo los más importantes, no describiéndose en detalle cada uno de los pasos. Además, sólo se describen los métodos de estabilización mecánica ya que son los que se utilizan con más frecuencia en la construcción de carreteras forestales. La estabilización con cal, alquitrán, cemento y sustancias químicas tiene menos importancia. La estabilización mecánica consiste en aumentar el rozamiento interno mediante una mejor distribución de los tamaños de los granos del suelo y su compactación.

En el lugar de construcción un experto en mecánica del suelo clasifica visualmente los suelos de acuerdo con sus propiedades. En los ensayos de campo se analiza el suelo y se describen sus propiedades. Sin embargo, aunque es importante este análisis aproximado, no es suficiente para una evaluación exacta. Sólo se pueden obtener datos de confianza a partir de ensayos mecánicos. Para una evaluación exacta de los resultados de los ensayos, es importante conocer si las muestras ensayadas consistían en suelo natural e inalterado, en suelo más o menos alterado, o en material amasado. Los ensayos se realizan o en un laboratorio de campo en el lugar de construcción o en un laboratorio normal.

1/ Instituto Federal de Investigación Forestal, Viena.

## 2. CLASIFICACION APROXIMADA DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO

Los métodos visuales y manuales sirven para una clasificación aproximada.

### 2.1 Métodos visuales

Se calculan los tamaños, pesos y porcentajes de los granos y se anotan los colores por medio de métodos visuales.

#### a) Fracciones del suelo

Se toman en la mano muestras de suelo o se extienden sobre una superficie apropiada. Se comparan entonces las partículas con un cuadro de referencia o con objetos de uso diario. Se emplean las siguientes categorías:

- |               |   |
|---------------|---|
| Piedra:       | granos mayores que un huevo de gallina  |
| Grava:        | menores que un huevo de gallina y mayores que la cabeza de una cerilla                      |
| Arena gruesa: | menores que la cabeza de una cerilla, hasta granos apenas observables a simple vista        |
| Arena fina:   | el limo y la arcilla no se observan a simple vista; por ello es necesario un ensayo manual. |

#### b) Color

El verdadero color del suelo sólo se puede determinar a plena luz del día y si se ha excavado recientemente. Los cambios de color resultantes de la exposición al aire deben registrarse. El color oscuro del suelo es importante porque indica la presencia de partículas orgánicas.

### 2.2 Métodos manuales

Por medio de ensayos sencillos, con la mano y los dedos, se pueden determinar las fracciones de grano grueso y fino y la plasticidad del suelo.

#### 2.2.1 Estabilidad en estado seco

Las muestras, secadas al sol, al aire o a la estufa, ofrecen diversa resistencia a la presión de los dedos; esto indica claramente la estabilidad del suelo en estado seco. Estabilidad nula, si la muestra se desmenuza con un toque ligero; estabilidad elevada, si sólo se puede romper la muestra presionándola entre los dedos.

#### 2.2.2 Ensayo mediante presión en la mano

Por medio de este método se determina la reacción del suelo al presionarlo especialmente en los suelos limosos.

La muestra debe tener el tamaño de una nuez y estar húmeda. Se aprieta dentro de la mano. Cuando el agua aparece en la superficie, la muestra se pone brillante. Bajo la presión de los dedos, el agua desaparece de nuevo; al aumentar la presión la muestra comienza a desmenuzarse. Al apretarla de nuevo las partículas se vuelven a unir y se puede repetir el ensayo. El tiempo que tarda en aparecer y desaparecer el agua en la superficie mediante presión es un indicador de las propiedades del suelo.

### 2.2.3 Ensayo de amasado

Por medio del amasado se puede determinar la plasticidad del suelo y su contenido en limo y arcilla.

Sobre una superficie plana se arrolla un poco de suelo, pastoso pero no pegajoso, haciendo una barrita de unos 3 mm de diámetro. Se amasa de nuevo haciendo un pelotón. El arrollar y amasar ocasiona una pérdida de agua. El suelo tiene:

- a) plasticidad baja, si no se puede lograr un pelotón cohesivo al amasar la barrita;
- b) plasticidad media, si el pelotón se deshace bajo la presión de los dedos;
- c) plasticidad elevada, si el pelotón se puede amasar sin deshacerse.

### 2.2.4 Ensayo de frotamiento

Este método sirve para estimar la proporción de arena, limo y arcilla.

Se frota una pequeña muestra entre los dedos, a veces bajo el agua. La proporción de granos de arena puede estimarse por su grado de aspereza, por lo que cruje y raspa. Los suelos arcillosos son untuosos y pegajosos a los dedos; cuando están secos no se separan sin lavarlos. Los suelos limosos son suaves y harinosos al tacto y se les puede llevar el viento cuando están secos.

### 2.2.5 Ensayo de corte

En este ensayo se corta con un cuchillo una muestra de suelo húmedo; si la superficie de corte es brillante, el contenido de arcilla es elevado. Una superficie mate indica limo o limo arcilloso-arenoso de escasa plasticidad.

Para investigar los elementos orgánicos del suelo y el grado de descomposición de las partículas orgánicas, un experto en ensayos debe fundir y comprimir la muestra.

## 3. ENSAYOS EXACTOS

### 3.1 Determinación del contenido de agua

El contenido en agua determina la calidad de un suelo e influye decisivamente en características tales como la capacidad de compactación, su capacidad de carga y la resistencia a la helada. El contenido en agua se expresa por el peso del agua intersticial como proporción del peso de partículas después de secarlo a 105°C.

$$\text{Contenido en agua}_u = \frac{M_u - M_d}{M_d} \times 100$$

$M_u$  = peso de la muestra sin secar

$M_d$  = peso de la muestra secada al horno

#### 3.1.1 Secado al horno

El secado del suelo al horno es el método más seguro y, por ello, el más frecuentemente utilizado. Se seca la muestra en un secador hasta que su peso permanece constante y después se enfría hasta la temperatura ambiente. A continuación se pesa. Las balanzas deben tener una precisión del 0,1% del peso de la muestra, siendo la máxima diferencia permisible de 0,05 grs.

Las muestras grandes no se pueden pesar en balanzas de precisión y tienen demasiado volumen para el secador. Por ello, se utilizan balanzas más sencillas, determinándose el peso en seco cuando la muestra está todavía caliente, tolerándose errores de peso hasta de  $\pm 10$  grs.

El tamaño elegido para las muestras depende del tipo de suelo a ensayar, debiendo ser del orden de 10 - 10 000 grs para limos, arenas gruesas y gravas.

3.1.2 Ensayo con carburo cálcico

Se examinan muestras más pequeñas en cuanto a su contenido en agua, en el lugar de construcción. La muestra, pesada con exactitud, se pone en una botella de acero, añadiendo una ampolla con una cierta cantidad de carburo cálcico y varias bolas de acero. La tapa de la botella lleva un manómetro. Mediante una sacudida violenta se rompe la ampolla y el carburo cálcico se mezcla con la muestra de suelo, produciéndose una mezcla de acetileno y aire. Cuando la mezcla de gas permanece constante se anota la presión y se determina el contenido de agua por medio de una tabla. Otros métodos de determinación del contenido de agua utilizan picnómetros de aire y miden el peso por inmersión. Son métodos poco frecuentes los de calentamiento por rayos infra-rojos y quema de pequeñas muestras.

3.1.3 Ensayo con gasolina

Se utiliza este método para el ensayo de suelos de grano grueso como los de arena gruesa y arena. Se pesa una muestra reciente y se extiende en un recipiente metálico. Se vierte seguidamente la gasolina sobre la muestra y se revuelve la mezcla con una barra de hierro. El calor de combustión seca la muestra; a continuación se pesa la muestra seca y, en base a la diferencia de peso, se determina el contenido de agua.

3.2 Determinación del estado del suelo

Los límites de suelos de Atterber, que son índices para suelos coherentes, constituyen importantes datos de referencia para determinar la plasticidad y la capacidad de compactación de los suelos. Estos límites indican los puntos en que tiene lugar la transición de un estado a otro, expresándose en tanto por ciento de contenido de agua.

límite líquido o de fluidez  $w_f$  : transición del estado líquido al plástico

límite de arrollamiento o plasticidad  $w_a$  : transición del estado plástico al semisólido

límite de contracción : transición del estado semisólido al sólido

Por debajo de este límite, una disminución del contenido de agua no ocasiona un cambio significativo de volumen.

La plasticidad  $w_{fa}$  indica el estado en que el suelo es amasable. El índice de plasticidad se expresa en porcentaje e indica la diferencia entre el límite líquido y el límite de arrollamiento ( $w_{fa} = w_f - w_a$ ). El estado del suelo depende de su contenido natural de agua ( $w_n$ ) y puede calcularse con la ayuda de un índice ( $k_w$ ) en la forma siguiente:

$$k_w = \frac{w_f - w_n}{w_{fa}}$$

$k_w$  - estados:

- $< 0$  ..... líquido
- 0 ..... límite líquido
- 0 - 0,50 .... viscoso
- 0,50 - 0,75.. blando
- 0,75 - 1,00.. duro
- 1,00 ..... límite de arrollamiento
- $> 1,00$  ..... semi-sólido/sólido

Con el fin de determinar los límites de plasticidad de un suelo se dibujan en un cuadro de acuerdo con el diseño de A. Casagrande, los valores del límite líquido y del índice de plasticidad.

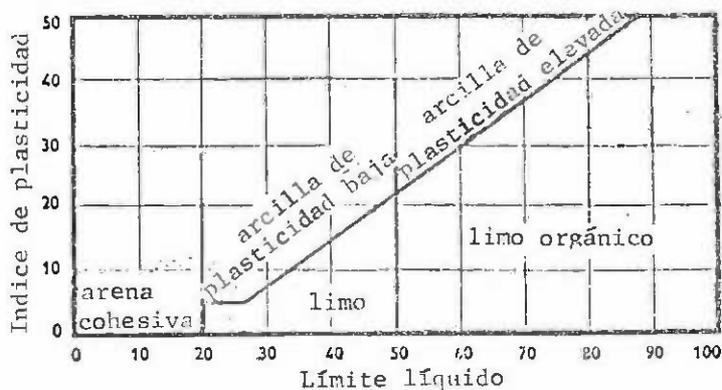


Fig. 1 - Diagrama de plasticidad

A partir de los valores calculados y de la representación gráfica, puede examinarse la plasticidad del tipo de suelo, determinándose con facilidad su capacidad de compactación. En la práctica, el límite líquido se determina por medio del método ideado por Casagrande. Se colocan en una serie de tazas muestras con tamaños de granos menores de 0,4 mm y distintos contenidos de humedad. Seguidamente se hace un pequeño surco en las muestras. Se cuelgan las tazas en un dispositivo que se hace girar mediante una manivela. Las tazas golpean contra el suelo hasta que se cierra el surco. El número de golpes y el contenido de agua se anotan en una hoja de registro. Se combinan los cuatro o seis valores resultantes y se expresa en tanto por ciento el contenido de agua después de 25 golpes.

Se arrollan las muestras sobre una superficie que absorbe el agua, hasta un espesor de 3 mm (límite de arrollamiento). El proceso se repite hasta que la muestra empieza a desmenuzarse, determinándose el contenido de agua de las partículas.

### 3.3 Determinación de la composición granulométrica

El tamaño de los granos se calcula mediante el diámetro de una esfera que pueda pasar por la misma criba que los granos y que tenga la misma velocidad de sedimentación en el agua. El valor de la distribución de los granos indica la proporción de los diversos tamaños de granos existentes en un suelo determinado. La distribución granulométrica se representa gráficamente mediante una curva.

Este análisis mecánico se emplea para determinar la composición de un suelo natural o del material para el firme. La muestra se pasa por una serie de cribas, fraccionándola de esta forma.

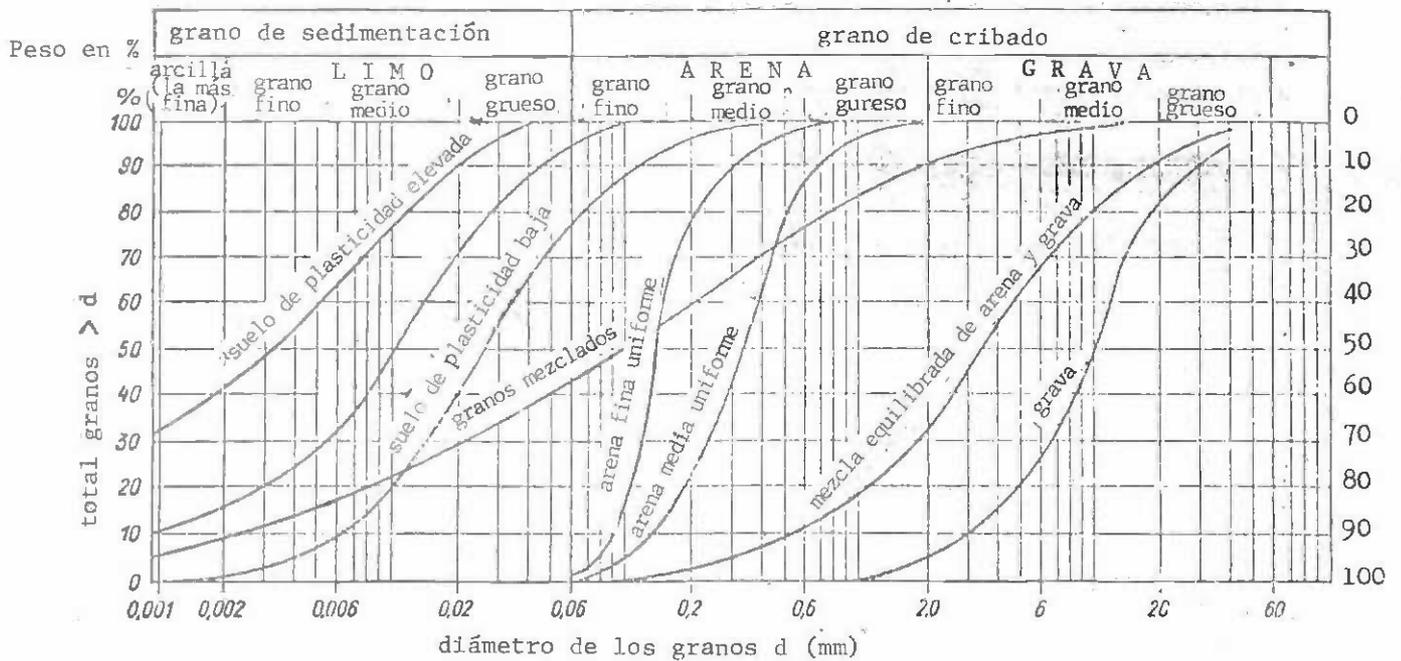


Fig. 2 - Curvas características de distribución granulométrica

Hay dos grupos principales:

- a) Granos de sedimentación, con partículas de arcilla de menos de <math>0,002\text{ mm}</math> y lúmo con un diámetro de <math>0,002\text{ a }0,06\text{ mm}</math>. El tamaño y la distribución de los granos vienen determinados por el análisis de la sedimentación en agua.
- b) Granos de cribado, con un tamaño de granos de arena de <math>0,06\text{ a }2,0\text{ mm}</math> y un tamaño de granos de grava de <math>2,0\text{ a }60\text{ mm}</math>. El tamaño y la distribución de los granos se determinan mediante cribado en seco.

Una estructura de granos mezclados contiene tamaños de granos de cribado y de granos de sedimentación. Se realizan exámenes cribando hasta un tamaño de granos de <math>0,063\text{ mm}</math> y a continuación se analiza la sedimentación. En una mezcla de suelo los granos deben distribuirse de tal forma que los espacios entre los granos grandes se rellenen con los granos finos; debe existir la mínima cantidad posible de espacios vacíos. La curva de distribución granulométrica de un material apropiado para carreteras viene representada por una prábola de segundo grado. Si  $p$  es el tanto por ciento de material que pasa por la criba con malla de tamaño  $d$ , y  $d_0$  es el grano de tamaño mínimo y  $D$  el de tamaño máximo, la ecuación es la siguiente:

$$p = \frac{d^m - d_0^m}{D^m - d_0^m} \times 100$$

El exponente de la parábola para mezclas convenientes, es de  $0,40 < m < 0,55$ .

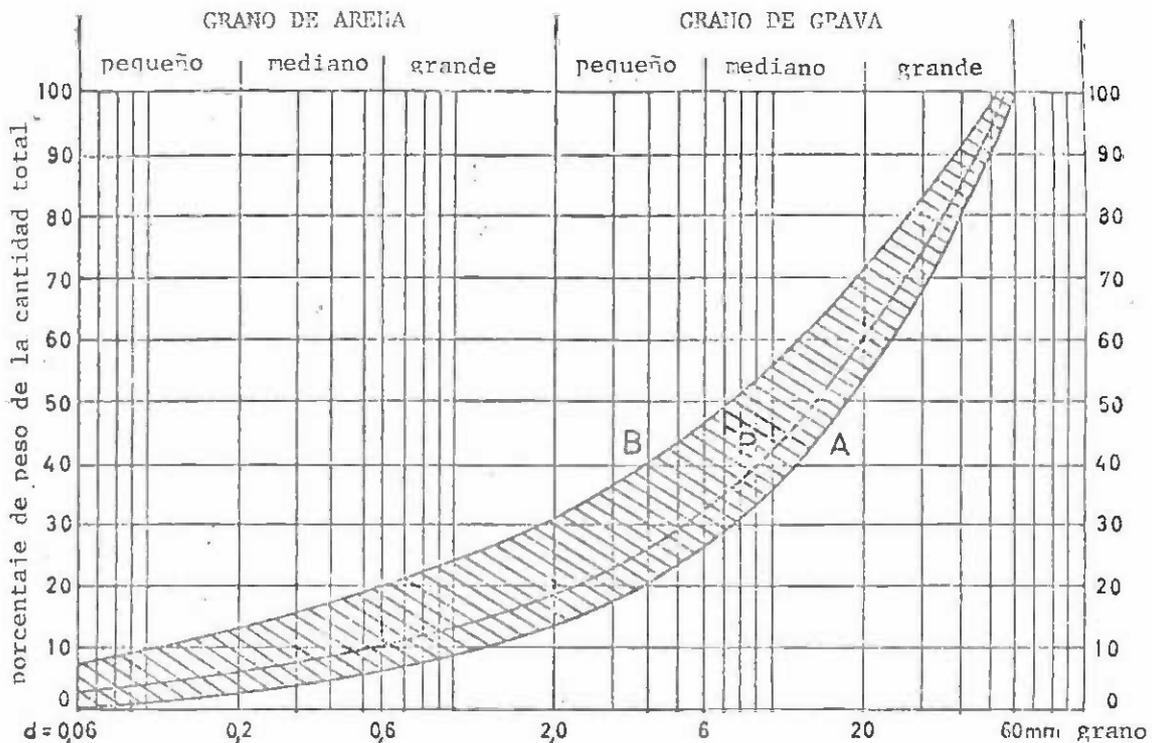


Fig. 3 - Curva de distribución granulométrica de una mezcla de elementos minerales fragmentados  
A, B líneas marginales de cribado  
P parábola cuadrática

### 3.4 Determinación de la densidad de Proctor

Los suelos cohesivos y no cohesivos tienen una densidad óptima. Esta puede determinarse en el laboratorio por medio del ensayo de Proctor, y se denomina compactación simple de Proctor (100 por ciento), que es la compactación que puede alcanzar un tipo de suelo cuando su contenido de humedad es el más favorable para la construcción, y se denomina peso del volumen seco. En este contexto se hace una diferenciación entre los suelos que son difíciles o fáciles de compactar. En el primer grupo están todos los tipos de suelos cohesivos, los suelos de granulometría uniforme no cohesivos o ligeramente cohesivos, con una "no-uniformidad" de  $U = 1,5$  a  $3$ , y la piedra ligera y pesada. Los suelos fáciles de compactar son las arenas bien dosificadas, o las mezclas de arena y grava, y los suelos no cohesivos o ligeramente cohesivos con  $U \geq 7,0$ . Los suelos no cohesivos o ligeramente cohesivos con  $U = 3 - 7$  exigen una compactación intensa.

La medida de "no-uniformidad" es  $U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$ . En esta fórmula  $d_{60}$  y  $d_{10}$  son los tamaños

de los granos que corresponden a las ordenadas 60% y 10% de la curva de distribución granulométrica. Los suelos con  $U \leq 5$  se denominan uniformes y los suelos con  $U \geq 5$  se denominan "no-uniformes".

### Descripción del ensayo

A una muestra secada al aire que tiene un tamaño de grano  $< 7$  mm, se le añade agua hasta que el contenido de ésta sea aproximadamente un 5 o un 6 por ciento inferior al porcentaje óptimo estimado de agua. El material cuidadosamente mezclado se introduce en un cilindro normalizado en tres capas. Cada capa se compacta mediante 25 golpes (peso de la gravedad). Se secan el cilindro y la mezcla compactada. A continuación se determina el peso del volumen seco. Se extrae una pequeña cantidad de material del centro de la muestra y se determina su contenido en agua. Se repite el mismo proceso con muestras que tengan contenidos de agua de un 2 a un 3% superiores, hasta que el peso del volumen húmedo disminuye. Se dibjan entonces todos los valores en un diagrama y la curva resultante es la curva de Proctor. El peso del volumen seco en el máximo de la curva es el valor máximo que puede alcanzarse en las condiciones específicas del ensayo. El volumen de la muestra de suelo compactada debe registrarse siempre a fin de determinar la diferencia de peso seco entre la muestra del sitio de construcción y la muestra de laboratorio con una densidad de Proctor de 100 por ciento. Si esta última tiene un peso de volumen seco de  $1,80 \text{ gr/cm}^3$  y la primera de  $1,71 \text{ gr/cm}^3$  esto significa que se logró una densidad Proctor del 95%.

Si durante la compactación sólo se logra el 90 por ciento de la densidad de Proctor, cabe esperar que bajo las condiciones de tráfico se produzca un asentamiento del material de la carretera después de su construcción. Por ello es importante comprobar durante la excavación el contenido de agua del suelo con una cierta distribución granulométrica por medio del ensayo Proctor. Debe haber un contenido óptimo de humedad que garantice una buena compactación.

### 3.5 Determinación de la deformación

El ensayo de resistencia en placa se emplea cuando no se pueden aplicar otros ensayos de compactación, como por ejemplo en el caso de grandes colinas de cantos rodados.

El ensayo de resistencia en placa sirve para determinar el grado de deformación ( $E_v$ ) o el índice de asentamiento ( $k$ ) de carreteras con firme, sin alquitrán ni cemento. Además, indica la capacidad de compactación, la capacidad de carga y la densidad de un suelo. Se aplica en todos los casos en que fallan los demás ensayos de compactación, o sea con materiales de grano grueso, de piedra y roca.

Como el ensayo de resistencia en placa sólo se puede aplicar en el lugar de construcción y son llevados los costes de tiempo, equipos y materiales, sólo se utiliza raramente en la construcción de carreteras forestales.

Más importante que el método antes descrito es el ensayo CBR (coeficiente de resistencia de California) que se utiliza extensamente en países no europeos. Este ensayo es un método empírico para determinar la capacidad relativa de resistencia del subsuelo. El método, que se desarrolló en los Estados Unidos está normalizado. La resistencia a la deformación de un suelo que se compactó previamente en el laboratorio, se determina por medio de un penetrador. La resistencia a la deformación se define como la compactación que debe tener un suelo para que se pueda producir una penetración de  $1,25 \text{ mm/mín}$ .

La compactación de la muestra se compara con una muestra tipo (piedra machacada y clasificada) compactada en las mismas condiciones y en el mismo recorrido que el penetrador. La relación de compactación entre las muestras se expresa en tanto por ciento. Los valores de CBR del orden de 15-40% o 40-100% indican características de suelo aceptables y los valores entre el 70% y el 100% indican características excelentes.

### 3.6 Determinación de la capilaridad del agua

Es importante conocer la altura de capilaridad de arenas y gravas finas si se van a utilizar como material de protección contra la helada. La altura de capilaridad debe situarse por debajo de la capa de protección contra la helada. En general, un suelo es sensible a la helada si tiene un nivel de "no uniformidad"  $U < 5$  y más del 10% de los granos por debajo de  $0,02 \text{ mm}$ , o si los valores son de  $U > 15$  y más del 3% de los granos están por debajo de  $0,02 \text{ mm}$ . Durante el proceso de la helada tal tipo de suelo favorece el flujo del agua hacia la zona helada (agua subterránea, agua de drenaje) que se deposita en capas de hielo. Cuando éstas se deshuelan, el suelo se satura y ablanda, perdiendo su capacidad de resistencia a la carga.

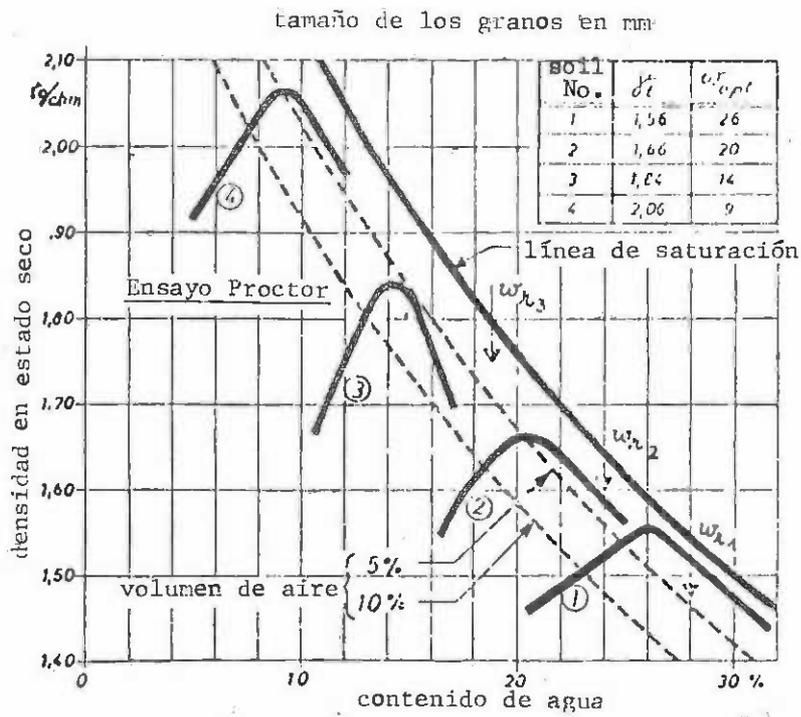
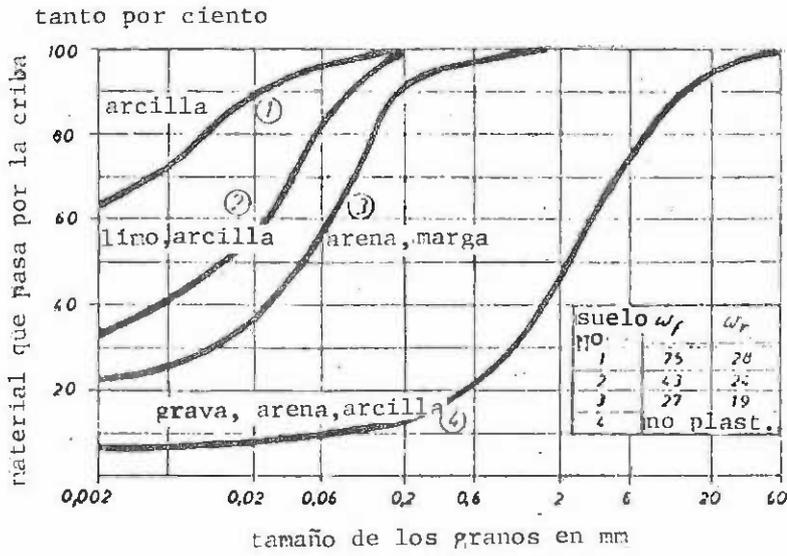


Fig. 4 - Curva de compactación para diferentes tipos de suelo

Un suelo expuesto a la helada puede protegerse añadiendo material con un tamaño de granos de más de 0,02 mm. No resulta de mucha utilidad el añadir grandes piedras separadas, es más importante una buena composición granulométrica de la curva de cribado.

El dispositivo más sencillo para determinar la altura de capilaridad hasta 1 m es el denominado tubo ascendente, que consiste en un cilindro graduado de cristal o plástico transparente con el extremo inferior cubierto de malla fina. El suelo se seca a la estufa, se rellena el cilindro y se comprime con una mano de mortero de madera. A continuación se coloca el cilindro en un depósito de agua y se puede leer el límite de capilaridad (indicado por el cambio del color del suelo de claro a oscuro). El tamaño de la muestra depende del tamaño del cilindro y varía de 4 a 15 kg. El diámetro del grano más grueso no debe sobrepasar la quinta parte del diámetro del cilindro.

#### 4. EXTRACCION Y TRATAMIENTO DE LAS MUESTRAS

Las muestras de ensayo deben extraerse en puntos que sean representativos de la distribución media de partículas en la naturaleza. Para examinar los tipos de suelo en una carretera ya existente se extraen muestras de todos sus horizontes. El número de muestras a enviar al laboratorio depende sobre todo del diámetro de los granos mayores (como se ha indicado para algunos métodos). Las distintas muestras se combinan para obtener una buena muestra representativa a fin de determinar el tipo de suelo.

Las muestras individuales se funden, se mezclan cuidadosamente, se hace un montón y se divide hasta obtener la cantidad necesaria para el ensayo.

Puede ser necesario determinar la consistencia de suelos cohesivos. En este caso, deben mantenerse las muestras en depósito al vacío hasta que se ensayen. Para ensayar la densidad de una muestra (con el fin de determinar por ejemplo la compactación) se emplean muestras individuales en vez de una mezcla. Estas se toman con herramientas especiales a fin de no alterar la muestra. Los datos de la extracción deben anotarse cuidadosamente en una hoja de registro.



Los participantes escuchando la conferencia sobre ensayos de suelos (Foto: T. Pasca)

LA ESTABILIZACION DE TERRAPLENES DE CARRETERAS  
MEDIANTE TRABAJOS BIOLÓGICOS Y DE INGENIERÍA, EN  
EL CASO DE CARRETERAS FORESTALES

por

Rudolf Heinrich  
Dirección de Industrias Forestales  
Departamento de Montes de FAO

## 1. INTRODUCCION

Unas redes de carreteras forestales bien planificadas y proyectadas constituyen una necesidad básica para la ordenación forestal moderna, especialmente el aprovechamiento de maderas. Al planificar y trazar las carreteras, especialmente en terrenos inclinados, hay que poner sumo cuidado para evitar o reducir al mínimo el efecto erosivo de las carreteras sobre el medio ambiente.

Hay que evitar en lo posible aquellas áreas que son especialmente propensas a los problemas de erosión, como las laderas muy empinadas, con suelos fácilmente erosionables, y los estratos de roca inclinados en la dirección de la ladera.

La erosión ocasionada por la construcción de carreteras y la perturbación del suelo pueden evitarse utilizando medios biológicos y obras de ingeniería. La erosión de laderas y barrancos adyacentes a una carretera son con mucha frecuencia resultado del sobrepastoreo y de la denudación de las colinas que exponen el suelo al viento y a la lluvia y ponen en peligro la estructura de la carretera. La erosión suele producirse en los desmontes y terraplenes y también en las salidas de los desagües transversales, en los cursos de agua y en la propia superficie de la carretera.

Este artículo describe brevemente el modo de planificar y estudiar las carreteras forestales eficazmente para cumplir las normas técnicas, reduciendo al mínimo la perturbación del suelo por terraplenes y desmontes, a fin de producir el menor efecto erosivo posible cuando se construyen carreteras forestales.

Se presentan en detalle sistemas de recubrimiento con vegetación para demostrar cómo pueden evitarse derrumbes de laderas en masa. También se presentan tipos sencillos y baratos de construcciones de ingeniería.

## 2. PLANIFICACION, ESTUDIO Y PROYECTO DE CARRETERAS

Para planificar el buen trazado de una carretera se necesitan buenos mapas topográficos, preferentemente de escala no superior a 1:10 000. Deben determinarse y marcarse en el mapa los principales puntos a comunicar mediante la carretera forestal. Si no se dispone de buenos mapas con curvas de nivel, se necesitará un extenso trabajo de campo para medir barométricamente todos los puntos principales y anotar las características detalladas del terreno. Para las carreteras baratas, como son las carreteras forestales, el método de levantamiento difiere de modo importante de los métodos clásicos de levantamiento de ingeniería. En un estudio de reconocimiento los principales puntos que han sido marcados previamente en el mapa deben trazarse en el terreno, tomando y registrando las mediciones altitudinales correspondientes. El levantamiento propiamente dicho de la carretera consiste en hacer mediciones entre los puntos de la poligonal determinada por las exigencias geométricas de la carretera, que dependen de la categoría de ésta. En cada punto se miden las distancias, los ángulos verticales y horizontales, mediante cinta, clinómetro y brújula de mano. Es conveniente medir el perfil longitudinal de la carretera hacia delante y hacia atrás para contar con medidas de comprobación y evitar los errores en las lecturas de las mediciones. Este sencillo método de levantamiento ha demostrado ser muy eficaz y suficientemente preciso para carreteras de bajo costo.

Tiene una gran ventaja, especialmente en terrenos empinados y difíciles, el utilizar este sencillo método de levantamiento, pues sería bastante costoso y llevaría mucho tiempo el hacer el levantamiento con teodolito. Cuando se estudian carreteras forestales, debe tenerse presente que los volúmenes de desmontes y de terraplenes deben ser equilibrados, logrando con ello la mínima perturbación del suelo. En laderas con pendientes superiores al 70% es conveniente construir carreteras totalmente en desmonte. Puede ser necesario construir con cierta frecuencia muros de contención de mampostería de piedra, de rollizos o gabiones para reducir aún más las alteraciones del suelo por desmontes y terraplenes, especialmente en laderas empinadas e inestables.

En este tipo de terrenos, deben evitarse los trazados a media ladera. En general las rasantes de las carreteras no deben tener pendientes superiores al 10%. Sólo en casos excepcionales y en tramos corto puede aceptarse el 12%. En zonas de fuertes precipitaciones, es notable la ecorrentía del agua sobre la superficie del suelo y en el caso de carreteras con fuertes pendientes es preciso adoptar medidas de precaución con instalaciones adecuadas de desagüe, como cunetas empedradas, alcantarillas destapadas, alcantarillas frecuentes y suficientemente anchas, badenes y puentes.

Además, en ciertas condiciones conviene ataluzar la superficie de la carretera con un 3% aproximadamente hacia la parte inferior de la ladera. Esto se aplica mejor en las carreteras construidas totalmente en desmonte. El ataluzar hacia afuera la superficie de la carretera tiene la ventaja de que las precipitaciones que caen sobre ella desaguan lateralmente y con ello disminuye la cantidad de agua acumulada en los desagües transversales, alcantarillas destapadas y alcantarillas corrientes, reduciéndose con ello el riesgo de erosión. Sin embargo, el ataluzado hacia fuera no debe aplicarse en superficies de carreteras arcillosas, porque son muy deslizantes al estar húmedas, y cuando hay terraplenes, sobre todo si no están protegidos por una cubierta vegetal.

En carreteras con pendientes hacia dentro, el agua de la superficie corre hacia la ladera, donde hay una cuneta por el lado de la montaña, preferentemente pavimentada, que da salida al agua hacia las alcantarillas que, a su vez la conducen hacia la parte de la ladera inferior a la carretera.

Las alcantarillas deben protegerse mediante muros de cabecera; debe haber un número suficiente para evitar que el agua ocasione problemas de erosión en las cunetas y en las zonas situadas por debajo de la salida de las alcantarillas. Deben emplazarse de forma segura en la capa de cimentación de la carretera. (La capa compactada por encima de la alcantarilla debe tener un espesor igual al diámetro de ésta, y como mínimo 50 cm, para que no la destruya el tráfico).

Dependiendo del volumen de arrastres, normalmente dan resultados satisfactorio las alcantarillas de hormigón prefabricado de 30 a 60 cm de diámetro. Si se necesitan alcantarillas de mayores diámetros, deben emplearse las de chapa ondulada de acero; se transportan e instalan con facilidad en el lugar de construcción pero son más caras. Otra forma de evitar alcantarillas transversales de mayores diámetros, sería instalar dos tubos paralelos, formando una alcantarilla.

La pendiente de la alcantarilla de tubos no debe ser inferior al 3% ni superior al 6% porque el agua que corre muy lenta o muy rápida produce efectos negativos en las estructuras de protección de las alcantarillas.

Hay que dedicar una atención especial a la capa de superficie de la carretera. Una buena mezcla de suelo a emplear como firme y como material de superficie debe consistir en tamaños de grano de cribado 1/ y de sedimentación, de forma que exista la menor cantidad posible de huecos entre los granos de mayor tamaño.

### 3. PROTECCION Y ESTABILIZACION DE TALUDES

Lo primero y más importante es determinar el origen de los factores que influyen en la inestabilidad de los taludes a fin de poder diseñar medidas apropiadas de corrección y restauración. Es muy frecuente que con una sola medida se pueda lograr los resultados deseados, pero a veces puede ser necesario combinar varias medidas para restaurar la estabilidad de los taludes. Por ejemplo, en un talud con infiltraciones puede ser suficiente dar salida al agua conzanjas abiertas o con drenajes rellenos de piedras. Sin

1/ Los tamaños de los granos de cribado son de 0,06 a 60 mm.

embargo, en otras ocasiones, puede ser necesario también recubrir de vegetación el talud para fijar su superficie porque la vegetación no volvería a instalarse de ninguna forma o llevaría mucho tiempo, y se necesitaría un muro de contención. En un proyecto de carretera de montaña de los Estados Unidos (Idaho) se observó que el 80% de la erosión superficial se producía en el término de un año en los taludes alterados; en consecuencia, es importante estabilizar cuanto antes los taludes después de la construcción de una carretera.

### 3.1 Drenaje de taludes

El método más sencillo para dar salida sin problemas a los manantiales de agua y al agua superficial es por medio de una zanja abierta o de un sistema de zanjas abiertas. La zanja principal se sitúa en la dirección de la pendiente de la ladera; las zanjas secundarias o laterales se disponen en forma de espina de pescado. El agua debe recogerse lo más cerca posible del punto en que se origina y canalizarla de forma segura a la cuneta de la carretera, alcantarilla o cualquier otro curso de agua próximo. En zonas de fuertes pendientes y con gran cantidad de agua de escorrentía pueden necesitarse cunetas empedradas. La excavación de las cunetas debe comenzar por el punto más bajo para que el agua que se acumula pueda salir inmediatamente. Un método muy eficaz para dar salida al agua de debajo del firme es por medio de los denominados "drenes cubiertos". En taludes de desmontes estos drenes pueden actuar también como estructura de contención si se hacen en forma de "Y" o de arco, aumentando aún más la estabilidad del talud. Los tipos más corrientes son los drenes rellenos de piedra o grava, con o sin tubos.

Para comprobar la eficiencia de los desagües y para fines de mantenimiento, es conveniente tener un tubo vertical en la unión de los desagües principales y secundarios. Los tubos pueden hacerse de hormigón, de ladrillo o de cloruro de polivinilo. La excavación de los desagües debe comenzar desde el punto más bajo y el tendido de los tubos debe comenzarse desde la parte más alta. Los tubos deben empalmarse entre sí con el mejor ajuste posible y deben tenderse en suelos impermeables para lograr el máximo drenaje posible. Los desagües de tubos son los más eficaces y su efectividad es muy duradera. Sin embargo, son más caros y con frecuencia no se dispone de ellos. Los desagües normales de piedra pueden aterrarse después de cierto tiempo, por lo que es aconsejable formar un canal de desagüe de piedra en el fondo de los drenes o poner en el fondo del desagüe un manojo de matorral. La parte superior del desagüe puede cubrirse con una capa de hierba a fin de evitar con mayor eficacia el aterramiento del desagüe.

Además de utilizarlos realmente para estabilizar los taludes de terraplenes y desmontes, los drenes o avenamientos pueden ser muy útiles en la parte posterior de los muros de contención.

### 3.2 Recubrimiento con vegetación de terraplenes y desmontes de carreteras

Las medidas muy conocidas para recubrir con vegetación los taludes de desmonte y terraplenes, a fin de lograr su estabilización, pueden agruparse de la forma siguiente:

- i) Siembra, encespedado y recubrimiento con pajuzo, para obtener una cubierta herbácea.
- ii) Formación de setos vivos en curvas de nivel, colocación de vallas trenzadas, plantación en curvas de nivel y fajinas, para obtener una vegetación arbustiva.
- iii) Reforestación con plantas colonizadoras.

#### 3.2.1 Siembra

Es muy frecuente que antes de sembrar terrenos desnudos con semillas de herbáceas, haya necesidad de preparar el suelo y el sitio, por ejemplo, conformar el talud, extender humus y aplicar fertilizante. Las semillas se pueden sembrar en toda la superficie en hileras o sólo en ciertos lugares. Para sembrar una superficie de 100 m<sup>2</sup> se necesitarán alrededor de 3 kg de semillas de herbáceas. Es conveniente contar con semillas mezcladas de leguminosas y gramíneas, porque aquéllas son fijadoras del nitrógeno. Para sembrar 100 m<sup>2</sup> se emplea de media a una hora de trabajo. Una mezcla de gramíneas de fuerte enraizamiento, profundo y superficial, y colonizadoras de rápido crecimiento, darán los mejores resultados para la fijación del suelo.

### 3.2.2 Encespedado

Para regenerar la vegetación mediante la colocación de tepes de césped, hay que tener en cuenta que los tepes deben colocarse en el talud cuando la superficie esté húmeda y durante el período vegetativo. Dependiendo de la disponibilidad de tepes de césped, los taludes pueden cubrirse completamente o sólo por fajas. Esta última aplicación exigiría una siembra adicional. En taludes muy inclinados puede ser necesaria la fijación de los tepes para que formen una sujeción firme en la superficie. Esto puede hacerse por medio de estacas preparadas con ramas, ramillas o bambú.

### 3.2.3 Recubrimiento con pajuco

El recubrimiento con pajuco es un método muy rápido de recuperar la cubierta herbácea en suelos estériles y desnudos. Este método de recubrimiento vegetal necesita una capa de paja, de fibra de madera u otro material orgánico que se extienden sobre el suelo. Se añaden semillas y fertilizantes y por último se fija la capa de pajuco rociando una suspensión de asfalto en frío. La ventaja del recubrimiento con pajuco es que la cubierta herbácea se desarrolla en un tiempo relativamente corto porque se crea un clima y condiciones favorables; reduce la pérdida de agua del suelo, la temperatura de su superficie y la formación de costra en el mismo, evitando también que las semillas rueden o sean lavadas y arrastradas cuesta abajo, y preservando asimismo el fertilizante. En los EE.UU. y el Japón se han desarrollado máquinas (hidro- sembradoras) que pueden rociar por el talud en una sola operación la mezcla del material de pajuco con agua y un adhesivo, junto con las semillas y el fertilizante.

En la región alpina del Centro de Europa, se ha empleado con éxito el recubrimiento de vegetación mediante técnicas de aplicación de pajuco, con el siguiente método de aplicación: se cubre el talud con una capa de paja (2-4 tm/ha), que se extiende a mano, utilizando una escalera manual que se apoya en el talud. La siembra y fertilización se realizan utilizando también escaleras y extendiendo a mano las semillas y el fertilizante que caen al suelo a través de la capa de paja. Para la fijación de la capa de paja sobre la superficie del talud, a una suspensión de asfalto con el 50% de asfalto en agua, se le añade agua hasta una solución del 25%, y se aplica sobre la paja por medio de un rociador portátil del tipo de mochila. La aplicación es de alrededor de 0,5 litros de suspensión de asfalto por m<sup>2</sup>. El rociado no puede realizarse con lluvia fuerte y viento. Normalmente lleva de 2 a 3 horas después del rociado para que quede firme el pajuco en su posición. En general cuando llega a desintegrarse la suspensión de asfalto que cubre la capa de paja, la vegetación herbácea ya está bien establecida.

### 3.2.4 Formación de setos vivos en curvas de nivel

La formación de setos vivos en curvas de nivel, es un método de obtener vegetación leñosa en taludes empinados donde una cubierta herbácea no tendría fuerza suficiente para estabilizar el suelo. La idea consiste en subdividir el talud con hileras densas de matorral, pudiendo aplicar, si es necesario, una siembra de herbáceas entre las hileras para lograr una fijación adicional del suelo. Antes de comenzar la colocación del material de los setos vivos debe realizarse un trabajo preparatorio del talud, por ejemplo la nivelación de los pequeños barrancos o la eliminación de obstáculos como grandes piedras sueltas y ramas. A continuación se clavan estacas siguiendo curvas de nivel a determinada distancia entre una y otra, y también entre hileras. Es conveniente que cada cuatro estacas haya una capaz de brotar. La colocación de estacas debe comenzar desde la parte inferior del talud y avanzar hacia arriba. Se cavan zanjas inmediatamente por encima de las estacas y el material de enlazar, formado por ramillas y ramas capaces de brotar, se coloca en la zanja solapándolo en forma sucesiva. Parte de las ramillas y ramas deben quedar por encima de la superficie para evitar que el suelo caiga por el talud. El suelo excavado en cada curva de nivel se utiliza para cubrir el entrelazado de la curva situada por debajo. A continuación se dan algunos datos técnicos y de producción de un ejemplo de formación de setos vivos en curvas de nivel realizado en Jamaica bajo la supervisión del Sr. Sheng, Oficial de Ordenación de Cuencas de la FAO. Se clavaron en el suelo estacas afiladas en su extremo inferior, de 1 a 1,2 m de longitud y con un diámetro de unos 5 cm, en hileras distanciadas 1,2 m y a 0,5 m de distancia entre estacas, dejando unos 15 cm de estaca por encima de la superficie. De esta forma se necesitan unas 17 000 estacas por hectárea. Se cavaron zanjas de 20 cm de anchura y 25 cm de profundidad siguiendo curvas de nivel y se colocaron en la zanja manojos de material vegetal para entrelazar, de 13 cm de diámetro y 3 m de longitud. Un equipo de 10 hombres puede terminar en un día el trabajo de entrelazado por curvas de nivel en unos 250 m<sup>2</sup>. Dentro del equipo de trabajo, seis trabajadores colocaban las estacas, dos abrían las zanjas y cubrían los entrelazados y dos trabajadores fueron empleados para transportar y realizar otras tareas.

Otro ejemplo, en el que se emplearon diversas especies como estaquillas, fue ensayado por el Sr. Tautscher, de la FAO, en Nepal. Se encontró que los más adecuados como estaquillas eran el Salix tetrasperma, el Salix vallichiana y el Viburnum.

### 3.2.5 Formación de cercas entretrejidas

Este sistema es similar al mencionado anteriormente y se utiliza mucho en la región alpina del Centro de Europa. La diferencia consiste en que el material que rebrota no se pone en manojos sobre el suelo sino que se coloca alrededor de las estacas como una cerca, y los extremos de las ramillas que rebrotan se introducen en el suelo.

Las hileras no tienen que seguir necesariamente las curvas de nivel; se han logrado muy buenos resultados colocándolas con un ángulo de 45° formando rombos con lados de 1,5 a 4 m de longitud. Las estacas se clavan en el suelo con un espaciamiento de 40-50 cm, teniendo una longitud de 1-2 m y diámetros de 5-10 cm. Se deben clavar en el suelo de las tres cuartas partes a los dos tercios de su longitud. El espaciamiento de las hileras de setos vivos depende mucho de la pendiente del talud y del suelo. Normalmente, están separadas de 1 a 4 m y dispuestas en hileras paralelas. En regiones alpinas se han logrado buenos resultados utilizando Salix spp. y Alnus spp. como material para cercas con capacidad de brotar.

### 3.2.6 Plantación en curvas de nivel (cordones)

Se colocan en terrazas en curvas de nivel y en capas horizontales cruzadas, material vegetal capaz de brotar, de 0,9 a 1,5 m de longitud. La excavación de las terrazas comienza por la parte baja del talud y avanza hasta la parte superior. Las capas inferiores cruzadas de material con capacidad de brotar se cubren con el suelo obtenido de la excavación de las terrazas superior. El espaciamiento de las terrazas depende de la pendiente y del suelo; puede ser hasta de 3 m. La anchura de la terraza debe ser de 0,5 a 0,6 m. Las capas acordonadas pueden seguir la curva de nivel en línea continua o interrumpirse cada 5 m y sus extremos se solapan entre sí, a medida que los cordones progresan hacia arriba. Con el espaciamiento indicado de las hileras plantadas en curvas de nivel, se necesitarían de 3 500 a 5 000 cordones por ha para la rehabilitación de laderas erosionadas.

### 3.2.7 Fajinas

La técnica es similar a la empleada en la plantación por curvas de nivel. Difiere en que en lugar de colocar capas atravesadas en las terrazas en curvas de nivel, se entierra el matorral. Este se puede mezclar con estaquillas para lograr una hilera de matorral verde. Entre las hileras de matorral se colocan chirpiales o brinzales. Las terrazas deben tener una pendiente del 20 al 25% a favor de la ladera y una anchura de 0,6 a 1,2 m. El matorral y las estaquillas deberán ser unos 20 cm más largos que la anchura de la terraza.

### 3.2.8 Reforestación

El trabajo de recubrimiento de vegetación debe realizarse con plantas colonizadoras para estabilizar taludes sujetos a deslizamientos de tierras, o como medida preventiva de lucha contra la erosión en laderas muy degradadas. En las regiones alpinas, ciertas plantas colonizadoras como los Alnus, Betula, Fraxinus y Prunus, han demostrado ser las de más éxito en lo que se refiere a grado de supervivencia en laderas erosionadas. Cuando se estén considerando plantas a utilizar como estabilizadores de taludes, debe tenerse presente que han de poseer raíces fuertes y profundas para sujetar lo más posible el suelo. Cuando se pueda, convendrá elegir para la repoblación forestal en laderas desnudas especies que puedan emplearse como árboles forrajeros o productores de leña, pues existe una desesperada necesidad de tales árboles en muchos países en desarrollo.

## 4. ESTABILIZACION DE VIAS DE DESAGÜE

Los desagües sin protección que cruzan las carreteras son con mucha frecuencia origen de problemas importantes de erosión. La erosión tiene lugar sobre todo en las salidas sin protección de los desagües, donde el agua de escorrentía desarrolla frecuentemente barrancos por su fuerza erosiva, lo que en algunos casos puede ocasionar deslizamientos de tierras y daños a la estructura de la carretera. La mejor forma de proteger

las salidas de los desagües y los cauces es mediante el empedrado de la superficie del suelo, ya sea con piedras en seco o unidas con cemento. En cauces con fuertes pendientes es conveniente colocar algunas piedras recibidas con cemento a lo largo de los cauces situados por encima del lecho del cauce reforzado con piedras y cemento, reduciendo de esta forma la velocidad del agua y sus fuerzas destructivas de erosión.

Un procedimiento más económico de estabilizar los cauces y las salidas de desagües transversales, es dotarles de un enchado de piedra en seco que en muchos casos da resultados satisfactorios.

Para la protección de puentes, alcantarillas y badenes, pueden ser suficientes estructuras tales como enchados de piedra, muros de contención de piedra en seco o de piedra con cemento, o, cuando proceda, obras de protección de madera. Es muy frecuente que el volver a cubrir de vegetación los taludes de las vías de desagües transversales, proporcione una protección satisfactoria.

## 5. PROTECCION DE TALUDES CON OBRAS DE INGENIERIA

En muchos países han dado buenos resultados trabajos sencillos de ingeniería para la construcción de carreteras forestales, como por ejemplo obras de piedra en seco, gabiones, revestimientos con armazón de rollizos, muros de contención de madera, etc. Son muy baratos y se construyen fácilmente en los lugares necesarios, utilizando materiales locales. Como el cemento es a veces difícil de obtener o no está disponible en zonas remotas de los países en desarrollo, los costes de transporte son elevados y escasean los trabajadores especializados en albañilería. En este artículo se ha hecho hincapié especial en las obras de piedra en seco y en los trabajos de construcción a base de madera.

### 5.1 Arcos de piedra

Se colocan piedras en forma de arco en el suelo de los taludes de desmote. La anchura de tales arcos puede ser de 0,60 a 1,20 m y pueden tener hasta 1 m de profundidad. Entre los arcos y por encima de ellos se pueden plantar estacas de Salix spp. para lograr una estabilización adicional.

### 5.2 Muros de contención de piedra en seco

Se colocan piedras, de 20 a 30 cm de tamaño, juntas entre sí sobre la superficie del talud. Se pueden lograr de 2,5 a 4 m<sup>2</sup> de piedra colocada, debiendo hacer provisiones además para obtener y transportar las piedras.

### 5.3 Gabiones

Los gabiones son obras hechas con piedras que se colocan normalmente a mano y se recubren con una malla de alambre para mantenerlas unidas.

Las ventajas de los gabiones son:

- i) su construcción es sencilla; con supervisión adecuada, estas estructuras las pueden hacer trabajadores no especializados;
- ii) son baratas;
- iii) se puede emplear piedra que está disponible en muchos lugares en el mismo sitio de construcción;
- iv) sólo hay que comprar y transportar al lugar de construcción malla de alambre o alambre;
- v) se tarda poco tiempo en la construcción;
- vi) son muy duraderos; en comparación con los muros de albañilería de cemento, son más resistentes a los movimientos de masas, sin romperse, porque son flexibles;
- vii) sale el agua con facilidad, aumentando así la resistencia del suelo a los esfuerzos cortantes y reduciendo el riesgo de erosión del talud que se protege;
- viii) entre las piedras crece, antes o después, la hierba, con lo que se hacen aún más estables los gabiones integrándolos con el medio ambiente;



Construcción de un muro de contención formado de bloques de piedra colocados en el talud del desmonte mediante una excavadora (Foto: O. Sedlak)



Muro de contención destruido, sustituido eficazmente por gabiones (Foto: R. Heinrich)

Sobre la base de la información recogida en Nepal, los costes por m<sup>3</sup> de gabión construido ascendieron a unas 140 rupias o sea 11,24 dólares EE.UU.

Los datos básicos empleados en el cálculo de costes son los siguientes:

Jornales (promedio) = 12 Rupias por día de trabajo  
Salario de capataz = 500 Rupias por mes

Rendimiento medio de construcción por m<sup>3</sup> de gabión = 1,9 día hombre, esto incluye la preparación de la malla de alambre, la recogida de piedras cerca del lugar de construcción, el transporte y colocación de las piedras, el dar forma a la construcción y el relleno de piedras.

Coste de alambre por m<sup>3</sup> de gabión, incluyendo transporte e impuestos = 110 Rupias

Coste directo por m<sup>3</sup> de gabión (en rupias)

Mano de obra (1,9 días hombre)	22,8
Supervisión	4,0
Herramientas manuales	2,0
Alambre	<u>110,0</u>
	138,8

#### 5.4 Revestimiento con armazón de rollizos

Estas estructuras pueden emplearse cuando se dispone con facilidad de madera y cuando no hay material de piedra adecuado o si los costes de construcción de las obras de piedra son excesivamente elevados debido a las largas distancias de transporte de las piedras. Los revestimientos, con armazón de rollizos se hacen a base de madera en rollo, y consisten en rollizos colocados paralelamente al talud y durmientes transversales que sujetan las obras en el subsuelo del mismo. Los durmientes transversales se deben colocar con un espaciamiento de 1 a 2 m. Entre los durmientes de rollizos paralelos a la carretera, se puede colocar relleno de piedra y material vegetal adicional capaz de brotar, protegiendo así la carretera contra la caída de piedras y tierras. Los durmientes de rollizos y los extremos de los rollizos transversales se deben sujetar, ya sea mediante clavos o con entalladuras que los encajen entre sí. En zonas de fuertes deslizamientos es conveniente construir revestimientos con armazones de rollizos consistentes en tres capas de rollizos -delantera, trasera y transversal- formando una jaula o cajón, con lo que resultan más resistentes a la fuerza de la gravedad del material del talud. La ventaja de este tipo de revestimientos están en el poco tiempo que se tarda en establecerlos, que son baratos, que se pueden emplear especies de árboles de la zona y que son más resistentes a los movimientos de los taludes que las construcciones inflexibles de albañilería. Su inconveniente es que tienen una duración limitada, generalmente de 10 a 15 años. No obstante, es de esperar que para entonces, los taludes tratados se hayan estabilizado.

#### 5.5 Muros de contención a base de madera

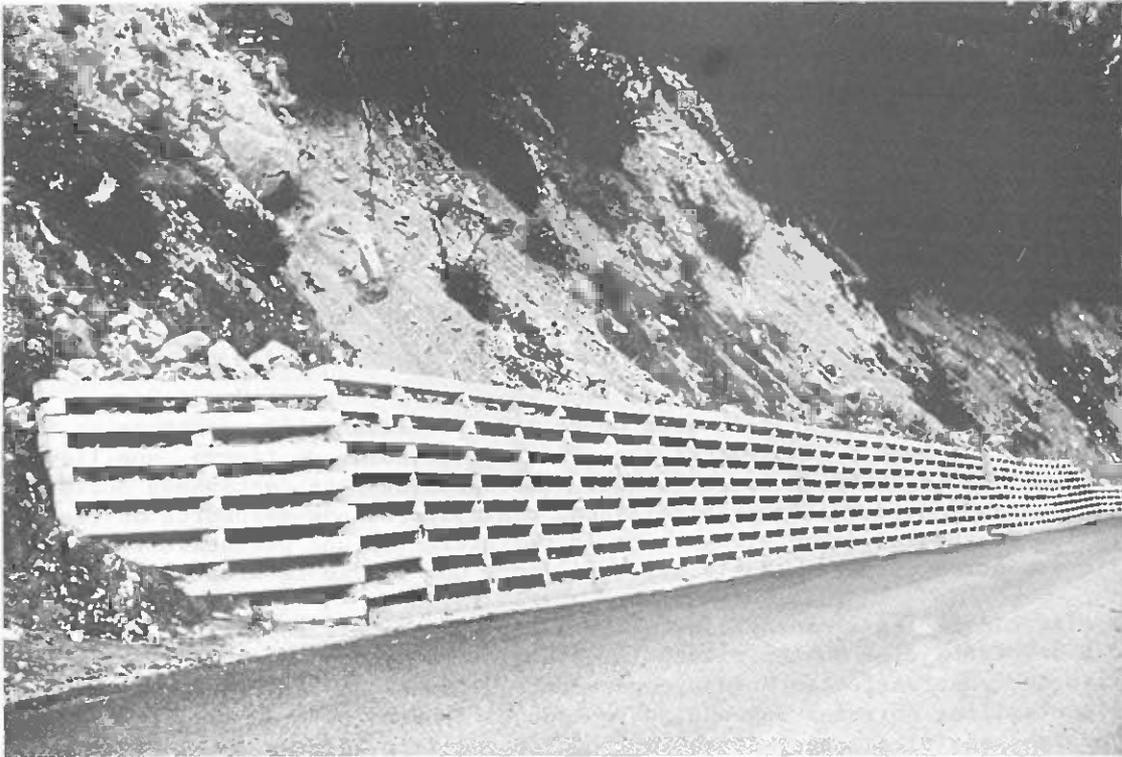
Este tipo sencillo de estructura puede construirse para proteger los taludes contra la erosión. Se hincan estacas en el subsuelo del talud y se clavan maderas a ellas por la parte superior. Se colocan cerca de la carretera y si es necesario más arriba siguiendo las curvas de nivel del talud de desmonte.

#### 5.6 Revestimiento con armazón de hormigón prefabricado

Se han desarrollado estas obras en zonas en las que no se dispone económicamente de piedra ni de madera. Para este tipo de estructuras se utilizan vigas de hormigón de 250 cm x 12,5 cm y x 12,5 cm que pesan unos 90 kg y vigas transversales de 125 cm x 12,5 cm y x 12,5 cm que pesan unos 45 kgs. Se menciona este ejemplo sólo para dar una idea más completa de los avances en este sector de construcción. En la actualidad puede no ser viable económicamente su aplicación en muchos países en desarrollo, excepto en localidades próximas a una fuente de producción de cemento.



Excavadora-transportadora relleno un barranco, alcantarilla de hormigón y construcción protectora de rollizos emplazadas de modo que queda asegurado el curso natural del agua



Revestimiento con armazón de hormigón, formado con vigas de hormigón prefabricado.



Motoniveladora colocando una capa de base de roca machacada  
(Foto: Instituto Federal de Investigación Forestal)

INFLUENCIA DE LAS CARRETERAS FORESTALES EN EL  
AUMENTO DE LA SEDIMENTACION Y LOS DESLIZAMIENTOS  
DE TIERRAS A CAUSA DE LA ESCORRENTIA

por

Hubert Hattinger  
Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft <sup>1/</sup>

1. INTRODUCCION

Las condiciones naturales de las regiones de montaña están sujetas a fenómenos y procesos hidrológicos y geomorfológicos, principalmente grandes inundaciones, erosión, movimientos en masa (deslizamientos de tierras, derrumbes, movimientos de acarreo, corrientes de fango) y sedimentación. Los torrentes y las laderas inestables son zonas que están caracterizadas especialmente por estos procesos. Estas dos circunstancias son las que ocasionan la mayoría de los problemas de un constructor de carreteras en zonas de montaña.

La conservación de una carretera forestal produce un efecto de doble sentido: en primer término, la escorrentía, la erosión, los deslizamientos de tierras y el movimiento de acarreos pueden destruir la carretera forestal o interrumpir el tráfico, y en segundo término, la carretera forestal puede intensificar la erosión, cambiar la estabilidad de las laderas, ocasionar deslizamientos de tierras y aumentar la sedimentación (Fig. 1).

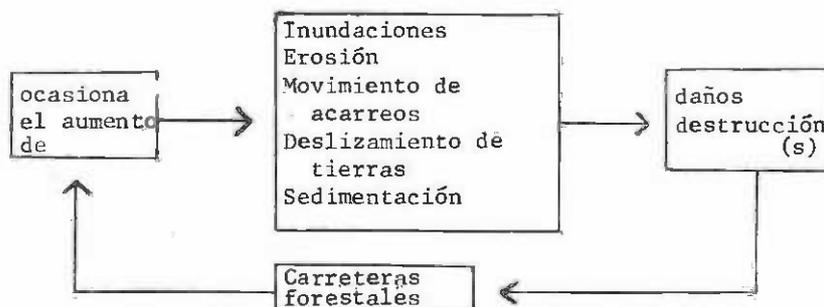


Fig. 1 - Efectos recíprocos posibles entre los fenómenos naturales y las carreteras forestales

Por lo tanto, el proyecto de una carretera forestal en zona de montaña tiene que incluir: (a) medidas que eviten o atenúen los daños o la destrucción ocasionados a la carretera por torrentes y laderas inestables; (b) precauciones para evitar que se ocasionen o aumenten los efectos (erosión, movimiento de acarreos y sedimentación) o los deslizamientos de tierras, debidos a la construcción de la carretera. Sin estas precauciones, la construcción de carreteras forestales con frecuencia pone en peligro u ocasiona la devastación de áreas y edificios situados más abajo.

La experiencia y las investigaciones han demostrado que los efectos ecológicos más importantes de la construcción de carreteras forestales son los siguientes:

- a. perturbación de la escorrentía en laderas y cauces;
- b. destrucción de la cubierta vegetal;
- c. erosión;

<sup>1/</sup> Ministerio Federal de Agricultura y Montes, Viena.

- d. producción de deslizamientos de tierras, movimientos de acarreo y corrientes de fango;
- e. sedimentación.

Estos efectos son ocasionados por la extracción artificial o cambio de posición de masas de suelo, con el cambio resultante de la morfología de laderas y cauces.

## 2. ESCORRENTIA

En un modelo simplificado del proceso de escorrentía (Fig. 2) podemos distinguir las siguientes fases:

- a. precipitación;
- b. almacenamiento en depresiones;
- c. escorrentía superficial;
- d. infiltración;
- e. corriente intermedia;
- f. percolación;
- g. escorrentía de cauce.

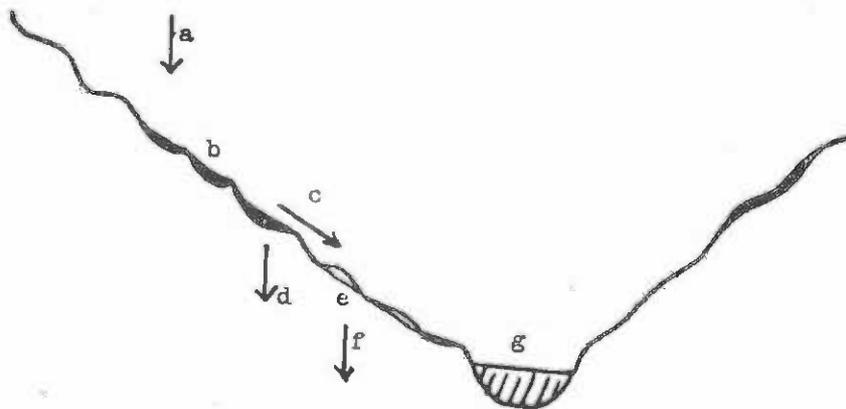


Fig. 2 - Principales fases del proceso de escorrentía

Un aumento de la escorrentía influye o produce otros procesos, por ejemplo la erosión, los deslizamientos de tierras, los movimientos de acarreo y la sedimentación, pudiendo ocasionar como consecuencia, daños y destrucción.

Las causas más frecuentes de perturbación de la escorrentía como resultado de la construcción de una carretera, son las siguientes:

- a. concentración de la escorrentía superficial y de la corriente intermedia al excavar la ladera (erosión en barrancos) o producción de movimientos de acarreo o deslizamientos de tierras ocasionados por el aumento de la infiltración en la ladera situada por debajo;

- b. reducción de la sección transversal del cauce. Esto se produce con frecuencia cuando se depositan materiales en el lecho del cauce o se construyen muros laterales;
- c. construcción de alcantarillas y puentes. Cuando una carretera forestal corta transversalmente un cauce es necesario construir un puente irlandés (baden), una alcantarilla o un puente. Si el diámetro de la alcantarilla o la luz del puente son demasiado pequeños para dar paso a las avenidas, las ramas, los troncos de árboles y otros acarreos, estas construcciones hacen el efecto de un dique de retención o una barrera. En tales casos, las avenidas pasan por encima de la alcantarilla o el puente y sobre la carretera en la zona inmediata, ocasionando daños y destrucciones.

En torrentes empinados estas barreras artificiales a veces se rompen, ocasionando efectos como los de rotura de presas.

### 3. EROSION

La erosión depende de una amplia variedad de factores: intensidad de las precipitaciones, escorrentía, substrato e inclinación de laderas o cauces.

En una ladera se puede distinguir los siguientes tipos de erosión (erosión fluvial):

- a. erosión laminar, cuando se elimina el suelo en una capa delgada;
- b. erosión en surcos, cuando el agua que se concentra abre surcos en la superficie, que antes era relativamente lisa;
- c. erosión en barrancos, cuando se elimina el suelo debido a una concentración excesiva de agua en movimiento que forma cauces profundos o barrancos.

Puede hacerse una distinción entre la erosión del lecho y la de las márgenes de un cauce, cuando el agua en movimiento ocasiona el descenso del lecho del cauce y el corte de las márgenes.

¿Cómo comienza la erosión? El agua en movimiento trata de destrozar la estructura o la cubierta del suelo que lo impiden y llevarse las partículas que forman el suelo o su cubierta. La fuerza desarrollada por el agua se denomina "fuerza de arrastre". El material del suelo o su cubierta tienen una cierta resistencia a la destrucción y arrastre debido a la coherencia y peso de sus partículas. Para simplificar podemos decir que la erosión se produce cuando la fuerza de arrastre es más fuerte que la resistencia del suelo. Por ello, existen dos posibilidades generales de reducir o evitar la erosión;

- a. reducir la fuerza de arrastre del agua;
- b. fortalecer la resistencia del suelo.

La construcción de una carretera forestal intensifica la erosión debido a los siguientes factores:

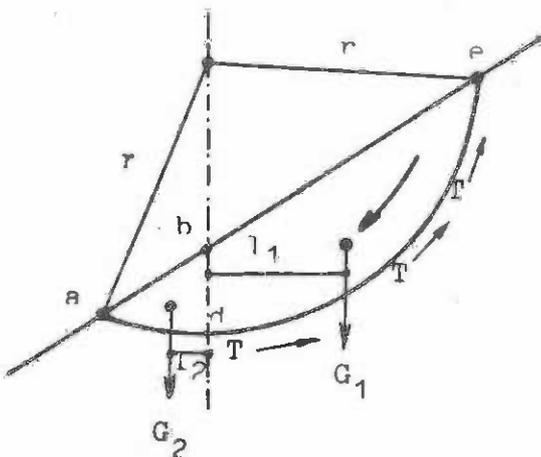
- a. destrucción de la cubierta vegetal, que ofrece mucha más resistencia a la erosión que el suelo desnudo. Esta destrucción se debe en gran parte al depósito de materiales durante la construcción de la carretera;
- b. concentración de la escorrentía superficial y la escorrentía del cauce.

Las cifras siguientes demuestran el aumento de la erosión debido a la construcción de carreteras forestales en regiones de montaña de los EE.UU., con una precipitación de 1 500 mm anuales.

<u>Período</u>	<u>Grado de erosión (material erosionado)</u>
Antes de la construcción de la red de carreteras forestales	20 - 30 kg/ha/año
Después de la construcción de una red de carreteras de 40 m/ha	2 000 - 4 000 kg/ha/año
Después de desarrollarse una cubierta herbácea	100 - 150 kg/ha/año

#### 4. DESLIZAMIENTOS DE TIERRAS

Un deslizamiento de tierras (corrimiento, derrumbe) es un movimiento descendente y de gran extensión de una masa de suelo de una ladera que se derrumba y se suelta de la masa estable. La estabilidad de una ladera depende de la coherencia de las partículas del suelo, expresada por el término "resistencia al corte" (T). Con un modelo simplificado puede verse en las cuatro figuras siguientes (Fig. 3A, B, C y D) la acción recíproca de diversos factores determinantes que pueden ocasionar y acelerar los deslizamientos de tierras o, alternativamente, la estabilización de una ladera.



- $G_1$  peso de la masa (bde) que ocasiona el deslizamiento de tierras
- $G_2$  peso de la masa (abd) que se opone al deslizamiento de tierras
- T resistencia al corte
- $\bar{r}$  radio del círculo de deslizamiento
- $l_1$  distancia entre el centro de gravedad de la masa (bde) y la línea de "momento cero"
- $l_2$  distancia entre el centro de gravedad de la masa (abd) y la línea de "momento cero".

Fig. 3A - Modelo de las principales fuerzas que actúan en un deslizamientos de tierras (sección transversal)

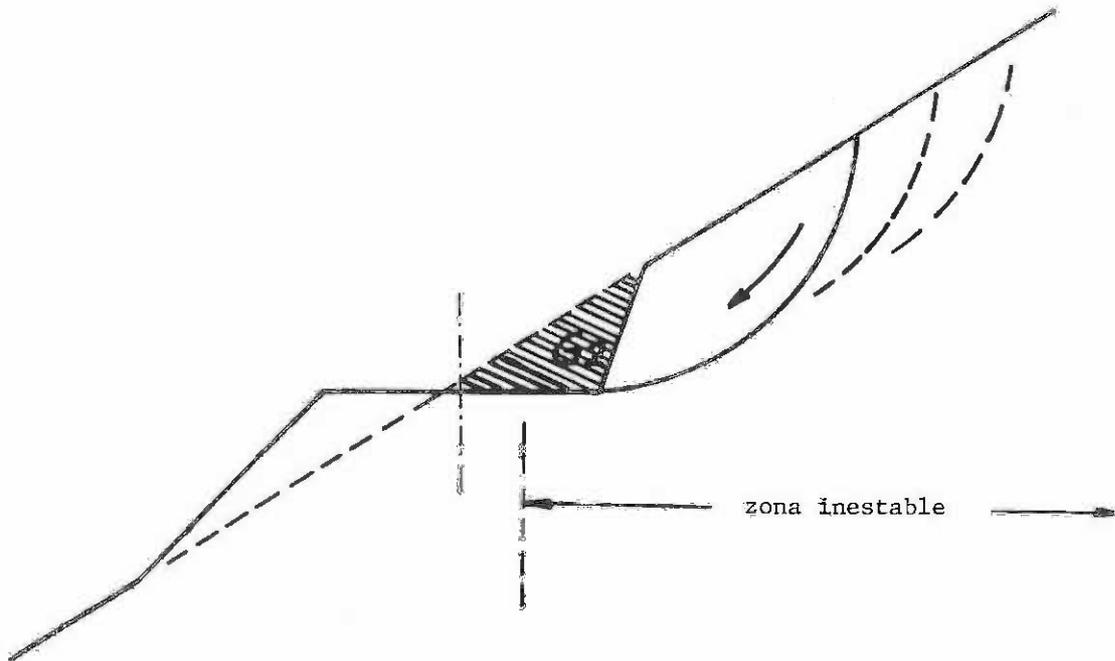


Fig. 3B - La excavación de la ladera reduce la masa de suelo que se opone al deslizamiento de tierra ( $G_2$ )

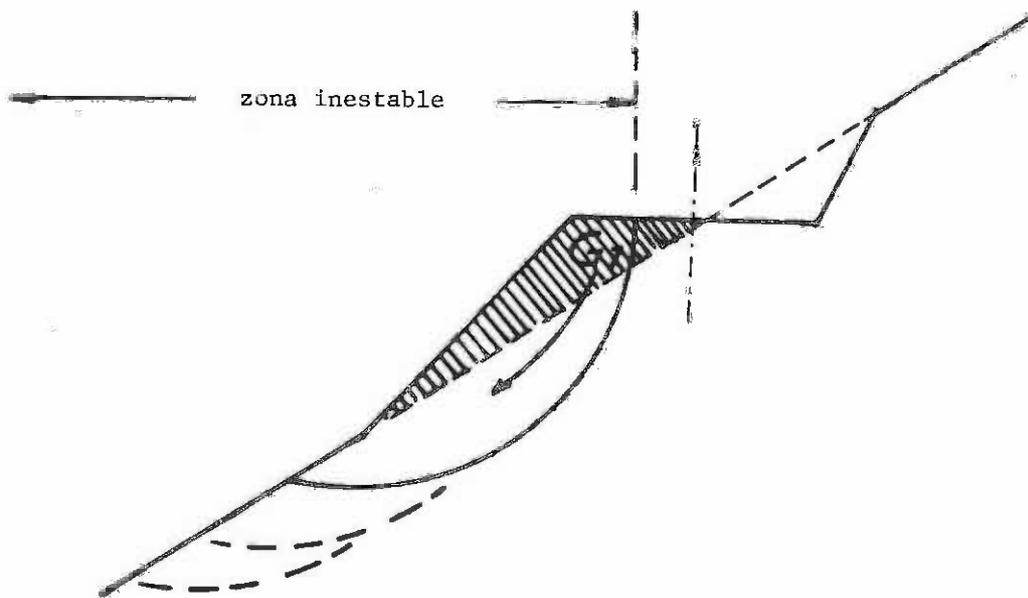


Fig. 3C - La carga adicional aumenta el peso de la masa de suelo ( $G_1$ ) que ocasiona el deslizamiento de tierras.

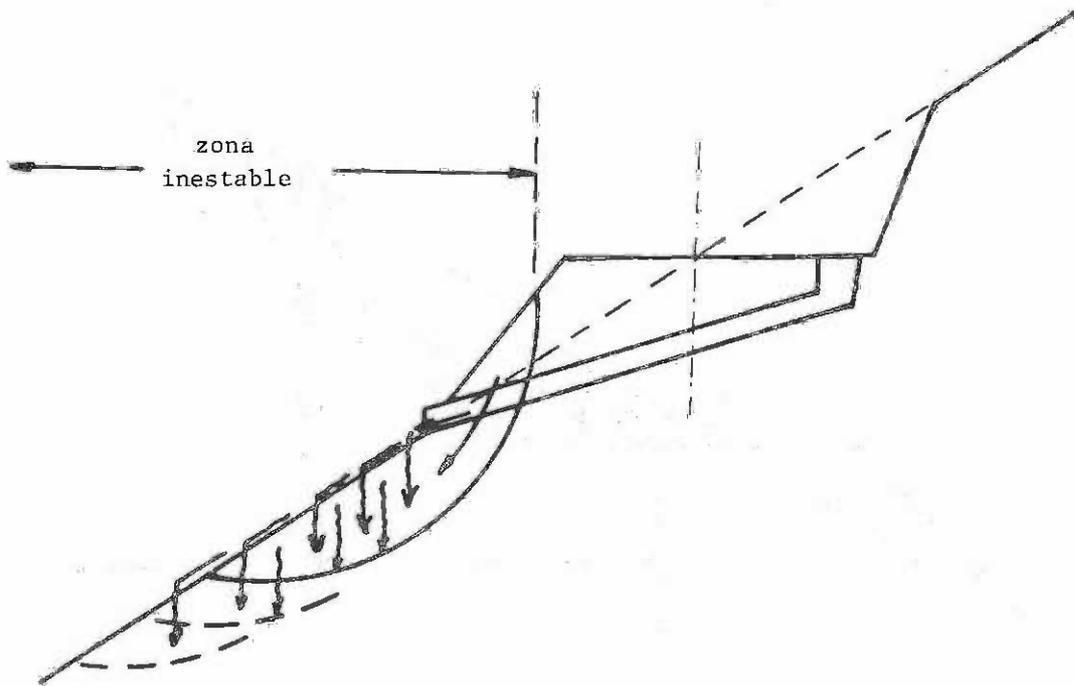


Fig. 3D - La infiltración excesiva de agua reduce la resistencia al corte

En una ladera constituida por material homogéneo y coherente la sección longitudinal de la masa en movimiento viene limitada por una curva que puede considerarse como parte de un círculo. Con referencia a las leyes de la estática, podemos decir que una ladera es estable bajo las siguientes condiciones:

$$G_2 \cdot l_2 + T \cdot r = ae > G_1 \cdot l_1$$

$G_1$  = peso de la masa que ocasiona el deslizamiento de tierras

$G_2$  = peso de la masa que se opone al deslizamiento de tierras

$T$  = resistencia al corte

Por lo tanto, los factores de estabilización son  $G_2$  y  $T$ .

En relación con las carreteras forestales, un deslizamiento de tierras puede ser ocasionado por los siguientes procesos:

- a. reducción de  $G_2$ . Esto puede producirse cuando la ladera se socava por la construcción de la carretera;
- b. aumento de  $G_2$ . Puede producirse por la sobrecarga de material depositado, por ejemplo al construir el terraplén;
- c. reducción de  $T$ . Puede suceder a causa de la infiltración y la percolación ocasionadas por un desagüe inadecuado de la superficie.

El caso de un movimiento en masa, sobre todo un deslizamiento de tierras, relacionado con la construcción de una carretera forestal, no se limita a laderas empinadas o de naturaleza inestable; hay otros factores que tienen también una gran influencia. Esto puede observarse en el cuadro de clasificación de la estabilidad de ladera, desarrollado por T.C. Sheng (1966).

Cuadro 1 - CLASIFICACION DE LA ESTABILIDAD DE LADERAS

Fáctor	A 4 puntos	B 3 puntos	C 2 puntos	D 1 punto
1. Sitio	El sitio no corresponde a B, C o D	Loma elevada	A lo largo de la carretera	A lo largo de una corriente o un embalse
2. Ladera	◀ 20%	▶ 46%	20% - 25%	26% - 45%
3. Aparición de deslizamientos	Ninguno	Pocos	Algunos	Muchos
4. Suelos	Textura media	Textura gruesa	Pedregoso medio	Textura fina o pedregoso grueso
5. Utilización del terreno o cubierta del suelo	Cubierta densa	Cubierta rala	Cultivo sin medidas de conservación	Utilización con grave perturbación del suelo

Clase de estabilidad: 20 - 18 puntos: estable  
 17 - 12 puntos: relativamente estable  
 11 - 10 puntos: inestable  
 9 - 5 puntos: muy inestable

#### 5. SEDIMENTACION

Las causas de la sedimentación son la erosión, los deslizamientos de tierras, los movimientos de acarreo y las corrientes de fango. La sedimentación en los cauces reduce la sección transversal y ocasiona avenidas e inundaciones con todos los daños y devastaciones resultantes. La sedimentación reduce la capacidad de los embalses.

"Los embalses están destinados a almacenar agua y no sedimentos. Los sedimentos almacenados lo son a costa del agua de estos años, tanto en cantidad como en calidad; y es también a costa del abastecimiento de agua, del control de las inundaciones, y de la recreación basada en el agua de los años futuros" (Anderson, H.W., 1974).

La investigación demuestra la existencia de una estrecha relación entre la construcción de carreteras en zonas de montaña y la sedimentación. Las carreteras que ocasionan los mayores efectos de sedimentación son las que van a lo largo de los cauces, que aumentan hasta 6,9 veces los depósitos de sedimentos.

#### 6. RECOMENDACIONES

Es necesario un proyecto sistemático y cuidadoso a fin de evitar la devastación, los daños y la destrucción ocasionados por la erosión y el movimiento de masas de tierra relacionados con la construcción de carreteras forestales. En él se deben incluir medidas de precaución y protección.

Las medidas de precaución más importantes son las siguientes:

1. Los taludes de terraplenes, los muros de contención de taludes y los muros laterales deben construirse y situarse fuera de los cauces; y el material resultante de la excavación de desmontes debe depositarse fuera de los cauces. De esta forma, el constructor de la carretera evita la peligrosa reducción de la sección transversal del cauce y la posibilidad de que el material depositado en él llegue a erosionarse o que se produzca la erosión de la margen opuesta o del lecho del cauce. Si es inevitable el depósito de materiales o el establecimiento de estructuras (muros de retención o muros laterales) en el cauce, serán necesarias medidas de protección para evitar los daños y la destrucción que puedan ocasionarse.
2. El constructor de la carretera debe proyectar y construir un sistema adecuado de desagüe de la superficie de la carretera, que tenga en cuenta las condiciones hidrológicas existentes en la zona. (Para más detalles, ver las referencias 2 y 7). Debe ponerse especial cuidado en el mantenimiento de este sistema y en la protección de las laderas situadas por debajo de las salidas de las alcantarillas.

Es muy frecuente que este punto de concentración de agua sea causa de erosión en barrancos y deslizamientos de tierras, especialmente en laderas con suelos de textura fina. Las obras de protección necesarias (encachados, cunetas revestidas o cauces pavimentados) dependen del caudal de agua y de su finalidad: resistir la fuerza de arrastre del agua y reducir la infiltración concentrada de agua en la ladera. La investigación demuestra que un desagüe mejorado junto con la estabilización de la superficie de la carretera puede reducir la erosión y la sedimentación en un 44 por ciento.

3. Las intervenciones más frecuentes que afectan a la estabilidad de laderas inclinadas e inestables se componen por una parte de la excavación de laderas (reduciendo de este modo la masa que da estabilidad) y, por otra, de la ejecución de terraplenes (lo que incrementa el peso de la posible masa deslizante). Para compensar estos efectos, el constructor de la carretera puede, o bien construir muros de contención para sostener el talud o introducir un sistema de drenaje del talud que aumente la resistencia al corte y con ello la estabilidad de la ladera. Pero estas medidas de ingeniería suelen ser muy costosas. En muchos casos el constructor de la carretera trata de evitar tales zonas inestables proyectando otro trazado de la carretera forestal.
4. El diámetro de las alcantarillas y la luz de los puentes deben ser suficientemente grandes para garantizar el paso de las avenidas y la masa de acarreo de sólidos del fondo (en cauces de torrentes). Con frecuencia conviene construir un badén, en vez de una alcantarilla o un puente, cuando un carretera forestal atraviesa el cauce de un torrente empinado.
5. Para producir el menor efecto erosivo al construir una carretera forestal es fundamental realizar el recubrimiento con vegetación de desmontes y terraplenes y también de las superficies desnudas ocasionadas por el depósito de materiales del suelo. El recubrimiento de vegetación de los taludes de los desmontes es especialmente importante en el caso de carreteras encajadas en desmonte, con el fin de evitar la sedimentación de los desagües de la parte superior, lo que ocasiona inundaciones con la erosión grave consiguiente de la superficie de la carretera forestal y de los taludes de los terraplenes. (En la referencia 7 se da más detalles sobre medios biológicos).

Las medidas de protección se describen en detalle en las referencias 5, 6 y 7.

REFERENCIAS

- Anderson, Henry, W. Sediment deposition in reservoirs associated with rural roads, forest fires, and catchment attributes. (Effects of Man on the Interface of the Hydrological Cycle with the Physical Environment - Proceedings of the Paris Symposium, Sept. 1974; IAHS-AISH Publ. No. 113, 1974).
- FAO 1976 Curso de Capacitación FAO/Austria sobre carreteras forestales y aprovechamiento en bosques de montaña. Informe técnico Ed. R. Heinrich, FAO, Roma.
- Fredricksen, R.L. Erosion and sedimentation following road construction and timber harvest on unstable soils in three small Western Oregon watersheds. U.S. Department of Agriculture, Forest Service Research Paper PNW-104.
- Gundermann, E. Die Beurteilung von Umwelteinwirkungen von Forststraßen im Hochgebirge. Eine Delphi Studie. Forstliche Forschungsanstalt München, No. 41.
- Hattinger, Hubert. Corrección de torrentes en zonas de montaña, con referencia a las áreas tropicales. Guías FAO: Conservación de suelos, No. 2 (Técnicas hidrológicas de conservación de cuencas superiores).
- Hattinger, Hubert. Protective constructions for forest roads in endangered areas. 1978 Estudios FAO: Montes No. 14 (Carreteras forestales y aprovechamiento en la montaña).
- Heinrich, Rudolf. Protection of forest roads using biological and engineering methods. 1978 Estudios FAO: Montes N° 14 (Carreteras forestales y aprovechamientos en la montaña).
- Länger, E. Bericht über die Katastrophenereignisse in Kärnten im März/April 1975. 1975 Zeitschrift des Vereines der Diplomingenieure der Wildbach- und Lawinenverbauung Österreichs, Heft 1.
- Moser, M. Der Einfluß des Wirtschafts - und Güterwegebau auf die Geschiebeherdentstehung. 1973 Cbl. f. das gesamte Forstwesen, 90. Jg., Heft 2.
- Pestal, E. Die Kärntner Murenkatastrophe und ihre Lehren für den Forstwegebau. 1975 Holzkurier, 30. Jg., No. 23.
- Sheng, Ted C. Landslide classification and studies of Taiwan. Chinese-American Joint Commission on Rural Reconstruction, Forestry series No. 10.
- Stone, E. The impact of timber harvest on soils and water. PAPTE, App. A. 1973 (cit. Gundermann).



Una carretera que ha sido incorrectamente diseñada y construida es la causa de la devastación, por una corriente de fango, de las zonas y edificios situados aguas abajo. (Foto: Wildbach-u. Lawinenverbauung, Kärnten)



La falta total de un sistema de desagüe de la superficie de una carretera ha ocasionado el deslizamiento de tierras y la erosión en barrancos. (Foto: Wildbach-u. Lawinenverbauung, Kärnten)



La construcción inadecuada del terraplén (carga adicional sobre la ladera inferior) y un sistema inapropiado de desagüe de la superficie de la carretera han ocasionado el deslizamiento de tierras y la erosión en barrancos.  
(Foto: Wildbach-u. Lawinenverbauung, Kärnten)



Carretera forestal con cuneta por el lado de la montaña, mostrando boca de salida bien protegida de una alcantarilla de chapa de acero ondulada (Foto: R. Heinrich)

TRABAJOS DE INGENIERIA DE TORRENTES PARA LA PROTECCION  
DE CARRETERAS FORESTALES DE MONTAÑA EN LA REGION  
"SALZKAMMERGUT", AUSTRIA

por  
Manfred Jedlitschka  
Sektion Wildbach-u. Lawinenverbauung Gmunden 1/

1. SITUACION GEOGRAFICA, GEOLOGIA, CLIMA, VEGETACION

La región de Salzkammergut es la más meridional de la Alta Austria, situándose tres cuartas partes del área en los Alpes calizos del norte y una cuarta parte en la zona de flysh 2/.

La región se extiende entre los 13° y 14° de longitud este y entre los 47° y 48° de latitud norte. El valle de Traun, orientado de N a S, está situado a una altitud de unos 450 m sobre el nivel del mar; las mayores elevaciones de la cordillera se componen de las siguientes formaciones geológicas: calizas del Triasico y Jurásico y dolomitas 3/, que alcanzan una altitud de 3 000 m sobre el nivel del mar.

Desde el punto de vista climático, Salzkammergut está situado en la zona de temperaturas anuales moderadamente frías de veranos, moderadamente cálidos e inviernos moderadamente fríos, con fuertes nevadas. La temperatura anual media es de + 8,0°C, siendo los valores extremos de -24,3 y + 35,6°C. Las precipitaciones anuales oscilan entre 1 700 y 2 300 mm dependiendo de la altitud, de las cuales alrededor de 350 mm corresponden a la nieve. La evaporación anual varía de 335 a 590 mm, dependiendo también de la altitud. La precipitación máxima diaria registrada hasta hoy fue de 255 mm. La vegetación consiste en bosques mezclados de frondosas y coníferas (haya, abeto rojo, abeto) en los valles y en bosques sub-boreales de coníferas (abeto rojo, pino, alerce) a altitudes superiores.

La formación geológica tiene una influencia fundamental en la construcción de carreteras forestales y en los trabajos de corrección de torrentes. En terrenos de calizas y de dolomitas sólo existen suelos someros meteorizados, las laderas son empinadas, lo que hace costosa la construcción de carreteras porque se necesita mucho trabajo de voladura de rocas.

Las pendientes de los fondos de los cauces 4/ de los torrentes, en terrenos de calizas y dolomitas, son muy inclinadas y generalmente contienen una gran cantidad de material de acarreo. La zona del flysh, con su elevado contenido de arcilla, es geomecánicamente muy móvil y tiende a deslizarse y a socavarse, produciéndose frecuentemente movimientos del suelo después de lluvias intensas. La estabilidad de tales laderas se ve perturbada con frecuencia por la construcción de carreteras allí donde los desmontes pueden ocasionar deslizamientos de tierras. Los torrentes han profundizado en una roca madre relativamente blanda, creando orillas de río empinadas y con frecuencia inestables. Como consecuencia de tratarse de una formación arcillosa, compacta y difícilmente permeable por el agua, las lluvias se descargan con rapidez sobre la superficie y los torrentes crecen tremendamente, en especial durante los períodos de fuertes lluvias.

2. HISTORIA DE LA CORRECCION DE TORRENTES Y DE LA CONSTRUCCION DE CARRETERAS FORESTALES EN LA REGION DE "SALZKAMMERGUT"

El desarrollo de los trabajos de protección para la corrección de torrentes en Salzkammergut está íntimamente ligado con la historia de la minería de la sal, en la que se necesitaban enormes cantidades de madera que se transportaban por agua (flotación).

A partir del siglo 14, a fin de hacer un uso óptimo del agua como medio de transporte de la madera, facilitando así su flotación, se mantenían de forma permanente los cursos de agua y se construían generalmente estructuras de madera para la protección de las márgenes de los ríos, donde y cuando se necesitaban. Estas estructuras tuvieron un efecto

1/ Departamento de Trabajos de Ingeniería de Torrentes y Aludes, Gmunden.

2/ Formación geológica de Austria, compuesta de estratos sucesivos de pizarra y arenisca que puede encontrarse en los Alpes.

3/ Nombre de una caliza que se encuentra en las regiones alpinas de Austria y Norte de Italia.

4/ Llamado también con frecuencia TALWEG.

beneficioso secundario, que fue el de proteger a las zonas pobladas próximas contra inundaciones y corrientes de fango. Desde que las factorías de sal comenzaron a utilizar como combustible el carbón mineral en vez de la madera, ésta perdió gradualmente su importancia en este campo y, en consecuencia, disminuyó la flotación de madera, de tal modo que a partir de mediados del siglo 19 comenzaron a pudrirse y desintegrarse las primeras estructuras realizadas para la flotación.

La desintegración de estas estructuras protectoras artificiales pronto permitió que el agua comenzase a producir grandes daños en los cursos y márgenes de ríos carentes de protección, que fueron seguidos por la devastación de tierras después de lluvias torrenciales. Estas últimas pusieron de manifiesto la necesidad de adoptar medidas protectoras en los cursos de agua de la montaña. La institución gubernamental "Departamento de Ingeniería de Torrentes y Aludes" se creó en Austria en 1884.

Con el empleo creciente de maquinaria pesada para el movimiento de tierras, después de la Segunda Guerra Mundial, se desarrolló enormemente el volumen de construcción de carreteras, planteando así muchas nuevas obligaciones al Departamento de Ingeniería de Torrentes y Aludes. Por una parte, la propia construcción de carreteras exigía medidas de protección contra los peligrosos efectos de la erosión y los mayores caudales de agua de los torrentes. Por otro lado, la construcción de carreteras cambió con mucha frecuencia el carácter de los cursos de agua al descargar en ellos el agua de la superficie de las carreteras y el material de acarreo, lo que a su vez exigió con frecuencia medidas costosas de protección en los cursos de agua situados aguas abajo.

### 3. EJEMPLOS DE CAMPOS TÍPICOS DE CONTACTO ENTRE LA CONSTRUCCION DE CARRETERAS FORESTALES Y LA CORRECCION DE TORRENTES

#### 3.1 Una carretera forestal de 6 km de longitud (carretera de valle) debe ser protegida contra los efectos erosivos del agua del torrente: Langbathbach, en la comuna de Ebensee

Datos técnicos: superficie de la cuenca 37,7 km<sup>2</sup>, longitud del valle 12 km, altitudes de 430 m a 1850 m, pendiente del fondo del cauce 1,3 a 5,0%, dolomita y caliza, caudal máximo de avenida 190 m<sup>3</sup>/seg.

En 1897 y 1899, cuatro días de lluvia (376,8 mm en 1897, 505,4 mm en 1899) ocasionaron desastres por inundaciones que devastaron una cuarta parte de la comuna de Ebensee. Las estructuras de madera que se habían construido para la flotación y que ya estaban en malas condiciones, se destruyeron en gran proporción y varios kilómetros de carretera forestal se destruyeron por completo, se derrumbaron cuatro puentes y el lecho del río se ahondó 4 m, 14 viviendas fueron completamente destruidas y 22 sufrieron daños.



Desastre de la inundación de 1899 en el Langbathbach, Ebensee. (Foto M. Jedlitschka)

Medidas de protección: Se requirieron trabajos de ingeniería de torrentes cuyos objetivos eran de doble finalidad. Estos objetivos eran: la protección total de la comuna amenazada de Ebensee y la reconstrucción de 6 km de carretera forestal totalmente destruida. Para proteger la comuna de Ebensee contra inundaciones y corrientes de fango se estableció un canal pavimentado de 400 m de longitud, por el que pudiera circular la máxima avenida de los últimos 100 años y también los acarrees de fondo resultantes de torrente. La reconstrucción de la carretera forestal exigió la elevación en algunos metros del lecho del río, gravemente erosionado, a fin de crear un fondo de valle ancho por el que pudieran discurrir juntos el lecho del río y la carretera forestal.



Medidas de protección en la misma zona que aparece en la foto anterior  
(Foto: M. Jedlitschka)

La elevación del lecho fue de 5 m y se hizo por medio de 49 diques de retención pavimentados con lo que se creó una sólida base contra la erosión, con una nueva posición del talweg. Como segundo paso, se reconstruyó el terraplén de la carretera, para cuya protección se establecieron 6 200 m de recorrido de mampostería ciclópea <sup>1/</sup> y muros de mampostería en seco. También en el lado opuesto del río, en el que no había ninguna carretera se estabilizó la base del talud por medio de 5 850 m de muros de retención y encachados de piedra. Se estabilizaron las laderas erosionadas por medio de 6 400 m de plantaciones en curvas de nivel utilizando para ello 78 000 estacas de sauce. Se redujo considerablemente el acarreo de sedimentos mediante el emplazamiento sistemático de pequeñas obras de retención (diques de retención) en los afluentes muy inclinados.

Con un costo de 1,2 millones de "Friedenskronen" <sup>2/</sup>, se dotó sistemáticamente a Langbathbach de obras protectoras que aún están funcionando plenamente después de 80 años y han resistido a las inundaciones.

Durante los 6 últimos años de construcción se emplearon hasta 1 000 trabajadores. Las tres primeras fotografías muestran el desastre ocasionado por el torrente y la reconstrucción, y por último, el efecto estabilizador de las medidas de control de la erosión en el mismo tramo del río.

<sup>1/</sup> Grandes rocas y piedras.

<sup>2/</sup> Moneda en circulación en 1900 en el Imperio Austrohúngaro.



Carretera y cauce de río estabilizados mediante trabajos de ingeniería de torrentes en la misma zona que aparece en las dos fotos anteriores (Foto: M. Jedlitschka)

### 3.2 La carretera forestal cruzando el torrente Klausgraben en la comuna de Ebensee, sobre el cono de derrubios 1/

Datos técnicos: Superficie de la cuenca  $0,3 \text{ km}^2$ , longitud del valle 1 km, las altitudes varían de 650 a 1 800 m, pendiente del talweg del 13 al 33%, caliza y dolomita, descarga máxima de avenida  $6 \text{ m}^3/\text{seg}$ .

El riachuelo de Klausgraben lleva agua sólo después de fuertes precipitaciones, permaneciendo seco la mayor parte del tiempo. Al producirse lluvias torrenciales, el arroyo lleva una gran cantidad de acarreo que se depositan en el abanico aluvial, devastando con ello las tierras agrícolas del fondo. En 1955 una corriente de fango destruyó la carretera forestal y dañó los edificios agrícolas del antiguo castillo imperial de caza y sus alrededores.

Medidas de protección: El objetivo de la realización de construcciones de ingeniería de torrentes era proteger la carretera forestal, los edificios y las tierras agrícolas. Para lograrlo se construyó, en toda la longitud del cono de derrubios del torrente, una serie de diques de retención hechos a base de piedras recibidas con hormigón y de rollizos.

Los diques de retención proporcionaron al curso de agua la dirección requerida y una base sólida contra la erosión del cauce. Las caídas de agua en los diques disminuyeron considerablemente la energía del agua en movimiento y, entre los diques, se formó una pendiente que consiguió equilibrar la fuerza de arrastre del agua y la fuerza de inercia de los sedimentos. En la zona de la carretera forestal y siguiendo aguas abajo hasta cerca de la desembocadura del río, se encauzó el torrente mediante un cauce pavimentado en una distancia de 200 m. En esta sección el agua transporta todos los materiales de aluvión, evitándose cualquier depósito de grava y el inconveniente de la madera flotante, por medio de trabajos de protección, que son especialmente importantes frente al puente y por debajo de él. El agua que corre se concentra en el cauce pavimentado aumentándose la fuerza de arrastre. El lecho del cauce natural del río sería demasiado irregular y parte del agua se perdería por permeabilidad. Para ahorrar dinero se comete con frecuencia el error de regular el torrente sólo en las proximidades inmediatas del puente, en lugar de hacerlo en la parte superior del cono de derrubios, que es desde donde puede conducirse el agua con seguridad hacia el puente. Como resultado del emplazamiento inadecuado de las obras, el torrente se rompe por encima del puente, encuentra un nuevo cauce y pone en peligro o destruye la carretera forestal y el puente.

1/ Acarreo procedentes de una garganta inclinada, depositados en un valle.

rodar ladera abajo. El material de excavación de roca se podría haber cargado seguidamente en camiones, depositándolo en lugares seguros, donde no pudiera rodar hacia el torrente.

Los costes adicionales de transporte de material de excavación correspondiente a una sección de 800 m habrían ascendido como máximo al 30 por ciento de las medidas necesarias para los trabajos de corrección del torrente. Desde el punto de vista económico es necesario, por lo tanto, que el constructor de la carretera sea plenamente responsable de las consecuencias de su construcción y esté obligado a resarcir cualquier daño.



Dique de hormigón para la retención de sedimentos  
(Foto: M. Jedlitschka)

#### 3.4 Protección de la carretera forestal contra el corte de las márgenes del río en la zona de flysh (zona deslizante), Dammbach, Comuna de Altmünster

Datos técnicos: superficie de la cuenca 2,5 km<sup>2</sup>, longitud del valle 4 km, las altitudes varían de 450 a 800 m, la pendiente del talweg es del 2 al 20%, caudal máximo de avenida 25,0 m<sup>3</sup>/seg., el subsuelo está compuesto de areniscas de flysh y de margas arcillosas.

El subsuelo rocoso se meteoriza con mucha facilidad, por lo que el estrato meteorizado es muy grueso y se forman unos suelos muy fértiles. Debido al fuerte contenido de arcilla, el agua escurre con mucha rapidez, los torrentes aumentan de volumen rápidamente, y existe un gran peligro de deslizamiento de tierras. El estrato meteorizado y el subsuelo rocoso presentan escasa resistencia a la acción del agua (erosión de márgenes). Los torrentes erosionan, especialmente en sus curvas exteriores, ocasionando deslizamientos en las laderas junto a las márgenes, poniendo con ello en peligro o destruyendo las carreteras forestales adyacentes.

En las partes más llanas situadas aguas abajo (pendiente de 1-4 por ciento) de los cursos de agua, los valles son en su mayoría suficientemente amplios para proporcionar espacio abundante para el torrente y la carretera. En estas áreas las márgenes se protegen contra la erosión mediante encachados hechos a mano y el hecho del río se asegura contra la erosión por medio de soleras de madera.

Las zonas de cabecera de los torrentes, fuertemente inclinadas, en la zona de flysh están en su mayoría cortadas profundamente en forma de V y por ello queda poco espacio para la carretera. En este caso es necesario construir un revestimiento casi vertical con armazón de madera, sustituyendo la margen natural a fin de ganar espacio para la carretera. Para evitar el arrastre de este revestimiento, se construye en el lecho del torrente una base en forma de soleras de madera. Estas soleras son indispensables por debajo de los estribos de los puentes.

Para la construcción de puentes en subsuelos inestables, ha dado buenos resultados el método siguiente: se eleva considerablemente el lecho del río por medio de un dique de retención y se levantan los estribos inmediatamente aguas arriba. De esta forma, se disminuye la altura de los estribos y el vano del puente y, al mismo tiempo, el dique de retención protege los estribos contra el desgaste del agua.



Protección de márgenes con pedraplén colocado a mano y soleras de madera  
(Foto: M. Jedlitschka)



Revestimiento vertical con armazón de madera en sustitución de un talud natural  
(Foto: M. Jedlitschka)

3.5 Efectos protectores múltiples de los diques de dosificación de sedimentos; Gimbach, Comuna de Ebensee

Datos técnicos: Superficie de la cuenca 26,5 km<sup>2</sup>, longitud del valle 8 km, las altitudes varían de 500 a 2 400 m, pendiente del talweg del 2 al 6%, caudal máximo de avenida 74 m<sup>3</sup>/seg., caliza y dolomita.

En la actualidad, los poblados han penetrado tanto en los valles alpinos que ya no son sólo las carreteras forestales las que necesitan protección, sino también las casas, los poblados, las industrias, las centrales eléctricas, los ferrocarriles y las autopistas, muchos de los cuales se han construido sobre conos aluviales de torrentes y están en consecuencia amenazados de un desastre.

A fin de proteger estos valiosos bienes e instalaciones, ya no son suficientes, en general, los simples trabajos de regulación de cursos de agua, necesitándose en consecuencia construcciones especiales de ingeniería para evitar las fuerzas potencialmente destructoras de los torrentes. Por medio de diques especiales de retención 1/, se evita que los impactos de los aluviones o las corrientes de fango lleguen hasta la infraestructura deteniéndolos y depositándolos en la zona de retención del dique. En los períodos en que existe un caudal medio de agua, los sedimentos depositados van saliendo lentamente por los mechinales del dique, eliminándose así sin ocasionar daños.



Ejemplo de dique con autodescarga de sedimentos  
(Foto: M. Jedlitschka)

---

1/ Diques con autodescarga de sedimentos.

#### 4. NOTAS FINALES

Hasta 1950, en un país rico en bosques como Austria, se utilizaba sobre todo madera en rollo para la construcción de estructuras de protección en los trabajos de lucha contra la erosión. Esta madera en rollo se aprovechaba y transformaba en las proximidades inmediatas del torrente. A fin de aumentar la duración de la madera, se impregnaba con productos preservantes. La madera ha demostrado ser un material de construcción muy bueno, sobre todo en laderas o taludes inestables, porque es elástica y se sostiene con el suelo al moverse sin romperse y sin perder su eficacia.

Su duración relativamente limitada, el elevado costo de trabajo, los costes crecientes de la mano de obra (220 chelines austríacos 1/ por hora efectiva de trabajo) y el empleo de maquinaria pesada para el movimiento de tierras después de la Segunda Guerra Mundial, hizo necesario sustituir la madera por hormigón y piedra.

Los fuertes gastos de lucha contra la erosión se están conteniendo en la actualidad en Austria mediante una planificación de largo alcance, evitando la construcción de poblaciones en áreas amenazadas por los torrentes. Se publican en mapas estas zonas, amenazadas por torrentes y aludes. La ley exige que estas zonas peligrosas se mantengan totalmente libres de edificios o que se pueblen únicamente con medidas y condiciones preventivas específicas de protección; en este último caso, las medidas preventivas de protección debe adoptarlas el propietario de la edificación y no el Estado aunque bajo normas y control público.



Construcción de un muro de encauzamiento de piedra en seco para proteger las márgenes de un río. Al fondo, diques de retención protegiendo un puente  
(Foto: T. Pasca)

1/ 1 dólar EE.UU. es aproximadamente igual a 16,5 chelines austríacos.

TECNICAS DE APROVECHAMIENTO DE MADERA DIRIGIDAS AL AUMENTO  
DE PRODUCCION DE MADERA Y AL AHORRO DE ENERGIA

por

Ernst Pestal  
Universität für Bodenkultur 1/

1. INTRODUCCION

El aumento de producción es sencillo si se dispone de cantidades suficientes. El ahorro de combustible es sencillo si va acompañado de una reducción en la producción de madera. Sin embargo, nuestro objetivo es aumentar la producción de madera, reduciendo al mismo tiempo el consumo de energía. Nuestros esfuerzos para alcanzar este objetivo deben dirigirse a los campos siguientes.

2. AUMENTO DE PRODUCCION

¿Qué cantidad de madera se puede aprovechar sobre los volúmenes actuales sin perjudicar a las masas remanentes? Madera de pequeño diámetro cortada por razones selvícolas. (Debe recordarse, no obstante, que el aprovechamiento de madera de pequeño diámetro exige una densa red de carreteras).

Otra reserva a explotar para aumentar la producción es la de los bosques de altitudes elevadas que se han considerado hasta ahora como inaccesibles. Estos pueden y deben explotarse con el máximo cuidado.

Un tercero aumento potencial en cantidad puede esperarse de las ramas y raíces. Es admisible un aprovechamiento moderado de las ramas si se deja la leña en el sitio de corta. Sin embargo, en terrenos montañosos las raíces y los tocones deben quedar en el terreno porque evitan que el agua de escorrentía de las precipitaciones ocasione una erosión en gran escala. Se pueden crear otros recursos adicionales de madera mediante la repoblación forestal de terrenos desnudos y tierras agrícolas abandonadas.

3. AHORRO DE ENERGIA

Las opiniones sobre el tiempo que van a durar las reservas mundiales de petróleo y carbón son muy variables. Hasta ahora, sólo una cosa es segura: cuanto menos despilfarremos más durarán. Tiene por tanto una importancia fundamental el hacer un uso económico de la energía de cualquier origen incluso en los países que todavía creen que no necesitan conservar la energía (al menos por el momento).

Si el terreno lo permite, el aprovechamiento parcialmente mecanizado de la madera, mediante motosierra y tractor arrastrador de ruedas, continúa siendo el método más barato. Sin embargo, el consumo de combustible para transportar la madera apeada hasta la industria de transformación, es todavía de 3 l/m<sup>3</sup> si se trata de madera con corteza. El transporte con cable reduce las necesidades de combustible en un tercio por m<sup>3</sup>. Si se puede emplear la gravedad en el madereo por cable, pueden lograrse nuevos ahorros de energía. Sundberg calcula que, dependiendo de los diámetros, se necesita aún el equivalente a 1 - 1,5 litros de combustible para la descortezadora giratoria en la industria de transformación.

Como norma, se pueden lograr simultáneamente aumentos de producción y ahorros de combustible cuanto mayor sea el aporte de trabajo manual. El cambio de tractores arrastradores a instalaciones de cable representa mayores costes en jornales. En países en que los costes de combustible son ya exorbitantes o se consideran inaceptables, se hace inevitable cambiar al transporte con cable.

En terrenos llanos y de colinas se continuarán empleando indudablemente en el futuro los tractores de ruedas equipados con cabrestantes de cable; pero a fin de ahorrar combustible, se emplearán sobre todo como equipos de cable, manteniendo en un mínimo el recorrido por carretera. Para trasladar su propio peso, los tractores de ruedas necesitan el doble de la energía necesaria para transportar una carga. Esta es la principal razón de que el aprovechamiento de madera con vehículos de ruedas represente un consumo intenso de combustible.

1/ Universidad de Agricultura y Montes, Viena.

En países con una disponibilidad abundante de mano de obra, el transporte con cable ofrece una ventaja: para este tipo de economías es un medio eficaz y productivo de creación de puestos de trabajo.

Sin embargo, en su fase inicial exige una fuerte componente de capacitación. Si el personal responsable no está adecuadamente capacitado, una instalación de cable se rompe con más facilidad que los vehículos de ruedas.

Este es un campo prometedor de actividades para Vds. y sus colegas; estoy muy satisfecho de recibirles aquí en Ossiach, que se ha convertido en el centro de formación sobre tecnología de cables.

### 3.1 Transporte de madera mediante gravedad y fuerza muscular

La fuerza muscular está adquiriendo una importancia creciente en selvicultura y en el aprovechamiento de madera de pequeños diámetros. En terrenos montañosos, la gravedad es una fuente adicional de energía que está siempre disponible sin ningún costo. Combinando las dos, la madera puede ser transportada económicamente hacia abajo en la montaña. El único instrumento auxiliar necesario es el enganchador (palanca alpina de gancho). El arrastre manual por gravedad es un método conveniente, especialmente para madera de pequeño diámetro, en pequeñas cantidades y para distancias cortas de transporte. El 40% de toda la madera de Austria se explota todavía de esta forma.

El arrastre con animales está ganando terreno de nuevo, especialmente en las claras. Como los caballos son competidores del hombre en cuanto a alimentos, es más apropiado utilizar bueyes y búfalos, aunque los rumiantes son más lentos que los ungulados.

El arrastre mediante fuerza muscular demuestra que, en cierta medida, el hombre también es una "máquina muscular" eficiente. A lo largo de muchos miles de años el hombre evolucionó de cazador y recogedor de frutos a agricultor y operario, ajustando su cuerpo a esta nueva forma de trabajo.

Es importante humanizar las condiciones de trabajo. Los trabajadores madereros no deben transportar la madera sino arrastrarla. No deben ser sometidos a trabajos bajo una presión excesiva de tiempo. Las reducciones en el número de horas de trabajo no tienen sentido si ello significa un aumento proporcional en la velocidad del trabajo.

Hace cien años nuestros trabajadores forestales obtenían unos ingresos bastante modestos. En su camino a casa de regreso del trabajo solían cantar sus típicas canciones de trabajo. Hoy día ganan más que la mayoría de los trabajadores industriales pero no se les puede oír ya cantando en los bosques. Esto viene a demostrar que su disfrute de la vida no ha aumentado en la misma proporción que sus ingresos, sino todo lo contrario.

### 3.2 Sistemas de cable con ahorro de combustible

Las condiciones geológicas favorables de Austria y la estructura de propiedad han facilitado la aplicación de instalaciones muy variadas de cables, a excepción de los de tipo integral. Se usan en este país todos los sistemas apropiados para bosques de montaña desde los pequeños cabrestantes de cable, de peso tan reducido como 20 kg, hasta los grandes equipos que pesan más de 30 tm.

#### 3.2.1 Motosierras acopladas a cabrestantes

Los dispositivos de cable más pequeños para el transporte de la madera cuesta arriba son los cabrestantes de motosierra. Se emplean cuando no se pueden instalar cabrestantes de cable mayores, por ejemplo, para despejar rutas o para aprovechar pequeñas cantidades de madera y llevarlas a la carretera.

Como los cabrestantes de motosierra y trineo pesan muy poco, tienen que agarrarse fuertemente para evitar que se levanten o se desvíen a uno u otro lado.



Extracción tradicional de madera con caballos, utilizando un carro de madera de dos ruedas (Foto: E. Pestal)



Transporte de fajos de ramillas y ramas mediante cable (Foto: Wyssen)

### 3.2.2 Cabrestantes de cable montados sobre tractores de ruedas

Los primeros cabrestantes de cable autopropulsados han sido sustituidos por cabrestantes de cable montados sobre tractores de ruedas. Los expertos recomiendan que los tractores modernos vayan equipados con propulsión adicional en las ruedas delanteras y con cabinas de seguridad (protección contra desprendimientos). Los agricultores propietarios de bosques prefieren utilizar sus tractores más viejos para el aprovechamiento de madera, porque uno nuevo sería demasiado caro para las exigencias de sus terrenos arbolados. Como norma, un cabrestante de cable acoplado al sistema hidráulico de tres puntos del tractor, puede tirar de la madera en distancias hasta de 50 m y en casos raros, hasta de 80 m. Seguidamente, se levanta un poco la madera por medio de un apoyo en la ladera o con la parte delantera de la plancha de arrastrar y se tira de ella hasta el cargadero situado en la carretera.

En el pasado, había que apilar la madera a mano para formar una carga; hoy día se hace utilizando cadenas de trincadores (choker).

### 3.2.3 Cables-grúa de corta distancia

Si la madera se arrastra a largas distancias, la fatiga del operario y los riesgos de accidentes aumentan. Pro esta razón Stefan-Gnezda, capataz de la empresa forestal de Idria Slovenian, inventó un cable-grúa sencillo para cortas distancias. Hoy día, hay en todo el mundo una fuerte demanda de cables-grúa baratos, con lo que existe una fuerte demanda del invento de Gnezda.

### 3.2.4 Cables-grúa con torres plegables

Si los jornales son altos, se convierte en un problema el tiempo necesario para montar el cable-grúa Gnezda (tradicional). Para reducirlo, varios productores han montado torres plegables en tractores, accionándose los cabrestantes con el sistema hidráulico del tractor. El sistema más barato y, en consecuencia, utilizado más frecuentemente es el Koller-K 300.

Los cables-grúa con torres plegables son los más fáciles de emplear para el transporte cuesta arriba con un extremo de la troza levantado sobre el terreno. Sólo se eleva una parte de la carga mediante el cable de tracción, por lo que éste puede ser relativamente delgado, los árboles de anclaje pueden ser de pequeño diámetro, y los apoyos intermedios pueden ser bajos, y por lo tanto baratos de montar. El dispositivo se diseñó originalmente para claras, pero no obstante, se emplea también para madera de aserrar si la carga no excede de 1 m<sup>3</sup>.

Existen también tipos más pesados de cable-grúa, con torres plegables. Estos se utilizan cuando hay suficiente madera en el sitio de corta para justificar el transporte, el montaje y desmontaje de la instalación. En la película que viene después se van a mostrar algunos de estos tipos más pesados. Serán Vds. los que han de decidir si son o no adecuados para sus fines.

### 3.2.5 Cables-grúa de larga distancia

Los cables-grúa de larga distancia que emplean la gravedad pueden alcanzar distancias hasta de 3 km y diferencias de altura hasta de 1 000 m. Requieren una planificación e instalación cuidadosas. El consumo del combustible es reducido porque el carro va vacío cuando se tira de él hacia arriba. El esfuerzo principal se ejerce en los frenos.

Deseo destacar el valor de los cables-grúa de larga distancia en un aspecto: nunca ha sucedido que el ganado ovino o mayor utilice los pasillos de los cables, destruyendo el terreno, o que los "colonizadores" se valgan de ellos para quemar los árboles remanentes o meter el arado en el suelo del bosque hasta que el agua de lluvia lo erosione. Los cables-grúa de larga distancia son una garantía para la conservación de los bosques, que es lo más importante en muchos lugares del mundo.

## 3.3 Aprovechamiento de madera altamente mecanizado

El término aprovechamiento "altamente mecanizado", se eligió para diferenciar este método de aprovechamiento "totalmente mecanizado", del que se emplea en Escandinavia, pero no es posible para terrenos montañosos. Para el apeo todavía se emplea la motosierra porque las máquinas de cortar pueden volcar con gran facilidad al emplearlas en una ladera demasiado inclinada.



Sistema sencillo de explotación maderera con cable (Gnezda) utilizado para el transporte de trozas a cortas distancias (Foto: E. Pestal)

El tema de mi artículo excluye los sistemas altamente mecanizados porque utilizan como promedio 6 litros de combustible por  $m^3$  de madera sin corteza. Esto es el doble de la cantidad del sistema parcialmente mecanizado de tractor. Es cierto que las procesadoras de maderas de grandes dimensiones son máquinas eficientes para desramar y tronzar, pero muchos propietarios forestales han pasado de la motosierra al hacha para la operación de desrame, a fin de ahorrar gasolina y proteger al mismo tiempo a sus trabajadores contra la vasoneurosis. El trabajo con hacha ejercita el corazón y los pulmones y es una buena medida preventiva contra los efectos perjudiciales del trabajo con motosierra.



Remolque Mini-Urus dotado de equipo de cable, torre y motor que se emplea como cable-grúa para cortas distancias en operaciones de aclareo o para maderas de pequeña dimensión en cortas finales (Foto: E. Pestal)

PLANIFICACION DE SISTEMAS DE TRABAJO PARA EL APROVECHAMIENTO  
DE MADERA EN REGIONES DE MONTAÑA

por

Winfried Egger  
Generaldirektion der Osterreichischen Bundesforste 1/

1. INTRODUCCION

Al planificar un sistema de trabajo, hay que definir en primer lugar la situación ideal de trabajo teniendo en cuenta todos los elementos que influyen en las operaciones (empresa forestal, mercado, personal, finanzas, etc.). Sólo sobre esta base será posible determinar lo que es posible en unas circunstancias dadas.

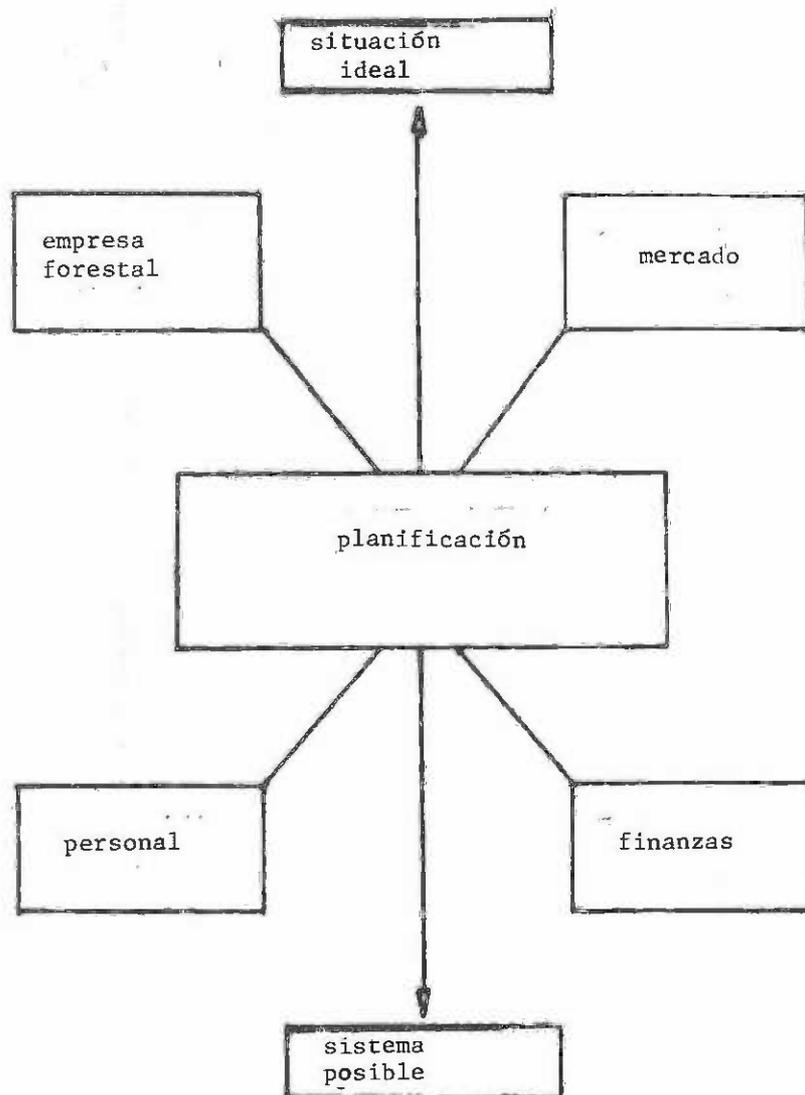


Fig. 1 - Elementos a considerar, que influyen en el aprovechamiento de madera

Traducido al aprovechamiento de madera, esto significa que todas y cada una de las operaciones deben considerarse como parte de un solo sistema de trabajo.

Como los elementos de este sistema de trabajo están íntimamente relacionados entre sí, ejercen una influencia decisiva sobre el trabajo a ejecutar y sobre el rendimiento esperado. El objetivo de la planificación del trabajo es evaluar los elementos individuales de un sistema de trabajo y determinar consecuentemente las condiciones en que debe realizarse el mismo.

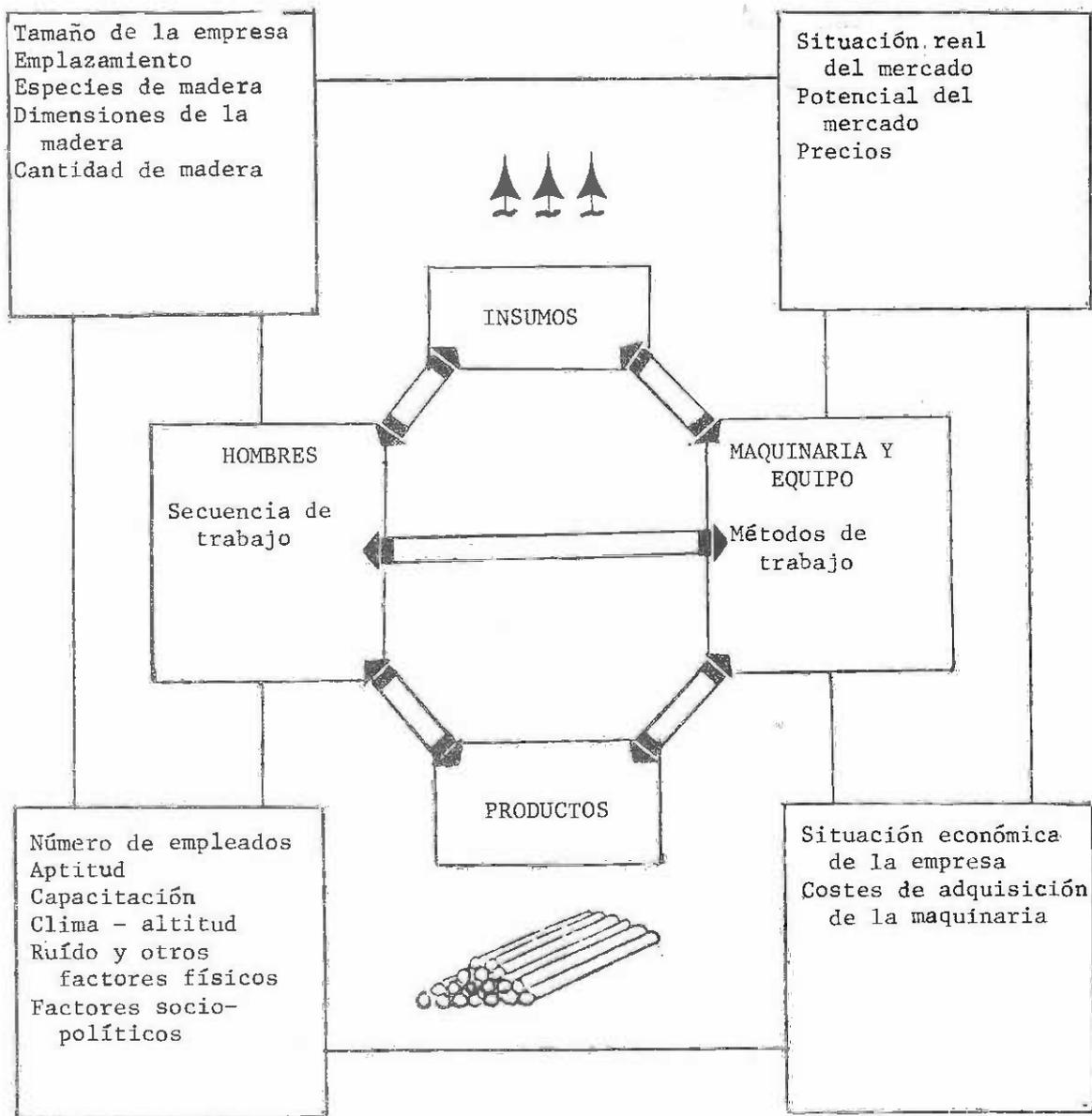


Fig. 2 - Sistema de trabajo para el aprovechamiento de madera

Como puede verse en la figura anterior, el sistema de trabajo consta de un círculo externo y un círculo interno.

a) El círculo externo suele estar fuera del control del planificador del sistema de trabajo. Incluye factores tales como:

- i) Tamaño de la empresa  
Ubicación y terreno en que se va a realizar el trabajo, especies de madera (árboles de frondosas o coníferas), tamaño de la madera (diámetro), volumen (número de m<sup>3</sup>) a aprovechar.
- ii) Situación del mercado  
Perspectivas de ventas de la madera a producir, precios de venta, etc.
- iii) Condiciones económicas de la empresa forestal  
¿Cuál es la situación financiera de la empresa forestal? ¿Tiene la empresa capital suficiente?
- iv) Coste de la maquinaria  
¿Cuál es el coste de la maquinaria? ¿Puede permitirse la empresa comprar una determinada máquina? ¿Cuáles son los costes de explotación maderera?
- v) Personal de la empresa forestal  
¿Hay personal disponible en número suficiente? ¿Son competentes? ¿Están capacitados adecuadamente o puede elevarse su nivel de competencia mediante medidas apropiadas de capacitación?
- vi) Clima y aptitud  
¿Se realiza el trabajo en invierno o en verano? ¿A qué altitud?
- vii) Condiciones sociales predominantes  
Influencia del ruido, condiciones físicas que afectan al hombre en el trabajo y así sucesivamente.

b) El círculo interno debe concebirse atendiendo debidamente al círculo externo. El círculo interno elegido por el planificador determina al propio tiempo los insumos (en nuestro caso específico es el bosque) y los productos del sistema del trabajo (es decir, el conjunto de productos obtenidos y listos para la venta). En resumen, debe plantearse la pregunta: "¿Por qué medios y de qué forma se obtiene los productos?" Debe estudiarse aquí cuidadosamente el hombre, la maquinaria y los equipos que utiliza a fin de poder elegir el sistema óptimo de aprovechamiento y de menor costo. Con este fin, el planificador del sistema de trabajo debe adoptar acciones muy específicas:

Medida a adoptar	Efectos
Puesta en comunicación del bosque (red de carreteras)	Mayor eficiencia
Método de trabajo (máquinas forestales)	Mayor producción y seguridad
Personal (número y competencia)	
Capacitación básica	
Capacitación adicional	
Remuneración	Mejoramiento económico

La primera medida de la planificación del trabajo consiste en la comunicación del bosque del mejor modo posible mediante la construcción de una red de carreteras forestales. El plan general de puesta en comunicación debe tener en cuenta el tipo de maquinaria a utilizar porque esto influirá en el plan detallado de puesta en comunicación.

Un sistema óptimo de carreteras basado en las opciones disponibles de mecanización para el aprovechamiento de la madera, ofrece una serie de ventajas entre las cuales merecen atención especial una producción más económica, un menor esfuerzo para los trabajadores y un menor riesgo de accidentes de trabajo.

Otra tarea esencial que incumbe al planificador del trabajo es el desarrollo de procedimientos de aprovechamiento de madera que puedan adaptarse a las condiciones específicas que predominen en la empresa y que deben garantizar unas operaciones de confianza. Sobre la base de los tres factores de producción -el bosque, el hombre y la máquina- se selecciona entonces el método de aprovechamiento más ajustado a las necesidades biológicas, sociales y económicas de la empresa.

En este punto, deben armonizarse convenientemente, como es lógico, tres objetivos: cumplimiento de las metas, seguridad del trabajo y preservación del estado sanitario del bosque.

Todo planificador debe tratar de utilizar la mecanización como medio de facilitar el trabajo, mejorar la seguridad y aumentar la productividad del trabajo. Sin embargo, no debe descuidarse el tema de la disponibilidad de mano de obra (situación del mercado de trabajo y condiciones sociales).

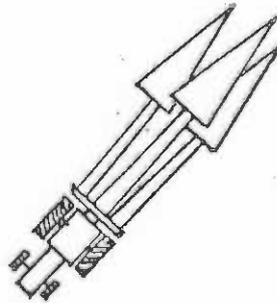
Hay que elegir el método de trabajo y seleccionar la maquinaria forestal necesaria, de acuerdo con estos factores.

## 2. SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO UTILIZADOS CORRIENTEMENTE EN AUSTRIA EN REGIONES DE MONTAÑA

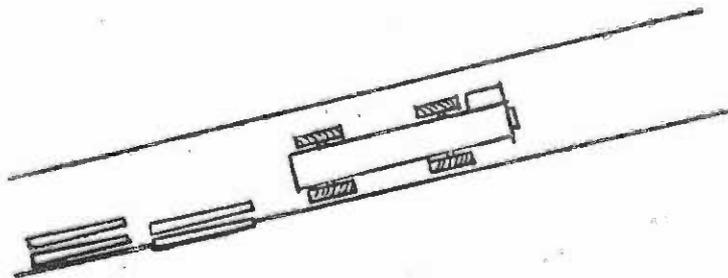
En el sector forestal se ha generalizado el denominar a los tres métodos básicos de aprovechamiento según el estado en que se explota la madera.



1. Apeo



2. Arrastre



3. Empleo de una procesadora móvil o transporte al patio de maderas y transformación final en la industria.

Fig. 3 - Método de árboles completos

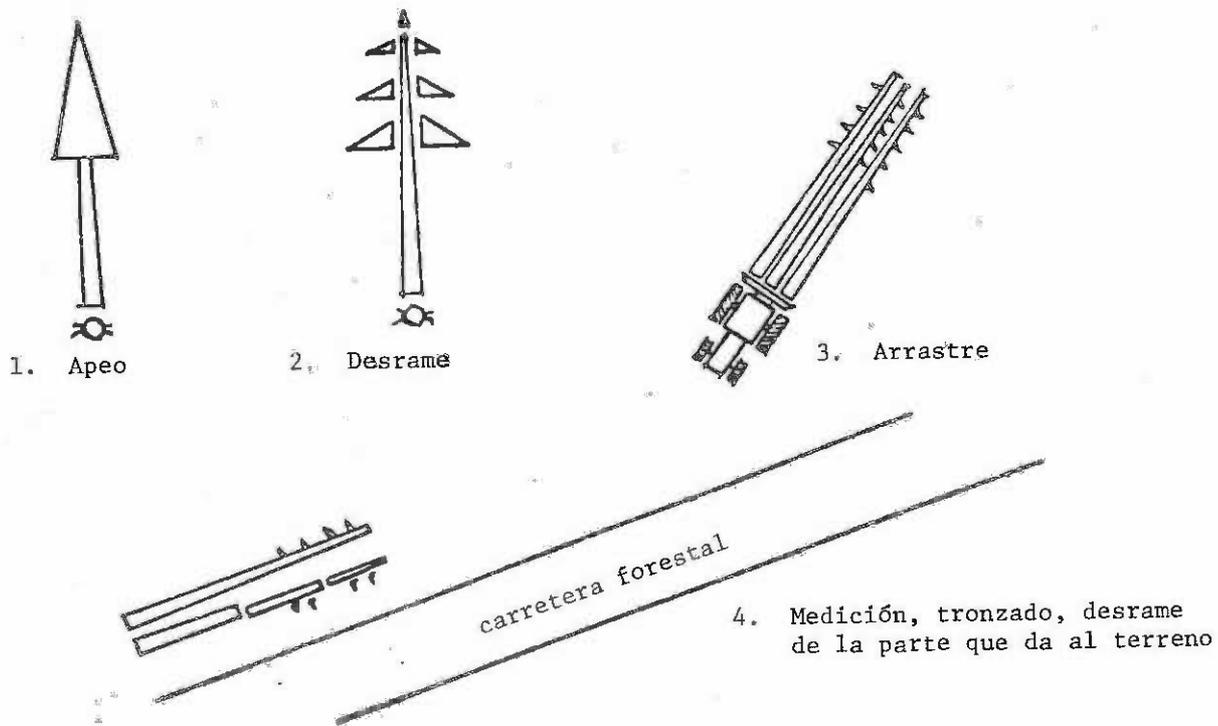


Fig. 4 - Método de troncos enteros

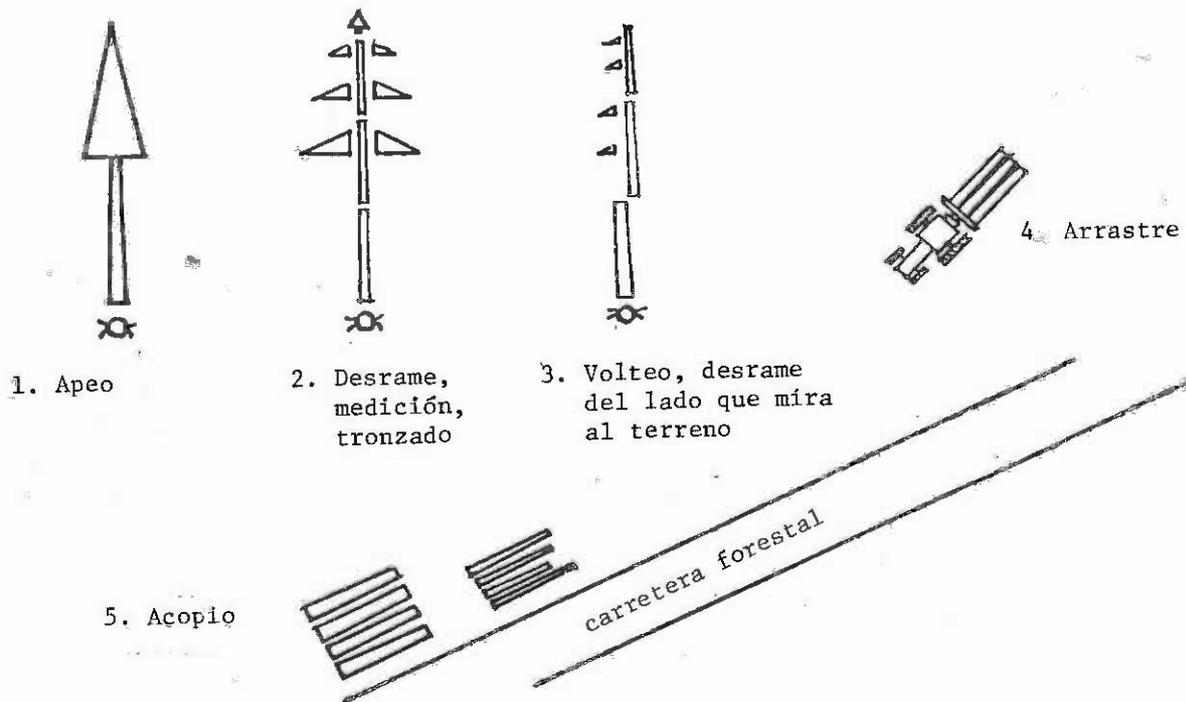


Fig. 5 - Método de productos clasificados

Hay, naturalmente, variaciones de cada método. Cada uno de los métodos que se describen a continuación puede ser el más apropiado en unas circunstancias determinadas.

La opinión muy extendida de que el método más mecanizado es el mejor, sencillamente no siempre es correcta. Para llegar a una decisión correcta, es imperativo estudiar no sólo los costes sino también las influencias ambientales del método de trabajo (hombre y bosque); hay que dar así la debida consideración a la influencia del círculo externo del sistema para poder evitar consecuencias negativas.

### 2.1 Método de árboles completos

Apeo con la ayuda de una motosierra. Transporte de los árboles al lugar de transformación o a la carretera por medio de tractor arrastrador o cable.

Transformación mecanizada utilizando una procesadora de campo o una procesadora móvil, etc. (desrame, tronzado, descortezado).

### 2.2 Método de troncos enteros

Apeo, desrame del lado superior de la troza, utilizando una motosierra en el lugar de apeo; transporte de las trozas hasta el lugar de transformación o hasta la carretera (tractor arrastrador), transformación (tronzado, desrame final por medio de una motosierra).

### 2.3 Método de productos clasificados

Apeo y transformación en productos clasificados en el lugar del apeo, utilizando una motosierra; transporte de los productos clasificados a la carretera (tractor arrastrador, tractor arrastrador articulado de ruedas, cabrestante de cable, arrastre manual, etc.).

Las investigaciones realizadas por la Empresa Forestal Federal de Austria han demostrado que el método de productos clasificados (o sea el método convencional de aprovechamiento) es el más caro en terreno de montaña; el método de troncos enteros es un 34% más barato que el aprovechamiento convencional y el método de árboles completos viene a ser aproximadamente un 30% más barato que el sistema convencional.

Costes de aprovechamiento expresados en % en comparación con el método convencional de aprovechamiento				
100%	82%	81%	70%	66%
aprovechamiento convencional con personal propio y tractores arrastradores propios, descortezamiento manual	aprovechamiento convencional con personal propio, tractores arrastradores de los agricultores descortezamiento manual	aprovechamiento parcialmente mecanizado con personal propio tractores arrastradores de los agricultores, descortezamiento manual	aprovechamiento altamente mecanizado con personal propio, procesadora móvil, descortezamiento mecánico	aprovechamiento parcialmente mecanizado con personal propio, procesadora de campo, la madera se deja con corteza, ajustado para reducción del precio

Fig. 6 - Comparación de costes de aprovechamiento con la Empresa Forestal Federal

En planificación del trabajo, deben tenerse en cuenta no sólo los costes sino también la proporción de los jornales respecto a los costes (que varía con cada método de aprovechamiento).

95%	69%	36%
aprovechamiento convencional	aprovechamiento parcialmente mecanizado, con empleo de tractor arrastrador	aprovechamiento altamente mecanizado

Fig. 7 - Proporción de jornales respecto a costes para los tres distintos métodos de aprovechamiento

Hablando en términos generales, el método de productos clasificados es el más conveniente cuando se han de cortar pequeños volúmenes por superficie de corta (hasta 150 m<sup>3</sup>) o cuando las distancias de arrastre son cortas (hasta unos 100 m). También es aconsejable este método cuando los cargaderos y el terreno son extremadamente difíciles, siendo preferible en las claras (trozas sencillas y trozas de doble longitud) o en los aprovechamientos de entresaca (extracción de árboles individuales) porque de esta forma se evitan daños importantes a la masa remanente.

Grandes cantidades de madera, largas distancias de arrastre y cortas rasas, y cortas preparatorias de menor cuantía, son factores que justificarían el método de troncos enteros, siempre que se disponga de lugares adecuados de transformación y de maquinaria apropiada para el arrastre. En lo referente al terreno, el método de troncos enteros con el empleo de un tractor arrastrador (arrastrador de ruedas articulado, con cabrestante) ha dado resultados satisfactorios en áreas con pendiente media del 45-50% para arrastre cuesta abajo y de un 25% para arrastre cuesta arriba.

El método de árboles completos exige un estudio cuidadoso de ciertos factores como el volumen de madera a aprovechar y opciones posibles en cuanto a transporte y arrastre. Estimaciones de costes y cálculos de volúmenes constituyen una valiosa fuente de información para poder adoptar decisiones.

Teniendo en cuenta las pesadas cargas que se transportan y el fuerte rozamiento ocasionado por las ramas que se dejan en el árbol, se necesitan arrastradores más potentes en el aprovechamiento de árboles completos que en el método de troncos enteros.

Al elegir las máquinas para los diversos métodos de aprovechamiento, el planificador debe asegurarse de que éstas cumplen los requisitos de cada proyecto (trabajo, trabajadores, rendimiento y costes).

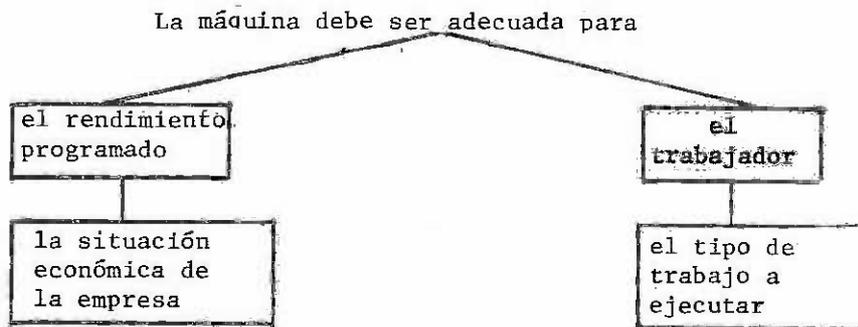


Fig. 8 - Elección de la máquina.

Una máquina sólo puede ser apropiada para el trabajo si ha sido diseñada para el tipo de terreno y procedimiento de trabajo de que se trate (movilidad a campo través, relación favorable peso-rendimiento, etc.). Deben reducirse a un mínimo absoluto los daños a la masa remanente, al suelo forestal, a los productos clasificados obtenidos, a la carretera y los cargaderos.

Una máquina sólo puede ser adecuada para el trabajador si cumple con los principios y requisitos ergonómicos. Sus características de diseño y seguridad deben ser tales que garanticen un funcionamiento fácil, conveniente y seguro. Estos factores son requisitos previos para el rendimiento sostenido del trabajador.

Una máquina sólo puede ser eficiente si, además de los criterios antes mencionados, permite un funcionamiento seguro y de confianza y el rendimiento sostenido del trabajador en condiciones normales de trabajo. Antes de comprar una máquina deben estudiarse sus especificaciones en relación con el trabajo a que se va a destinar. El rendimiento económico es, naturalmente, otro criterio de importancia fundamental. Una máquina sólo se puede utilizar rentablemente si su precio de compra es razonable o reducido, si se puede emplear a la capacidad normal, y si sus costes de funcionamiento y reparaciones son bajos. Si se emplea al 60-70 por ciento de su capacidad, pueden obtenerse resultados satisfactorios. Su precio de compra hay que considerarlo siempre en relación con la unidad de producción ( $m^3$ ).

Diversos institutos científicos (por ejemplo el Instituto Federal de Investigación Forestal de Schönbrunn) han elaborado listas de comprobación que contienen todos los criterios que se han mencionado. Sin embargo, siempre se necesita personal adecuado y especialmente capacitado para realizar estudios económicos y ergonómicos y para elegir los tipos apropiados de máquinas.

Es tarea del planificador el cerciorarse de la disponibilidad de personal adecuadamente capacitado y en número suficiente. Este personal debe recibir constantemente capacitación adicional. Sólo el personal forestal mejor cualificado, que reciba una instrucción permanente y esté bajo una supervisión constante será capaz de cumplir sus tareas en forma económica, con seguridad y con la debida atención a la conservación forestal.

Con la mecanización cada vez mayor de los aprovechamientos madereros, debe aumentar también el nivel de capacitación del personal implicado. Habrá que ofrecer una capacitación específica para cada método de aprovechamiento.

Una máquina no hace el trabajo sola

Sería totalmente erróneo creer que la planificación consiste simplemente en la adquisición de maquinaria y en la intención de aplicar un cierto método de trabajo. Cuanto más mecanizado sea el método de aprovechamiento, mayor será la componente de planificación y organización.

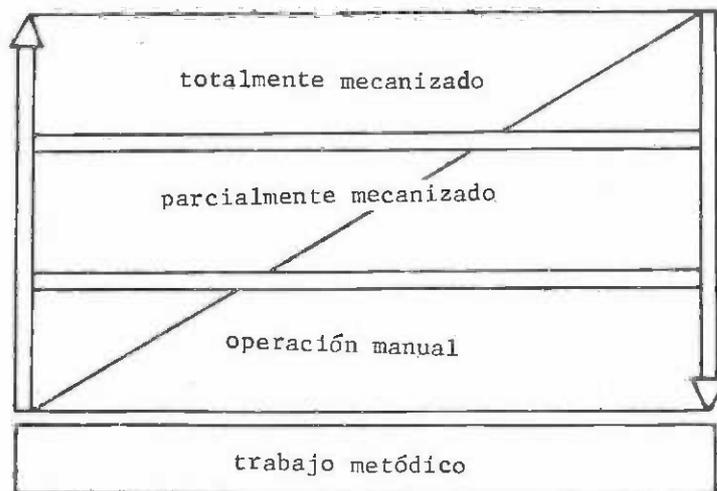


Fig. 9 - Planificación y organización del trabajo

Otro factor decisivo al elegir un determinado método de trabajo, es el sistema empleado para el pago de la mano de obra. Al planificar el trabajo deben garantizarse unos ingresos adecuados, en condiciones normales de trabajo, a todos los trabajadores que estén bien preparados y familiarizado con su tarea y que tengan experiencia suficiente. Motivar a los trabajadores es la tarea apropiada y correcta que debe hacerse. Pero un estímulo excesivo que se traduzca en un esquema de jornales de incentivos exagerados, puede ser muy peligroso porque puede representar una amenaza para la vida y la salud del trabajador y llevar a un excesivo desgaste de las máquinas, además de ocasionar daños a la masa remanente por un exceso de celo.

Un buen sistema de jornales ha de combinar una componente en función del tiempo y otra relacionada con el rendimiento (destajo o primas).

El planificador debe elegir el sistema de jornales adecuado para el tipo de tarea a realizar. En este punto se ha encontrado que el sistema de destajo es muy apropiado para el método de productos clasificados, mientras que en los métodos de aprovechamiento combinados (árboles completos y troncos enteros), en los que se utilizan máquinas más pesadas suele ir mejor el método de primas (jornal base más primas en función del rendimiento).

El rendimiento, la seguridad en el trabajo y el buen estado sanitario del bosque no vienen determinados para un solo trabajador. Todas las personas que intervienen en el proceso de trabajo contribuyen a sus resultados. Es responsabilidad especial del planificador garantizar que se pueda lograr este triple objetivo, y para ello debe ser conocedor de su función y actuar consecuentemente.



Procesadora recogiendo trozas de troncos enteros para desramar, descortezar, tronzar y clasificar (Foto: O. Sedlak)



Deslizadero de madera empleado antes de dar acceso a los bosques de montaña mediante carreteras forestales (Foto: O. Sedlak)

APLICACION DE TECNOLOGIAS INTERMEDIAS EN EL APROVECHAMIENTO  
DE MADERA EN PAISES EN DESARROLLO

por

Rudolf Heinrich  
Dirección de Industrias Forestales  
Departamento de Montes de FAO

## 1. INTRODUCCION

Durante los últimos años en muchos países del mundo, industrializados y en desarrollo, se ha producido un cambio importante en el papel del sector forestal frente al público a nivel local o nacional, en lo que se refiere a patrones de utilización, formulación de políticas forestales y programas de acción para el futuro. En la mayoría de los países, los bosques se ordenaban en el pasado sobre todo para satisfacer las necesidades de las industrias forestales y sólo en años recientes se ha creado una mayor conciencia sobre la importancia del papel del sector forestal en el medio ambiente. En la actualidad parece también, al menos en muchos países en desarrollo, que la producción de madera para uso energético (leña, carbón vegetal y/o gas de madera) se hace cada vez más importante. Bastantes departamentos forestales han puesto en marcha, en consecuencia, programas de forestación en gran escala para establecer nuevas plantaciones forestales a fin de satisfacer necesidades energéticas locales o regionales; con la participación de la población rural, la FAO ha establecido un programa que se denomina Actividades Forestales para el Desarrollo de las Comunidades Locales (FLCD), a fin de apoyar a este movimiento en muchos países en desarrollo.

Los países desarrollados están pensando también en el establecimiento de los denominados bosques energéticos para estudiar los costes del aprovechamiento de madera para utilización energética (por ejemplo, en Austria y Suecia).

Este cambio vino determinado por dos factores principales: los precios cada vez mayores del petróleo y la escasez previsible de petróleo natural junto con las necesidades crecientes de una población mundial en expansión. Se preguntarán Vds. qué tiene que ver todo esto con el sector forestal en general y con la explotación maderera en particular. Debido a las fuertes tasas de inflación en muchos países del mundo, se hace necesario reducir costos y reorientar la producción en muchos sectores del comercio, la industria y los servicios. En lo que se refiere a la explotación maderera, muchos países en desarrollo buscan asesoramiento sobre la forma de reducir los costes de inversión en la explotación maderera (equipo de extracción), disminuyendo los costes de combustible. En términos generales, cómo reducir los costes de producción de madera. Por otra parte, en muchos países en desarrollo existe la necesidad de aumentar el nivel de empleo, especialmente en las zonas rurales. Es muy frecuente que los objetivos antes mencionados se pueden lograr reduciendo la maquinaria de explotación a emplear, perfeccionando la estructura organizativa, mediante capacitación especializada y el mantenimiento apropiado de la maquinaria y los equipos.

## 2. NIVELES DE LAS OPERACIONES DE APROVECHAMIENTO DE MADERA

Pueden distinguirse tres niveles principales en las operaciones de aprovechamiento:

- operaciones de explotación maderera con fuerte empleo de mano de obra;
- operaciones de explotación maderera de tecnología intermedia;
- operaciones de explotación maderera plenamente mecanizadas.

### 2.1 Operaciones de explotación maderera con fuerte empleo de mano de obra

En este tipo de operación, como su nombre indica, la mano de obra es el aporte o insumo principal. Con la ayuda de herramientas forestales manuales de buena calidad y mantenidas adecuadamente, desarrolladas para los distintos tipos de trabajo forestal, se pueden lograr unos resultados bastante buenos en las operaciones de aprovechamiento de madera. En lo que se refiere al transporte de trozas, se han desarrollado métodos

tradicionales muy especializados en diversas partes del mundo; algunos de ellos todavía se practican, especialmente donde la mano de obra es todavía más barata que el empleo de maquinaria. Sólo para dar algunos ejemplos, en los manglares y zonas pantanosas de agua dulce, las trozas se trasladan a mano por canales artificiales y zanjas; en suelos llanos y blandos es frecuente preparar tiraderas de arrastre a fin de rodar las trozas hasta los cargaderos; en terrenos inclinados, las trozas se mueven cuesta abajo con la ayuda de enganchadores, o con traillas de arrastre, trineos y deslizaderos. En algunos casos, el arrastre y el transporte de trozas con animales se han sustituido en parte por el movimiento puramente manual de las trozas.

## 2.2 Operaciones de explotación maderera de tecnología intermedia

En este tipo de operación sólo se emplea trabajo manual en cuantía limitada, introduciendo la maquinaria para facilitar el trabajo y mejorar el nivel de producción. Por ejemplo, para el apeo, se sustituye la sierra manual por la motosierra, mientras que para el desrame todavía se utiliza con frecuencia el hacha. Para el transporte fuera de la carretera y por ella, los tractores agrícolas con implementos forestales (cabrestantes, vagonetas, accesorios de cable-grúa y remolque) harán en muchos casos un trabajo suficientemente aceptable. Los factores limitantes para la introducción de estos tipos de maquinaria intermedia, suelen ser el tamaño de los árboles y la accesibilidad de los bosques (topografía, suelo y densidad de la red de carreteras).

## 2.3 Operaciones de explotación maderera totalmente mecanizadas

En la mayoría de los países industrializados se aplica generalmente un alto nivel de mecanización, lo que viene determinado por el alto coste de la mano de obra y la necesidad de garantizar un abastecimiento sostenido de gran cantidad de trozas para las industrias forestales establecidas y para los mercados consumidores. Pero en algunos países en desarrollo se pueden encontrar también operaciones de explotación maderera fuertemente mecanizadas, especialmente en los bosques tropicales, donde el gran tamaño de los árboles y por tanto de las trozas, hace que éstas sean demasiado pesadas para manejarlas mediante pequeña maquinaria, no disponiendo de mano de obra en número suficiente debido al alejamiento de las áreas forestales.

En los países desarrollados, en zonas de topografía suave, la mecanización de las operaciones de aprovechamiento en gran escala ha avanzado tanto que una sola máquina realiza actualmente las distintas tareas de apeo (cizallado, corte), desrame, tronzado y descortezado. Sin embargo, en terrenos difíciles y muy inclinados todavía se necesita una serie de máquinas para la producción de trozas; es frecuente emplear las siguientes secuencias de máquinas: motosierras para el apeo, cables-grúa para la extracción de árboles y el transporte a borde de carretera, tractores arrastradores para transportar los árboles al cargadero, donde se emplea una procesadora finalmente para desramar, tronzar y descortezar los árboles.

En la actualidad en los bosques tropicales se realiza el apeo sobre todo mediante motosierras de gran potencia y la extracción de las trozas mediante una combinación de tractores de cadenas (agrupación previa de las trozas en las principales vías de arrastre) y con arrastradores articulados de ruedas de gran potencia. En los últimos años se ha desarrollado una nueva máquina, el arrastrador oruga, que trabaja junto con los tractores de cadenas en la extracción de madera.

## 3. APLICACION DE TECNOLOGIA INTERMEDIA

El concepto de utilizar tecnología intermedia en las operaciones forestales y especialmente en la explotación maderera (extracción y transporte) obedece sobre todo a los cambios en la situación económica de muchos países del mundo, especialmente respecto al consumo, utilización y costes de la energía. Es también consecuencia de un mejor conocimiento de la necesidad de preservar los recursos forestales mediante unas operaciones eficientes, mejor orientadas desde el punto de vista ambiental, y de incrementar los recursos forestales mediante nuevas plantaciones. Hay que reflexionar cuidadosamente para elegir el tamaño y la potencia (kw) de las máquinas, debido por una parte a los elevados costes del combustible en los países no productores o de producción limitada de petróleo y, por otra, a los costes de la mano de obra en los países industrializados.

Para esta elección hay que tener en cuenta la disponibilidad y necesidades de mano de obra para dar con las soluciones más económicas en el aprovechamiento de madera. Esto es especialmente importante para los bosques recientemente establecidos que van a utilizarse para la producción de energía.

#### 4. ANALISIS DE LA MAQUINARIA DE EXPLOTACION MADERERA DE TECNOLOGIA INTERMEDIA

Cuando hablamos de tecnología intermedia, pensamos básicamente en la utilización del tractor agrícola (con una potencia de 50 a 80 hp) con implementos forestales especiales desarrollados en el pasado, y más específicamente en años recientes, para las distintas tareas necesarias en las operaciones de explotación y transporte de madera. Esta clase de equipos se produce sobre todo en los países desarrollados y se utiliza ya en forma generalizada. Sin embargo, es una realidad que todavía son poco conocidos en los países en desarrollo.

Por lo tanto, una de las finalidades de este artículo, es proporcionarles una visión general sobre los equipos existentes de explotación maderera -a utilizar sobre todo en combinación con tractores agrícolas - que pueden ser de interés para algunas necesidades de la explotación maderera de sus países; en segundo lugar, informarles sobre un estudio comparativo de tiempos, realizado en México en el que se empleó tecnología sencilla e intermedia de explotación maderera con herramientas, equipos y máquinas.

En lo que se refiere al tractor agrícola para el trabajo forestal, debe contar con lo siguiente:

- tractor con tracción a las cuatro ruedas con estructura protectora contra vuelcos (ya sea el chasis o una cabina de seguridad);
- acoplamiento de tres puntos de apoyo (excepto para aquellos accesorios forestales que vayan montados directamente sobre el tractor);
- toma de fuerza;
- protección de seguridad en los bajos (una chapa para proteger el sector);
- toma de fuerza de 50 a 80 hp DIN 1/.

Con respecto a los accesorios para el trabajo forestal, nos gustaría darles algunos ejemplos de los accesorios de tractor actualmente utilizados, que pueden agruparse esencialmente en la forma siguiente:

- garras montadas sobre tractor para el arrastre de trozas y madera corta;
- cabrestantes montados sobre tractor con o sin plancha de madereo;
- cabrestantes acoplados a un tractor con o sin plancha de madereo;
- vagoneta (bogíe) de madereo acoplada a un tractor;
- cables-grúa de torre móvil acoplados a un tractor;
- remolques para el transporte de trozas y madera corta.

Además de los accesorios de tractor antes mencionados, se han desarrollado y perfeccionado en los últimos años cabrestantes independientes para el arrastre por tierra (con o sin control por radio o remoto). Otra innovación notable es el deslizadero de polietileno que se utiliza para deslizar cuesta abajo madera para pasta y leña.

---

1/ Deutsche Industrie Norm.

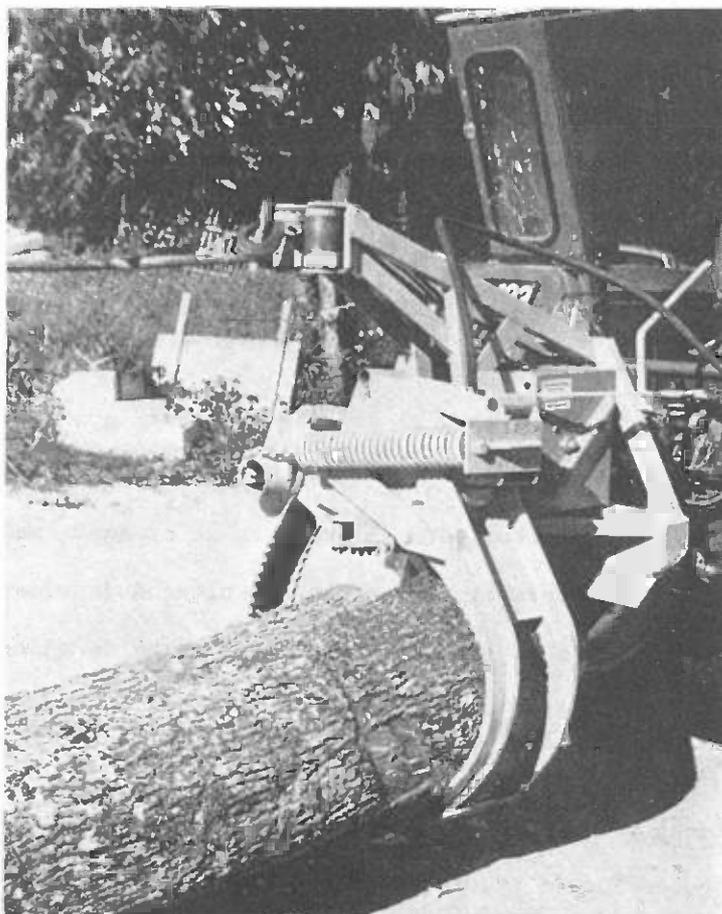
#### 4.1 Garras montadas sobre tractor para el arrastre de trozas y madera corta

El accesorio de garra montada sobre tractor es muy útil para una operación de un sólo hombre en terreno fácil. El empleo de esta garra suele exigir que el tractor pueda trasladarse hacia los árboles apeados o las trozas para recogerlas del terreno. Sin embargo, algunas garras van equipadas además con un cabrestante para utilizarlas también en terreno más difíciles. Normalmente, la garra puede manipular productos de todas clases, de árboles muy pequeños a los de gran dimensión, y trozas (postes, árboles o trozas con diámetros desde 8 cm hasta 110 cm).

A continuación se da una lista de algunas firmas que fabrican garras y accesorios de tractor:

- para el arrastre de trozas (Farmi, Kuxmann, Rutting, Loft);
- para el arrastre de madera corta (Norgaard, Kärntner Maschinenfabrik).

A continuación se acompaña como referencia la fotografía de una garra montada sobre tractor con un cabrestante adosado de un solo carrete:



Garra con cabrestante de cable de un solo carrete (Foto: FPP 1/)

El cabresante tiene una potencia de tiro de 4 000 kp, con una capacidad de cable de 60 m cuando se emplea cable de 12 mm de diámetro. La velocidad media del cable es de unos 0,5 m/seg. El accesorio completo, sin el cable, pesa unos 470 kg.

1/ Kooperationsabkommen zwischen Forstwirtschaft, Platten- u. Papierindustrie.

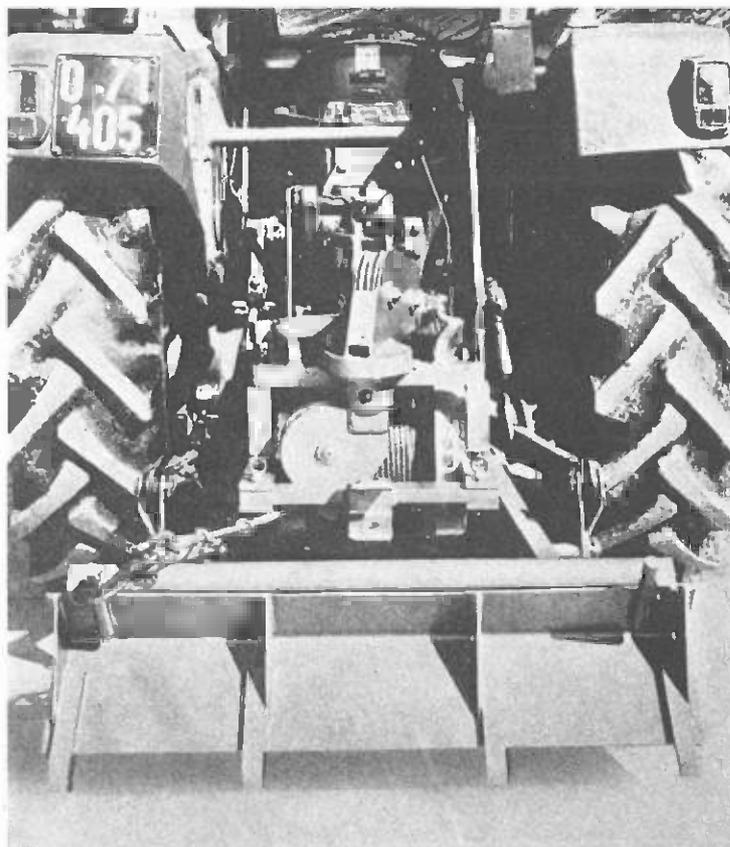
Los precios de compra de los distintos tipos de garras varían desde unos 2 000 dólares EE.UU. a 5 000 dólares EE.UU. <sup>1/</sup>, dependiendo de si se necesita para un trabajo liviano o pesado.

#### 4.2 Cabrestantes montados sobre tractor con o sin plancha de madereo

Se trata de cabrestantes que se montan directamente en fábrica en la parte trasera de un tractor.

Hay varias compañías que fabrican cabrestantes montados sobre tractor, como por ejemplo Adler, Glogger, J.H.B. Hydatongs, Huber y Gland, Lindner, Kuxmann, Nagel, Oesa, Ritter, Schlang y Reichart, Vögerl y Werner. Existen cabrestantes de uno o dos carretes y con una capacidad máxima de tiro en el cable de 2 400 a unos 8 000 kp.

La mayoría de los carretes de cabrestante tienen una capacidad de enrollado de cable de 50 a 80 m, pero algunos tienen una capacidad de 120 m; generalmente se emplean cables de 12 a 14 mm de diámetro. Los precios de compra varían de unos 4 000 dólares a 8 000 dólares EE.UU. Como ejemplo, la fotografía que viene después muestra un cabrestante de un solo carrete (Vögerl) producido por Rittmann Maschinenbau con una plancha de madereo.



Cabrestante de un solo carrete montado sobre tractor, con plancha de madereo  
(Foto: FPP)

El cabrestante tiene un tiro máximo en el cable de 3 500 kp con una capacidad de cable de 110 m cuando se usa cable de 12 mm de diámetro. Tal como se muestra en la fotografía se recomienda una plancha de madereo por razones operativas y de seguridad.

<sup>1/</sup> Todos los precios de compra indicados son sólo precios aproximados, generalmente de 1979 a 1980, que se dan exclusivamente para fines informativos. Deben entenderse como precios en fábrica sin aduanas ni costes de transporte.

Nota: 1 dólar EE.UU. = 15 S.A. (febrero 1981).

#### 4.3 Cabrestantes acoplados a un tractor con o sin plancha de madereo

Estos cabrestantes se acoplan al sistema de enlace de tres puntos de un tractor, llevan carretes sencillos o dobles y van con frecuencia equipados con una plancha de madereo. Algunos de los cabrestantes tienen carretes situados paralelamente a los ejes de los tractores; otros van perpendiculares. Sin embargo, este último tipo de cabrestante necesita un guía-cabos especial. En vez de plancha de madereo o arrastre, una casa fabricante produce un bastidor sencillo con travesaños para estabilizar el tractor mientras está tirando de las trozas.

Algunas de las marcas más conocidas de cabrestantes que se fabrican acoplados a tractores, son las siguientes: Farmi, Huber, Igland, Krasser, Norse, Ritter, Schlang y Reichart, Schwedenforst y Vögerl.

Los cabrestantes tienen generalmente un tiro máximo en el cable que varía de 1 500 kp a 5 000 kp. Las distancias máximas de extracción para el tiro con cabrestante son de 50 a 180 m dependiendo del tamaño del cabrestante y del cable empleado. Para estos fines se utilizan cables de 8, 9, 10, 11 y 12 mm de diámetro; sin embargo, el más frecuentemente utilizado es el cable de 12 mm.

Los precios de compra del equipo, dependiendo de la marca y de la potencia necesaria, varían desde 1 200 dólares EE.UU. a 7 000 dólares EE.UU. aproximadamente.

A continuación se da una fotografía de un cabrestante muy sencillo, el Farmi, con una garra:



Tractor de ruedas con cabrestante Farmi y garra (Foto: NORMET)

Este cabrestante tiene una capacidad de tracción en el cable de 3 000 kp, con una capacidad de carrete de unos 50 m cuando se utiliza cable de 8 mm, o de 75 m con un cable de 10 mm. El precio de compra es de unos 1 700 dólares EE.UU.

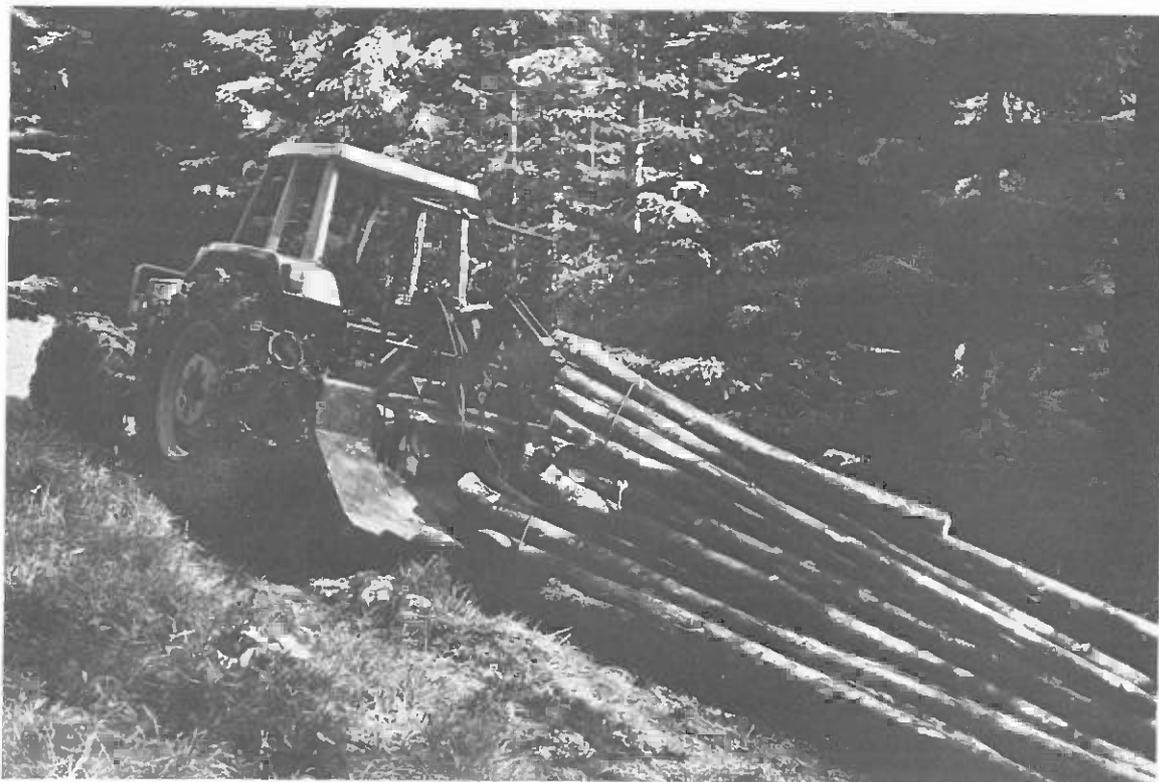
#### 4.4 Vagoneta de madera (bogie) acoplada a un tractor

Este accesorio de tractor, por ejemplo, lo produce Steyr y Schlang y Reichart. Consiste esencialmente en un pequeño remolque de dos ruedas, un cabrestante de un solo carrete y una plancha de madereo. La función de la vagoneta de madereo es doble, una la de actuar como cabrestante y, otra, la de transportar. Las distancias de tiro pueden ser de un máximo de 75 m (cable de 12 mm) o de 110 m (cable de 10 mm), de acuerdo con el tamaño del cable empleado.

La máxima capacidad de tracción del cable es de unos 4 000 kp. Lo interesante de este equipo es que se puede tirar de las trozas por suelos y terrenos difíciles llevándolas hasta una pista de arrastre o un camino forestal, desde donde se arrastran (o transportan) hasta la carretera o el cargadero. Mientras que la plancha de arrastre sirve en la primera operación como estructura protectora de seguridad, actúa en la fase de arrastre como ayuda de transporte colocando un extremo de las trozas sobre la plancha (véanse las fotografías). El precio de compra de la vagoneta de madereo Steyr es de unos 5 500 dólares EE.UU.



Tractor agrícola con vagoneta giratoria (bogie), empleado para el arrastre cuesta arriba (Foto: Steyr)



Tractor agrícola con vagoneta giratoria, transportando la carga (Foto O. Sedlak)

#### 4.5 Cables-grúa de torre móvil acoplados a un tractor

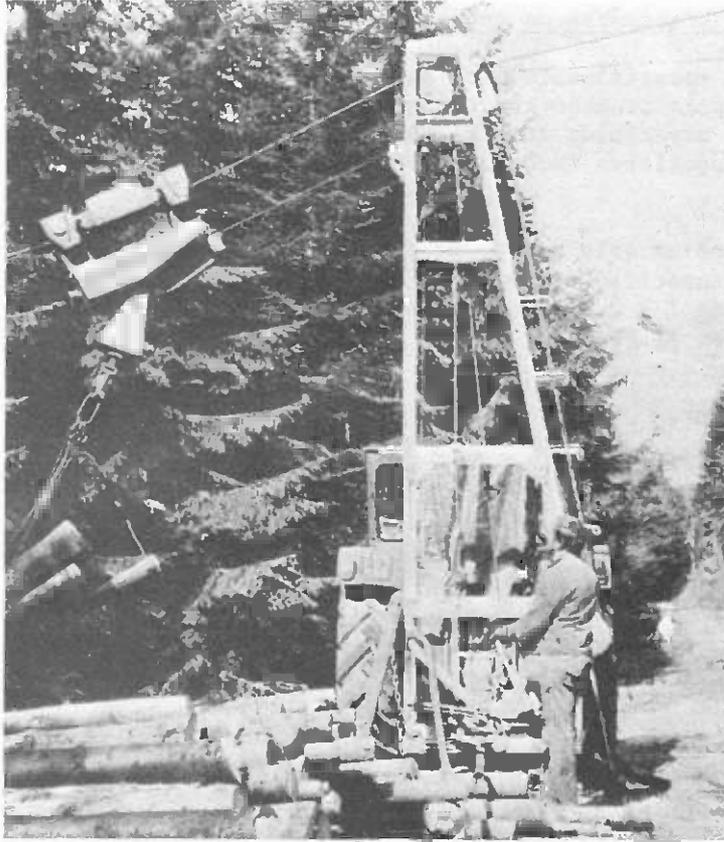
Existe un buen número de sistemas de cable en el mercado, que se fabrican para ser empleados como accesorios de los tractores agrícolas en operaciones con cable, como por ejemplo el James-Jones, el Koller, el Urus mini y otro que se está investigando actualmente: el sistema Igland/Kubota. La ventaja de estos sistemas frente a los sistemas tradicionales de cable, estriba en que debido al equipo de torre móvil, los tiempos de montaje se reducen considerablemente.

De esta forma, la explotación maderera puede realizarse en terrenos inclinados, difíciles, frangosos y pantanosos en condiciones más económicas que utilizando los métodos antiguos. Como su alcance es generalmente de 300 a 500 m de longitud, constituyen un suplemento ideal para un sistema de red de carreteras proyectado para dar a los bosques una accesibilidad total a fines de aprovechamiento. Se pueden distinguir esencialmente dos tipos distintos de sistemas de cable: los de tiro alto y los de cable aéreo. Durante este curso, les van a explicar con más detalle los distintos sistemas de cable; por ello no voy a extenderme sobre el tema.

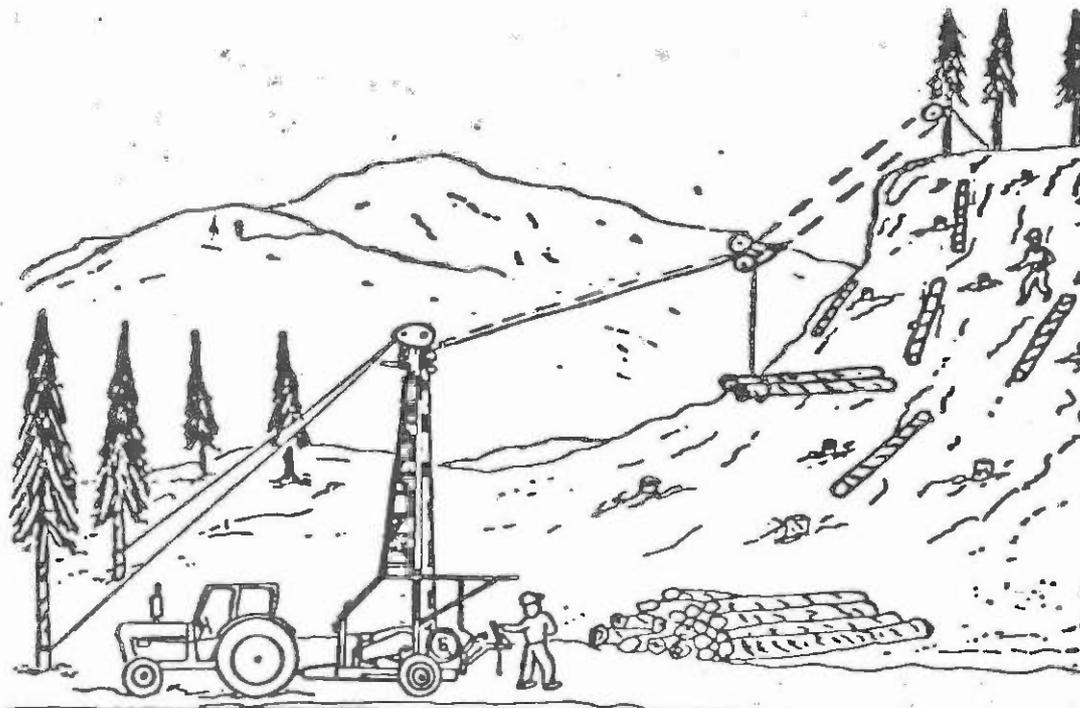
Las máquinas antes mencionadas se utilizan esencialmente en bosques de plantaciones para madera de corta dimensión en cortas de aclareo o en claras; pueden transportar una carga útil máxima de 1,5 tm de trozas.

Un sistema de cable, el Koller por ejemplo, cuesta unos 30 000 dólares EE.UU. mientras que el sistema James-Jones cuesta unos 50 000 dólares EE.UU. Además, habrá que comprar una fuente de energía (tractor agrícola) para accionar ambos sistemas.

Las dos imágenes que siguen muestran dos sistemas diferentes de cable en funcionamiento.



Sistema de cable Koller 300 extrayendo trozas cuesta arriba hasta el borde de la carretera (Foto FPP)

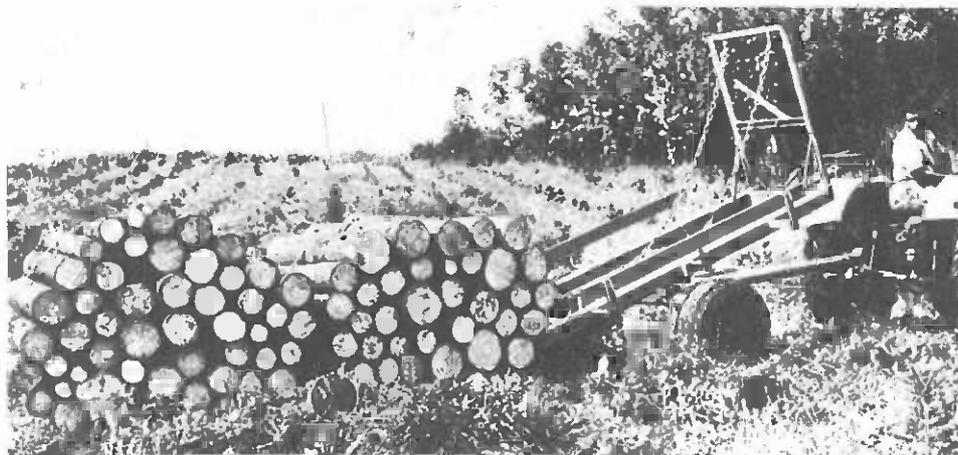


Sistema de cable Alp, con remolque James Jones, extrayendo trozas cuesta abajo hasta la carretera (Dibujo proporcionado por James Jones)

#### 4.6 Remolques para el transporte de trozas y madera corta

Están proyectados esencialmente para agricultores y pequeños contratistas que utilizan tractores y remolques para transportar trozas o madera corta a cortas distancias. Se han desarrollado remolques especiales como el Radolf-Zeller Rückewagen para transportar madera corta que tienen un dispositivo incorporado de inclinación hidráulica que hace muy fácil la descarga de madera.

Este remolque tiene un solo eje y una capacidad de carga de 2 estéreos si la madera corta está atada; la capacidad de carga es de 3 a 4 estéreos, si la madera se carga a granel. La longitud, de 1 o 2 m, es también otro factor. El precio de compra del remolque es de unos 5 500 dólares EE.UU.



Descarga por basculación de madera corta transportada en un remolque (Radolf-Zeller-Rückewagen)

El mismo fabricante produce también un remolque de un solo eje para transportar postes con una capacidad máxima de carga de 3 tm.

#### 4.7 Cabrestantes para el arrastre por tierra

Se trata de cabrestantes independientes que se fabrican para emplearlos en la extracción de trozas mediante arrastre por tierra, especialmente para operaciones de pequeña dimensión; por ejemplo, trozas sueltas procedentes de puntos y zonas difíciles (barrancos, arroyos, hondonadas y terreno quebrado). También se diseñaron para madera de pequeña dimensión a extraer de bosques de plantación. Dependiendo de la marca de la máquina, su capacidad de tracción en el cable va de 600 kp a 2 200 kp. Pueden abarcar distancias de extracción que van de 80 a 165 m. Se recomiendan en general diámetros de cable de 5 mm, 6, 6,5, 7, 8 y 9 mm para usar con estos cabrestantes de un solo carrete. Algunos de los cabrestantes van equipados con un motor de motosierra, otros con los de su propia marca. La potencia disponible para los distintos cabrestantes varía de 4,5 a 16 hp DIN.

El peso de estos cabrestantes varía de 42 kg a 560 kg. El de 42 kg puede ser transportado a mano fácilmente, mientras que los otros tienen que transportarse por otros medios hasta la zona de trabajo.

El cabrestante generalmente se sujeta a un árbol; el maderero tiene que tirar del cable hasta la troza, trincarla y seguidamente, mediante control por radio, se arrastra la troza (a excepción del cabrestante Akja). Este va montado sobre un trineo; un extremo del cable se sujeta a un árbol y a continuación el cabrestante Akja se traslada hasta la troza a extraer; la troza se coloca sobre el trineo, tirando de ella hasta el cargadero mediante el cabrestante.

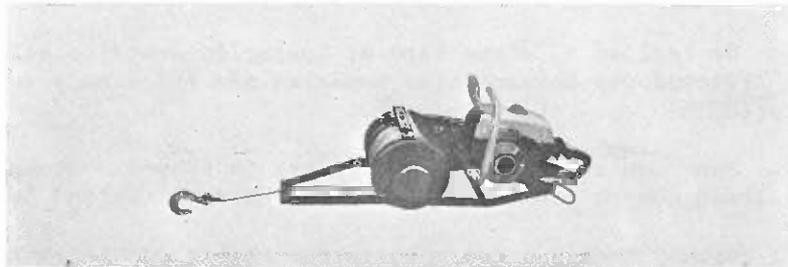
Hay un fabricante que produce un cabrestante para el arrastre por tierra que tiene su propio motor que va sobre un remolque pequeño de un solo eje; el cabrestante y el motor van unidos mediante mangueras hidráulicas. El remolque puede trasladarse a mano hasta el lugar en que tiene lugar la extracción de la troza.

Los precios de compra de los cabrestantes antes mencionados varían de 2 500 a 12 000 dólares EE.UU. dependiendo del tipo y la marca.



Cabrestante de trineo Akja (Foto Kärntner Maschinenfabriken Egger Ges.m.b.H.)

Tal como se mencionó anteriormente, este cabrestante se utiliza generalmente para la agrupación previa de trozas; sin embargo, es muy útil también para transportar los cables y el material de apoyo del cable hasta los sitios de instalación en la superficie del bosque. Otra aplicación es en el emplazamiento de las tiraderas de polietileno, en las claras. El cabrestante de trineo va equipado con un motor de motosierra de 4,8 kw, tiene una capacidad de tracción en el cable de 800 kp, un cable de 110 m (6,5 mm de diámetro) y tiene un peso total de 70 kg (incluido el cable). El cabrestante cuesta unos 2 500 dólares EE.UU.



Cabrestante ligero múltiple KBF para arrastre por tierra (Foto KWF 1/)

Este cabrestante va equipado también con un motor de motosierra (Jonsereds) de 4,2 kw, con una capacidad de tracción en el cable de 1 000 kp y con una capacidad de carrete de 80 m cuando se utiliza cable de 6 mm, o de 150 m con cable de 5 mm.



Radiotir Alpin 1 200 (Foto KWF)

1/ Kuratorium für Walderbeit u. Forsttechnik.

Este cabrestante se emplea mediante control por radio y puede hacerlo funcionar un sólo hombre. Va equipado con un motor de 6 kw, teniendo una potencia de tracción en el cable de 1 200 kp, y una capacidad de carrete de 165 m de cable cuando se usa el de 7 mm o de 125 m cuando se usa el de 8 mm. Su precio de compra es aproximadamente de 9 000 dólares EE.UU.

##### 5. EJEMPLO SOBRE TECNICAS INTERMEDIAS DE EXPLOTACION MADERERA EN MEXICO

El objetivo de los estudios realizados era determinar técnicas intermedias de explotación maderera para mejorar la eficiencia en los aprovechamientos madereros de propietarios forestales agrícolas, especialmente para reducir la fatiga en el trabajo manual introduciendo maquinaria apropiada de baja inversión de capital, y haciendo así más económico el conjunto de las operaciones de explotación para el trabajador, el contratista y el empresario.

En conjunto se realizaron una serie de 8 estudios diferentes, con diversos grados de mecanización, teniendo en cuenta los aspectos y necesidades selvícolas y también las características topográficas. Tuvieron lugar en bosques de coníferas cerca de Perote, Veracruz, a una altitud de 2 400 a 3 000 m sobre el nivel del mar. Las especies predominantes eran pinos, mezclados con Abies sp. y cipreses.

Las áreas estaban situadas desde terrenos planos a terrenos inclinados (laderas con pendientes medias de 3 a 55%). El diámetro normal promedio <sup>1/</sup> de los árboles extraídos durante los ensayos variaron de 18 cm a 28 cm. En los ensayos de explotación maderera se llevaron a cabo tanto cortas rasas como selectivas. Se realizaron investigaciones por medio de estudios de tiempos para lo cual se eligió el método de momentos múltiples y los resultados obtenidos se evaluaron por medio de un programa de ordenador desarrollado por el equipo de estudio.

Mediante los estudios de tiempos, se evaluaron la producción y los costes de los diversos métodos, utilizando diferentes herramientas, equipos y máquinas, y se desarrolló un cálculo comparativo de costes de los distintos métodos de extracción. Los ocho métodos diferentes de explotación maderera que se estudiaron fueron los siguientes:

Estudio N° 0: Se estudió la operación de explotación maderera existente y practicada de forma convencional, en la que el apeo y el tronzado se realizan con sierra manual y hacha y el arrastre, mediante un par de bueyes.

Estudio N° 1: Se realizó el mismo tipo de operación descrito anteriormente; pero se dieron a los trabajadores herramientas manuales más eficaces y se les adiestró durante un período corto.

Estudio N° 2: Apeo con sierra manual, arrastre de troncos enteros mediante tractor de ruedas equipado con un cabrestante de doble carrete (Igländ 5000).

Estudio N° 3: Apeo y tronzado con motosierra, realizando la extracción de dos formas distintas:

Variación 1: tractor de ruedas equipado con cabrestante de doble carrete.

Variación 2: tractor de ruedas equipado con remolque para madera corta.

Estudio N° 4: Apeo mediante motosierra, extracción de troncos enteros mediante tractor de ruedas equipado con vagoneta giratoria (bogíe).

Estudio N° 5: Estudio sobre madera corta en claras, apeo con sierra manual, extracción manual.

Estudio N° 6: Estudio sobre madera corta, apeo con motosierra, extracción con empleo de deslizadero de polietileno (línea de trozas Leykam).

Estudio N° 7: Estudio en terreno empinado; apeo con motosierra, extracción con el empleo de un cable grúa.

<sup>1/</sup> diámetro a la altura del pecho DAP.

Basándose en la experiencia de los ensayos realizados en México, pueden obtenerse las siguientes conclusiones:

El sistema tradicional de explotación maderera puede mejorarse sin duda, especialmente proporcionando a los trabajadores forestales, a los pequeños propietarios agrícolas y a los madereros contratistas una capacitación orientada al trabajo, e introduciendo herramientas mejoradas y mantenidas adecuadamente.

En lo que se refiere a los métodos de extracción y transporte, el método manual es el más caro. El arrastre tradicional con animales, especialmente para distancias cortas, es todavía compatible con la extracción realizada mediante tractor de ruedas equipado con cabrestante. Esto es especialmente evidente cuando los operarios no están suficientemente capacitados.

El método de extracción mediante tractor agrícola equipado con vagoneta giratoria ha resultado ser el más barato de todos los métodos ensayados de tecnología intermedia.

Además, los estudios dieron una clara idea de que en países con costos reducidos o bastante reducidos de mano de obra, la mecanización de alto nivel no está en modo alguno justificada económicamente. El nivel de mecanización, el tipo de maquinaria y la potencia necesaria del motor en kw deben estar de acuerdo, por lo tanto, con las circunstancias socioeconómicas del país, teniendo siempre en cuenta las características del bosque y su ambiente (tamaño de la operación, masas arboladas y tamaño de lugares de corta, topografía, suelo, infraestructura, disponibilidad de mano de obra).

Los datos básicos de los resultados obtenidos se presentan en los dos cuadros que vienen a continuación. El Cuadro 1 da esencialmente la productividad en  $m^3$  por hombre y hora y los costes por  $m^3$  de las diversas operaciones en dólares EE.UU. El Cuadro 2 muestra los costes comparativos de extracción calculados por  $m^3$  en dólares EE.UU. para una distancia de arrastre de 50 m.



Tractor agrícola dotado de equipo de cable K300, listo para trasladarlo al próximo emplazamiento del cable (Foto: E. Pestal)

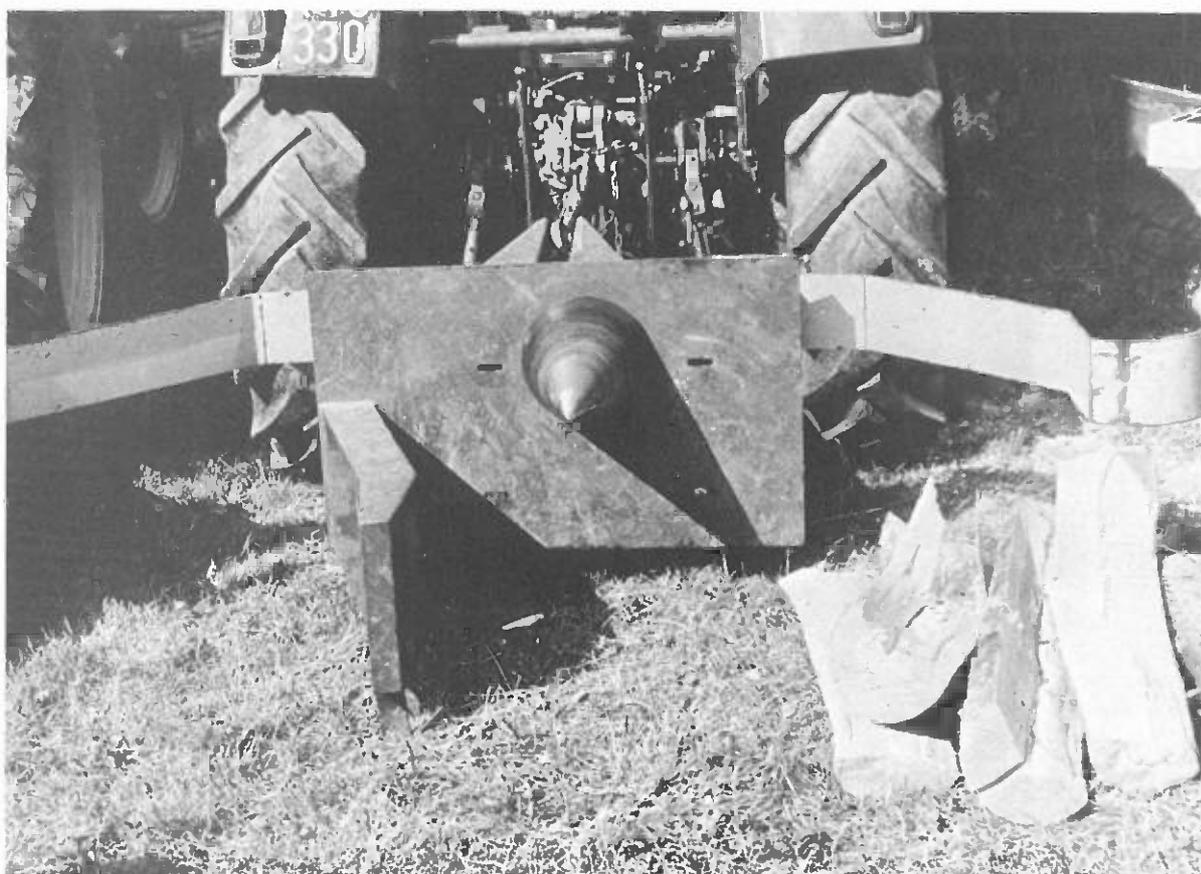
Cuadro 1 - Resultado del estudio de tiempos realizado en los bosques de pino de Perote/Veracruz.

Estudio	Pendiente media	Diámetro normal medio (DAP)	Intensidad de la corta	Tipo de operación	Equipo utilizado	Producción en m <sup>3</sup> por hombre/hora	Costes en dólares EE.UU./m <sup>3</sup>	Distancia media de extracción
<b>Estudio N° 0</b> Método convencional (método de productos clasificados)	3%	27 cm con corteza	91% del volumen total por unidad de superficie	apeo y tronzado, extracción	sierra manual y hacha yunta de bueyes	0,77 1,19 Total	0,76 1,23 1,99	50 m
<b>Estudio N° 1</b> Método convencional, pero con nuevas herramientas y capacitación de los trabajadores	3%	27 cm	80%	apeo y tronzado, extracción	sierra manual y hacha yunta de bueyes	0,97 1,33 Total	0,64 1,11 1,75	50 m
<b>Estudio N° 2</b> Método de troncos enteros	5%	28 cm	77%	apeo, extracción tronzado	sierra manual y hacha tractor de ruedas con cabrestante sierra manual y hacha	1,99 2,63 0,65 Total	0,31 2,85 0,94 4,10	80 m
<b>Estudio N° 3</b> Método mecanizado de productos clasificados	4%	28 cm	86%	apeo y tronzado extracción: Variación 1 Variación 2	motosierra y hacha tractor de ruedas con cabrestante tractor de ruedas con remolque	0,87 1,71 0,54 Total 1 Total 2	2,01 2,37 4,12 4,38 6,13	Var. 1: 100 m Var. 2: 350 m
<b>Estudio N° 4</b> Método de troncos enteros	3%	26 cm	84%	apeo extracción tronzado	motosierra y hacha tractor de ruedas con vagoneta giratoria motosierra y hacha	1,76 2,50 2,74 Total	1,65 3,02 1,05 5,72	150 m
<b>Estudio N° 5</b> Método de madera corta en claras	15%	18 cm	10%	apeo y tronzado extracción	sierra de arco y hacha enganchadores	0,28 0,50 Total	2,28 1,17 3,45	30 m
<b>Estudio N° 6</b> Método de madera corta en claras	20%	19 cm	45%	apeo y tronzado extracción	motosierra y hacha polietileno	0,41 1,06 Total	3,78 1,85 5,63	60 m
<b>Estudio N° 7</b> Método de productos clasificados, en terreno inclinado	55%	26 cm	40%	apeo y tronzado extracción	motosierra y hacha tractor de ruedas con cable K300	1,18 0,68 Total	1,49 4,22 5,71	80 m

Cuadro 2

Costes comparativos de extracción de madera en una distancia de 50 m

Estudio	Método	Costes de extracción por m <sup>3</sup> , en dólares EE.UU.
Nº 0	arrastre con bueyes	1,23
Nº 1	arrastre con bueyes	1,11
Nº 2	tractor de ruedas con cabrestante (personal sin capacitar)	1,78
Nº 3	tractor de ruedas con cabrestante (personal capacitado)	1,19
Nº 4	tractor de ruedas con vagoneta giratoria en claras	1,01
Nº 5	extracción manual <u>en claras</u>	1,95
Nº 6	extracción mediante deslizaderos	1,54



Rajador mecánico de madera de tipo cónico, acoplado a un tractor de ruedas  
(Foto: R. Heinrich)



Cabrestante de motosierra empleado para la agrupación previa de trozas individuales procedentes de áreas inaccesibles (Foto: E. Pestal)

SISTEMAS DE TRABAJO Y COSTES DE APROVECHAMIENTO DE MADERA Y SU INFLUENCIA SOBRE EL TRABAJADOR FORESTAL Y EL BOSQUE

por  
Othmar Frauenholz  
Forstliche Ausbildungsstätte Ort 1/

1. INTRODUCCION

El aprovechamiento de madera se realiza en Austria por diversos procedimientos. Las variadas condiciones de las distintas partes del país han llevado al desarrollo de una amplia variedad de métodos de aprovechamiento.

De acuerdo con el tipo de maquinaria e implementos utilizados y con el estado de la madera a explotar (clasificada, método de troncos enteros o de árboles completos), distinguimos tres sistemas básicos de aprovechamiento:

1.1 El método menos mecanizado, de productos clasificados

Apeo, desrame y tronzado se realizan tanto a mano como con motosierra. Los productos clasificados se extraen normalmente a mano o con la ayuda de maquinaria sencilla.

1.2 El método parcialmente mecanizado, de troncos enteros

El apeo y el desrame se realizan manualmente y/o con motosierra. Las trozas se desraman sólo por un lado y se despuntan y su arrastre se hace por medio de tractores forestales especiales. Después del arrastre, se vuelve a emplear la motosierra para el desrame final y tronzado de las trozas, que se realizan en la carretera forestal o en los cargaderos.

1.3 El método altamente mecanizado, de árboles completos

Se utiliza una motosierra para el apeo. Se arrastran los árboles completos, con sus ramas sin cortar y mediante tractores forestales especiales. Seguidamente, se desraman y tronzan mediante procesadoras. Estas operaciones se realizan en la misma carretera forestal, a veces también en el cargadero, o después de su transporte por medio de camiones, en patios de madera (esto se hace raramente con la madera procedente de claras).

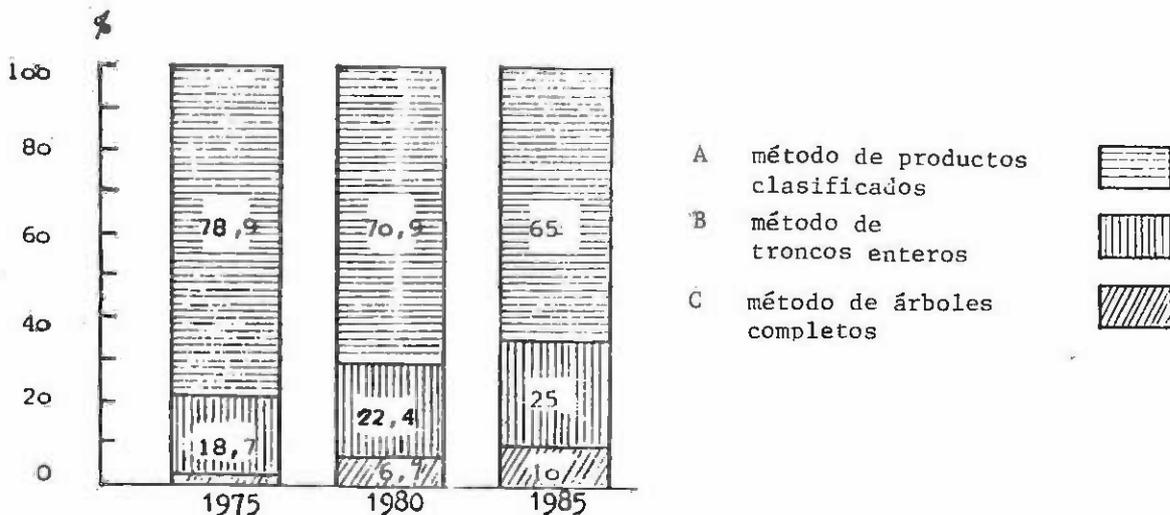


Fig. 1 - Muestra la evolución de los tres principales métodos de aprovechamiento de madera, empleados en Austria y previstos para el período 1975-85.

1/ Centro de Capacitación Forestal de Ort, Austria.

Prescindiendo de factores en los que no se puede influir, como por ejemplo la evolución de los jornales, los precios de compra de la maquinaria, los costes del combustible, etc., puede decirse que, en general, el aumento de la mecanización se traduce en menores costes de aprovechamiento, por lo menos en las cortas finales, siempre que se planifique y organice el trabajo de la mejor manera posible y se realice con destreza.

% Costes

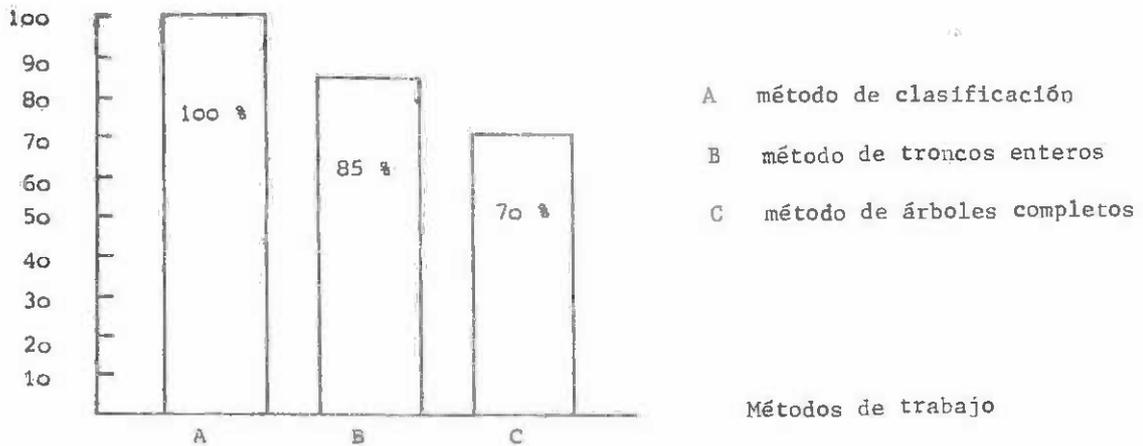
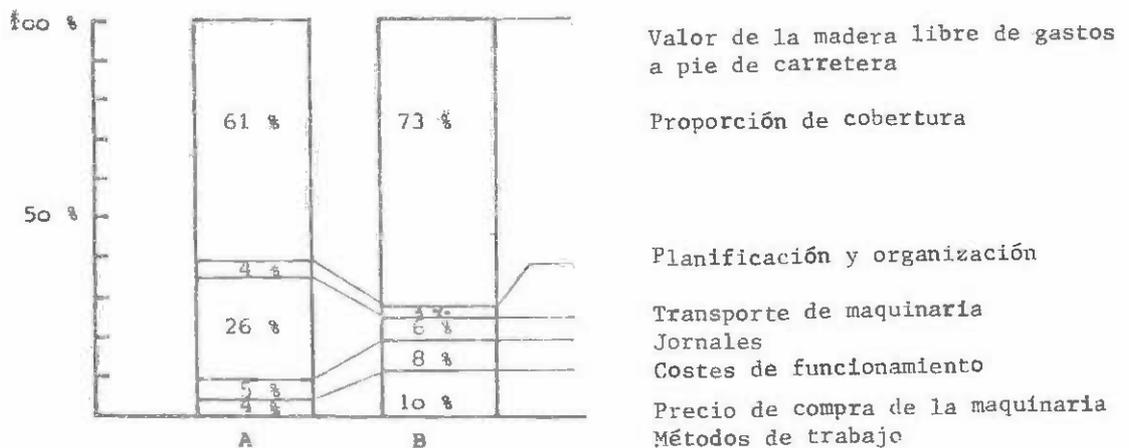


Fig. 2 - Costes de extracción, en %, de los tres distintos métodos de trabajo.

Los porcentajes anteriores representan valores medios, que se obtienen de comparar los costes del método de productos clasificados (=100%), del método de troncos enteros y del de árboles completos.

Los costes varían con el área a explotar. Además de la mecanización, hay otra serie de factores, que tienen un efecto considerable sobre los costes, por ejemplo los diámetros de la madera, el método de apeo utilizado, las condiciones topográficas, y las medidas de planificación y organización. La explotación maderera con cable suele ser más cara que el arrastre.



A) Método de productos clasificados, incluyendo la utilización de una motosierra y un tractor arrastrador de productos clasificados.

B) Método de árboles completos, utilizando una procesadora.

Fig. 3 - Muestra, en forma simplificada, la posible variación de costes que puede tener lugar cuando cambia el método de trabajo en las cortas finales, en terreno accesible para tractores arrastradores (fuente: Skogsarbeten, Estocolmo).

Los porcentajes anteriores se refieren a los valores alcanzados por la madera (Valor de la madera = 100%). Este 100 por ciento se descompone de acuerdo con el precio de compra de la maquinaria, los gastos de funcionamiento, los jornales, la planificación y organización y el recorrido de la maquinaria por carretera. La cantidad restante representa el porcentaje de cobertura disponible para otros fines, y que puede incluir un beneficio potencial.

Este ejemplo demuestra claramente el efecto de la mecanización sobre los costes debidos a los jornales. Los costes de jornales pueden equipararse también con el aporte de tiempo necesario en trabajo manual, que no sólo es valioso para reducir los costos, sino que en algunos casos lo es también para la creación de puestos de empleo, que puede ser un requisito de una política social determinada.

Como en el caso presente el método de clasificación es muy complicado y altamente mecanizado (se utiliza un arrastrador forestal de diseño especial), la proporción de cobertura se ve afectada sólo en cuantía moderada por el alto nivel de mecanización. Unos aumentos importantes en los costes de compra y en los gastos de funcionamiento y un menor grado de utilización de la maquinaria disponible, junto con una menor producción debida a una organización ineficiente del trabajo, etc. podrían traducirse en una reducción de los beneficios que se habrían podido obtener mediante mecanización, o incluso en pérdidas.

La primera tarea de los planificadores del trabajo es identificar tal tendencia negativa y evitar tales problemas orientando la mecanización a las necesidades reales.

El grado necesario de mecanización en los aprovechamientos de maderas variará en cada caso. Además del nivel de los jornales, las condiciones sociales del país, las normas o requisitos de seguridad y el peso de la madera, suelen jugar un papel importante en el análisis de costes en que se basan las decisiones; por ello, deben tenerse en cuenta todos estos factores.

En cortas finales y con trozas de un diámetro medio de 30 cm, los costes de producción (jornales, maquinaria, contribuciones de seguridad social) del aprovechamiento de madera parcialmente mecanizado, en terreno accesible para tractores arrastradores, pueden estimarse aproximadamente en la forma siguiente:

- 38% del coste total en el apeo y preparación de las trozas;
- 62% del coste total para la saca.

Para explotación maderera con cable, las proporciones son las siguientes:

- 35% del coste total en el apeo y preparación de las trozas;
- 65% del coste total para la saca.

En cortas finales, y suponiendo un diámetro medio de trozas de unos 30 cm, una comparación entre el método de productos clasificados y el método de troncos enteros demuestra que este último es de un 30 a un 35% más barato. Puede lograrse una reducción adicional de un 5 a un 10% del coste cuando se emplea el método de árboles completos, de modo que se puede ahorrar aproximadamente el 40% de los costes (siempre que los métodos se empleen únicamente si existen unas condiciones óptimas).

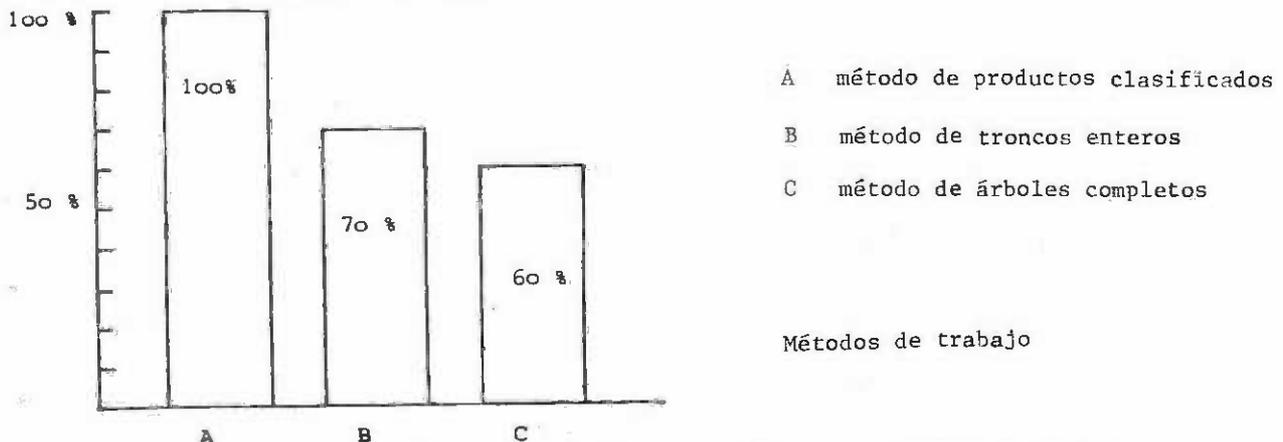


Fig. 4 - Costes de extracción en %, de los tres diferentes métodos de trabajo aplicados en terreno para cable

Una comparación de costes entre terreno para tractor arrastrador y terreno para cable, muestra, sin ninguna duda, que los costes de explotación de un metro cúbico de madera son siempre superiores en la extracción con cable que en el arrastre. Los ahorros de costes debidos al cambio de un método por otro y a la mejora de las tecnologías (esto es, planificación y organización) se hacen mayores en condiciones cada vez más difíciles (también en terreno de cable).

A continuación se presenta una comparación del método de productos clasificados y del método de troncos enteros (plena utilización del equipo), utilizando un ejemplo práctico:

Método de productos clasificados utilizando un cabrestante convencional portátil, montado sobre trineo

Método de troncos enteros utilizando un cabrestante portátil móvil de torre montado sobre camión

S.A. <sup>1/</sup>	100,-
S.A.	120,-
S.A.	36,-

Apeo y preparación de trozas  
 Establecimiento de un sistema de cable y madereo por cable  
 Costes de maquinaria

S.A.	75,-
S.A.	45,-
S.A.	54,-

30 m <sup>3</sup>	producción diaria	80 m <sup>3</sup>
4 500 m <sup>3</sup>	producción anual	12 000 m <sup>3</sup>
10 años	duración esperada de la máquina	10 años
150 días de trabajo/año	grado de utilización de la máquina	150 días de trabajo/año

En el ejemplo se ahorran 82 S.A., o sea el 32% de los costes de extracción, cuando se emplea el método de troncos enteros en lugar de utilizar el método de productos clasificados (método de troncos enteros: 174 S.A.; método de productos clasificados: 256 S.A.).

En las operaciones de claras se pueden reducir los costos sólo en algunos casos y no de forma tan importante como en las cortas finales.

La ley de fabricación en serie y la dificultad que representa la explotación maderera sin ocasionar daños a los árboles remanentes, hacen difícil la mecanización de las operaciones de aclareo mediante métodos de trabajo mejorados. En este caso el método de productos clasificados desempeña un papel completamente diferente que en la corta final, representando un método muy apropiado, particularmente en las primeras claras.

En las claras, el método de árboles completos sólo es económico si los diámetros medios de las trozas son superiores a 13 cm. Al igual que en el caso del método de troncos enteros, no sólo es difícil explotar los árboles con troncos enteros sin ocasionar daños a la masa remanente, sino que también es un hecho que los costes se elevan cuando se realicen ciertas operaciones comunes de trabajo.

En terreno de explotación maderera con cable, los costes de producción de las claras son también superiores que en terreno apropiado para tractor arrastrador.

La siguiente comparación detallada de costes, que se recogió sobre la base de estudios de trabajo realizados en condiciones muy específicas, muestra las diversas relaciones.

1/ S.A. =Shilling austríaco.

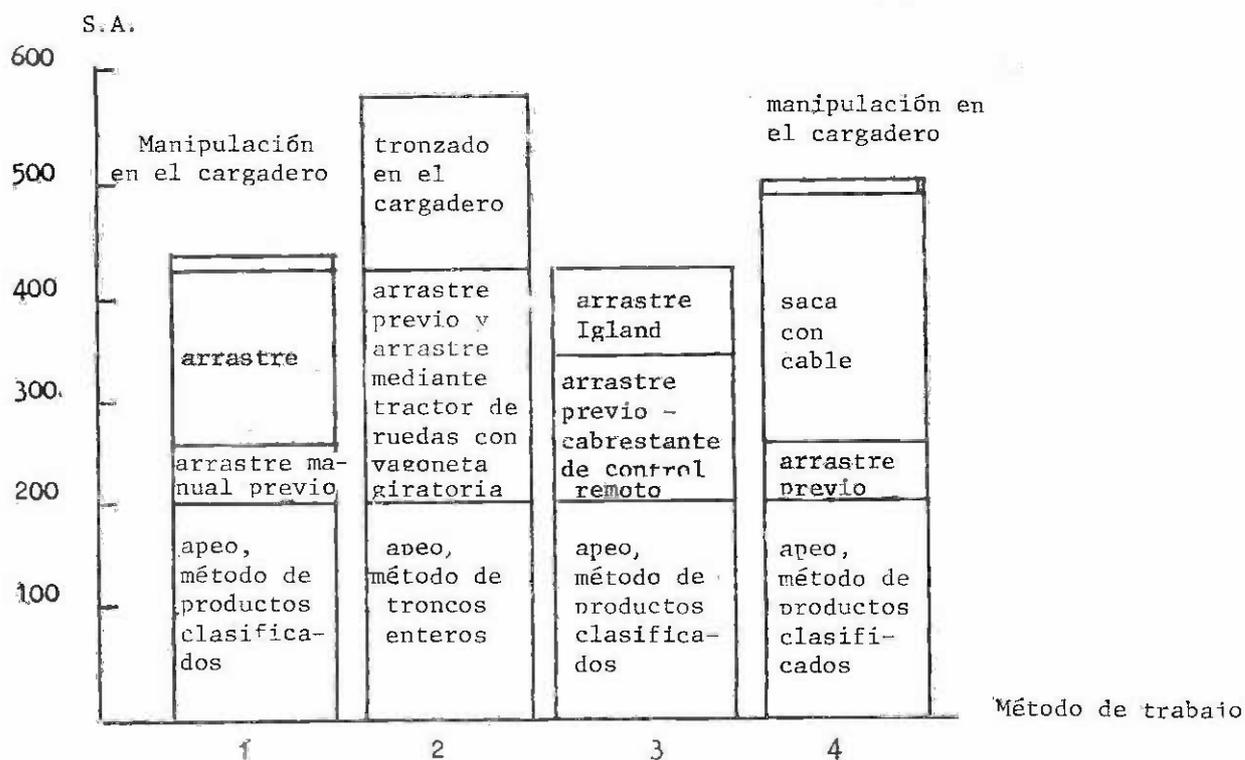


Fig. 5 - Comparación de costes  
(método de productos clasificados frente al método de troncos enteros)

- Métodos de trabajo 1 y 2: Apeo y desrame con motosierra.  
Arrastre manual previo de productos clasificados de pequeño diámetro.  
Arrastre previo de la madera de gran diámetro y de los postes, mediante cable.  
Para el arrastre previo y para el arrastre: tractor de ruedas Steyr con vagoneta giratoria.
- Método de trabajo 3: Apeo y desrame con motosierra.  
Maderero previo mediante cabrestante de control remoto y pala de arrastre.  
Maderero mediante tractor de ruedas Steyr y remolque Igländ con grúa de carga.
- Método de trabajo 4: Apeo y desrame con motosierra.  
Maderero manual previo hasta el corredor del cable.  
Maderero mediante tractor Steyr con accesorio de cable-grúa de torre móvil K300.

Supuestos:

El anterior análisis de costes se basa en el supuesto de que son propiedad de la empresa las herramientas manuales y los equipos. Los obreros fueron empleados por la compañía.

- Diámetro medio de la madera - 11 cm.
- Distancia media de maderero para la operación del tractor arrastrador, unos 200 m.
- Distancia media de maderero para la operación del cable grúa, unos 150 m.
- Distancia media de maderero previo mediante cabrestante de control remoto 30 m.

Se producen, lógicamente, variaciones de costos debidas a la intensidad de las claras, a la cantidad de madera por recorrido de arrastre, a las variaciones del diámetro medio y a otros factores.

Las operaciones de explotación maderera de los ejemplos antes mencionados se realizaron muy cuidadosamente. El número de árboles dañados fue aproximadamente el 2% del número total de árboles.

METODOS DE TRABAJO	TIEMPO EMPLEADO %	COSTES %
Método de troncos enteros mediante tractor de ruedas y vagoneta giratoria	100	100
Método de productos clasificados mediante tractor de ruedas y vagoneta giratoria	76	74
Método de productos clasificados mediante cabrestante de control remoto, tractor de ruedas, remolque Igland y grúa de carga	62	71
Método de árboles completos mediante procesadora, cabrestante de control remoto y tractor arrastrador	47	67

Fig. 6 - Tiempos empleados y costes en % de los distintos métodos de trabajo.



Procesadora Steyr-Ösa 705 en el trabajo de desrame y tronzado (Foto: E. Pestal)

ORGANIZACION DEL TRABAJO EN EL APROVECHAMIENTO DE LA MADERA

por

Othmar Frauenholz  
Forstliche Ausbildungsstätte Ort 1/

La finalidad de la organización del trabajo es planificar el mejor empleo de la mano de obra disponible, de la maquinaria y de las técnicas de producción, de acuerdo con la tarea específica asignada.

<u>Medidas</u>	<u>Efectos</u>
Planificación detallada	- Utilización óptima de la maquinaria y los equipos
Ordenación escalonada del apeo	- Trabajo seguro y eficiente
Determinación de la dimensión del equipo de trabajo	- Eficiencia económica
Dotar de seguridad a los sitios de trabajo	- Menor carga de trabajo
Organización de las horas de trabajo	- Trabajo competente y gran eficiencia
Distribución de las interrupciones de trabajo	- Satisfacción mutua del patrono y los empleados
Seguimiento continuado	- Valioso para proyectos futuros

La finalidad de la planificación y la puesta en comunicación detallada de un área es desarrollar unas condiciones del trabajo que garanticen, por una parte, el mejor empleo de la mano de obra y los equipos y, por otra, el tratamiento cuidadoso de la masa en pie.

Para el empleado, una planificación detallada significa la organización y el control del trabajo a realizar, lo que a su vez se traduce en unas condiciones de seguridad en el trabajo, fatiga física mínima y trabajo eficiente.

Otra ventaja más de la planificación detallada es el resultado consiguiente de un uso eficiente de la maquinaria y los equipos destinados a la puesta en comunicación del área. Ello representa también que las operaciones no van a entrañar peligros adicionales para el hombre, la maquinaria y los equipos, y para el propio bosque.

Los factores que han de planificarse cuidadosamente en la puesta en comunicación de un área son los siguientes: pistas y trochas de arrastre, trochas de arrastre en conexión con rutas de cables y con corredores de cables-grúa.

Pistas de arrastre

Son carreteras de tierra que pueden construirse a un costo mínimo. El trazado y anchura de este tipo de carretera, que no lleva firme, vienen determinados por el equipo de arrastre empleado. Un equipo pesado (de alta potencia) permite el trazado de pistas de arrastre inclinadas. El factor decisivo al planificar las pistas de arrastre es un impacto erosivo. La utilización de equipo de arrastre ligero exige un trazado por terreno llano. Si se emplean tractores agrícolas, la pendiente no debe sobrepasar del 25 por ciento.

1/ Centro de Capacitación Forestal de Ort, Austria.

### Anchura mínima de las pistas de arrastre

Las pistas de arrastre deben tener una anchura mínima de 2,5 a 3,0 m (seguridad, acopio de trozas, transporte rápido). Planificadas como caminos suplementarios de la red de carreteras forestales, las pistas y las trochas o carriles de arrastre deben posibilitar el madereo en laderas espaciosas accesibles para camión. Las trozas se transportan hasta la pista de arrastre, ya sea por una trocha o mediante madereo por cable, cuesta arriba, o bien cuesta abajo por medio de una palanca de gancho alpina.

### Espaciamiento de las pistas de arrastre

Dependiendo de las condiciones topográficas, el espaciamiento de las pistas de arrastre debe estar entre los 100 y 200 m.

### Trochas de arrastre

Son corredores naturales que llevan a través de la masa forestal. Su empleo se limita a ciertos vehículos forestales. Suele ser necesario extraer determinados árboles para hacer accesibles las trochas. El suelo del bosque sirve como superficie del camino.

Al elegir las trochas, hay que tener en cuenta las condiciones topográficas. El objetivo final debe ser una buena accesibilidad.

### Anchura de las trochas

Las trochas normalmente deben trazarse, por tanto, lo más rectas posibles. La anchura media varía de 2,5 a 3 m (anchura del vehículo más 1 m).

### Pendiente

En terreno inclinado la trocha se desarrolla siguiendo la pendiente, debiendo evitarse las inclinaciones transversales del camino. Si es necesario, las curvas deben ajustarse a la longitud máxima de la madera a arrastrar.

Las trochas de arrastre deben empalmarse con las carreteras forestales o cargaderos con el ángulo más agudo posible. Los planificadores deben tener en cuenta el espacio que necesitan los vehículos de arrastre para girar.

### Espaciamiento de las trochas

Teniendo en cuenta las técnicas de trabajo que se aplican, el espaciamiento de las trochas debe ser lo más reducido posible. En masas jóvenes deben planificarse las trochas a una distancia de 15-20 m. Dependiendo de las condiciones del terreno la distancia puede variar en algunos metros, no debiendo determinarse sin tener en cuenta las condiciones naturales.

### Trochas en combinación con líneas de cable

Si el área está expuesta al viento, si se realizan las últimas claras en masas de edad avanzada o si el terreno forestal es difícilmente accesible, la distancia de las trochas puede variar dependiendo de las condiciones del terreno. En casos especiales puede llegar a ser hasta de 100 m. Sin embargo, si el espaciamiento entre trochas es tan amplio, habrá que comunicar las áreas restantes mediante cable. En este caso, la utilización económica del bosque puede reducirse en beneficio de la protección de la masa. No se puede alcanzar el potencial económico total cuando el bosque es de difícil acceso (pantanos, grandes rocas).

### Espaciamiento de las líneas de cable

En tales casos el espaciamiento de las líneas de cable puede variar de 5 a 10 m. La dirección del cable viene determinada por la topografía del terreno, la máquina utilizada para la explotación por cable, el orden escalonado de las operaciones y el tipo de tronzado necesario.

### Líneas de cable

Como norma, en terrenos inclinados la línea de cable sigue la dirección de la pendiente hasta que se une a una pista de arrastre o a una carretera forestal con un ángulo de 90°. Si la pendiente es menor, pueden trazarse cables independientes en forma radial a partir de un cargadero apropiado, lo que puede ser muy ventajoso. Dependiendo de la longitud de la madera a extraer y de su manipulación posterior, el cable se dirigirá, ya sea en dirección perpendicular a la trocha (con arrastre y tronzado en el carril) o en ángulo agudo con ella, si se trata de productos clasificados de mayor longitud o de árboles completos.

### Corredores de cable

La forma, longitud y espaciamiento de los corredores de los cables dependen del terreno, del equipo empleado y de la técnica de trabajo elegida.

Cuando se planifican los corredores de los cables es muy importante tener en cuenta la secuencia completa de las operaciones de aprovechamiento de la madera y tomar una decisión clara sobre las medidas a adoptar en cuanto a la protección y a la mejor utilización económica del bosque.

### Plan detallado de comunicación y puesta en explotación

1. Determinación del área a poner en explotación.
2. Determinación de la dirección de extracción de la madera.
3. Determinación provisional de los límites de extracción (puntos inicial y final).
4. Reconocimiento repetido del área a poner en explotación y elección de los mejores medios para la extracción más completa, teniendo en cuenta las carreteras existentes.
5. Determinación del método de extracción a emplear (pistas de arrastre, trochas, líneas de cable y corredores).
6. Emplazamiento de los cargaderos y lugares de transformación.
7. Señalización de trochas, líneas de cable, etc. (marcación de los árboles a apearse o a utilizar).
8. Decisión sobre si las puntas gruesas o delgadas de las trozas deben ir en la dirección de la extracción.
9. Determinación de la dirección de apeo.

### Consideraciones para un arrastre óptimo

1. Deben reducirse al mínimo los daños a la masa.
2. El arrastre no debe ocasionar daños subsiguientes de erosión.
3. Los trabajadores no deben estar sometidos a un esfuerzo excesivo o expuestos a peligros especiales durante las operaciones de arrastre.
4. El arrastre debe ser posible en cualquier tiempo del año. La situación de la madera (corteza o cepas de ramas en contacto con el terreno) no debe impedir el arrastre.
5. Para elegir el sistema de arrastre es un factor determinante el tamaño necesario de trozas.
6. Los costes de arrastre deben mantenerse lo más bajo posible; sin embargo, éstos tienen que considerarse en relación con los costes totales de la explotación maderera.

### Ordenación escalonada de las operaciones de apeo

La organización del apeo debe realizarse teniendo en cuenta la eficiencia y los factores humanos, debiendo además ocasionar los menores daños posibles al bosque.

### Ordenación escalonada de las operaciones de apeo y medidas necesarias

Hay que tener en cuenta la dirección del arrastre, determinar la dirección del apeo, y establecer una ordenación escalonada de las operaciones (comienzo y continuación de las operaciones).

Además, la organización del apeo incluye la determinación del tiempo y lugar de las operaciones de aprovechamiento de la madera (ya sea que el apeo y el arrastre constituyan un ciclo de trabajo o que todas las operaciones del sitio de corta se completen antes de comenzar el arrastre y así sucesivamente. El orden de cada una de las operaciones que van desde el apeo hasta el tronzado, indudablemente no es siempre el mismo, debiendo organizarse de tal modo que se garantice la seguridad, la eficiencia y la protección del bosque. Cuando se determina la organización del apeo, deben tenerse en cuenta estos factores.

En general, la elección del tamaño correcto del equipo humano de trabajo es una decisión fundamental para la organización del trabajo. Cuanto mayor es el equipo humano, mayor es el peligro de choques de personalidad y mayor la exposición mutua al peligro. Teniendo en cuenta la seguridad del trabajo y el rendimiento creciente, los organizadores deben tratar de cerciorarse de que los equipos humanos son lo más pequeños posibles, esto es que, si se puede, cuenten con un solo hombre.

Los resultados indudables de tal medida son la reducción de los tiempos inútiles, un esfuerzo menor de cada trabajador, períodos aceptables de funcionamiento de las motosierras, un trabajo más diversificado y dinámico y una mayor seguridad.

Cuando hablamos del trabajo de un solo hombre, queremos decir que las operaciones de corta las realice un solo hombre. El próximo trabajador hace el mismo trabajo a una distancia de seguridad. La distancia mínima permisible es vez y media la longitud de los árboles, mientras que la distancia máxima es exactamente el alcance del oído. El orden escalonado de las operaciones en el árbol tiene una importancia económica, y ergonómica especial que no debe ser ignorada por los que organizan el trabajo. Además, la creación de un lugar de trabajo seguro, la organización del tiempo de trabajo y la disposición de descansos que tengan en cuenta el esfuerzo a que se somete el trabajador, contribuyen a una mayor seguridad de cada uno de los trabajadores y a un mayor nivel de rendimiento durante largos períodos. El trabajo se puede hacer eficazmente sólo durante un período determinado. De acuerdo con los estudios realizados por el Profesor Lehmann, el mejor rendimiento medio se logra con un tiempo de trabajo de 5 a 7 horas, incluyendo retrasos e interrupciones breves. Si el aprovechamiento de madera dura 8 horas diarias, los resultados del trabajo son aún satisfactorios; si el tiempo de trabajo es más prolongado, el rendimiento medio se reduce considerablemente debido al aumento de fatiga. Al mismo tiempo el trabajo puede hacerse con menos cuidado y menor concentración, lo que a su vez aumenta considerablemente el riesgo de accidentes. Se sabe desde hace tiempo que la carga de trabajo puede reducirse considerablemente y evitarse los accidentes, si el trabajo se interrumpe durante cortos períodos (2 a 5 minutos).

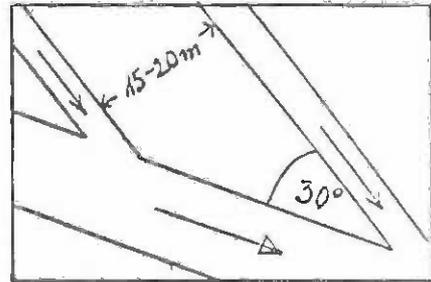
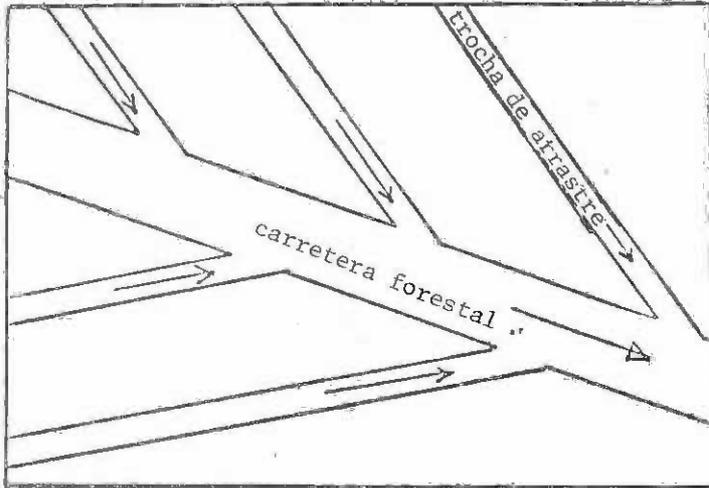
Un seguimiento continuado, la capacitación permanente y la provisión de herramientas y equipos adecuados deben constituir una preocupación permanente de los responsables de la organización del trabajo.

Las medidas dirigidas a organizar el trabajo forestal contribuyen a una mayor seguridad y rendimiento en el aprovechamiento de la madera y constituyen un factor esencial para la conservación del bosque y la evitación de daños a la masa forestal.

TROCHAS DE ARRASTRE

ANEXO I

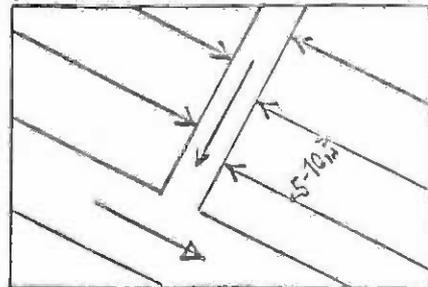
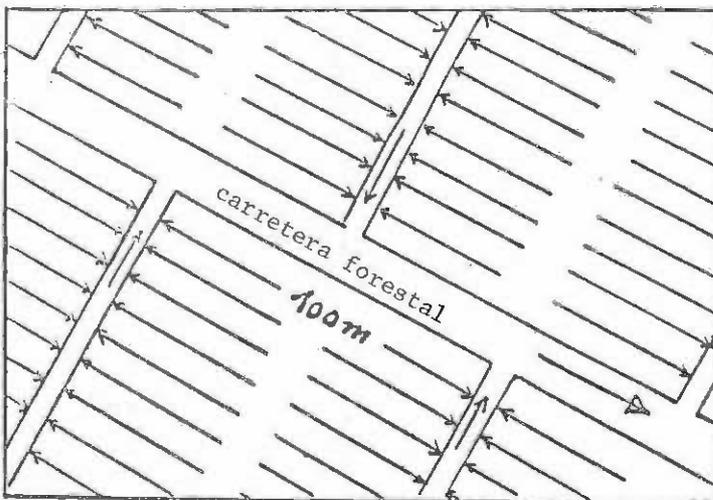
en terreno accesible para tractor arrastrador de ruedas



Las trochas de arrastre se unen a las pistas de arrastre o a las carreteras forestales con un ángulo de unos  $30^\circ$ . El espaciamiento óptimo de las trochas de arrastre es de 20 m.

TROCHAS DE ARRASTRE

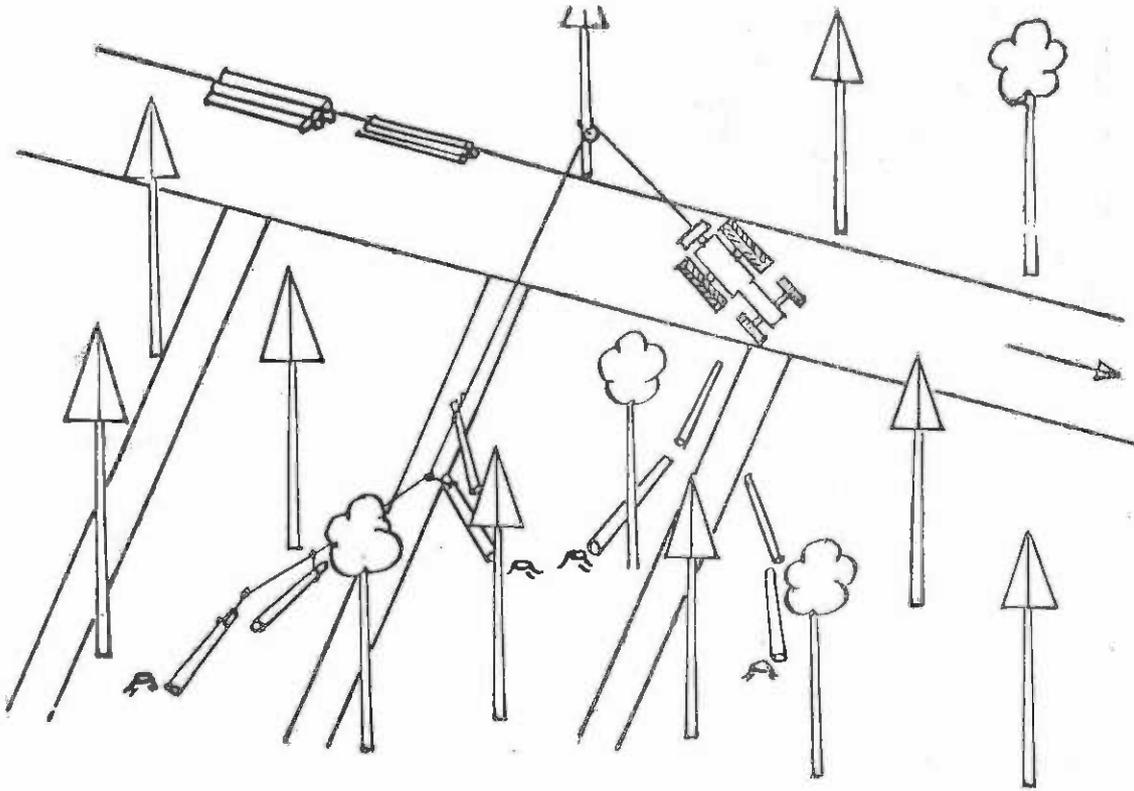
en combinación con líneas de cable



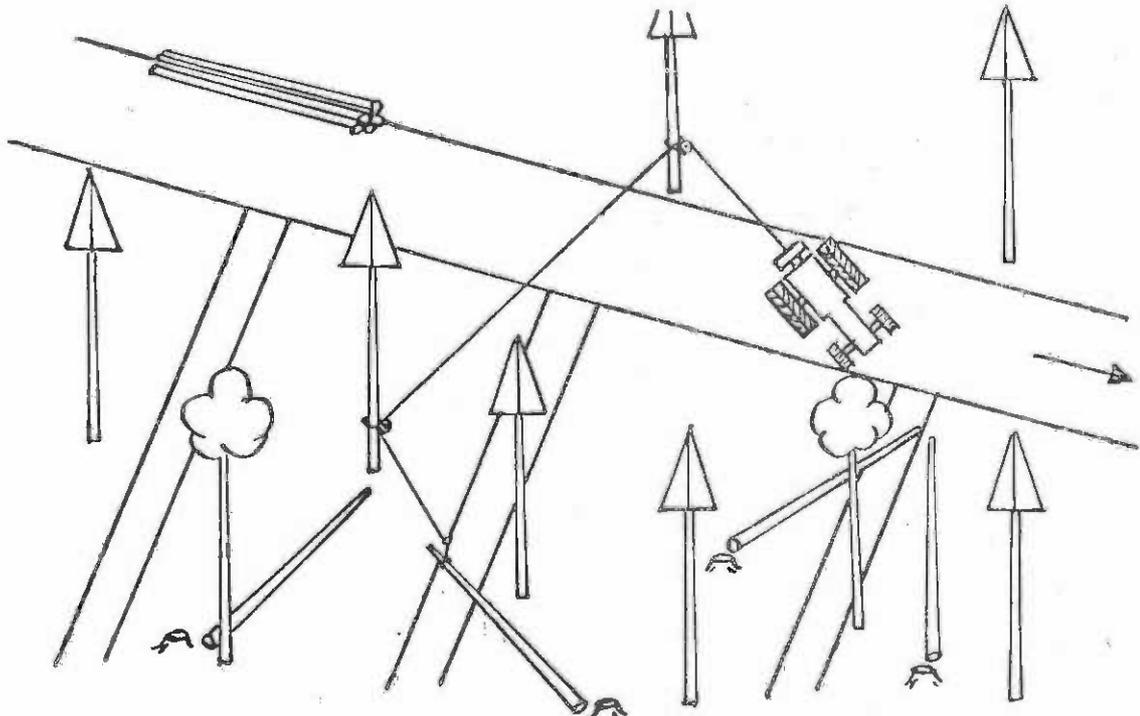
- espaciamiento de las trochas de arrastre, máx. 100 m.
- anchura de las trochas de arrastre, máx. 4 m.
- espaciamiento de las líneas de cable 5 - 10 m-
- dirección de las líneas de cable/recta.

ORDEN DE LAS OPERACIONES DE APEO DE ARBOLES INDIVIDUALES

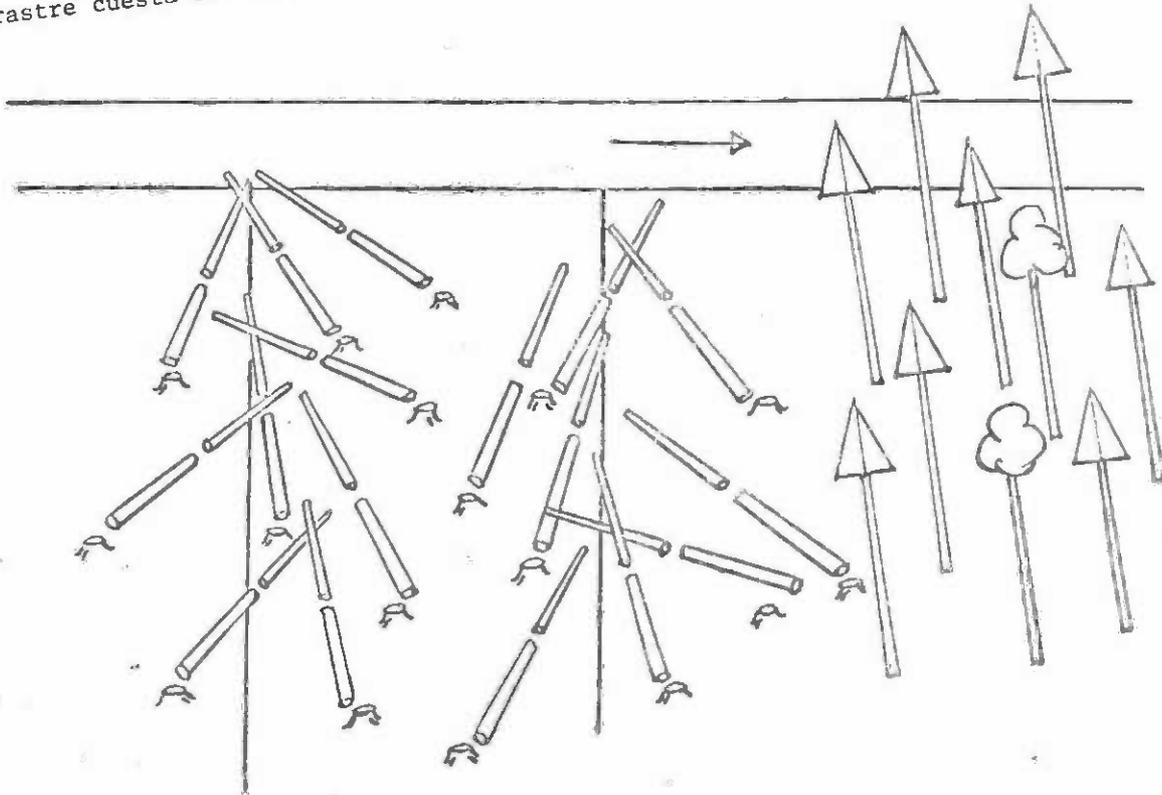
Arrastre cuesta arriba mediante cable, en el método de productos clasificados



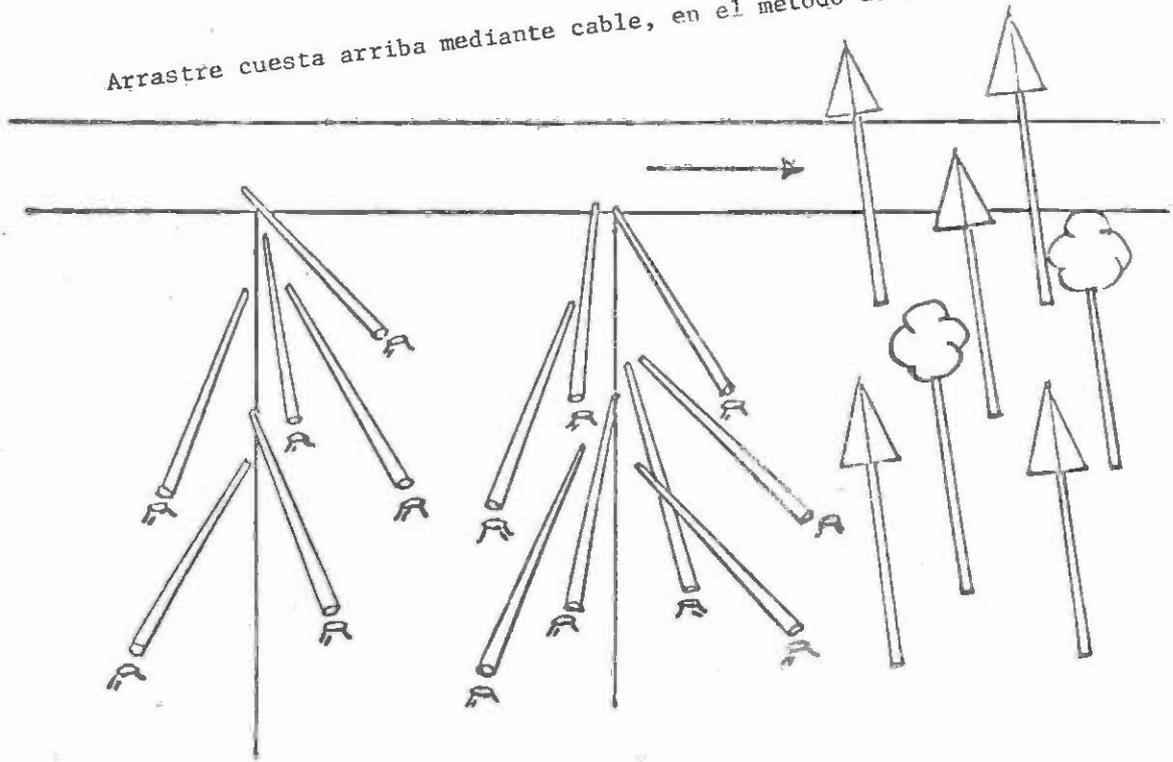
Arrastre cuesta arriba mediante cable, en el método de troncos enteros



ORDEN DE LAS OPERACIONES DE APEO EN CORTA POR FAJAS  
Arrastre cuesta arriba mediante cable, en el método de productos clasificados

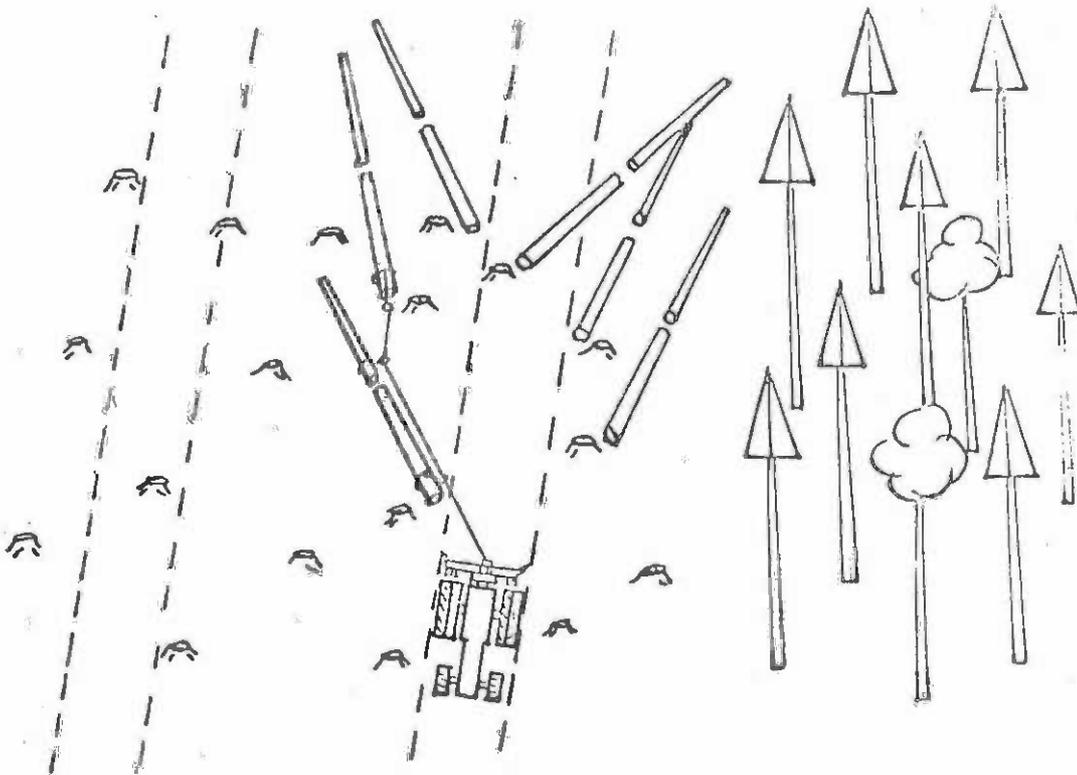


Arrastre cuesta arriba mediante cable, en el método de troncos enteros

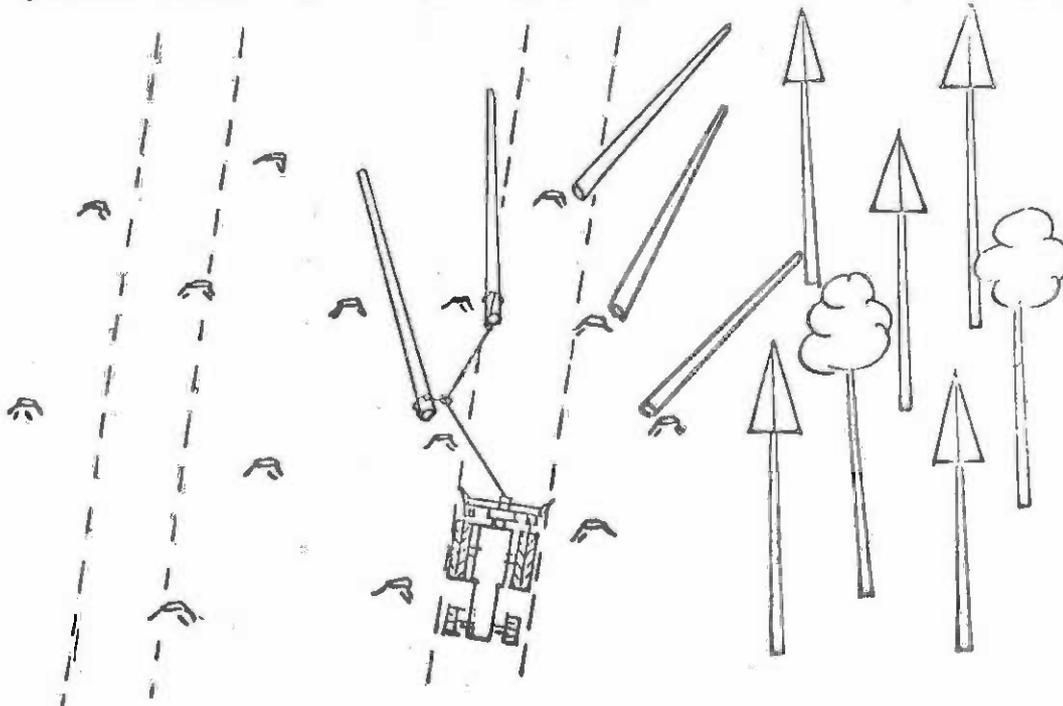


ORDEN DE LAS OPERACIONES DE APEO EN CORTA POR FAJAS

Operación cuesta abajo mediante tractor arrastrador de ruedas, en el método de productos clasificados

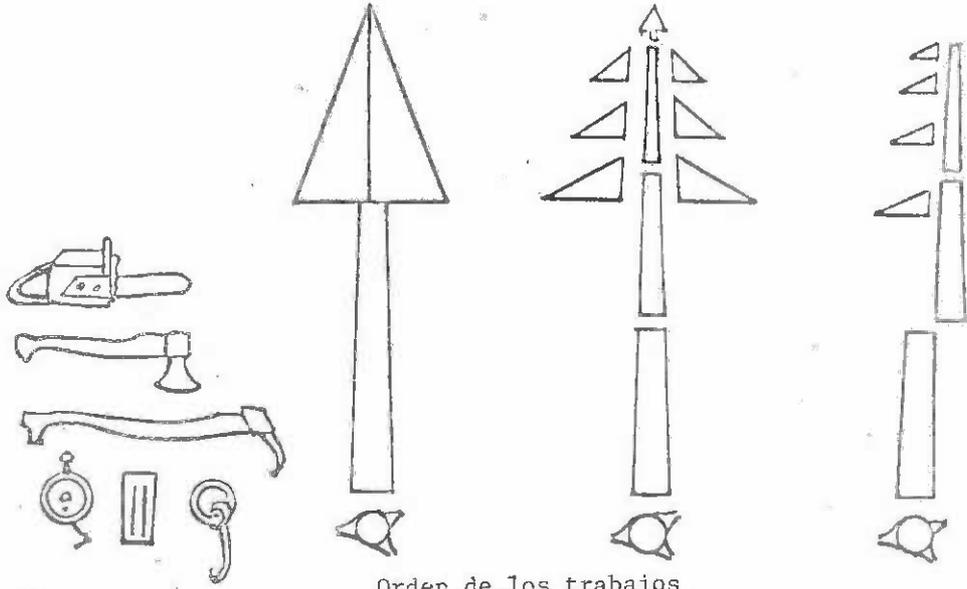


Operación cuesta abajo mediante tractor arrastrador de ruedas, en el método de troncos enteros



METODO DE PRODUCTOS CLASIFICADOS  
(Madera gruesa)

Un trabajador trabaja en un árbol (desrame con motosierra)

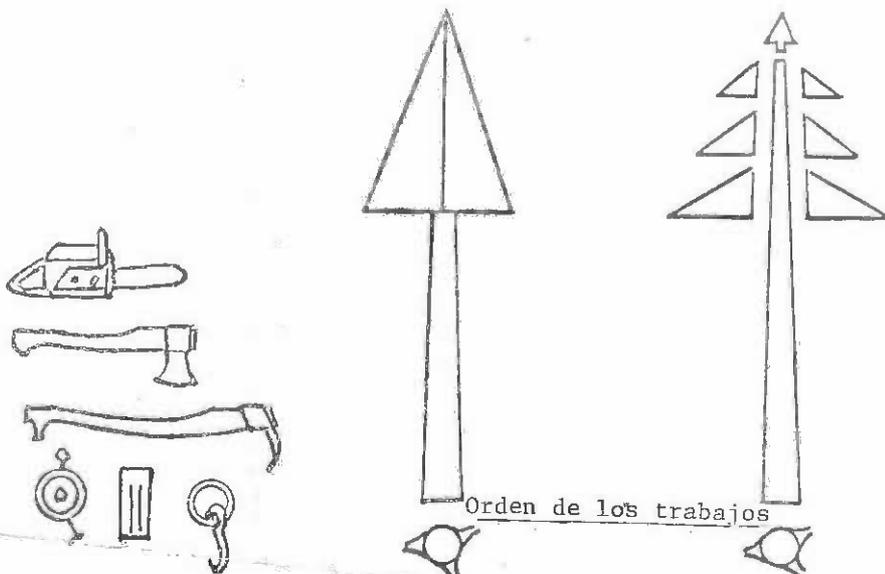


Orden de los trabajos

- Herramientas: Motosierra; hacha; palanca de gancho alpina; cinta de maderero rebobinable; cuña; gancho de voltear.
1. Apeo.
  2. Desrame de la cara superior, medición, clasificación.
  3. Volteo, desrame de la cara inferior.

METODO DE TRONCOS ENTEROS  
(Madera gruesa)

Un trabajador trabaja en un árbol (desrame con motosierra)



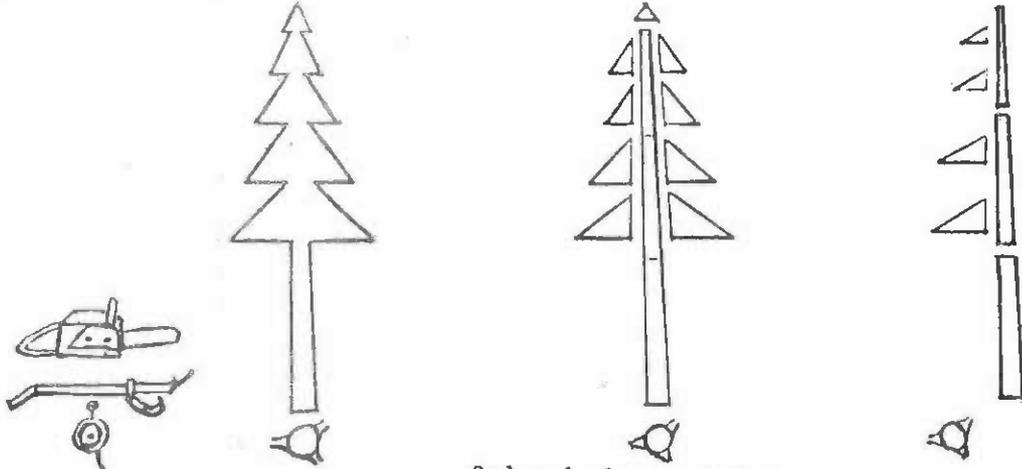
Orden de los trabajos

- Herramientas: Motosierra; hacha; palanca de gancho alpina; cinta de maderero rebobinable; cuña; gancho de voltear.
1. Apeo.
  2. Desrame de la cara superior, medición, despunte.

METODO DE PRODUCTOS CLASIFICADOS

(Madera de pequeño diámetro)

Un trabajador trabaja en un tronco (desramando con motosierra)



Herramientas: motosierra;  
gancho  
maderero;  
cinta de  
maderero  
rebobinable.

1. Poda,  
apeo.

Orden de los trabajos

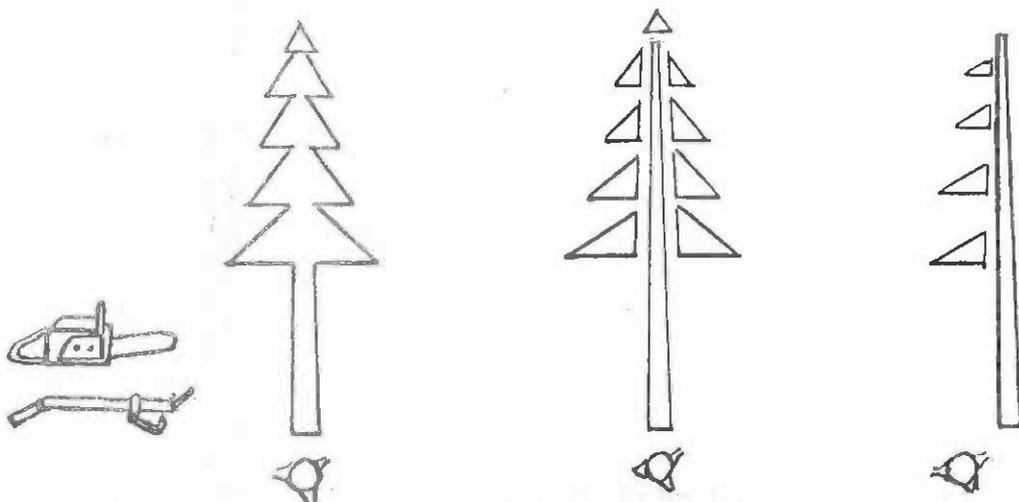
2. Desrame de la  
cara superior,  
marcación de  
la longitud de  
clasificación.

3. Volteo,  
desrame  
de la cara  
inferior  
tronzado.

METODO DE TRONCOS ENTEROS

(Madera de pequeño diámetro)

Un trabajador trabaja en un tronco (desrame con motosierra)



Herramientas: motosierra;  
gancho  
maderero.

1. Apeo.

Orden de los trabajos

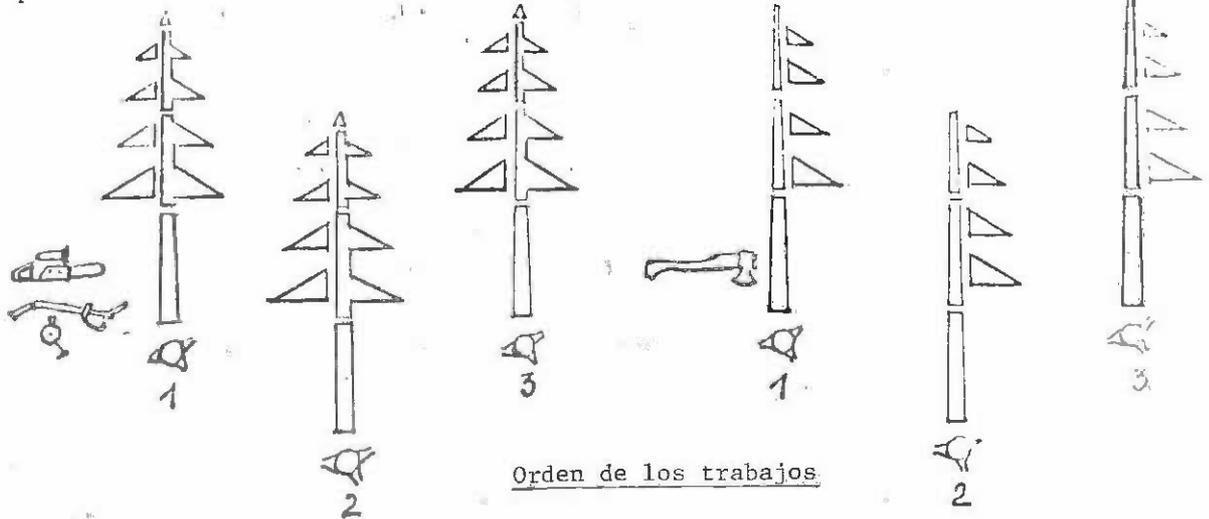
2. Desrame en la  
cara superior,  
despunte.

3. Volteo, desrame  
de la cara  
inferior.

METODO DE PRODUCTOS CLASIFICADOS

(Madera de pequeño diámetro)

Ciclo de operaciones de un solo hombre (motosierra y hacha, desramando)



Herramientas: motosierra;  
hacha; cinta  
de maderero  
rebobinable;  
gancho made-  
rero.

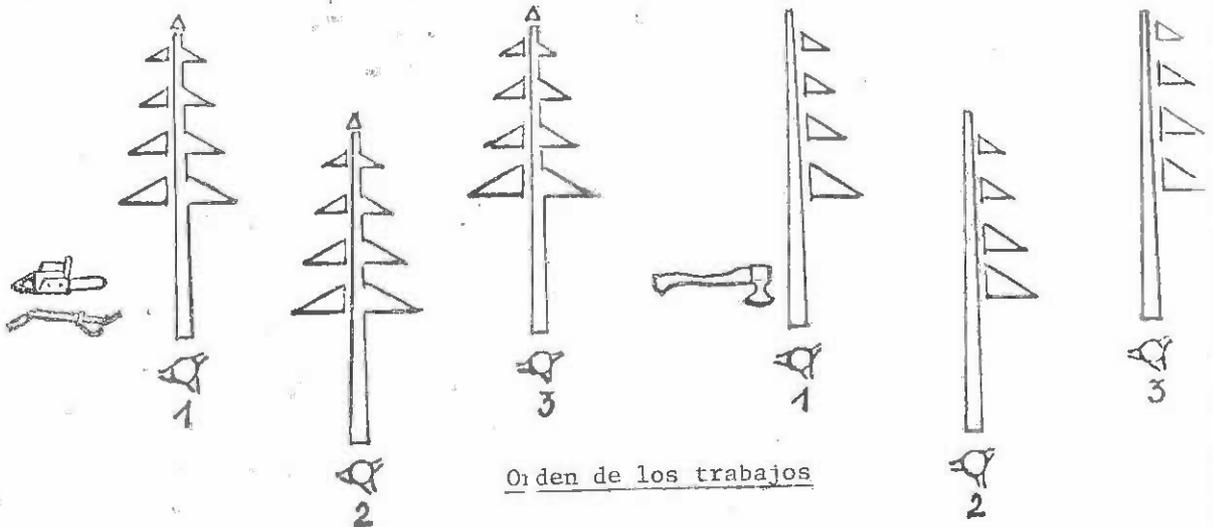
1. Apeo troncos 1 - 3,  
desrame de la cara  
izquierda, medición,  
tronzado.

2. Desrame final de las  
trozas 1 - 3 mediante  
hacha.

METODO DE TRONCOS ENTEROS

(madera de pequeño diámetro)

Ciclo de operaciones de un solo hombre (motosierra y hacha, desramando)

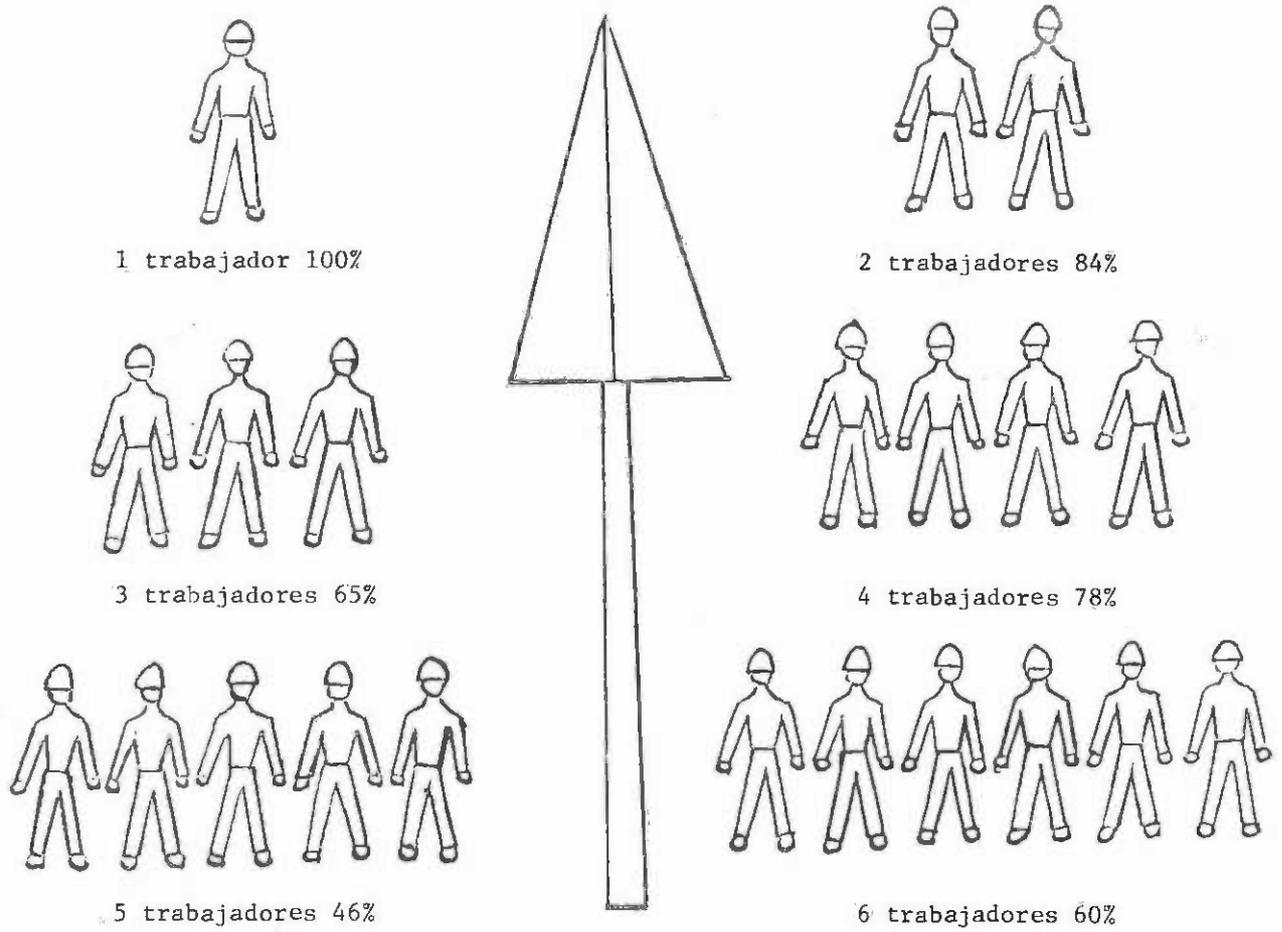


Herramientas: motosierra;  
hacha;  
gancho  
maderero.

1. Apeo de los troncos  
1 - 3, desrame de la  
cara izquierda,  
despunte.

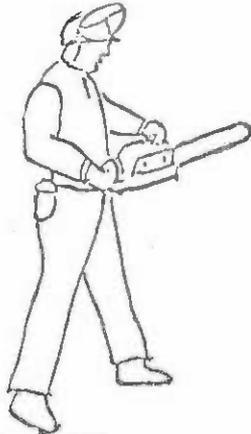
2. Desrame final de  
los troncos 1 - 3  
mediante hacha.

EFICIENCIA DEL TRABAJO EN GRUPO

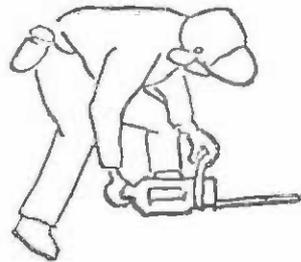


POSICION DEL CUERPO

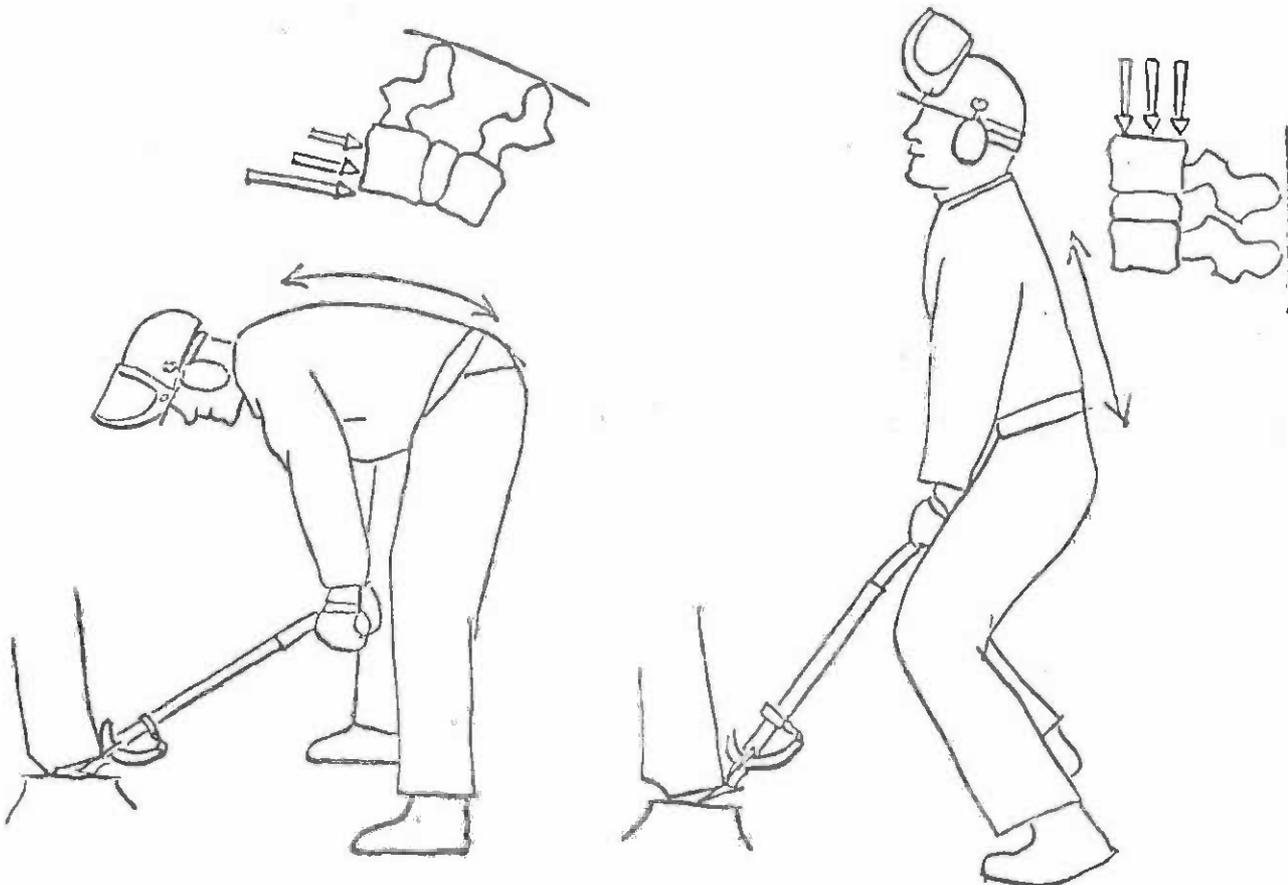
Cósumo de energía en posición de reposo  $\approx$  100%



En pie + 12%



Inclinado hacia abajo + 55%



La vibración ocasionada por el funcionamiento de la motosierra en posición inclinada hacia delante y la exposición a una fuerte carga de trabajo al apalancar hacia arriba con la espina dorsal doblada, hace daño a la columna vertebral.



Sistema de cable de gran potencia con torre móvil (Steyr KSK 16) adecuado para el transporte de árboles completos, cuesta arriba o cuesta abajo.

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS Y SU APLICACION A LA EXPLOTACION MADERERA

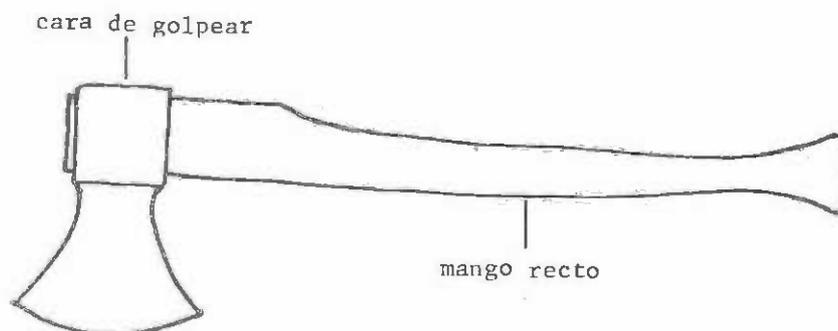
por

O. Frauenholz and E. Feichtinger  
Forstliche Ausbildungsstätte Ort 1/

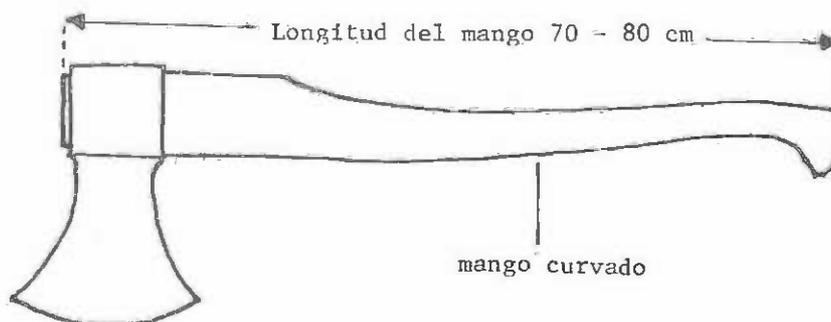
1. HERRAMIENTAS MANUALES

1.1 Hacha

La corta de trozas y árboles de gran diámetro, incluyendo el desrame, se realiza mediante motosierras. En Austria el hacha se utiliza en el apeo como cuña. Su peso debe, por lo tanto, oscilar entre 1,20 y 1,40 kg, con un mango que debe ser recto.



Para madera de pequeña dimensión, el hacha se emplea sobre todo para desramar. Para desramar ramas pequeñas y débiles, es suficiente un hacha que pese alrededor de 1 kg. Un mango curvado garantiza una sujeción fuerte.

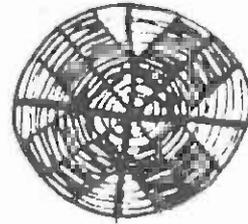


Para utilizar tanto con madera gruesa como delgada, la longitud total del mango debe ser igual a la longitud del brazo del trabajador con los dedos doblados. En la práctica esto representa de 70 a 80 cm.

El mejor material para el mango es la madera de frondosas, por ejemplo el haya roja (fagus gradifolia), el haya blanca (fagus silvática), el fresno, el abedul y el nogal americano.

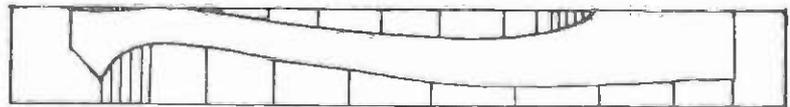
1/ Centro de Capacitación Forestal de Ort, Austria.

El taco de madera a trabajar se obtiene del despiece de un tronco redondo.



### Etapas de fabricación de un mango de hacha

Se toman las medidas en el taco, se dibuja el mango con una plantilla y se talla.



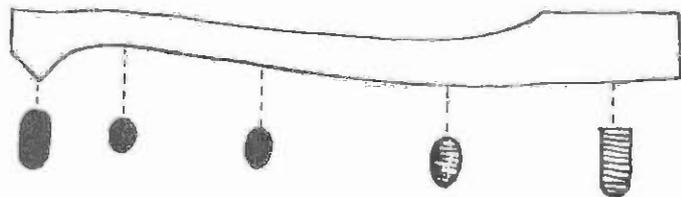
Se escuadra el trozo que se trabaja mediante desbaste o corte.



Los cuatro cantos se biselan hasta  $\frac{1}{3}$  de las caras, y con ello la sección transversal se hace octagonal.



Se redondean los cantos, se da forma al mango y se corta en ambos extremos para darle la longitud necesaria.

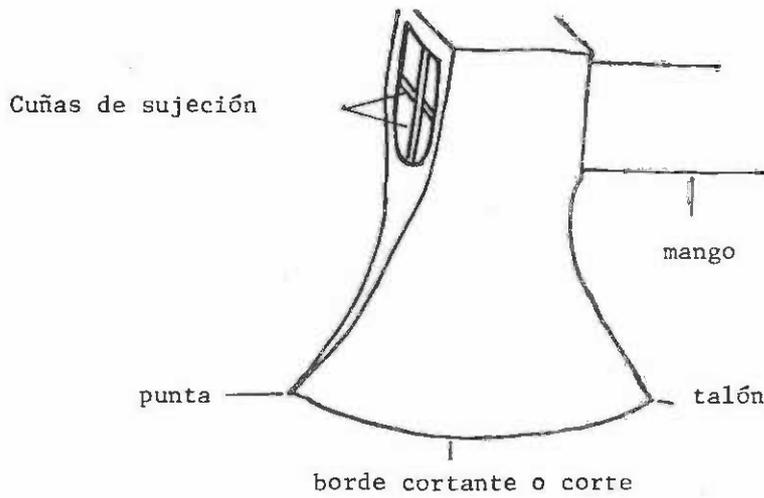


Secciones transversales en distintos puntos del mango.

La vista desde lo alto muestra la forma cónica antes del pomo y a lo largo de la empuñadura.

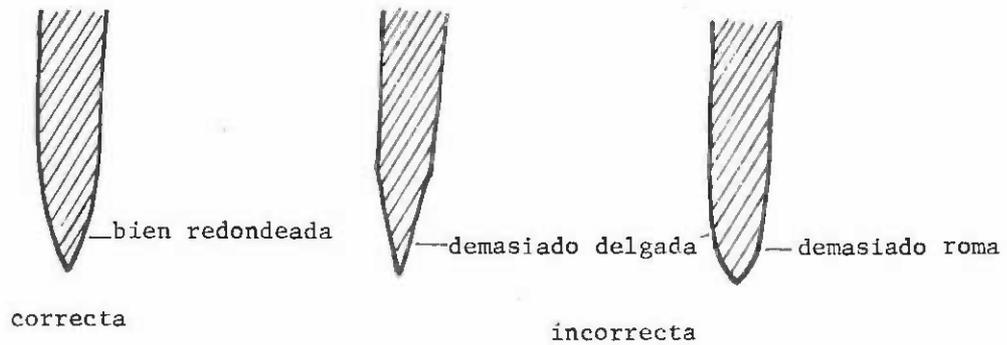


El mango se sujeta al hacha mediante dos cuñas cruzadas de madera de frondosas.



El afilado del corte se hace mejor con una piedra húmeda de afilar.  
La resistencia al desgaste del borde cortante depende del ángulo del corte.

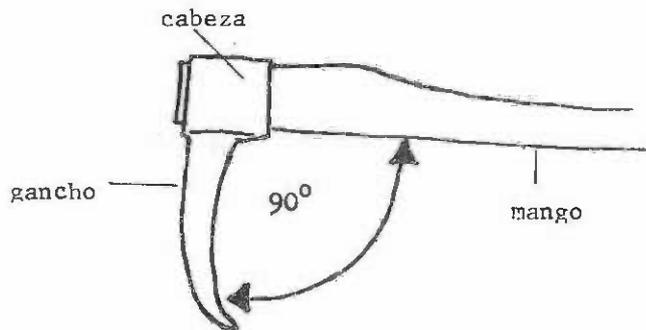
Secciones del borde de corte del hacha:



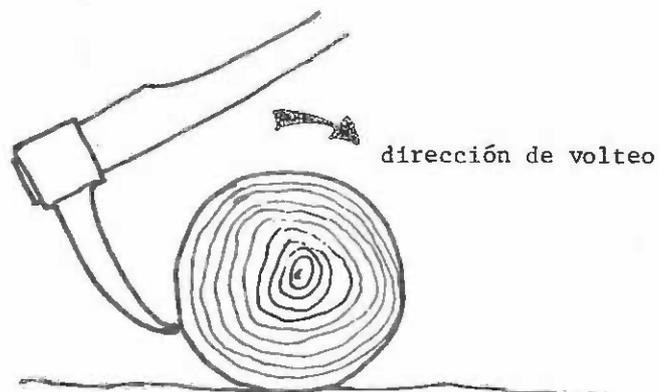
## 1.2 Enganchador de troncos

Los madereros utilizan el enganchador de troncos para arrastrar, voltear y levantar troncos y trozas. Hay dos formas que se distinguen de acuerdo con el ángulo que forman el mango y el gancho:

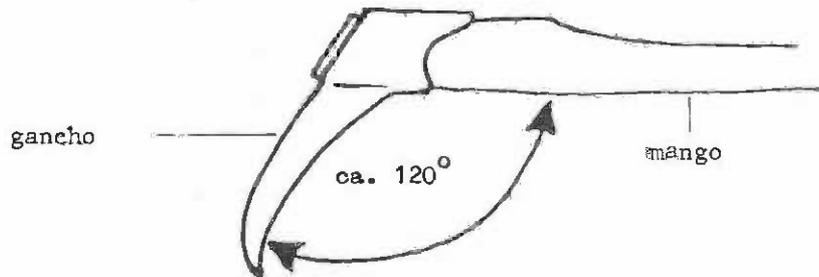
- a) enganchador recto o Alemán; el ángulo interior entre el mango y el gancho es de unos  $90^\circ$



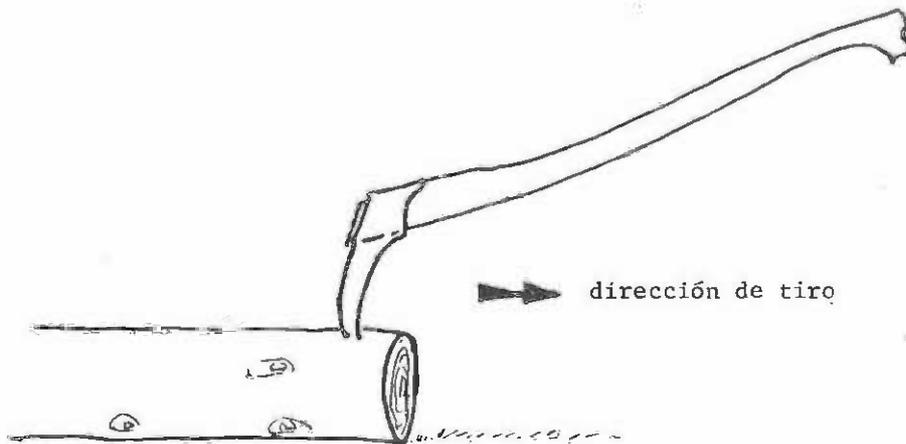
Esta forma es conveniente para transportar madera lateralmente, como por ejemplo para acopiar o en los cargaderos. Si la cabeza tiene una cara reforzada para golpear, el enganchador se puede emplear para clavar en las trozas los ganchos de arrastre.



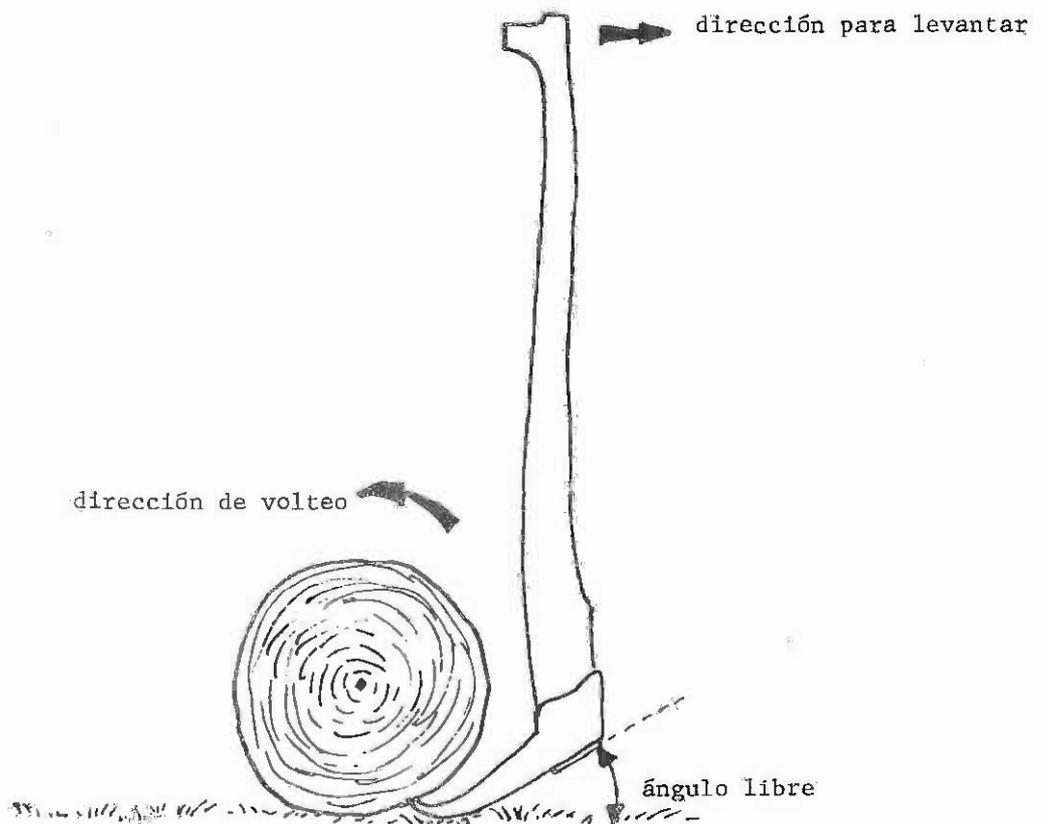
- b) Enganchador de Krainer o Styrian; el ángulo interior entre el gancho y el mango es de unos  $120^{\circ}$ .



Este tipo se utiliza para el arrastre longitudinal. Cuando el gancho se clava en la troza, el ángulo de  $120^{\circ}$  proporciona al extremo del mango la mejor posición para el trabajador, desde el punto de vista ergonómico.



El enganchador se emplea también como palanca para las operaciones de volteo. El ángulo libre entre la cabeza y el terreno es una distancia apropiada de palanca para levantar y voltear.

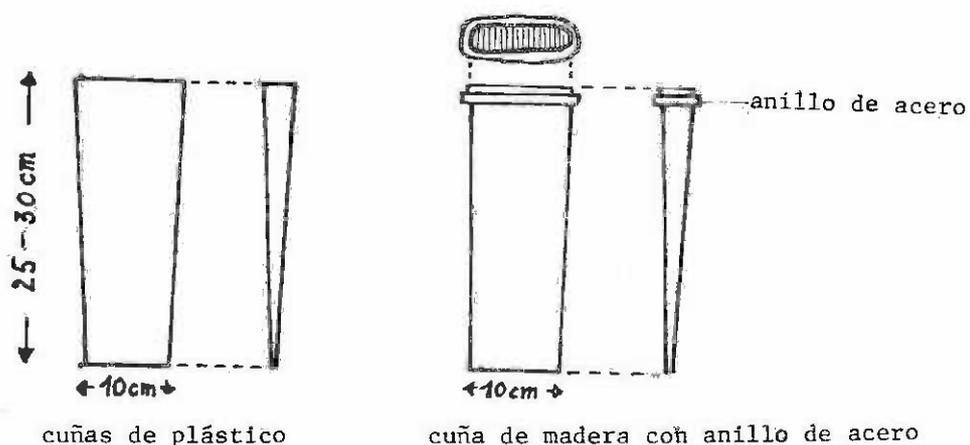


El peso del enganchador es de 1,20 kg a 1,40 kg sin mango para trozas de gran tamaño y 0,80 a 1 kg para madera pequeña. La longitud del mango depende de la altura del trabajador, siendo normalmente de 1,00 a 1,20 m.

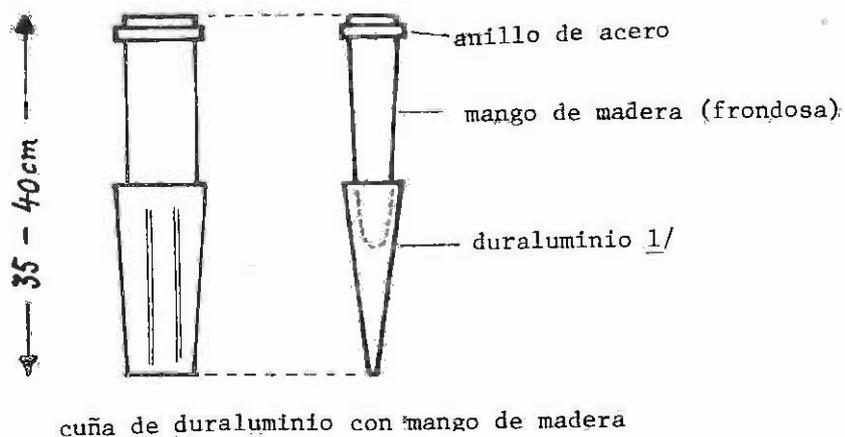
### 1.3 Cuñas

#### a) Cuñas de apeo o derribo

Se utilizan con árboles de gran diámetro, para mantener abierto el corte de apeo y acuñar el árbol por debajo. Las cuñas, de madera y de plástico, son particularmente planas; sus longitudes varían de 25 cm a 30 cm y su anchura es de 10 cm.



Para árboles que se inclinan hacia atrás, la mayoría de las cuñas de madera o plástico no tienen fuerza suficiente para conseguir la caída del árbol. Para aumentar la apertura del corte de apeo, se utilizan cuñas con mango de madera y anillos de acero.



1/ Aleación de aluminio.

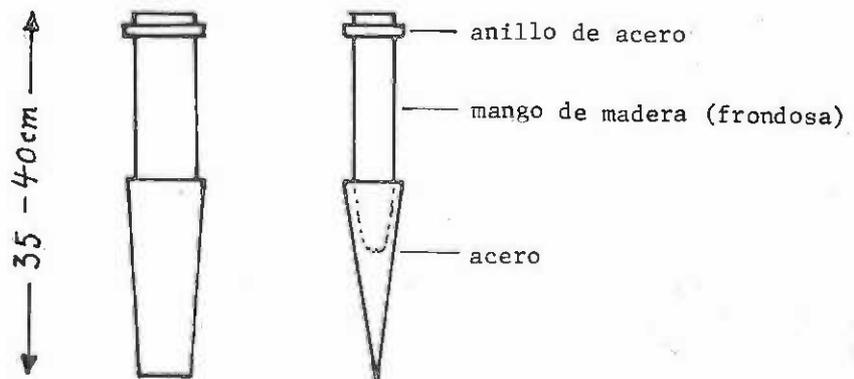
b) Cuñas de corte o troceo

Las técnicas de corte exacto del apeo con motosierra han hecho que este tipo sea casi superfluo. Sin embargo, si se emplean sierras manuales para el tronzado, resulta indispensable mantener abierto el corte.

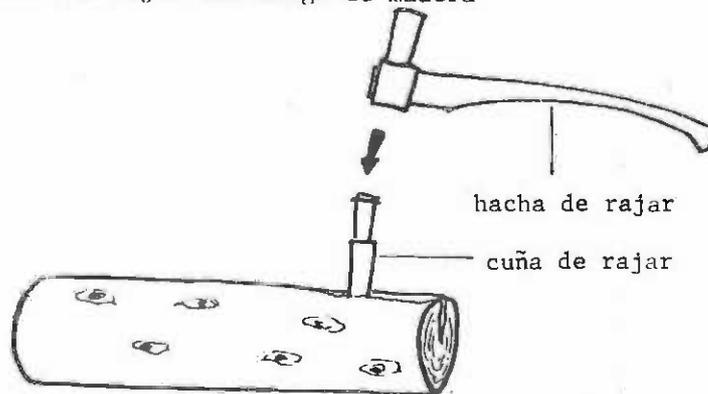
Tiene la misma forma que la cuña de apear pero sólo tiene de 10 a 15 cm de longitud y de 5 a 8 cm de anchura.

c) Cuñas de rajar

Para rajar trozas de 1 m de diámetro, se emplean cuñas de acero con mangos de madera y anillos terminales de acero. En cuanto a forma y tamaño, recuerdan a las cuñas de duraluminio con mango de madera. Para clavar la cuña de rajar se utiliza el martillo de rajar o el hacha de rajar (peso 2,5 a 3,5 kg).



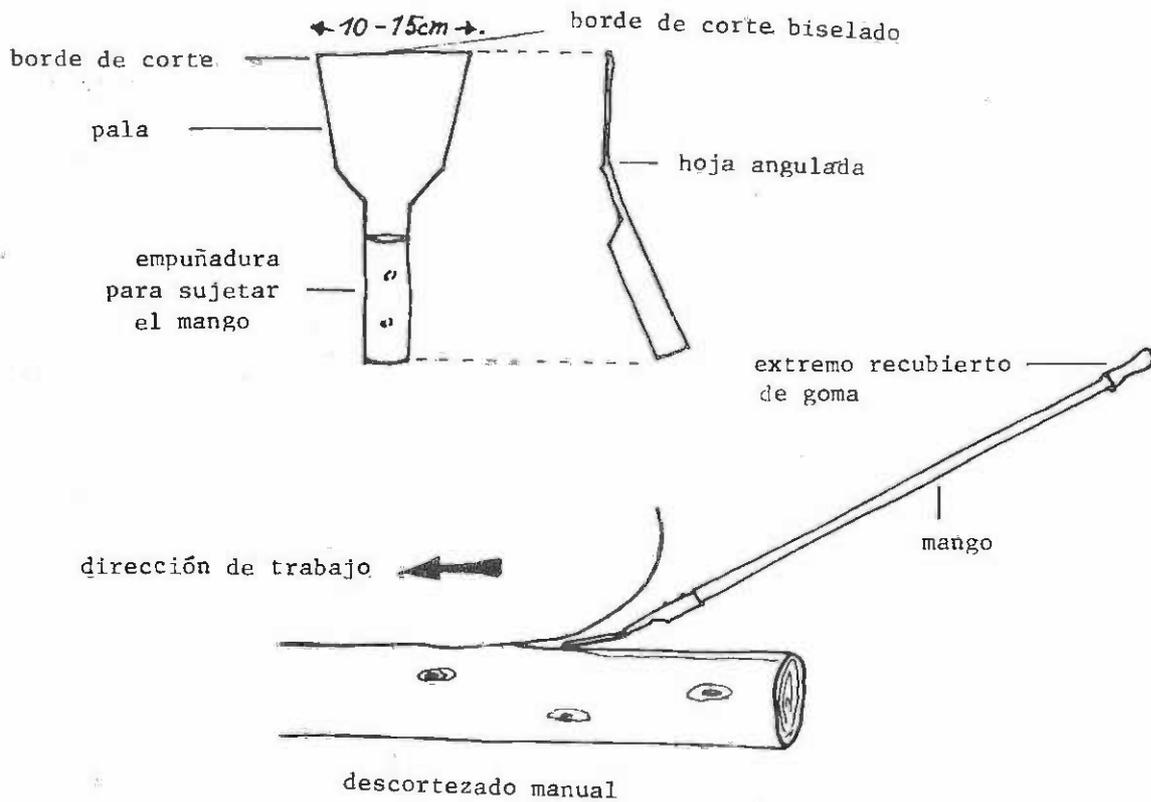
cuña de rajar con mango de madera



1.4 Pala de descortezar (palanca)

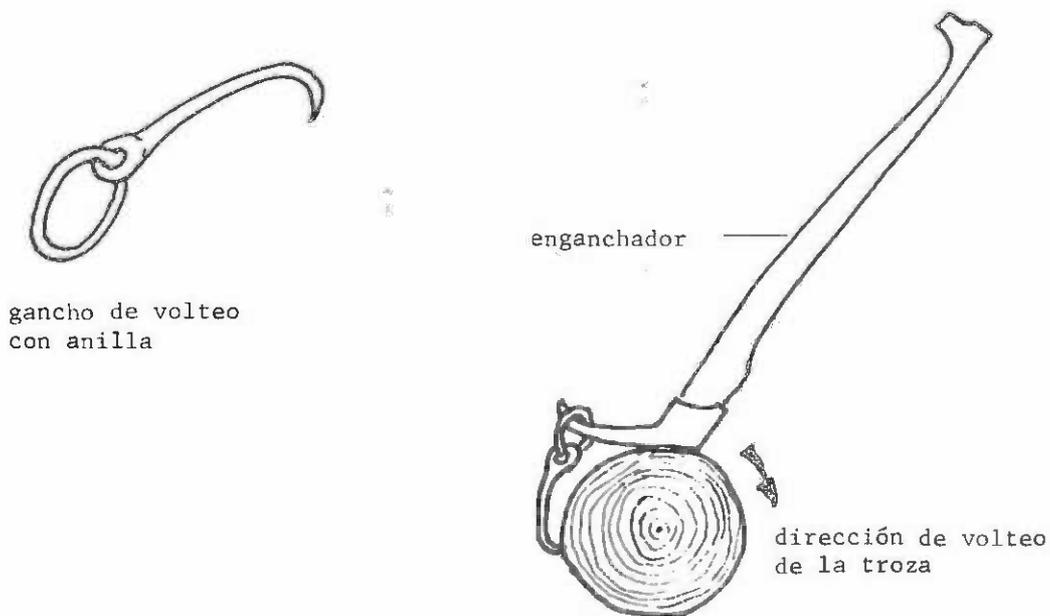
La pala de descortezar sirve para extraer la corteza de la madera, grande o pequeña, en el lugar de apeo. El descortezado manual es muy raro y sólo se aplica en casos excepcionales, como sucede cuando hay que descortezar pequeñas cantidades de madera y tronzarlas inmediatamente por el peligro de plagas (barrenador de la corteza) o cuando hay que realizar a mano la explotación maderera debido a las condiciones difíciles del terreno. La pala de descortezar consiste en una hoja de acero y una abertura para encajar el mango.

La anchura de corte de la pala está entre 10 y 15 cm, la longitud del mango varía de 1,5 a 2 m. La pala debe formar cierto ángulo con el mango para evitar que se doble hacia abajo al descortezar.



### 1.5 Gancho de volteo con anilla

Se analizan, junto con el enganchador u otra palanca, para voltear las trozas. Este tipo de gancho de volteo ha demostrado ser extraordinariamente útil para hacer rodar los denominados "árboles colgados" (árboles apeados que se quedan enganchados en los árboles próximos).



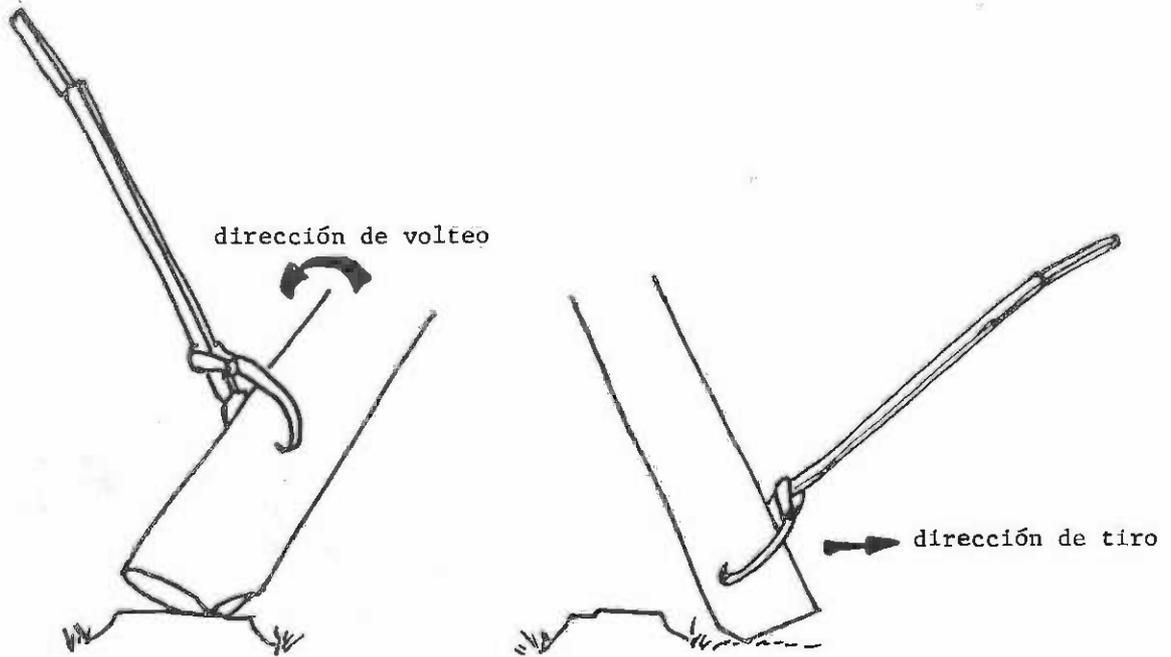
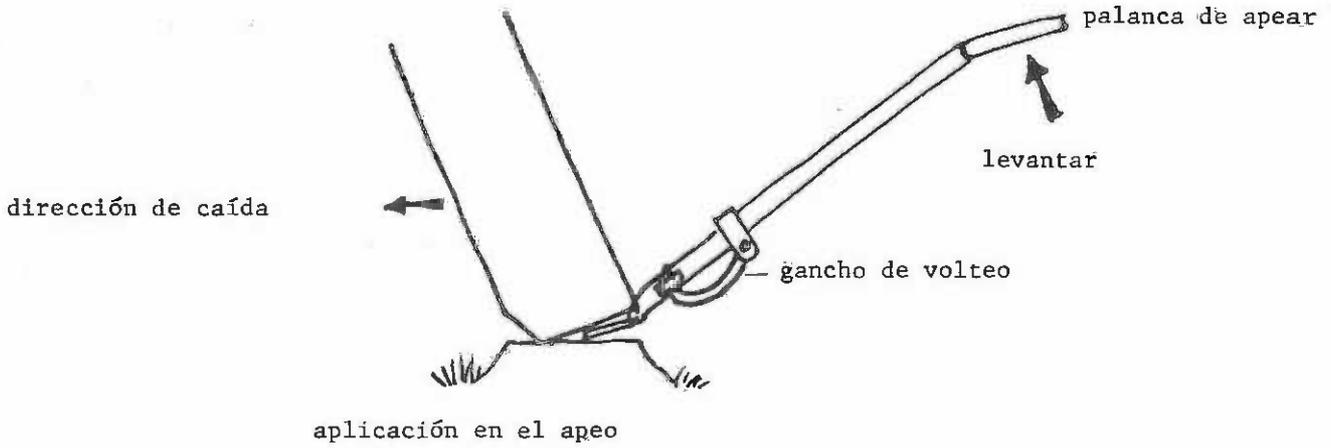
### 1.6 Ganchos de bolsillo

Este pequeño gancho de volteo se lleva en una caja (bolsillo) en el cinturón de herramientas. Se utiliza para voltear, arrastrar y tirar de pequeñas piezas de madera. En el tronzado con motosierra, puede utilizarse también para mantener el corte abierto, en vez de la cuña de cortar.



### 1.7 Palanca de apear

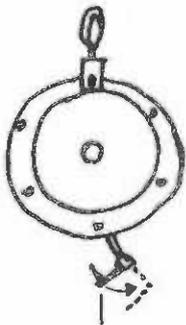
Este dispositivo, de finalidad múltiple, sustituye a la cuña de apear en la corta de árboles de diámetros pequeños y medianos. Para tirar de las trozas y voltearlas se utiliza el gancho de volteo de la palanca de apear.



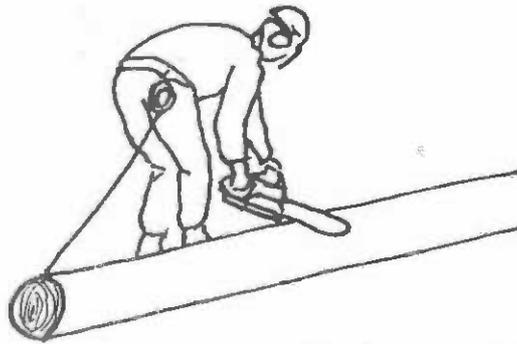
volteo y tiro de un árbol de los denominados "colgados"

### 1.8 Cinta de maderero

Se emplea para medir por donde se deben tronzar los árboles apeados. Las longitudes más frecuentes de la cinta de maderero son de 15 m a 25 m. Como la cinta va sujeta en el cinturón del maderero, se realizan en una sólo operación, el desrame, la medición y el tronzado. La uña de la cinta se coloca en el punto en que comienza la medición. Al cambiarse de sitio, se suelta la cinta que va tensada por un muelle de hojas.



uña de la cinta con  
muelle de hojas



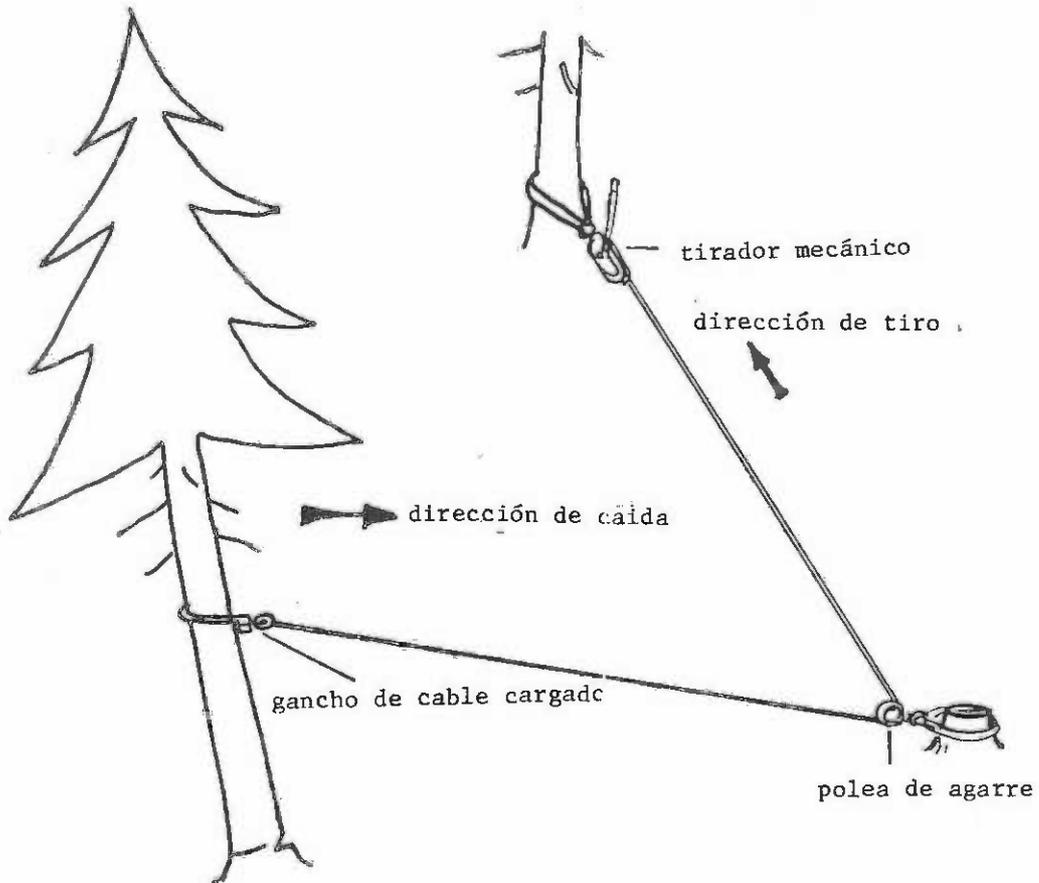
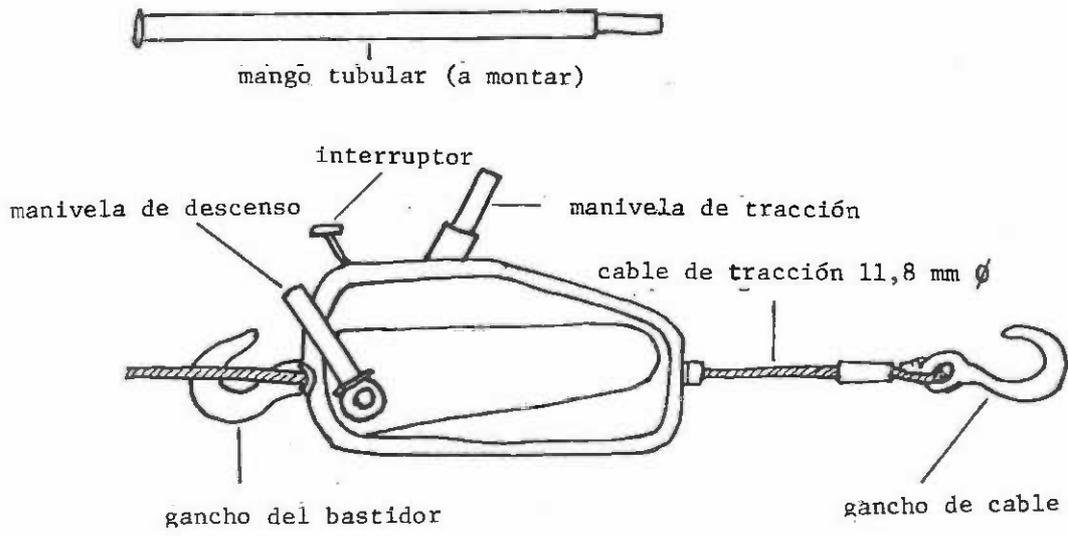
trabajando con la cinta de maderero

### 1.9 Tirador mecánico

Es un dispositivo para levantar y tirar que funciona manualmente, con una capacidad de elevación de 1,5 o 3 tm (diversos modelos). En el apeo, el tirador mecánico se emplea para tumbar los árboles que están inclinados hacia atrás y para asegurar los árboles a fin de evitar que caigan sobre viviendas.

La longitud de cable es prácticamente ilimitada; para el apeo es conveniente utilizar una polea de agarre para que el operario pueda trabajar fuera de la dirección prevista de caída.

Descripción de un tirador mecánico:

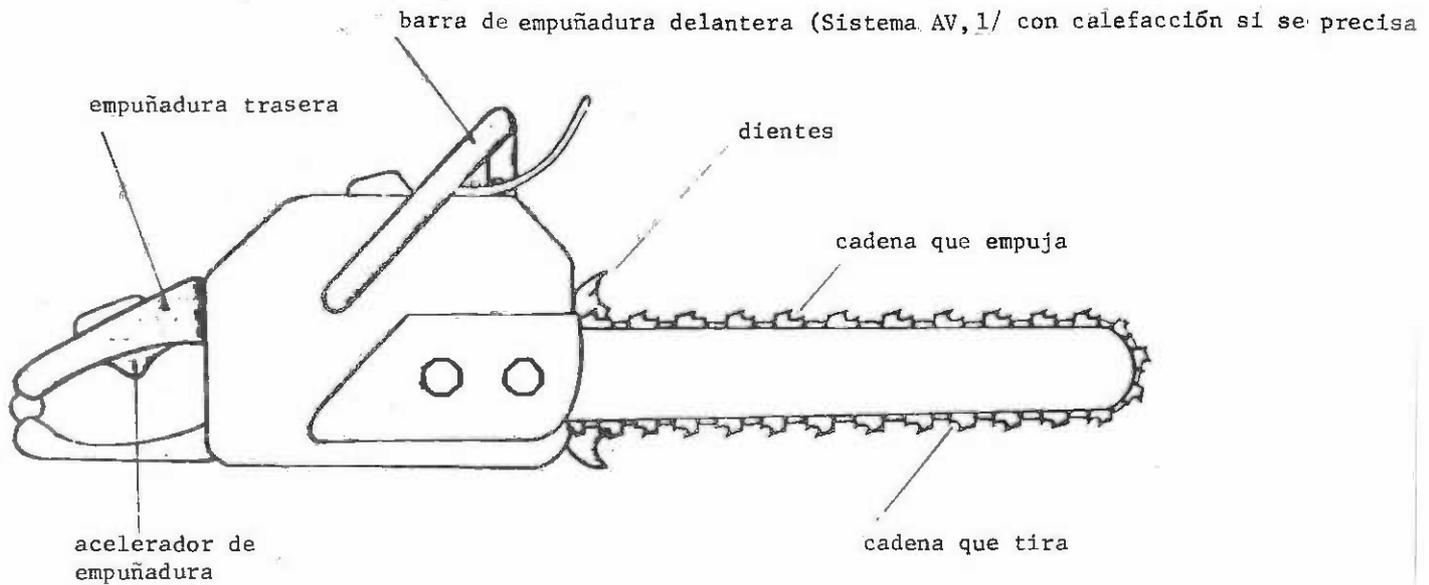


Utilización de un tirador mecánico para el apeo de un árbol inclinado hacia atrás

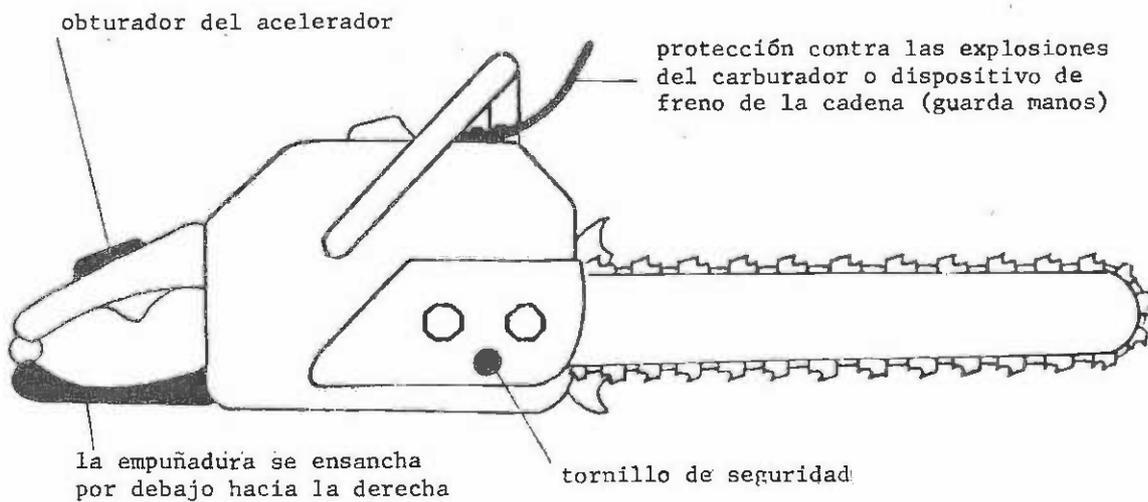
2. MOTOSIERRAS

2.1 Descripción de los elementos más importantes y de los dispositivos de seguridad de una motosierra

a) descripción de los elementos



b) dispositivos de seguridad



1/ Los dispositivos contra vibraciones (AV) evitan las enfermedades de las manos por esta causa.

2.2 Categoría de peso y potencia de motosierras para maderas de grandes y pequeños diámetros

<u>Empleo</u>	<u>Potencia</u>	<u>Peso lista para utilizar</u>	<u>Longitud de la espada</u>
Madera delgada	1,5 a 2,2 kw (2-3 HP DIN)	5 a 7 kg	hasta 30 cm
Madera gruesa	2,2 a 3,7 kw (3-5 HP DIN)	7 a 9 kg	40 a 45 cm
Madera muy gruesa y sitio de transformación	3,7 a 5,1 kw (5-7 HP DIN)	9 a 11 kg	50 a 60 cm

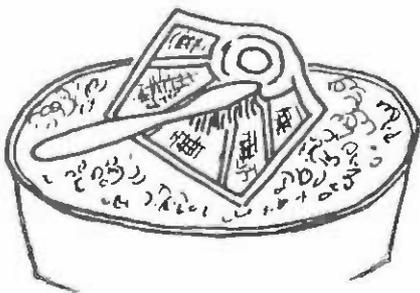
2.3 Servicio y mantenimiento

Un servicio regular aumenta la seguridad de funcionamiento y la duración de la motosierra. Los intervalos necesarios de servicio son:

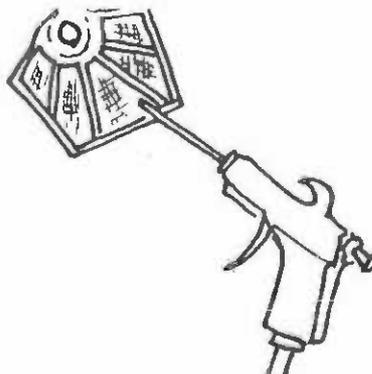
- a) diario
- b) semanal
- c) periódico

a) Inspección diaria

Filtro de aire: lavar con bencina (gasolina) o con líquido de lavar diluido en agua, o limpiar con aire comprimido.



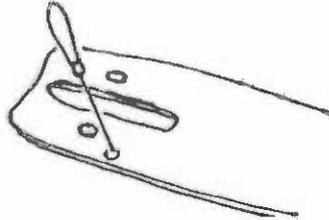
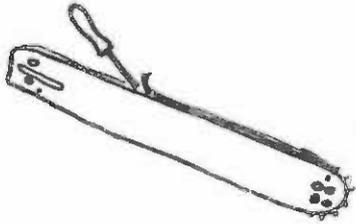
lavado con bencina o con agua y líquido de lavar



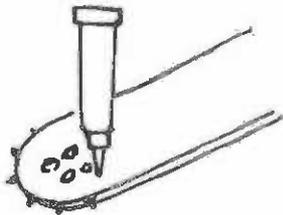
limpieza con aire comprimido

Espada:- limpiar el canal guía y los orificios de engrase

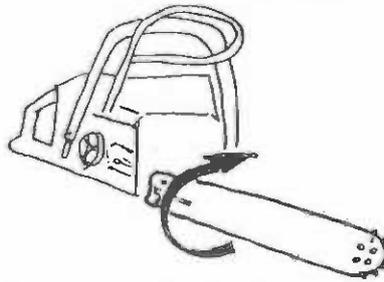
- lubricar el piñón de reenvío
- girar y montar la espada



limpieza del canal guía y de los orificios de engrase



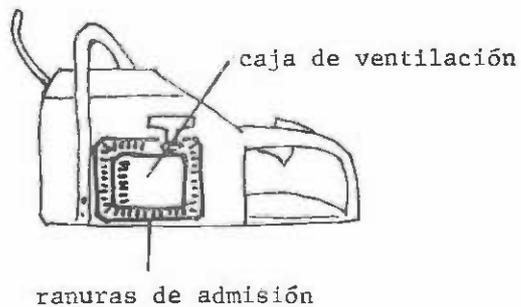
lubricación del piñón de reenvío



giro y montaje de la espada

Cadena: afilar, si es necesario, los dientes de la sierra.

Ranuras de admisión de aire: comprobar las ranuras de la caja de ventilación, limpiar, si es necesario.



**B** Inspección semanal.

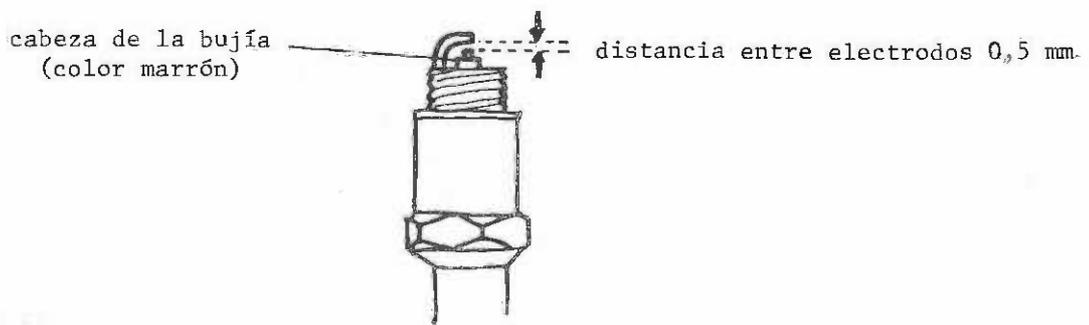
Además de las comprobaciones diarias, deben inspeccionarse cada semana las partes siguientes:

bujía de encendido = control del color de la cabeza:

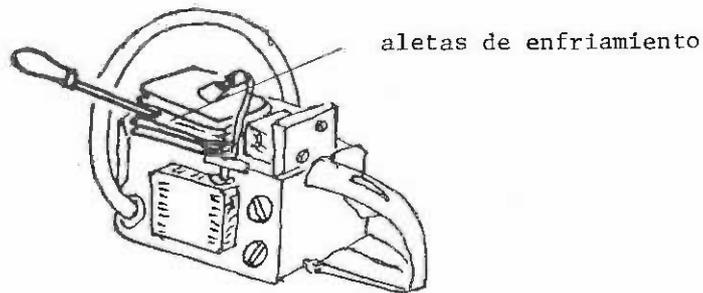
- marrón - carburador correctamente ajustado.
- negro - ajuste demasiado amplio
- blanco - ajuste demasiado escaso

- comprobación de la distancia entre electrodos:

la distancia en todos los modelos de motosierras es de 0,5 mm.



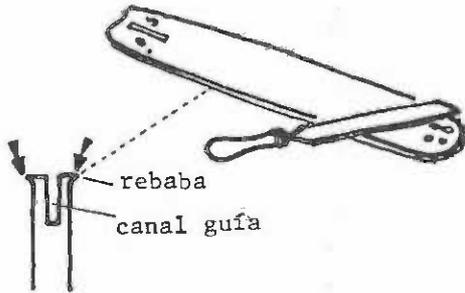
aletas de enfriamiento del cilindro: retirar la tapa del cilindro y limpiar las aletas de enfriamiento



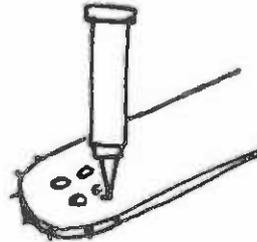
limpieza de las aletas de enfriamiento

Espada: control de desgaste - quitar las rebabas de los cantos del canal guía con una lima plana.

- lubricar el piñón de reenvío y comprobar su movilidad.



eliminación de rebabas con lima plana



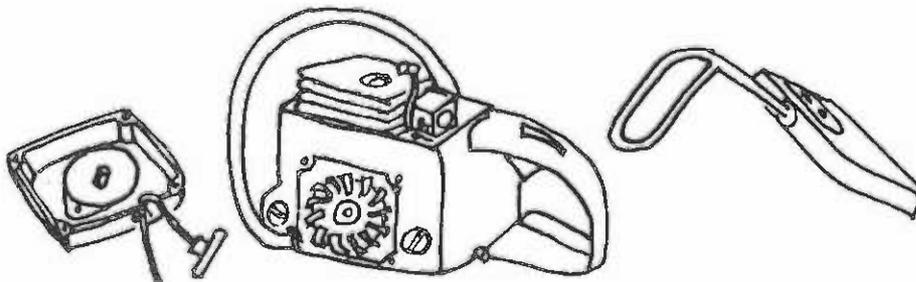
lubricación del piñón de reenvío

Cadena: afilar los dientes de la sierra, comprobar la longitud de los dientes y los calibros de profundidad (véase la descripción del mantenimiento de la cadena).

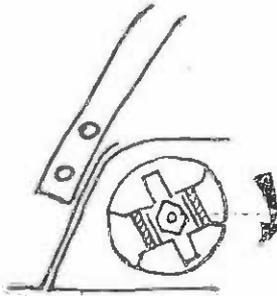
c) Inspección periódica

Se realiza después de 100 a 150 horas de servicio, dependiendo del tiempo de servicio, del desgaste y del modelo. Algunos fabricantes incluyen planes de mantenimiento en sus instrucciones de uso. A las inspecciones diarias y semanales se añaden los puntos siguientes:

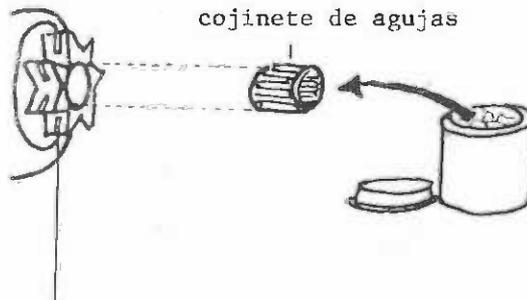
limpieza general: con limpiador frío o bencina



- Embrague - desmontar (la rosca, a izquierdas, se abre girando hacia la derecha)
- comprobar el desgaste de las pesas centrífugas, del muelle tensor y de la rueda motriz de la cadena
  - limpiar el tambor del embrague y el cojinete de agujas
  - lubricar el cojinete de agujas con aceite polivalente



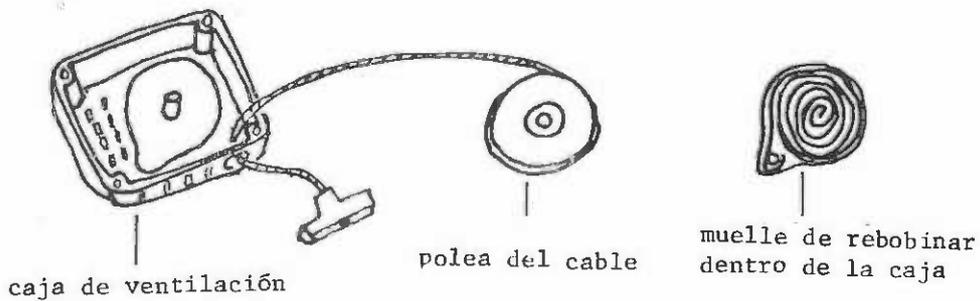
apertura del embrague  
mediante giro a la derecha



desgaste de la rueda  
motriz de la cadena

engrase del cojinete  
de agujas

- Estárter - desmontar y separar la polea y el muelle de rebobinar
- limpiar y engrasar el muelle de rebobinar
  - comprobar el desgaste del cable del estárter

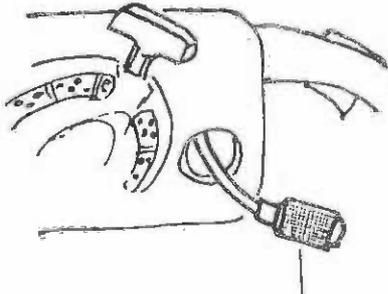


caja de ventilación

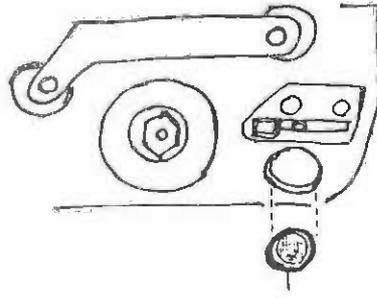
polea del cable

muelle de rebobinar  
dentro de la caja

- Tapón de combustible y aceite - desmontar y limpiar el cabezal de aspiración
- limpiar los tapones de combustible y aceite con bencina
  - si la línea de alimentación de la bomba de aceite lleva filtro, desmontarlo y limpiarlo



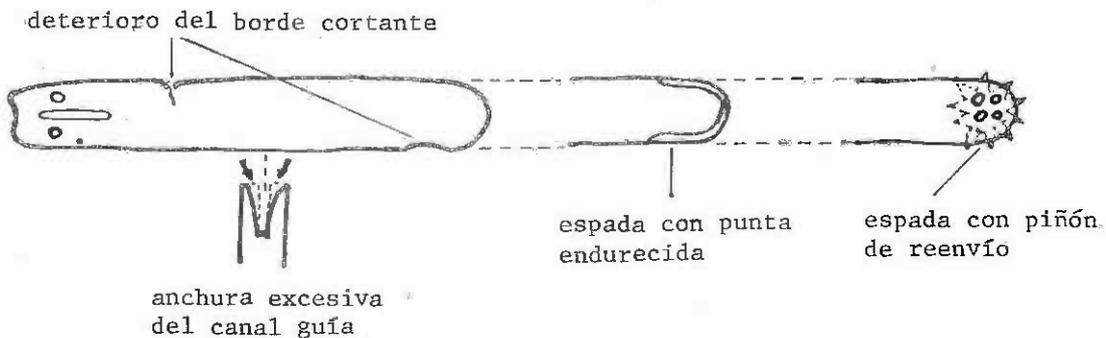
cabezal de aspiración



filtro de aceite

- Escape - desmontar y limpiar
- limpiar de residuos de combustión las paredes interiores del cilindro

- Espada - comprobar el desgaste del borde cortante de la cadena,
- comprobar la profundidad y anchura del canal guía
  - comprobar la punta endurecida de la espada o, alternativamente
  - comprobar y engrasar el piñón de reenvío de la espada.



Carburador - desmontar y separar las piezas sólo en caso de fallo;

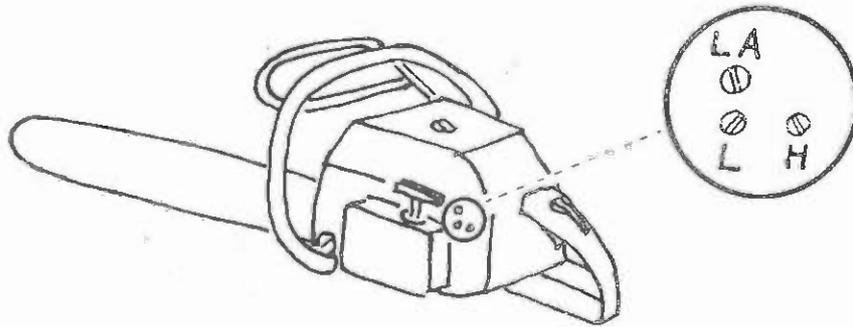
- comparar el ajuste del carburador con las instrucciones del fabricante;

H - tornillo principal de regulación

L - tornillo de regulación en marcha lenta

LA - tornillo de arranque en marcha lenta

- antes de regular el carburador debe trabajarse con la motosierra hasta alcanzar la temperatura de régimen y deben estar limpios el filtro de aire y las bujías de encendido.

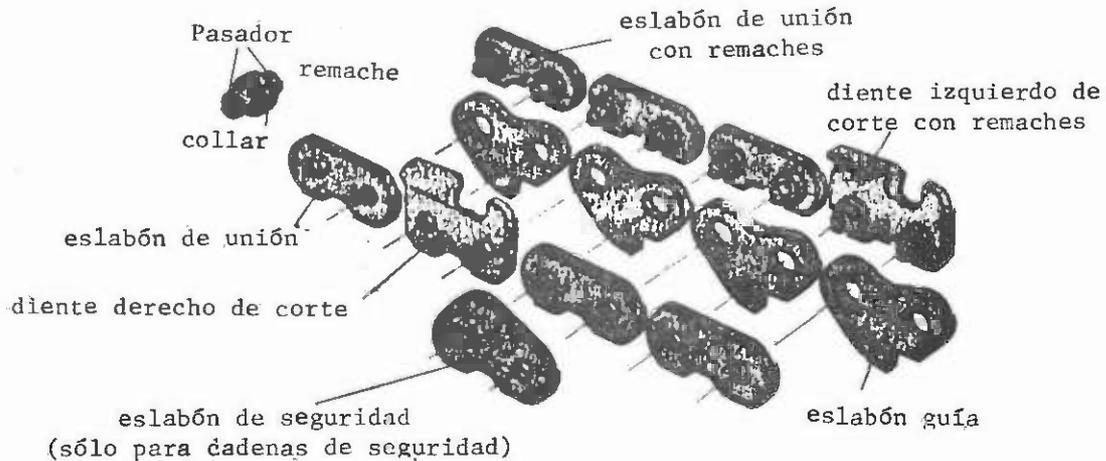


tornillos para la regulación del carburador

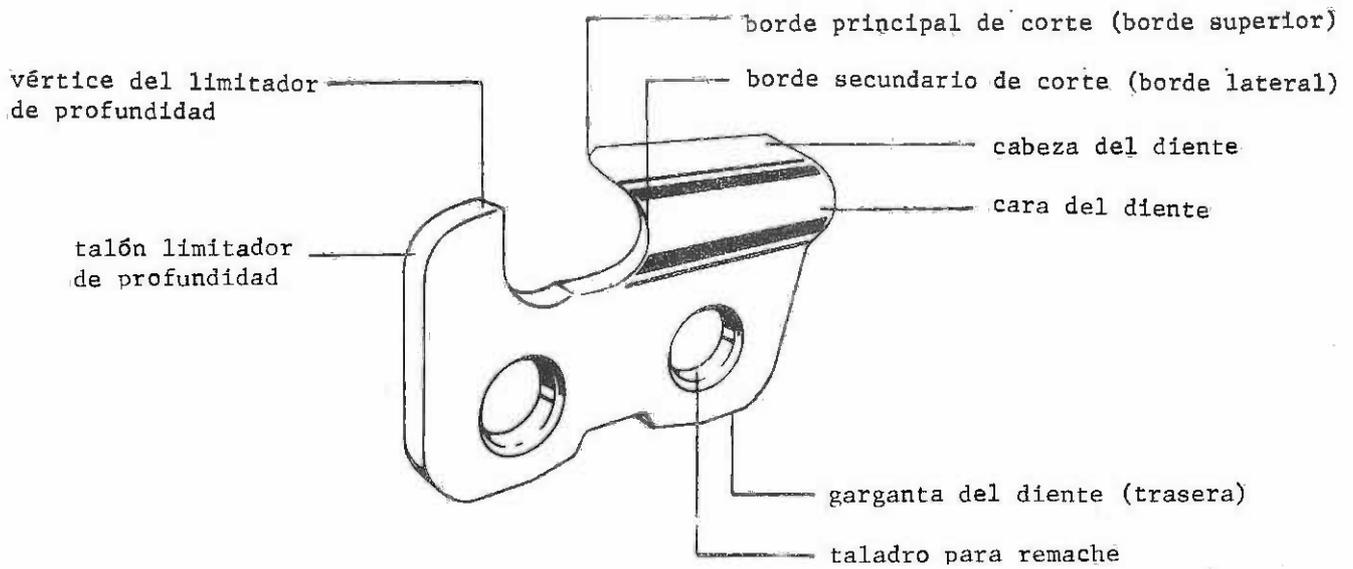
#### 2.4 Motosierra - mantenimiento de la cadena

El mantenimiento adecuado de la cadena garantiza un corte correcto y estable, reduce el desgaste de la cadena y de la espada, ahorra combustible y fuerza muscular (energía).

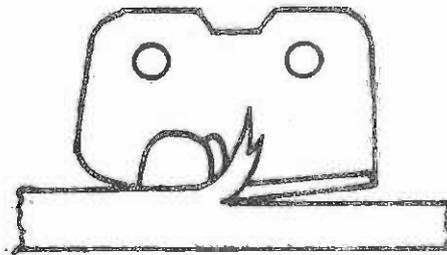
Los elementos de una cadena de motosierra son:



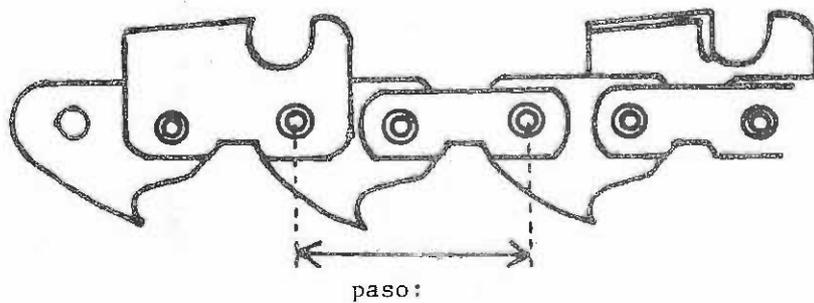
Diente de corte o diente gubia



Diente de corte actuando:



el paso de la cadena se da en pulgadas (1 pulgada = 1" = 25,4 mm).



Esta distancia dividida por 2

Para determinar el paso se miden 10 eslabones. Existen en la actualidad los siguientes pasos:

$\frac{1}{2}$ "	=	12,7 mm
$\frac{7}{16}$ "	=	11,1 mm
,404"	=	10,3 mm
$\frac{3}{8}$ "	=	9,5 mm +)
,354"	=	9,0 mm
,325"	=	8,3 mm +)
$\frac{1}{4}$ "	=	6,4 mm

+ ) Estos son los pasos más corrientes en la actualidad.

Formas de los dientes (secciones transversales)



diente redondo



diente semicuadrado



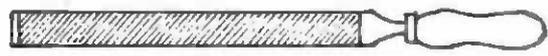
diente cuadrado

#### 2.4.1 Accesorios para el mantenimiento de las cadenas

- limas manuales



lima redonda



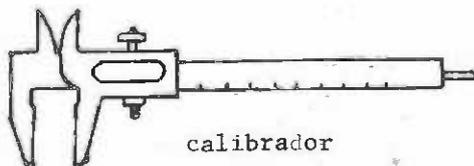
lima plana



cuartón para afilar



guía de afilar para  
calibrar la profundidad

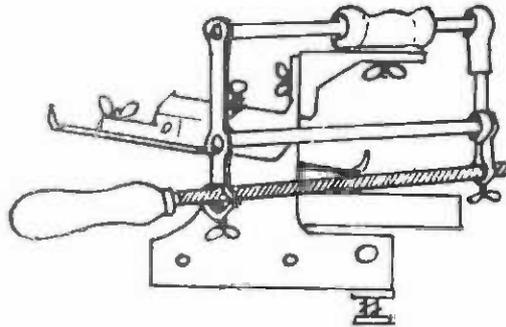


calibrador

- accesorios para afilar



guía de afilar



afiladora manual de cadenas

- afiladora eléctrica de cadenas (utilizada principalmente por talleres de servicio).

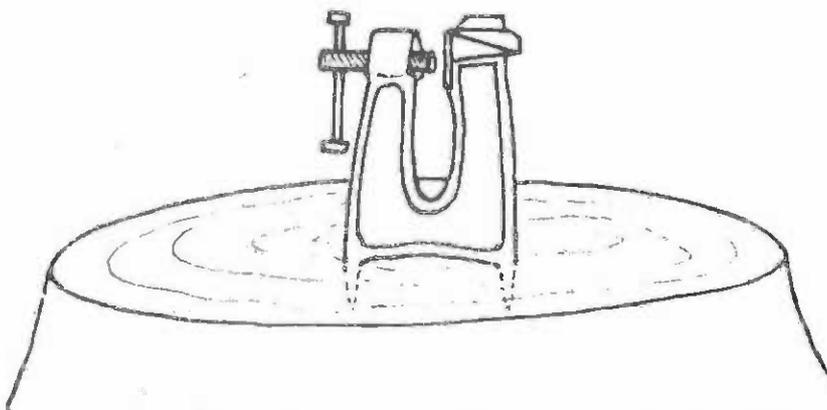
#### 2.4.2 Instrucciones para el mantenimiento de las cadenas mediante sistema manual.

##### i) Preparación

Limpiar la cadena hasta el estado seco (hasta que no quede más lubricante en los dientes de corte).

Sujetar la espada en posición de afilado (por ejemplo, torno de carpintero, prensa de afilar para utilizarla en el lugar de apeo, la espada de cortar dentro del tronco, etc.).

Tensor la cadena, si es necesario, para que los dientes de corte no cedan cuando se están afilando.



prensa de afilar para utilizarla en el lugar de apeo

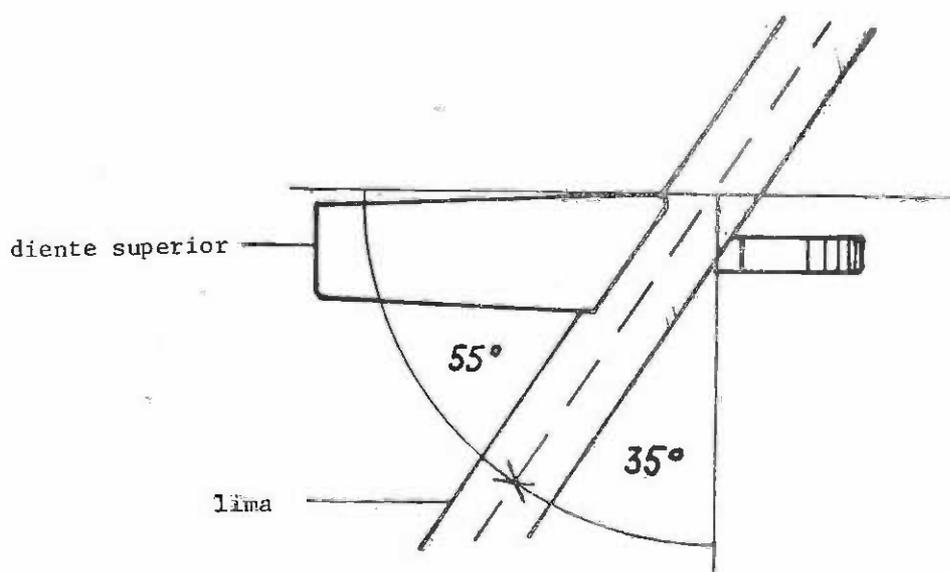
ii) Elección del diámetro correcto de lima (depende del paso de la cadena, de la altura de los dientes y su desgaste).

Paso (en pulgadas)	Diámetro de la lima (en pulgadas y mm)
7/16"	1/4" (6,3 mm) desde la mitad de la longitud del diente      7/32" (5,5 mm)
,404"	7/32" (5,5 mm) último tercio de la longitud del diente      3/16" (4,8 mm)
3/8	7/32" (5,5 mm) desde la mitad de la longitud del diente      3/16" (4,8 mm)
,325"	3/16" (4,8 mm)
1/4	5/32" (4,0 mm) último tercio 1/8" (3,2 mm)

iii) Afilado de los bordes de corte, principal y secundario.

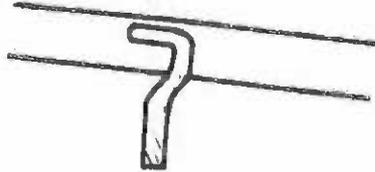
a) Angulo de afilado para	madera de coníferas	madera de frondosas, coníferas heladas y madera sucia
diente redondo	55° (35°)	60° (30°)
diente semicuadrado	55° (35°)	60° (30°)
diente cuadrado	60° (30°)	60° (30°)

Dispositivo auxiliar - cuartón para afilar



b) Inclinación del afilado

cuando se afila un diente redondo o un diente semicuadrado, la lima se mueve paralelamente al ángulo de caída



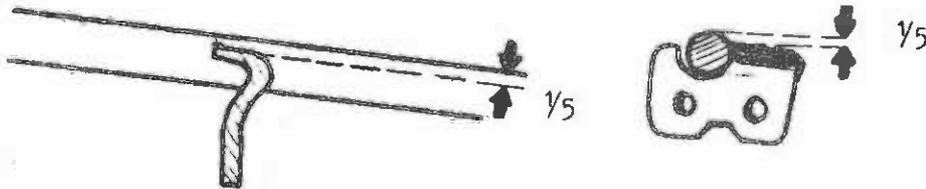
diente cuadrado  
10° ascendente



comprobar; el borde principal de corte está en línea con la lima.

c) Altura de la guía

1/5 del diámetro de la lima debe sobresalir por encima del diente superior.



comprobar: con un diente redondo, la cara del diente forma un ángulo recto con el borde de corte, con un diente semicuadrado forma un ángulo de 5° y con un diente cuadrado un ángulo de 10°.

afilado incorrecto:



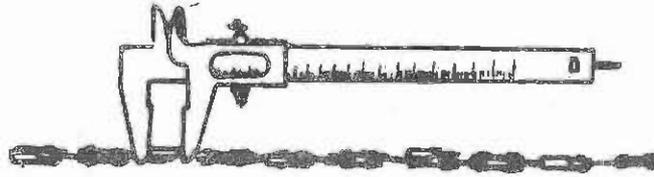
cara del diente retirada,  
la lima se llevó demasiado  
alta



la cara del diente se orienta  
demasiado hacia fuera, la lima  
se llevó demasiado baja

d) Longitud de los dientes

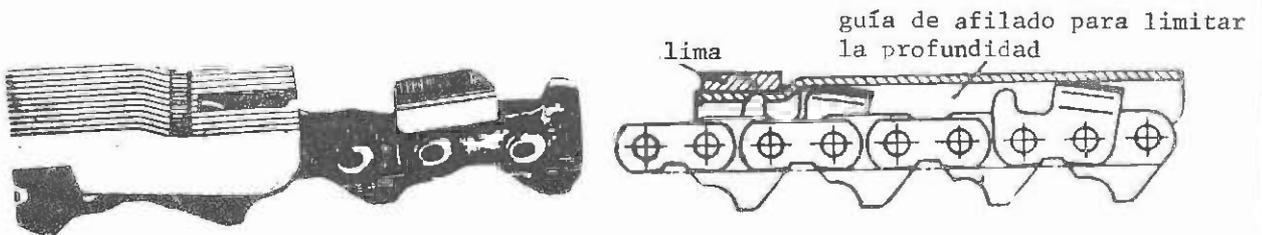
Todos los dientes deben tener igual longitud. El calibrador se coloca de acuerdo con la longitud media de los dientes más cortos.



Consecuencia: sólo los dientes de igual longitud tienen la misma altura e igual fuerza de corte. Frecuentemente, la longitud de los dientes derechos de corte es diferente de la longitud de los de corte izquierdo, y por ello las superficies de corte de la madera resultan desiguales y el desgaste de la espada y de la cadena es unilateral.

iv) Mantenimiento de los limitadores de profundidad:

Dependiendo de la capacidad del motor, de la velocidad de la cadena, de la longitud del canal guía, de la especie de madera y de la situación de ésta, los limitadores de profundidad son de 0,5 mm a 1 mm más bajos que los bordes principales de corte. El afilado se hace mediante lima plana con la ayuda de una guía de afilado para calibrar la profundidad.



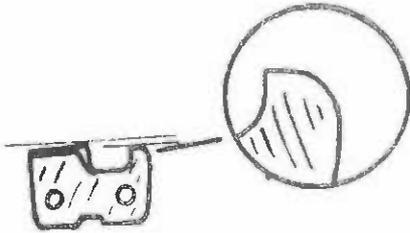
Guía de afilado para calibrar la profundidad con una ranura en el centro (garantiza alturas exactas de los limitadores de profundidad)



Los limitadores de profundidad de las motosierras de peso ligero y mediano son 0,65 mm más bajos, y los de las sierras pesadas 0,75 mm más bajos, que los bordes principales de corte. Estas cifras se reducen en 0,1 mm si la madera es dura y está helada.

Si se necesita, el borde delantero se redondea mediante una lima plana sin dañar la superficie uniforme de deslizamiento del limitador ni el borde cortante principal del diente de corte.

forma correcta del limitador de profundidad:



forma incorrecta del limitador de profundidad:



superficie de deslizamiento demasiado baja y sin nivelar ni redondear, demasiado alto

Consecuencia: los limitadores de profundidad, que son demasiado cortos porque han sido limados demasiado bajos, permiten que los dientes de corte entren en la madera con demasiada profundidad, ocasionando la trepidación de la cadena. Los limitadores de profundidad que son demasiado altos impiden que los dientes de corte entren con suficiente profundidad: hay que aumentar la presión de corte, se ven afectados el rendimiento de corte y el desgaste (se desgasta demasiado la garganta trasera del diente de corte). Los limitadores de profundidad que no se redondean ejercen un efecto de frenado en la base del espacio entre dientes, aumentando la fricción y reduciendo el rendimiento de corte. Hay mucho desgaste en la garganta delantera del diente de corte.

#### 2.4.3 Mantenimiento por medio de guías de afilar y dispositivos de afilado

Se utilizan de acuerdo con las respectivas instrucciones de uso.

Notas sobre el afilado:

- Es importante mantener el borde de corte en condiciones óptimas. No trabajar con los bordes de corte embotados.
- Aplicar ambas manos para llevar la lima con una presión lateral moderada y un golpe recto desde uno hacia fuera. El brazo más bajo y la lima deben formar una línea recta.
- Girando la lima no se afilará más el borde.
- Levantar la lima lateralmente de la superficie de afilado cuando se la lleva hacia atrás.
- Mediante un afilado a derecha e izquierda, las superficies resultan más uniformes.
- Una buena vista y un dispositivo de sujeción a la altura del codo hacen más fácil el afilado.
- Las longitudes de los dientes y los limitadores de profundidad se suelen medir durante la inspección principal de la cadena (después de unas 5 veces de afilado intermedio).

- El afilado de los limitadores de profundidad de las cadenas de seguridad exige guías de afilar con un rebaje más ancho.
- Un borde de corte secundario ligeramente rebajado hace el borde principal de corte algo más romo y más resistente (ventajoso cuando se corta madera sucia).

#### Notas generales

- Afilan las cadenas nuevas antes de usarlas. engrasarlas bien (lata de aceite, engrase adicional) y hacerla funcionar a velocidad moderada. Es importante una correcta tensión de la cadena.
- Si la cadena es demasiado larga, en caso de rotura o daño a los eslabones, la cadena se repara con los eslabones sobrantes.

Equipo auxiliar: lima plana, herramienta de roturas y arreglos, taladrador y tornillo de carpintero. Hay que ajustar la situación de los eslabones sobrantes al nivel de desgaste de la cadena.

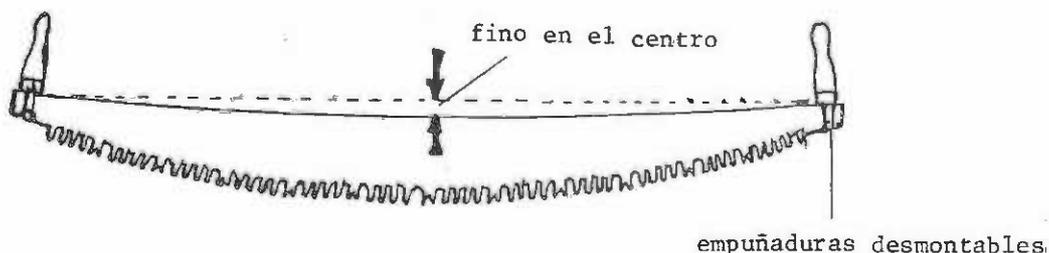
- Antes de comprar una nueva cadena, comprobar si la espada, el piñón y la cadena ajustan entre sí. La información para hacer pedidos, incluye la descripción de la cadena, su longitud (número de eslabones-guía), el paso y el limitador. A veces es suficiente indicar la marca de la motosierra, el modelo y la longitud de la espada.

### 3. TRONZADORES

#### 3.1 Tronzador de dos hombres

Esta sierra funciona mediante dos trabajadores y se emplea para cortar árboles o trozas con diámetros de más de 30 cm.

Para apeaar árboles de gran tamaño, la longitud de la sierra debe ser de 1,40 a 1,60 m y la anchura en el centro de 12 a 14 cm. Con el fin de introducir cuñas en el corte, la sierra debe ser gruesa en los extremos y fina en el centro. Las empuñaduras deben ser desmontables, para poder extraer la sierra del corte incluso después de clavada la cuña.



Hay dos tipos de tronzadores:

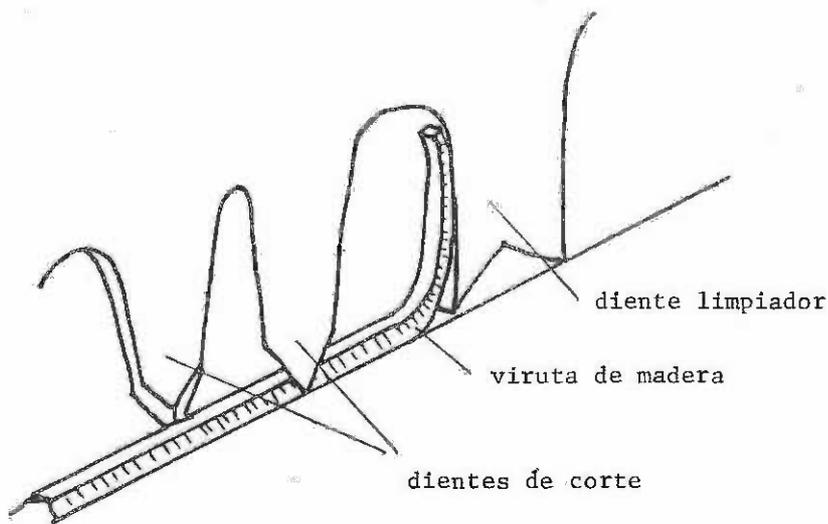
- a) Con dos dientes de corte por cada diente limpiador, que se emplean para maderas de frondosas.
- b) Con cuatro dientes de corte por cada diente limpiador, que se emplean para maderas de coníferas.



Dos dientes de corte por cada diente limpiador

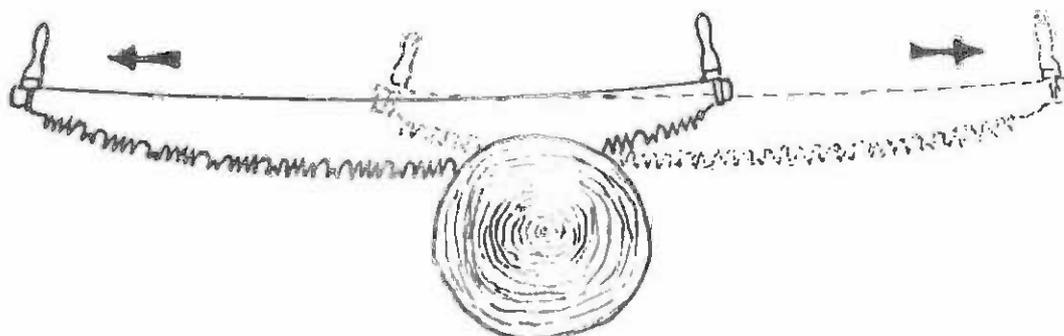
Cuatro dientes de corte por cada diente limpiador

Los dientes de corte cortan la madera lateralmente mientras que los dientes limpiadores la cortan en la parte baja y extraen las virutas.



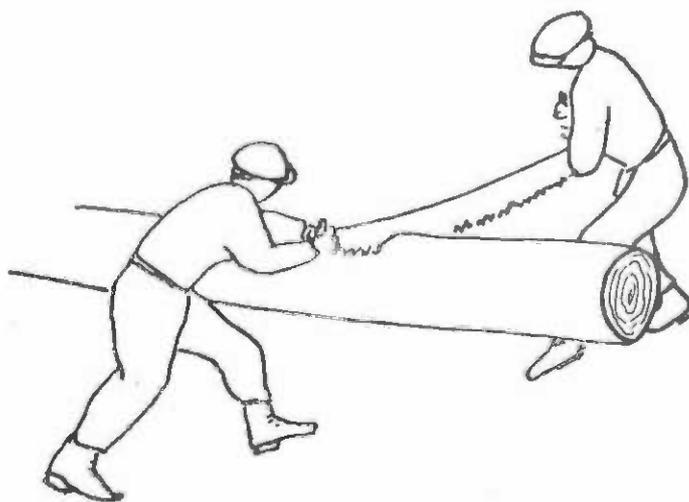
tronzador trabajando

La eficacia del tronizador está sujeta a la influencia de factores tales como el golpe de aserrado, la técnica de aserrar y la posición del cuerpo. La sierra se mueve mediante golpes rectos de empujar y tirar, ejerciendo al propio tiempo una ligera presión sobre la hoja.

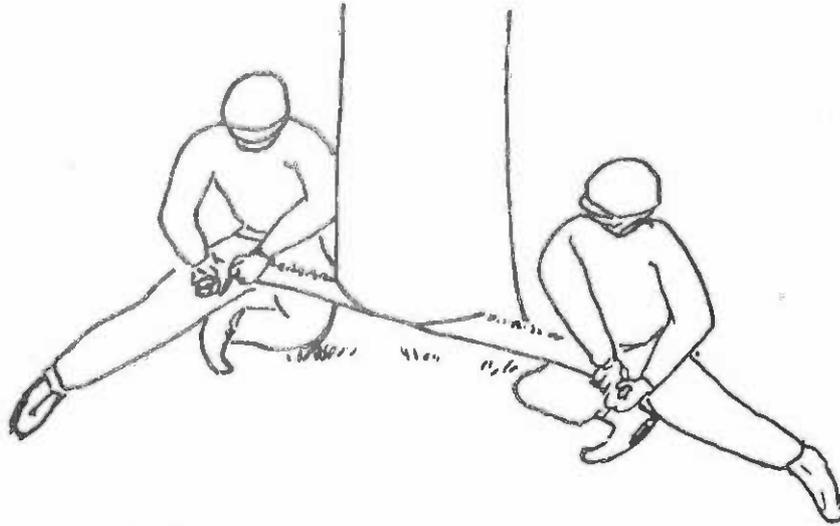


técnica de trabajo con el tronizador

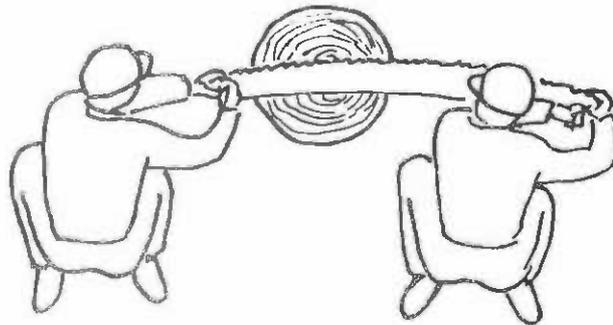
A fin de evitar una fatiga prematura hay que manejar el tronizador con ambas manos, manteniendo el cuerpo en una posición apropiada. Si es imposible mantenerse erguido, conviene arrodillarse (por ejemplo para cortas de apeo en terreno llano).



posición del cuerpo en el tronizado (troza levantada)



posición del cuerpo en corta de apeo



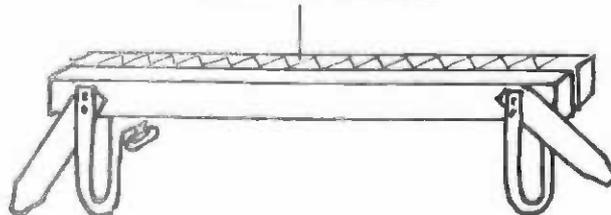
posición del cuerpo en corta de apeo

El mantenimiento del trozador exige el empleo de los siguientes dispositivos auxiliares:

a) Mordaza de torno;

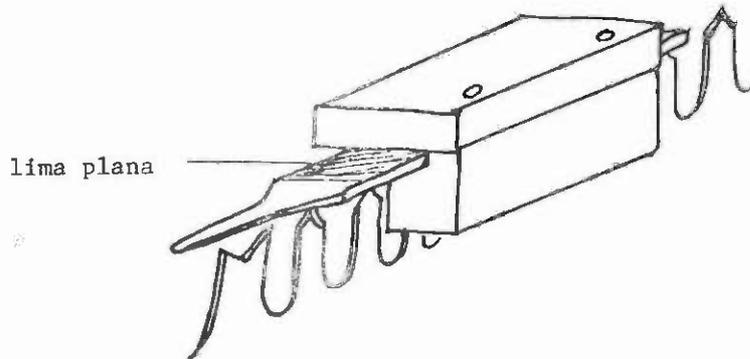
Deja libres ambas mano para afilar, gira alrededor de su eje longitudinal y va equipada con una rejilla de control para un apilado preciso.

rejilla de control



b) Aplanadora de la parte superior de los dientes:

Una lima plana bien sujeta en la caja de aplanar, lima todos los dientes a la misma altura.



c) Lima plana

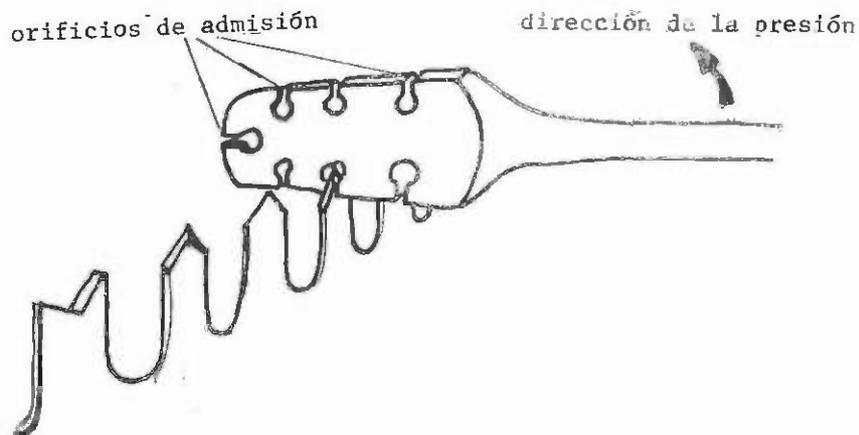
Las limas planas para afilar tronzadores deben tener 20 cm de longitud y 2 cm de anchura. El número de filos por cm debe ser bastante alto (20 a 24 cortes por cm).



superficie de la lima (observar el ángulo que forma con el mango)

d) Triscadora

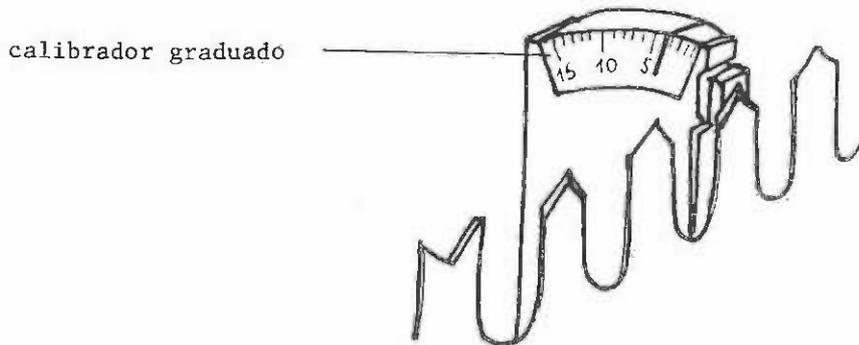
Para evitar la trepidación de la hoja cuando se está aserrando, mediante una triscadora se doblan hacia fuera dientes alternos de corte. La triscadora tiene orificios de admisión de diversos tamaños, pudiéndose aplicar a diversas sierras.



e) Calibrador de triscado

Se utilizan para medir la anchura de triscado de los dientes de corte. La anchura de triscado se mide en décimas de milímetro y por ello la medición tiene que ser precisa, con el calibrador bien ajustado a la hoja.

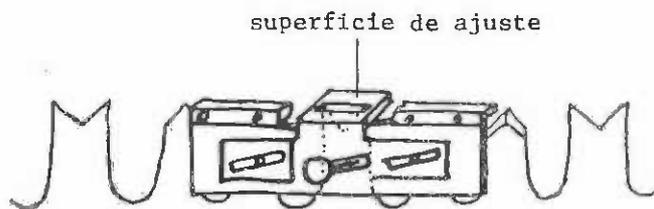
anchura de triscado para coníferas = 0,5 mm  
para frondosas = 0,4 mm



f) Herramientas para ajustar los dientes limpiadores.

Los dientes limpiadores son unas décimas de milímetro más cortos que los dientes de corte.

para coníferas, de 0,6 a 0,8 mm más cortos  
para frondosas, de 0,4 a 0,6 mm más cortos

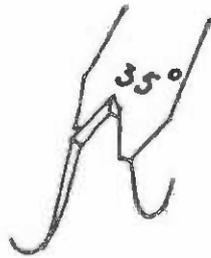


Afilado del tronizador:

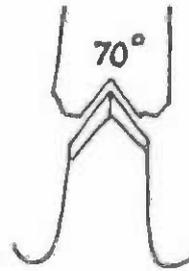
- i) Sujetar la sierra en la mordaza de torno.
- ii) Afilar los dientes de corte por medio de la aplanadora de la parte superior de los dientes hasta que todos ellos tengan la parte superior blanca.
- iii) Triscar los dientes de corte utilizando el calibrador de triscado y la triscadora. El triscado debe hacerse antes de estar limados los dientes limpiadores.
- iy) Afilar los dientes de corte con una lima plana.

ángulo de afilado para maderas de frondosas y resinosas =  $35^{\circ}$

ángulo de la parte superior del diente para maderas de frondosas y resinosas =  $70^{\circ}$

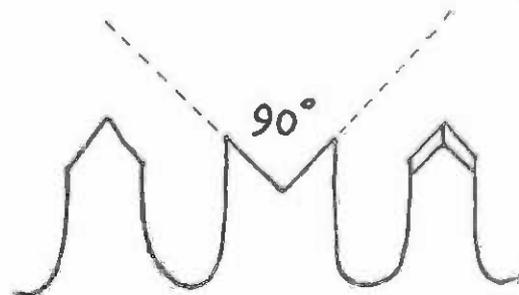


ángulo de afilado



ángulo de la parte superior del diente.

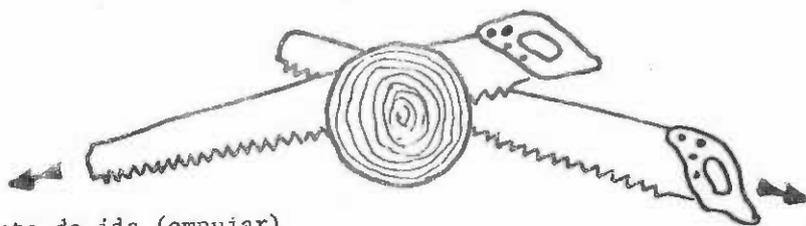
- v) Suprimir las rebabas de la parte posterior del diente con una pequeña lima plana o con piedra de afilar.
- vi) Acortar y afilar los dientes limpiadores por medio de una herramienta de ajustar. El ángulo interior del diente limpiador debe ser de  $90^{\circ}$ .



ángulo interior del diente limpiador

### 3.2 Tronzador de un solo hombre

Se utiliza para cortar madera con diámetro de menos de 30 cm. La longitud de la hoja de la sierra tiene hasta 80 cm. Debe llevar dientes de lanza. En los movimientos de ida o empuje debe ir la punta de la sierra hacia abajo y en los de vuelta o tiro debe ir hacia abajo la empuñadura. Esto da a los dientes de corte la dirección más favorable para cortar, aumentando el rendimiento de la operación.



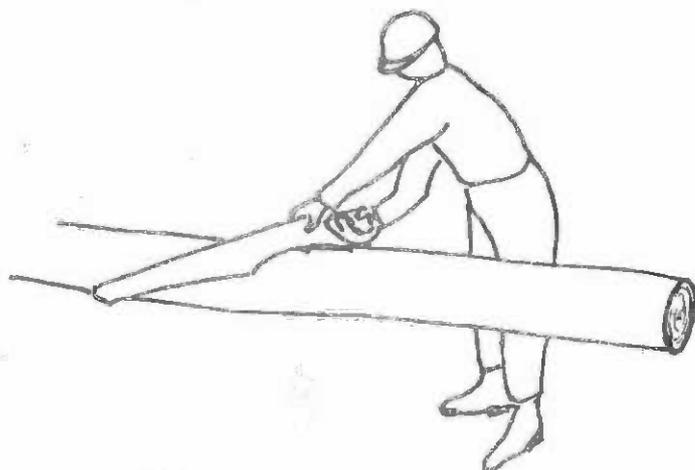
movimiento de ida (empujar)

movimiento de vuelta (tirar)

Para trabajar con el tronizador de un solo hombre, se emplea una mano para agarrar la empuñadura, mientras la otra presiona el dorso de la sierra.



posición del cuerpo para apelar



posición del cuerpo para tronzar

Afilado del tronizador de un solo hombre:

El orden de las diversas acciones de mantenimiento es exactamente igual que con el tronizador de dos hombres.

INTRODUCCION A LOS EQUIPOS DE CABLE  
EMPLEADOS PARA LA EXTRACCION DE MADERA

por

Rudolf Meyr  
Forstliche Bundesversuchsanstalt 1/

El equipo utilizado en actividades forestales para el madereo con cable se divide en cables-vía y cables-grúa.

1. CABLES-VIA

En su mayoría son semifijos pero pueden ser también fijos, si es necesario. Permiten el transporte de madera y también, en cuantía limitada, el de otras mercancías, entre dos puntos fijos, las estaciones de carga y descarga. En ciertas condiciones, pueden añadirse estaciones intermedias, pero fuera de las estaciones no es posible la carga y descarga. Por ello, son especialmente adecuados para el madereo de altiplanicies inaccesibles y de terrenos en que no es necesaria la carga a lo largo de la ruta. La madera a transportar mediante cable-vía tiene que llevarse a la estación de carga por otros medios.

Algunos tipos de cables-vía pueden emplearse como sistemas de gravedad (sin motor) siempre que el cable aéreo tenga la pendiente mínima necesaria (por ejemplo, tipos 3.1.1; 3.1.2; 3.1.2.B). Otros permiten el transporte cuesta abajo por medio de la gravedad, pero el viaje de retorno del carro descargado exige un motor (por ejemplo, tipo 3.1.2.A). Finalmente, existen sistemas de cable-vía que necesitan un motor para todas las operaciones. Esto sucede también con cualquier tipo de transporte cuesta arriba, con el transporte por corredores que tienen una pendiente de cable insuficiente, y con el transporte por pendientes de subida.

Debido al avance de la comunicación de los bosques mediante construcción de carreteras, ha disminuido considerablemente la importancia de los cables-vía para el madereo en zonas de montaña sujetas a ordenación intensiva. Hoy día sólo se utilizan en casos especiales. El consumo de tiempo y los costes, relativamente elevados, para montar y desmontar los cables-vía son responsables de su decadencia en países con jornales elevados y escasez de mano de obra. En áreas con jornales reducidos, suficiente mano de obra y bosques de difícil acceso para vehículos, las consideraciones tecnológicas y económicas justifican el empleo de cables-vía para la saca de madera, incluso en la actualidad.

2. CABLES-GRUA

Los cables-grúa son dispositivos para la saca de madera que, gracias a su construcción y diseño, pueden transportarse, montarse y desmontarse fácilmente. Valen para el transporte de la madera cuesta arriba y cuesta abajo, siendo posible la carga y la descarga en cualquier lugar que se desee a lo largo de la ruta (cable aéreo). Además, es posible, durante una operación cuesta arriba o cuesta abajo, realizar el arrastre lateral directo de la madera procedente de áreas próximas a la ruta, por medio del cable de tracción (con un alcance de 50 m a ambos lados). De esta forma, un cable grúa permite casi la extracción continua de la madera desde el lugar de corta. La saca con cables-grúa ocasiona un daño mínimo al suelo y al bosque; por ello, es aconsejable también para laderas difíciles como una alternativa frente al arrastre.

Sólo los cables-grúa con la necesaria pendiente del cable aéreo pueden emplear la gravedad (sin motor) en la saca cuesta abajo. Para todas las demás operaciones, incluyendo el arrastre de las cargas hasta el carro, se hace necesario la potencia de un motor. Por ello, todos los cables-grúa tienen que ir equipados con un motor de potencia suficiente.

---

1/ Instituto de Investigación Forestal de Viena.

De acuerdo con su utilización, los cables-grúa pueden dividirse en dos grupos:

Los cables de corta distancia, que se emplean para distancias hasta de 500 m, sobre todo para madereo cuesta arriba y cuesta abajo. El tiempo empleado en montar y desmontar es relativamente corto, con cable aéreo montado a pequeña altura, apoyos sencillos y utilizando métodos eficientes de montaje. El tiempo empleado para instalarlos representa sólo del 15 al 20 por ciento del tiempo total de madereo. El transporte de madera mediante cables-grúa de corta distancia se hace sobre todo para transportar troncos enteros con el método de "extremo alzado", esto es, atando los troncos y levantando sólo uno de los extremos, mientras el otro va arrastrándose por el terreno. Mediante este sistema, se pueden transportar incluso cargas pesadas de madera, desde el lugar de apeo hasta la carretera.

Los cables de larga distancia se emplean en Europa Central para fajas entre 500 y 1 500 m de longitud, sobre todo para madereo cuesta abajo. La madera debe ir libremente suspendida para que funcione fácilmente el equipo, y el cable aéreo debe ir suficientemente alto sobre el suelo. Por lo tanto, el montaje no es tan sencillo como en el caso de los cables de corta distancia y lleva más tiempo. Representa de 40 al 50 por ciento del tiempo total de madereo.

La carga máxima que se puede transportar viene limitada por la capacidad de carga del equipo de cable. En Europa Central los cables-grúa más frecuentemente utilizados tienen una capacidad de carga de 2,5 tm.

### 3. CLASIFICACION Y DESCRIPCION DE LOS CABLES-VIA Y CABLES-GRUA MAS IMPORTANTES EMPLEADOS EN ACTIVIDADES FORESTALES

#### 3.1 Cables-vía

##### 3.1.1 Con cables suspendidos

Descripción:

Un cable aéreo (hilo o cable de acero).  
Una variedad de ganchos para sujetar la carga (ganchos de madera, ganchos sencillos, ganchos montados sobre poleas, etc.).  
Propulsión exclusiva por gravedad.  
Dirección de transporte: sólo cuesta abajo.  
Mínima pendiente del cable aéreo: alrededor del 18%.  
Mínima longitud del cable aéreo: alrededor de 1 200 m.  
Rendimiento: depende de la longitud del cable.  
Aplicación: saca de productos de madera clasificados de 1 m de longitud, corteza, etc., hasta un peso de 50 kg.

##### 3.1.2 Cables-vía de péndulo

###### A. Cables de péndulo de una sola vía

- Con cable de tracción de extremo abierto

Descripción:

1 cable aéreo - 1 cable de tracción de extremo abierto.  
1 carro (sujeto al cable tractor).  
1 cabrestante de cable.  
Posición del cabrestante: en la montaña.  
Dirección de transporte: principalmente cuesta abajo, posible también cuesta arriba.  
Pendiente mínima del cable aéreo: alrededor del 20%.  
Longitud máxima del cable aéreo: alrededor de 1 500 m en teoría, pero no es conveniente más de 1 000 m.  
Rendimiento: depende de la longitud del corredor.

- Con cable de tracción sin fin

Descripción:

1 cable aéreo - 1 cable de tracción sin fin.  
1 carro (sujeto al cable tractor).  
1 cabrestante de cable (con polea parabólica).  
Posición del cabrestante: cargadero a pie de carretera.  
Dirección del transporte: sobre todo cuesta abajo, posible también  
cuesta arriba.  
Funcionamiento: independiente de la pendiente del cable aéreo (posible  
también en fajas llanas o en laderas en contrapendiente).  
Longitud máxima del cable aéreo: unos 2 500 m en teoría, pero no es  
conveniente más de 1 500 m.  
Rendimiento: depende de la longitud del corredor.

- Cables-vía de carros múltiples (variante del anterior)

Descripción:

1 cable aéreo - 1 cable de tracción sin fin.  
Varios carros (alrededor de 5) separables del carro de tracción.  
1 cabrestante (con polea parabólica).  
Rendimiento: depende de la longitud del cable aéreo. Por contar con  
más carros, da una mejor producción que el tipo de un solo carro;  
son posibles longitudes de cable aéreo hasta de 2 500 m. Todas las  
otras características, similares al tipo de un solo carro.

B. Cables de péndulo de 2 vías

Descripción:

2 cables aéreos - 1 cable de tracción sin fin.  
2 carros (sujetos al cable de tracción).  
1 estación de frenado (para propulsión por gravedad) o  
1 cabrestante (para funcionamiento con motor).

- Con propulsión por gravedad, sin motor

Posición de la estación de frenado: sobre la montaña.  
Dirección de transporte: cuesta abajo.  
Pendiente mínima del cable aéreo: alrededor del 20%.  
Longitud máxima del cable aéreo: alrededor de 2 500 m en teoría, pero  
no aconsejable más de 1 500.  
Rendimiento: depende de la longitud del cable aéreo.

- Con propulsión por motor

Posición del cabrestante: sobre la montaña o en el valle.  
Dirección de transporte: principalmente cuesta abajo, posible cuesta  
arriba.  
Funcionamiento: independiente de la pendiente del cable aéreo.  
(posible también en fajas llanas o en laderas en contrapendiente).  
Longitud máxima del cable aéreo: alrededor de 2 500 m en teoría, pero  
no aconsejable más de 2 000 m.  
Rendimiento: depende de la longitud del cable aéreo.

### 3.1.3 Cable sin fin

#### Descripción:

2 cables aéreos - 1 cable de tracción sin fin.  
Numerosos cables desmontables (su número depende de la longitud del cable aéreo).  
1 estación de frenado (para propulsión por gravedad).  
1 cabrestante (para funcionamiento con motor).

#### - Con propulsión por gravedad, sin motor

Posición de la estación de frenado: sobre la montaña.  
Dirección de transporte: cuesta abajo.  
Pendiente mínima del cable aéreo: alrededor del 15%.  
Longitud máxima del cable aéreo: técnicamente sin límite, puede llegar a varios km (cuanto más largo sea el corredor, más carros pueden utilizarse).

#### - Con propulsión por motor

Posición del cabrestante: sobre la montaña o en el valle.  
Dirección de transporte: principalmente cuesta abajo, posible cuesta arriba.  
Funcionamiento: independiente de la pendiente del cable aéreo (posible también en fajas llanas o en laderas en contrapendiente).  
Todas las demás características; similares a la propulsión por gravedad.

### 3.1.4 Cable Lasso (modelo especial) (con cable sin fin, similar a los telesillas)

#### Descripción:

1 cable móvil sin fin.  
Una serie de poleas (para llevar el cable por las distintas pendientes del terreno del corredor).  
Una serie de ganchos desmontables: de forma especial (para sujetar la carga al cable).  
1 cabrestante con dispositivo para tensar el cable.  
Posición del cabrestante: cerca de la carretera (cargadero).  
Funcionamiento: hasta una pendiente del 35%.  
Longitud del cable: hasta 2 000 m.  
Carga y descarga: en toda la longitud del cable sin fin (el cable va de 1 a 2 m de altura sobre el terreno).  
Rendimiento: independiente de la longitud del cable (cuanto más largo sea el cable más cargas se pueden enganchar).  
Aplicación: saca de productos de madera clasificados con una longitud de 1 m y un peso máximo de 80 kg (con suspensión sencilla) y de productos de madera clasificados con una longitud máxima de 4 m y un peso máximo de 500 kg (con suspensión doble).

### 3.2 Cables-grúa

#### 3.2.1 De larga distancia

(En la mayoría de los casos es necesario que las cargas vayan libremente suspendidas y que el cable aéreo vaya alto sobre el terreno)

##### - Con cable de tracción de extremo abierto

#### Descripción:

Un cable aéreo - 1 cable de tracción de extremo abierto.  
1 carro (con o sin dispositivo de parada).  
1 cabrestante (cabrestante sobre patín impulsado por motor).  
Situación del cabrestante: sobre la montaña.  
Dirección de transporte: principalmente cuesta abajo, posible cuesta arriba.  
Pendiente mínima del cable aéreo: alrededor del 20%.  
Longitud máxima del cable aéreo: alrededor de 2 000 a 2 500 m en teoría, no aconsejable más de 1 500 m.  
Rendimiento: independiente de la longitud del corredor.

##### - Con cable de tracción sin fin

#### Descripción:

1 cable aéreo - 1 cable de tracción sin fin.  
(1 cable elevador para varios modelos de carro).  
1 carro (con o sin dispositivo de parada).  
1 cabrestante de cable (con polea parabólica).  
Situación del cabrestante: conveniente en cargadero próximo a la carretera.  
Dirección de transporte: posible en ambas direcciones.  
Funcionamiento: independiente de la pendiente del cable aéreo (posible también en fajas llanas o en laderas en contrapendiente).  
Longitud máxima del cable aéreo: unos 2 500 m, en teoría, pero en la práctica no aconsejable más de 1 500 m.  
Rendimiento: depende de la longitud del corredor.

#### 3.2.2 De corta distancia

(para madereo con un "extremo alzado" y cable aéreo próximo al terreno)

##### - Con cable aéreo y cable tractor de extremo abierto

#### Descripción:

1 cable aéreo - 1 cable de tracción de extremo abierto.  
1 carro (sobre todo con polea de elevación - 2 dispositivos de parada).  
1 cabrestante - (cabrestante de patín de propulsión con motor o autopropulsado, también cabrestante de tractor).  
Situación del cabrestante: sobre la montaña, cerca de la carretera (cargadero).  
Dirección de transporte: sólo cuesta arriba.  
Pendiente mínima del cable aéreo: alrededor del 30%.  
Longitud máxima del cable aéreo: alrededor de 300 m.  
Rendimiento: depende de la longitud del corredor.

- Con cable aéreo, cable de tracción y cable de retorno

Descripción:

1 cable aéreo - 1 cable de tracción de extremo abierto - 1 cable de retorno de extremo abierto.

(1 cable elevador para diversos modelos de carro).

1 carro (con o sin dispositivos de parada).

1 cabrestante con dos carretes, sobre todo, combinado con una torre de 6 a 12 m y un dispositivo para tensar el cable aéreo montado sobre un camión o Unimog (conjunto de cable grúa móvil).

Posición del cabrestante: siempre cerca de la carretera (cargadero).

Dirección de transporte: principalmente cuesta arriba, posible cuesta abajo.

Funcionamiento: independiente de la pendiente del cable aéreo.

Longitud máxima del cable aéreo: alrededor de 500 m.

Rendimiento: depende de la longitud del cable aéreo.

3.2.3 Sistema de cable de tiro alto

(funcionamiento del cable en cortas distancias sin cable aéreo: principalmente para transporte de madera con extremo alzado)

Descripción:

1 cable de tracción de extremo abierto - 1 cable de retorno de extremo abierto (1 cable elevador para diversos modelos de carro).

1 carro sencillo.

1 cabrestante con 2 carretes (unidad independiente o montada sobre un tractor).

1 torre para elevar el cable de tracción y el cable de retorno montado en un cabrestante o tractor.

Situación del cabrestante: siempre cerca de la carretera (cargadero).

Dirección de transporte: sobre todo cuesta arriba, posible cuesta abajo.

Funcionamiento: independiente de la pendiente.

Longitud máxima: alrededor de 250 m.

Rendimiento: depende de la longitud del cable.

Nota: el cable de retorno asume la función del cable aéreo.



Unidad móvil de cable Urus-Unimog, situada en carretera, lista para el transporte de trozas cuesta arriba (Foto: Instituto Federal de Investigación Forestal)

INSTRUCCIONES DE TRABAJO PARA LAS INSTALACIONES  
DE CABLES-GRUA EN AUSTRIA

por

Anton Trzesniowski  
Forstliche Ausbildungsstätte Ossiach 1/

1. INTRODUCCION

La experiencia del sector forestal, las normas legales existentes y, sobre todo, la experiencia práctica obtenida de la inspección de instalaciones de cables-grúa, fueron todas recogidas e incorporadas en una serie de instrucciones de trabajo.

2. NORMAS LEGALES PARA LAS INSTALACIONES DE CABLES-GRUA EN AUSTRIA

2.1 Gaceta Legislativa Federal N° 440/1975, Ley Forestal, Parte 5: Sección de Explotación Forestal 58 a 66.

2.2 Gaceta Legislativa Federal N° 43/1977, Sección 27: Reglamento para la protección de las personas empleadas.

2.3 Gaceta Legislativa Federal N° 46/1969, Sección 5: Ley Provincial referente a carreteras y cables-vía para la explotación maderera, 1969.

2.4 Gaceta Legislativa Federal N° 2/1971, 2° Reglamento del Gobierno Provincial de 1° de diciembre de 1970, Z1, Agricultura - 155/3/1970, referente a la seguridad en la utilización de instalaciones de explotación maderera y a la prevención de todos los peligros referentes a las instalaciones de explotación maderera.

2.5 Reglamentos Austríacos referentes a instalaciones eléctricas

L1/1956 líneas de bajo voltaje  
L11/1967 líneas de alto voltaje

con respecto a las distancias de seguridad entre líneas de energía y en los cruces de éstas, establecer contacto con la compañía de energía eléctrica local (propietaria de las líneas) a fin de adoptar las precauciones necesarias de seguridad.

2.6 Telecomunicaciones: antes de utilizar sistemas de radio y teléfono debe informarse a la oficina local de telecomunicaciones.

2.7 Ministerio Federal de Transportes (Servicio de Aviación Civil): de acuerdo con la Ley Federal Gaceta N° 253/1957 debe hacerse una solicitud (original y seis copias) acompañada de las descripciones técnicas de aquellas instalaciones que tengan más de 100 m de altura sobre el nivel del suelo.

2.8 Cuando la altura del cable o de los apoyos sobrepase los 36 m, debe notificarse al Gobierno Provincial (Departamento 19).

2.9 En todos los demás casos en que las instalaciones de cable puedan interferir con el interés público (minería, carreteras, instalaciones militares), o en casos de duda, debe obtenerse información de las autoridades locales.

3. REQUISITOS TECNICOS

Para las instalaciones de cables que están sujetas a aprobación formal, debe enviarse una solicitud a la oficina del gobernador del distrito, junto con dos copias por lo menos, de los siguientes documentos:

1/ Centro de Capacitación Forestal de Ossiach, Austria.

3.1 Mapa indicando el corredor de la instalación de cable programada (escala: 1:2 880 o similar).

3.2 Perfil longitudinal de la instalación del cable con la ubicación de los soportes, flecha del cable cargado y sin cargar, altura mínima y máxima del cable sobre el terreno, estaciones de carga, ángulos de desviación del cable aéreo y otros datos importantes.

3.3 Descripción técnica de toda la instalación del cable, especialmente unidad de propulsión, sistema de frenado, dando si es posible detalles técnicos específicos; incluir cualquier dibujo de fabricación o folletos.

Indicar la distancia a (o el cruce con) líneas de ferrocarril, líneas de energía, líneas telefónicas, carreteras públicas u otras rutas cuya propiedad pertenezca a terceros, ríos, torrentes, cargaderos de trozas próximos a torrentes, etc.

3.4 Certificados correspondientes a los cables aéreos y a los cables de tracción (proporcionados por los suministradores de los cables) declarando el diámetro del cable, el número y resistencia de los hilos, la resistencia de rotura por tracción y el nombre del fabricante. Cálculo de la carga a que puede someterse el cable sobre la base del estado actual del mismo; o cálculo del ángulo tangencial horizontal o del ángulo de rotura en base a la tensión del cable.

3.5 Enumerar todos los propietarios de las tierras incluidas dentro de la superficie de la instalación del cable, junto con sus números del registro de tierras y, si es necesario, una declaración de consentimiento del propietario al proyecto.

3.6 Instrucciones de trabajo para la instalación del cable que garanticen plenamente su funcionamiento y mantenimiento con seguridad y sin accidentes.

3.7 Para instalaciones de cable de más de 100 m sobre el nivel del suelo no será aplicable el apartado 1.5 de las normas legales.

3.8 Cuando la altura del cable o de los soportes supere los 36 m sobre el suelo, es necesario informar al Gobierno Provincial sobre el emplazamiento exacto de la instalación (mapa en el que se muestre el trazado con los puntos más elevados). También deben darse las alturas máximas de los árboles a lo largo del corredor del cable.

#### 4. REQUISITOS TECNICOS ADICIONALES

(De acuerdo con el Apartado 1.2 de los requisitos legales).

4.1 El cable aéreo y la unidad de propulsión deben unirse a tierra adecuadamente (toma de tierra) (por ejemplo, utilizar un clavo grueso de toma de tierra o adosar un cable galvanizado, para la protección contra los rayos, en el extremo del cable aéreo y enterrarlo en el suelo en la dirección del cable -a unos 30 cm de profundidad y a una distancia de 15 a 20 m).

4.2 En el cabrestante del cable debe estar la placa con el nombre del fabricante con la información siguiente: tipo de cabrestante, año de construcción, tracción máxima del cable, longitud máxima de cable que puede enrollarse en el carrete del cabrestante y diámetro del cable.

Debe disponerse también de un extintor de incendios adecuado.

4.3 En los cruces con carreteras públicas, deben colocarse signos de advertencia a ambos lados y a una distancia de 50 m por lo menos indicando: "Atención, Cable-grúa". En casos especiales, deben instalarse también puertas que sólo se abran cuando no esté funcionando el cable.

4.4 Si las instalaciones de cables van por zonas de tráfico público, donde existe el peligro de que caigan rodando las trozas que se transportan, estas zonas deben ser protegidas convenientemente con barreras. Si es posible, no deben establecerse instalaciones de cables en las proximidades del tráfico público (líneas de ferrocarril, carreteras públicas expuestas a un intenso tráfico, etc.).

4.5 Todas las partes propulsoras o motrices de la maquinaria (rueda catalina, mecanismo de transmisión y de correas en V, ejes, frenos de aire, etc.) deben estar cercadas en forma segura o debidamente protegidas para que no se les pueda tocar accidentalmente. Cuando la unidad propulsora va cerrada, deben disponerse frenos de aire al exterior de la unidad de propulsión. La plataforma del cabrestante y otros lugares de trabajo situados a más de un metro de altura sobre el suelo, deben cercarse adecuadamente con una barandilla y pasillo. Los dispositivos de seguridad deben mantenerse en buenas condiciones de trabajo.

4.6 La instalación debe ser inspeccionada íntegramente por un inspector técnico acreditado. Los resultados de estas inspecciones deben mantenerse en documentos oficiales.

## 5. INSTRUCCIONES DE TRABAJO

Para el cable grúa .....  
corredor de cable..... NO.....  
dirigido por .....

5.1 El cable será utilizado exclusivamente para el transporte de madera y otros materiales. En consecuencia, está prohibido el transporte de personas.

5.2 El funcionario forestal directamente responsable de supervisar el funcionamiento del cable es el Sr. .... (oficina de distrito).

5.3 El Sr. .... es responsable del adecuado funcionamiento del cable. Sus instrucciones deben seguirse en todas las circunstancias. Además, se hará responsable a una persona de cada lugar de trabajo independiente, como las estaciones de montaña, intermedias y de valle.

5.4 Todas las personas ocupadas en la instalación y funcionamiento de los cables deben estar plenamente informadas de las instrucciones de trabajo antes de montar y poner en funcionamiento la instalación. Estas personas deben certificar así con su firma y la fecha y deben recibir una copia de estas instrucciones de trabajo.

5.5 El volumen máximo por carga es de ..... m<sup>3</sup> o kg (carga útil). (Estas cifras no se excederán en ninguna circunstancia, porque debe mantenerse un factor de seguridad de 5 para el cable de tracción).

5.6 La velocidad de transporte no debe exceder de ..... m/seg. o aproximadamente..... minutos para el transporte de una carga. (Los frenos de aire garantizan una velocidad constante de recorrido).

5.7 Los cabrestantes de cable deben instalarse y sujetarse de tal forma que no cambien de posición o se vuelquen debido a la carga o a otras influencias (a una distancia igual como mínimo a 20 veces la anchura del carrete del cabrestante, se debe sujetar firmemente una polea para garantizar un paso continuo del cable de tracción por el carrete). Está prohibido guiar o tocar los cables en movimiento directamente con las manos.

5.8 El funcionamiento del cable sólo debe comenzar después de que hayan sido informadas las diversas estaciones y de haber establecido un medio seguro de comunicación entre ellas (la transmisión visual de señales sólo es admisible para instalaciones pequeñas y dispuestas en zonas despejadas, que no excedan una longitud total de unos 100 m. En todos los demás casos es necesario un sistema de teléfono o radio).

5.9 La transmisión de señales debe hacerse en la forma siguiente:

----- PARA EL CABLE = un sonido largo (o señal luminosa).  
- - - DISMINUIR VELOCIDAD DEL CABLE = dos sonidos cortos (o señales luminosas).  
- - - TIRAR EL CABLE = tres sonidos cortos (o señales luminosas).

(Cuando se emplea radio o teléfono, estas señales se deben marcar sobre al aparato). Todas las señales las debe explicar y demostrar el supervisor responsable, haciendo que las practiquen los trabajadores antes de comenzar el funcionamiento.

5.10 Durante el funcionamiento, el operario del cabrestante no debe abandonar su lugar de trabajo en el cabrestante (freno).

5.11 Cuando se engancha una carga por medio de trincadores (chokers) éstos deben sujetarse con seguridad. Bajo ninguna circunstancia debe desatarse la carga.

5.12 Cuando se va a poner en marcha una carga, deben soltarse lentamente los frenos; análogamente, cuando se va a parar, deben aplicarse lentamente los frenos (un frenado con sacudidas o un arranque violento pueden ocasionar la caída de la carga). Cuando terminado la operación, deben cumplirse todas las precauciones de seguridad y asegurar el carro de tal forma que ninguna persona sin autorización pueda poner en movimiento el cable-grúa.

5.13 El transporte debe pararse de inmediato en cualquiera de las circunstancias siguientes:

- si se da la señal de "parada";
- si se han estropeado las comunicaciones por teléfono o radio;
- con niebla espesa, si se emplean señales visuales;
- si se observan obstáculos imprevistos en el camino;
- si hay vientos o tormentas fuertes;
- si el cable de tracción se engancha en el cable aéreo.

5.14 El supervisor responsable debe asegurarse de que existen disponibilidades suficientes de lubricantes, herramientas y repuestos necesarios.

5.15 Todas las inspecciones, incidentes y reparaciones deben anotarse en un libro registro.

5.16 Los trabajadores deben mantenerse a una distancia segura de los cables que van por el terreno. (Si se enganchan los cables en obstáculos cuando están tirantes, pueden golpear súbitamente hacia atrás, al quedar libres).

Los trabajadores deben mantenerse a distancia del cable aéreo y fuera de la zona de peligro cuando se está elevando la carga.

5.17 Debe exigirse a los trabajadores que se mantengan fuera del seno del cable y lejos de la carga enganchada.

5.18 En cada una de las estaciones debe disponerse de un botiquín de urgencia, de las señales establecidas y de las instrucciones de trabajo para que todos puedan leerlas.

En todas las estaciones deben colocarse carteles con los siguientes anuncios:

- ¡Cuidado, Instalación de cable!
- ¡Carga máxima ..... kg!
- ¡Prohibida la entrada a personas no autorizadas!
- ¡Prohibido el transporte de personas!

5.19 La cantidad de combustible a almacenar en la estación del cabrestante no debe ser mayor de la necesaria para un día de suministro.

5.20 El trabajo con el cable sólo se permite si se llevan guantes de trabajo y un casco de seguridad. Además, hay que tener cuidado para garantizar una adecuada protección de los oídos (tapones u orejeras, cabinas insonorizadas).

5.21 En construcciones de madera, deben volverse a apretar los tornillos e inspeccionar los cables de retención, de forma regular.

5.22 No se permitirá subir a los soportes o a los árboles de apoyo a aquellas personas que tengan algún tipo de disminución física o que sufran de vértigo. Los trepadores de árboles deben ir equipados con cinturones de seguridad oficialmente aprobados, provistos de dos cuerdas o cadenas. (Es más práctico y seguro utilizar una cadena de seguridad (cadena de cable) en vez de una cuerda. Las cadenas se pueden ajustar con más facilidad para acoplarlas a los distintos diámetros de los árboles y no puede dañarlas las herramientas cortantes utilizadas durante el trabajo de instalación del cable).

5.23 La lubricación y el mantenimiento de los cabrestantes y los motores deben realizarse todos los días de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

5.24 Todo el trabajo de mantenimiento, las reparaciones, las inspecciones y otros trabajos realizados para mantener la instalación del cable en buenas condiciones de trabajo, deben realizarse únicamente cuando el cable está parado. (En tales casos debe colocarse un aviso en el cabrestante que diga: "¡Atención! ¡Hay hombres trabajando en el sistema del cable! No pongan en movimiento el cabrestante!").

5.25 Hay que mantener los frenos en tan buen estado que sean suficientes para parar por completo el funcionamiento del cable. La guarnición del freno debe cambiarse cuando se observen las primeras señales de desgaste.

5.26 Debe inspeccionarse el carro y comprobar el adecuado funcionamiento de los dispositivos de seguridad, de forma regular. Además, debe inspeccionarse a diario, y sustituirlo cuando sea necesario, el adaptador del cable de tracción en el gancho portacargas.

5.27 Antes de cualquier nueva instalación, deben inspeccionarse los cables aéreos y los cables de tracción a fin de detectar defectos, cocas, hilos rotos y desgastes excesivos. Si se observa cualquier daño, deben realizarse inmediatamente las reparaciones oportunas. Si los hilos externos del cable están desgastados hasta el 50 por ciento del diámetro, el cable debe sustituirse.

5.28 Los cables aéreos deben tensarse solamente hasta el punto en que la capacidad de carga del cable sea un tercio de la carga real de rotura.

5.29 Hay que tratar de vez en cuando los cables aéreos y los cables de tracción con lubricantes no ácidos (para los cables de tracción utilizar barniz de cables).

5.30 Todas las cargas de madera deben colocarse y sujetarse de tal forma que se impida su caída o que los rollizos deslicen o rueden.

CERTIFICACION 1/

Las anteriores instrucciones de trabajo han sido comunicadas a:

-----

El supervisor de la instalación del cable:

-----

Los trabajadores responsables del funcionamiento:

-----

Estas personas certifican con su firma que han sido plenamente informadas de las instrucciones de trabajo y que las conocen completamente.

1/ Esta declaración con las firmas debe guardarse hasta que se haya desmontado la instalación del cable.

EJEMPLO DE TRANSMISION VISUAL DE SEÑALES

A	B	C	D
<u>TIRAR DEL CABLE</u>	<u>DISMINUIR LA MARCHA DEL CABLE</u>	<u>PARAR</u>	<u>PARAR EL MOTOR, COMUNICACION VERBAL NECESARIA</u>
Levantar la mano	Señalar con el brazo hacia abajo en dirección del cable	Señalar con la mano levantada sobre la cabeza	Brazos cruzados sobre la cabeza

EJEMPLO DE TRANSMISION DE SEÑALES (SEÑALES SONORAS O LUMINOSAS)

1. una señal = PARAR
2. dos señales = DISMINUIR LA VELOCIDAD DEL CABLE
3. tres señales = TIRAR DEL CABLE

Cualquier señal que no se entienda significa "PARAR".



Soporte intermedio en un árbol, utilizado en una operación con cable  
(Foto: E. Pestal)

INSTRUCCIONES DE TRABAJO PARA EL FUNCIONAMIENTO  
DE TRACTORES DE RUEDAS Y CABRESTANTES DE CABLE RASTRERO

por

Anton Trzesniowski  
Forstliche Ausbildungsstätte Ossiach 1/

1. INTRODUCCION

Estas instrucciones para el funcionamiento de maquinaria forestal fueron elaboradas para evitar peligros adicionales mediante un mejor conocimiento técnico. Entendemos por vehículos de madereo de arrastre los tractores arrastradores de ruedas y los tractores agrícolas con accesorios para el trabajo forestal.

2. GENERALIDADES

Antes de comenzar la operación y siempre que sea necesario, el patrono y los trabajadores decidirán qué método de apeo y madereo es el más seguro para las condiciones específicas del sitio de que se trate.

Las máquinas, herramientas y dispositivos a utilizar deben proporcionarse en buenas condiciones de funcionamiento.

El supervisor (forestal del distrito) es responsable de la supervisión general de la operación. Además de él, hay que designar un trabajador para supervisar cada sitio independiente de trabajo (apeo, madereo, tronzado).

A todos los trabajadores ocupados en la operación se les solicita que ratifiquen con su firma que han recibido las instrucciones de trabajo de la oficina principal de la empresa forestal. Además, un funcionario (supervisor, forestal) es responsable, siempre que se precise, de dar instrucciones de trabajo adicionales.

3. NORMAS GENERALES PARA EL APEO Y EL ARRASTRE

Cuando se están apeando los árboles, dentro de la zona de corta (radio: 1,5 veces la longitud del árbol) están prohibidos tanto el desrame como el arrastre. Análogamente, el apeo está prohibido durante el desrame y el arrastre, dentro de la zona de corta.

Durante el arrastre cuesta arriba o cuesta abajo, no se permite ni el apeo, ni el desrame ni el tronzado dentro del área de influencia de esta operación.

Como materia fundamental, el apeo lo realiza un trabajador (operación de un solo hombre) y ninguna otra persona está autorizada a permanecer dentro de la zona de trabajo de la motosierra cuando ésta está funcionando. Si se necesita en casos especiales un segundo trabajador, como para acuñar, la motosierra debe pararse durante este trabajo. En caso de tormenta, de superficies de hielo, o de niebla espesa deben pararse el apeo y el arrastre.

4. NORMAS PARA LA EXPLOTACION MADERERA

a) Lugar de trabajo. El lugar de trabajo debe marcarse con los avisos y señales de prohibición de entrada exigidos por la ley forestal.

Todas las pilas de trozas deben disponerse y sujetarse de tal forma que no se derrumben o puedan deslizarse o rodarse las trozas.

---

1/ Centro de Capacitación Forestal de Ossiach, Austria.

El Sr. (nombre del operario autorizado) será responsable del funcionamiento y mantenimiento apropiados de la maquinaria. El operario está obligado a llevar un casco de seguridad adecuado y tapones para los oídos u orejeras. Se recomiendan especialmente guantes de trabajo y calzado fuerte.

Antes de comenzar el trabajo, todas las personas encargadas del funcionamiento de las máquinas (incluyendo todos los tipos de trabajo, como apeo, arrastre y tronzado) deben ser informadas sobre el contenido de las instrucciones de trabajo. En caso de emergencia es particularmente importante que todas las personas ocupadas en la operación puedan poner en marcha y parar las máquinas. Se les solicita ratificar con su firma que conocen plenamente las instrucciones de trabajo.

b) Mantenimiento de la maquinaria. Durante el trabajo de limpieza y mantenimiento de la maquinaria debe ponerse especial cuidado para evitar que comience a funcionar accidentalmente o que la pongan en funcionamiento personas no autorizadas. Los trabajos de servicio de la maquinaria deben realizarse solamente cuando el motor esté parado. Debe realizarse la lubricación y el mantenimiento de todas las partes de la maquinaria de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Hay que tener cuidado para asegurarse de que hay lubricante suficiente, que están en buenas condiciones las herramientas apropiadas para el servicio de la maquinaria y que se dispone de todos los repuestos que puedan ser necesarios. En ninguna circunstancia deben dejarse las herramientas sobre la maquinaria; se deben tener cerradas o sujetas en ésta. En todo momento debe estar disponible un extintor de incendios.

c) Cable principal (cable de tracción) y trincadores (chokers). El cable de tracción y los trincadores deben inspeccionarse periódicamente para comprobar si existen defectos, cocas, hilos rotos o desgaste excesivo y para asegurarse de que están bien sujetos a los trincadores. Los daños tienen que repararse inmediatamente. Nunca deben utilizarse cables defectuosos. El cable de tracción y los trincadores nunca deben arrastrarse en vacío detrás del arrastrador, cuando está en funcionamiento.

d) Cadenas antideslizantes. Es fundamental que las cadenas antideslizantes estén montadas y tensadas adecuadamente en todas las ruedas, de acuerdo con las normas. Deben emplearse cadenas en todos los casos, excepto en condiciones particularmente favorables.

e) Materiales para auxilio de urgencia. Debe tenerse siempre a mano suficiente material y un folleto sobre auxilios de urgencia, debiendo mantenerse las vendas esterilizadas.

f) Carga máxima. La carga máxima admisible depende de las condiciones locales, por ejemplo, del terreno, condiciones del tiempo, condiciones de la superficie del terreno, resistencia del cable de tracción, capacidad del cabrestante, tipo de accesorios, etc.

Quando se sujeta la carga, se deben sujetar firmemente las eslingas. La carga no se debe desatar por sí sola en ninguna circunstancia. En extracción cuesta abajo, la troza más pesada debe sujetarse en el primer trincador.

g) Arrastre de una carga con el cabrestante. El arrastre de una carga hasta el tractor arrastrador sólo debe comenzar después de haber realizado un intercambio claro de señales. Antes de comenzar la operación deben haberse acordado todas las señales visuales o acústicas.

Antes de soltar la carga, ésta debe ser arrastrada con el cabrestante hasta cerca del arrastrador, de modo que los extremos delanteros de las trozas estén levantados sobre el terreno (método de "extremo alzado").

Quando la carga se arrastra lateralmente con el cabrestante deben evitarse ángulos excesivos y el eje trasero del tractor arrastrador debe estar perpendicular a la dirección del cable. La hoja o placa de arrastre debe emplearse como ayuda adicional. No debe permitirse a nadie que esté dentro del ángulo interior (seno del cable) del cable cargado.

El conductor no debe abandonar el arrastrador cuando se está haciendo el arrastre con el cabrestante. Cualquier dispositivo de control remoto, debe ir equipado con un interruptor de emergencia.

Está prohibido el guiar o tocar con las manos los cables en movimiento.

Cuando se esté arrastrando la carga cuesta abajo, el tractor arrastrador debe formar un ángulo con el cable de bajada. El extremo del carrete del cable de tracción debe soltarse del carrete con facilidad.

h) Funcionamiento del tractor arrastrador. Sólo se debe poner en marcha después de que el personal auxiliar haya abandonado la zona de peligro. Los trabajadores deben mantenerse a una distancia de seguridad del cable de tracción en movimiento y de la zona de peligro de la carga enganchada (los peligros incluyen, entre otros, las oscilaciones, los latigazos y la rodadura de trozas). Ningún trabajador debe permanecer en el seno del cable.

El arrastrador se debe poner en marcha lentamente y con suavidad (para evitar roturas del cable o de los trincadores).

Durante la conducción por fuera de la carretera, debe elegirse siempre la marcha apropiada especialmente cuando se va cuesta abajo. Debe tenerse en cuenta el efecto de frenado de la hoja. Hay que mantener una velocidad moderada y evitar un exceso de frenado. Cuando el tractor de ruedas se maneja por terreno desigual, puede soltarse el remolque o la carga.

Debe tenerse un gran cuidado si es necesario soltar el freno del cable (cabrestante).

Cuando se va marcha atrás, el operario debe mirar hacia atrás.

Al terminar el trabajo, debe bajarse hasta el suelo la hoja de arrastre, poner la máquina en la marcha más corta, aplicar los frenos y adoptar las precauciones adecuada para evitar que pongan el motor en marcha personas sin autorización.

Debe apagarse el interruptor principal.

#### 5. INSTRUCCIONES ESPECIALES PARA CABRESTANTES DE CABLE INDEPENDIENTES DE TERRENO Y TRACTOR

El operario del cabrestante no debe estar situado en el lado en que se esté enrollando el cable en el cabrestante.

Las poleas de enganche deben sujetarse con seguridad.

Antes de trabajar por debajo de líneas de transporte de energía, es necesario obtener autorización de la compañía local de energía eléctrica y realizar cuantas medidas de seguridad se requieran.

Antes de trabajar con cabrestantes de cable montados sobre tractor, deben adoptarse medidas para evitar que el tractor deslice o se levante de atrás.

#### 6. INSTRUCCIONES ESPECIALES PARA ARRASTRADORES ARTICULADOS DE RUEDAS Y TRACTORES DE RUEDAS

Es importante asegurarse de que las rejillas de seguridad y la propia cabina son suficientemente fuertes.

Debe tenerse un cuidado especial cuando se gira el vehículo en una ladera porque existe el peligro de vuelco. La utilización del cable de tracción como ancla y el descenso de la hoja pueden ser una gran ayuda.



Los tractores forestales cargadores se han empleado con éxito en zonas con madera dañada por el viento y para el transporte de pequeñas cantidades de madera en bosques de fincas agrícolas (Foto: E. Pestal)



El MB-Trac ocupa el espacio entre un tractor agrícola y un tractor arrastrador. Su equipo de cable y una cabina confortable para dos hombres le hacen cada vez más popular. (Foto: E. Pestal)

## REQUISITOS DE LOS TRACTORES DE RUEDAS EMPLEADOS EN EL TRABAJO FORESTAL

por

Anton Trzesniowski  
Forstliche Ausbildungsstätte Ossiach 1/

Con el fin de aligerar el duro trabajo manual, especialmente en los aprovechamientos de madera, la ingeniería forestal trata de utilizar siempre que es posible maquinaria y vehículos en todas las operaciones forestales. El rendimiento y la eficiencia de los operarios y de las máquinas dependen especialmente del nivel de capacitación del personal y del grado de mecanización de la empresa forestal.

Cuanto mayor sea la empresa forestal, más fácil será mecanizar las operaciones forestales. En cualquier caso, es imperativo elegir el tipo adecuado de máquinas y dotarlas de todo el equipo auxiliar necesario para cumplir los requisitos específicos de cada empresa en particular.

Alrededor del 60 por ciento de todas las operaciones de arrastre de madera en Austria se realiza con tractores de ruedas que tienen tracción a las cuatro ruedas, auténtica o falsa. (Se entiende por tracción falsa a las cuatro ruedas cuando las ruedas delanteras son menores que las traseras). El 20 por ciento de estos tractores tienen sistema auténtico de tracción a las cuatro ruedas y dirección Ackermann, y el 20 por ciento son tractores arrastradores articulados de ruedas.

### A. REQUISITOS DE SEGURIDAD DE LOS TRACTORES FORESTALES UTILIZADOS EN TERRENOS DE MONTAÑA

La mayoría de los tractores forestales, incluyendo los arrastradores articulados de cuatro ruedas y los tractores con auténtica tracción a las cuatro ruedas y dirección Ackermann, están diseñados para su empleo en terrenos llanos o de colinas suaves. Por ello, si se va a emplear el tractor en terreno de montaña, será necesario, como precaución de seguridad, equipo adicional o al menos el reforzamiento de las distintas componentes del vehículo.

#### 1. Cabina del conductor

Aunque algunos tipos de tractores no están equipados con una verdadera cabina, las características de seguridad descritas a continuación son necesarias para proteger al conductor:

- a) Debe haber una rejilla de protección detrás del asiento del conductor, consistente en varillas de hierro de 15 a 20 mm de grueso como mínimo, que se extienda hacia delante por ambos lados para proteger al conductor pero, que permita al propio tiempo, un fácil acceso al asiento de éste.
- b) El techo de la cabina del conductor debe ser suficientemente fuerte o ir reforzado para dotarle de protección adecuada contra su perforación si el vehículo vuelca.
- c) La cabina debe estar adecuadamente almohadillada con material insonorizante como goma espuma; el dispositivo del tubo de escape debe ir dotado de protección adecuada contra el ruido y equipado con un supresor de chispas. El nivel de ruido en el interior de la cabina no debe exceder de 85 decibelios (norma para Austria).
- d) El asiento del conductor debe estar diseñado ergonómicamente, de modo que se evite que el conductor se desplace de un lado a otro cuando está sentado. El asiento debe tener el contorno del cuerpo, con un respaldo alto. Además, deben preverse también, si es posible, posabrazos laterales, que puedan levantarse. Debe haber empuñaduras en ambos lados del asiento del conductor, para que éste pueda agarrarse en caso de vuelco del tractor.

---

1/ Centro de Capacitación Forestal de Ossiach, Austria.

Hasta ahora, las opiniones están divididas sobre la utilidad de los cinturones de seguridad. Mientras éstos no se ofrezcan como equipo de serie, no podrá lograrse experiencia práctica.

- e) Se ha demostrado la conveniencia del parabrisas con limpiadores, especialmente en invierno. Ventilación y refrigeración adecuadas para el verano son tan importantes como una buena calefacción para el invierno.
- f) Debe ir dotada de un claxon fuerte, llave de encendido desconectable, e interruptor principal.
- g) Dentro de la cabina, todos los elementos (batería, juego de herramientas, caja de primeros auxilios, extintor de incendios, repuestos) deben ir sujetos con seguridad, de modo que permanezcan en su sitio en caso de que el vehículo vuelque.

La caja de primeros auxilios debe sujetarse en el panel trasero, dentro de la cabina, mientras que las herramientas necesarias deben montarse en el exterior.

## 2. Sistemas de conducción, dirección y frenos

- a) El sistema hidráulico de dirección debe ser independiente de las otras unidades hidráulicas y permitir una dirección uniforme a distintas velocidades. El volante de dirección es preferible para viajes largos por carretera, mientras que la palanca de dirección es mejor para conducir por el campo.
- b) El sistema articulado de dirección debe comprender dos cilindros hidráulicos, para que continúe funcionando en cualquier situación.
- c) Un sistema de cambio asistido se traduce en una mayor facilidad de maniobra y mejor seguridad del tractor.
- d) El sistema de frenos de doble circuito tiene grandes ventajas y el freno de discos se traduce en un mejor efecto de frenado.
- e) Los conductores de tractor experimentados suelen insistir en que se dote a las ruedas delanteras y traseras con trabadores del diferencial porque mejoran la seguridad del tractor.
- f) Es indispensable un freno de mano que funcione adecuadamente, no sólo para la circulación por carretera sino también para las tareas a cargo de un solo conductor.

## 3. Cabrestante de cable - cable de tracción - plancha trasera

- a) A fin de responder en situaciones de emergencia, debe haber la posibilidad de soltar o desembragar mecánicamente los cabrestantes hidráulicos de cable, en el caso de que se pare de repente el motor.
- b) El extremo del cable de tracción debe sujetarse en el carrete de tal forma que se desenrolle fácilmente en casos de emergencia.
- c) El borde inferior de la plancha trasera debe ser bastante fuerte en su parte media para proteger eficientemente el eje trasero y la caja del diferencial trasero contra los troncos que lo golpeen. La plancha debe prolongarse sobre dos terceras partes de la anchura de las ruedas traseras. Estos "guardabarros" deben ir reforzados mediante rebordes laterales por el lado de la rueda y deben proyectarse hacia delante por el exterior de tal modo que formen una apertura cóncava en forma de copa para dirigir las trozas e gachadas.

El borde superior de los "guardabarros" y de la parte restante de la plancha deben ir dotados de una parrilla fuerte de desviación con altura suficiente para evitar que las trozas enganchadas se deslicen hacia delante.

d) Las planchas traseras que pueden bajarse hidráulicamente y tienen un borde inferior aserrado se adaptan muy bien al terreno de montaña porque pueden evitar que las trozas enganchadas se deslicen hacia delante por debajo del vehículo, lo que sería una situación peligrosa. Además, en caso de emergencia, el efecto de frenado de la plancha trasera bajada representa un frenado adicional mejor que el de la hoja delantera.

#### 4. Ruedas y cadenas antideslizantes

a) Las válvulas de las ruedas (cubiertas) deben protegerse soldando sobre ellas unas tapas de acero suficientemente fuertes. El perfil de la cubierta debe ser de tal forma que despida la nieve y la tierra.

b) Para mejorar su agarre, se deben llenar las cubiertas con agua (en invierno debe añadirse, naturalmente, anticongelante). Cuando la presión de los ejes no es uniforme, (más pesado el de arriba) es conveniente llenar de agua las cubiertas del eje que soporta menor carga (casi siempre el eje trasero).

c) Deben colocarse en forma apropiada cadenas antideslizantes (con un ajuste ni muy flojo ni muy apretado) que deben golpear contra el arrastrador articulado de cuatro ruedas.

#### 5. Equipo para trayectos por carreteras públicas

En trayectos por carreteras públicas el tractor debe ir equipado con luces indicadoras de dirección, dos delanteras y dos traseras, que deben ser fáciles de montar, dos luces en la parte superior delantera y dos luces de parada junto con dos luces de cola en la parte trasera. La chapa de la matrícula debe sujetarse a la altura estipulada en la ley e ir dotada de reflectores e iluminación. Los tractores deben ir equipados con claxon y un freno de mano. Un aditamento conveniente son las luces de emergencia.

#### 6. Equipo opcional

a) Un pequeño cabrestante de cable accionado a motor (3,5 a 5 hp, con unos 100 m de cable de 8 mm) es conveniente para tirar cuesta arriba del cable tractor (si se hace a mano es una operación muy molesta) cuando se transporta la madera cuesta abajo en terrenos no accesibles para tractor.

b) Todo tractor debe llevar un conjunto completo de garras con polea directriz y cable auxiliar, material necesario para dar vuelta a un vehículo colocándolo en su posición normal después de haber volcado.

#### 7. Equipo especial para el conductor

El mejor casco protector es el casco normal de los trabajadores forestales, con barboquejo y completado con tapones para los oídos u orejeras. Los guantes de trabajo son de necesidad absoluta para el conductor. Su calzado debe llevar siempre suelas antideslizantes. Debe contarse con vestimentas de trabajo adecuadas para todas las condiciones de tiempo. Además, las ropas de trabajo deben evitar que los operarios se enganchen en los obstáculos.

## B. REQUISITOS DE SEGURIDAD PARA LOS TRACTORES AGRICOLAS UTILIZADOS EN TRABAJOS FORESTALES

Para utilizar un tractor agrícola en trabajos forestales son requisitos previos la capacitación adecuada del conductor del tractor y un motor apropiado para el trabajo forestal.

En lo que se refiere al conductor, debe destacarse que una capacitación especial y una vestimenta adecuada de trabajo son factores decisivos para su seguridad y eficiencia. Son necesarios un buen casco protector, ropas de trabajo y calzado fuerte con suelas anti-deslizantes. En lo que se refiere al tractor, éste debe reunir las condiciones siguientes:

- a) Debe ir equipado con una cubierta protectora, que es una necesidad absoluta para el trabajo forestal y exigida por la ley en muchos países. Es conveniente una cabina para el conductor con sistema de calefacción y ventilación, diseñado especialmente para el trabajo forestal y con insonorización hasta un máximo de 85 decibelios.
- b) Los desviadores de ramas con protección frontal no son características comunes de los tractores agrícolas; sin embargo, son necesarios para proteger el tubo de escape (que debe pasar por debajo de la cubierta protectora) y el parabrisas, y para reforzar la cubierta protectora.
- c) Las cubiertas de las ruedas deben tener un perfil muy bueno para expulsar la nieve y la tierra con facilidad, garantizando al propio tiempo un agarre óptimo.
- d) Para el trabajo en pendiente y en operaciones de invierno, deben montarse cadenas antideslizantes en las cuatro ruedas. Hay que tener cuidado al montar las cadenas para que no vayan ni demasiado flojas ni demasiado tirantes y que el material que se quede agarrado en las ruedas se suelte inmediatamente.
- e) Los pesos de lastre y las ruedas deben llenarse con agua para aumentar el agarre del vehículo.
- f) Las válvulas de todas las ruedas (cubiertas) deben protegerse para evitar reparaciones innecesarias.
- g) Los frenos deben estar siempre en perfectas condiciones de funcionamiento y deben actuar uniformemente sobre las cuatro ruedas.
- h) Hay que colocar pantallas protectoras en todas las lámparas de señalización e indicadores y en las luces de cola para evitar costes frecuentes de reparación.
- i) Debe ir una pantalla para proteger por la parte baja los ejes, el motor, el cárter, los tubos de frenado y los filtros. El bloque del motor debe ir protegido también lateralmente.
- j) Para recorridos por el campo y por el bosque es muy recomendable la dirección asistida con pulsador de manivela en el volante de dirección.
- k) Debe ir equipado con un sistema hidráulico que permita un montaje sencillo de los accesorios (cabrestantes de cable, vagonetas giratorias, remolques, hojas explanadoras, maquinaria de reforestación).

Es indispensable que el conductor compruebe el funcionamiento de todos los elementos del tractor a intervalos regulares y que lleve a cabo siempre de forma inmediata el trabajo de mantenimiento necesario.

APROVECHAMIENTO MECANIZADO DE LA MADERA  
Y REALIZACION OPTIMA DE ACCESOS A LOS BOSQUES

por

Feliz Auböck  
Bau und Maschinenhof, Steinkogl  
Österreichische Bundesforste 1/

1. INTRODUCCION

El empleo racional de la tecnología dependerá de la forma en que se dirige una empresa forestal. Por ello es necesario analizar los dos sistemas de funcionamiento utilizados más corrientemente por la Empresa Forestal Federal de Austria, el sistema del propietario y el sistema del contratista.

En el sistema del propietario, éste -ya sea el estado o una persona privada- maneja él mismo el bosque. Emplea dentro de la empresa directivos y trabajadores forestales para realizar el aprovechamiento de la madera, la producción forestal y la construcción de carreteras. Veinte años de experiencia, a veces penosa, han demostrado que el siguiente sistema de organización es el más eficiente: las empresas forestales dirigidas bajo el sistema del propietario se dividen en una unidad de operación territorial y otra funcional. La unidad territorial se denomina administración forestal (Forstverwaltung). Está encargada de todo el trabajo a realizar localmente y sin ningún equipo tecnológico especial. El personal administrativo planifica todo el trabajo de administración referente a tesorería y a tecnología del trabajo y lleva a cabo las operaciones siguientes: plantación del bosque, cuidados culturales, claras, aprovechamiento de árboles sueltos rotos por la nieve, caídos por el viento o por medidas de control de plagas, y aprovechamientos sencillos, esto es, apeo y madereo a mano o con arrastrador agrícola. Los trabajadores pueden contratarse localmente y no necesitan capacitación especial. Los trabajos de mantenimiento y reparación son tan sencillos que pueden hacerse en los talleres locales de servicio de automóviles o maquinaria.

Para tecnologías más complicadas las administraciones dependen de la ayuda de las unidades funcionales, que son los Centros de Construcción y Maquinaria en el caso de la Empresa Forestal Federal de Austria, o de contratistas privados. Algunos trabajos muy especializados sobrepasan la capacidad de una administración forestal y además la maquinaria del Centro sólo puede trabajar con rendimiento si atiende de 10 a 20 administraciones forestales. El Centro de Construcción y Maquinaria es responsable del trabajo muy especializado que exige la capacidad y conocimientos técnicos y de planificación de los expertos.

Los Centros tienen la tarea de planificar y construir redes de carreteras, puentes y otras instalaciones para la puesta en comunicación; la maquinaria del Centro, que se diseña y construye parcialmente en sus propios talleres, se emplea para aprovechamiento de madera altamente mecanizados, dentro de las administraciones forestales. El personal directivo de administración y explotación de estos Centros debe estar especialmente capacitado, existiendo talleres e instalaciones centrales para la reparación y mantenimiento de las máquinas forestales. Además, los Centros tienen su propio personal administrativo y utilizan su propio sistema de radio para organizar y controlar el empleo de la maquinaria. Las administraciones forestales pagan a los Centros de Construcción y Maquinaria como si fueran contratistas privados.

A diferencia del sistema del propietario, algunas empresas forestales no tienen dimensión suficiente para instalar tales unidades funcionales, debiendo acudir a empresas privadas para operaciones muy especializadas y de gran escala. Si una empresa forestal es suficientemente grande para hacer funcionar su propio Centro de Maquinaria, creemos que trabajará más económicamente que los contratistas porque puede planificarse y organizarse mejor el trabajo de especialización y a plena capacidad. Por ello, creemos que el sistema de operación antes descrito es para nosotros el más adecuado.

---

1/ Centro de Construcción y Maquinaria de Steinkogl, Empresa Forestal Federal.

Dentro de este sistema, se pueden optimizar los costes si la puesta en comunicación de los bosques y el aprovechamiento de la madera están relacionados entre sí en la mejor forma posible. Este es fundamentalmente un problema de planificación, ya que la relación más favorable de gastos entre la construcción de carreteras y el aprovechamiento de la madera se calcula sobre la base de datos empíricos. Estos datos incluyen los distintos métodos de aprovechamiento de madera y sus costes y los costes de construcción y de mantenimiento de carreteras. En los puntos que siguen se van a analizar en detalle estos aspectos y lo referente al empleo de tecnología avanzada.

## 2. APROVECHAMIENTO DE MADERA

El método de aprovechamiento de madera depende de las condiciones del terreno. Los costes dependerán de que las máquinas puedan entrar en el bosque o que la madera tenga que transportarse mediante cable a las máquinas situadas en la carretera forestal.

### 2.1 Aprovechamiento de la madera mediante tractores forestales arrastradores

Los criterios sobre la accesibilidad de un terreno para tractores arrastradores con tracción a las cuatro ruedas, incluyen la pendiente, la pendiente de subida y las condiciones del suelo. En suelo duro, el transporte cuesta abajo es posible con pendientes hasta de un 50 o un 60 por ciento y las pendientes de subida no deben sobrepasar el 20 por ciento. En cuanto al tipo de suelo, el terreno fangoso es difícilmente accesible para los tractores arrastradores de ruedas. La madera se transporta de acuerdo con los métodos de árboles completos o de troncos enteros, lo que significa que el apeo se realiza manualmente por medio de motosierras. En el método de troncos enteros los árboles se desraman a mano en el lugar de apeo y a continuación se transportan con toda su longitud al cargadero para su tronzado. En el método de árboles completos se transporta todo el árbol, con sus ramas, el cargadero donde se transforma mediante una máquina denominada "procesadora". Una característica especial del transporte con arrastrador de ruedas es que los costes de transporte desde el bosque al cargadero no dependen de una determinada o mínima cantidad de madera a aprovechar en una superficie dada (véase también el capítulo 2.2 - Transporte por cable); árboles sueltos muy valiosos o árboles rotos por el viento o la nieve pueden transportarse a la carretera por el mismo coste. La operación del tractor arrastrador se divide en: enganche de la carga, recorrido con la carga y desenganche. Sólo el recorrido con la carga y su distancia es sensible al coste, sólo los gastos del recorrido con la carga influyen en la densidad de la red de carreteras, como se verá después en este artículo.

### 2,2 Transporte por cable.

Generalmente se utiliza el madereo con cable en terrenos con inclinación superior al 50 por ciento. El transporte por cable puede ser cuesta arriba o cuesta abajo, incluso en terreno casi llano. El tipo de dispositivo de cable dependerá de las distancias de transporte entre el lugar de apeo y la carretera accesible para camión. Para distancias de más de 600 m lineales, el método de productos clasificados es el más económico. Según este método, los árboles se apean, se desraman y se tronzan con una motosierra. Se transportan después las trozas por medio de un sistema de cable aéreo. La carga se suspende y se puede trasladar con mucha rapidez. El grupo motor más sencillo de un sistema de cable aéreo consiste en un cabrestante de un solo carrete montado sobre un patín o tríneo. Se lleva el cabrestante hasta el punto más alto de la corta, ya que el sistema de cable trabaja por gravedad. La instalación de este tipo de dispositivo de cable es muy barata, porque no hay necesidad de cable de retorno. Para distancias de transporte de menos de 600 m lineales los métodos más económicos son el de árboles completos o el de troncos enteros. Como es lógico, los árboles se arrastran con un extremo por el suelo porque los soportes se hacen con árboles y no pueden sobrepasar la altura de éstos. El transporte de "extremo alzado" es naturalmente más lento pero, dentro de la distancia mencionada, el volumen enganchado (un árbol completo en vez de 5 o 6 trozas) y una mayor capacidad de carga compensan este inconveniente.

Los troncos enteros o los árboles completos se pueden transportar cuesta arriba o cuesta abajo por medio de dispositivos de cable con una torre inclinable. Podemos distinguir aquí entre las operaciones en que deben construirse apoyo y aquéllas en que es suficiente sólo tensar. El descenso y elevación de la carga durante el transporte se realiza en el primer caso mediante un carro diseñado especialmente o, en el segundo caso, tensando y aflojando el cable aéreo (cable aéreo móvil). A diferencia del transporte con

tractor arrastrador, los costes del transporte por cable dependerán de la cantidad de madera producida, porque los costes de montar y desmontar la instalación del cable tienen que añadirse a los costes simples de transporte. Naturalmente, es un factor decisivo el que estos costes fijos deban soportarlos 100 o 1 000 m<sup>3</sup> de madera producida. Según la experiencia, no parecen ser económicos los aprovechamientos de volúmenes inferiores a 100 o 150 m<sup>3</sup>. Los árboles sueltos tirados por el viento o la nieve no puede explotarse eficazmente con cable. Como la cantidad de madera procedente de roturas por la nieve o caídos por el viento, representa del 10 al 15 por ciento de toda la madera producida, ésta porción tendrá que desprejarse para los cálculos de beneficios de la producción de madera, a menos que las condiciones sean extremadamente favorables para el madereo con helicóptero.

Hasta ahora hemos analizado las cortas finales, lo que significa que se hacen cortas rasas en áreas determinadas. El transporte de madera procedente de claras, o sea cortas selectivas de árboles individuales de una masa remanente, es más problemático. Con independencia de que se emplee un tractor arrastrador o dispositivos de cable, se dañará a la masa remanente y los daños aumentarán cuanto mayor sea la distancia desde el lugar de corta hasta el cargadero o hasta la carretera o línea del cable. Las distancias de transporte casi siempre están limitadas a 300 m como máximo.

### 3. CONSTRUCCION DE CARRETERAS

Para una empresa forestal mecanizada las carreteras deben ser accesibles para camión en todo tiempo. Los costes de construcción varían considerablemente porque dependen de las condiciones topográficas, la formación geológica, la pendiente, la cantidad de trabajo adicional para desagüe de la carretera y la distancia de abastecimiento de material para el firme. Gracias a los modernos métodos de barrenado la construcción de carreteras es actualmente más barata en terreno rocoso que en terreno fangoso o blando. Los costes que cargan sobre cada m<sup>3</sup> de madera producida debidos a la construcción de carreteras, acaban con el período de amortización, que puede ser del orden de algunos años hasta 20 años, dependiendo de la rentabilidad de la operación.

#### 3.1 Mantenimiento de carreteras

Los costes para mantener las carreteras accesibles durante todo el año -incluyendo la extracción de nieve en invierno- no son tan variables como los costes de construcción de las carreteras y pueden calcularse en consecuencia, más fácilmente. Dependen de la calidad de los dispositivos de desagüe y de la distancia de suministro de material de mantenimiento. La construcción barata de una carretera da lugar con frecuencia a altos costes de mantenimiento. El ahorro en la explanación y en las construcciones de desagüe representa al final un ahorro equivocado. Los costes de mantenimiento de la carretera siempre se agregan a cada m<sup>3</sup> de madera producida. Son cero cuando los trabajos de construcción se terminan y van aumentando durante 10 años, permaneciendo después constantes. Son tan elevados o algo más que los costes de construcción, por m<sup>3</sup> de madera producida.

#### 3.2 Cálculo de costes

A cada m<sup>3</sup> de madera producida se le cargan los siguientes costes:

- 1) costes de apeo (motosierra y trabajador o máquina de apear);
- 2) costes de transformación (motosierra y trabajador o procesadora);
- 3) costes de transporte desde el lugar de apeo hasta la carretera (tractor arrastrador de ruedas o dispositivo de cable);
- 4) costes de construcción de la carretera hasta que termina el período de amortización;
- 5) costes de mantenimiento de la carretera;
- 6) costes de administración general;
- 7) costes de producción forestal.

Nota: los costes de construcción de la carretera y de su mantenimiento sólo se calculan al 80 por ciento de sus sumas reales, estando compuesto el 20 por ciento restante de ventajas no calculables para toda la empresa, por ejemplo supervisión más fácil de la zona, transporte más económico para fines de caza, producción forestal y mantenimiento de

edificios, transporte más económico de los trabajadores, maquinaria, y así sucesivamente. Todos los costes que se cargan a cada  $m^3$  de madera producida son costes fijos, excepto los costes de transporte, que varían con la distancia desde el lugar de apeo hasta el cargadero, y los costes de construcción y mantenimiento, que varían con la densidad de la red de carreteras. Los costes variables son decisivos para planificar la densidad de la red de carreteras (metros lineales por ha). Para mayor claridad, se incluyen los cuadros 1 y 2, cuyos cálculos están basados en los supuestos siguientes:

- costes de construcción de carreteras: 300 S.A. por m lineal;
- amortización de los costes de construcción: en 20 años;
- costes de mantenimiento de la carretera por m lineal y año: 15 S.A.;
- costes de transporte de tractor arrastrador por  $m^3$  de madera y m lineal de distancia: 0,14 S.A.

Las conclusiones resultantes del Cuadro 1 demuestran que, para los datos medios indicados, la densidad óptima de la red de carreteras está entre 20 y 25 m lineales por ha. Tales cálculos sólo tienen un valor de carácter general, debiendo calcularse exactamente cada proyecto en especial, ya que las condiciones topográficas y de construcción influyen fuertemente en los costes de construcción y pueden conducir a resultados totalmente diferentes. La regla general más importante es que los cambios de la densidad de la red de carreteras en zonas accesibles para tractor arrastrador, influyen mucho menos en los costes totales de lo que se había supuesto hasta ahora. En El Cuadro 2 se incluye un ejemplo general de los cálculos del transporte con cable.

En la explotación con cable, los costes de transporte varían con la distancia, al igual que sucede con los costes adicionales de montaje y desmontaje. El Cuadro 2 está basado en una cantidad de  $400 m^3$  de madera por operación. Obsérvese que los costes de funcionamiento con cable dependen en gran medida de la cantidad de madera producida en cada operación.

El Cuadro 2 indica que, aunque parezca paradójico, una densidad creciente de la red de carreteras aumenta ligeramente los costes de aprovechamiento, si el período de amortización no ha terminado. Sólo después de la amortización de la carretera pueden reducirse ligeramente los costes totales debido a una mayor densidad de la red de carreteras. En conclusión, desearía destacar que las cifras están ahí en blanco y negro, aunque los resultados difieren a veces de la suposición general en cuanto a la densidad de la red de carreteras. Es muy sorprendente que los costes varían sólo ligeramente si la densidad de la red es menor. Ambos cuadros no han tenido en cuenta los costes uniformes de apeo y transformación y si se hubieran incluido éstos, las variaciones en porcentaje habrían sido menores aún. Para una empresa forestal en crecimiento, que sólo puede invertir moderadamente, sería más conveniente ampliar ligeramente la red de carreteras y, sobre todo, concentrarse en primer término en acelerar el transporte mecanizado de la madera y su transformación. Naturalmente, una red de carreteras relativamente densa, por ejemplo entre 20 y 25 m lineales por ha, facilita en muchos aspectos las actividades forestales, aunque las ventajas financieras sean relativamente despreciables.

Cuadro 1

COSTES DE EXTRACCION CON TRACTOR ARRASTRADOR  
Chelines austríacos 1/

Densidad de la red de carreteras en m lineales por ha (carretera para camión)	10 m lineales	20 m lineales	30 m lineales	40 m lineales
Distancia de transporte resultante, para transporte cuesta abajo (trans- porte cuesta arriba sólo en los últimos 50 m)	950 m	450 m	250 m	200 m
Costes de construcción por ha	3 000,00	6 000,00	9 000,00	12 000,00
Costes de construcción por año (20 años de amortización)	150,00	300,00	450,00	600,00
Costes de construcción por m <sup>3</sup> (incremento de 5 m <sup>3</sup> por ha/año)	30,00	60,00	90,00	120,00
Costes de mantenimiento por ha	150,00	300,00	450,00	600,00
Costes de mantenimiento por m <sup>3</sup>	30,00	60,00	90,00	120,00
Costes de transporte por m <sup>3</sup>	133,00	63,00	35,00	28,00
Suma total de costes de construc- ción, costes de transporte y costes de mantenimiento por m <sup>3</sup>	193,00	183,00	215,00	268,00
Suma total de costes de transporte y costes de mantenimiento por m <sup>3</sup> , después de la amortización de la carretera	163,00	123,00	125,00	148,00

1/ 1 dólar EE.UU. = 16,5 chelines austríacos.

Cuadro 2

COSTES DE EXTRACCION CON CABLE

Chelines austríacos 1/

Densidad de la red de carreteras en m lineales por ha (carretera para camiones)	10 m lineales	15 m lineales	20 m lineales	25 m lineales	30 m lineales
Distancia resultante de transporte (una operación cuesta abajo y otra cuesta arriba)	500 m	330 m	250 m	200 m	160 m
Costes de construcción por m <sup>3</sup> (incremento de 5 m <sup>3</sup> por ha)	30,00	45,00	60,00	75,00	90,00
Costes de mantenimiento de carreteras por m <sup>3</sup>	30,00	45,00	60,00	75,00	90,00
Costes de transporte por cable, por m <sup>3</sup>	93,40	86,20	79,00	71,80	64,60
Costes de montaje de la instalación de cable	54,80	45,60	36,40	27,20	18,00
Suma total de costes de construcción, costes de mantenimiento, costes de transporte con cable y costes de montaje del cable	208,20	221,80	235,40	249,00	262,80
Suma total de los costes de mantenimiento, costes de transporte por cable, costes de montaje del cable, después de la amortización de la carretera	178,20	176,80	175,40	174,00	172,60

1/ 1 dólar EE.UU. = 16,5 chelines austríacos.

SELECCION DE ARBOLES EN OPERACIONES DE ACLAREO  
EXTRACCION DE ARBOLES INDIVIDUALES EN BOSQUES SECUNDARIOS.

pör

Günther Sonnleitner  
Forstliche Ausbildungsstätte Ossiach 1/

## 1. INTRODUCCION

Ya desde el siglo 16 llegó a ser parte fundamental de la ordenación forestal la idea de los "cuidados culturales". Incluso entonces se reconocía que había que aclarar los rodales densos para que pudieran crecer los bosques en forma apropiada. Con los años se ha desarrollado una variedad de métodos de aclareo. Desde la primera clara, en que sólo se extraen los árboles muertos y oprimidos, hasta las claras muy altas, en que se realiza una intervención intensa, sobre todo a nivel de copas, los selvicultores han utilizado un serie de métodos en este campo de la ordenación forestal.

Ciertas normas sobre claras como la de "pronto - moderada - frecuente", y expresiones como: "ligera - moderada - intensa - alta o primera clara", son aún comunes en la selvicultura actual. Los términos se refieren a la intensidad de las intervenciones de aclareo.

Es imprescindible contar con normas para la ejecución de claras. Sin embargo, los procedimientos esquemáticos suelen ser demasiado generales para satisfacer las necesidades de árboles individuales y de rodales completos en fases específicas de su vida, siendo por ello insuficientes para realizar los cuidados culturales con los mejores resultados.

El carácter único de la masa, en cuanto a su ubicación y constitución individual, sólo puede respetarse mediante un aclareo dinámico, cuya finalidad sea lograr el máximo incremento en volumen y valor. El selvicultor tiene que entender el lenguaje de los árboles y percibir dónde están los problemas. El buen selvicultor habla efectivamente con sus árboles y les pregunta:

- ¿Quién eres?
- ¿De dónde procedes?
- ¿Dónde quieres ir?
- ¿Dónde me gustaría que estuvieras?

Preguntas como éstas podrían proporcionar un valioso conocimiento sobre los cuidados culturales de las masas. La intensidad de la intervención de la clara dependerá sobre todo de la proporción entre la altura del árbol y su diámetro a la altura del pecho (la relación denominada H:D). Expresado en otros términos, esta proporción representa la cantidad de copa verde en relación con la longitud total del árbol.

Cuando se eligen los árboles para el aclareo el selvicultor debe determinar la estabilidad de la masa y realizar una operación de aclareo que sea dinámica, es decir, que debe adaptar su selección en la mejor forma para aquella ubicación y rodal en particular.

## 2. FINALIDAD DEL ACLAREO

El aclareo reduce el número de árboles de un rodal a un grupo menor de árboles, más fuertes y de superior calidad. El aclareo sirve al mismo tiempo para elegir árboles y determinar su espacio de desarrollo y la mezcla de especies o variedades. Es simultáneamente cuidado cultural y aprovechamiento. Un aclareo dinámico realizado hasta la mitad del turno (aproximadamente 50 años) proporciona, en un tiempo considerablemente corto, productos más fuertes, más trozas y mayores rendimientos, y - debido a la ley "volumen-unidad" - menores costes de aprovechamiento. Mientras que el rendimiento en producción se ve afectado en cuantía despreciable, el incremento de valor puede ser significativo como resultado de las mayores dimensiones y mejor calidad de la madera. El aclareo como medio de tratamiento selvícola promueve siempre la formación de la raíz y la copa de cada uno de los árboles aumentando con ello el rendimiento en producción de la masa.

1/ Centro de Capacitación Forestal de Ossiach, Austria.

Uno de los fines más fundamentales del aclareo es, sin embargo, mejorar la estabilidad del rodal. La cantidad de madera dañada por el viento o la nieve es demasiado grande; en los bosques de Carinthia hubo 1 000 000 de m<sup>3</sup> de madera dañada en 1979, lo que representó el 60 por ciento del volumen total de madera aprovechada. Un aclareo dinámico promueve el crecimiento uniforme del tronco, la copa y las raíces. Esto favorece una copa alta, verde y simétrica, una baja relación H:D y, consecuentemente, una gran estabilidad de cada uno de los árboles y de toda la masa. Los árboles deben alcanzar la edad programada. Para realizar las claras en forma dinámica, el selvicultor debe determinar la cuantía de los daños que tienen que soportar los árboles por el viento y la nieve, debiendo analizar los registros sobre las nevadas de los últimos 50 años.

Ayudando a los árboles en su constante lucha por la luz, el espacio, el agua y los elementos nutritivos, y mejorando el balance de agua y calor en el suelo forestal se consigue intensificar la biología del suelo, una composición favorable del humus, y, con ello, una mejor circulación de los nutrientes, lo que a su vez tiene una influencia positiva en el crecimiento del árbol. Igual que con cualquier cuidado cultural, la clara tiene que adaptarse en cada caso a su finalidad específica. Antes de cada intervención deben responderse las siguientes cuestiones:

- ¿Qué hay allí? (estudio de las condiciones reales).
- ¿Cuál debe ser el resultado? (condiciones pretendidas).

Una comparación entre las condiciones actuales y las pretendidas indicarán el tratamiento selvícola necesario para el rodal de que se trate.

### 3. REALIZACION DE CLARAS HASTA LOS 50 AÑOS (MITAD DEL TURNO) CORTAS EXTENSIVAS EN LA SECCION DE COPAS

#### 3.1 Clara selectiva

El principio de la clara selectiva incluye la selección, marcación y medidas específicas para favorecer el crecimiento de los árboles selectos (élite).

##### 3.1.1 Oportunidad de la primera clara selectiva

La elección de los árboles selectos debe realizarse sólo después de haber establecido la distribución final deseada de los árboles. En rodales de coníferas y en masas mezcladas de frondosas y coníferas que no estén demasiado densas, debe comenzar normalmente cuando la zona de ramas secas de las coníferas esté a unos 3 ó 5 m sobre el suelo. Si hay suficiente espacio o si los rodales jóvenes han recibido ya los cuidados culturales apropiados, la elección puede comenzar cuando la altura dominante de los árboles selectos sea de unos 12 a 15 m.

##### 3.1.2 Elección de los árboles selectos

La elección de los árboles selectos debe determinarse por los siguientes criterios, enumerados en orden de prioridad:

- a) vitalidad (resistencia = baja relación H:D, buena formación de la copa, sano);
- b) calidad (respecto a la forma del tronco, daños en el tronco);
- c) distribución.

##### a) Vitalidad

Los árboles con vitalidad (prósperos) suelen tener buenas copas y son físicamente resistentes. Una buena indicación de la vitalidad de un árbol es la relación H:D.

El valor H:D es fácil de calcular. Se obtiene a partir de la altura del árbol (H) dividida por su diámetro a la altura del pecho (D).

	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>C</u>
ejemplo: altura del árbol =	20 m	20 m	20 m
D.a.p. =	0,25 m	0,20 m	0,15 m
Relación H:D A 20 : 0,25 = 80			
B 20 : 0,20 = 100			
C 20 : 0,15 = 133			

La relación H:D es de especial importancia respecto a la estabilidad y a la seguridad funcional de las masas arboladas. Los árboles con una relación H:D superior a 80 se pueden romper fácilmente por la nieve y el viento. Los árboles con una relación H:D de 80 o menos, difícilmente son afectados por el tiempo.

Los árboles selectos deben tener una gran probabilidad de supervivencia y cuanto menor sea la relación H:D, mayor será su probabilidad de supervivencia. Al elegir los futuros árboles selectos el selvidor tiene que considerar tanto la estabilidad del rodal como la perfección de los troncos (mejor calidad de la madera).

#### b) Calidad

Los árboles selectos tienen que ser de gran calidad; cuanto mejor sea su calidad más rentable será la producción. En rodales de baja calidad, la calidad de los árboles selectos será inevitablemente inferior que en los rodales de gran calidad.

#### c) Distribución

De todos los criterios para la elección de los árboles selectos, la distribución es el menos importante. Sin embargo, al elegir los árboles selectos debe tenerse en cuenta el espacio que necesita cada árbol en el rodal final.

El cuadro siguiente está destinado a servir de punto de referencia:

Variedad de árbol	Espacio aproximado necesario a los 100 años de edad	Corresponde a una distribución media entre árboles de:	número aproximado de árboles selectos por ha
Abeto rojo, abeto	25 m <sup>2</sup>	5 m	400
Alerce, pino	40 m <sup>2</sup>	6-7 m	250
Pseudotsuga Douglassii	35 m <sup>2</sup>	5 m	280
Haya (madera pesada)	60-70 m <sup>2</sup>	8 m	150
Haya (mezcla)	30 m <sup>2</sup>	5-6 m	330
Roble	100 m <sup>2</sup>	10 m	100

En rodales mezclados hay que ajustar convenientemente estas distancias. La distribución no necesita ser uniforme. Si los candidatos especialmente apropiados para árboles selectos se agrupan más estrechamente entre sí (es decir, en grupos de 3 o quizás de 4), la distancia entre los árboles elegidos puede ser menor. Sin embargo, en este caso debe garantizarse un espacio suficiente a los grupos y la distancia a los árboles selectos vecinos debe ser correspondientemente mayor.

Las distancias entre los árboles selectos puede, lógicamente, ser también mayor; ¡cuando no hay árbol selecto no se puede elegir ninguno! No obstante, si las distancias normales se reducen continuamente se elegirán demasiados árboles selectos para la superficie de que se trate, y el espacio liberado por extracción de los competidores será aún demasiado pequeño. En este caso no se pueden liberar suficientemente todos los árboles selectos sin producir vacíos, lo que se traduce en competencia entre los árboles selectos antes de llegar al turno.

### 3.1.3 Liberación de los árboles selectos

Los árboles selectos se liberan mediante la extracción de sus más fuertes competidores. Los competidores son aquellos árboles que limitan la sección de la copa del árbol selecto. Por ello, el material extraído consiste en árboles dominantes y codominantes. En consecuencia, el diámetro de los árboles extraídos será normalmente, por una parte, menor que el de los árboles selectos y, por otra, mayor que el D.a.p. medio del rodal. Cuanto más vitalidad tenga el árbol selecto (menor relación H:D) o menor el peligro de daños por el viento o rotura por la nieve, más amplia puede ser la liberación del árbol selecto. En otras palabras, la liberación de árboles selectos de conformación favorable de copas, puede ser más extensa que la de los árboles selectos con relaciones H:D menos favorables.

La liberación de los árboles selectos es extraordinariamente importante en el aclareo selectivo. Una intervención que abarque más que la simple eliminación de competidores sólo debe realizarse si es necesario por razones de organización del trabajo o si se puede alcanzar el nivel de cobertura (el rendimiento en madera excede los costes de aprovechamiento). Los rodales intermedios de frondosas deben preservarse.

Mediante la liberación de los árboles selectos o por otras extracciones, se preservan árboles remanentes no elegidos como selectos. En consecuencia, cuando falta un árbol selecto, puede ocupar su lugar otro árbol.

### 3.1.4 Notas prácticas sobre la elección

La experiencia ha demostrado que la elección se realiza más eficientemente del modo siguiente:

Primer paso: determinar el método de aprovechamiento y arrastre.

Segundo paso: marcar las pistas de arrastre necesarias (si es posible, no debe haber árboles selectos en una pista de arrastre).

Tercer paso: Elegir y marcar los árboles selectos.

Cuarto paso: marcar los competidores o en ciertos casos otros árboles.

Los árboles selectos se eligen sólo una vez en la vida de un rodal. Por ello los debe elegir cuidadosamente el forestal de distrito, asistido por dos ayudantes.

Para marcar los árboles selectos, se pueden emplear cintas de plástico; para evitar daños durante el arrastre éstas se deben quitar sólo después del aclareo, si es que se quitan. Los árboles selectos pueden marcarse también con anillos o puntos coloreados. En general, los árboles selectos deben marcarse de tal forma que se puedan reconocer fácilmente como tales cuando se lleve a cabo la próxima operación de aclareo.

Los árboles a aclarar (esto es, a extraer) se marcan también para apearse por medio de cintas de plástico, puntos coloreados, punta de marcar o con hacha.

### 3.1.5 Claras selectivas adicionales

La liberación de los árboles selectos debe continuarse cuando se coarta de nuevo la formación de la copa. Un cuidado cultural consecuente de los árboles selectos, en el momento oportuno, es indispensable para lograr el máximo incremento posible de valor.

Cuando los árboles han alcanzado la mitad del turno, esto es, alrededor de los 50 años, no se deben realizar más claras selectivas o intervenciones extensivas. En rodales con árboles de haya, unas intervenciones tardías y extensas pueden ocasionar una predominancia indeseable del haya. Unas claras extensivas en rodales viejos (cuyos árboles son más grandes) perjudicaría la estabilidad de la masa. La clara selectiva que debió haberse realizado pero no se hizo, no puede hacerse ya. Sólo puede ser sustituida por intervenciones más cuidadosas.

¡Especialmente importante!

En rodales con una relación H:D elevada, pies delgados, y mala conformación de copas, las claras deben realizarse con sumo cuidado. Unas intervenciones drásticas ocasionan la inestabilidad de la masa y favorecen los daños por nieve y tormentas. Por ello, en estos casos sólo deben realizarse claras ligeras.

4. REALIZACION DE CLARAS DESPUES DE LOS 50 AÑOS  
NO MAS INTERVENCIONES EXTENSIVAS

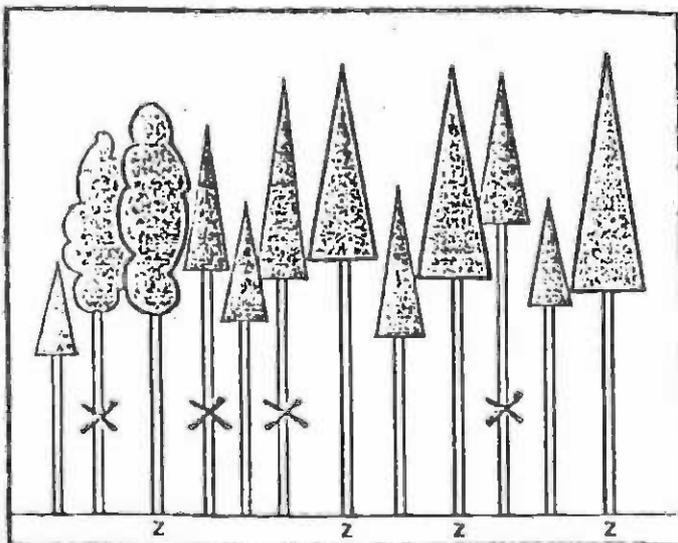
Cuando se ha obtenido un espacio de desarrollo suficiente para los árboles selectos por medio de claras selectivas, ya no son necesarias tales intervenciones. Sin embargo, todavía hay que extraer los árboles no deseables, con mala copa, dañados o poco sanos.

Tales operaciones de aclareo nunca o casi nunca deben hacerse en la sección de copas. Sólo una clara ligera es la alternativa practicable. Debe ponerse el máximo cuidado en todas las operaciones de aclareo tardío.

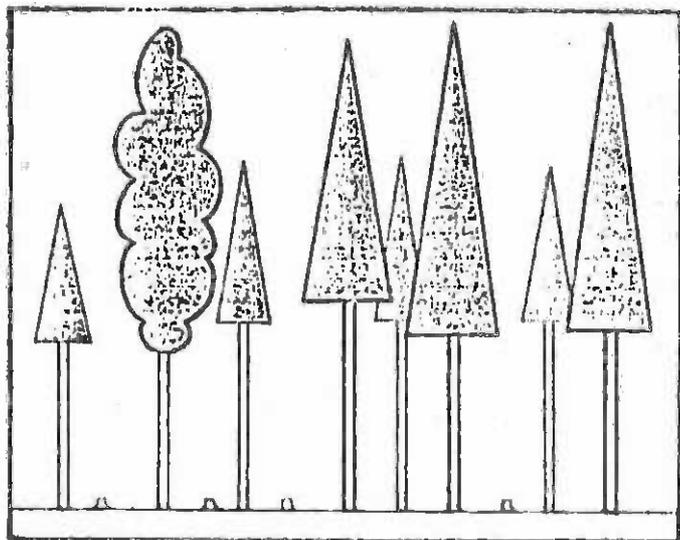
5. RESUMEN SOBRE EL ENFOQUE, METODO Y OBJETIVOS DEL ACLAREO

¿Por qué aclarar ahora?

- Para garantizar el máximo rendimiento sostenido de los rodales jóvenes.
- Para reducir los efectos desperdiciados de la competencia dentro del rodal, promoviendo así el crecimiento de los árboles remanentes.
- Para elegir los árboles selectos de más vitalidad y bien formados, en edad temprana, para promover constantemente su desarrollo.
- Para permitir a los árboles remanentes que desarrollen copas de alta calidad y uniformes.
- Para favorecer la estabilidad del rodal en el tiempo y para reducir considerablemente el riesgo de daños por nieve y viento.
- Para obtener masas mezcladas sanas favoreciendo para ello las variedades de árboles deseables y convenientes para un lugar determinado.
- Para acelerar y aumentar el incremento de valor del rodal.



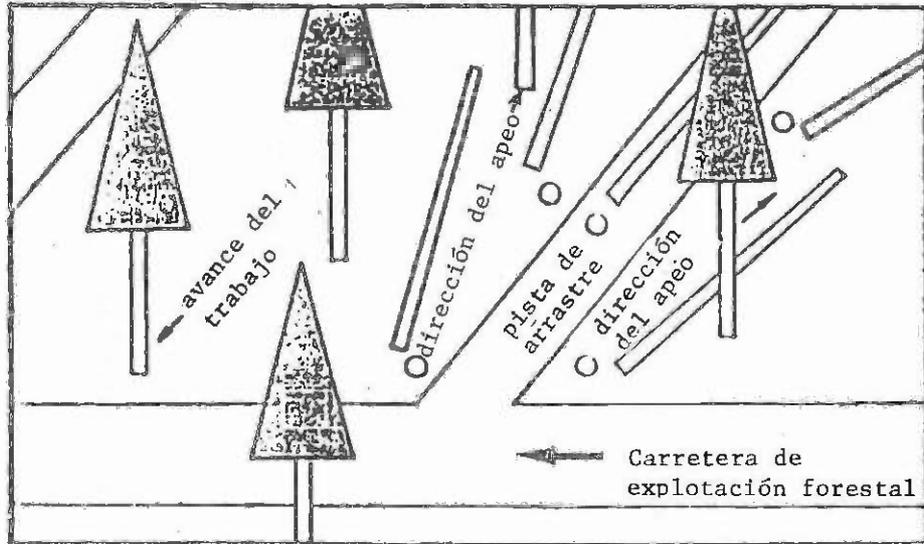
Clara selectiva:  
favorecer pronto  
a los árboles  
selectos.



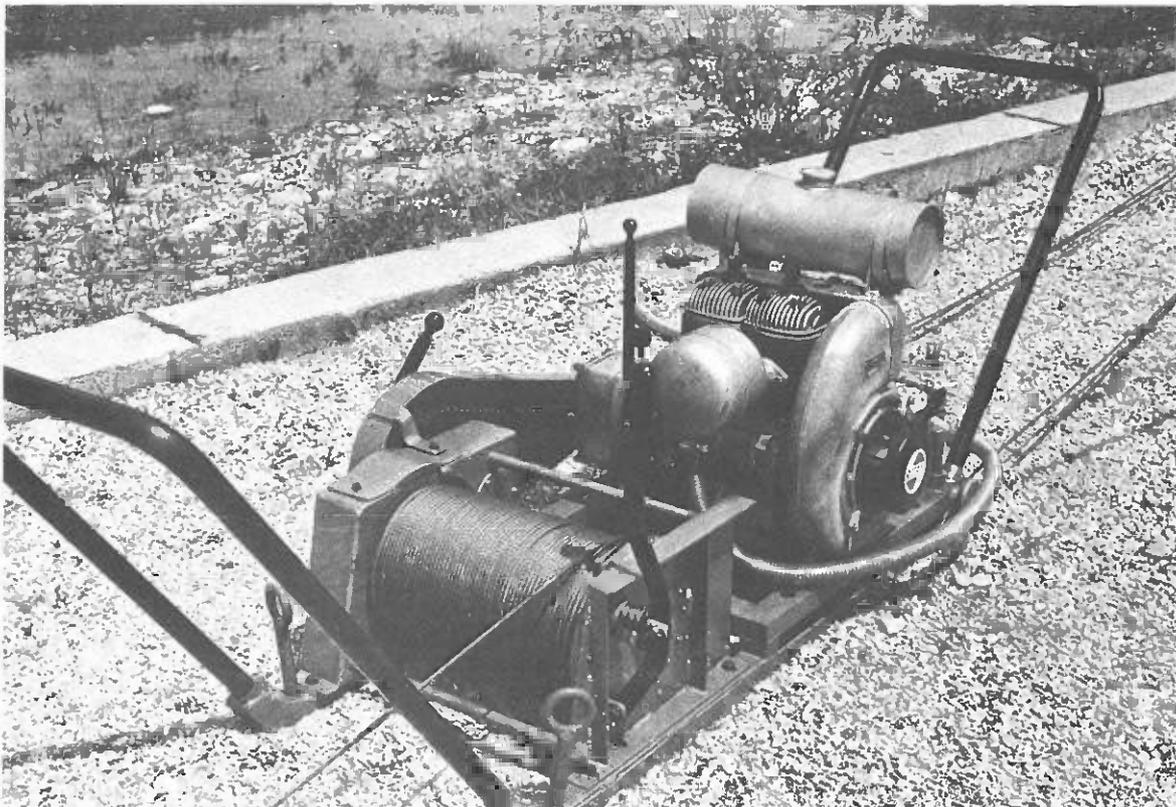
Después de pocos años:  
un rodal cerrado y estable,  
con amplias copas y con  
valor superior.

#### ¿Cómo aclarar ahora?

- Tan pronto como la zona de ramas secas esté a 3 o 4 m de altura, se comienza la primera clara. Aclarar de nuevo cuando las copas verdes de los árboles selectos son más cortas que la mitad de la longitud del árbol.
- Dependiendo de las necesidades de espacio para su desarrollo, elegir de 200 a 400 árboles selectos por ha (distancia mínima, 4 m) y marcarlos (color), elegir seguidamente sus competidores (especialmente árboles enfermizos y dañados) para cortarlos.
- En rodales jóvenes y cuando hayan comenzado pronto los cuidados culturales, el aclareo debe realizarse extensivamente. Aclarar con espere y con más frecuencia en rodales muy densos con madera para postes, en rodales de edad intermedia y en rodales más viejos (donde comenzasen demasiado tarde los cuidados culturales).
- Antes de empezar la operación, determinar la superficie a aclarar, la dirección del arrastre y los lugares de acopio y manipulación.
- Recorriendo a pie la superficie varias veces, hacer un estudio detallado para un desarrollo adicional de las comunicaciones del área.
- Elegir aproximadamente pistas de arrastre de 3 m de anchura con un espaciamiento de 15 a 20 m.
- Realizar el apeo en la dirección del arrastre. Tumar los árboles en las pistas de arrastre en dirección opuesta a la de arrastre; tumbar los árboles entre las pistas de arrastre formando un ángulo con ellas.
- Al apear, debe observarse una distancia de seguridad por lo menos el doble de la longitud de los árboles. Trabajar únicamente con equipo de seguridad (casco con protección ocular, calzado fuerte con suelas antideslizantes, guantes de trabajo, etc.).
- Al arrastrar, debe tenerse el máximo cuidado para proteger la masa remanente. Proteger especialmente los árboles selectos expuestos, por ejemplo cubriéndoles con matorral.
- La elección de los productos clasificados debe ir orientada a atender las demandas del mercado y adaptarse al procedimiento del trabajo. Siempre que se pueda, tratar de vender trozas con corteza de la longitud de la grúa.



Un trabajo experimentado ahorra esfuerzo y dinero = mejor resultado



Cabrestante ligero de un solo carrete utilizado para aclareos  
(Foto: Instituto Federal de Investigación Forestal)



Tractor agrícola equipado con vagoneta giratoria, empleado para el transporte de leña a cortas distancias (Foto: Instituto Federal de Investigaciones Forestal)



Tractor arrastrador articulado, de ruedas, equipado con cadenas antideslizantes, extrayendo grandes trozas de troncos enteros (Foto: Instituto Federal de Investigación Forestal)

PRINCIPIOS BASICOS DE ERGONOMIA

por

Josef Wenzl,  
Forstliche Bundesversuchsanstalt 1/

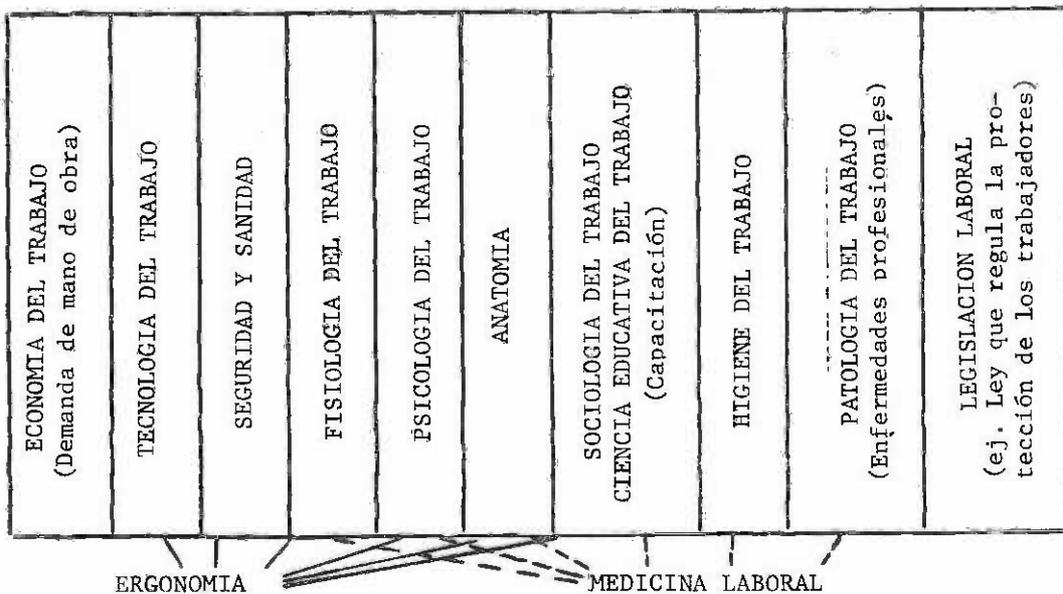
1. ORGANIZACION DE LAS OPERACIONES FORESTALES DE ACUERDO CON LAS MEDICIONES ERGONOMICAS

La ergonomía trata de estudiar y analizar científicamente las relaciones entre el hombre y el trabajo. La ergonomía está basada en la experiencia obtenida en muy variadas disciplinas de la ciencia. Es un objetivo principal de la ergonomía el adaptar el trabajo al hombre. En muchos casos ésto sólo puede lograrse con la ayuda de estudios ergonómicos.

Al fin de adaptar el trabajo (herramientas y equipos) al hombre, tienen que conocerse la capacidad de trabajo y el límite de energía del trabajador. Por ello es necesario medir la carga de trabajo, el esfuerzo físico del individuo y las influencias ambientales.

2. PRINCIPIOS BASICOS DE LA ERGONOMIA (de acuerdo con Köck)

Términos - Ramas de la Ciencia del Trabajo



1/ Instituto Federal de Investigación Forestal, Viena.

Definiciones:

ANATOMIA:	teoría sobre la estructura del cuerpo humano y sus partes.
ERGONOMIA:	teoría sobre la adaptación del trabajo al hombre; se considera al hombre como elemento componente de un sistema de trabajo.
MEDIDAS DE SEGURIDAD Y SANIDAD:	medidas de precaución para la seguridad del hombre y de los bienes materiales.
SOCIOLOGIA DEL TRABAJO:	teoría sobre las relaciones recíprocas entre el trabajo y el hombre, de una parte, y su situación sanitaria, de otra.
MEDICINA LABORAL:	teoría de las relaciones recíprocas entre el trabajo y la ocupación, de una parte, y el hombre y la salud, de otra.
FISIOLOGIA DEL TRABAJO:	teoría sobre las funciones del cuerpo humano y sus órganos durante el trabajo.
PSICOLOGIA DEL TRABAJO:	teoría sobre el esfuerzo mental y emocional del hombre debido al trabajo.
CIENCIA DEL TRABAJO:	teoría que trata de las distintas clases de trabajo humano, su dependencia recíproca y su organización óptima.
TECNOLOGIA DEL TRABAJO:	teoría sobre las técnicas de trabajo (por ejemplo, estudios del trabajo).

3. METODOLOGIA PARA LA ADAPTACION DEL TRABAJO AL HOMBRE

Postura de trabajo

sentado, de pie,  
inclinado u otras

H O M B R E

Tipos de trabajo

trabajo muscular  
(carga estática, dinámica)

trabajo bajo la presión del tiempo  
(cadena de producción, retribución a destajo, etc.)

trabajo concentrado

Influencias ambientales

iluminación artificial y natural,  
colorido, ruido, vibración, clima  
interior (calor, frío), gases de  
escape, polvo, humo, vapores, etc.

El hombre está condicionado en el lugar de trabajo por la influencia de una serie de factores, entre ellos, su postura y tipo de trabajo, la atmósfera y el ambiente. Además, entran en juego otros factores, psicológicos y sociológicos.

#### 4. MEDICION DE LA CARGA DE TRABAJO Y DEL ESFUERZO FISICO

Un objetivo de las mediciones ergonómicas es determinar, en el lugar de trabajo, la carga de trabajo de las distintas operaciones. La determinación del esfuerzo físico tolerable individualmente, es de extraordinaria importancia. El esfuerzo físico del hombre puede determinarse mediante mediciones del gasto de energía y del ritmo del corazón. Esto motiva que, aparte de estudios apropiados sobre la carga de trabajo, haya que registrar datos personales y realizar ensayos especiales (por ejemplo, mediciones electrocardiográficas).

Los factores ambientales ejercen una influencia importante sobre la carga de trabajo, debiendo estudiarlos cuidadosamente en toda evaluación ergonómica del trabajo. Como el trabajo forestal puede realizarse en condiciones climáticas extremadas, también hay que estudiar los factores de clima y tiempo. Para el aprovechamiento de madera en bosques de montaña, la pendiente y la accesibilidad son factores determinantes de la carga de trabajo y de la organización de éste. Otros factores determinantes a examinar son los métodos de trabajo, las herramientas y el equipo, y los dispositivos de protección.

Toda la investigación ergonómica se basa en estudios de tiempos, estudios que deben comprender días enteros si se desean resultados precisos.

La mecanización del aprovechamiento de la madera ha originado nuevos factores de carga de trabajo que pueden tener efectos negativos. Nos referimos aquí a las perturbaciones locales (por ejemplo, ruido, vibraciones). El esfuerzo inducido por los humos de escape de las motosierras, puede agravarse bajo ciertas condiciones (clima, pendiente).

Sólo un estudio integral de todos los efectos sobre el trabajador, permite realizar una evaluación ergonómica y la organización del aprovechamiento de la madera.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, todos los estudios ergonómicos se realizan basándose en los principios siguientes (ver Principios Básicos de Ergonomía, Curso de Capacitación FAO/Austria, Ossiach, 1975).

##### 4.1 Obtención de datos personales

Incluye datos tales como edad, peso, tamaño, situación familiar, calificaciones profesionales, historial médico, accidentes anteriores y otros factores.

##### 4.2 Medición de las funciones circulatorias

Se aplican estas pruebas para examinar la capacidad de resistencia física del individuo y se realizan por medio de ergonómetros de bicicleta que pueden ajustarse a distintos niveles de carga de trabajo (PWC 170). La relación entre la carga de trabajo y el esfuerzo físico de las unidades de capacidad de trabajo del individuo.

##### 4.3 Medición de los factores climáticos

Para determinar las influencias climáticas hay que hacer varias mediciones. Para estudios de campo es suficiente medir las temperaturas con ambiente húmedo y seco, por medio de psicrómetros de aspiración, de acuerdo con Assmann, y la velocidad del viento, con un anemómetro. La temperatura efectiva se calcula partiendo de los valores de las temperaturas con ambiente húmedo y seco y de la velocidad del viento, y utilizando el monograma desarrollado por Yaglou.

#### 4.4 Descripción del sitio de trabajo, método de trabajo, herramientas y equipos

Se anotan todos los factores que determinan el método de trabajo, como la altitud, densidad del rodal, altura del rodal, diámetro medio, pendiente del terreno, condiciones de la superficie del terreno, sotobosque y así sucesivamente. Para la evaluación ergonómica hay que estudiar también el tipo de operación (trabajo individual o en grupo, trabajo manual o parcialmente mecanizado, trabajo totalmente mecanizado) y anotar y describir las herramientas y equipos (de trabajo y de protección).

#### 4.5 Estudios de tiempos

Nuestra experiencia demuestra que los estudios de tiempos realizados con el método de cronometraje continuo son lo que dan los mejores resultados.

#### 4.6 Medición del gasto de energía

El consumo de energía se mide con un respirómetro o con la bolsa de Douglas. Se distinguen dos ritmos metabólicos diferentes, el básico y el de trabajo. Para calcular el ritmo metabólico, se mide la cantidad de oxígeno que consume el trabajador, lo que se hace con analizadores de oxígeno.

#### 4.7 Medición del ritmo del corazón.

##### 4.7.1 Medición manual

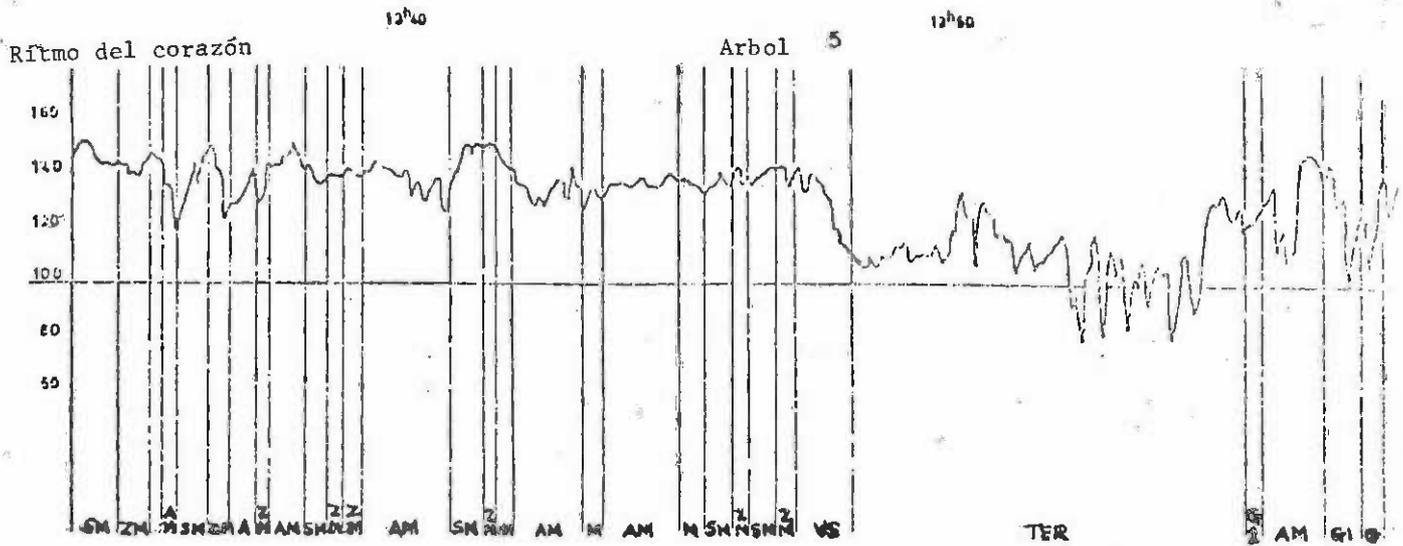
La medición manual del ritmo del corazón, tomando el pulso o la arteria carótida, se realiza determinando el tiempo que tardan 10 latidos y calculando el ritmo del corazón por minuto con un cronómetro o con un cronómetro especial registrador del ritmo del corazón.

##### 4.7.2 Medición telemétrica

En los últimos años ha aumentado rápidamente el registro telemétrico del ritmo del corazón. La recepción del ritmo del corazón puede hacerse por células de selenio en el oído o mediante electrodos de tórax (electrocardiograma). El dispositivo telemétrico consiste en un minitransmisor que está en contacto sin hilos con un receptor registrador automático. Este dispositivo permite el conteo directo de los latidos del corazón y también el registro prolongado del diagrama del ritmo del corazón (registrador de cinta o gráfico). Los científicos del Instituto Max Planck utilizan como criterio de evaluación, el incremento del ritmo del corazón durante el trabajo respecto al ritmo del corazón en descanso (nivel inicial), mientras que Christensen (1953) elaboró una clasificación esquemática de los valores absolutos del ritmo del corazón.

#### Valores Tolerables del Ritmo del Corazón

<u>Ritmo absoluto del corazón</u>	<u>Carga fisiológica</u>	<u>Incremento sobre el ritmo inicial</u>
0 - 75/min.	muy baja	
75 - 100/min.	baja	en pie 30 latidos/min.
100 - 125/min.	moderada	sentado 35 " "
125 - 150/min.	alta	echado 40 " "
150 - 175/min-	muy alta	
175/min. +	extremadamente alta	



Sección del diagrama de ritmo del corazón de un día completo, correspondiente a un trabajador forestal cuando está apeando con motosierra.

- AM desrame con motosierra.
- ZM aguzado con motosierra (apuntado).
- SM tronzado con motosierra.
- AH desrame con hacha.
- A colocando a mano las ramas en hileras.
- ZH aguzado con hacha (apuntado).
- W dando vueltas a las trozas.
- M midiendo trozas.
- G andando sin motosierra.
- GI andando con motosierra.
- TER período de descanso.
- VS tolerancias de funcionamiento.
- VP tolerancias personales.

#### 4.8 Medición de la influencia de las vibraciones

##### 4.8.1 Ruido

Los efectos del ruido se determinan mediante la presión del sonido, el tiempo de exposición, la distribución de frecuencias, las fases de tiempo, y la disposición individual. La exposición permanente a un nivel límite de ruido de 85 dB (A) puede producir daños auditivos. Se hace una distinción entre el nivel permanente de ruido de vibraciones constantes y el denominado nivel de evaluación de vibraciones intermitentes. El término "nivel de evaluación" tiene en cuenta las diferencias de vibración y también las pausas de ruido.

Niveles de ruido de 85 a 100 dB (A) ocasionan daños físicos y mentales e incluso daños irreversibles al oído (sordera producida por ruido). Por encima de un nivel de ruido de 120 dB (A) la presión del sonido afecta no sólo al oído sino también a la circulación, al riego sanguíneo, al sistema nervioso, etc.

Como casi todas las máquinas forestales producen niveles de ruido superiores a los límites tolerables, es especialmente importante la protección contra el ruido en el aprovechamiento mecanizado de la madera. A veces no es posible una protección activa en el origen del ruido, sobre todo en el caso de máquinas móviles. En este tipo de trabajo forestal hay que poner el acento, por lo tanto, en la protección pasiva (de los oídos).

Las mediciones de ruido realizadas en la cabina abierta de diversos tractores arrastradores y otras máquinas de madereo, han proporcionado los siguientes datos para recorridos con carga y sin carga.

	<u>Recorrido sin carga dB(A)</u>	<u>Recorrido con carga dB(A)</u>	<u>Variación de frecuencias del nivel máximo de ruido en Hertz</u>
Tractor arrastrador de ruedas			
- 50	78 - 84	97 - 100	63 - 125
51 - 80	79 - 85	94 - 101	63 - 250
+ 80	80 - 90	97 - 100	250
Tractor arrastrador articulado de ruedas			
- 50	78 - 85	96 - 100	250
51 - 80	79 - 86	97 - 102	125
81 - 110	79 - 88	93 - 100	125
Cable grúa móvil con torre desmontable (cabina cerrada)	66 - 78	88 - 98	500 - 1 000
Otras instalaciones de cables-grúa	88 - 92	102 - 130 (freno de paletas)	300

Se utilizan detectores de gases para determinar la cantidad de gas de escape. El gas se absorbe mediante una bomba de succión y pasa a través de un tubo filtrante. La concentración de gas en el tubo viene indicada por un espectro de colores.

5. ESTUDIO SOBRE LA CARGA DE TRABAJO

(Medición del ritmo del corazón durante el aprovechamiento de madera en zona de montaña).

5.1 Apeo

Los nuevos métodos de trabajo han influido sustancialmente en el apeo en bosques de coníferas. En los últimos años el descortezado se ha trasladado cada vez más del bosque a las industrias. Como el descortezado ya no se incluye siempre en la operación de apeo, se están convirtiendo en norma las operaciones forestales individuales (de un solo hombre), siendo mucho mayor la participación en tiempo de la operación con motosierra en el tiempo total de trabajo. Un estudio ergonómico de la operación de descortezado con un solo hombre, desarrollado por Frauenholz, arrojó datos exactos sobre la intensidad de la carga de trabajo y sobre el tiempo de operación con motosierra para distintos diámetros medios.

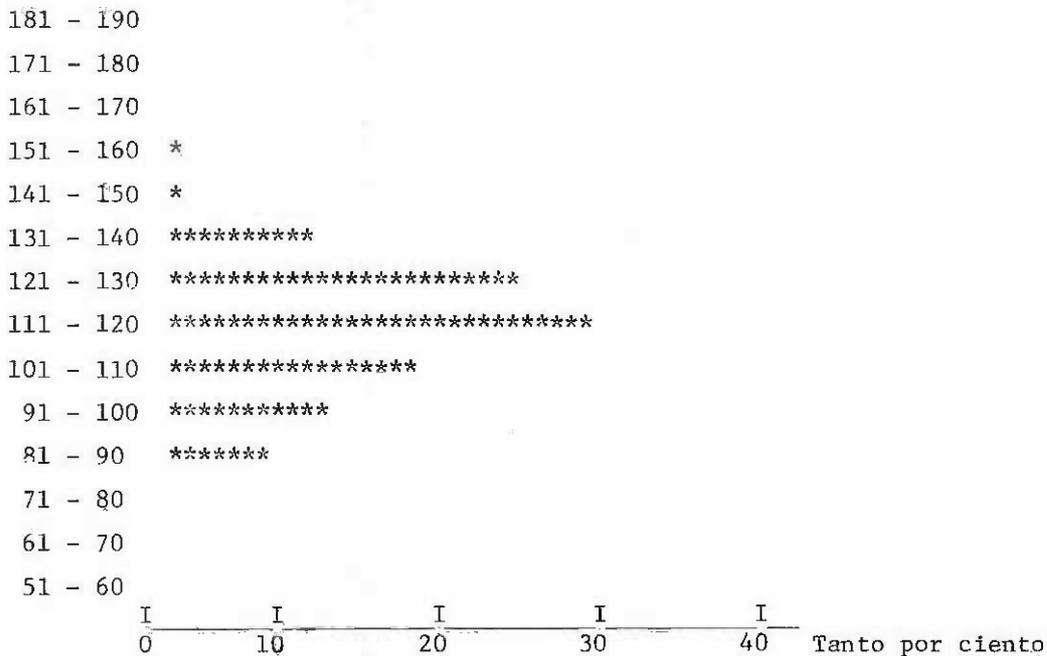


Diagrama de distribución de la frecuencia del ritmo del corazón (absoluto) en la operación de desrame con motosierra. Valores medios tomados de todas las clases diamétricas (diámetro medio de 9 a 40 cm y más) y de cuatro trabajadores (28,7% del tiempo de trabajo).



Medición telemétrica del ritmo del corazón en el aprovechamiento de madera  
(Foto: Instituto Federal de Investigación Forestal)

Aumento del ritmo del corazón (absoluto) en cada una de las fases de trabajo y para distintos diámetros medios

	Hasta 19,9 cm de diámetro medido a la altura del pecho			Más de 40 cm de diámetro medido a la altura del pecho			Todos los diámetros, medidos a la altura del pecho		
	% de tiempo	Ritmo del corazón		% de tiempo	Ritmo del corazón		% de tiempo	Ritmo del corazón	
		máximo	valor medio		máximo	valor medio		máximo	valor medio
<u>Apeo</u>									
a mano (FH)	3,52	140	112	2,05	152	114	2,70	152	111
con motosierra (FM)	5,33	135	111	8,08	162	120	6,73	162	114
inserción de cuñas (FK)	1,58	139	111	3,19	157	134	2,03	160	123
tumba del árbol (FA)	4,92	141	117	0,10	155	119	2,20	155	118
<u>Desrame con hacha (AH)</u>	44,60	144	117	7,51	150	122	24,00	156	117
motosierra (AM)	14,47	144	115	37,45	153	116	28,57	153	115
<u>Aguzado con hacha (apuntado) (ZH)</u>	1,45	145	114	1,02	154	120	1,24	162	116
motosierra (apuntado) (ZM)	1,23	143	114	4,27	153	118	2,86	153	116
<u>Colocación de ramas (A)</u>	5,83	144	114	12,81	151	118	9,69	151	116
<u>Volteo de trozas (W)</u>	1,33	142	117	5,33	152	121	2,98	162	119
<u>Tronzado, medición (M)</u>	1,67	142	115	2,36	155	118	2,17	155	115
apoyo para cortar (SH)	0,14	143	123	0,52	150	120	0,30	150	118
motosierra (SM)	2,23	144	113	7,66	154	117	4,54	154	115
<u>Andando sin motosierra (G)</u>	3,87	145	112	3,15	154	115	3,15	160	112
con motosierra (GI)	7,65	144	112	3,95	149	113	6,44	156	113
<u>Preparación del sitio de trabajo (VA)</u>	0,18	138	115	0,55	139	121	0,40	148	115
Tiempo de trabajo (TG)	100,00	145	115	100,00	162	118	100,00	162	116

Aguzado: aguzado sencillo de una cara.

Colocación de ramas: apilado en montones.

Estudio general de valores diarios medios

	Diámetro medio			
	Hasta 19,9	Hasta 29,9	Hasta 39,9	Más de 40,0
<u>Tiempo neto de trabajo (TG)</u>				
Minutos por m <sup>3</sup>	58,2	27,3	16,3	14,4
Horas TG por día	5,1	4,3	4,5	4,4
<u>Trabajo con motosierra</u>				
Tanto por ciento de TG	23,1	48,8	53,9	57,5
Horas de trabajo con motosierra al día	1,2	2,1	2,4	2,5
Incremento del ritmo del corazón sobre el ritmo del corazón, sentado, referido a TG	42	41	42	47
<u>Porcentaje de tolerancia (valores referidos a TG)</u>				
Tolerancia de funcionamiento (TS)	3,4	5,6	8,5	8,9
Tolerancia personal (TP)	1,3	0,8	1,1	1,0
Tiempo de retraso debido al trabajo (TW)	1,0	3,8	4,5	2,0
Preparación del trabajo (TR)	2,2	2,2	2,7	3,2
Tiempo de descanso (TER)	20,8	24,1	20,7	23,4
Suma de tolerancias en %	28,7	36,5	37,5	38,5
Horas de TG + suma de tolerancias TG	6,5	5,8	6,2	6,0
Incremento del ritmo del corazón respecto al ritmo del corazón, sentado, referido a TG	37	35	36	42
Tiempo muerto, tanto por ciento de TG (tiempo muerto = retraso debido a las condiciones del tiempo, transporte o fallo de la maquinaria)	8,5	8,8	4,2	7,1
Descanso para comida, tanto por ciento de TG	18,4	20,2	22,1	20,7
Total de tolerancias % de TG	55,6	65,5	63,8	66,3
Día total de trabajo, en horas (TOTAL)	7,9	7,0	7,4	7,3
Incremento del ritmo del corazón sobre el ritmo, en posición de sentado, referido al TOTAL	32	30	31	36
<u>Suma de porcentaje de tolerancia</u>				
Sin tolerancia de descanso para comida, respecto a TG	37,2	45,3	41,7	45,6
Horas sin descanso para comida	7,0	6,2	6,4	6,4

## 5.2 Extracción de madera con tractores arrastradores

Los valores del ritmo del corazón medidos durante las operaciones de arrastre de madera con arrastradores, en terreno difícil, han mostrado unos valores punta de carga de trabajo para el operario. También se registraron importantes incrementos en el ritmo del corazón cuando se realizaban operaciones de acopio y apilado, con estas máquinas, en cargaderos y carreteras forestales (fatiga nerviosa por concentración). El tiro con cable en arrastre sobre el suelo implica también unos valores elevados de la carga de trabajo.

### Estudio ergonómico de la extracción mediante tractor de arrastre

<b>Símbolo</b>	<b>Ciclo del trabajo</b>	<b>Tiempo mín.</b>	<b>Pulsaciones medias</b>	<b>Incremento de los latidos del corazón/min. sobre el nivel inicial</b>
L	Recorrido sin carga	2,8	113	32
H	Enganche	1,5	115	34
LZ	Tiro de la carga hasta el arrastrador	4,8	130	49
V	Recorrido con carga	2,2	124	43
LM	Acopio con el arrastrador	1,5	127	46
LH	Acopio a mano	1,0	130	49
H2	Desenganche	2,3	128	47
SM	Manipulación del cable	2,4	123	42
P	Tolerancias personales	2,0	85	4
VS	Tolerancias (distintas de las personales)	1,5	121	40
		22,0	120	39

## 5.3 Operaciones con cable-grúa

Se registraron los valores del ritmo del corazón durante la operación de montaje de un cable-grúa y en otra serie de operaciones independientes con cable-grúa. Se observó una notable diferencia entre los valores de la carga de trabajo de los operarios del cabrestante de cable y los de los trabajadores del lugar de apeo y del cargadero.

De todas las operaciones de montaje la más fatigosa era la de subir a los apoyos, tirar del cable aéreo y montar el mástil final. La operación del cabrestante, la actividad de control durante el madereo, la actividad de observación y transmisión de señales, están por debajo del límite fisiológico de un rendimiento sostenido pero exigen una fuerte concentración y se ven afectadas por el ruido y a veces por los gases de escape del equipo motor. También se encontraron valores extremos de la carga de trabajo durante la operación de tensado del cable principal, en que, además de la carga de trabajo normal, había que observar factores topográficos y de pendiente. En actividades en el cargadero y durante el desmontaje del equipo, el incremento del ritmo de corazón fue despreciable.

Estudio de la carga de trabajo en el tiro con cable en distintas condiciones topográficas

Lugar	Longitud y diámetro del cable	Pendiente del terreno en %	Accesibilidad	Potencia de tracción	Ritmo máx. del corazón	Incremento de los latidos del corazón/min. sobre el nivel inicial
Carretera	30 m/11,5 mm	llano	muy buena	150-250	140	48
Carretera	" "	10% cuesta arriba	muy buena	180-400	148	62
Terreno	" "	42% cuesta abajo	hoyos, ramillas y matorral-malo	150-350	144	50
Carretera	70 m/9 mm	llano	muy buena	140-400	168	83

6. INTRODUCCION A LAS LISTAS ERGONOMICAS DE COMPROBACION

Las listas ergonómicas de comprobación ayudan a evaluar los sistemas de trabajo y a organizar el trabajo. En los últimos años se han recopilado listas de comprobación en diversos países para distintas aplicaciones. Algunas de ellas son muy generales y otras sirven para un fin detallado.

Todas las listas de comprobación tienen por finalidad servir como cuestionarios basados en principios ergonómicos, y proporcionar análisis descriptivos de las condiciones de trabajo, de forma sistemática y del modo más completo posible. Su valor informativo depende del alcance y precisión de las preguntas y del conocimiento ergonómico del usuario. Una función fundamental de las listas ergonómicas de comprobación es servir para una rápida evaluación ergonómica.

Notas generales sobre las listas ergonómicas de comprobación

(Tomado de la publicación "Checklist for the Ergonomic Evaluation of Forest Machines" ("Lista de Comprobación para la Evaluación Ergonómica de las Máquinas Forestales") recopilado por el Dr. Rehschuh y el Dr. Tzschöckel, Mitteilung des KWF\*- volumen XIX, 1977).

Esta lista de comprobación está destinada a la evaluación ergonómica de las máquinas forestales y fue elaborada y recopilada por el Departamento de Economía del Trabajo de la KWF (Dirección de Trabajos y Técnicas Forestales, FRG). Está basada en la experiencia obtenida a través de la aplicación de un primero y segundo borrador y de otras listas de comprobación nacionales y extranjeras, y fue analizada por diversos organismos oficiales. La aplicación de la presente lista de comprobación exige conocimientos ergonómicos; se recomienda para ser utilizada por instituciones como las estaciones de prueba de máquinas forestales, por los supervisores de máquinas forestales y centros de tecnología forestal, diseñadores de máquinas forestales y también para fines educativos.

La lista de comprobación está diseñada para la evaluación de máquinas forestales - con la excepción de dispositivos mecánicos portátiles - y consiste en un cuestionario y unas explicaciones. Las explicaciones están destinadas a facilitar las respuestas y a poder aplicar a éstas unas normas de carácter general.

\* Dirección de Trabajos y Técnicas Forestales, República Federal de Alemania.

Como sólo están normalizadas algunas partidas de la evaluación, las explicaciones contienen valores de referencia tomados de publicaciones de bibliografía técnica. Estos valores están referidos a los modelos y normas aplicados en la República Federal de Alemania y deben ajustarse para su empleo en otros países. Los valores que se dan corresponden al estado actual de conocimientos sobre el estudio del trabajo, siendo necesaria su actualización.

La lista de comprobación se divide en tres partes:

La Parte A pretende dar una descripción general e incluye la comprobación y descripción de la máquina, y sus datos técnicos.

La Parte B es la principal y contiene preguntas separadas para la evaluación ergonómica. Se revisa y marca la columna apropiada (+, 0, -). Si la pregunta no es pertinente, debe indicarse mediante la anotación "no procede".

Las contestaciones positivas a las preguntas de la Parte B llevan al supuesto de que la solución es favorable ergonómicamente; las contestaciones negativas indican una opinión desfavorable ergonómicamente. Las preguntas no están enumeradas de acuerdo con su importancia.

La Parte C contiene un resumen y recomendaciones. Si se va a juzgar sobre la utilidad ergonómica de una máquina (por ejemplo, en comparación con otra máquina) puede ser suficiente en algunos casos contestar a las preguntas de la Parte C, que deben completarse, por ello, cuidadosamente.



Medición manual del ritmo del corazón, con cronómetro (Foto: Instituto Federal de Investigación Forestal)

El equipotelemétrico antes descrito fue fabricado por Messerschmitt-Bölkow-Blohm (MBB) Company Ltd. München, y se comercializa con el nombre de Monitel 2. Este equipo está basado en un sistema de múltiple frecuencia que permite una transmisión precisa de datos y es de funcionamiento seguro.



Equipo de telemetría EDV 1/ incorporado a una furgoneta Volkswagen (Foto FBVA 2/)

Dispone de 27 canales independientes de alta frecuencia de 433 MHz 3/ para la transmisión por radio de dos parámetros con un seguimiento sincronizado.

El sistema de telemetría consta de un pequeño transmisor y un receptor de tipo modular. Su forma compacta y poco peso facilitan el empleo móvil del transmisor, que no impone ninguna fatiga física a la persona sometida a examen. El transmisor se puede llevar en un bolsillo o sujetarlo a un casco protector o a un cinturón. El ritmo del pulso se mide por medio de electrodos de tórax y el registro se parece a un electrocardiograma (ECG).

El sistema telemétrico Monitel 2, ofrece una amplia variedad de aplicaciones que van más allá de un simple seguimiento ECG. Cuando se emplean instrumentos adecuados transmisores y de seguimiento, se pueden seguir y transmitir por radio otros parámetros, como el ritmo de respiración, la temperatura en la superficie de la piel, etc. Dependiendo de las condiciones topográficas, se pueden seguir las funciones biológicas del operario con un alcance de varios kilómetros. Una serie de baterías disponible en el comercio permite un funcionamiento continuo del transmisor durante 30 horas como mínimo. El receptor es una unidad independiente de 19 pulgadas. Además del osciloscopio, se pueden unir al sistema telemétrico una serie de diversos instrumentos. Los electrocardiógrafos, los magnetófonos u otros transformadores digitales análogos permiten un mayor seguimiento y transformación de señales.

Todo el equipo que se usa en el instituto está incorporado a una furgoneta Volkswagen y por ello es totalmente móvil. El Centro Federal de Ensayos de Maquinaria Agrícola de Wieselburg/Erlauf, Baja Austria, integró el equipo de medición, de almacenamiento de datos y evaluación e hizo un trabajo excelente en el diseño del lugar de trabajo del equipo de ensayos. La energía la suministra un motor de fueloil de tipo generador, con acumuladores

1/ Procesamiento electrónico de datos.

2/ Forstliche Bundesversuchsanstalt (Instituto Federal de Investigación Forestal).

3/ Megahertzios.

y transformadores, de modo que se obtiene corriente alterna de 220 V. Una antena telescópica asegura una recepción libre de perturbaciones, dentro del alcance de funcionamiento. Una computadora "Digital Equipment", modelo PDP 11/03, sistema RT 11, sirve como unidad de evaluación.

Utilizando esta computadora, se puede transmitir el ECG y el ritmo respiratorio de una persona sometida a examen mediante un transmisor de doble canal, y, al mismo tiempo, los ciclos de trabajo observados por un experto en estudios de trabajo se pueden transmitir por medio de un segundo transmisor de un solo canal. Se está programando una nueva expansión del equipo para seguir simultáneamente los datos biológicos y los resultados de los estudios de tiempos de cuatro personas sometidas a examen.

El equipo electrónico de procesamiento de datos ofrece una serie de ventajas para la adquisición y evaluación de datos. De esta forma, el personal que efectúa las pruebas queda descargado de un extenso trabajo de cálculo que lleva mucho tiempo, se reducen los errores humanos a un mínimo, se obtienen con mayor rapidez los resultados de los exámenes y se amplía el volumen de información. Además, la impresión automática asegura un cálculo rápido de los resultados de las pruebas, que son reproducibles más fácilmente, son automáticas la comparación con los valores tipo y el registro y archivo de los resultados de los ensayos y es rápida la búsqueda selectiva de los datos para su utilización estadística.



Audiómetro utilizado para descubrir pérdidas de audición (Foto: T. Pasca)



Cabrestante de un solo carrete tirando de sí mismo cuesta arriba por el bosque  
(Foto: R. Heinrich)

## ESTUDIOS DE TIEMPOS EN LAS OPERACIONES DE ARRASTRE DE MADERA

por

Erich Hauska  
Forstliche Bundesversuchsanstalt 1/

### 1. INTRODUCCIÓN

Los estudios de tiempos en el arrastre de madera tienen tres funciones: planificación, ejecución y evaluación, con especial hincapié en los dos primeros. La evaluación es un proceso de cálculo sencillo que viene definido por la finalidad del estudio de tiempos. Los estudios de tiempos deben realizarlos únicamente personas capacitadas.

### 2. PLANIFICACION

#### 2.1 Finalidad

Estudios de tiempos para la obtención de datos sobre rendimientos en el arrastre de madera (tiempo necesario por unidad). A partir de estos datos, se puede determinar el nivel de utilización (frecuencia) y la rentabilidad económica de una máquina, así como la productividad de la mano de obra. Constituyen también la base para calcular el coste del arrastre de madera, y con ello para una buena planificación de las operaciones de saca. La finalidad de los estudios de tiempos debe especificarse claramente.

#### 2.2 Requisitos

Antes de comenzar los estudios de tiempos, debe existir un acuerdo básico entre la dirección y los empleados sobre su necesidad.

El personal responsable del arrastre de madera debe estar capacitado; deben estar familiarizados con sus herramientas y máquinas.

Antes de nada, deben comprobarse las condiciones en que se encuentran las herramientas y las máquinas y eliminar los posibles defectos para garantizar un buen funcionamiento y evitar los accidentes.

#### 2.3 Trabajo preparatorio

Debe estudiarse tanto el desarrollo del trabajo, en general, como cada una de las operaciones de arrastre. Hay que determinar el alcance y límites de cada una de las operaciones, para poder estimar el tiempo apropiado necesario para cada operación.

Se identifican y clasifican las características del terreno de acuerdo con la pendiente, la topografía, las condiciones del suelo, la densidad de la masa y así sucesivamente. Se miden los tiempos necesarios para recorrer iguales distancias en terrenos de distinta conformación.

### 3. EJECUCION

Como se va a observar trabajo humano, herramientas mecánicas y máquinas, son aconsejables estudios de días enteros. La duración de las observaciones depende de la finalidad del estudio pudiendo abarcar una semana o aún más.

El número de personas que realiza los estudios de tiempos depende del método elegido para cronometrar y del tipo de unidades a observar (personas, herramientas, máquinas). Deben contar con todo lo que necesiten, como cronómetros, hojas de tiempos, formularios, etc. Se realizan breves estudios de prueba, haciendo después los ajustes necesarios, y el estudio puede comenzar oportunamente.

1/ Instituto Federal de Investigación Forestal, Viena.

### 3.1 Métodos de cronometraje

Hay varios métodos empleados para la realización de estudios de tiempos en el arrastre de madera.

#### 3.1.1 Cronometraje continuo

Este método está especialmente indicado para exponer con claridad la forma en que se desarrolla el trabajo, porque en él se registra el tiempo necesario para cada unidad o grupo de unidades de trabajo y el tiempo del día. Con la ayuda de este registro es fácil descubrir los períodos en que están desocupadas las máquinas o están esperando las personas, situaciones que suelen producirse cuando se combinan varios grupos de trabajo. De esta forma pueden hacerse los ajustes necesarios en el trabajo.

#### 3.1.2 Cronometraje parcial de operaciones

Este método se aplica cuando no se necesita un registro cronológico del desarrollo del trabajo.

Se registran en el formulario los tiempos absolutos necesarios para cada unidad o grupo de trabajo, haciéndose las anotaciones bajo los respectivos encabezamientos de modo que puedan sumarse y evaluarse con facilidad. Este método exige un profundo conocimiento del desarrollo del trabajo.

Los dos métodos anteriores exigen un número relativamente grande de cronometradores, normalmente uno por trabajador.

#### 3.1.3 Método de proporción de observaciones

En este método, se codifican con un símbolo once operaciones realizadas por un trabajador y se registran con ciertos intervalos (normalmente una vez por minuto). Aunque los valores resultantes no son absolutos, es suficiente la precisión obtenida en cuanto al tiempo necesario para cada unidad de trabajo, si se hacen suficientes anotaciones. La evaluación se realiza sumando símbolos iguales. El tiempo total necesario para una unidad de trabajo se suele expresar en tanto por ciento.

Una ventaja de este método es que un cronometrador puede observar varios trabajadores o máquinas en el intervalo elegido.

### 3.2 Determinación de los volúmenes y condiciones especiales de trabajo

A fin de determinar las necesidades de tiempo por unidad de volumen de madera, es necesario averiguar la cantidad de madera que se saca. Esto se hace midiendo las trozas (diámetro y longitud) y, a veces, definiendo también su calidad. En el caso de arrastre con animales, arrastre mecanizado y extracción con cable, se mide el volumen de madera de cada carga independiente, con lo que pueden determinarse valores comparativos.

Teniendo en cuenta que el arrastre lateral hasta la trocha principal lleva bastante tiempo en cualquier clase de terreno, hay que registrar las distancias y las características topográficas, o bien con valores medios o individualmente para cada operación de arrastre. También es importante conocer las condiciones meteorológicas y los cambios que influyen en el tiempo necesario.

## 4. EVALUACION

La evaluación puede hacerse mediante cálculo o análisis con computadora si se registran suficientes datos. Si se utiliza una computadora, hay que tenerlo en cuenta en la etapa de planificación para evitar perder el tiempo después haciendo los ajustes procedentes en los registros de los datos.

## ESTUDIOS DEL TRABAJO EN ACTIVIDADES FORESTALES

por

Othmar Frauenholz  
Forstliche Ausbildungsstätte Ort 1/

### I. INTRODUCCION

La finalidad de los estudios del trabajo es aumentar la rentabilidad de una empresa con la debida consideración de las capacidades y necesidades de los trabajadores, afinar el trabajo (lograr una mayor producción del trabajo, con un menor aporte físico en un tiempo más corto); y afinarlo también a través de la mecanización (utilizando la máquina apropiada, en el momento oportuno y en el lugar adecuado).

Los elementos de los estudios de trabajo son los siguientes:

- Estudios de tiempos y recolección de datos.
- Estudios sobre esfuerzos.
- Estudios de métodos.
- Estudios sobre el lugar de trabajo.
- Cálculos de costes.
- Organización del trabajo.
- Instrucciones de trabajo.

### 2. ESTUDIOS DE TIEMPOS Y RECOLECCION DE DATOS

#### 2.1 Estudios de tiempos

El tiempo es, en muchos aspectos, un indicador importante de la eficiencia del trabajo. Utilizando el tiempo como criterio, se pueden analizar, describir y optimizar todas las operaciones. El tiempo tiene un papel importante en una organización analítica del trabajo. Sirve como patrón de medida de eficiencia y constituye la base para cualquier otra consideración como la de establecer una norma o introducir mejoras.

El rendimiento se expresa siempre en tiempo (rendimiento en unidades de tiempo, por ejemplo, metros cúbicos por hora; o tiempo necesario por unidad, por ejemplo, x horas por m<sup>3</sup>).

El esfuerzo se estudia midiendo el ritmo del pulso o el aporte en julios/calorías por unidad de tiempo.

Los costes se determinan sobre la base del tiempo necesario de máquina o de operario para cada unidad.

Los métodos de trabajo se analizan durante el tiempo necesario para cada fase de trabajo.

El lugar de trabajo se estudia observando el tiempo empleado, el esfuerzo y la cuantía de trabajo en condiciones variables.

Para la organización del trabajo se comparan el tiempo empleado, el esfuerzo del trabajador y los costes de diferentes procedimientos.

El tiempo empleado se necesita para determinar los tiempos normales necesarios para realizar una función.

---

1/ Centro de Capacitación Forestal de Ort, Austria.

2.1.1 El tiempo como factor del circuito de producción:

En los estudios de tiempos se hace una distinción entre:

- a) Tiempo de operario (esto es, el tiempo que necesita el operario para completar su tarea, aporte de tiempo de los trabajadores a jornal y empleados asalariados).
- b) Tiempo de maquinaria (el tiempo dedicado a la utilización del equipo: maquinaria, herramientas, grupo electrógeno, instalaciones, facilidades, y así sucesivamente), y
- c) Tiempo de materiales (el tiempo exigido por los materiales, suministros y objetos que hay que producir, extraer, conformar o semielaborar en el curso del proceso de trabajo).

El tiempo de operario puede dividirse en tiempo activo directo e indirecto y tiempo de espera.

El tiempo de maquinaria consiste en el tiempo controlado de funcionamiento, el tiempo de funcionamiento secundario y el tiempo muerto o de parada.

El tiempo de materiales comprende el tiempo necesario para elaborar los materiales, el tiempo de manipulación y el tiempo inactivo.

Las relaciones de las distintas clases de tiempos pueden verse cuando se exponen en la forma siguiente:

TIEMPO DE OPERARIO	tiempo activo		tiempo de espera
	directo	indirecto	
TIEMPO DE MAQUINARIA	tiempo de funcionamiento controlado	tiempo de funcionamiento secundario	tiempo de parada
TIEMPO DE MATERIALES	tiempo de elaboración	tiempo de manipulación	tiempo inactivo

Sólo una definición muy precisa de los anteriores conceptos de tiempos y una descomposición exacta de sus participaciones en el proceso de trabajo, proporcionarán una información expresiva sobre el uso eficiente y económico del tiempo. Los resultados de un estudio de tiempos ayudarán a determinar la precisión de aquella descomposición.

Aunque una estimación aproximada del tiempo dedicado da una idea del rendimiento logrado en la unidad de tiempo o del tiempo necesario dedicado a cada unidad, no sirve para mostrar cómo se realizó el trabajo.

2.1.2 Categorías de tiempo

Tiempo auténtico de trabajo (TAT)

El tiempo auténtico de trabajo se define como el tiempo que puede atribuirse directamente al desarrollo ordenado del trabajo, esto es, el tiempo necesario para la ejecución de la tarea.

Esta categoría de tiempos puede descomponerse aún más:

tiempo de operario: en actividades principales y en paradas necesarias por el desarrollo del trabajo (esto es, esperando o andando).

Tiempo de maquinaria: en tiempo de funcionamiento controlado, tiempo de funcionamiento secundario y paradas necesarias de la operación (estos, esperando).

#### Tiempo general (TG)

Comprende las tolerancias de retrasos, los tiempos de descanso y los tiempos de comienzo o fin del trabajo. Tales categorías de tiempos se deben a las necesidades individuales de los operarios, a los requisitos de la tarea o de la organización.

Tolerancias relacionadas con la tarea: relleno con combustible del tanque del vehículo, afilado de las herramientas, reparaciones menores como ajuste del carburador, apretados de tornillos y así sucesivamente.

Tolerancias personales: para cambiar la indumentaria de trabajo, sonarse la nariz y otras necesidades personales.

Tolerancias de organización: discusiones con el forestal del distrito, o el supervisor de una tarea, coordinación del trabajo en equipo, y así sucesivamente.

## 2.2 Recogida de datos

### 2.2.1 Categorías

Las categorías de datos que se recogen son las siguientes:

Tiempo: tiempo necesario para cada secuencia, que se expresa en 1/100 minutos, minutos u horas; tiempo necesario para cada unidad, tiempo necesario para cada ciclo, tiempo necesario para cada proceso.

Cantidad de referencia: resultado del trabajo realizado en cada ciclo en el tiempo especificado. La cantidad de referencia puede expresarse en m<sup>3</sup>, piezas, distancia o longitud, superficie de terreno.

Factores determinantes: factores que influyen en el tiempo necesario para la cantidad de referencia y que muestran las condiciones en que se logró un cierto rendimiento. Tales determinantes son, sobre todo:

la maquinaria y el equipo, las características del lugar de trabajo, el tiempo meteorológico, la secuencia del trabajo, el procedimiento de trabajo y el circuito de producción, los métodos de trabajo, la situación del objeto del trabajo, los requisitos de calidad y las capacidades del operario.

### 2.2.2 Aplicación de los datos

Los datos proporcionan la verdadera base para la toma de decisiones en todas las materias referentes a:

- a) La planificación y organización del trabajo.
- b) La elección de los procedimientos de trabajo:
  - comparación de procedimientos, determinación de la eficacia de los métodos de trabajo, maquinaria y equipos;
  - estudios sobre esfuerzos;
  - cálculos de costes.
- c) Pago de jornales y salarios:
  - determinación del tiempo normal, primas, niveles de jornales, etc.
- d) Supervisión:
  - comprobación de rendimientos, revisión de los cálculos;
  - comprobación de los resultados del funcionamiento de la empresa.

La cantidad de datos recogidos depende en cada caso de su aplicación. En algunos casos puede ser suficiente obtener una orientación general a partir de los datos, mientras que en otros puede necesitarse un análisis detallado, como al establecer el tiempo normal necesario para una tarea, fase o función específica.

### 2.2.3 Observaciones de tiempos

El tiempo observado se expresa en 1/100 minutos, minutos u horas para cada ciclo, y se calcula para cada unidad y proceso de trabajo.

### 2.2.4 Fórmulas de tiempos

#### 2.2.4.1 Método de lectura continua (cronometraje continuo)

Se toma el tiempo y se registra en cada punto de lectura; la diferencia de tiempos es igual a la duración de la secuencia de que se trate.

Ventajas: Puede reconstruirse la secuencia del trabajo; pueden identificarse después los errores de lectura o registro; sólo se necesita un cronómetro sencillo.

Inconvenientes: Deben calcularse los elementos individuales de tiempo; sólo se puede observar, a la vez, un operario o una máquina; las secuencias cortas sólo se pueden registrar con cierta dificultad; para cada valor de tiempo debe describirse la secuencia.

#### 2.2.4.2. Método de cronometraje con vuelta a cero (método de vuelta a cero)

Para cada secuencia se coloca el cronómetro en el cero. Se establece una distinción entre el método que utiliza hojas de observación y el mismo método sin tales hojas. El primero, en el que se anotan en una hoja de observaciones todos los valores individuales de tiempos, tiene las ventajas e inconvenientes siguientes:

Ventajas: No hay cálculo de diferencias de tiempos, no se necesitan descripciones de secuencias.

Inconvenientes: No se puede reconstruir la secuencia del trabajo; los errores de lectura y de registro son difíciles de identificar y se pueden señalar únicamente dentro de cada secuencia de control. Se necesita un cronómetro especial. Sólo se pueden observar a la vez un operario o una máquina.

En el cronometraje de vuelta a cero sin hojas de observación, los valores individuales de tiempos se registran consecutivamente como en el método de cronometraje continuo.

Ventaja: Evaluación más rápida, porque no hay necesidad de calcular diferencias de tiempos.

#### 2.2.4.3 Método de temporización proporcional (muestreo de actividades o momentos múltiples)

No se observan los tiempos invertidos, sino la frecuencia con que tiene lugar una actividad dentro de una secuencia. Cada 50 centésimas de minuto o cada minuto se registra el número de repeticiones de una actividad. Como norma, se emplean hojas de observación.

Ventajas: Un experto en estudios del trabajo puede observar simultáneamente varios operarios y máquinas. Se registran secuencias cortas en un formulario tipo, siempre que se realicen los estudios de tiempos durante un período suficientemente prolongado. No es necesaria una observación precisa de los puntos de lectura. Es suficiente un reloj sencillo o un cronómetro.

Inconvenientes: No se puede reconstruir la secuencia del trabajo: los errores de lectura y registro sólo se pueden identificar hasta la última sección de control.

### 2.2.5 Tiempo de comprobación

A fin de poder comprobar los registros, los estudios de tiempos deben subdividirse en secciones de control. La diferencia entre las posiciones de las manecillas del reloj al principio y al final de la sección de control corresponde al tiempo de comprobación (tiempo tipo). La suma total de todos los valores individuales de tiempo para toda la sección de control (tiempo real) puede ascender a  $\pm 3\%$  del tiempo tipo en el caso de tiempo de operario, y  $\pm 5\%$  del tiempo de maquinaria. Los errores que no sobrepasen los porcentajes anteriores se distribuyen a lo largo de la secuencia. Si los errores sobrepasan estos porcentajes, no pueden utilizarse los valores tomados para la secuencia.

La cantidad de referencia se determina para cada ciclo. Un ciclo puede ser: la corta de un árbol o un recorrido (recorrido de un vehículo vacío, dar vuelta, soltar la carga del cable, llevar la carga hacia el vehículo, recorrido con la carga, soltar la carga, almacenaje de la carga, y dar vuelta), o una cierta superficie (limpieza de una masa joven, reforestación).

Cantidades de referencia: Metros cúbicos aprovechados con o sin corteza, número de árboles, distancias y dimensión de la superficie.

Factores determinantes: Se registran y describen para cada ciclo.

- a) Lugar de trabajo: características del suelo, superficie del suelo, cubierta del suelo y vegetación del terreno, plantas trepadoras, espesor de la capa de nieve, etc.
- b) Procedimiento de trabajo, secuencia y métodos de trabajo.
- c) Operario (edad, capacitación, aptitudes).
- d) Maquinaria y equipos (descripción detallada, indicando dimensiones, pesos, rendimiento efectivo).
- e) Objeto del trabajo (por ejemplo, formas de los árboles, dimensiones, disposición de las ramas, albura, etc.).
- f) Tiempo meteorológico (temperaturas, precipitaciones, cubierta de nubes, etc.).

Todos estos factores influyen en el rendimiento. Algunos de ellos se pueden cuantificar, medir o contar, mientras que otros sólo se pueden describir de modo general.

Los valores de tiempos determinados a través de los estudios de tiempos se denominan "tiempo real". Para determinar el tiempo normal debe establecerse el rendimiento efectivo de cada secuencia independiente de trabajo.

### 2.3 Rendimiento tipo y eficiencia

#### Definición

El rendimiento normal, al que se llega a través de estudios de tiempos con clasificación de rendimientos, se define como el tipo de actitud que el observador considera especialmente armoniosa, natural y bien equilibrada, en cuanto a movimientos individuales, su secuencia y coordinación. La experiencia ha demostrado que el rendimiento normal lo puede lograr cualquier trabajador capaz que esté adecuadamente capacitado y completamente familiarizado con la tarea. Este rendimiento debe mantenerse durante períodos prolongados y deben alcanzarlo todos los trabajadores, considerados como promedio, siempre que se adopten las pausas dispuestas para necesidades personales y para descanso, de acuerdo con lo necesario, y que los operarios no sean estorbados en el desarrollo de sus capacidades.

La relación entre el rendimiento real observado y el rendimiento normal, expresa la eficiencia. Una eficiencia del 100% corresponde al rendimiento normal, una eficiencia del 120% significa que el rendimiento observado es un 20% superior al rendimiento normal.

## 2.4 Rendimiento medio

En vez de rendimiento normal se puede emplear para diversos fines el rendimiento medio. El rendimiento medio se refiere a lo realizado por un grupo de trabajadores o por una serie de máquinas, pudiendo expresarse como un valor determinado.

## 2.5 Equipo auxiliar para la recogida de datos

Cronómetros tipo "aditivo", con vuelta a cero, con vuelta a cero e indicación de velocidad, combinación de relojes, cronómetros electrónicos.

Deben ser de fácil lectura, tener un minuterero de "saltos", manecilla de horas y accesorio registrador.

Bloque de papel de escribir, con accesorio para hojas de observación, compartimento con casillero para guardar el papel (de tal modo que el experto de estudios de trabajo tenga las manos libres).

Hojas de observación (hoja de descripción de tarea, hoja de registro de tiempos, hoja de datos de referencia con factores determinantes).

### Recopilación de datos

#### a) Planificación

- Definir el proceso de trabajo.
- Describir el procedimiento de trabajo, la secuencia y los métodos de trabajo.
- Describir la tarea a realizar.
- Definir el tipo mínimo de calidad de trabajo.
- Definir la duración del estudio de tiempos.
- Elegir las fórmulas de tiempos.
- Elegir los datos relativos a la cantidad de referencia.
- Decidir si los factores determinantes se van a cuantificar o a describir en lo referente a su calidad.
- Considerar el ritmo natural de rendimiento.

#### b) Preparación

- Informar al personal y a la dirección, y obtener el consentimiento de los sindicatos para utilizar los datos como base de retribuciones.
- Elegir los trabajadores, los lugares de trabajo y la maquinaria y equipos a observar.
- Colocar marcadores de distancias, realizar estudios preliminares sobre cantidades de referencia y factores determinantes.
- Instruir e informar a los operarios sobre el trabajo y la remuneración.
- Mantener un recorrido de ensayo, observar el circuito de producción y subdividir el proceso en secuencias; elegir los puntos de lectura y las secciones de control.
- Preparar hojas de observación, comprobar u obtener todos los instrumentos y otros equipos necesarios para el estudio de tiempo.
- Instruir a los ayudantes o expertos del estudio de trabajo.
- Realizar estudios de comprobación.

#### c) Realización de estudios de tiempos

- Llevar a cabo estudios de días completos, observar los tiempos invertidos en cada secuencia, registrar las cantidades de referencia y los factores determinantes de cada ciclo indicando las secciones de control.
- Si es necesario, hacer clasificaciones de eficiencias.

## 2.6 Evaluación de los datos registrados

- i) Calcular las necesidades de tiempo de cada secuencia.
- ii) Calcular las cantidades de referencia.
- iii) Calcular los elementos de tiempo, evaluar los valores de tiempo reales y normales.
- iv) Calcular el tiempo invertido en cada unidad y el rendimiento efectivo.
- v) Interpretar los resultados.

#### Ad. i) Cálculo de los valores de tiempos

En el método de lectura continua, los tiempos invertidos se calculan por sustracción. En el método de temporización proporcional, se cuentan las anotaciones de cada secuencia. Para cada sección de control se comparan los valores de tiempos calculados o registrados.

Las tolerancias pueden ser variables, dependiendo de la finalidad del estudio de tiempos. Las observaciones hechas para una sección de control son insignificantes si los valores reales de tiempos no pasan del 3 por ciento del tiempo normal de operario y del 5 por ciento del tiempo normal de maquinaria.

Los errores inferiores al 4 ó 5 por ciento, respectivamente, se distribuyen por toda la sección de control. Las pequeñas desviaciones respecto a la normal pueden despreciarse en algunos casos si no influyen en la finalidad del estudio de tiempos. Si se utiliza el método de muestreo de actividades o momento múltiples, el tiempo invertido en la sección de control puede dividirse por el número de anotaciones. El valor de tiempo establecido de esta forma se multiplica seguidamente por el número de anotaciones de cada secuencia.

#### Ad. ii) Cálculo de las cantidades de referencia

Es conveniente anotar para cada ciclo en la lista de evaluación las cantidades de referencia determinadas (volumen, número de unidades, área superficial) y quizás también los factores determinantes significativos (como distancias, en el caso de tareas de transporte) para cada ciclo.

#### Ad. iii) Determinación de las categorías de tiempos

Antes de registrar los tiempos invertidos en cada secuencia, debe determinarse la categoría de tiempos (es decir, tiempo auténtico de trabajo, tiempo básico o general).

#### Evaluación del tiempo real

Como norma, sólo se utiliza el tiempo real de trabajo (tiempo básico) para determinar el rendimiento real. El tiempo general sólo se tiene en cuenta en la evaluación si el estudio de tiempos se extiende a un largo período y si se produjo característicamente con intervalos irregulares. Se suman todas las categorías de tiempos y el total resultante se expresa seguidamente como porcentaje del tiempo normal; para cada ciclo, el tanto por ciento así calculado se añade al tiempo normal.

El tiempo total real (tiempo real de trabajo más tiempo general) se utiliza entonces para calcular el rendimiento real en cada unidad de trabajo o para determinar el tiempo real necesario para cada unidad.

Cuando se hacen estudios más cortos de tiempos, sólo se emplean los valores registrados de tiempo básico (tiempo real de trabajo), añadiéndose el tiempo general como un porcentaje calculado en base a valores empíricos. Estos se obtienen a partir de estudios de tiempos o se determinan mediante estudios de tolerancias. Si el trabajo continúa más allá del límite máximo de tolerancia, deben preverse márgenes adecuados de recuperación. Estos se calculan sobre la base de estudios de esfuerzos.

#### Evaluación del tiempo básico

Los tiempos básicos reales invertidos se multiplican por el factor de rendimiento (eficiencia sobre 100) y se anotan en la hoja de evaluación como tiempo básico. El tiempo general se expresa como tanto por ciento y se añade al tiempo básico sobre la base de observaciones empíricas. El tiempo necesario por unidad, o el rendimiento en cada unidad de tiempo, se relaciona con el tiempo básico y se calcula para cada ciclo el tiempo total necesario.

Si se conocen para una tarea los porcentajes de una descomposición ideal de elementos de tiempo (de acuerdo con REFA 1/), como resultado de estudios de esfuerzos y tolerancias, se puede calcular la relación entre el tiempo general y el tiempo básico.

1/ Procedimientos para estudios de tiempos de acuerdo con lo establecido por una organización alemana dedicada a estos estudios.

### Diagrama del estudio de tiempos

El estudio de tiempos se expresa gráficamente en la forma de un "árbol". Las subdivisiones elegidas dependen en cada caso de la finalidad del estudio.

### 2.7 Interpretación de los resultados

#### Cálculo del valor medio de la desviación típica y del coeficiente de variación

##### Valor medio

$$\bar{x} = \frac{\text{suma total de todos los valores de tiempos por ciclo}}{\text{número de ciclos}}$$

Como norma, se calcula el valor medio para el tiempo básico; en las operaciones de arrastre de madera, sólo para una cierta distancia; en el apeo de madera, sólo para árboles del mismo diámetro.

##### Desviación típica

La desviación típica se calcula utilizando la ecuación siguiente:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot (\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n})}$$

n = número de todos los datos observados (series de lecturas);

$\sum x$  = suma total de todos los datos observados;

$\sum x^2$  = suma total de los cuadrados de los datos observados;

s = desviación típica.

##### Coefficiente de variación

El coeficiente de variación es el porcentaje de las desviaciones típicas respecto al valor medio.

$$Vc = \frac{s}{\bar{x}} = \%$$

Véase el ejemplo de la página siguiente.

La desviación típica indica si un valor medio es representativo de las condiciones observadas y en qué medida permite una generalización. No hay normas generales sobre el máximo permisible de la desviación típica o coeficiente de variación; el tamaño del valor medio y el fin para el que se va a emplear son los criterios básicos: tiempo total de trabajo, tiempo real de trabajo necesario para cada ciclo o fase.

##### Correlación de los datos

Empleando un sistema de coordenadas y representando los valores de tiempos observados o calculados, puede representarse la correlación de los datos. Esto es, la necesidad de tiempo en un recorrido se puede representar en el eje de las Y y la distancia cubierta en el recorrido, en el eje de las X; el tiempo invertido para cada m<sup>3</sup> de madera apeada, indicando el diámetro medio y el diámetro a la altura del pecho.

##### Evaluación de factores determinantes no cuantificables

Para todos los datos calculados o representados gráficamente deben describirse todos los factores influyentes que no pueden cuantificarse, como por ejemplo las características de la trocha de arrastre o las condiciones que motivan el invertir unos tiempos excesivos (por ejemplo, si un árbol se queda enganchado durante el apeo).

Como principio, los estudios de tiempos que se hacen para poder establecer los tiempos normales, deben realizarse con la máxima responsabilidad y cuidado. La cuestión de si un valor es representativo o no debe estudiarse con la máxima dedicación.

Ejemplo de determinación del valor medio, de la desviación típica y del coeficiente de variación.

Estudio de un día completo realizado durante el aclareo, apeo con clasificación de productos de 95 árboles, de los cuales 16 tenían un diámetro medio de 10 cm. El tiempo básico necesario se expresa en minutos.

x	x <sup>2</sup>
5,44	29,59
3,69	13,62
4,94	24,40
4,93	24,30
3,59	12,89
3,43	11,76
4,23	17,89
3,33	11,09
3,60	12,96
4,30	18,49
4,35	18,82
3,07	9,42
3,64	13,25
4,41	19,45
3,89	15,13
<u>4,96</u>	<u>24,60</u>
$\Sigma x = 65,80$	$\Sigma x^2 = 277,76$

$$\text{valor medio } x = \frac{\Sigma x}{n} = \frac{65,80}{16} = 4,11 \text{ minutos}$$

s = desviación típica

$$s = \sqrt{\frac{1}{15} \cdot (\Sigma x^2 - \frac{(\Sigma x)^2}{n})}$$

$$= \sqrt{0,066 \cdot (277,76 - \frac{4329,64}{16})}$$

$$= \sqrt{0,47256} = \pm 0,69 \text{ minutos}$$

V<sub>o</sub> = coeficiente de variación

$$V_o = \frac{s}{\frac{\Sigma x}{n}} = \pm 17\%$$

### 3. ENSAYOS DE TOLERANCIAS

El trabajo impone al hombre diversos tipos de esfuerzo.

#### 3.1 Esfuerzo físico: trabajo dinámico o estático, andando por el terreno.

El esfuerzo físico se puede determinar manualmente o mediante mediciones telemétricas realizadas cuando se está ejecutando el trabajo.

Sobre la base de un tiempo diario de trabajo de 8 horas, el límite máximo de esfuerzo tolerable se alcanza cuando el ritmo del pulso del trabajador aumenta en 35 latidos por minuto respecto al ritmo inicial del pulso (ritmo del pulso en descanso, sentado). Cuando el esfuerzo continuado sobrepasa este límite, hay que disponer interrupciones de tal forma que se garantice que el aumento máximo del ritmo del pulso no excede de 35 latidos. Se establecen las interrupciones breves que se necesiten hasta que se logra una recuperación total (esto es, hasta que el ritmo del pulso es aproximadamente normal).

#### 3,2 Esfuerzo inducido por factores ambientales (clima, ruido, vibraciones, humos de escape, etc.)

El esfuerzo debido a estos factores debe evaluarse y reducirse a un límite tolerable o evitarse mediante medidas protectoras adecuadas.

Tiempo metereológico: ropas de protección, resguardo móvil en el lugar de trabajo, distribución apropiada del tiempo en la organización del trabajo (con la atención debida a la estación del año).

Ruido: protección activa contra el ruido por encima de un nivel de 90 decibelios (tapones de oídos u orejeras, insonorización) o reducción del ruido mediante medidas tecnológicas adecuadas. Reducción del esfuerzo con medidas de organización (por ejemplo, selección de procedimientos de trabajo, secuencia de las operaciones, métodos de trabajo).

Vibración, humos de escape: perfeccionamientos técnicos, acortamiento del tiempo de exposición con medidas de organización.

#### 4. SECUENCIA DE LAS OPERACIONES

Se observa la secuencia de las operaciones y se describen, se analizan, y, si es necesario, se corroboran mediante estudios de tiempos, sus efectos positivos y negativos sobre el operario y su rendimiento.

#### 5. ESTUDIO DEL LUGAR DE TRABAJO

Se analiza el lugar de trabajo en cuanto a su conveniencia para ciertos tipos de trabajo: en este punto, son criterios de evaluación el tiempo invertido, el rendimiento, el esfuerzo y la seguridad industrial. Si es necesario, varios elementos del proceso de trabajo se pueden trasladar a otro lugar que sea más favorable para la tarea específica.

#### 6. ESTUDIOS DE COSTES

Para los estudios de trabajo, se utiliza sobre todo el método directo de cálculo de costes por secciones (costes de referencia, costes por unidad en ciertas circunstancias; costes de jornales y costes de maquinaria y equipos).

#### 7. INGENIERIA DEL TRABAJO (INGENIERIA DE SISTEMAS)

La ingeniería del trabajo pretende la elección del sistema óptimo de trabajo (procedimiento, maquinaria y equipos, secuencia de las operaciones, métodos de trabajo, objeto del trabajo) en cuanto a rendimiento y a lugar de trabajo humanizado, bajo unos factores influyentes determinados (características normales del terreno, número de personas disponibles para la tarea, etc.) y en cuanto a la mejora de la rentabilidad de la empresa forestal.

La ingeniería del trabajo se basa en estudios de tiempos, esfuerzos circuito de producción, lugar de trabajo y costes.

##### 7.1 Ingeniería analítica del trabajo

El ingeniero especializado en la organización del trabajo observa los procesos, recoge datos como tiempo invertido, cantidad de referencia, factores determinantes y costes por unidad, los evalúa y ajusta el sistema del trabajo, o sus elementos individuales, al objetivo o proceso previsto.

##### 7.2 Ingeniería sintética del trabajo

El ingeniero especializado utiliza procesos y elementos de trabajo convencionales para sintetizarlos dentro de un sistema de trabajo.

Como norma, los dos métodos de ingeniería del trabajo no pueden separarse entre sí; normalmente se utilizan ambos métodos alternativamente en la elaboración de un sistema de trabajo. La ingeniería de trabajo es un proceso continuo, en el que el trabajo va orientado por los progresos tecnológicos, por los requisitos del mercado y de la mano de obra, y también por las necesidades biológicas.

#### 8. INSTRUCCION DEL TRABAJO

La instrucción del trabajo debe consistir en explicar los procesos a la persona dedicada a la realización de la tarea.

Instrucción puede significar aprender algo nuevo, aprender algo mejor, o aprender a hacer algo de un modo distinto. Entre los diversos métodos de instrucción ha demostrado dar buenos resultados el método de las cuatro fases:

Fase primera: hacer que el operario conozca el proceso (despertar su interés, demostrar y analizar la tarea)

Fase segunda: el aprendiz trata de llevar a cabo el proceso bajo la orientación del instructor.

Fase tercera: el aprendiz repite el proceso varias veces practicando de este modo lo que ha aprendido en la fase dos. Si es necesario, se le corrige.

Fase cuarta: no se necesitan nuevas prácticas, perfeccionamiento de la destreza.

#### DEFINICION DE TERMINOS

##### Procedimiento de trabajo

El procedimiento de trabajo se define como el medio tecnológico para lograr el objetivo de una tarea.

En el sector forestal es una práctica corriente denominar el procedimiento según el estado en que se saca la madera, porque éste indica el método tecnológico empleado.

Método de productos clasificados - apeo y transformación en productos clasificados en el lugar de apeo, utilizando motosierras;  
- transporte de los productos clasificados a la pista de arrastre por medio de tractores de ruedas, arrastradores articulados con tracción a las cuatro ruedas, cables-grúa o arrastre manual, etc.;

Método de troncos enteros - apeo, desrame de la cara superior del tronco en el lugar de apeo, utilizando una motosierra;  
- transporte de las trozas al lugar de transformación o a la pista de madereo por medio de un arrastrador;  
- transformación (tronzado, desrame final por medio de una motosierra).

Método de árboles completos - apeo por medio de motosierra;  
- transporte de los árboles al lugar de transformación o a la pista de madereo (tractor arrastrador);  
- transformación mecanizada utilizando procesadoras (desrame, tronzado, descortezado).

Método totalmente mecanizado - apeo y transformación en el lugar de apeo, utilizando procesadoras (combinando una variedad de procedimientos tecnológicos).

##### Secuencia del trabajo

###### En cuanto a organización

¿Qué debe hacerse?

¿En qué momento? (es decir, organización de las operaciones en el tiempo).

¿Dónde? (es decir, lugar de trabajo).

Deben identificarse cada uno de los procesos y tomar una decisión sobre si se van a realizar simultáneamente o uno después de otro, en lugares diferentes o en un solo lugar, por ejemplo, en la preparación del tronco: ¿cadena cerrada o abierta de trabajo?

###### En cuanto a técnica

¿Cómo es el trabajo a realizar?

Se establece y se describe la secuencia de las operaciones (método de trabajo).

### Método de trabajo

Se define como la secuencia de operaciones que se especifica cuidadosamente, descompuesta, si es necesario, en elementos individuales de trabajo, y que depende de la técnica, de la maquinaria y equipos y de los materiales y suministros empleados por el trabajador.

El método de trabajo puede observarse y especificarse por medio de análisis de tareas y puede enseñarse a los aprendices.

### Técnicas de trabajo

Es el enfoque individual del proceso de trabajo, utilizando un método de trabajo determinado y variando de una persona a otra. En muchos casos, sólo se puede entender plenamente después de descomponer la tarea en elementos de trabajo y de analizar la "micro-secuencia". La técnica de trabajo se expresa en términos de eficiencia del operario.



Cargando un camión de maderero con un cargador de garras montado sobre camión, en el cargadero de trozas (Foto: E. Pestal)

PROGRAMA DEL CURSO

- Lunes, 1 de junio
- Llegada al Aeropuerto Klagenfurt (vía Aeropuerto Schwechat de Viena).
- Traslado en autobús del Aeropuerto de Klagenfurt al Centro de Capacitación Forestal de Ossiach.
- Inscripción e información.
- Alojamiento en hoteles y casas de huéspedes.
- Martes, 2 de junio
- Información general en el Mostrador de Información del Salón del Club del Centro de Capacitación Forestal de Ossiach.
- Apertura oficial del Curso de Capacitación en el Rittersaal del Hotel Stifts de Ossiach.
- Discurso de bienvenida e introducción al Curso por el Dr. H. Redl, Director de la División Internacional del Ministerio Federal de Agricultura y Montes.
- Discurso de bienvenida del Sr. Albin Schober, Secretario de Estado del Ministerio Federal de Agricultura y Montes, Viena.
- Palabras de introducción, por el Sr. L.R. Letourneau, Jefe de la Subdirección de Explotación y Transporte Forestal del Departamento de Montes de FAO.
- Discurso del Sr. H. Hattinger, Departamento Forestal, Ministerio Federal de Agricultura y Montes, Viena.
- Excursión a Ossiacher Tauern. Funciones múltiples del sector forestal en la montaña (A. Trzesniowski, R. Weiss).
- Discurso del Dr. F. Eggl, Director General de la Empresa Forestal Federal de Austria.
- Recepción en el Rittersaal del Hotel Stifts, Ossiach.
- Miércoles, 3 de junio
- "Técnicas de aprovechamiento de madera dirigidas al aumento de la producción de madera y al ahorro de energía" (E. Pestal).
- "La Investigación Forestal en Regiones Alpinas" (H. Egger).
- "Aplicación de Tecnología Media en el Aprovechamiento de Madera en Países en Desarrollo" (R. Heinrich).
- Demostración de un tractor agrícola con cable-grúa Koller (K300) y pequeños cabrestantes portátiles para el arrastre por tierra en Ossiach Tauern (A. Trzesniowski y personal directivo).
- Jueves, 4 de junio
- "Requisitos de los tractores de ruedas empleados en trabajos forestales" (A. Trzesniowski).
- Demostración de tractores agrícolas y equipos forestales auxiliares.
- Demostración de un Cable para el Transporte de Trozas (A. Trzesniowski y personal directivo).

- Viérnes, 5 de junio                    Estudio de una línea de cable-grúa (trabajo en grupo) (A. Trzesniowski y personal directivo).
- Diseño de un plan de instalación de un cable-grúa a partir de datos estudiados (A. Trzesniowski y personal directivo, R. Heinrich).
- Sábado, 6 de junio                    Continuación del diseño de un plan de instalación de un cable-grúa a partir de datos estudiados (A. Trzesniowski y personal directivo, R. Heinrich).
- Excursión a Bad Kleinkirchheim.
- Visita a casas de madera de la Región Alpina.
- Viaje en funicular a Kaiserburg para estudiar la protección de la naturaleza, las actividades forestales y el turismo (D. Hanak-Hammerl).
- Domingo, 7 de junio                   Sin programación oficial (visita a una iglesia y concierto en Ossiach).
- Lunes, 8 de junio                    Excursión a Klagenfurt.
- Visita a la Exposición "Minimundus" y castillo de Hochosterwitz (R. Heinrich, A. Trzesniowski).
- Martes, 9 de junio                    "Instrucciones de Trabajo para las Instalaciones de Cables-Grúa en Austria" (A. Trzesniowski).
- Demostración del establecimiento, funcionamiento y desmontaje de un cable-grúa URUS UNIMOG (personal del Centro de Capacitación Forestal).
- Miércoles, 10 de junio               Excursión a Hespera-Domäne, Wolfsberg.
- Demostración de madereo mediante tractor arrastrador de ruedas y cable grúa móvil; visita a un aserradero y a un patio central de maderas (H. Clavadetscher, W. Brabeck, R. Heinrich, D. Hanak-Hammerl).
- Jueves, 11 de junio                   "Elección de Arboles en las Operaciones de Aclareo - Extracción de Arboles Individuales en Bosques Secundarios" (G. Sonnleitner).
- Análisis del equipo forestal producido por la Compañía Steyr (W. Strzygowski, G. Hacker).
- Demostración del equipo forestal Steyr en Ossiacher Tauern (G. Hacker, A. Trzesniowski, R. Heinrich).
- Viernes, 12 de junio                   Continuación de la demostración del equipo forestal de Steyr (G. Hacker).
- Evaluación de la primera parte del Curso; redacción de conclusiones y recomendaciones, discusiones finales y adopción del borrador de informe (A. Trzesniowski, R. Heinrich).
- Sábado, 13 de junio                   Visita a Villach.
- Reunión de despedida en el Centro de Capacitación Forestal de Ossiach.

- Domingo, 14 de junio** Traslado en autobús del Centro de Capacitación Forestal de Ossiach al Centro de Capacitación Forestal de Ort.
- Itinerario: Ossiach - Bad Kleinkirchheim - Millstatt - Katschberg - Kuchl - Salzburg - Ort.
- Llegada a Ort. Alojamiento en el Centro de Capacitación Forestal.
- Lunes, 15 de junio** Información general en la Sala de Conferencias del Centro de Capacitación (R. Heinrich).
- Discurso de bienvenida del Dr. H. Redl, Director de la División Internacional, Ministerio Federal de Agricultura y Montes.
- "La Construcción de Carreteras Forestales, entre la Economía y la Protección de la Naturaleza" (E. Pestal).
- "Las Actividades Forestales y la Ecología en las Zonas de Montaña" (E. Tüchy).
- Excursión al distrito forestal federal de Traunstein y a bosques de agricultores.
- Demostración de ejemplos de redes de carreteras forestales en zonas rocosas y de suelos blandos (O. Sedlak).
- Martes, 16 de junio** "Planificación de Sistemas de Trabajo para el Aprovechamiento de Madera en Regiones de Montaña (W. Egger).
- "Principios Generales de Planificación de Redes de Carreteras Forestales" (O. Sedlak).
- "Trazado y Coste de las Carreteras Forestales" (O. Sedlak).
- Planificación práctica y trazado de carreteras forestales; demostración de instrumentos topográficos (O. Sedlak).
- Miércoles, 17 de junio** Capacitación práctica; estudio y estaquillado del trazado de una carretera y estudios adicionales necesarios para una carretera forestal en terreno empinado (O. Sedlak, R. Heinrich, y personal del Centro de Capacitación Forestal).
- Jueves, 18 de junio** Sin programa oficial.  
(Visita a una iglesia).
- Excursión a Salzburgo; recorrido turístico; viaje de regreso vía St. Gilgen - Wolfgangsee - Bad Ischl - Ort.
- Viernes, 19 de junio** Elaboración por los participantes de un proyecto de carretera forestal a partir de los datos topográficos, (O. Sedlak).
- Introducción general a los métodos de construcción de carreteras forestales (O. Sedlak).
- Sábado, 20 de junio** Visita a Gmunden.
- Excursión a Hallstatt (R. Heinrich, D. Hanak-Hammer).
- Domingo, 21 de junio** Sin programa oficial.  
(visita a una iglesia).
- Excursión a la Abadía de Kremsmünster.

Lunes, 22 de junio

"Estabilización de terraplenes de carreteras mediante trabajos biológicos y de ingeniería en el caso de las carreteras forestales" (R. Heinrich).

"El empleo de maquinaria en la construcción de carreteras forestales con especial hincapié en la voladura de rocas en zonas de montaña" (W. Blaha).

"Aplicación práctica de los métodos de ensayo de suelos a las carreteras forestales" (J. Eisbacher).

Demostración de herramientas manuales modernas para actividades forestales, con hincapié en los aspectos ergonómicos y económicos (E. Feichtinger).

Martes, 23 de junio

"Organización del trabajo en el aprovechamiento de madera" (Personal del Centro de Capacitación).

"Estudios del Trabajo en Actividades Forestales" (Personal del Centro de Capacitación).

Capacitación práctica sobre estudios del trabajo en aclareos (J. Wenzl y personal).

Miércoles, 24 de junio

"Corrección de Torrentes y Carreteras Forestales" (H. Hattinger).

"Influencia de las carreteras forestales en el aumento de la sedimentación y los deslizamientos de tierras a causa de la escorrentía (H. Hattinger).

Capacitación práctica sobre estudios de tiempos (J. Wenzl y personal).

"Utilización de mediciones ergonómicas mediante telemetría y uso de computadoras, para determinar y evaluar los parámetros fisiológicos en el aprovechamiento mecanizado de madera" (J. Wenzl).

Jueves, 25 de junio

Elaboración de estudios de tiempos y desarrollo de programas de trabajo forestal (F. Schwendt).

"Sistemas de trabajo y costes de aprovechamiento de madera y su influencia sobre el trabajador forestal y el bosque" (F. Schwendt).

"Aprovechamiento mecanizado de la madera y realización óptima de accesos a los bosques" (F. Auböck).

Viernes, 26 de junio

Excursión a Gosau y Bad Goisern. Ejemplos de una carretera forestal en construcción; construcciones protectoras para carreteras forestales y deslizamientos de tierras; dique de retención en construcción. Observación de sistemas de aprovechamiento de madera con tecnología intermedia (H. Hattinger, R. Heinrich, M. Jedlitschka, O. Sedlak).

"Trabajos de ingeniería de torrentes para la protección de carreteras forestales de montaña en la Región de "Salzkammergut", Austria (M. Jedlitschka).

- Sr. E. Plattner, Director del Departamento Forestal, Ministerio Federal de Agricultura y Montes.

Reunión de despedida en el Centro de Capacitación Forestal, Ort.

Domingo, 28 de junio

Viaje de regreso en autobús desde Ort a Viena, Aeropuerto de Schwechat.



Trozas cargadas sobre camión mediante cable y cabrestante cargador incorporado (tiravira). (Foto: E. Pestal)



Trozas de troncos enteros transportadas con camión y remolque. Obsérvese la gran calidad de la carretera (curva y anchura) (Foto: E. Pestal)



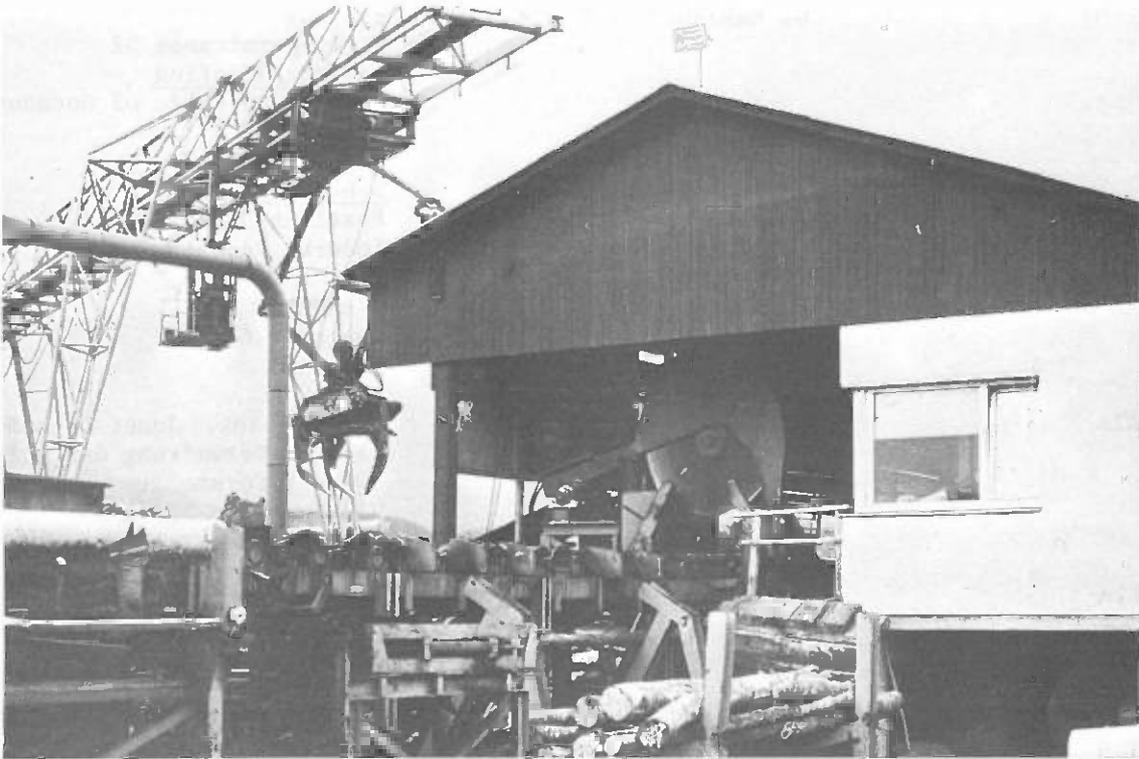
Transporte de trozas mediante camión de plataforma plana con remolque (estrecho) por una carretera forestal estrecha, en terreno de montaña (R. Heinrich).

LISTA DE PARTICIPANTES EN EL CURSO

<u>País</u>	<u>Nombre</u>	<u>Dirección</u>
BANGLADESH	M. ALI	c/o Divisional Forest Officer Chittagong Forest Division Forest Hill Chittagong
	A.Z.M. S. HUDA	c/o Divisional Forest Officer Chittagong Forest Division Forest Hill Chittagong
BHUTAN	K.B. PRADHAN	Forestry Development Project in Bhutan c/o Forest Department P.O. Box 130 Thimphu
	N.P. PRADHAN	Forestry Development Project in Bhutan c/o Forest Department P.O. Box 130 Thimphu
	W. PUNTSHO	Forestry Development Project in Bhutan c/o Forest Department P.O. Box 130 Thimphu
BURMA	H. AUNG	c/o Timber Corporation Rangoon
	S. RICHARD	c/o Timber Corporation Rangoon
	T. SAW	c/o Timber Corporation Rangoon
	W. SHEIN	c/o Timber Corporation Rangoon
	C. ZAN	c/o Timber Corporation Rangoon
CAMERUN	D.K. ATOK	SOFIBEL P.O. Box 1762 Yaoundé
	E. Ze MEKA	Direction des Eaux et Forêts B.P. 194 Yaoundé
CHILE	T. HOLMBERG	Casilla 10 Coyhaique
FIJI	V. MATAU	Fiji Pine Commission P.O. Box 521 Lautoka

<u>País</u>	<u>Nombre</u>	<u>Dirección</u>
GABON	E. AUBERT	B.P. 2255 Libreville
INDONESIA	S. MANGUNWIDJOJO	c/o FAO Representative P.O. Box 2338 Jakarta
	M. NATADIWIRYA	c/o FAO Representative P.O. Box 2338 Jakarta
	B.W. SOERYOSOEBAGYO	c/o FAO Representative P.O. Box 2338 Jakarta
JAMAICA	H. TRONS	c/o FAO Representative P.O. Box 1136 Kingston
	E. O'CONNOR	c/o FAO Representative P.O. Box 1136 Kingston
MALAWI	D.N. TEMBO	P.O. Box 30048 Lilongwe
MEXICO	N. MENDEZ MOLINA	Av. 5 de Mayo N° 11 Zacatlán Puebla
	F. VERA GAXIOLA	Departamento de Bosques Universidad Autónoma Chapingo Chapingo
	M. VILLAGOMEZ LOZA	C.I.F.O. Paseo L. Cardenas y Av. Latino- americana Uruapan, Michoacan
	V. ZAMBRANO GARCIA	Pablo García N° 68 Col. Juan Escutía México 9, D.F.
NEPAL	S.P. JOSHI	c/o Project Co-Manager Tinau Watershed Project Sata, Jawelekhel, Kathmandu
	R. SHRESTHA	13/66 Nara Devi Kathmandu
NIGERIA	A. ADEBAYO	c/o UNDP P.D. Box 2075 Lagos
PAKISTAN	M. AYAZ	c/o GTZ GmbH D-2636 Eschborn 1 Postfach 5180 Federal Republic of Germany
	A.K. KHATTAK	c/o DSE Wielingerstrasse 52 D-8133 Feldafing Federal Republic of Germany

<u>País</u>	<u>Nombre</u>	<u>Dirección</u>
PAKISTAN	G. MARJAN	c/o DSE Wielingerstrasse 52 D-8133 Feldafing Federal Republic of Germany
	M. ZARIF	c/o GTZ GmbH D-6236 Eschborn 1 Postfach 5180 Federal Republic of Germany
PANAMA	L. PINZON	c/o UNDP Apartado 6314 Panamá 5
POLONIA	J. WIDELKA	c/o Maj.Ing. Jozef Dygasiewicz General-Verwaltung der polnischen Staatsforste Ul. Wawelska 52-54 Warsaw
SOMALIA	A.H. MOHAMED	National Range Agency P.O. Box 1759 Mogadishu
SUDAN	F.A. MOHIE EL DEEN	Forests Administration P.O. Box 658 Khartoum
	M.H. OBEID	Forests Administration P.O. Box 658 Khartoum
TANZANIA	R.R. MASAO	Logging and Road Construction Project c/o Ministry of Natural Resources and Tourism P.O. Box 426 Dar-es-Salaam



Patio central de madera para descortezado, tronzado y clasificación de trozas listas para una nueva transformación (Foto: R. Heinrich)



Cargador de garras con ruedas, apilando y transportando trozas para un aserradero (Foto: R. Heinrich)

LISTA DE PERSONAL DIRECTIVO DEL CURSO, PROFESORES Y ORADORES

a) Comité Organizador Austríaco

FRAUENHOLZ Othmar, Dipl. Ing. Direktor	Leiter der Forstlichen Ausbildungsstätte, Ort A-4815 Ort b. Gmunden
HANAK-HAMMERL Diether, Dipl. Ing. Oberrat	Bundesministerium für Land-u. Forstwirtschaft Abt. VA3, Stubenring 1 A-1011 Viena
Kastner Alfred, Dipl. Ing. Dr. Rat	Leiter der Abt. VA5 Bundesministerium für Land-u. Forstwirtschaft Stubenring 1 A-1011 Viena
NEUBERGER Erich, Dipl. Ing. Dr. Ministerialrat	Leiter der Gruppe VA und der Abteilung VA3 Bundesministerium für Land-u. Forstwirtschaft Stubenring 1 A-1011 Viena
REDL Hermann, Dkfm. Dr. Ministerialrat	Leiter der Abt. IIIA3 Bundesministerium für Land-u. Forstwirtschaft Stubenring 1 A-1011 Viena
TRZESNIEWSKI Anton, Dipl. Ing. Direktor	Leiter der Forstlichen Ausbildungsstätte Ossiach. A-9570 Ossiach

b) Organizador de FAO

HEINRICH Rudolf, Dipl. Ing. Oficial Forestal	Subdirección de Explotación y Transporte Forestal Dirección de Industrias Forestales Departamento de Montes, FAO I-00100 Roma, Italia
---	--

c) Directores del Curso

FRAUENHOLZ Othmar, Dipl. Ing. Direktor	Leiter der Forstlichen Ausbildungsstätte Ort. A-4815 Ort b. Gmunden
HEINRICH Rudolf, Dipl. Ing. Oficial Forestal	Subdirección de Explotación y Transporte Forestal Dirección de Industrias Forestales Departamento de Montes, FAO I-00100 Roma, Italia
TRZESNIEWSKI Anton, Dipl. Ing. Direktor	Leiter der Forstlichen Ausbildungsstätte Ossiach. A-9570 Ossiach

d) Personal Administrativo, de Secretaría y Técnico

BASEL Elvira, Mag.	A-1010 Viena
BRAMBERGER Gerhard	Forstliche Ausbildungsstätte Ort A-4815 Ort b. Gmunden
BRANDL Josef	Forstliche Ausbildungsstätte Ossiach A-9570 Ossiach
CAMPANA Rudolf	Forstliche Ausbildungsstätte Ossiach A-9570 Ossiach

d) Personal Administrativo, de Secretaría y Técnico (cont.)

CHALOUPKA Christa	Bundesministerium für Land-u. Forstwirtschaft Stubenring 1 A-1011 Viena
CORDT Ursula, Mag.	A-1080 Viena
DETSCHNIG Alois	Forstliche Ausbildungsstätte Ossiach A-9570 Ossiach
FISCHER Hilde	Forstliche Ausbildungsstätte Ossiach A-9570 Ossiach
GERZER Peter	Forstliche Ausbildungsstätte Ort A-4815 Ort. b. Gmunden
GUTSCHIER Franz	Forstliche Ausbildungsstätte Ossiach A-9570 Ossiach
HORST Margarete Oberrevident	Forstliche Bundesversuchsanstalt Institut für Forsttechnik Schönbrunn, Tirolergarten A-1131 Viena
HUBER Walter	Forstliche Ausbildungsstätte Ossiach A-9570 Ossiach
HUSU Peter	Forstliche Ausbildungsstätte Ossiach A-9570 Ossiach
KATHOLNIG Karl	Forstliche Ausbildungsstätte Ossiach A-9570 Ossiach
KATLEIN Josef, Ing.	A-1080 Viena
KLAMMER Margarete	Forstliche Ausbildungsstätte Ossiach A-9570 Ossiach
KRAXNER Johann	Forstliche Ausbildungsstätte Ossiach A-9570 Ossiach
LENGER Adolf, Ing. Oberrevident	Forstliche Bundesversuchsanstalt Institut für Forsttechnik Schönbrunn, Tirolergarten A-1131 Viena
LICHTENEGGER Hans	Forstliche Ausbildungsstätte Ossiach A-9570 Ossiach
LUGMAYR Johannes	Forstliche Bundesversuchsanstalt Institut für Forsttechnik Schönbrunn, Tirolergarten A-1131 Viena
PAST Winfried, Ing.	Forstliche Ausbildungsstätte Ort A-4815 Ort b. Gmunden
PLASSER Franz	Forstliche Ausbildungsstätte Ort A-4815 Ort b. Gmunden
RADNER Irmgard	Forstliche Ausbildungsstätte Ort A-4815 Ort b. Gmunden

d) Personal Administrativo, de Secretaría y Técnico (cont.)

SCHMIDT Eirch	Forstliche Ausbildungsstätte Ossiach A-9570 Ossiach
SINGER Friedrich, Ing.	Forstliche Ausbildungsstätte Ossiach A-9570 Ossiach
SONNLEITNER Herbert	Forstliche Ausbildungsstätte Ossiach A-9570 Ossiach
WENTER Wolf, Ing.	Forstliche Bundesversuchsanstalt Institut für Forsttechnik Schönbrunn, Tirolergarten A-1131 Viena
WOLF Friedrich	Forstliche Ausbildungsstätte Ort A-4815 Ort b. Gmunden

e) Profesores y Örades

AUBOCK Felix, Dipl.Ing. Oberforstrat	Leiter des Bau.-und Maschinenhofes Steinkogl Österreichische Bundesforste Marxergasse 2 A-1031 Viena
BAUERNFRIED Peter, Ing. Fachlehrer	Forstliche Ausbildungsstätte Ossiach A-9570 Ossiach
BLAHA Willibald, Dipl.Ing. Oberforstrat	Niederösterreichische Landes-Landwirtschafts- kammer, Forstabteilung Löwelstrasse 12-6 A-1014 Viena
EGGER Johann, Dipl.Ing. Hofrat	Direktor der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Schönbrunn, Tirolergarten A-1131 Viena
EGGER Winfried, Dipl.Ing. Oberforstrat	Leiter des REFA - Referates Generaldirektion der Österreichischen Bundesforste Marxergasse 2 A-1031 Viena
EISBACHER Johann, Dipl.Ing. Rat	Forstliche Bundesversuchsanstalt Institut für Forsttechnik Schönbrunn, Tirolergarten A-1131 Viena
FEICHTINGER Erich, Ing.	Forstliche Ausbildungsstätte Ort A-4815 Ort b. Gmunden
HATTINGER Hubert, Dipl.Ing. Ministerialrat	Leiter der Gruppe VB Bundesministerium für Land-u. Forstwirtschaft Stubenring 1 A-1011 Viena
HEINRICH Rudolf, Dipl.Ing. Oficial Forestal	Subdirección de Explotación y Transporte Forestal Dirección de Industrias Forestales Departamento de Montes, FAO I-00100 Roma, Italia

e) Profesores y Oradores (cont.)

LETOURNEAU Leo R.	Jefe de la Subdirección de Explotación y Transporte Forestal Dirección de Industrias Forestales Departamento de Montes, FAO I-00100 Roma, Italia
PESTAL Ernst, o.Univ.Prof. Dipl.Ing.Dr.	Vorstand des Institutes für Forstliche Bauingenieurwesen und Waldarbeit Universität für Bodenkultur Peter-Jordan Strasse 82 A-1190 Viena
PLATTNER Edwin, Dipl.Ing. Sektionschef	Leiter der Sektion V Bundesministerium für Land-u. Forstwirtschaft Stubenring 1 A-1011 Viena
SCHWENDT Franz, Ing.	Forstliche Ausbildungsstätte Ort A-4815 Ort b. Gmunden
SEDLAK Otto, Dipl.Ing.Dr. Regierungsoberforstrat	Amt. der OÖ. Landestegierung Forsttechnische Abteilung Böhmerwaldstrasse 11, Hauserhof A-4010 Linz
SÖNNLEITNER Günther, Dipl.Ing.	Forstliche Ausbildungsstätte Ossiach A-9570 Ossiach
STRZYGOWSKI Walter, Ing.	Steyr-Daimler-Puch AG. Zweite Haidequerstrasse 3 A-1111 Viena
TRZESNIOWSKI Anton, Dipl.Ing. Direktor	Leiter der Forstlichen Ausbildungsstätte Ossiach A-9570 Ossiach
TÜCHY Edwin, Dipl.Ing. Ministerialrat	Bundesministerium für Land.u. Forstwirtschaft Abt. VA3 Stubenring 1 A-1011 Viena
WENCL Josef, Dipl.Ing. Oberrat	Forstliche Bundesversuchsanstalt Institut für Forsttechnik Schönbrunn, Tirolergarten A-1131 Viena

f) Personal que participó en las excursiones

CLAVADETSCHER Hans, Dipl.Ing. Forstdirektor	Hespa-Domäne A-9400 Wolfsberg
BRABECK Walter, Dipl.Ing. Forstmeister	Hespa-Domäne A-9400 Wolfsberg
DUSCHEK Eugen, Dipl.Ing. Oberforstrat	Leiter der Forstverwaltung Traunstein Österreichische Bundesforste Klosterplatz 2 A-4810 Gmunden
EGGL Franz, Dr.	Generaldirektor der Österreichischen Bundesforste Marxergasse 2 A-1031 Viena

f) Personal que participó en las excursiones (cont.)

GORTLER Raimund, Dipl.Ing.  
Direktor

Leiter der Höheren Technischen Lehranstalt  
für Holzwirtschaft  
A-5341 Kuchl

JEDLITSCHKA Manfred, Dipl.Ing.

Forsttechnischer Dienst für Wildabach-und  
Lawinenverbauung  
Traunreiterweg 5  
A-4820 Bad Ischl

KERBL Hermann, Ing.  
Revierförster

Agrargemeinschaft St. Konrad  
A-4817 St. Konrad

LENNKH Rudolf, Dipl.Ing.  
Oberforstrat

Leiter der Forstverwaltung Ort  
Österreichische Bundesforste  
Johann-Orth-Allee 15  
A-4815 Ort b. Gmunden

WEISZ Rüdiger, Dipl.Ing.  
Oberforstrat

Leiter der Forstverwaltung Villach  
Österreichische Bundesforste  
Völkendorferstrasse 1  
A-9500 Villach