

# **Infraestructuras de defensa contra incendios forestales**







© Ediciones AIFEMA, 2008  
ISBN: 978-84-612-5532-0  
D.L.: GR-1742-2008  
C/ GIRASOL, 20  
18290 El Chaparral (Granada)  
flinari@hotmail.com  
www.incendiosforestales.com  
958 49 51 36 - 655 63 51 44

Impreso en España  
Printed in Spain

Todos los contenidos de este libro han sido obtenidos por el autor, de fuentes de crédito. Las fotografías intentan reproducir lo más fielmente el objeto de estudio, los colaboradores, han expresado los contenidos lo más fielmente. Ni Ediciones Aifema, ni el autor, ni los colaboradores, se hacen responsables de daños ocasionados por el uso, o el mal uso de esta información (INFRAESTRUCTURAS DE DEFENSA CONTRA INCENDIOS FORESTALES).

La reproducción total o parcial de esta obra por cualquier procedimiento, incluidos la reprografía y el tratamiento informático, así como también la distribución de ejemplares a través de alquiler y préstamo, quedan prohibidas sin la autorización por escrito del editor y estarán sometidas a las sanciones establecidas por la ley.

Todas las fotos, ilustraciones y gráficos que aparecen en el libro han sido realizadas por Miguel Ángel Villalba Mezquita, con las siguientes excepciones:

Gráficos: ninguna excepción.

Ilustraciones:

1. Ilustraciones 7 y 8 (pag. 31 y 32): el fondo de las imágenes procede de manuales editados por el ICONA, el resto de las ilustraciones ha sido realizado por mí.
2. Ilustración 23 (pag. 173): procede de Internet, no recuerdo de donde.

Fotos:

1. La foto 3 (pag. 14) procede de la página web de Rosenbauer y la foto 89 (pag. 174) de la página web de Garmin.
2. Las fotos 8 (pag. 20), 11 (pag. 24), 12 (pag. 24), 13 (pag. 25), 16 (pag. 26), 22 (pag. 52) y 93 (pag. 180) son obtenidas de Internet de foros y sitios similares y no tienen derechos de autor.

# **INFRAESTRUCTURAS DE DEFENSA CONTRA INCENDIOS FORESTALES**

**Autor:**

**Coordinación:** Federico Linari Melfi  
Carmelo Fernández Vicente

**Autor:** Miguel Ángel Villalba Mezquita

**Corrección:** Irene Melfi Svetko



EDICIONES AIFEMA



<b>Presentación</b> .....	<b>9</b>
<b>Conceptos</b> .....	<b>13</b>
<b>Convenciones</b> .....	<b>18</b>

## Capítulo 1

<b>1. Propagación del incendio y lucha contra los incendios</b> .....	<b>23</b>
1.1. Como se produce el fuego .....	23
1.2. Qué es un incendio forestal .....	24
1.3. Propagación .....	25
1.4. Partes de un incendio .....	26
1.5. Medios de extinción de incendios .....	27
1.6. Capacidad de los medios terrestres para extinguir un incendio .....	31
1.7. Extinción de incendios .....	33
1.7.1. Técnicas .....	33
1.7.1.1. Ataque Directo .....	33
1.7.1.2. Ataque Indirecto .....	34
1.7.2. Procedimiento organizativo y fases .....	35
1.8. Necesidades derivadas de los requerimientos de la extinción de los incendios .....	38

## Capítulo 2

<b>2. Situación de los incendios forestales en España</b> .....	<b>41</b>
2.1. Evolución del número de incendios y de las superficies quemadas .....	41
2.2. Causas de los incendios .....	43
2.3. Situación y tendencia de la superficie forestal de España .....	45



2.4. Situación actual del problema de los incendios forestales en España	46
2.5. Caso de los EEUU	51

### Capítulo 3

<b>3. Política de lucha contra los incendios forestales</b>	<b>59</b>
3.1. Imposibilidad de evitar el incendio forestal	59
3.2. Ecología del fuego	60
3.3. Objetivos de la política de lucha contra los incendios forestales	67
3.4. Medidas tradicionales	71
3.5. Necesidades actuales de la lucha contra los incendios forestales	75
3.6. Consideraciones previas	76
3.7. Soluciones que se proponen	78
3.8. Plan de defensa contra incendios forestales	80

### Capítulo 4

<b>4. Eficacia de la construcción de las infraestructuras propuestas y justificación de la elección</b>	<b>83</b>
4.1. Objetivos	83
4.2. Redes de infraestructuras	86
4.3. Elección del modelo de infraestructuras	86
4.3.1. Infraestructuras de compartimentación	87
4.3.2. Infraestructuras de acceso	89
4.3.3. Infraestructuras de repostaje de agua	90
4.4. Justificación final	92

### Capítulo 5

<b>5. Proceso de planificación, diseño, construcción y mantenimiento</b>	<b>95</b>
5.1. Cumplimiento de la normativa	96
5.2. Evaluación del impacto ambiental de la construcción de infraestructuras y exposición de posibles medidas de corrección.	
Factores ambientales condicionantes	97
5.2.1. Factores ambientales condicionantes	108
5.3. Planificación y diseño	109
5.4. Objetivos	110
5.5. Prescripciones de las redes de infraestructuras	111
5.5.1. Red de compartimentación de la superficie forestal	112
5.5.1.1. Superficie rodeada de cortafuegos	113
5.5.1.2. Situación de los cortafuegos	116
5.5.1.3. Anchura de los cortafuegos	119
5.5.1.4. Accesibilidad para vehículos	119
5.5.2. Red de accesos	120
5.5.2.1. Accesibilidad de los vehículos a motor	120



5.5.2.2. Distancia máxima desde cualquier punto de la superficie forestal a un acceso .....	125
5.5.2.3. Situación de los accesos dentro de la Red .....	127
5.5.2.4. Situación de los caminos en el relieve del terreno .....	128
5.5.2.5. Construcción .....	131
5.5.2.5.1. Taludes, terraplenes y drenajes longitudinales .....	132
5.5.2.5.2. Drenajes transversales .....	134
5.5.2.5.2.1. Drenajes transversales para caminos sin cuneta ..	135
5.5.2.5.2.2. Elección del modelo de paso de agua .....	135
5.5.2.5.2.3. Pasos de agua en caminos con cuneta y situados en los lugares que no son vaguadas. Elección de cantidad de pasos y diámetro .....	137
5.5.2.5.2.4. Elección de drenaje transversal para atravesar vaguadas .....	138
5.5.2.5.2.4.1. Pasos de agua en vaguadas .....	139
5.5.2.5.2.4.2. Badén .....	140
5.5.2.5.2.4.3. Elección entre pasos de agua y badenes .....	140
5.5.2.5.2.4.4. Superación de nuestra capacidad de construcción de drenajes .....	142
5.5.2.5.2.4.5. Sobredimensionamiento de los drenajes transversales .....	143
5.5.2.5.3. Construcción de caminos en etapas .....	144
5.5.2.6. Usos de los accesos .....	145
5.5.2.7. Resumen .....	148
5.5.3. Red de puntos de repostaje de agua .....	152
5.5.3.1. Utilización de los puntos de agua .....	153
5.5.3.2. Utilización de los puntos de agua por los medios de extinción de incendios .....	153
5.5.3.2.1. Utilización de los puntos de agua por las autobombas ..	153
5.5.3.2.2. Utilización de los puntos de agua por vehículos nodriza .....	155
5.5.3.2.3. Utilización de los puntos de agua por helicópteros de extinción .....	155
5.5.3.3. Situación de los puntos de agua dentro de la Red .....	156
5.5.3.4. Disponibilidad de agua .....	157
5.5.3.5. Situación de los puntos de agua en el terreno .....	158
5.5.3.6. Situación de los puntos de agua respecto a los accesos .....	159
5.5.3.7. Toma de agua .....	160
5.5.3.8. Limpieza del estanque .....	160
5.5.3.9. Evitar ahogamiento de la fauna .....	161
5.6. Fases del proceso de planificación y diseño .....	162
5.7. Diseño de las redes de infraestructuras .....	164
5.7.1. Proceso diseño Red de Compartimentación .....	165
5.7.2. Proceso diseño Red de Accesos .....	170
5.7.3. Proceso diseño Red de Puntos de Agua .....	180

5.8. Maquinaria, herramientas e instrumentos a emplear en las labores de construcción y mantenimiento .....	182
5.8.1. Maquinaria .....	183
5.8.2. Herramientas .....	191
5.8.2.1. Herramientas a utilizar en la apertura manual de cortafuegos .....	191
5.8.2.2. Herramientas a utilizar en la construcción de caminos y puntos de agua .....	192
5.8.3. Instrumentos .....	192
5.8.3.1. Cintas métricas .....	192
5.8.3.2. Receptor GPS .....	193
5.8.3.3. Clisímetro .....	195
5.9. Construcción .....	197
5.9.1. Cortafuegos .....	197
5.9.1.1. Replanteo .....	198
5.9.1.2. Apertura .....	200
5.9.1.2.1. Apertura con bulldozer .....	200
5.9.1.2.1.1. Arbolado .....	200
5.9.1.2.1.2. Matorral .....	200
5.9.1.2.2. Apertura en zonas difíciles .....	202
5.9.1.3. Drenajes .....	204
5.9.1.4. Pasada transitable .....	205
5.9.1.5. Punto de acceso con vehículos de ruedas .....	206
5.9.1.6. Cruce con caminos .....	207
5.9.1.7. Reducción de impactos .....	207
5.9.2. Caminos .....	209
5.9.2.1. Replanteo .....	209
5.9.2.2. Eliminación de la vegetación y de la capa de tierra vegetal .....	212
5.9.2.3. Desmonte .....	215
5.9.2.4. Taluzado .....	217
5.9.2.5. Terraplén .....	219
5.9.2.6. Explanación y acondicionamiento del firme .....	220
5.9.2.7. Apertura de cuneta .....	223
5.9.2.8. Eliminación de zonas húmedas .....	224
5.9.2.9. Paso de vaguadas .....	226
5.9.2.10. Badenes .....	231
5.9.2.11. Pasos de agua en lugares del camino que no son vaguadas .....	233
5.9.2.12. Cruce de vehículos y cambios de sentido .....	236
5.9.2.13. Caminos sin cuneta .....	238
5.9.2.14. Señalización de los caminos .....	239
5.9.2.15. Límite de velocidad .....	239
5.9.3. Puntos de agua .....	241
5.9.3.1. Replanteo .....	241
5.9.3.2. Movimiento de tierra .....	241



5.9.3.3. Estanque .....	243
5.9.3.4. Desagüe .....	244
5.9.3.5. Entrada de agua .....	244
5.9.3.6. Captación de agua .....	245
5.9.3.7. Canalización .....	246
5.9.3.8. Barrera de carga de agua .....	246
5.9.3.9. Otras cuestiones a tener en cuenta .....	247
5.10. Mantenimiento .....	249
5.10.1. Cortafuegos .....	249
5.10.2. Caminos .....	249
5.10.2.1. Operaciones de mantenimiento .....	249
5.10.2.2. Mantenimiento de los caminos y extinción de incendios .....	251
5.10.2.3. Operaciones de mantenimiento según tipo de camino .....	252
5.10.2.4. Tabla resumen de periodicidad de mantenimiento de los caminos .....	253
5.10.3. Puntos de agua .....	253
5.11. Prevención de riesgos laborales .....	254
5.12. Rendimientos y costes .....	256
5.12.1. Cortafuegos .....	256
5.12.2. Caminos .....	258
5.12.2.1. Construcción .....	258
5.12.2.1.1. Replanteo .....	258
5.12.2.1.2. Eliminación de la vegetación y de la capa de tierra vegetal .....	259
5.12.2.1.3. Desmante, explanación y terraplén .....	260
5.12.2.1.4. Taluzado .....	260
5.12.2.1.5. Apertura de cuneta .....	261
5.12.2.1.6. Demolición de roca con martillo hidráulico .....	262
5.12.2.1.7. Refino .....	262
5.12.2.1.8. Riego y compactación .....	263
5.12.2.1.9. Eliminación de zonas húmedas .....	263
5.12.2.1.10. Construcción de badén .....	264
5.12.2.1.11. Colocación de pasos de agua .....	265
5.12.2.1.12. Resumen de proceso de construcción .....	266
5.12.2.2. Mantenimiento .....	266
5.12.2.2.1. Desbroce de márgenes con tractor y brazo desbrozador .....	267
5.12.2.2.2. Limpieza de plataforma con motoniveladora .....	267
5.12.3. Puntos de agua .....	268
<b>Ejemplo de modelo de gestión .....</b>	<b>269</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>270</b>



## Presentación

Esta publicación pretende ser un manual práctico para la planificación, construcción y mantenimiento de infraestructuras, que tienen como principal finalidad la defensa de la vegetación forestal frente a los incendios forestales, aunque también tendrán otros usos relacionados con la gestión, conservación y explotación de los montes.

Con este manual se pretende aportar soluciones a problemas que se plantean durante el diseño, construcción y mantenimiento de ese tipo de infraestructuras. Esas soluciones serán lo más simples posible y para ello propondremos la utilización de métodos sencillos, que requieran una mínima infraestructura técnica y sistemas de construcción y mantenimiento del menor coste que sea posible. Pero a la vez, trataremos de conseguir el máximo de objetivos con cada una de las actuaciones.

El diseño y construcción de este tipo de infraestructuras, de la forma en la que se plantea en este manual, no sólo es una parte de la técnica forestal, sino que son actuaciones que se encuadrarían dentro de una determinada política de lucha contra los incendios forestales. Esta política está basada en la integración del fuego en el ecosistema forestal y no en la lucha por la exclusión del fuego del monte. Por ello, las actuaciones que aquí proponemos, están muy relacionadas con una determinada forma de gestión de la vegetación forestal y son una parte imprescindible de esa tarea de gestión de la vegetación.

Se pretende que este manual sirva de ayuda tanto para resolver los problemas que hemos comentado, como para evaluar la adecuación de infraestructuras existentes y fomentar su mejora.

Las infraestructuras para la defensa de la vegetación forestal frente a los incendios forestales a las que nos vamos a referir son los caminos, los cortafuegos y los puntos de agua; entendiendo cada una de ellas según las definiciones que más adelante se expondrán.

En la lucha contra los incendios forestales se utilizan múltiples medios e infraestructuras para solucionar las diferentes necesidades de gestión, logística, operatividad, etc. Algunas de esas infraestructuras son: bases de helicópteros (pistas de aterrizaje, centros de control, locales de los operarios, almacenes, etc.), bases de aviones (pistas, centros, etc.), centros de mando, almacenes de material, garajes de vehículos, puestos fijos de vigilancia, etc.

La planificación previa de la construcción de ese tipo de infraestructuras (situación, características, dimensiones, etc.) está relacionada con la planificación general de la lucha contra los incendios forestales (aunque también suelen influir muchos otros factores: organización política, condiciones climáticas locales, disposición de terrenos, etc.), pero su construcción y mantenimiento ya tiene poco que ver con las necesidades generales de la lucha contra los incendios forestales y menos con otro tipo de técnicas y prescripciones: construcción civil, urbanismo, aviación civil, etc., ni tampoco suelen tener influencia en la gestión de la superficie forestal.

Por ello, aquí tratamos solamente sobre los tipos de infraestructuras comentadas, ya que ese tipo de infraestructuras tiene una implicación directa tanto en la gestión de la superficie forestal como en la extinción de los incendios forestales.

Comenzaremos definiendo algunas palabras de uso poco común, o que utilizadas en el contexto forestal pueden tener matices de significado distinto de los generales y estableceremos un determinado significado para otras palabras, con el fin de no estar continuamente explicando el sentido con el que las utilizamos.

Luego expondremos algunas definiciones sobre lo que es el fuego y el incendio forestal, sobre como se comporta el incendio forestal, sobre los medios, técnicas y procedimientos que actualmente se utilizan en la extinción de incendios y las necesidades de gestión y organización de los montes que se derivan de esa forma actual de luchar contra los incendios forestales.

A continuación, mediante una serie de gráficos, repasamos cual ha sido la evolución de los incendios forestales en España, cual es la situación actual y la relación del problema de los incendios con la evolución de la superficie forestal. Compararemos esos datos y situaciones con la historia de lucha contra los incendios forestales en los Estados Unidos, porque consideramos que del conocimiento de ese caso se pueden extraer conclusiones que

sirvan para afrontar el futuro de la lucha contra los incendios forestales en España.

Las actuales especies y ecosistemas forestales han evolucionado en un ambiente en el que siempre han existido los incendios forestales, por lo que, y al margen de la intervención humana en la modificación del régimen de incendios y de los ecosistemas forestales, tienen que existir procesos naturales de relación de la vegetación forestal con el fuego.

En función de esa ecología del fuego, de la forma actual de combatir los incendios forestales, de la situación actual del problema de los incendios y del estado y evolución de la superficie forestal, definiremos una posible política a seguir para convivir con los incendios forestales sin que estos supongan un problema. La creación de las redes de infraestructuras que aquí proponemos, no podría plantearse de forma independiente de todos los factores anteriormente comentados, sino que su eficacia dependerá de la aplicación de esa determinada política.

Examinaremos algunas actuaciones que se han venido realizando para la prevención de incendios y en función de las necesidades actuales y futuras de la lucha contra los incendios forestales, expondremos las soluciones que consideramos deben aplicarse y su forma de aplicación. Anteriormente a ello, aclararemos algunas afirmaciones que suelen hacerse sobre el problema de los incendios forestales y sobre sus posibles soluciones.

Teniendo definido el escenario en el que consideremos que se debe desarrollar el trabajo de creación de esas redes de infraestructuras, exponemos los objetivos concretos que pretendemos conseguir con su creación y los motivos por los que elegimos unos determinados modelos de infraestructuras.

Habiendo realizado todos los planteamientos anteriores, pasamos a explicar la totalidad del proceso de creación de esas redes de infraestructuras, explicando cada una de las fases y pasos a seguir. Trataremos también de la normativa que se debe cumplir, de los impactos que estas infraestructuras pueden producir, de las medidas de corrección y de la prevención de los riesgos laborales que pueden producirse en la realización de este tipo de trabajos.

Finalmente expondremos un esquema “tipo” de gestión de la superficie forestal, según la política que hemos planteado y en el cual encajaría la existencia de este tipo de infraestructuras de defensa contra los incendios forestales.

Al explicar las diferentes fases y pasos a seguir durante el proceso de creación de esas redes de infraestructuras, haremos referencia a la necesidad de utilizar diferentes herramientas informáticas, ya que aunque es posible la

realización de todos los trabajos sin utilizar esas herramientas informáticas, su utilización simplifica y facilita enormemente el trabajo. Para evitar referirnos a marcas comerciales o modelos concretos, sólo señalaremos la posibilidad de utilización de la informática en aquellas situaciones donde así suceda, y dejaremos a la elección del usuario la utilización de unas u otras de las diferentes aplicaciones existentes.

En consecuencia con esto, se recomienda que quienes vayan a participar en los procesos de diseño y construcción de este tipo de infraestructuras, especialmente en los de diseño, dispongan de conocimientos generales de informática y concretamente sobre Sistemas de Información Geográfica (S.I.G.).

Consideramos que las explicaciones sobre la política de lucha contra los incendios forestales que aquí proponemos, sobre el conjunto de soluciones a aplicar al problema actual de los incendios forestales y sobre los procesos de diseño y creación de este tipo de infraestructuras, pueden ser comprendidas por cualquier persona que disponga de unos conocimientos básicos sobre el funcionamiento del medio natural y sobre la técnica forestal.

Respecto a los procesos concretos de diseño y construcción de estas infraestructuras, deberán ser desarrollados por personas que posean conocimientos técnicos específicos sobre las diferentes técnicas a utilizar, como: mediciones topográficas, técnicas de construcción civil, utilización de hormigón, manejo de maquinaria, equipo de protección, etc.; bien sea de todas ellas o de aquellas correspondientes a un tipo de actuación concreta en la que vayan a participar.



## Conceptos

Hacemos en este apartado una descripción de aquellas palabras que por su especificidad no son comunmente usadas y de palabras que se utilizan en el lenguaje forestal, e ilustramos algunos conceptos relacionados con la construcción de caminos:

**Altitud:** distancia vertical de un punto de la tierra respecto al nivel del mar.

**Angledozer:** situación de la cuchilla del bulldozer cuando puede ser orientada en un plano horizontal con relación al eje longitudinal del tractor.

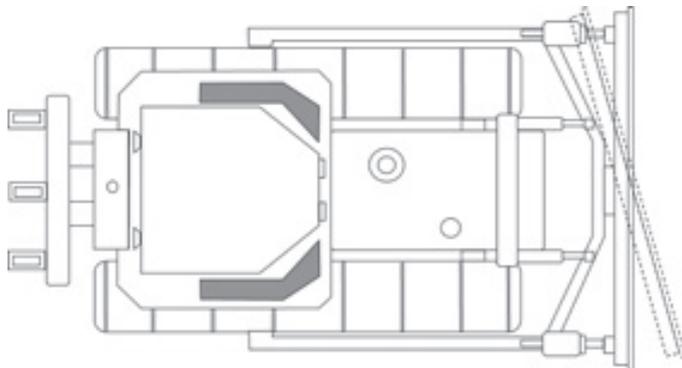


Ilustración angledozer

**Coordenadas:** se denominan así a las líneas que sirven para determinar la posición de un punto y a los datos que definen la posición de ese punto. Para la representación cartográfica se utilizan dos tipos de sistemas de coordenadas: geográficas – determinan la posición de un punto mediante grados, minutos y segundos – y UTM – determinan la posición de un punto mediante la distancia

de ese punto al origen de ese sistema de coordenadas –.

**Cuneta:** es la zanja existente en uno o ambos lados de un camino o carretera y que sirve para recibir las aguas de las precipitaciones.

**Curvas de nivel:** son las líneas que unen los puntos de terreno que están situados a la misma altitud. Sirven para representar el relieve en un mapa y se suelen representar con una diferencia de altitud de 10 o 20 metros.

**Desmante:** parte del perfil natural del terreno que se arranca durante la apertura del camino. También llamaremos desmante a la fase del trabajo de construcción del camino que consiste en realizar esta operación.

**Divisoria de aguas:** es la línea del terreno que define que el destino del agua de las precipitaciones se dirija hacia cuencas de desagüe distintas.

**FCC:** Fracción de Cobertura Cubierta. Es la proporción de suelo cubierto por la proyección de las copas de los árboles. Se expresa en tantos por ciento.

**Firme:** parte superior de la plataforma del camino sobre el que circulan los vehículos.

**GPS:** llamaremos GPS al aparato que funciona como receptor de la señal de radio del sistema GPS - Global Positioning System (Sistema de Posicionamiento Global) y que mediante esa señal puede determinar la posición de cualquier punto (y por lo tanto la del usuario del aparato) de la superficie terrestre y mostrarla en un sistema de coordenadas geográficas.

**Línea de agua:** llamaremos así a la línea formada por una o varias mangueras, a través de la cual se envía agua hasta el frente de llamas o cualquier otra parte de un incendio forestal.

**Línea de máxima pendiente:** línea del terreno en la que la pendiente longitudinal es máxima.

**MDE:** Modelo Digital de Elevaciones. Se denomina Modelo Digital del Terreno (MDT) a una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua, como puede ser la temperatura, la cota o la presión atmosférica.

Cuando la variable a representar es la cota o altura del terreno se denomina Modelo Digital de Elevaciones o MDE.

El MDE es una parte esencial del Sistema de Información Geográfica.

**Paso canadiense:** es una infraestructura que se coloca transversalmente en un camino y que manteniendo siempre el camino abierto para la circulación de

vehículos, evita el paso del ganado.

Consiste en una zanja de unos 70 cm. de profundidad, cubierta por una rejilla (generalmente de acero), que soporta el paso de los vehículos. El ganado se asusta debido a la zanja que ve a través de la rejilla y no cruza el paso.



Ejemplo de paso canadiense

**Paso de agua:** construcción subterránea que se coloca transversalmente en el camino y que sirve para evacuar el agua de la cuneta al otro lado del camino, permitiendo la circulación de los vehículos por encima del paso.

**Pendiente:** medida de la inclinación del terreno. Generalmente se expresa en tantos por ciento y consiste en el porcentaje que representa la diferencia de altura entre dos puntos respecto a la distancia longitudinal medida sobre el plano, que existe entre ellos.

**Pendiente longitudinal del terreno:** la pendiente longitudinal del terreno se suele referir a la línea de máxima pendiente.

**Pendiente longitudinal y transversal de la infraestructura:** pendiente longitudinal es la pendiente del eje longitudinal de la infraestructura y pendiente transversal es la pendiente del eje perpendicular a ese eje longitudinal.

**Plataforma del camino:** superficie de la parte superior del camino destinada a la circulación de los vehículos, que resulta de las operaciones de desmonte y explanación y que está comprendida entre el borde de la cuneta y la parte

interior del terraplén del camino. Sólo se considera plataforma a la parte de esa superficie comprendida entre bordes asentados y que no se pueden desprender.

**Radio de la curva:** el radio de una curva se corresponde con el radio de la circunferencia de la cual esa curva sería un segmento.

**Riper:** arado situado en la parte trasera del bulldozer, generalmente compuesto por tres rejonas, y que sirve para introducirlo en el suelo y realizar diferentes trabajos: laboreo del suelo, drenajes, rotura de materiales duros, etc.



Riper bulldozer

**Sección transversal del camino:** longitud transversal de la plataforma del camino.

**SIG:** Sistema de Información Geográfica. Sistema de hardware, software y procedimientos, diseñado para realizar la captura, almacenamiento, manipulación, análisis, modelización y presentación de datos referenciados espacialmente para la resolución de problemas complejos de planificación y gestión.

**Talud:** inclinación del terreno original, resultante de la operación de desmonte.

**Terraplén:** parte exterior a la plataforma del camino, situada sobre el terreno original y creada por el depósito de los materiales removidos en el desmonte.

**Tildozer:** situación de la cuchilla del bulldozer cuando puede pivotar en su plano alrededor del eje longitudinal del tractor.

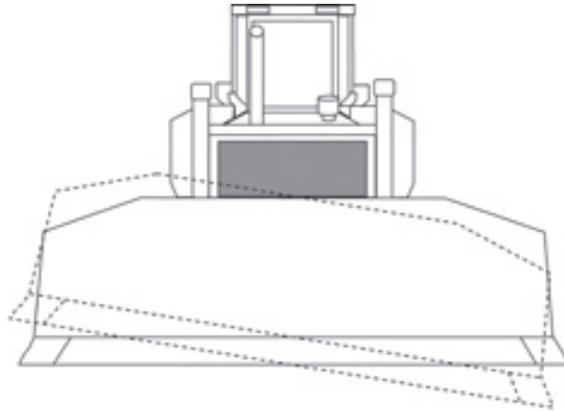


Ilustración tildozer

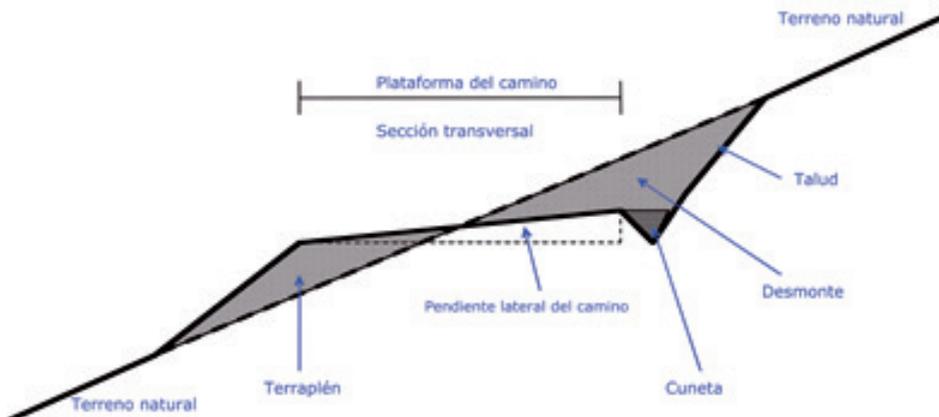
**Tierra vegetal:** capa superior del suelo que contiene materia orgánica y de la que obtiene nutrientes la vegetación.

**Trincheras:** desmonte hecho en el terreno con taludes por ambos lados.

**Volumen:** magnitud física que expresa la extensión de un cuerpo en tres dimensiones: largo, ancho y alto. La unidad de expresión es el metro cúbico.

**Zahorras artificiales:** Se define como zahorra artificial el material granular formado por áridos machacados (grava, rocas, canto de río...), total o parcialmente, cuya granulometría es de tipo continuo.

En la siguiente ilustración se muestran una serie de conceptos esenciales relacionados con la construcción de caminos:





## Convenciones

En este apartado estableceremos un determinado significado para algunas palabras, el cual utilizaremos para agilizar la exposición y no tener que hacer continuas explicaciones sobre el término utilizado y aclararemos el sentido con el que utilizaremos otras.

En primer lugar aclaramos que cuando nos referimos al problema de los **incendios forestales**, a la política de lucha contra los incendios, etc.; nos referimos a aquellas situaciones en las que los incendios forestales se convierten en un problema, debido a que, como se describirá más adelante, el período de retorno de los incendios es (o puede ser) corto. Principalmente zonas de clima mediterráneo y zonas de clima atlántico en las que la degradación de la vegetación haya sustituido el bosque atlántico por matorral u otro tipo de vegetación más combustible. No se excluye que las propuestas puedan ser aplicadas en otras circunstancias (bosque atlántico, bosque de montaña, etc.), pero su máxima efectividad se dará en aquellos lugares en los que se produzcan las circunstancias comentadas.

Las siguientes palabras las utilizamos con el significado que a continuación exponemos:

**Aplicación informática:** denominaremos aplicación informática a cualquier programa informático que nos sirva para realizar algunas de las tareas del proceso de diseño y construcción de este tipo de infraestructuras. Para evitar entrar en detalles del funcionamiento de esas aplicaciones y aludir a marcas comerciales concretas, simplemente mencionaremos la existencia

de esas aplicaciones informáticas y de las tareas que es posible realizar con ellas, correspondería a cada uno de los usuarios decidirse por una aplicación concreta y adiestrarse en su manejo.

**Autobomba forestal:** una autobomba consiste básicamente en un vehículo provisto de un depósito para transportar agua y de una bomba de agua y que sirve para sofocar incendios.

En nuestro caso denominaremos autobomba forestal a un vehículo que cumple esos criterios y tiene además estas características:

- Gran capacidad todo terreno y tracción en las cuatro ruedas.
- Potencia mínima de 150 CV.
- Capacidad mínima del depósito de 3.000 litros.
- Anchura máxima de 2,5 metros.

La autobomba de la fotografía sería uno de los modelos a los que nos estamos refiriendo.



**Bulldozer:** el bulldozer es una máquina de excavación y empuje, que se compone básicamente de un tractor con una cuchilla situada en la parte delantera. De las diferentes configuraciones que existen para este tipo de máquina (cadenas, neumáticos, chasis rígido o articulado, arados o cabestrante en la parte trasera...), nosotros denominaremos bulldozer al tractor de cadenas, de chasis rígido, dotado en la parte delantera de una cuchilla horizontal y perpendicular al eje longitudinal del tractor y de un ripper en la parte trasera. La cuchilla se fija al chasis del tractor mediante dos largueros muy fuertes que permiten un movimiento de subida y bajada, al ser accionados por cilindros hidráulicos.

La cuchilla también dispondrá de mecanismos (manuales o hidráulicos, en las máquinas más modernas todos esos mecanismos son accionados por cilindros hidráulicos) que le permitirán adoptar las posiciones de angledozer y tildozer.

Esta máquina nos va a servir para hacer gran parte de las tareas de construcción y mantenimiento del tipo de infraestructuras de las que estamos tratando, realizando tareas como el desbroce de la vegetación en la apertura de caminos y cortafuegos, el desmote en la construcción de caminos, explanaciones, apertura de cuneta, mantenimiento de cortafuegos, etc.



**Camino:** al tratar de caminos nos referiremos a vías de comunicación construidas sobre el suelo natural, en algunos casos con firme consolidado con otros materiales, que permiten la circulación de vehículos y que sirven para las diversas tareas de gestión y protección del monte. En función del tipo de vehículos que pueden circular por cada camino, crearemos una clasificación de los caminos y estableceremos una serie de prescripciones que deben cumplir.



Ejemplo de camino de Primer Orden

**Carreteras:** denominaremos carreteras a todas aquellas vías de comunicación, urbanas e interurbanas, tales como: carreteras locales, autovías, autopistas, etc. y a todos aquellos otros caminos aptos para la circulación de vehículos (asfaltados, pavimentados, de tierra, etc.), tales como: caminos agrícolas realizados en la concentración parcelaria, caminos de acceso a parques eólicos, caminos de acceso a canteras, etc.; siempre que cualquiera de ellos pueda formar parte de las Redes de Infraestructuras de las que estamos tratando, cuando su función principal no está relacionada con la gestión del monte y cuando cumplan como mínimo las condiciones que más adelante estableceremos para los Caminos de Primer Orden.

Cualquier vía de comunicación que pueda formar parte de esas Redes de Infraestructuras y que no cumpla las condiciones de los Caminos de Primer Orden, la denominaremos Camino y la clasificaremos según la clasificación que más adelante estableceremos para los caminos.

**Cortafuegos:** denominaremos cortafuegos a una faja lineal de determinada anchura, en la cual se elimina la totalidad de la vegetación hasta el suelo mineral y que generalmente permiten la circulación de vehículos todo terreno. Posteriormente estableceremos una serie de prescripciones que deben cumplir los cortafuegos.



Ejemplo de cortafuegos

**Góndola:** denominaremos góndola al conjunto formado por una cabeza tractora y un remolque. El remolque consiste en una plataforma adaptada para el transporte de maquinaria que puede subir y bajar la maquinaria por sus propios medios.



Foto góndola con bulldozer

**Punto de agua:** denominaremos punto de agua a un estanque de almacenamiento de agua cuyo principal destino es el abastecimiento de agua para los medios de extinción de incendios. Elegiremos un determinado modelo de punto de agua que explicaremos más adelante.



## Propagación del incendio y lucha contra los incendios

### 1.1. Como se produce el fuego

El fuego es la manifestación visible de una reacción físico – química, denominada combustión y que se produce al aplicar calor a una sustancia combustible en presencia del aire, originándose desprendimiento de calor y en algunos casos, también de luz.

Los tres elementos necesarios para que se produzca la combustión son:

- **Combustible** (gasolina, carbón, madera, etc.).
- **Comburente** (Sustancias oxidantes que hacen entrar a otras en combustión. El oxígeno del aire).
- **Energía de activación** (Aporta la energía que desencadena la reacción. Una fuente de calor).

**Combustible + Comburente + Energía de Activación = Fuego**

Por ello debemos tener en cuenta que para que un fuego comience o se mantenga, es condición indispensable que concurren en el mismo sitio y al mismo tiempo los tres elementos antes citados: combustible, aire y calor.

Asimismo para detener un incendio, basta con eliminar alguno de los tres elementos de la cadena y en eso se basa la extinción de los incendios forestales.



## 1.2. Qué es un incendio forestal

Cuando el fuego se propaga sin control a través de un terreno forestal, quemando la vegetación, decimos que es un incendio forestal.



Partiendo de esa definición podemos ver que en los incendios forestales existen dos partes diferenciadas: el inicio del fuego y su propagación.

El inicio del incendio forestal puede producirse por causa natural: rayos; o por causas humanas. Los incendios de origen humano pueden ser debidos a negligencias: escapes de quemas de basuras, escapes de quemas de rastros, etc.; accidentes: rotura de líneas eléctricas, accidentes de vehículos, etc.; o debidos a actos intencionados: por vandalismo, venganzas, protestas o buscando un beneficio económico (regeneración de pastos, facilitar la caza, etc.).

Independientemente de cual sea la causa que inicie el fuego, la propagación del incendio siempre va a depender de unos factores físicos y la velocidad de propagación e intensidad del fuego serán función de los valores de esos factores.

La causa que va a provocar un incendio y el lugar y momento en el que se producirá, son impredecibles, pero saber anticipadamente cual puede ser la propagación de un incendio en un determinado lugar y en unas determinadas condiciones, es posible y en consecuencia podremos actuar para establecer la forma en la que queremos que se produzca la propagación del incendio en ese lugar y en esas condiciones y evitar la forma en la que no queremos que se produzca.

### 1.3. Propagación

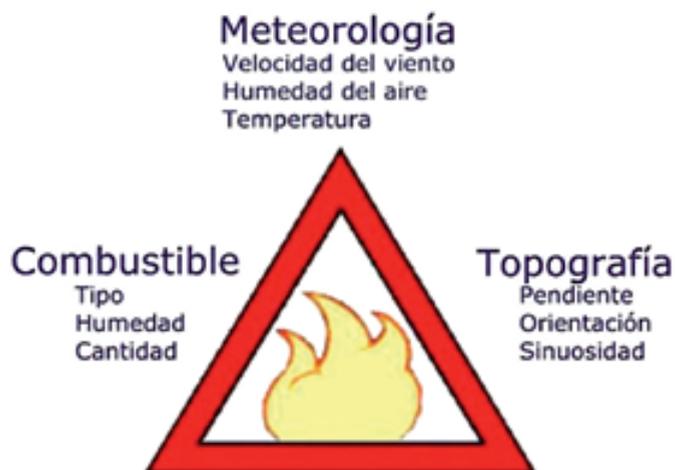
Como hemos dicho, la característica del fuego forestal es que se desplaza, que se propaga. Ese desplazamiento cumple las leyes físicas y está regulado por unos determinados factores, que son: el combustible, la orografía y la meteorología.

Esos factores van a influir en que aumente o disminuya la velocidad de propagación y la intensidad del fuego y en consecuencia, para que el incendio sea más o menos destructivo y para que la extinción del incendio tenga más o menos dificultades.

La influencia de cada uno de esos factores en el comportamiento del fuego, depende de varias características de cada uno de ellos, que son:

- En el caso de la **topografía**: la pendiente, la orientación y la orografía más o menos accidentada.
- En el caso de las **condiciones meteorológicas**: la velocidad del viento, la humedad del aire y la temperatura.
- Para el **combustible**: el modelo del combustible (tipo, forma, situación, tamaño, etc.), la disponibilidad coyuntural (que es la disponibili-

dad para arder del combustible cuando aparece un medio de ignición y depende de su contenido de humedad que será función de la humedad ambiental) y la carga del combustible (cantidad de materia vegetal por hectárea, se mide en toneladas por hectárea).



Como más adelante explicaremos, la combinación de valores extremos de los factores que intervienen en la propagación del incendio, genera incendios incontrolables. Para evitar que se produzca esa situación, el único factor de los que intervienen en la propagación del incendio y sobre el que las personas podemos actuar para disminuir la intensidad del fuego, es el combustible y podremos actuar cambiando el modelo de combustible y/o disminuyendo la cantidad de combustible por hectárea, ya que modificar la humedad del combustible es imposible.

#### 1.4. Partes de un incendio

En un incendio forestal pueden distinguirse varias partes.

- **Borde o perímetro:** Es el perímetro del incendio, incluyendo la zona apagada y la zona en llamas.
- **Cabeza:** Es la parte del perímetro por donde el incendio avanza con mayor rapidez, generalmente aquella que tiene el viento a favor.
- **Cola:** Es la parte del borde por donde el incendio avanza más despacio, generalmente aquella que tiene el viento en contra.
- **Flancos:** Son los laterales de la cabeza y cola del incendio. Se les da

el nombre del punto geográfico hacia el que avanzan: Flanco Norte, Flanco Oeste, etc.

- **Focos secundarios o puntos de fuego:** Lugares alejados del perímetro del incendio en los que se inicia el fuego. Normalmente producidos, por que el aire transporta material ardiendo desde el incendio principal y al caer al suelo provoca nuevos incendios.



### 1.5. Medios de extinción de incendios

En la extinción de los incendios participan personas y se utilizan herramientas, máquinas, etc. Aquellos que participan directamente en la extinción del incendio los denominamos medios de extinción de incendios y podemos dividirlos en medios de tierra y medios aéreos.

Describiremos brevemente aquellos cuya utilización es más común.

Los medios de tierra serían: brigadas, autobombas, camiones nodriza y bulldozer.

Las **brigadas forestales**, son grupos de personas, con un responsable al frente, capacitadas para trabajar en la extinción de incendios forestales, usando agua o eliminando el combustible, abriendo líneas de defensa o por quema controlada.

En general, es un grupo de 6 – 8 personas y un capataz. Disponen de un vehículo todo terreno con el que acuden a los incendios y en el que transportan las herramientas necesaria para trabajar en la extinción de los incendios.



Un tipo especial de brigadas son las brigadas helitransportadas, normalmente situadas en una base, en la que también se encuentra el helicóptero que transporta a la brigada y las herramientas al lugar del incendio.



Las **autobombas** son unos vehículos todo terreno, que llevan un depósito de agua y tienen una bomba (en general accionada por el motor del vehículo, aunque también existen algunos con un motor independiente para accionar esa bomba), con la que sacan el agua del depósito y la mandan a presión por una manguera para hacerla llegar hasta donde se encuentran las llamas del incendio. Al final de la manguera se pone una boquilla, con la que se regula la cantidad de agua a lanzar y la forma de lanzarla.

Con la misma bomba también son capaces de absorber agua desde estanques artificiales, de ríos, lagunas, etc. De esa manera cuando terminan el agua del depósito, se dirigen a un punto donde puedan rellenarlo y vuelven de nuevo para seguir apagando el incendio.

Existen muchos modelos, de diferentes capacidades de depósito de agua, de transporte de personal y de diferente capacidad todo terreno.



Los **vehículos nodriza** son camiones cisterna de mucha más capacidad de transporte de agua que las autobombas, pero de menor capacidad todo terreno. Pueden circular por carreteras y caminos hasta las proximidades del incendio, desde donde repostan de agua a las autobombas, siendo esa su función.

Disponen de una bomba que le permite aspirar agua de estanques, ríos, etc. e impulsar el agua de su depósito para llenar los tanques de los vehículos autobomba.



Un **bulldozer** es un tractor de cadenas con una pala frontal con la que arranca el combustible.

Se utiliza para dejar una franja de terreno limpia de combustible (línea de defensa) y también en ataque directo al incendio, para ello el bulldozer ataca directamente la línea de las llamas, tapando las llamas con tierra y dejando a la vez una línea limpia de combustible.

El bulldozer se traslada a través de los caminos y carreteras en una plataforma que es arrastrada por una cabeza tractora y que en conjunto denominamos góndola, como hemos visto anteriormente.

Los medios aéreos que se utilizan en la extinción de incendios, son: helicópteros de transporte de personal, helicópteros de extinción, helicópteros mixtos y aviones extintores (de carga en tierra y anfibios)

Los **helicópteros extintores** son helicópteros a los que se les acopla un depósito, en el que pueden cargar agua y lanzarla sobre las llamas del incendio. Los **helicópteros de transporte de personal** son los que sirven para trasladar las brigadas, pero que no tienen capacidad de lanzamiento de agua y los **helicópteros mixtos** son los que hacen los dos tipos de función.



Los **aviones extintores** son aviones que llevan un depósito interno en el que cargan agua, la transportan y cuando llegan al incendio, abren las compuertas del depósito y dejan caer el agua sobre las llamas.

Se dividen entre aquellos que para cargar el depósito de agua tienen que aterrizar (**aviones de carga en tierra**) y aquellos que no necesitan aterrizar para cargar agua, porque pueden llenar sus depósitos deslizándose sobre la superficie del agua de lagos, embalses o el mar (**aviones anfibios**).



Avión de carga en tierra



Avión anfibia

### 1.6. Capacidad de los medios terrestres para extinguir un incendio.

Los medios terrestres no pueden apagar los incendios forestales en cualquier circunstancia en la que estos se produzcan, sino que cada tipo de medio terrestre solamente puede actuar en la extinción de aquellos incendios que como máximo desprenden una determinada cantidad de calor y cuando las llamas tienen una determinada altura.

Cuando el incendio supera esos límites de actuación de cada tipo de medio, no se puede recurrir al Ataque Directo y habrá que recurrir al Ataque Indirecto, llegándose en ocasiones a no poder actuar.

En esas circunstancias, los medios aéreos de extinción no apagan totalmente las llamas del frente del incendio en cada descarga, sino que solamente disminuyen su intensidad y son los medios terrestres los que tienen que terminar de apagar las llamas. Cuando la intensidad del frente del incendio es grande, los medios terrestres tienen que situarse a una determinada distancia del frente del incendio, debido a la intensidad del calor, y si esa distancia es grande, puede hacer ineficaz su actuación entre una y otra descarga de los medios aéreos.

Según la longitud de llama del frente del incendio, las condiciones en las que pueden actuar los diferentes medios en Ataque Directo, son las siguientes:

Longitud de llama en metros	Tipo de medio terrestre de extinción que puede actuar.
Hasta 1 m.	Cuadrillas terrestres con herramientas manuales.
Hasta 2 m.	Cuadrillas terrestres con una línea de agua.
Hasta 3 m.	Bulldozer en ataque directo.
A partir de 3,5 m. no es posible el ataque directo al frente de las llamas.	

Tomando como ejemplo algunos modelos de combustible de superficie, podemos comprobar la longitud de llama que se genera en incendios que se producen en las siguientes circunstancias:

- **Modelos de combustible:**

- **Modelo 2:** Pastizal de poca altura con presencia de matorral o arbolado claro.
- **Modelo 4:** Matorral o repoblado muy denso de 2 m. de altura, continuidad vertical y horizontal.
- **Modelo 12:** Restos debajo de arbolado, de tamaño medio que predominan sobre el arbolado en pie.

**Condiciones** en las que se produce el fuego:

Condición 1	
Pendiente del terreno	Terreno llano
Temperatura ambiente	25°
Velocidad máxima del viento	8 km/h
Humedad del combustible muerto	8%
Humedad combustible vivo	100%

Condición 2	
Pendiente del terreno	30%
Temperatura ambiente	30°
Velocidad máxima del viento	30 km/h
Humedad del combustible muerto	2%
Humedad combustible vivo	100%

Longitud de llama en incendios que se producen según las condiciones comentadas:

Modelo de combustible	Longitud de llama en metros	
	Condición 1	Condición 2
2	0,5	1,4
4	2,0	4,9
12	1,0	2,1

Datos calculados con Nexus.

Podemos comprobar que en circunstancias favorables los medios terrestres de extinción tienen capacidad para apagar los incendios de superficie, pero cuando las circunstancias en las que se producen los incendios se com-

plican hay ocasiones en las que se supera la capacidad de extinción de esos medios terrestres. Además, cuando el fuego afecta a las copas de los árboles y se desplaza a través de esas copas, las posibilidades del ataque directo son casi nulas.

Por ello, se debe entender que la lucha contra los incendios forestales no puede basarse exclusivamente en la capacidad del dispositivo de extinción de incendios.

Si además, esas circunstancias en las que los incendios superan la capacidad de extinción de los medios terrestres se dan en montes no adaptados para facilitar a los medios terrestres las tareas de extinción del incendio, el desastre forestal estará garantizado.

Por todo ello puede comprenderse la importancia de la construcción y mantenimiento del tipo de infraestructuras que estamos tratando, para garantizar la defensa de los montes frente a los incendios forestales.

## **1.7. Extinción de incendios**

### **1.7.1. Técnicas**

Para extinguir los incendios forestales se utilizan diversas técnicas que las podemos agrupar en dos grupos: ataque directo y ataque indirecto.

#### **1.7.1.1. Ataque Directo**

El ataque directo consiste en atacar directamente las llamas hasta lograr extinguirlas.

Lo pueden hacer personas con herramientas manuales: batefuegos, extintores de mochila, etc.; se puede hacer con las mangueras y el agua de las autobombas o lo puede hacer el bulldozer.

Los medios aéreos de extinción apoyan a los medios de tierra en el ataque directo.



### 1.7.1.2. Ataque Indirecto

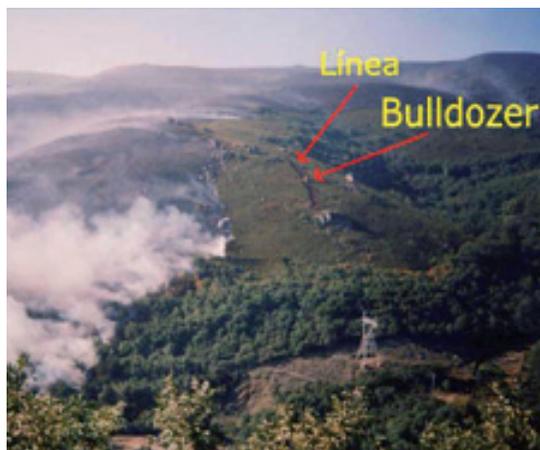
El ataque indirecto consiste en cercar los frentes de llama del incendio, entre líneas limpias de combustible (líneas de defensa o de control), a través de las cuales no puede seguir avanzando el incendio.

Cuando la anchura de la línea de defensa es insuficiente para detener el fuego, porque la intensidad del fuego es muy alta, se debe ensanchar esa línea de defensa, quemando el combustible existente entre ella y los frentes del incendio. Esta acción se llama quema de ensanche o contrafuego.

Las líneas de defensa, pueden ser barreras naturales (ríos, líneas de rocas...) o artificiales (carreteras, caminos, cortafuegos...) y pueden existir antes de la aparición del incendio o pueden ser líneas que se construyan durante la extinción del incendio.

Para construir líneas de defensa, se pueden utilizar herramientas manuales, se puede realizar con maquinaria o se pueden realizar aplicando productos químicos (retardantes) que hacen ignífugo al combustible (también se pueden realizar por medio de explosivos).

La forma más común de apertura de estas líneas de defensa es con el bulldozer y de forma manual en lugares escarpados en los que la maquinaria no puede acceder.



Ejemplo de ataque indirecto mediante apertura de línea de defensa con bulldozer.

### 1.7.2. Procedimiento organizativo y fases

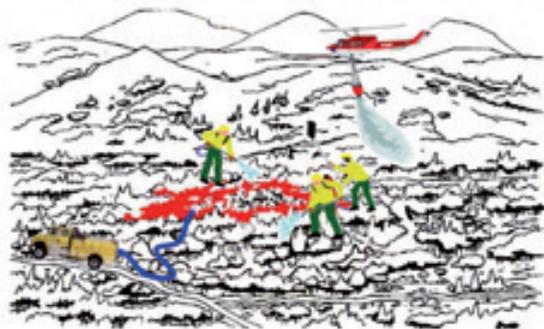
La extinción de un incendio forestal comprende diferentes fases, que son: detección del incendio, movilización de los medios necesarios para extinguirlo, ataque a las llamas, control y liquidación del incendio.

La forma más común de organización para detectar la aparición de un incendio forestal, consiste en disponer de una Red compuesta por una serie de puntos fijos en los que hay algún tipo de infraestructura (torreta de vigilancia, refugio...) y una persona vigilando, dotada de un sistema de comunicación para avisar de la aparición del incendio. Desde cada uno de los puntos se divisa una parte de la superficie a vigilar y el conjunto de la Red cubre la mayor parte de la totalidad de la superficie a vigilar. Las zonas que no son visibles por los puestos de vigilancia se suelen patrullar por algún tipo de vigilancia móvil.

El control y la organización de todo el dispositivo de vigilancia y extinción de incendios, se realiza desde centros de control y mando, desde los que se movilizan los medios de extinción para que acudan a la extinción de un incendio en cuanto se detecta y se coordina la actuación de esos medios. Suele haber un centro de mando por cada provincia.

Detectada la aparición de un incendio y movilizados los medios para intentar extinguirlo, en el lugar del incendio se sigue un procedimiento de trabajo denominado **Primer Ataque** para dirigir y coordinar la actuación de los diferentes medios de extinción durante esta primera fase de ataque al incendio. Generalmente durante esta fase se va a utilizar la técnica de ataque directo para intentar extinguir el incendio.

Si se logra controlar el incendio en esta fase, se pasaría a las fases de control y liquidación.

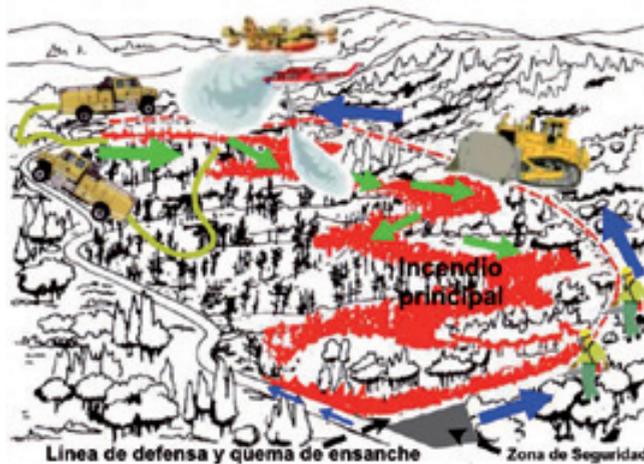


Ejemplo primer ataque.

- Una cuadrilla helitransportada llega al incendio y comienza a apagar las llamas usando herramientas manuales.

- El helicóptero apoya el trabajo de la cuadrilla con descargas de agua.
- Una autobomba llega hasta las proximidades del incendio y se monta una línea de agua hasta el frente del incendio.

Si los medios que han realizado el Primer Ataque, no logran controlar el incendio, será necesario establecer una nueva estrategia de extinción y se necesitarán incorporar nuevos medios a la extinción del incendio, que puede que tengan que llegar desde zonas alejadas. El esquema de dirección y organización de las tareas de extinción del incendio en esas circunstancias se denomina **Ataque Ampliado**. En esta fase de extinción del incendio se utilizarán técnicas de ataque directo y de ataque indirecto hasta lograr el control del incendio.



Ejemplo de ataque ampliado.

- Una vez que el primer ataque ha fracasado, se pasa al ataque ampliado, con la incorporación de más medios a la extinción del incendio.
- Las autobombas acceden a la parte más próxima a la cola del incendio y montan líneas de agua hasta el frente del incendio, avanzando a medida que van apagando las llamas, en la dirección de las flechas verdes.
- Los medios aéreos realizan descargas en la zona donde actúan las autobombas, para ayudarlas en la extinción.
- En la cabeza del incendio y desde un camino (anclaje), se procede a abrir una línea de defensa con un bulldozer, en el sentido de las flechas azules gruesas, y a realizar un contrafuego, en el sentido de las flechas azules gruesas y delgadas.
- El incendio estará controlado cuando se unan las actuaciones que se realizan en la cola y en la cabeza del incendio.

El **control** del incendio se produce cuando no existen llamas en el perímetro del incendio y la **liquidación** del incendio se produce cuando ya no existe posibilidad de que el fuego se reavive y supere el perímetro del incendio.

## **1.8. Necesidades derivadas de los requerimientos de la extinción de los incendios**

Sabiendo cómo se comportan los incendios forestales, la forma en la que se organizan las tareas de extinción y las técnicas que se emplean para ello, podemos entender que dependiendo de la situación en la que se encuentre el medio forestal en el que aparezca el incendio, va a resultar más o menos sencillo extinguir ese incendio y como consecuencia va a ser mayor o menor la superficie que se queme.

Derivado de ello y pretendiendo obtener el mayor éxito posible en la lucha contra los incendios (aparte de las actuaciones dirigidas a evitar la aparición del incendio) podemos plantear una serie de actuaciones que dificulten la propagación del incendio y que faciliten las tareas de extinción.

Una de esas actuaciones será la adaptación del combustible forestal, ya que según el estado en el que se encuentre, dependerá la mayor o menor intensidad del incendio y la posibilidad de actuación de los diversos medios de extinción de incendios.

Esa adaptación se realizará en función de la edad y el tipo de vegetación y servirá para disminuir la intensidad de los posibles incendios.

Una de las condiciones para aumentar el éxito del Primer Ataque y en consecuencia evitar que el incendio alcance gran extensión, es facilitar que el acceso de los medios terrestres hasta el lugar del incendio se realice lo más rápido posible. Si cualquier punto de la superficie forestal se encuentra a una cierta distancia de un acceso apto para la llegada de los medios terrestres de extinción, garantizaremos que la extinción del incendio se pueda acometer en sus primeras fases y que aumenten las probabilidades de éxito del Primer Ataque.

Si durante el Ataque Ampliado hay que abrir líneas de defensa para contener el incendio, la extinción del incendio durará más y la superficie quemada será mayor que si esas líneas ya existen previamente a la aparición de cualquier incendio.

Compartimentar la superficie forestal en porciones de una determinada superficie, encerradas por líneas de defensa en las que poder controlar un incendio, servirá para la función anteriormente descrita y para facilitar las tareas de los medios de extinción, al poder realizar un ataque indirecto desde esas líneas.



Con esta imagen, pretendemos ilustrar varias cosas.

Se trata de un incendio cuyo flanco derecho se para en el cortafuegos de la derecha de la imagen, el flanco izquierdo en la parte superior de la trocha de la izquierda de la imagen y la cabeza del incendio se paró en la parte superior de la ladera, en otro cortafuegos existente y que no se aprecia en la imagen; el resto del perímetro del fuego fue extinguido por los medios de extinción. La superficie quemada será de unas 20 hectáreas.

La trocha de la parte izquierda de la imagen se abrió con bulldozer durante la extinción de otro incendio ocurrido a la derecha de esa trocha tres años antes que el incendio que se muestra en la imagen y en el cual se quemaron más de 800 hectáreas. En aquel momento no existía el cortafuegos que se ve en la derecha de la imagen.

Ese tipo de trochas deberían restaurarse después de la extinción del incendio, pero en este caso nos sirven para mostrar la utilidad de las infraestructuras de las que hablamos en este libro.

Si los montes disponen de este tipo de infraestructuras, podremos acometer la extinción de los incendios con pocos medios, de forma más sencilla y conseguiremos que las superficies quemadas sean más reducidas. Todo lo contrario de lo que ocurrió en el gran incendio antes comentado.

Tampoco se propone compartimentar los montes en superficies tan pequeñas como las de la imagen, ya que la superficie comprendida entre el cortafuegos, la trocha, el camino de la parte inferior y la cumbre de la ladera; será de unas 30 hectáreas y las compartimentaciones que aquí proponemos serían como el doble de esas.

Nótese también como ha sobrevivido la vegetación del centro de la vaguada, debido a la poca cantidad de combustible en el suelo que había antes del incendio, ya que más adelante se tratará sobre esto.

La creación de accesos a la superficie forestal y la compartimentación de esa superficie suele tener ciertos detractores. Pero en lugares en los que existe riesgo de incendios, o cuando se producen incendios de alta intensidad, o no existen líneas de defensa creadas para compartimentar la superficie forestal en las que se pueda controlar el incendio, o se crean esas líneas durante la extinción del incendio; el incendio llegará hasta alguna línea existente (carretera, autovía, el mar...) quemando toda la superficie que se encuentre a su paso, entonces será imposible extinguir esos incendios mediante ataque directo.

Se suele argumentar la ineficacia de los cortafuegos para detener el incendio forestal, ya que el fuego los supera en muchas ocasiones. Lo cual es

cierto, ya que los cortafuegos no son eficaces en cualquier circunstancia y en cualquier tipo de combustible forestal para detener el incendio, sólo lo son cuando el combustible forestal se encuentra en determinadas condiciones. Cuando el combustible forestal se encuentra en otras condiciones, tanto para que los cortafuegos fueran eficaces como para garantizar la resistencia de la vegetación al fuego, la primera medida a adoptar sería la adaptación de ese combustible forestal.

Aparte de esto, en la mayoría de las condiciones en las que se puede desarrollar un incendio, la parte del incendio que puede superar los cortafuegos será la cabeza del incendio, tanto los flancos como la cola del incendio van a tener dificultades para superar los cortafuegos, por lo que ya es una ayuda importante en la extinción del incendio, ya que de esa forma se puede concentrar el grueso de los medios de extinción para atacar la cabeza del incendio y acometer la extinción del incendio en los flancos y la cola con pocos medios de extinción.

Además los cortafuegos también sirven para cumplir el objetivo de acceso a la superficie forestal y sirven de zonas de refugio y vías de evacuación de los bomberos forestales en caso de ser necesario.

En el ejemplo de la fotografía podemos comprobar como la cabeza de ese incendio pudo superar un cortafuegos de 20 m. de anchura y en cambio el flanco del incendio no pudo superar un camino de sólo 5 m. de anchura.



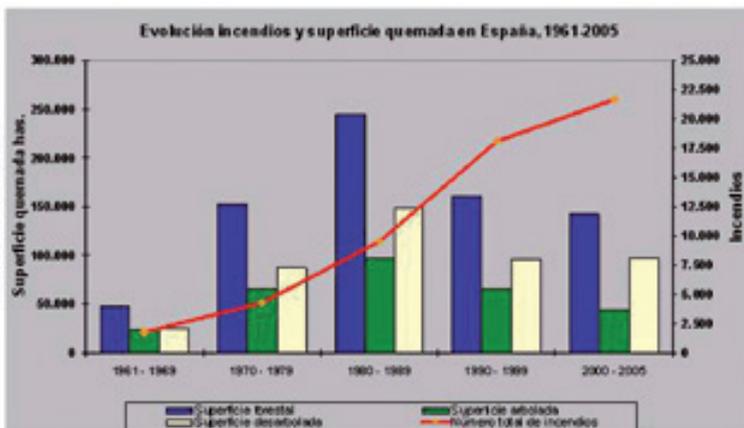


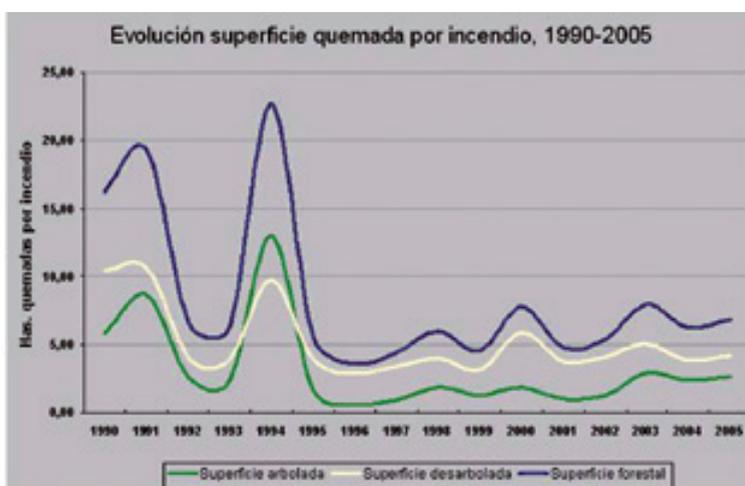
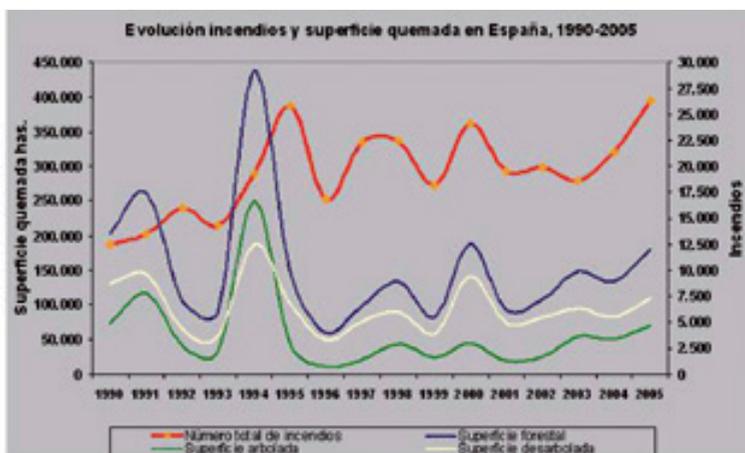
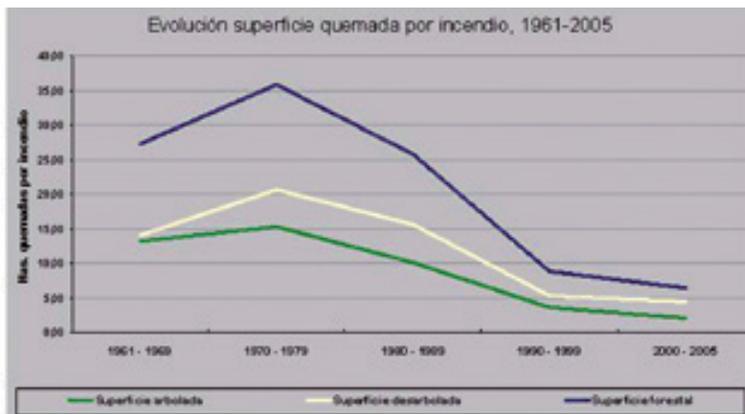


## Situación de los incendios forestales en España

### 2.1. Evolución del número de incendios y de las superficies quemadas

Exponemos a continuación una serie de gráficos y datos con los que pretendemos definir cuál es la situación actual de los incendios forestales en España y cuál ha sido la evolución hasta llegar a esta situación actual.





(Fuente de los datos: <http://www.incendiosforestales.org/>)

## 2.2. Causas de los incendios

Las diferentes causas que pueden originar un incendio forestal, se clasifican en los siguientes grupos:

- **Rayo:** los originados por rayos.
- **Negligencias:** los originados por actividades humanas con uso del fuego sin intención de provocar incendios. Pueden ser debidos a: trabajos forestales, quema de pastos, quemas agrícolas, hogueras, fumadores, quema de basuras y vertederos, etc.
- **Otras causas:** provocados por actividades humanas y como consecuencia de accidentes, averías, etc. Son los originados por ferrocarriles, líneas eléctricas, motores y máquinas, maniobras militares, etc.
- **Intencionados:** causados por personas y con la intención de provocar un incendio.
- **Desconocidas:** aquellos incendios en los que se desconoce la causa que los provocó.
- **Reproducciones de incendios anteriores:** incendios originados como consecuencia de la reproducción de un incendio anterior y que ya se había dado por extinguido. Esta causa se comenzó a contabilizar a partir de 1998.

El porcentaje de cada tipo de causa sobre el total de incendios para el conjunto de España en el periodo comprendido entre 1991 y 2004, es el siguiente.



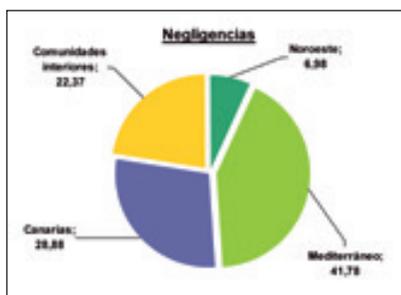
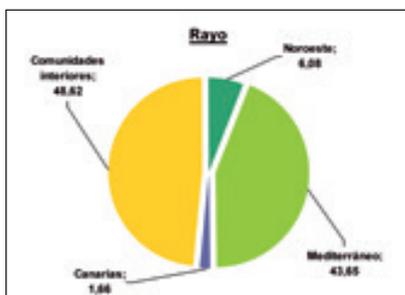
Las causas que provocan los incendios no son homogéneas en toda España, sino que son diferentes según la zona geográfica de la que estemos tratando.

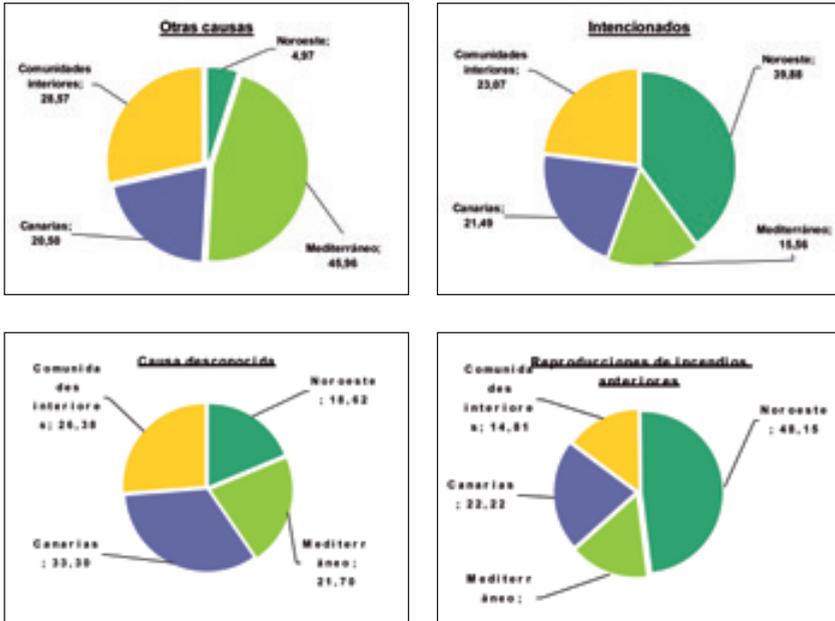
En función de características homogéneas relacionadas con el problema de los incendios forestales, se han establecido cuatro zonas geográficas, que son:

- **Noroeste:** comprende las Comunidades Autónomas de Galicia, Asturias, Cantabria y País Vasco, y las provincias de León y Zamora.
- **Mediterráneo:** comprende las Comunidades Autónomas costeras con el Mar Mediterráneo incluyendo sus provincias interiores.
- **Canarias:** todo el archipiélago canario.
- **Comunidades Interiores:** comprende las provincias del resto de Comunidades Autónomas excepto León y Zamora.



Para comprobar y comparar que importancia tiene cada uno de los grupos de causas de incendios entre esas zonas geográficas, exponemos a continuación los siguientes gráficos en los que se representa lo que aporta cada una de esas zonas geográficas al conjunto de España, por cada grupo de tipo de causa de incendios.

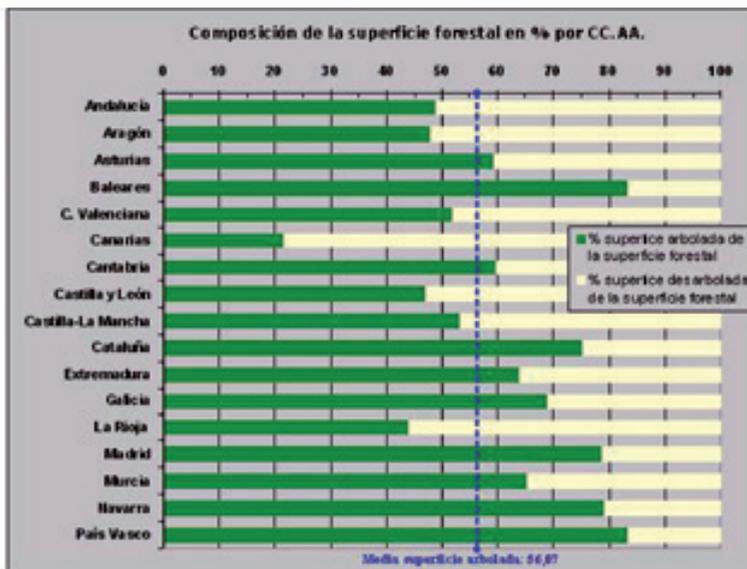




(Fuente de los datos: <http://www.incendiosforestales.org/>)

### 2.3. Situación y tendencia de la superficie forestal de España





(Fuente de los datos: Plan Forestal Español - 2002)

Según los datos publicados en el Plan Forestal Español (2002), todas las Comunidades Autónomas de España tienen una superficie forestal que ocupa más del 40% de su respectiva superficie total y en una gran parte de esas Comunidades el porcentaje es superior al 50% (la media de España es el 51,93%). También puede comprobarse en los gráficos expuestos, que en la mayoría de las Comunidades Autónomas es la superficie arbolada la que ocupa la mayor parte de la superficie forestal (la media de España es el 56,07%).

Igualmente, según los datos publicados en el Plan Forestal Español (2002), entre el Segundo Inventario Forestal (1986 - 1995) y el Tercer Inventario Forestal (1997 - 2000), en la parte realizada de este Tercer Inventario, se ha producido un aumento de la superficie forestal de 289.173 has. en toda España y un aumento de la superficie arbolada de 827.588 ha. Esto supone que en un periodo aproximado de 10 años, la superficie forestal en España ha aumentado un 1,1% y la superficie arbolada ha aumentado un 5,9%.

En el mismo periodo se ha producido igualmente una densificación del arbolado y un aumento del volumen de madera por unidad de superficie.

## 2.4. Situación actual del problema de los incendios forestales en España

El proceso que ha dado lugar a esta situación de la superficie forestal comenzó hace unos 50 años, ha continuado durante ese periodo y sigue produciéndose en la actualidad.

El proceso ha sido y es debido al abandono de tierras de cultivo marginales y zonas de pastoreo, como consecuencia de la pérdida de rentabilidad de la agricultura y ganadería tradicionales, y la colonización de esos terrenos por la vegetación forestal. Unida a la colonización natural de la vegetación, se ha producido una reforestación artificial de esos terrenos abandonados, que ha contribuido al aumento de la superficie arbolada.

Paralelo al abandono de las tierras, se produce una despoblación del mundo rural, que ha dado como resultado un medio rural con muy poca población y muy envejecida.

Este fenómeno ha originado un paisaje forestal en el que existe una gran superficie en proceso de regeneración y con un gran riesgo de ser destruida por los incendios forestales.

Esa situación ya sería por sí misma problemática respecto a las consecuencias de los incendios forestales que pueden producirse. Pero lo es mucho más por el aumento constante del número de incendios.

El cambio radical que se produjo en el medio rural no supuso una reordenación y reorganización de las actividades a realizar, sino que en la mayoría de los casos se siguieron realizando de la misma forma en la que tradicionalmente se habían realizado y el fuego había sido y seguía siendo una de las herramientas principales para la gestión de ese medio rural; para eliminar restos agrícolas, para limpiar los bordes de las fincas, para regenerar los pastos, para facilitar el tránsito del ganado, para evitar daños de la fauna silvestre, para generar hábitats para la caza, etc.

La nueva situación de abandono del medio, la colonización de la vegetación forestal y la escasa capacidad de actuación de la población rural, debido a su edad entre otras cosas, genera la necesidad de una mayor utilización del fuego para mantener unas mínimas condiciones en las que seguir realizando actividades agrícolas y ganaderas tradicionales.

Mayor utilización del fuego en esas condiciones, inevitablemente genera mayor número de incendios forestales e incendios cada vez más difíciles de controlar.

Otra serie de circunstancias muy relacionadas con ese abandono del medio rural y la nueva situación de la superficie forestal, va a generar una serie de conflictos y motivaciones para provocar incendios, que en algunas zonas va a suponer un problema gravísimo.

Algunas de esas motivaciones son el rechazo a los espacios naturales protegidos, los conflictos por la caza, los problemas de propiedad del terreno o los problemas de propiedad de los aprovechamientos forestales.

La concentración de la población en grandes ciudades junto con las condiciones de vida de la sociedad actual, generan la necesidad en esa población, de realizar actividades de esparcimiento en entornos naturales para liberarse del estrés que generan esas condiciones de vida. Actividades que se concretan en el aumento de uso de la superficie forestal (senderismo, recogida de frutos, acampada...) y el aumento de urbanizaciones en el medio forestal.



Ganado pastando en primavera una zona quemada durante el invierno. Este sistema de manejo de los montes para su aprovechamiento por el ganado, probablemente se haya utilizado desde el Neolítico en muchos lugares de España y ha sido el principal agente de configuración del paisaje forestal actual en zonas como el noroeste de la Península Ibérica.

Esta afluencia de personas al medio forestal, junto con un medio en el que existe un gran peligro de incendios, va a generar una nueva fuente de incendios forestales (barbacoas, circulación de vehículos, basuras, etc.) que va a seguir incrementando ese número anual de incendios.

Las condiciones de clima mediterráneo y relieve montañoso de gran parte de la superficie de la península ibérica, han sido desde siempre condiciones propicias para la generación de rayos y de incendios forestales causados por ellos. El aumento de la superficie forestal y las condiciones en la que se encuentra la vegetación, hacen que un mayor número de esos rayos que anualmente se producen, acaben convirtiéndose en incendios forestales. Llegando en algunas Comunidades Autónomas a suponer un gran porcentaje de las causas por las que anualmente se producen los incendios.

La nueva situación de la superficie forestal y el incremento del número de incendios, se encontró con sistemas de extinción de incendios no preparados para hacer frente al problema, principalmente en cuanto a cantidad y capacidad de medios materiales. Grandes desastres ocurridos en algunos años de las décadas de 1980 y 1990, son el resultado de la acumulación de todas esas circunstancias más la existencia de condiciones meteorológicas muy desfavorables.

Debido a esos y otros episodios de incendios, hubo una gran preocupación política por solucionarlo, que comenzó por aumentar los medios de extinción de incendios y mejorar los equipos materiales. La estacionalidad de los incendios forestales o la dinámica del sector forestal en general, son, entre otros, condicionantes que han servido para que el sistema de extinción de incendios forestales no se haya profesionalizado y la tendencia sea a sustituir calidad por cantidad, por lo que la efectividad en la extinción de los incendios forestales se produce a costa de un incremento constante de los presupuestos destinados a la extinción de los incendios.

La preocupación generada por la extinción de los incendios forestales y las medidas aplicadas para mejorar los sistemas de extinción, no ha sido equivalente a la preocupación por la gestión de la superficie forestal (abandonándose en algunos casos) y donde se ha actuado para mejorar la vegetación forestal y hacerla más resistente ante los incendios forestales, la gestión forestal se ha hecho de forma tradicional. De tal manera que, de forma general, no se está actuando en la totalidad de la superficie forestal (la superficie de propiedad privada está prácticamente abandonada) y se están utilizando técnicas de tratamiento de la vegetación (desbroces, podas, fajas cortafuegos, áreas cortafuegos, etc.) que en unos casos no evitan la totalidad del problema (no evitan el fuego de copas), en otros casos requieren la repetición continua de las actuaciones y en la mayoría de los casos tienen un alto coste que impide que se vaya actuando en la totalidad de la superficie que lo necesita.

Si observamos la evolución de la superficie quemada a lo largo de los últimos 25 años, vemos que ha descendido casi a la mitad y si observamos la superficie media quemada por incendio, vemos que ha descendido aún más, a pesar del aumento en el número de incendios que se ha producido en ese periodo.

Esto es fruto principalmente de la mejora de los sistemas de extinción de incendios y de las actuaciones de selvicultura preventiva.

Esa situación podría llevarnos a pensar que se está progresando de la forma correcta y que estamos en el buen camino para acabar con el problema. Pero hay diferentes cuestiones que nos indican que no es así.

Durante los últimos 10 años se ha producido un aumento de la superficie anual quemada, el número de incendios ha seguido aumentando y la superficie quemada por incendios ha dejado de disminuir y está aumentando. Todo ello puede suponer que en las condiciones actuales se pueden estar alcanzando los límites de los dispositivos de extinción de incendios.

La eficacia en la extinción de los incendios forestales se ha conseguido a base de aumentar el gasto público en los sistemas de extinción de incendios, por lo que de mantenerse la tendencia actual, existirá una situación inviable a largo plazo y en algún momento se tendrá que reducir ese incremento de costes o si no habrá que traspasar inversión pública de otros sectores: educación, sanidad, infraestructuras, investigación, etc., a la lucha contra los incendios forestales, con las consecuencias que eso tendrá en el desarrollo de la sociedad.

A pesar del incremento constante de los medios de extinción de incendios y de que en determinados años la superficie forestal quemada se reduzca a muy pocas has., hay años en los que la superficie quemada se dispara de forma incontrolada y esos años coinciden con aquellos en los que las condiciones meteorológicas han sido más extremas (periodos de sequía, olas de calor, etc.). Por lo que podríamos concluir que toda la prevención y extinción de incendios que actualmente se está realizando está supeditada a que las condiciones meteorológicas no superen un determinado umbral y si lo superan, estamos en una situación de descontrol similar a la que existía a principios de la década de 1980.

La eficacia en la extinción de incendios si no va unida a otro tipo de actuaciones, puede ser un problema en sí misma, que es lo que se conoce como la Paradoja de la Extinción. Consistiría en que cuanto más eficaz es la extinción de incendios más difíciles de apagar van a ser los incendios del futuro y más superficie se va a quemar.

Si consideramos que el monte mediterráneo ha evolucionado en convivencia con el fuego forestal, lo anteriormente dicho tendría sentido, ya que si es el fuego el que reduce la cantidad de combustible en el monte y excluimos el fuego del monte, lo que estaremos haciendo es aumentar la cantidad de combustible y que en caso de incendio se generen intensidades de fuego incontrolables.

Un paisaje forestal en el que la masa forestal está intercalada con cultivos, en el que existen zonas de pasto y en el que de forma habitual se queman ciertas partes, es un mosaico en el que un posible incendio se va a encontrar con impedimentos para avanzar en todas las direcciones y es un paisaje en el que la extinción de ese posible incendio, es relativamente sencilla, ya que no hay que apagar la totalidad del perímetro del incendio, sino sólo una parte de ese perímetro.

Hasta el momento actual la extinción de los incendios forestales se ha hecho en ese paisaje mosaico, pero está llegando el momento (en muchas zonas de la península ya hace tiempo que ha llegado) en el que los incendios se expanden en todas las direcciones y es necesario apagar el fuego en la totalidad del perímetro del incendio, esto genera la necesidad de disponer de muchos medios de extinción para poder atajarlos.

La evolución actual de la superficie forestal genera superficies continuas cada vez mayores en las que se pueden producir ese tipo de incendios. La actual economía de mercado impide que por una rentabilidad económica se vuelva a crear ese paisaje forestal en mosaico. La inversión pública necesaria para crear ese paisaje en mosaico, en las mismas condiciones que anteriormente estuvo, es inviable y es mucho más inviable hacerlo en un contexto en el que el número anual de incendios no para de aumentar y el coste de la extinción de los incendios tampoco.

Ya que los incendios van a seguir produciéndose, las situaciones en las que pueden aparecer incendios incontrolables se van a volver a repetir inexorablemente y los presupuestos públicos no son infinitos; es necesario un nuevo planteamiento en la lucha contra los incendios forestales que tenga en cuenta la situación actual de la superficie forestal, su evolución futura y el riesgo de incendios forestales; para proponer medidas de protección de la vegetación frente al fuego y evitar que el coste de esas medidas más el de la extinción de incendios siga aumentando de forma indefinida.



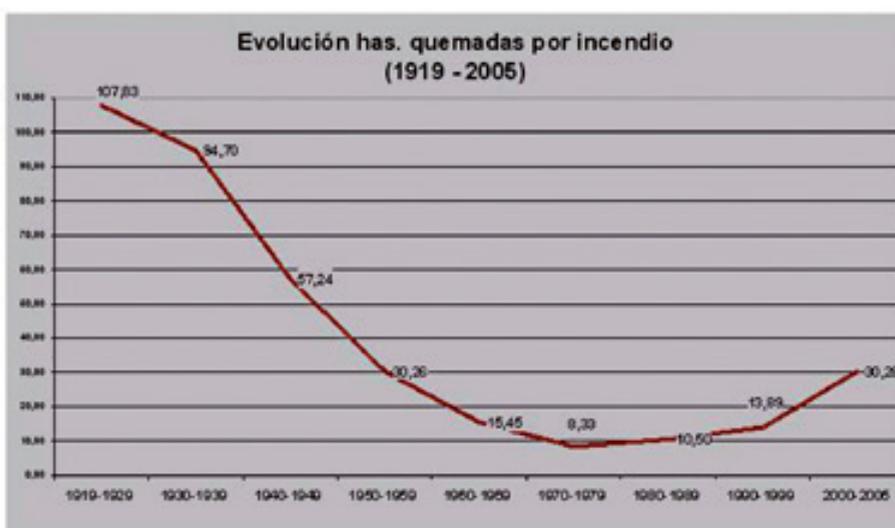
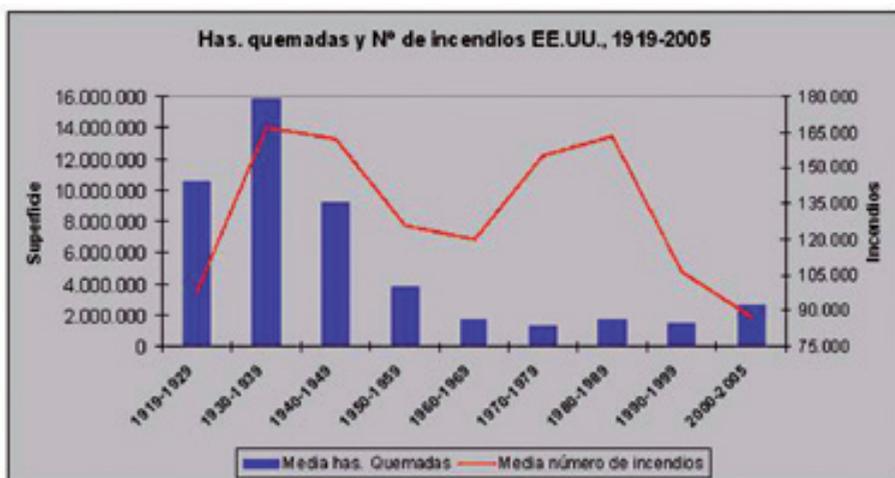
Ejemplo de ladera prácticamente desarbolada y totalmente abandonada. La superficie que se aprecia en la imagen son unas 650 hectáreas. Toda esta ladera ardió durante un incendio ocurrido en julio del año 1995, cuya superficie total quemada fue de más de 1.500 hectáreas.

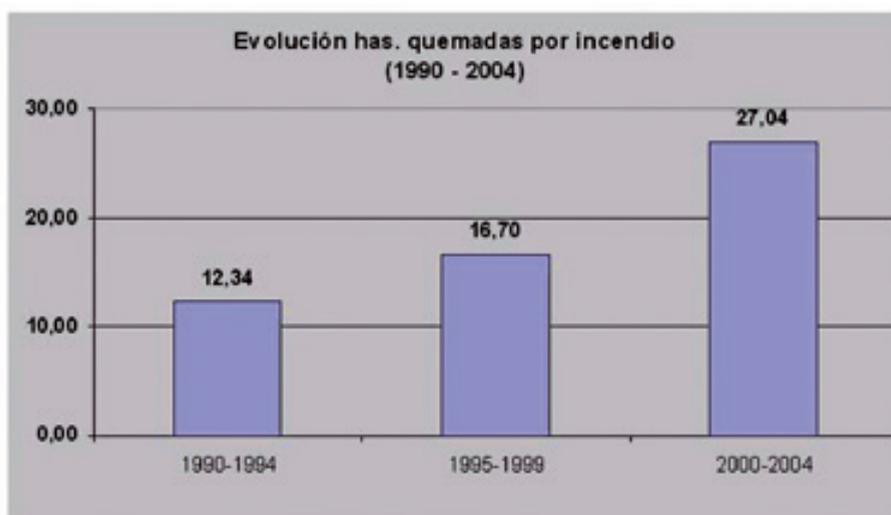
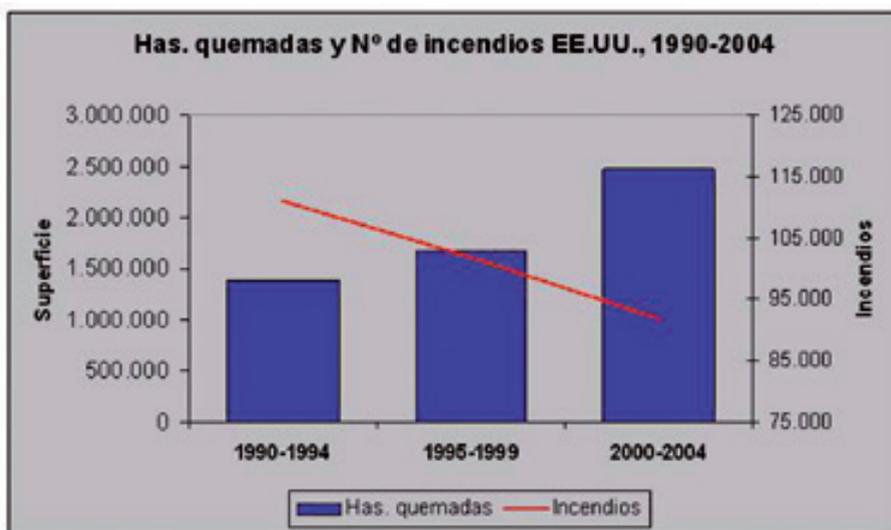
## 2.5. Caso de los EEUU

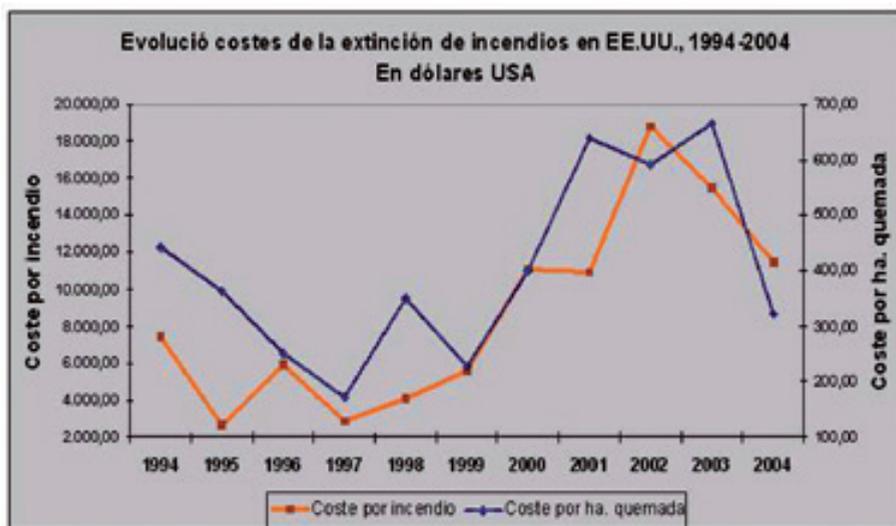
La historia de la extinción de incendios forestales en Estados Unidos nos puede servir de ejemplo para comprender las relaciones de la vegetación con el fuego, las implicaciones que en ese proceso tiene la extinción de los incendios forestales, la aparición de la Paradoja de la Extinción y el coste insostenible de la extinción de incendios forestales, si solamente es esa la actuación que se realiza en la superficie forestal.

Estados Unidos tiene una superficie total de 915.836.100 has. y una superficie forestal arbolada (FCC > 5%) de 302.310.900 has. (33% del total).

Tanto por su extensión, por la de su superficie forestal, por el tipo de masas forestales o por la ecología de esas masas, no siempre existen similitudes entre EE.UU. y los países mediterráneos europeos, pero los datos expuestos nos pueden dar una idea de la evolución de la lucha contra los incendios forestales seguida en ese país para obtener conclusiones respecto al proceso que se ha estado siguiendo en España.







(Fuente de los datos: National Interagency Fire Center. <http://www.nifc.gov/>)

A la vista de los gráficos expuestos, podemos destacar que a lo largo de casi un siglo de datos, el número de incendios no ha aumentado de forma significativa y durante los últimos 15 años ha seguido una clara tendencia descendente.

La superficie quemada sí ha seguido una clara tendencia decreciente desde la década de 1930, coincidiendo con la puesta en marcha de políticas públicas de lucha contra los incendios forestales. Los mayores logros en cuanto a mínimos anuales de superficie quemada se alcanzaron en la década de 1970, pero a partir de entonces se rompió la clara tendencia de reducción de la superficie quemada y en los últimos 15 años la tendencia es claramente a aumentar esa superficie quemada. Podríamos decir que ha aparecido la Paradoja de la Extinción de Incendios (cuanto mayor es la eficacia en la lucha contra los incendios, mayor es la superficie que se quema).

Es evidente que si el número de incendios está disminuyendo y la superficie quemada no, las hectáreas quemadas por incendio están aumentando. Puede comprobarse que esa tendencia a aumentar se viene produciendo desde hace varias décadas y es mucho más apreciable durante los últimos 15 años.

Esto significa una mayor dificultad para extinguir los incendios, que no es debida a que los dispositivos de extinción de incendios sean menores, ya que vemos que el coste de la extinción de incendios, en el periodo del que poseemos datos, también ha aumentado. Por lo que la dificultad para extinguir los incendios vendrá en gran parte determinada por la situación del combustible forestal.

En conclusión, podemos decir que lo que caracteriza actualmente al problema de los incendios forestales en Estados Unidos, y a pesar de la tendencia descendente del número de incendios, es la mayor dificultad para extinguirlos, que se refleja en mayor superficie forestal quemada y en mayor superficie quemada por incendio y en consecuencia el aumento creciente de los costes de la extinción de incendios forestales.

En 1905 se creó en EE.UU. el Servicio Forestal Federal con la principal misión de conservar y explotar los Bosques Nacionales del país (montes propiedad del Gobierno Federal), de los que dependía en gran parte el abastecimiento de madera de una nación en construcción y en pleno crecimiento económico. Para lograr los suministros de madera, era condición imprescindible la defensa de los bosques contra el fuego.

Las condiciones en las que el Servicio Forestal comenzó su trabajo, eran muy precarias y penosas, principalmente para el personal que trabajaba en el monte. Con una gran falta de infraestructuras y materiales y, ante la inmensidad del país, asignando zonas de trabajo de hasta 162.000 has. por guardabosques. Las cuales debían patrullar en solitario para evitar actuaciones humanas no autorizadas, gestionar los aprovechamientos y combatir los incendios forestales.

La extinción de los incendios no estaba organizada ni profesionalizada y cuando aparecía un incendio se solía acudir a las poblaciones a reclutar personal para trabajar en la extinción de los incendios.

En el año 1910 una combinación de sequía, aparición durante el verano de numerosos incendios que no terminaban de controlarse y la irrupción a finales de agosto de vientos huracanados; generó gigantescos frentes de incendio que quemaron más de 1.200.000 has. en dos días, arrasaron poblaciones y acabaron con la vida de 85 personas, de las que 78 eran personas que trabajaban en la extinción de los incendios.

Ese episodio, convirtió a los incendios forestales de EE.UU. en el enemigo a derrotar y a la lucha contra los incendios forestales en una prioridad política. La concienciación de la sociedad americana sobre el problema, diversos episodios de grandes incendios junto con la pérdida de vidas de bomberos forestales, impulsó a los responsables políticos a mejorar la preparación de los profesionales, a dotarlos de medios y a crear todas las infraestructuras necesarias para la lucha contra los incendios.

El máximo exponente de toda esa dinámica fue la llamada Política de las Diez de la Mañana. Que consistía en que cualquier incendio, independientemente de sus condiciones o del lugar en el que se produjese, debía estar controlado antes de las diez de la mañana del día siguiente a aquel en que se había



producido y si no fuese posible, se tomarían las medidas necesarias para que fuese controlado al día siguiente antes de las diez de la mañana y así sucesivamente.

Toda esa dinámica, más los recursos invertidos, han configurado al sistema de extinción de incendios forestales de EE.UU. como el sistema actual más profesional, con más medios y más eficaz del mundo.

A la vez que la extinción de los incendios forestales conseguía espectaculares resultados en cuanto a reducir la superficie quemada, comenzaron a aparecer incendios increíblemente destructivos y muy difíciles de controlar que hicieron reflexionar a algunas personas y empezaron a aparecer voces que alertaban sobre la relación de la vegetación con el fuego y sobre las consecuencias que estaba teniendo la exclusión de los incendios forestales del bosque durante decenas de años. Esa eliminación del fuego forestal, estaba transformado la configuración de la vegetación, cambiando especies y estructuras adaptadas a convivir con el fuego en periodos de retorno cortos, por vegetación y estructuras no adaptadas a convivir con el fuego, pero que ardían con enorme intensidad cuando se producía un incendio en determinadas condiciones.

En 1972, el Servicio Forestal Federal empezó a investigar y experimentar con la quema de la vegetación de forma controlada en aquellos lugares en los que se consideró que el fuego forestal era un elemento ecológico más. La teoría del papel natural del fuego forestal en determinados ecosistemas, ha ido consolidándose y ganando terreno desde entonces y actualmente está totalmente aceptado ese papel natural del fuego en el bosque.

La discusión actual se centra en la forma de actuar para devolver el fuego al bosque, ya que según sea el estado de partida en el que se encuentre la vegetación, no es nada fácil esa reintroducción del fuego. Como ejemplo de ello son los incendios ocurridos durante la realización de quemas prescritas bajo arbolado que se han escapado al control y han originado grandes incendios, como el ocurrido en Los Álamos (Nuevo México) en mayo de 2000 en el que ardieron más de 19.000 has y se destruyeron 235 casas. La otra parte de la discusión es la relación de esa ecología del fuego con las actividades humanas (cambios en el paisaje, molestias por humo, destrucción de madera, etc.) y el posible límite al desarrollo natural del fuego, estas controversias se pusieron claramente de manifiesto en el debate que siguió a los grandes incendios que en el año 1988 arrasaron casi 900.000 has. en el Parque Nacional de Yellowstone.

De esa discusión parece haberse llegado al consenso, por un lado, de que es necesario devolver los bosques a un estado en el puedan convivir con el fuego forestal, bien a través de quemas prescritas o de dejar evolucionar los incendios que aparezcan. Por otro lado se necesita una adaptación artificial

previa de la vegetación existente, para llevarla a un determinado estado, a partir del cual pueda convivir con el fuego forestal.



El problema está en la ingente tarea a acometer debido a la gigantesca superficie forestal que necesita actuaciones para crear ese estado de la vegetación capaz de convivir con el fuego (se estima en unos 16.000.000 de has.), unido a otros factores como la urbanización de zonas forestales (a través de nuevas construcciones o de que el crecimiento de grandes ciudades ya se realiza sobre suelo forestal). Todo ello configura un panorama con enormes dificultades para controlar el problema de los incendios, un enorme gasto público para hacer frente al problema y la aparición de episodios de incendios catastróficos, con destrucción de grandes superficies, construcciones y pérdida de vidas.





## Política de lucha contra los incendios forestales

### 3.1. Imposibilidad de evitar el incendio forestal

Evidentemente, el mejor incendio forestal es el que no se produce, pero los incendios forestales no son algo sobre cuya existencia se pueda elegir. Al igual que la altitud, el régimen de precipitaciones o las temperaturas influyen en la vegetación forestal, el fuego forestal debe ser considerado un elemento natural más, ya que los incendios forestales siempre han existido y siempre existirán, mientras la vegetación tenga capacidad para arder y las tormentas sigan produciendo rayos que puedan generar un incendio forestal.

Otra cuestión es que las actividades que realiza el hombre puedan aumentar el número de incendios que se producirían de forma natural (o disminuirlos) y que esos nuevos incendios puedan modificar la vegetación forestal, provocar su destrucción y degradar el suelo (al perder la cobertura vegetal el suelo se erosiona por los diferentes meteoros y se pierde), además los incendios forestales pueden suponer riesgo para la vida de las personas o destruir sus bienes.

Actualmente del total de incendios que se producen en España, el mayor porcentaje (96%) son causados por la acción del hombre (intencionada o accidentalmente), lo cual podría conducirnos a pensar que la lucha contra los incendios forestales debe basarse en la eliminación de los incendios producidos por causas humanas.

Es evidente que ese alto número de incendios, su tendencia creciente y el alto porcentaje de incendios intencionados (sobre todo en algunas zonas), es una situación insostenible y que requiere medidas dirigidas a reducir ese nú-

mero de incendios. Pero hay que tener en cuenta que la total eliminación de los incendios por causas humanas es imposible y que además siempre quedarían los incendios producidos por causas naturales, por lo que siempre que en un determinado monte exista el riesgo de que un incendio forestal pueda destruir totalmente la vegetación, se debería actuar para que eso no suceda.

La imposibilidad de eliminar los incendios producidos por causas humanas, por una parte es una mera cuestión de probabilidades: mientras las personas utilicen los montes o sus inmediaciones para realizar diferentes actividades (residencia, actividades de ocio, trabajos, aprovechamientos, transporte, etc.), el que se produzca una negligencia o un accidente que cause un incendio forestal, sólo es cuestión de volumen de actividades y de tiempo. Además, lo probable es que ese incendio aparezca cuando las condiciones sean más complicadas (altas temperaturas, vientos fuertes, baja humedad de la vegetación, etc.), ya que es en esas situaciones cuando mayor probabilidad hay de que una fuente de calor provoque la combustión de la vegetación (viva o muerta), lo que supondrá incendios forestales que se desarrollan en las peores condiciones para su extinción.

Por otra parte, aunque no existiese ningún interés económico concreto para provocar incendios intencionados, la posibilidad de que personas desequilibradas provoquen intencionadamente incendios forestales o que sean provocados por otras personas como venganzas o actos de vandalismo, siempre va a existir. Del mismo modo que, por muy desarrollada que sea una sociedad, nunca se podrá excluir el riesgo de que aparezcan asesinos u otro tipo de delincuentes y se adoptan las medidas oportunas, tanto para evitarlo como para detenerlos si aparecen (Aunque el número de robos de bancos sea muy reducido y de que exteriormente al edificio bancario se tomen todas las medidas preventivas posibles para que no se cometa ese tipo de delito, los edificios de los bancos nunca van a dejar de construirse y de dotarse con los mejores medios posibles para evitar los robos).

### **3.2. Ecología del fuego**

Está demostrado que la totalidad de las especies (animales, vegetales, etc.) que pueblan el planeta Tierra han evolucionado a partir de especies precedentes y que esa evolución se ha producido para adaptarse a las diferentes condiciones ambientales que se iban sucediendo a lo largo del tiempo, ya que las especies incapaces de adaptarse, fueron desapareciendo.

Dado que las condiciones ambientales actuales se mantienen estables desde hace miles de años, las especies que actualmente existen, deben estar obligatoriamente adaptadas a vivir en estas condiciones y deben tener capacidad para soportar aquellos cambios de esas condiciones que sean similares

a los producidos durante su proceso de evolución. De no ser así, nunca hubiesen llegado a la época actual y hubiesen sido sustituidas por otro tipo de especies, al igual que las especies actuales sustituyeron a otras especies hoy desaparecidas.

Actualmente también existen especies que permanecen inmutables desde hace millones de años, esto es debido a su capacidad para sobrevivir tanto en las condiciones ambientales actuales como en otro tipo de condiciones que se dieron en el pasado.

Si la vegetación forestal actual tiene capacidad para arder, también ha debido tenerla en el pasado y si actualmente las tormentas generan rayos que pueden provocar incendios, también han debido hacerlo en el pasado.

Por ello, la vegetación forestal actual debe tener mecanismos para convivir con el fuego forestal, ya que de lo contrario no habría podido sobrevivir hasta la época actual.

Las siguientes fotos corresponden al último incendio sufrido por este pinar de repoblación que se encuentra en la provincia de Zamora. Se trata de un pinar de *Pinus sylvestris* de algo más de 40 años de edad, situado a 1.600 m. de altitud y orientación noreste, con una densidad media de unos 1.000 pies por hectárea. Lo que se aprecia en las fotos formaba parte de una repoblación mayor, pero después de muchos incendios lo único que queda son unas pocas hectáreas totalmente abandonadas y que sobreviven gracias a las condiciones que el pinar genera y que le permiten sobrevivir al fuego que cada pocos años lo recorre.



En esta foto puede apreciarse como el fuego destruyó la totalidad del matorral fuera del pinar y sofamó las copas de los pies del borde.



En esta otra foto se ve como el fuego quema la totalidad del matorral fuera del pinar, pero no se propaga por el interior del pinar. Esto es debido a que el incendio se produjo en primavera y el interior del pinar tenía humedad y pasto verde, que impidió que el fuego se propagara.



Los troncos ennegrecidos que se ven en estas dos fotos corresponden a pies situados en el interior del pinar y muestran el efecto de diferentes incendios que han recorrido el interior del pinar y como esos árboles siguen sobreviviendo al fuego, ya que se puede apreciar como tienen las copas verdes.

Lo que pretendemos mostrar con estas imágenes, es cómo los árboles forestales, cuando viven en unas determinadas condiciones, tienen capacidad para convivir con el fuego forestal, sin que éste suponga una amenaza para su existencia.

En el interior de este pinar el matorral no puede desarrollar la biomasa que tiene en las zonas desarboladas, debido a la sombra del arbolado. El escaso matorral que sí se desarrolla, junto con los restos de ramas y acículas del pinar; en caso de incendio no suponen una amenaza para la supervivencia del arbolado, siempre que su acumulación no sea excesiva.

Los numerosos incendios intencionados que ha sufrido este pinar han supuesto la salvación de esas pocas hectáreas y su supervivencia depende de que el fuego siga recorriendo esa superficie cada pocos años y evite la acumulación de combustible en el suelo, ya que si esa acumulación es grande, la intensidad que alcance un posible incendio puede llegar a matar al arbolado.

De los diferentes tipos de vegetación forestal que existen en los montes españoles (matorrales, pastizales o montes arbolados de diferentes tipos), la formación vegetal que es capaz de sustituir a cualquier tipo de vegetación existente, y de mantenerse de forma indefinida en esa zona, mientras las condiciones ambientales se mantengan en los valores actuales (se denominada vegetación climática) Son las formaciones compuestas por las diferentes especies de árboles forestales autóctonos: robles, pinos, encinas, fresnos, alcornoques, etc. Dentro de la totalidad de la superficie forestal, hay zonas en las que la vegetación arbórea no puede prosperar: zonas húmedas, grandes altitudes, lugares con precipitaciones muy bajas, roquedos, etc., pero esas zonas suponen un pequeño porcentaje de la superficie forestal; en la mayor parte de la superficie, la vegetación arbórea puede ocupar la totalidad del suelo y esto sucede principalmente en las zonas de montaña.

Por ello, los diferentes tipos de vegetación forestal deben estar adaptados a convivir con el fuego forestal y serán los montes arbolados los que ocupen la mayor parte de la superficie forestal, manteniendo esa convivencia con el fuego.

Refiriéndonos ya a los montes arbolados, esa convivencia no puede basarse en ciclos de destrucción del bosque y posterior regeneración del arbolado, ya que ese tipo de ciclos no se pueden mantener indefinidamente: si el fuego destruye totalmente la vegetación se produce la erosión del suelo y su empobrecimiento, con lo que después de suficientes ciclos se produciría tanta erosión del suelo que impediría el desarrollo de los árboles. Una convivencia de los árboles con el fuego, mediante destrucción y regeneración, sólo sería posible en ciclos muy largos durante los cuales se permitiera la recuperación del suelo.

La frecuencia con la que actualmente los rayos causan incendios, no puede ser muy distinta de la que haya sucedido en la antigüedad, por lo que deben existir montes arbolados adaptados a convivir con el fuego en periodos de

retorno (periodo en el que en una misma zona se volvería a producir un incendio forestal) muy cortos (a partir de tres años), en periodos medios (de diez a treinta años) y en periodos largos (más de 30 años).

Esta circunstancia sólo será válida para aquellos lugares en los que las tormentas causan rayos con cierta frecuencia y en los que las condiciones ambientales (temperatura, precipitaciones, etc.) permiten que los rayos generen incendios y que esos incendios se propaguen por el monte. En aquellos lugares en que no se dan esas condiciones (escaso número de rayos, abundancia de precipitaciones, humedad en el suelo, etc.) podrá existir otro tipo de vegetación arbórea que no presente esas adaptaciones a convivir con el fuego. También en el primer tipo de zonas habrá espacios menores en los que se modifiquen las condiciones ambientales generales y permitan la aparición de vegetación propia del segundo tipo de zonas: vaguadas, zonas de mayor altitud, zonas húmedas, umbrías, etc.

Dado que los montes arbolados que forman las especies de árboles forestales tienen capacidad para modificar las condiciones ambientales locales (mejoran la calidad del suelo, mejoran la absorción de agua del suelo con lo que aumentan la disponibilidad de agua para los árboles, aumentan la humedad relativa, disminuyen la velocidad del viento, etc.) existirá una competencia entre las diferentes especies de árboles forestales tendente a ocupar el máximo espacio posible, a mantenerse en él y a expulsar del mismo al resto de especies competidoras.

Para ello, las diferentes especies desarrollarán estrategias que favorezcan a unas y perjudiquen a otras. Aquellas especies capaces de vivir en un régimen de incendios con cortos periodos de retorno desarrollarán estrategias para favorecer la aparición del incendio forestal y su propagación cuando aparezca (acumulación de restos que tardan más tiempo en descomponerse, menor densidad del número de árboles que forma el bosque, etc.) y las que no pueden vivir en ese régimen de incendios, desarrollarán estrategias para evitar que el incendio aparezca y dificultar su propagación (restos que se descomponen rápidamente, cobertura total del suelo por las copas de los árboles, etc.).

Todo ello debe verse en periodos de tiempo suficientemente largos, ya que aunque en una determinada zona existan condiciones ambientales que no favorezcan la aparición de incendios, si de forma periódica aparecen circunstancias que sí favorecen esa aparición de incendios forestales (sequías por ejemplo), la composición de la vegetación forestal de esa zona reflejará esa circunstancia.

Aquellas especies capaces de vivir en un régimen de incendios con cortos periodos de retorno dispondrán de diferentes mecanismos para defenderse

del fuego, tanto a nivel individual como a nivel de comunidad y que se corresponderán con las diversas etapas de la vida de los árboles.

Algunas de esas características individuales serán: gruesas cortezas que protegen del fuego a los tejidos vivos del tronco del árbol, capacidad de rebrote, facilidad de regeneración por semilla, etc.

Como comunidad: creación de espacios abiertos que favorezcan la aparición de combustible de superficie (pasto, matorral) de manera que los rayos puedan generar con frecuencia incendios de superficie que eliminen la acumulación de combustible y eviten la aparición de incendios de alta intensidad, creación de espacios cerrados que eviten la acumulación de combustible de superficie (esto sólo se producirá cuando el fuego de copas en ese tipo de comunidad sea poco probable) y que evite que los rayos provoquen incendios de superficie y que en caso de que aparezcan, sean de baja intensidad.

Simplificando la cuestión, en aquellos lugares en los que los incendios se producen en cortos periodos de retorno, en su estado de mayor madurez, existirían dos tipos de montes arbolados: unos que forman bosques abiertos y otros que forman bosques cerrados.

En su etapa de mayor madurez, los bosques abiertos estarán compuestos por especies capaces de resistir incendios de superficie de una cierta intensidad (árboles gruesos y altos, con cortezas gruesas, etc.) y los bosques cerrados lo estarán por especies capaces de resistir incendios de superficie de baja intensidad.

En los bosques del primer tipo la regeneración se produciría en espacios abiertos, en aquellos periodos favorables: periodos de mayor humedad, y el fuego forestal sería el principal elemento que eliminaría el exceso de regeneración, dejando la densidad de árboles correspondiente.

En los bosques del segundo tipo la regeneración se produciría en espacios abiertos o a la sombra de los árboles existentes y el exceso de regeneración se eliminaría por otros medios (imposibilidad de desarrollarse permanentemente a la sombra, etc.).

De esta forma pretendemos explicar que, de forma natural, se crean comunidades de vegetación forestal que pueden convivir con el fuego forestal sin que éste destruya la totalidad de la vegetación cada vez que aparezca. De esa manera, la solución final al problema de los incendios forestales llegaría cuando la totalidad de la superficie forestal se encuentre ocupada por comunidades de vegetación que puedan convivir con el fuego forestal en un régimen natural de incendios, debido a su adaptación específica para soportar el paso del fuego.



Monte de *Quercus pyrenaica* brotando en primavera después de haber sufrido un incendio durante el invierno.

Los árboles del fondo de la foto han sobrevivido al fuego debido a que la espesura del arbolado (cobertura total del suelo por las copas de los árboles) impide el desarrollo de matorral o herbáceas que aumenten la cantidad de combustible en el suelo y por lo tanto la intensidad que puede alcanzar el fuego es pequeña y permite a los árboles sobrevivir.

Los árboles del frente de la foto han muerto debido a la cantidad de matorral que existía y a la intensidad que alcanzó el fuego en ese lugar.

La alta espesura del arbolado (en la que esta especie vive perfectamente) le sirve a esta especie para protegerse de los efectos del fuego.

Tanto uno como otro tipo de monte arbolado de los anteriormente descritos, en su proceso de crecimiento desde su nacimiento hasta alcanzar su estado adulto, pasan por una etapa en la que la estructura de la vegetación (acumulación de combustible de superficie y alta probabilidad de generación de fuego de copas) permite que en determinadas circunstancias (aquellas capaces de generar incendios de alta intensidad) el fuego forestal destruya la vegetación que se encuentre en esa etapa de evolución e incluso destruya también la vegetación adulta. En un sistema en el que sólo interviniesen los

factores naturales, la situación comentada no sería un problema, ya que esa etapa de la vegetación sólo se presentaría puntualmente y la probabilidad de ser destruida por el fuego forestal sería muy baja (poca probabilidad de que el incendio forestal se originase en el lugar donde exista ese tipo de vegetación, o protección de esos lugares por vegetación circundante en la que no prospere el incendio) y la de ser destruida repetidamente, aún menor. Además, las especies utilizan otras estrategias que le permiten superar esa fase crítica: regeneración dentro de estructuras de vegetación en las que no prospera el incendio (bosques densos con poco combustible de superficie), o creación de ese tipo de estructuras al regenerarse, etc.

El fuego forestal se convierte en un verdadero problema cuando son ese tipo de vegetación forestal (aquellas capaces de ser destruidas por el fuego forestal - vegetación en proceso de regeneración -) las que ocupan la mayor parte de la superficie. Entonces el riesgo de que aparezca un incendio forestal es muy alto y la posibilidad de que se generen grandes incendios.

El principal requisito para que esas superficies en regeneración alcancen la situación de equilibrio con el fuego forestal, es que permanezcan sin quemarse el tiempo preciso. En esa situación es donde la existencia del tipo de infraestructuras que aquí se exponen tiene su mayor eficacia.

### **3.3. Objetivos de la política de lucha contra los incendios forestales**

Al igual que sociedades pasadas necesitaron obtener productos de los montes (madera, pasto, leñas, etc.) y explotaron los bosques de acuerdo con sus conocimientos para obtener esos productos, la sociedad actual necesita también obtener toda una serie de beneficios de los montes, principalmente de los arbolados.

Un tipo de esos beneficios son los que se obtienen directamente por la explotación de los recursos naturales: madera, pasto, frutos, caza, etc. y otro tipo de beneficios son los que se obtienen por la simple existencia del bosque.

Estos últimos beneficios se deben principalmente a la actividad de los árboles. Algunos de ellos son: absorción y acumulación de CO<sub>2</sub> y otros contaminantes emitidos a la atmósfera, intervención en el ciclo del agua aumentando la cantidad de agua del subsuelo, favoreciendo las precipitaciones y evitando la desecación del suelo; impedir la erosión del suelo, crear suelo y mejorar el existente, contención de fenómenos naturales (aludes, vientos, inundaciones), etc.

La cantidad de población actual, la demanda de recursos naturales de las sociedades desarrolladas (madera, agua potable, suelo), la emisión de

contaminantes y gases de efecto invernadero, o la tendencia creciente a vivir en grandes ciudades, con una gran aglomeración de población y la consiguiente necesidad de ocio y relajación en espacios naturales, o la cada vez mayor ocupación del espacio y su consecuencia de pérdida de hábitats y biodiversidad; suponen que la sociedad actual necesita enormemente los montes, principalmente los arbolados y que sea imprescindible mantenerlos, aumentarlos y mejorarlos, no pudiéndose permitir su destrucción por el fuego.

Como hemos dicho, son los montes arbolados maduros los que están adaptados a convivir con el fuego forestal, por ello cubren las necesidades de la sociedad actual (y los que van a garantizar la obtención del mismo tipo de beneficios a las sociedades futuras). El que el paisaje forestal (allí donde sea posible) estuviese conformado por ese tipo de montes debería ser el objetivo de la gestión de toda la superficie forestal y no debería existir ningún impedimento político para lograr ese objetivo y quizás no sólo no deberían existir impedimentos, sino que debería ser una obligación legal el conseguirlo. Ya que ese estado se alcanza en la mayoría de los lugares de forma natural. Sólo se exceptuarían aquellas zonas en las que debido a la erosión que han sufrido ya no se puede producir ese proceso natural y necesitan una actuación artificial para poder conseguir el objetivo expuesto.

Para conseguir ese objetivo se deben tener en cuenta unas condiciones obvias, que no por serlo son tenidas en cuenta. En primer lugar es actuar en toda la superficie forestal, con independencia de que sea propiedad particular o pública. Actuar igualmente en zonas arboladas como desarboladas y comprender que las actuaciones sobre zonas desarboladas que persiguen mantenerlas desarboladas de forma artificial, sólo sirven para diferir el problema de los incendios en el tiempo y no para solucionarlo.

El alto número de incendios que se produce en España y su tendencia creciente puede hacer pensar a los responsables políticos, que la lucha contra los incendios debe consistir en medidas dirigidas a disminuir el número de incendios, pero aparte de que esas medidas son precisas, el no hacer lo necesario para crear el paisaje forestal comentado supone mantener e incrementar un problema tan grave o más que el que actualmente existe. Los grandes incendios forestales son los que más daños producen.

Establecida la imposibilidad de evitar el incendio forestal, sabiendo que de los diferentes factores que influyen en la propagación del incendio, sobre el único que el hombre puede actuar para modificar la propagación y la intensidad del fuego, es el combustible forestal; la única elección posible respecto a los incendios forestales no es su existencia o eliminación, sino la intensidad que el incendio forestal va a alcanzar cuando aparezca.

La adaptación de la vegetación y la reducción de la cantidad de combustible por hectárea, supone incendios de baja intensidad y conservación de la vegetación. Lo contrario supone incendios de alta intensidad y en la mayoría de los casos destrucción de la vegetación y pérdida del suelo.

La no actuación sobre el combustible forestal sólo supone que se estará eligiendo que el monte se queme con alta intensidad cuando aparezca el inevitable incendio forestal.

Una opción puede ser el mantener, de forma artificial, los montes en un estado en el que los incendios no pueden destruir la vegetación. Pero dada la superficie forestal de España, su estado y su tendencia a seguir aumentando, surge la necesidad de que la superficie forestal se autofinancian - o mejor dicho produzca beneficios - o será inviable intentar conseguir un buen estado mediante inversión pública. En todo caso, ese tipo de actividades sólo van a poder realizarse en una parte de la superficie forestal y no en toda ella.

Por todo ello y para la mayor parte de la superficie forestal, los objetivos de la lucha contra los incendios forestales no pueden ser otros que conseguir transformar en montes arbolados todas aquellas superficies forestales que puedan sostener ese tipo de vegetación, consiguiendo el establecimiento del arbolado para que el monte alcance el estado de mayor madurez. De este modo estará adaptado para poder convivir con el fuego forestal, en un régimen natural de incendios.

Para ello y dependiendo de la situación en que se encuentre cada monte, se deberá utilizar la dinámica natural de la vegetación y realizar las actuaciones artificiales precisas para alcanzar dicho estado. La principal condición para conseguir ese objetivo es evitar que el monte se queme durante las etapas de evolución, y que el ciclo se mantenga en destrucción-regeneración.

No tener esos objetivos, sólo supone elegir que el inevitable incendio forestal se desarrolle con alta



intensidad, y que destruya la vegetación, manteniendo al monte en un permanente estado de regeneración, pero con un suelo cada vez más deteriorado.

Otro ejemplo de supervivencia al fuego. Se trata de un pinar de *Pinus nigra* en la provincia de Zamora, procedente de repoblación, de unos 35 años de edad, con una densidad de 1.300 pies por hectárea, con orientación sur, pendiente inferior al 5% y situado a 1.000 m. de altitud. La imagen está tomada a los dos años de ocurrir el incendio.

El claro del fondo de la imagen corresponde al resto del pinar quemado durante el mismo incendio. La parte del fuego que quemó esta zona era un flanco y el pinar se quemó de copas hasta llegar a esta zona donde el fuego ya no progresó por las copas y continuó por el suelo. La poca cantidad de combustible existente en el suelo, junto con la menor intensidad del fuego, ya que se quemó a primeras horas de la noche, permitió la supervivencia del arbolado.

De forma natural, la supervivencia del arbolado al fuego, vendría dada por la capacidad de éste para resistir la intensidad del fuego de superficie. Esa intensidad respondería principalmente a la cantidad de combustible disponible para arder existente en el suelo y esa cantidad estaría relacionada con el tiempo transcurrido desde que el fuego recorrió esa superficie. Aparte de esto, deberían existir mecanismos para adaptar la densidad del arbolado y así evitar el fuego de copas.

Hasta que la vegetación pueda alcanzar un estado en el que esas condiciones se den de forma natural, de forma artificial se pueden crear esas condiciones, mediante la eliminación periódica del combustible de superficie (rozas, quemas, trituración, etc.) y la adaptación de la espesura del arbolado mediante clareos y claras.

Como esas actuaciones no pueden aplicarse en cualquier etapa de la vida de la vegetación, el tipo de infraestructuras que aquí proponemos ayudan a que la vegetación llegue al estado en que esas actuaciones sí se pueden aplicar. Por otro lado, esas actuaciones no pueden proponerse como permanentes y definitivas, ya que el coste que generaría su aplicación en la totalidad de la superficie forestal las haría inviables. Lo definitivo es la convivencia de la vegetación con el fuego.



Efecto de quema prescrita bajo arbolado. Se trata de un pinar de *Pinus pinaster* situado en el distrito de Bragança (Portugal), procedente de repoblación, de unos 25 años de edad, con una densidad de 1.300 pies por hectárea, con orientación sur, prácticamente llano y situado a 850 m. de altitud. Puede observarse la total supervivencia del arbolado a los efectos del fuego y la total eliminación del combustible de superficie. En este caso se había realizado un tratamiento previo, consistente en la poda del arbolado y la roza del matorral, por lo que la quema se efectuó sobre

los restos del tratamiento.

Si en este caso además de lo realizado se hiciese un clareo del arbolado que dificultase la propagación del fuego de copas, se tendría una masa arbolada resistente al incendio forestal y que puede seguir evolucionando.



Ejemplo de masa arbolada en condiciones de convivir con un régimen natural de incendios forestales, sin que el fuego forestal signifique la destrucción del arbolado. Se trata de un pinar situado en la provincia de Zamora, mezcla de *Pinus pinaster*, *Pinus sylvestris* y *Pinus nigra*, procedente de repoblación, de unos 60 años de edad, con una densidad entre 600-800 pies por hectárea, con orientación este, pendiente menor del 5% y situado a 1.050 m. de altitud. En este pinar se han realizado dos claras del arbolado y los restos de las cortas se van eliminando por descomposición.

La distancia entre las copas de los árboles hace muy difícil la propagación del fuego de copas, la altura de los árboles (entre 12 y 16 m.) y de la parte viva de la copa (unos 8 m.) junto con el escaso combustible en el suelo, hace que los posibles fuegos de superficie no afecten a las copas del arbolado y el diámetro de los árboles (más de 30 cm.) y el espesor de la corteza, protegen los tejidos vivos del efecto del fuego. Por ello, mientras la carga de combustible en el suelo se mantenga controlada y la densidad del arbolado impida la propagación del fuego de copas, la supervivencia del arbolado está garantizada.

### 3.4. Medidas tradicionales

Como se ha dicho, de los factores que intervienen en la propagación del fuego, sólo se puede actuar sobre el combustible, para modificar la propagación e intensidad del posible incendio forestal.

Tradicionalmente las medidas de modificación del combustible que se aplicaban, consistían en interrumpir la continuidad vertical y/o horizontal del combustible forestal y en disminuir la cantidad de combustible por hectárea.

Para romper la continuidad horizontal del combustible se construían infraestructuras (caminos y cortafuegos) y se hacían tratamientos sobre la vegetación (desbroces, clareos, eliminación total y parcial de la vegetación: fajas cortafuegos, etc.) para crear discontinuidades.

Para romper la continuidad vertical del combustible se han realizado desbroces del matorral y poda del arbolado, principalmente.



Respecto a evitar la destrucción del arbolado por el fuego, de poco sirve la "ultralimpieza" del suelo realizada en este caso, ya que la espesura del arbolado hace que un fuego de copas pueda propagarse con total facilidad y destruya igualmente el arbolado.

La actuación sobre el combustible de superficie debería esperar a la reducción de la densidad del arbolado, que evite el fuego de copas. La adecuación de la densidad del arbolado deberá hacerse hasta alcanzar una densidad objetivo, adecuando la densidad a las dimensiones del arbolado y manteniendo siempre una cierta cobertura del suelo por las copas, para evitar el desarrollo del matorral.

Los problemas más frecuentes que presentan las actuaciones tradicionales de tratamiento del combustible forestal, para la prevención de los incen-

dios, son: Por un lado que la ruptura de la continuidad vertical generalmente no es posible en las primeras fases de regeneración del arbolado y nunca es posible en las zonas de matorral, y por otro que se hacen tratamientos para romper la continuidad vertical entre el combustible de superficie y la copa de los árboles, cuando sigue existiendo continuidad horizontal de las copas de los árboles - con lo que en caso de incendio de copas se destruirá igualmente el arbolado - o que se mantienen infraestructuras para romper la continuidad horizontal del combustible, cuando la cantidad de combustible que separa esas infraestructuras es capaz de generar tal intensidad de fuego que las hace inútiles.



En este caso, el tratamiento realizado en el arbolado (parte derecha de la imagen), sirvió de poco para evitar su destrucción por el fuego ya que ardió de copas (toda la parte desarbolada de la izquierda de la imagen era un pinar en las mismas condiciones que el que se ve a la derecha de la imagen y ardió durante un incendio). El centro de la imagen es donde los medios de extinción detuvieron el fuego.

La falta de planificación para la ejecución de actuaciones, muy común en el caso de la creación de infraestructuras y en este caso también la comisión de graves defectos en la ejecución de esas infraestructuras.



Replantación rodeada de cortafuegos y sin accesos. Un incendio que se produzca en el interior será difícilmente controlable, a la vez que un incendio que suba por la ladera, superará el cortafuegos en la mayoría de las situaciones. Por lo tanto, la actuación realizada es escasamente efectiva.

Además de esos problemas técnicos, otros problemas son: que la intervención sólo se ha realizado en una parte de la superficie forestal (generalmente superficie de propiedad pública cuya gestión corresponde a la Administración Forestal) y no en toda ella.

Como problema final está el alto coste de algunas de esas actuaciones, lo que hace inviable su aplicación a la totalidad de la superficie forestal o su mantenimiento en el tiempo.



Ejemplos de modificación de cortafuegos: 1.- Cortafuegos antiguo.  
2.- Cortafuegos nuevo.

### 3.5. Necesidades actuales de la lucha contra los incendios forestales

Anteriormente hemos expuesto que la superficie forestal actual de España ocupa un alto porcentaje de la superficie total (casi el 52%), que gran parte de esa superficie es arbolada, que la tendencia actual es que esa superficie siga aumentando y que también aumente la superficie arbolada y que esa tendencia va a continuar en los próximos años.

Gran parte de esa superficie son etapas de regeneración del arbolado, en las que el riesgo de que la vegetación sea destruida por los incendios forestales es muy alto, y en los próximos años se incorporará más superficie a ese estado.

El número de incendios que anualmente se producen en España es muy elevado y continúa con una tendencia creciente. El descenso de la superficie quemada se ha conseguido mediante una considerable inversión pública en los sistemas de extinción de incendios, pero en los últimos años hay una tendencia al aumento de la superficie quemada, por lo que puede existir una situación insostenible a medio plazo.

La actuación sobre el combustible, es la única posibilidad para reducir la intensidad de los incendios forestales, que como hemos dicho son inevitables. Pero las posibles actuaciones deben proteger eficazmente a la vegetación del fuego – de superficie y de copas –, deben realizarse en toda la superficie forestal en la que exista el problema de los incendios, y deben tener un coste que sea soportable por los presupuestos públicos, ya que éstos (aparte de la necesidad evidente de incrementar su cuantía actual) no serán infinitos.

Teniendo en cuenta todos esos factores, podríamos resumir que las necesidades a las que actualmente se enfrenta la política de lucha contra los incendios forestales en España son:

- Reducir el alto número de incendios y su tendencia creciente, para intentar llegar a una situación óptima, en la que el número de incendios originados por causas humanas, sea un porcentaje similar al de los originados por causas naturales.
- Transformar los montes desarbolados en montes arbolados, y hacer evolucionar los montes arbolados hacia estructuras que sean capaces de convivir con el fuego forestal en un régimen natural de incendios.
- Conseguir que esa transformación y evolución del monte se realice con técnicas y métodos que protejan efectivamente al monte del fuego, y que tengan un coste (aún mejor si producen beneficios) que sea soportable por una adecuada inversión pública, de manera que se

puedan aplicar en la totalidad de la superficie forestal.

- Actuar sobre la totalidad de la superficie forestal.
- Adecuar los montes para que la extinción de los incendios sea económica. Disponer de sistemas de extinción de incendios que tengan un coste soportable y que contemple el proceso de transformación y evolución de la vegetación forestal.



El camino del centro de la imagen separa un monte de utilidad pública, a la derecha del camino, de un monte particular, a la izquierda del camino. Sin entrar en otras consideraciones, de poco sirve que en el monte de utilidad pública se haga una estupenda gestión si el monte particular permanece en estado de total abandono. La intensidad de un fuego que afecte a este monte particular, impedirá la extinción del fuego en la mayoría de los casos y destruirá tanto el arbolado del monte particular como el del monte de utilidad pública. Por lo tanto, la lucha contra los incendios forestales requiere la adecuación de la totalidad de la superficie y no solamente la de una parte de la misma.

### **3.6. Consideraciones previas**

Ante las necesidades expuestas hay que establecer algunas consideraciones, antes de presentar posibles soluciones.

- Reducir el número de incendios es imprescindible, conseguir que el número de incendios forestales originados por causas humanas fuese un porcentaje similar al de los originados por causas naturales, y conseguir que el dispositivo de extinción pueda hacer frente a cualquier tipo de incendio, independientemente de las condiciones en las que se encuentre el combustible forestal, esto solamente significa esperar que el incendio se produzca en condiciones en las que la intensidad del

fuego no permita su extinción, y los daños originados habrán arruinado todo el trabajo y tiempo invertido hasta la fecha.

- Se debe evitar que el coste de la extinción de los incendios impida destinar la cantidad necesaria de recursos públicos a la transformación de los montes para conseguir el paisaje forestal comentado. Para ello, se deben cumplir diferentes premisas:
  - Evitar el incremento constante del uso de los medios aéreos de extinción, por su alto costo.
  - Los montes deberán estar adaptados, para que la extinción de los incendios se pueda acometer con medios de tierra. Esa adaptación deberá consistir, básicamente, en dotar a los montes de las infraestructuras de defensa contra incendios necesarias (cortafuegos, caminos y puntos de agua) y de adaptar el combustible forestal, para que la intensidad del posible fuego, permita trabajar en ese tipo de medios.
  - La profesionalización (a todos los niveles) del personal que trabaja en la extinción de los incendios, es otra de las premisas necesarias, de manera que se cambie cantidad por calidad en el trabajo de extinción de incendios.
  - Otra de las premisas es la existencia permanente de un dispositivo de extinción de incendios. Con un número de medios y personal suficiente, adaptado a las diferentes épocas de riesgo del año, de manera que no exista ninguna época del año en la que pueda producirse un incendio forestal y en la que no existe un dispositivo de extinción de incendios.
  - La participación del personal y de los medios en el dispositivo de extinción de incendios en el proceso de evolución de la vegetación forestal hasta llegar al paisaje forestal óptimo (principalmente mediante la realización de quemas prescritas bajo arbolado y otro tipo de trabajos selvícolas), contribuirá a optimizar los recursos públicos invertidos y a acelerar el proceso, disponiendo además de profesionales muy cualificados en el manejo del fuego forestal y plenamente capacitados para actuar en el monte.
- La construcción de infraestructuras de defensa contra incendios (correctamente ejecutadas) como los caminos, los cortafuegos o los puntos de agua, solucionan una parte de las necesidades. Pero se debe tener en cuenta que cuando el arbolado supera la fase de regeneración (una determinada altura de los árboles) cierto tipo de infraestructuras

no son efectivas por sí mismas, si no se reduce la cantidad de combustible por hectárea de superficie forestal, por lo que se necesitan actuaciones que adecuen el combustible (clareos, claras y eliminación de restos: quemas, trituración, retirada, etc.) y que permitan que el arbolado pueda convivir con el fuego forestal en un régimen natural de incendios.

- Por lo tanto, el éxito de la lucha contra los incendios forestales no se conseguirá mientras exista un número de incendios descontrolados o mientras no se adapte el combustible forestal. Las medidas a tomar para la reducción del número de incendios, y el tratamiento de los montes son complementarias y deben realizarse simultáneamente. Nunca funcionarán unas sin las otras.

### **3.7. Soluciones que se propone**

Entendemos que la solución definitiva a los problemas de los incendios forestales, llegará cuando el número de incendios se reduzca a los producidos por causas naturales, solamente cuando la totalidad de la superficie forestal (en la que los incendios forestales sean un riesgo de destrucción de la vegetación forestal) se encuentre en unas condiciones que permitan que la vegetación conviva con el fuego forestal (o que esa vegetación forestal se encuentre en un proceso de adaptación para conseguir ese estado) y cuando las diferentes actuaciones humanas (usos y aprovechamientos de los montes, inversión pública, sistemas de extinción de incendios adecuados, etc.) permitan que esa situación se mantenga indefinidamente en el tiempo.

Llegar y mantener esa situación óptima, requiere realizar los siguientes grupos de acciones.

#### **1. Evitar que aparezca el incendio.**

Para ello será necesario realizar las actuaciones siguientes y disponer del personal, los medios materiales y la normativa necesaria para hacerlo:

- a. Ordenar y adaptar los diferentes usos (cultivos agrícolas, pastoreo, acampadas, líneas eléctricas, urbanizaciones, etc.) que potencialmente puedan producir incendios forestales, actuando sobre el desarrollo de esos usos (adaptación del ganado a la situación del monte, determinación de zonas en las que el cultivo agrícola es posible y en las que no lo es, adaptación del combustible en la interfase urbano-forestal, etc.) y no sólo sobre las consecuencias de esos usos que puedan dar lugar a incendios forestales.

- b. Vigilancia disuasoria de la superficie forestal que prevenga sobre todo los incendios intencionados.
- c. Investigación de las causas que provocan los incendios y actuación en consecuencia.
- d. Persecución (administrativa y penal) de los posibles causantes de los incendios.

**2. En caso de que el incendio aparezca, detectarlo y extinguirlo en el menor tiempo posible y si no es posible, intentar que cause el menor daño.**

- a. Disponer de adecuados sistemas de detección y extinción de incendios (número de medios, tipo de medios, personal profesional, etc.), operativos durante todos los periodos del año en los que se puedan producir incendios forestales.
- b. Montes con accesos adecuados, que permitan una rápida intervención en la extinción de los incendios y con las compartimentaciones necesarias para controlar el fuego en esas líneas de compartimentación.
- c. Red de puntos de repostaje de agua, que posibiliten que los medios de extinción abandonen durante el menor tiempo posible el frente del incendio para repostar agua.
- d. Adecuación del combustible forestal para que la intensidad de los posibles incendios permita la actuación de los medios de extinción terrestres.

**3. Mantener un proceso que permita que la vegetación forestal (sea cual sea su estado de partida) pueda evolucionar para crear sistemas capaces de convivir con el fuego forestal en un régimen natural de incendios.**

- a. Investigación de las relaciones entre la vegetación y el fuego y desarrollo de técnicas de gestión adaptadas a cada ecosistema.
- b. Planificación del proceso de evolución de la vegetación y ordenación de usos y aprovechamientos de la superficie forestal, para conseguir desarrollar ese proceso de evolución.
- c. Realización de las actuaciones necesarias para que la vegetación mantenga ese proceso de evolución y se acelere cuando sea pre-

ciso (reforestaciones, desbroces, clareos, etc.).

- d. Protección de la vegetación frente al fuego (actuaciones del punto anterior).

#### **4. Que todo este proceso se realice con un coste soportable por una inversión pública razonable.**

- a. Sistemas de vigilancia y extinción de incendios con el menor coste posible y que participen en el proceso de evolución de la vegetación.
- b. Sistemas de gestión (planificación, actuación, control, etc.) que consigan los mayores resultados con el menor coste posible (estructuras administrativas estables, equipos profesionales, técnicas adecuadas, materiales necesarios, etc.).

### **3.8. Plan de defensa contra incendios forestales**

La forma de abordar, de una manera integral, el problema de los incendios forestales, es a través de la realización y aplicación de lo que se conoce como: Plan de Defensa contra Incendios Forestales.

Estos Planes existen en algunas comunidades autónomas, pero generalmente carecen del suficiente nivel fáctico en todos los aspectos necesarios, por lo que no suelen ser muy efectivos en su aplicación.

El Plan de Defensa contra Incendios Forestales ideal, debería actuar en la totalidad de la superficie forestal de la zona en cuestión y las medidas a aplicar deberían ser consecuencia del debate y acuerdo, entre las diferentes partes implicadas en resolver el problema de los incendios forestales, en esa zona.

El Plan de Defensa contra Incendios Forestales debe contener la información necesaria respecto a cuales son las causas y motivaciones que provocan los incendios, y a cómo son las condiciones meteorológicas que influyen en la probabilidad de aparición del incendio y en el comportamiento del fuego. Debe realizar un inventario de los bienes (poblaciones, industrias, infraestructuras, etc.), bosques y demás valores naturales a proteger, de las infraestructuras de defensa contra los incendios forestales con que cuentan los montes y del dispositivo de vigilancia y extinción de incendios existente.

Partiendo de esos datos, para evitar la aparición de incendios forestales y así reducir su número, se deben establecer medidas de regulación sobre los usos y aprovechamientos de la superficie forestal. De manera que las distintas

actividades humanas que se desarrollan en esa zona, no necesiten usar el fuego para su realización o que ese uso del fuego esté regulado, sí es necesario para alguna actividad, y que esas actividades humanas encajen en el proceso de evolución del paisaje forestal, dirigido a conseguir la convivencia de la vegetación forestal con el fuego forestal en un régimen natural de incendios.

Esas medidas de regulación, deberían incluso suponer la modificación de la normativa existente, si esa modificación es necesaria para conseguir su adecuada aplicación.

El Plan de Defensa contra Incendios Forestales deberá establecer las diferentes actuaciones a realizar sobre la vegetación forestal para lograr ese proceso de evolución del paisaje forestal, dirigido a conseguir la convivencia de la vegetación forestal con el fuego forestal en un régimen natural de incendios. Deberá definir las necesidades de construcción y conservación de infraestructuras de defensa del monte contra los incendios forestales y diseñar el dispositivo de vigilancia y extinción de incendios necesario para cada época del año (medios humanos y materiales e infraestructuras).

El Plan de Defensa contra Incendios Forestales podrá escoger una zona de la superficie forestal, en función del riesgo de incendios, con el fin de establecer prioridades de actuación.

Finalmente el Plan deberá contener una programación duradera para las operaciones de construcción, ejecución, realización, etc., y de las de mantenimiento, una evaluación de los costes de las medidas a aplicar así como la forma de financiación del Plan.

Para conocer la eficacia del Plan, deberán existir unos criterios fácilmente evaluables y se deberán fijar unos objetivos a cumplir en función de esos criterios. También deberá existir una programación establecida para revisar el Plan.

El diseño y construcción de las redes de infraestructuras de defensa contra incendios forestales que aquí estamos tratando, sería una de las partes de ese Plan de Defensa contra Incendios Forestales, El éxito total en la lucha contra los incendios forestales llegaría con la ejecución en su totalidad de las medidas que debe contener el Plan de Defensa contra Incendios Forestales.

Que el diseño y construcción de las redes de infraestructuras, sea una parte de ese Plan de Defensa contra Incendios Forestales, no significa que tenga poca importancia, más bien todo lo contrario, ya que ese diseño y construcción de las redes de infraestructuras, tiene múltiples implicaciones tanto en la extinción de los incendios forestales, como en la gestión de la superficie fores-



tal, por lo que las actuaciones de las redes de infraestructura se convierten en pieza fundamental en el esquema de lucha contra los incendios forestales.



## **Eficacia de la construcción de las infraestructuras: propuestas y justificación de la elección.**

### **4.1. Objetivos**

Dentro de todo el esquema de lucha contra los incendios forestales hasta ahora planteado, con la existencia de este tipo de infraestructuras y la utilización de métodos sencillos y baratos en su planificación y construcción, pretendemos conseguir toda una serie de objetivos concretos que se encuadran en el esquema de grupos de acciones anteriormente expuesto (ver tabla página siguiente).

Las actuaciones que se proponen, más la forma en la que se realizan, tienen un objetivo directo que es el que se pretende conseguir con cada actuación. Tienen también unas consecuencias tanto sobre la lucha contra los incendios forestales, como sobre la gestión forestal general. Además influye una sobre otra, creando un círculo interactivo que hace que se multiplique el resultado positivo de las actuaciones se consigue más rápido al objetivo final: conseguir la convivencia de la vegetación forestal con el fuego forestal en un régimen natural de incendios.

Grupo de acciones	Actuación	Objetivo de las actuaciones	Justificación	Resultado perseguido
Evitar que aparezca el incendio.	Creación de Red de Accesos.	Facilitar la vigilancia de la superficie forestal.	La creación de una Red de Accesos para la totalidad de la superficie forestal, facilita la vigilancia de esa superficie.	Reducción del número de incendios. Reducción de la superficie quemada. Reducción del coste de la extinción de incendios.
	Creación de Red de Accesos.		Dotar a los montes de una red de acceso que permita que los diferentes tipos de medios terrestres de extinción de incendios puedan acceder hasta una determinada distancia (desde la que su actuación es rápida y eficaz) de cualquier punto de la superficie forestal en la que se pueda producir un incendio. Que el acceso al lugar del incendio por los medios terrestres de extinción de incendios se realice lo más rápido posible.	Aumento del éxito del Primer Ataque. Facilidad de Actuación de los medios terrestres. Reducción de la superficie quemada. Reducción del coste de la extinción de incendios.
En caso de que el incendio aparezca, detraerlo y extinguirlo en el menor tiempo posible y si no es posible, intentar que cause el menor daño.	Creación de Red de Compartimentación.	Compartimentar la superficie forestal para facilitar la extinción de los incendios.	Compartimentar la superficie forestal, de forma que en caso de que se queme una de esas compartimentaciones, el fuego no se extienda a las demás.  Es probable que en incendios de alta intensidad la cabeza del incendio supere las líneas de compartimentación, pero los flancos y la cola del incendio es muy probable que no lo hagan. Por ello, la extinción de ese tipo de incendios en las condiciones que se propone que se encuentren los montes, se podrá acometer con pocos medios de extinción en los flancos y en la cola y concentrar el grueso de los medios de extinción en la cabeza del incendio. Las líneas de compartimentación también permitirán la realización de contrafuegos y quemas de ensanche desde las mismas, con lo que se podrá contener el incendio utilizando esas técnicas y necesitando pocos medios de extinción.	Reducción de la superficie quemada.  Facilidad de Actuación de los medios terrestres. Reducción de la superficie quemada. Reducción del coste de la extinción de incendios
	Creación de Red de Puntos de Agua.		Creando una red de puntos de repostaje de agua (tanto para medios terrestres como aéreos), se conseguirá una actuación más efectiva de los medios de extinción de incendios, principalmente en las fases de inicio del incendio.	Aumento del éxito del Primer Ataque. Facilidad de Actuación de los medios terrestres. Reducción de la superficie quemada. Reducción del coste de la extinción de incendios.

Grupo de acciones	Actuación	Objetivo de las actuaciones	Justificación	Resultado perseguido
<p>Mantener un proceso que permita que la vegetación forestal (sea cual sea su estado de partida) pueda evolucionar para crear unos sistemas capaces de convivir con el fuego forestal en un régimen natural de incendios.</p>	<p>Creación de Red de Accesos.</p>	<p>Facilitar la gestión y la realización de actuaciones. Disminuir el coste de las actuaciones.</p>	<p>Un menor coste de las mismas, la posibilidad de actuar en una superficie mayor con el mismo coste y la aceleración del proceso de evolución al actuar sobre una mayor superficie.</p>	<p>Facilidad de labores de gestión forestal. Ahorro de costes de gestión. Posibilidad de actuar en una gran superficie forestal. Aceleración del proceso de evolución de la vegetación.</p>
	<p>Creación de Red de Accesos. Creación de Red de Compartimentación. Creación de Red de Puntos de Agua.</p>	<p>Disminuir la superficie quemada. Reducción del coste de la extinción de incendios.</p>	<p>Una mayor proporción de la superficie forestal continúa con el proceso de evolución de la vegetación hacia esa fase de convivencia con el fuego forestal. Al disminuir el coste de la extinción de los incendios, se dispondrá de mayor presupuesto para invertir en actuaciones que aceleren ese proceso de evolución de la vegetación.</p>	<p>Traspaso de presupuesto de extinción de incendios a presupuesto de gestión forestal. Aceleración del proceso de evolución de la vegetación.</p>
<p>Que todo el proceso se realice con un coste soportable por una inversión pública razonable.</p>	<p>Utilización de métodos sencillos y baratos.  Creación de Red de Accesos.  Creación de Red de Accesos. Creación de Red de Compartimentación. Creación de Red de Puntos de Agua.</p>	<p>Actuar en la máxima superficie con el mínimo coste  Reducción del coste de las actuaciones de gestión forestal y facilitar la explotación de los recursos naturales.</p>	<p>Ahorro de costes de gestión. Posibilidad de actuar en una gran superficie forestal.  Ahorro de costes de gestión.</p>	<p>Reducción del coste de la extinción de incendios.</p>

## 4.2. Redes de infraestructuras

Para conseguir esos objetivos vamos a utilizar las infraestructuras ya existentes en la superficie forestal y vamos a construir otras nuevas que nos sirvan para compartimentar esa superficie, facilitar el acceso de los vehículos y disponer de una serie de lugares en los que se puede repostar agua.

Esas infraestructuras no estarán dispuestas al azar, sino que dependerán unas de otras - tanto entre las del mismo tipo como entre las de diferentes tipos - y formarán redes. En concreto tendremos tres redes:

- La red de compartimentación de la superficie forestal, que denominaremos: **Red de Compartimentación**.
- La red de accesos a la superficie forestal, que denominaremos: **Red de Accesos**.
- Y la red de lugares de repostaje de agua, que denominaremos: **Red de Puntos de Agua**.

Al conjunto de esas redes lo denominaremos: **Red de Infraestructuras**.

## 4.3. Elección del modelo de infraestructuras

Como se ha dicho, y respecto a la gestión del combustible, la solución definitiva de los incendios forestales es la existencia de estructuras de vegetación capaces de convivir con el fuego forestal en un régimen natural de incendios. Por ello, las infraestructuras que aquí se presentan (principalmente las que sólo cumplen una función de compartimentación), no son la solución definitiva, sino una ayuda al resto de actuaciones, durante el tiempo necesario para que el monte llegue a una situación de equilibrio.

Además de las necesidades hasta ahora expuestas, el acceso de vehículos al monte siempre será necesario, para actuaciones de gestión (inventarios, controles sanitarios, etc.), tratamientos (podas, desbroces, etc.) y aprovechamientos (cortas, caza, senderismo, etc.) el coste de las mismas debe ser el menor posible, y esto se conseguirá disminuyendo los costes de realización (un acceso complicado, incrementa esos costes) y logrando la optimización de los recursos públicos destinados a estos fines.

Por lo tanto, la construcción de accesos se propone como definitiva y la construcción de cortafuegos como temporal, puesto que llegaría un momento en el que dejarían de ser eficaces y deberían desaparecer.

Lógicamente, las infraestructuras para repostaje de agua también se plantean como permanentes.

### **4.3.1. Infraestructuras de compartimentación**

Dentro del sistema de lucha contra los incendios forestales que hemos presentado, la compartimentación de la superficie forestal sólo es una actuación temporal y como uno de nuestros objetivos es actuar en la totalidad de la superficie forestal, necesitamos disponer de un sistema de compartimentación de la superficie forestal sencillo de aplicar, de bajo coste y que en un determinado momento se pueda abandonar sin mayores complicaciones.

El sistema elegido para lograr la compartimentación es la creación de una red compuesta por una serie de líneas que eviten la propagación del incendio. Esas líneas pueden ser naturales: ríos, rocas, zonas húmedas, etc., o artificiales: carreteras, caminos, etc. El diseño y construcción de esa red, consistirá en que partiendo de esas líneas naturales o artificiales ya existentes, se diseñen y construyan una serie de cortafuegos (o caminos donde no sea posible construir cortafuegos) de manera que la totalidad de la superficie forestal quede dividida en parcelas de una determinada superficie, totalmente rodeadas por este tipo de líneas.

Como ya se ha dicho, el objetivo de esta Red de Compartimentación, no es la contención de todos los incendios por medio de estas líneas (que sí se conseguirá en gran parte de algunas ocasiones), sino que es la contención del incendio en las partes de menor intensidad del fuego (flancos y cola) y la utilización de estas líneas para el acceso y desplazamiento de los medios de extinción y para la realización de de contrafuegos y quemas de ensanche desde las mismas (para detener la cabeza del incendio en los casos que sea necesario).

Los cortafuegos que formarían parte de la Red consistirían en una faja lineal de determinada anchura, en la cual se elimina la totalidad de la vegetación hasta el suelo mineral y que generalmente permiten la circulación de vehículos todo terreno.

En esos cortafuegos la eliminación de la vegetación se podría realizar por diferentes métodos: arranque (manual, mecánico: bulldozer, retroexcavadora, etc.), roza (manual, mecánica: desbrozadora de mochila, tractor con desbrozadora de cadenas, etc.), desbroce químico, etc.

De esos diferentes métodos de eliminación de la vegetación en estas fajas, sólo explicaremos la realización de cortafuegos mediante arranque de la vegetación con tractor de cadenas y cuchilla frontal en modo angledozer, además

de la roza manual para aquellas situaciones en las que la maquinaria descrita no puede actuar y la utilización de retroaraña.



Ejemplo de cortafuegos realizado mediante desbroce mecánico del matorral (tractor de ruedas con desbrozadora de cadenas). Este método de eliminación de la vegetación en el cortafuegos tendría como principales ventajas, frente al método que hemos elegido, el menor impacto sobre el suelo y la mejor integración en el paisaje.

Como inconvenientes citaríamos que no garantiza el control del fuego en todas las ocasiones y que para utilizarlo como línea de control en un incendio forestal, necesitaría una limpieza hasta el suelo mineral; menor tiempo entre cada limpieza (lo que incrementa el coste), grandes dificultades para aplicarlo en zonas de roca o piedra suelta, un incremento disparado del coste al realizarlo en grandes pendientes, debido al tipo de maquinaria a utilizar, y el riesgo de provocar incendios durante la realización del trabajo.

Además de la construcción del tipo de cortafuegos comentado, para la compartimentación de la superficie forestal existen otros tipos de actuaciones, como pueden ser la construcción de fajas cortafuegos, entendidas éstas como una faja lineal de diferente anchura, generalmente paralelas a algún tipo de infraestructura lineal: carreteras, caminos, etc., en las cuales se realiza un desbroce total de la vegetación arbustiva (selectivo en algunos casos), un clareo del arbolado y una poda del arbolado restante. Este tipo de actuaciones son caras de realizar y de mantener. Tampoco pueden plantearse como definitivas, ya que si en el resto de la superficie forestal no se realiza ninguna actuación, simplemente separarán zonas de vegetación que en caso de incendio pueden quemarse enteras y cuando se presenten incendios de muy alta intensidad, traspasarán esas líneas y quemarán una enorme superficie forestal, por la gran carga de combustible existente.

Por todos los motivos expuestos, elegimos el sistema de cortafuegos comentado, ya que su coste es menor que el de las fajas cortafuegos y en

cuanto a su forma de realización, la forma elegida tiene un bajo coste, una gran facilidad de aplicación en todo tipo de terrenos y pendientes, un mayor periodo de tiempo entre aplicaciones y una gran utilidad en la extinción de los incendios. No consideramos necesario invertir en métodos de eliminación de la vegetación más caros, ya que esta actuación será solamente temporal y la reducción de costes para poder actuar en la mayor superficie posible es uno de nuestros objetivos principales.

Si se evita en lo posible la erosión de estos cortafuegos, una vez que éstos se abandonen se produce la colonización natural de la vegetación sin mayores problemas.



Ejemplo de cortafuegos construido en divisoria de aguas y que ya necesita una limpieza. Ejemplo también de la capacidad de la vegetación para colonizar estos espacios una vez que se abandone su limpieza periódica.

#### **4.3.2. Infraestructuras de acceso**

Las infraestructuras de acceso que proponemos construir son caminos de tierra, en algunos casos con firme consolidado con otros materiales, que no se diferencian de los caminos forestales que generalmente se construyen o de los que se construyen para otros fines.

Por los motivos que ya se han explicado, para el diseño y construcción de estos caminos elegimos también un método simple y de bajo coste, pero que a la vez nos sirva para cumplir los objetivos que pretendemos conseguir con estas infraestructuras.

Haremos una clasificación de los caminos en función del cometido que deban cumplir en la lucha contra los incendios y estableceremos una serie de características que tiene que cumplir cada tipo de camino.



Camino correctamente construido

### **4.3.3. Infraestructuras de repostaje de agua**

La infraestructura que hemos elegido para almacenar agua y en la que puedan repostar los medios de extinción de incendios, consiste en un estanque de hormigón armado, enterrado parcialmente en el suelo y de una capacidad de 40 metros cúbicos (6 x 5 x 2 m. y con una rampa de pendiente 2:1. 40.000 litros), del cual los vehículos de extinción de incendios se abastecen de agua aspirándola desde la parte superior del estanque.

De los diferentes y variados modelos de estanques para almacenar agua que pueden existir, hemos elegido éste debido a



Punto de agua del tipo de modelo elegido

que consideramos que cumple su función en la extinción de los incendios. Actualmente es fácil de construir, ya que los métodos que se utilizan están muy extendidos en la construcción civil y es fácil encontrar en cualquier lugar empresas, materiales y personal capacitado para realizar ese tipo de construcción; y necesita muy poco mantenimiento para estar operativo.

Elegimos este tipo de estanque con carga de agua por aspiración desde la parte superior, por que creemos que tiene ventajas sobre los estanques que disponen de un sistema para acoplar mangueras de aspiración y que toman el agua desde el fondo del estanque. Debido a que en los estanques situados en zonas forestales es fácil que caigan diversos materiales (hojas, tierra, piñas...) que se acumulan en el fondo del estanque, cuando se aspira el agua desde el fondo, también se aspiran esos materiales que pueden dañar la bomba de succión y posteriormente atascar las boquillas de riego. Si instalamos unos filtros para evitar la aspiración de esos materiales, lo que puede ocurrir es que se obstruyan e impidan la carga de agua cuando sea necesario.



Ejemplo de estanque de chapa con sistema de carga de agua por aspiración desde el fondo. Aparte de los inconvenientes antes comentados, en casos como el de la foto, que no esté lleno de agua, suponen una trampa mortal para aves u otros animales que puedan acceder al interior del estanque.

Este modelo de estanque está pensado principalmente para su utilización por autobombas forestales, pero también es utilizable por vehículos nodriza u otro tipo de vehículos que necesiten repostar agua y por los helicópteros de extinción, siempre que se cumplan las condiciones referidas a las dimensiones del estanque (acceso de vehículos, espacio libre de obstáculos para los helicópteros, etc.) que debe reunir el punto de agua para que sea utilizado por esos otros medios.

En cuanto a sus dimensiones, consideramos que el tamaño propuesto almacena agua suficiente para abastecer a los medios de extinción durante la extinción de un incendio de dimensiones medias y aunque con un tamaño menor también se podrían cumplir esos objetivos, podría haber situaciones en las que el agua almacenada no fuese suficiente y su utilización por helicópteros de extinción podría tener dificultades; además ese tamaño elegido no supone un gran sobre coste respecto a tamaños inferiores.

Un mayor tamaño sólo tendría sentido cuando el estanque fuese a ser utilizado principalmente por helicópteros de extinción, ya que aunque el estanque propuesto es perfectamente utilizable por los helicópteros, cuanto más se facilite la maniobra de esos medios más eficaces serán.

El que hayamos elegido este modelo de estanque de agua, no significa que no puedan existir otros modelos que puedan cumplir los mismos fines y que presenten ventajas sobre éste, como facilidad de construcción, coste, etc. Esas ventajas se deberían evaluar en cada caso, ya que consideramos que nuestro modelo nos sirve para cumplir los objetivos que nos hemos planteado. Lo que sí será necesario siempre, es respetar las prescripciones correspondientes en cuanto a su utilidad en la extinción de incendios.

#### **4.4. Justificación final**

Hemos dicho que la solución definitiva a los incendios forestales llegaría cuando los incendios se reduzcan prácticamente a los producidos por causas naturales, la superficie forestal alcance un estado en el que la vegetación forestal conviva con el fuego forestal en ese régimen de incendios y esa situación pueda mantenerse indefinidamente en el tiempo.

Dentro de todo el esquema de lucha contra incendios presentado es donde la propuesta de diseño y construcción de las infraestructuras comentadas se considera efectiva.

Ese tipo de infraestructuras no son efectivas en cualquier posible esquema de lucha contra incendios y nunca lo serán si no se tiene claro ese objetivo final de convivencia de la vegetación forestal con el fuego forestal.

La construcción de ese tipo de infraestructuras no suple la realización de otro tipo de actuaciones (reducción del número de incendios, sistemas de extinción adecuados, tratamientos de la vegetación, etc.) para conseguir la defensa de la vegetación forestal frente al fuego, pero la realización de otro tipo de actuaciones tampoco pueden suplir la construcción de este tipo de infraestructuras. Por ejemplo en una situación con un alto número de incendios, donde la mayoría de ellos son intencionados y donde exista una gran superficie forestal continua, centrar la actuación en la reducción del número de incen-

dios, olvidando la construcción y mantenimiento de este tipo de infraestructuras, supondrá incendios muy difíciles de apagar, alto coste de la extinción y necesidad de dedicar gran cantidad de recursos públicos a la extinción de incendios, lo que supondrá que no existan recursos públicos para dedicarlos a otras actuaciones y quizá, como consecuencia de esa falta de recursos, la pervivencia de los problemas que dan lugar a ese alto número de incendios.

Sabiendo que los montes arbolados cuando se encuentran en un determinado estado pueden convivir con un régimen natural de incendios y que la evolución natural de los montes alcanza ese estado, el principal requisito para llegar a esa situación de equilibrio es que las superficies en proceso de regeneración y evolución permanezcan sin quemarse el tiempo preciso y es en esa fase de la vida de la vegetación forestal donde la existencia del tipo de infraestructuras que aquí se proponen son eficaces, especialmente las de compartimentación. Cuando la vegetación forestal supera esa fase de regeneración, las infraestructuras propuestas pierden su eficacia en la compartimentación de la superficie forestal, pero siguen manteniendo su eficacia en la extinción de los incendios y son el soporte fundamental para la realización de las labores de gestión forestal, que serán las que mantengan la vegetación en las condiciones necesarias para garantizar su convivencia con el fuego.





## **Proceso de planificación, diseño, construcción y mantenimiento.**

Hasta ahora hemos establecido el escenario en el que pretendemos trabajar contra los incendios forestales (tanto el real como el que es nuestro objetivo), hemos establecido cuales son nuestros objetivos en la lucha contra los incendios, conocemos cuales son nuestras herramientas de trabajo, hemos elegido unos determinados métodos de trabajo y modelos de infraestructuras y hemos justificado el por qué de esa elección.

A partir de ahora lo que haremos será explicar y detallar cada uno de los pasos que debemos dar para realizar el diseño, construcción y mantenimiento de las infraestructuras y para que podamos lograr los objetivos propuestos.

En primer lugar haremos referencia a la normativa que se debe tener en cuenta a la hora de abordar este tipo de trabajos. Seguidamente trataremos sobre los posibles impactos que este tipo de infraestructuras puede tener sobre diferentes elementos del medio ambiente y propondremos una serie de medidas para evitar o disminuir esos impactos. En función de esos posibles impactos estableceremos también una serie de factores ambientales que van a condicionar de alguna forma la ejecución de este tipo de infraestructuras.

Trataremos después de los procesos de planificación y diseño, de la organización del trabajo en diferentes fases y de las prescripciones que se deben cumplir en el diseño y construcción de este tipo de infraestructuras.

En el apartado de construcción detallaremos los métodos y técnicas a emplear en esa fase y trataremos sobre el mantenimiento que debe tener cada tipo de infraestructura.

## 5.1. Cumplimiento de la normativa

En España, las competencias sobre montes y sobre prevención y extinción de incendios forestales corresponden a las Comunidades Autónomas y cada una de ellas ha desarrollado una legislación específica sobre esos temas.

Debido a ello y al espacio necesario y disponible en este manual, no podemos hacer una relación pormenorizada de las prescripciones que debe cumplir la construcción de las infraestructuras comentadas en cada una de las Comunidades Autónomas. Haremos solamente referencia a la normativa que generalmente hay que cumplir. Para solucionar las dudas que puedan plantearse en cada uno de los casos concretos, se deberá acudir a las delegaciones correspondientes de los Servicios Forestales de cada una de las Comunidades Autónomas.

Una de las normativas que suele afectar a la construcción de este tipo de infraestructuras es la normativa referente a evaluación de impacto ambiental. La legislación propia de cada una en las Comunidades Autónomas recoge el proceso para realizar esa evaluación de impacto ambiental. No siempre es preciso ese trámite y suele haber unos valores para determinar cuándo es necesario. Normalmente se refieren a la longitud de las infraestructuras y a su pendiente longitudinal máxima.

Otra de las normas a tener en cuenta son los Planes de Ordenación de los Recursos Naturales, especialmente dentro de espacios con alguna figura de protección. En estos casos suele haber alguna otra prescripción además de las generales, para la construcción de este tipo de infraestructuras.

Otros espacios en los que puede haber prescripciones además de las generales, son aquellos espacios en los que se desarrollan Planes de Recuperación de especies en peligro de extinción.

Además de la normativa autonómica, puede haber casos en los que exista una normativa de ámbito territorial menor (provincial, local, etc.) que afecte a la construcción de estas infraestructuras.

Respecto a la construcción de puntos de agua, las captaciones de agua y las obras en los cauces de agua, la zona de dominio público y la zona de policía, necesitan autorización de la Confederación Hidrográfica correspondiente.

Como hemos dicho, las dudas de cada caso concreto se podrán resolver acudiendo a las delegaciones correspondientes de los Servicios Forestales de cada una de las Comunidades Autónomas, donde nos informarán de la normativa a tener en cuenta y de los trámites administrativos a realizar.

Desde la siguiente dirección de Internet: <http://www.administracion.es/>, se pueden obtener las direcciones y formas de contacto con esos diversos Servicios Forestales.

## **5.2. Evaluación del impacto ambiental de la construcción de infraestructuras y exposición de posibles medidas de corrección. Factores ambientales condicionantes**

Como se ha dicho anteriormente, las diferentes Comunidades Autónomas disponen de normativa propia respecto a las realizaciones de las evaluaciones de impacto ambiental, por lo que cuando la realización del tipo de infraestructuras de las que estamos hablando necesite pasar ese trámite de evaluación de impacto ambiental, se deberá seguir el proceso regulado por la Comunidad Autónoma de que se trate.

Al margen de ello, estableceremos unas consideraciones generales sobre el impacto que genera el tipo de infraestructuras que proponemos construir y propondremos una serie de medidas de corrección que se pueden adoptar para minimizar o eliminar esos impactos.

Cualquier actuación humana en el medio natural va a generar un impacto y la construcción del tipo de infraestructuras de que trata este libro, evidentemente también genera impactos. La mayoría de esos impactos son evitables mediante una adecuada planificación y diseño de las infraestructuras.

En todo caso los posibles impactos se deben evaluar junto con los beneficios a obtener y consideramos que en la mayoría de las situaciones esos beneficios son muy superiores a los posibles impactos, por lo que (igualmente hablando dentro del esquema de lucha contra incendios presentado) la alternativa de no realización de las infraestructuras comentadas, sólo se debería plantear en aquellos lugares en los que no exista riesgo de incendio.

La construcción y existencia de puntos de agua va a tener un impacto muy pequeño, que puede prácticamente reducirse a la posibilidad de ahogamientos de la fauna, lo cual puede eliminarse adoptando las medidas correspondientes.

La construcción y el uso de los caminos y cortafuegos tendrá un impacto mayor, el cual se producirá más por el uso que se le de a esas infraestructuras, que por su simple existencia, y que podrá minimizarse o eliminarse, regulando el uso de esas infraestructuras.

El impacto de los caminos será permanente, pero el de los cortafuegos no, ya que como hemos dicho, llegará un momento en el que desaparezcan.

Por lo que los posibles impactos de los cortafuegos, deben entenderse como temporales, y contrarrestados por el servicio que prestan para llevar a la vegetación a un estado de madurez en el que ya no serán necesarios.

Los impactos producidos por el uso de caminos y cortafuegos por vehículos a motor: ruido, molestias a la fauna, atropellos, etc., no es comparable al de las carreteras, ya que el tráfico que soportan es infinitamente menor y la velocidad a la que se circula también es mucho menor.

La regulación del uso de esas infraestructuras (cierre temporal - de forma general, los cortafuegos deberían poder ser utilizados únicamente por personal relacionado con la gestión, conservación y explotación del monte -, limitación de la velocidad, etc.) en aquellos casos que sea necesario, va a eliminar prácticamente esos impactos.

Teniendo en cuenta determinadas prescripciones durante la construcción de las infraestructuras, se van a poder eliminar la mayoría de los impactos que se generan en esa fase. Evitando realizar ese tipo de trabajos en épocas de nidificación o cría, se evitarán molestias a la fauna.

El impacto visual se puede reducir con un adecuado diseño y en todo caso, puesto que además es un impacto muy subjetivo, puede considerarse un impacto poco relevante dados los beneficios que se pretenden conseguir.

Actualmente los montes necesitan infraestructuras que faciliten su gestión, reduzcan los costes de las actuaciones y faciliten la explotación del monte.

Un monte sin infraestructuras de defensa contra los incendios, además de peor gestionado, supone una mayor dificultad en la extinción de los incendios, que en algunos casos será la imposibilidad de extinción, y tendrá como consecuencia condenar al monte a quemarse, ya que como hemos dicho, inevitablemente el incendio llegará.

Los posibles impactos derivados de la existencia de este tipo de infraestructuras pueden afectar: al suelo, al aire, al agua, a la vegetación, a la fauna, al paisaje y a la socioeconomía local.

De forma detallada, los posibles impactos y sus medidas específicas de corrección serían las siguientes:

## **1. Impactos sobre el suelo.**

### **• Impactos**

Están causados por el movimiento de tierras, la ocupación del espacio y los posibles desprendimientos ocasionados durante la fase de construcción.

Como consecuencia de esas acciones puede ocurrir la destrucción y alteración de puntos de interés geológico, yacimientos arqueológicos o lugares de interés cultural o etnográfico (marcas de propiedad, antiguas construcciones, etc.) y el aumento de la erosión.

Estos impactos afectarían a los tres tipos de infraestructuras.

- **Medidas de corrección**

La ocupación de espacio que genera la creación de las redes de infraestructuras comentadas puede ser importante en algunos casos, llegando hasta el 10% de la superficie forestal.

El impacto temporal de los cortafuegos, junto con los beneficios obtenidos por la existencia de los caminos (facilidad de gestión y explotación, protección frente a los incendios, etc.) y los puntos de agua, hacen que de forma general esa ocupación del espacio no se tenga en cuenta. Solamente deberá tenerse en cuenta para no afectar a aquellos espacios singulares anteriormente comentados.

Para evitar afectar a ese tipo de espacios, así como para evitar otros muchos impactos, durante la fase de planificación de las redes de infraestructuras se deberán establecer aquellos factores ambientales condicionantes (que pueden obligar al cambio de trazado o situación o a la adopción de medidas de corrección) e identificar aquellos espacios donde se encuentran esos factores ambientales condicionantes.

Teniendo inventariados esos espacios y establecido cuales son necesarios evitar, se diseñarán las redes de infraestructuras.

Puesto que las prescripciones para la ejecución de estas infraestructuras tienen un amplio margen de ejecución, siempre se podrán encontrar trazados y ubicaciones alternativas para evitar esos factores ambientales excluyentes, sin que las infraestructuras pierdan la función para la que son concebidas.

En el apartado de construcción de los cortafuegos se trata con más detalle la prevención de la erosión, ya que son este tipo de infraestructuras las que más la sufrirán. En el caso de los caminos, para evitar erosión y posibles desprendimientos, se deben establecer como factores ambientales condicionantes el realizar grandes movimientos de tierras (no realizar trincheras en ningún caso y evitar el paso por zonas de gran pendiente: > 60%), pasar por zonas inestables y por zonas húmedas.

Estos factores ambientales condicionantes no tienen que tomarse como excluyentes, sino que si en un determinado caso existe alguna medida de co-

rección factible de aplicar y que suponga una ventaja, se podrá obviar ese factor condicionante y aplicar las medidas de corrección precedentes.

Si por ejemplo, la realización de una trinchera evita la demolición de unas rocas o el alargamiento de un camino, será una actuación factible.

Si una zona de gran pendiente está compuesta por roca que es posible demoler y el paso por esa zona evita un alargamiento innecesario del camino, también puede ser una actuación factible.

Si el talud de un camino en una zona inestable se puede consolidar mediante un pequeño muro de mampostería, la realización de ese muro es posible y el paso del camino por esa zona supone un beneficio, podría ser conveniente el realizarlo.

En los apartados de construcción de las diferentes infraestructuras se exponen medidas concretas para evitar estos y otros impactos.

## **2. Impactos sobre el aire.**

### **• Impactos**

Los impactos en el aire, se refieren principalmente a la emisión de polvo durante la construcción y debido al tránsito de vehículos, principalmente por los caminos forestales.

Estos impactos se producen solamente en el caso de los caminos y los cortafuegos.

Debido al uso de los caminos y cortafuegos por vehículos a motor, se producirán emisiones a la atmósfera y ruidos.

### **• Medidas de corrección**

El pequeño movimiento de tierras que requiere la realización de este tipo de infraestructuras y, generalmente, el ambiente muy alejado de las poblaciones humanas en las que se desarrollan estas actividades hacen que los impactos que se generan durante la fase de construcción sean irrelevantes. Solamente cuando hubiese poblaciones o personas que pudieran verse afectadas por el polvo, deberían adoptarse medidas de corrección, que podrían consistir en realizar las actividades en épocas en las que no se genere polvo o en remojar el suelo para evitar el polvo.

Los impactos que se producen por el uso de estas infraestructuras, tanto en este apartado como en los demás, se pueden corregir o evitar regulando el uso que se hace de ellas.

Primeramente hay que tener en cuenta que este tipo de infraestructuras no tiene el mismo tráfico que las carreteras y que en gran parte de los casos el tráfico se reduce al correspondiente a las labores de gestión, conservación y explotación del monte.

Actualmente es imposible prescindir de vehículos a motor para realizar ese tipo de labores, por lo que las emisiones de estos vehículos u otros impactos debidos a su uso no son evitables, aunque sí lo son otros que pueden afectar a la fauna o a otros factores.

La mayoría de las Comunidades Autónomas disponen de legislación que regula y prohíbe la circulación de vehículos en los montes, por lo que cumpliendo esa legislación sería suficiente para reducir o eliminar los impactos producidos por el uso de estas infraestructuras.

En todo caso, siempre debería prohibirse la circulación de vehículos a motor no autorizados por cortafuegos y por todo tipo de caminos que no sean aquellos que se han destinado a ese tipo de uso: caminos de comunicación entre localidades, caminos de acceso a áreas recreativas, caminos con vistas panorámicas, etc.

Para hacer efectiva esta prohibición se colocarían carteles indicadores en los cruces de aquellos caminos o cortafuegos en los que no se permite el paso.

También se pueden colocar barreras de diferentes tipos que impidan el paso de los vehículos y estas barreras pueden tener un sistema de cierre o no. Se recomienda que cuando se instalen estas barreras, sean del tipo de sin cierre, ya que su presencia suele ser un elemento disuasor suficiente y los cierres pueden suponer un riesgo para los medios de extinción (al verse atrapados en un camino sin salida), además de que pueden ser objeto de actos de vandalismo que obligan a múltiples sustituciones.

### **3. Impactos sobre el agua.**

#### **• Impactos**

Estos impactos se deben a los movimientos de tierra, a la erosión de la superficie de las infraestructuras, a la alteración de los flujos de agua y a posibles vertidos accidentales.

Aunque los puntos de agua son lugares de almacenaje de agua, su impacto sobre los flujos de agua superficiales o subterráneos, es prácticamente nulo, puesto que cuando el punto de agua se llena, el agua sigue su flujo natural. Por lo que este tipo de impactos sólo serán provocados por los caminos y cortafuegos.

Los movimientos de tierra pueden generar enturbiamiento de las aguas, que también puede producirse por la erosión de la superficie de las infraestructuras.

La alteración de los flujos de agua se produce por la interrupción y concentración de los flujos de escorrentía superficial que se produce al cortar las laderas con los caminos y al concentrarse la escorrentía en los cortafuegos.

La interrupción de los flujos subterráneos se produce cuando el talud de un camino corta uno de esos flujos, algo que prácticamente nunca ocurrirá en el caso de los cortafuegos.

La magnitud de este impacto está relacionada con el nivel de precipitaciones de la zona y con la pendiente longitudinal de la infraestructura de que se trate.

- **Medidas de corrección**

Respecto al enturbiamiento de las aguas y a la alteración de los flujos, en los apartados correspondientes a la construcción de las infraestructuras se proponen medidas de corrección.

Como norma general y para los casos que sirva, en los bordes de los cursos de agua se debe mantener una faja en la que viva vegetación propia de ribera. Esta faja, además de su función relacionada con la biodiversidad, servirá para evitar que posibles materiales erosionados de las laderas lleguen hasta el curso de agua y manteniéndose limpia a este.



Ejemplo de cortafuegos en el que la última parte no se ha realizado con el bulldozer y se realizará de forma manual. En este caso se hace para evitar que posibles arrastres de tierra terminen en el prado del fondo, pero sirve igualmente para evitar arrastres de tierra hasta los cursos de agua.

El cumplimiento de la normativa ambiental sobre residuos y de las normas de mantenimiento de la maquinaria, evitará los posibles vertidos accidentales de aceite de la maquinaria o de otros elementos.

#### **4. Impactos sobre la vegetación.**

- **Impactos**

Los impactos sobre la vegetación se deben a la ocupación del espacio por las infraestructuras y por el movimiento de tierras y a la destrucción de vegetación por posibles desprendimientos ocurridos durante la construcción de las infraestructuras. Como impacto más negativo de esas situaciones sería la pérdida de arbolado singular.

Durante la fase de utilización, se pueden producir impactos debido al polvo que generan los vehículos que circulan por las infraestructuras y a la acumulación de ese polvo en el follaje de los árboles, dificultándoles el crecimiento. Pueden ocasionar también la exposición del arbolado limitante con la infraestructura a vientos u otros fenómenos, provocando derribos.

La existencia de caminos y cortafuegos puede incrementar la presencia de personas en el monte, originando o aumentando problemas de furtivismo (leñas, setas, frutos, etc.) y aumentar el riesgo de provocar incendios.

Los impactos por la ocupación del espacio pueden ser producidos por los puntos de agua, aunque la superficie que ocupan es mínima y el resto de impactos sólo serán producidos por los caminos y cortafuegos.

- **Medidas de corrección**

Respecto a la ocupación de espacio y a la destrucción de vegetación característica, vale lo ya comentado.

La acumulación de polvo en el follaje del arbolado suele ser un problema puntual, temporal y que generalmente no afecta a toda la copa del árbol, aún así, en aquellos lugares que tenga un mayor impacto, se puede disminuir reduciendo la velocidad de los vehículos que circulan por la vía, mediante señales y/o sistemas de badenes u obstáculos.

Los posibles derribos del arbolado que limita con una de estas infraestructuras va a ser un problema temporal: cuando el arbolado adapte su sistema radical a su nueva situación, podrá soportar los vientos u otros factores. La adaptación (durante toda la vida del arbolado) de la espesura de la masa en función de su altura media, edad u otros criterios que sea necesario tener en cuenta, generará un arbolado capaz de soportar ese tipo de impactos. En todo

caso si existe una zona en la que tras la construcción de la infraestructura correspondiente se prevé que se produzcan importantes derribos del arbolado, esa sería una zona a evitar durante la construcción de la infraestructura.



Es probable que después de la corta de arbolado que se ha realizado para la ampliación de este camino, se produzca algún derribo de arbolado (no más de 3 o cuatro pies en el tramo que se ve en la foto), pero debido a que no se trata de arbolado singular, ni tiene un valor económico importante, se considera factible la actuación ya que las ventajas de la defensa del monte contra los incendios conseguidas al mejorar esta infraestructura serían mayores que los perjuicios causados por la pérdida de arbolado. Si se tratase de arbolado singular o de alto valor económico y los derribos pudiesen ser mayores, podría ser un factor limitante para la realización de la infraestructura.

Respecto al impacto de las personas sobre la vegetación, vale igualmente lo comentado respecto al uso de estas infraestructuras y añadiríamos que la facilidad de acceso puede favorecer el furtivismo, pero también facilita la vigilancia. Por lo que los impactos que se producen por el uso de estas infraestructuras, se solucionan regulando el uso que se hace de ellas, prohibiendo el acceso a aquellos lugares o en aquellas ocasiones que así se considere necesario.

Cuando técnicamente se considere viable y no existan impactos negativos, este tipo de infraestructuras pueden hacer accesibles determinadas zonas del monte con vegetación o paisaje interesante y suponer un atractivo turístico más para una zona, rentabilizando los recursos naturales y aportando un beneficio para la propiedad del monte.

## 5. Impactos sobre la fauna.

### • Impactos

Los impactos sobre la fauna se producen por la ocupación del espacio por las infraestructuras, por molestias durante la construcción, por molestias debidas al uso de los caminos y cortafuegos por vehículos a motor y por el riesgo de ahogamiento para la fauna que suponen los puntos de agua.

La ocupación del espacio puede ocasionar la pérdida de hábitats característicos: acuáticos, árboles viejos que sirven de refugio, cuevas o acantilados y la creación de barreras para el desplazamiento de la fauna. Debido al uso de los caminos y cortafuegos, se pueden producir atropellos, molestias en periodo de reproducción y aumento del furtivismo.

### • Medidas de corrección

Como medidas de corrección vale todo lo dicho hasta ahora respecto a la ocupación del espacio y a la regulación del uso de estas infraestructuras.



Ejemplo de cartel que prohíbe el paso por el camino a vehículos no autorizados.

Las diferentes especies de fauna son más o menos tolerantes a la presencia humana y a las posibles molestias, por lo que las medidas comentadas de regulación del uso, deberán ser más o menos estrictas, dependiendo del tipo de fauna de la que se trate y de la época del año (periodos de celo o cría, etc.).

El efecto barrera de estas infraestructuras sólo lo producirán los caminos, será puntual (nunca en la totalidad de su longitud) y sólo afectará a determinados anfibios y reptiles (el resto de la fauna lo podrá superar sin dificultades). Por lo tanto, si en algún caso se considera necesario, se pueden instalar pasos subterráneos que faciliten la superación de este obstáculo a ese tipo de fauna. Esta situación será muy excepcional, ya que además de la situación puntual que hemos comentado, este tipo de fauna puede utilizar los drenajes transversales de los caminos para pasar de un lado a otro, lo que hará innecesaria la instalación de otro tipo de pasos.

El riesgo de atropello se reduce al mismo tipo de infraestructuras y debido al escaso tráfico y baja velocidad con la que se circula por estos caminos, el problema va a ser muy puntual. Si en algún caso se considera necesario se instalarán señales que adviertan del peligro de atropello y sistemas que reduzcan la velocidad de los vehículos.

Respecto al riesgo de ahogamiento en los puntos de agua, en el apartado de construcción de este tipo de infraestructuras se proponen medidas para evitarlo.

## **6. Impactos sobre el paisaje.**

### **• Impactos**

Este impacto se produce por la ocupación del espacio en la construcción de las infraestructuras y únicamente lo van a causar los caminos y cortafuegos.

### **• Medidas de corrección**

La construcción de este tipo de infraestructuras siempre va a suponer la introducción de un elemento artificial en el paisaje, por lo que cuando la construcción sea necesaria por el resto de necesidades comentadas, será un impacto inevitable, que en unos casos será permanente y en otros temporal.

Todo lo ya dicho sobre ocupación del espacio es aplicable y atendiendo a las prescripciones que se dan para el diseño y construcción de cada una de las infraestructuras, es posible disimularlas en el paisaje.

## **7. Impactos sobre la socioeconomía local.**

### **• Impactos**

Para la población local, y al margen de la gestión y explotación del monte para las que este tipo de infraestructuras suponen un claro beneficio, gene-

ralmente la construcción de estas infraestructuras va a suponer un beneficio para sus actividades: facilidad de acceso para recolección de frutos, facilidad para la caza, para el control del ganado, posibilidad de utilización de los puntos de agua como abrevaderos, etc.

La facilidad de acceso al monte puede suponer la atracción de visitantes, que puede generar un aumento de ingresos por actividades de turismo y como contrapartida negativa un aumento del furtivismo, molestias al ganado, generación de basuras, etc.

- **Medidas de corrección**

Las medidas de corrección serían las mismas que las comentadas en cuanto a la ocupación del espacio y a la regulación del uso de estas infraestructuras.

Como medidas específicas indicaríamos la sustitución de puertas de cierre para el ganado (puertas, alambres, etc.) por pasos canadienses y así se evita la posibilidad de que alguien se olvide de cerrar la puerta y que el ganado se escape del recinto.



Cierres como el de la imagen son mucho más simples de colocar que un paso canadiense y más baratos, pero debido a la incomodidad que supone el tener que bajar y subir de un vehículo para abrirlo y cerrarlo, es probable que quede abierto en más de una ocasión.

También que en aquellos lugares de recreo en el monte (zonas de acampada, barbacoas, miradores, etc.), no se instalen recipientes para la recogida de basuras, porque exigen su vaciado periódico y en caso de que éste no se realice, se suele seguir acumulando basura en el mismo lugar y, en el caso de que esté suelto, el ganado puede volcar esos recipientes y esparcir la basura por el suelo. En lugar de instalar recipientes, se propone que se instalen carteles en los que se indique que no se puede depositar basura y que se debe llevar hasta un punto habitual de recogida de esa basura. En el cartel también se debe indicar cuál es el lugar donde se encuentra el punto de recogida más cercano. Si alguien llega hasta un lugar del monte con recipientes con alimentos, una vez consumidos estos, le será más fácil transportar los recipientes vacíos y los restos hasta un lugar donde se recojan esos residuos, ya que pesarán menos y ocuparán menos espacio y en todo caso, creemos que es una norma básica de educación el realizar esta acción.



Ejemplo de cartel en el que se pide no arrojar basuras.

### **5.2.1. Factores ambientales condicionantes**

Teniendo en cuenta todos los posibles impactos que sobre los diferentes elementos pueden generar este tipo de infraestructuras, se deben establecer unos factores ambientales condicionantes y en función de éstos adaptar el diseño y la planificación de las diferentes redes de infraestructuras.

Estos factores ambientales condicionantes pueden ser excluyentes (impiden la construcción de la infraestructura en la misma zona donde exista ese factor), excluyentes en determinados casos, excluyentes si no existe medida de corrección factible que aplicar y asumibles siempre, aplicando las medidas de corrección procedentes.

Los factores ambientales pueden afectar a uno de los tipos de infraestructuras comentadas, a varios o a todos, creemos que no existe problema para diferenciar cuando puede afectar a unas o a otras.

Las medidas de corrección se aplicarán según proceda en cada una de las diferentes fases: planificación y diseño, construcción, mantenimiento o uso.

Elemento al que afectan	Acción de los factores ambientales condicionantes			
	Excluyentes	Excluyentes en determinados casos	Excluyentes si no existe medida de corrección factible	Asumibles siempre, aplicando las medidas de corrección procedentes
<b>Ocupación del espacio</b>	Áreas de interés geológico Yacimientos o restos arqueológicos Lugares de interés cultural o etnográfico Acantilados			
<b>Erosión</b>			Laderas con pendiente superior al 60% Grandes afloramientos de roca Terrenos inestables	
<b>Aire</b>				Emisión de polvo Emisión de gases por vehículos a motor Ruidos
<b>Agua</b>	Zonas húmedas, turberas, neveros			Alteración de flujos de agua superficiales y subterráneos Enturbiamiento del agua
<b>Vegetación</b>	Árboles catalogados Árboles o bosquetes singulares Árboles refugio o lugar de cría	Posibilidad de derribos		Acumulación de polvo Usos humanos (furtivismo, riesgo de incendio, etc.)
<b>Fauna</b>	Áreas de fauna sensible Hábitats acuáticos especiales	Evitar épocas de celo o cría		Ruidos Usos humanos (furtivismo, atropellos, etc.) Riesgo de ahogamiento
<b>Paisaje</b>	Lugares singulares			Elemento artificial
<b>Socioeconomía local</b>				Usos humanos

### 5.3. Planificación y diseño

Al tratar de planificación nos estaremos refiriendo a la totalidad de las redes de infraestructuras y a su acoplamiento dentro del esquema de lucha contra los incendios forestales planteado. Al tratar de diseño nos referiremos a una red concreta de infraestructuras o a una infraestructura específica.

La planificación y el diseño no se hacen al azar, sino que tienen unos objetivos concretos. Las redes de infraestructuras en conjunto e individualmente deben cumplir unas determinadas prescripciones para conseguir los objetivos propuestos y deben respetar los factores ambientales condicionantes.

El trabajo se realiza siguiendo unos determinados pasos o fases y el diseño de cada tipo de red de infraestructuras tiene unas determinadas peculiaridades.

Todo ello se explica a continuación.

## 5.4. Objetivos

Los objetivos que pretendemos conseguir con la construcción de las infraestructuras comentadas, están enmarcados dentro del esquema ya explicado de lucha contra los incendios forestales y la descripción detallada de esos objetivos se hace en el apartado:

*7. Eficacia de la construcción de las infraestructuras propuestas y justificación de la elección.*

Como hemos dicho, al actuar para conseguir unos objetivos en la lucha contra los incendios forestales, estaremos también consiguiendo otros que contribuirán a la mejora de la eficacia en la lucha contra los incendios, creando un círculo en el que cada actuación favorece a las demás.

Algunas de las actuaciones que se verán favorecidas por la construcción de este tipo de infraestructuras son la gestión, conservación y mejora del monte y de la fauna, facilitar la vigilancia en general, facilitar la explotación de los recursos (madera, setas, frutos, etc.) y facilitar las actividades de recreo (senderismo, bicicleta de montaña, caza, pesca, etc.).

La construcción de puntos de agua también puede servir como abrevaderos para el ganado y para la fauna silvestre.

Como también hemos dicho, para conseguir todos los objetivos propuestos se requiere actuar en la totalidad de la superficie forestal, ya que si los incendios ocurren en toda la superficie, lo lógico es actuar en toda esa superficie. Eso no siempre es posible, pero en todo caso las redes de infraestructuras deben diseñarse para superficies suficientemente grandes, si la superficie sobre la que se actúa es pequeña, no se conseguirá una actuación eficaz.

## 5.5. Prescripciones de las redes de infraestructuras

Para conseguir los objetivos propuestos, las redes de infraestructuras deben planificarse cumpliendo unas determinadas prescripciones y cada una de las infraestructuras debe diseñarse también cumpliendo otras determinadas prescripciones.

Las prescripciones generales que deben cumplir las redes de infraestructuras se refieren a: la superficie a compartimentar, la situación de las infraestructuras respecto al relieve, distancia desde los accesos a cualquier punto del monte, la distancia desde los puntos de agua a las diferentes partes del monte y la adopción de las medidas derivadas de los factores ambientales condicionantes.

Además cada tipo de infraestructura tendrá unas prescripciones específicas que encajarán también dentro de esas prescripciones generales.

La primera prescripción a cumplir se refiere tanto a la Red de Compartimentación como a la Red de Accesos y por eso se expone separada del resto.

Esta prescripción consiste en que los caminos y cortafuegos que formen parte de las redes de infraestructuras deben ser independientes unos de otros (deben tener un trazado distinto).

Por los motivos ya explicados, hemos elegido un sistema de construcción y mantenimiento de los cortafuegos sencillo de aplicar y barato: apertura y limpieza con bulldozer. La labor del bulldozer al limpiar los cortafuegos consiste en arrancar la vegetación y retirarla del cortafuegos. Aplicando este método no es posible dejar refinado el firme de un camino, respetar las obras de fábrica o limpiar las cunetas. Tampoco podemos hacer que otra maquinaria (motoniveladora o retroexcavadora) complete la labor del bulldozer o que la sustituya, ya que aparte de no poder trabajar en determinadas partes, tendría un coste muy superior al del método que hemos elegido.

Además de por lo dicho, es necesario independizar el trazado de los caminos del de los cortafuegos debido a que los cortafuegos son infraestructuras temporales y los caminos lo son permanentes y lo ideal es que esas infraestructuras permanentes se vayan mejorando con el tiempo.



Ejemplo de conversión de cortafuegos en camino mediante construcción de dos cunetas y el refinado de la plataforma del camino con los materiales extraídos. Si en el futuro esta infraestructura se quisiese mantener como cortafuegos, lo cual es lógico dado el trazado que tiene, tendríamos los inconvenientes antes descritos. Si se quisiese mantener como camino, tendríamos los inconvenientes de los caminos situados en divisorias de aguas (las roderas del camino ya evidencian las dificultades de evacuación del agua), por lo que la eficacia de la actuación realizada es muy cuestionable. Lo lógico es que la necesidad de acceso que evidencia la construcción de este camino estuviese integrada en la Red de Accesos y no optar por una solución simple para salir del paso, sin tener en cuenta los inconvenientes futuros.

### **5.5.1. Red de Compartimentación de la superficie forestal**

Como más adelante se explicará, al realizar el diseño de la Red de Compartimentación de la superficie forestal, se realizará previamente un inventario de las infraestructuras existentes que puedan cumplir esa función de compartimentación de la superficie forestal, ya que determinadas líneas naturales como: ríos, acantilados, lagos, etc. o artificiales como: embalses, carreteras, autovías, etc.; nos servirán para realizar esa función de compartimentación sin necesidad de construir nuevas líneas.

Como ya hemos explicado, dentro de nuestro esquema de lucha contra los incendios forestales; las únicas líneas de compartimentación que vamos a construir son los cortafuegos y los caminos en determinados casos.

Por ello, las prescripciones que a continuación se detallan se refieren básicamente a las prescripciones que tienen que cumplir los cortafuegos exis-

tentes o los que se construyan, aunque también deben tenerse en cuenta, cuando sea posible, para el resto de líneas que se incluyan en la red de compartimentación de la superficie forestal.

Debido a ello, al tratar de “superficie rodeada de cortafuegos”, nos estaremos refiriendo a superficie forestal rodeada de cualquier tipo de esas líneas de compartimentación y al tratar de “cortafuegos” nos estaremos refiriendo a las infraestructuras definidas con ese nombre.

Las prescripciones a cumplir por la red de compartimentación de la superficie forestal se refieren a la superficie de monte que debe quedar rodeada de líneas cortafuegos, a la situación de esas líneas en el relieve, a la anchura que deben tener y a la accesibilidad para vehículos.

### **5.5.1.1. Superficie rodeada de cortafuegos**

El primer criterio que se debe tener en cuenta para diseñar la Red de Compartimentación de la superficie forestal, es la superficie de monte, que tiene que estar rodeada de líneas que realicen la función de cortafuegos.

La superficie rodeada de cortafuegos (expresada en hectáreas) será un valor medio con carácter orientativo. Lo que significa que dicho valor puede aumentarse o disminuirse, pero siempre se tenderá a acercarse lo máximo posible a ese valor.

Esa superficie media, aumentará o disminuirá debido a las necesidades de situación de los cortafuegos, que comentaremos más adelante, ya que tiene mayor importancia situar los cortafuegos en los lugares correctos, que el número de hectáreas que se rodee de cortafuegos.

La superficie media se puede definir teniendo en cuenta múltiples valores relacionados con la extinción de los incendios: combustible que genera alta intensidad de fuego y lo contrario, etc.; relacionados con los recursos naturales: valor del arbolado, hábitats singulares, etc.; o referentes a cuestiones económicas: dificultad de construcción y mantenimiento de los cortafuegos, gran superficie de cortafuegos a mantener, etc.

Como hemos dicho, los cortafuegos son infraestructuras temporales, no permanentes; prácticamente su única utilidad va a ser la lucha contra los incendios y elegimos un método de construcción y mantenimiento sencillo de aplicar y barato, para poder actuar en una gran superficie forestal. Por ello, nuestro principal condicionante va a ser extender los cortafuegos al mayor número posible de hectáreas de superficie forestal. Para ello necesitamos elegir un valor medio de superficie rodeada de cortafuegos que nos facilite la extin-

ción de los incendios forestales y que nos suponga una cantidad de hectáreas de cortafuegos cuya construcción y mantenimiento sea abordable económicamente. Tomar otro valor de superficie rodeada de cortafuegos siguiendo otros criterios, solo debería hacerse en circunstancias excepcionales.

La experiencia acumulada nos dice que ese valor medio de superficie rodeada de cortafuegos es de 60 has. y se ha llegado al mismo, teniendo en cuenta las necesidades de extinción de los incendios y el coste de construcción y mantenimiento de la red de cortafuegos.

En relación con la extinción de incendios, esa superficie, de forma aproximada, supondría un cuadrado de unos 775 m. de lado, donde la distancia máxima desde cualquier punto de los cortafuegos a cualquier punto de la superficie forestal rodeada de cortafuegos sería de unos 388 m.

En general, las autobombas forestales suelen llevar una longitud de mangueras de entre 200 y 300 m., por lo que en esta situación, serían muy pocos los lugares del monte a los que no se podría llegar extendiendo la totalidad de las mangueras de que disponen las autobombas forestales. También en este caso, un bombero forestal podría acceder a pie al punto de la superficie forestal más alejado posible de los cortafuegos en unos 5 minutos (lo que parece un tiempo razonable).

Esta situación, ya de por sí favorable, puede ser mejorada si esa superficie de 60 has. está dividida por la mitad con un camino, ya que en ese caso la distancia máxima desde los cortafuegos o el camino al punto más alejado posible de la superficie forestal sería de unos 194 m. (accesible por la longitud de mangueras de las autobombas) y el tiempo que un bombero forestal tardaría en acceder a pie a ese punto sería de unos 3 minutos.

La construcción de ese camino se debería acometer en cualquier circunstancia, ya que esa infraestructura va a ser permanente y además va a cumplir otra serie de funciones en la gestión y conservación del monte.

En relación con el coste de construcción y mantenimiento, también se considera una superficie razonable por los siguientes motivos.

Dando una anchura de 20 m. a todos los cortafuegos, el esquema planteado supondría que habría unas 65 has. de cortafuegos por cada 1.000 has. de superficie forestal.

Suponiendo un coste medio de construcción de los cortafuegos de 407 euros por ha., la construcción de la red de cortafuegos en cada 1.000 has. supondría 26.455 euros.

Si la vida media de los cortafuegos va a ser de unos 40 años, la amortización anual del coste de construcción será de 661 euros.

El mantenimiento de los cortafuegos se realizaría cada 5 años y su coste por ha. sería de 230 euros.

Todo ello supone que en las circunstancias comentadas, la construcción y mantenimiento de la red de cortafuegos para una vida de 40 años, tenga un coste anual de unos 3.700 euros por cada 1.000 has. forestales, lo que consideramos un coste razonable.



Ejemplo de ladera dividida con cortafuegos y accesible mediante caminos (la infraestructura de la parte de abajo de la imagen es una carretera)

El principal factor que va a limitar la extensión de esa superficie rodeada de cortafuegos, va a ser la altitud. A mayor altitud, las laderas tienen mayor superficie sin lugares en los que situar los cortafuegos. En esas situaciones la extensión de esa superficie rodeada de cortafuegos se va a incrementar y generalmente se va a renunciar a la compartimentación total con cortafuegos. Entonces, la compartimentación de la superficie se realiza con cortafuegos situados en aquellas líneas más evidentes y el resto de la superficie se compartimentará mediante caminos, que además van a ser imprescindibles para la gestión y explotación del monte.

En estos casos y en aquellas circunstancias en las que el riesgo de destrucción de la vegetación por el fuego sea grande, se deberá recurrir a la construcción de fajas cortafuegos paralelas a esos caminos, también teniendo siempre en cuenta la temporalidad de esa actuación.

### 5.5.1.2. Situación de los cortafuegos

La situación de los cortafuegos con respecto al relieve del terreno es el principal factor a tener en cuenta a la hora de diseñar la red de compartimentación de la superficie forestal.

Como se ha explicado, el fuego forestal se propaga de una determinada manera influida por unos determinados factores, que hacen que avance más rápidamente por unos lugares y más despacio por otros. Interponer un cortafuegos en la línea de máxima velocidad e intensidad del fuego no tiene sentido, ya que será superado por éste en la mayoría de las ocasiones. Por lo tanto, los cortafuegos deberán situarse en aquellos lugares del relieve del terreno en los que sean eficaces.

Estos lugares (y ordenados de mejor a peor emplazamiento) son: las divisorias de aguas, las líneas de máxima pendiente y paralelos al fondo de las vaguadas.



Cortafuegos construido en una divisoria de aguas.

Se deben elegir en primer lugar los mejores emplazamientos y si estos no existen, se continúa con los siguientes. Lo que no debe hacerse en ningún caso, es situar los cortafuegos paralelos a las curvas de nivel, ya que aparte de su inutilidad para parar el fuego, pueden convertirse en trampas mortales para los medios de extinción de incendios.



Cortafuegos construido paralelo a una vaguada.

La única excepción sería cuando se sitúan los cortafuegos paralelos a una vía de acceso existente: camino o carretera. Estos casos, si es posible evitarlos se deben evitar, pero si es necesaria esa ubicación para completar la red de compartimentación de la superficie forestal, se podría realizar.

En todo caso, sólo será posible su realización si la ladera que atraviesa dicha vía de comunicación tiene una pendiente baja, menor del 12%, nunca cuando la pendiente fuese superior, ya que esa actuación sería igual de ineficaz que los cortafuegos paralelos a las curvas de nivel.

En estos casos, el cortafuegos deberá situarse en la parte inferior de la vía de comunicación, respecto a la pendiente de la ladera. Ello se debe a que tanto en las tareas de construcción como en las de limpieza del cortafuegos, el material arrancado caería sobre la vía de acceso si el cortafuegos estuviese situado por encima de esa vía, provocando la necesidad de limpieza de esa vía e incrementando el coste de la operación. Circunstancia que no se da si el cortafuegos se sitúa en la parte inferior de la vía.

El criterio de situación de los cortafuegos, también deberá imponerse a la forma de realización de los cortafuegos. Se deberá elegir el lugar correcto aunque la realización del cortafuegos sea más costosa que otra localización menos adecuada, pero en la que la realización fuese más barata. Esta norma sólo podrá romperse para tramos de pequeña longitud y cuando las ventajas de la realización sean muy evidentes.



Camino con faja cortafuegos de 10 m. situada en la parte inferior del camino y que cumple las prescripciones comentadas.

Para evitar que posibles materiales erosionados de la superficie de los cortafuegos lleguen a los cursos de agua, se debe dejar una franja de vegetación a cada lado de esos cursos de agua. Generalmente este tipo de vegetación no va a suponer un riesgo de propagación del incendio, en el caso de que sí pueda serlo, se deberá evaluar su eliminación o no. La anchura de la faja también dependerá de esos factores.



Ejemplo de cortafuegos en el que se ha mantenido la vegetación existente en el borde de un curso de agua.

### **5.5.1.3. Anchura de los cortafuegos**

La anchura que deben tener los cortafuegos se puede elegir en función de los mismos factores anteriormente comentados (valor del arbolado, hábitats singulares...) o se podría calcular en función del tipo de incendio que se puede generar en los combustibles que separan (altura de llama, intensidad...).

Pero por los mismos motivos también comentados (temporalidad, facilidad y bajo coste) creemos que se puede establecer una anchura tipo que sirva para la gran mayoría de las situaciones.

Esa anchura sería 20 m. Dicha anchura es efectiva con la mayoría de las intensidades del fuego y prácticamente siempre para detener el fuego de flancos o de cola.

Anchuras menores no tendrían la misma eficacia y anchuras mayores suponen mayor coste de construcción y mantenimiento, además de aumentar muy poco su efectividad.

Existe una situación en la que se pueden construir los cortafuegos con una anchura inferior a la propuesta y posteriormente ampliarlos hasta esa anchura tipo. Esa situación se produce cuando los combustibles que separa el cortafuegos (en uno o en ambos lados) están formados por árboles con valor comercial. En ese caso, en la fase de regeneración del arbolado, el cortafuegos puede tener una anchura inferior (10 - 12 m.) y cuando el arbolado tenga una talla que permita su comercialización, se puede ampliar el cortafuegos y obtener un beneficio por la madera cortada.

Aunque exista, no se recomienda esa posibilidad, ya que, generalmente, durante ese periodo de tiempo que el arbolado tarda en adquirir una talla comercializable, la intensidad del fuego que se puede generar en ese tipo de combustible va a hacer que el fuego supere el cortafuegos en la mayoría de las ocasiones.

### **5.6.1.4. Accesibilidad para vehículos**

La accesibilidad para vehículos, se refiere exclusivamente a la posibilidad de que las autobombas forestales transiten por los cortafuegos (o vehículos con similar capacidad todo terreno).

Esta accesibilidad no siempre va a ser posible (grandes pendientes, rocas, etc.) y no es el principal factor a tener en cuenta, es mucho más importante la situación de los cortafuegos.

Si se puede conseguir esa accesibilidad con los medios previstos para la construcción de los cortafuegos, es importante hacerlo, ya que ayudará a

cumplir la prescripción de que todos los lugares del monte se encuentren a una determinada distancia de un lugar accesible a ese tipo de vehículos. Si no se puede conseguir, vale lo anteriormente dicho de importancia de su situación.

Puesto que la prescripción de que todos los lugares del monte se encuentren a una determinada distancia de un lugar accesible a autobombas se debe cumplir siempre, en aquellos lugares en los que los cortafuegos no permitan esa accesibilidad, ésta se deberá conseguir mediante la construcción de caminos. Las únicas zonas en las que no se conseguiría esa accesibilidad, serían aquellas que presentasen factores ambientales condicionantes excluyentes.

### **5.5.2. Red de accesos**

Como más adelante se explicará, al realizar el diseño de la Red de Accesos, se van a tener en cuenta todos los accesos a la superficie forestal ya existentes y se propondrá la construcción de caminos para completar esa Red.

Por ello, las prescripciones que se exponen se refieren a la Red de Accesos en conjunto y a las características de los caminos que se deban construir.

Estas prescripciones tienen que ver con la posibilidad de tránsito de los diferentes tipos de vehículos, con la distancia máxima desde cualquier punto de la superficie forestal a un acceso para los medios de extinción terrestres, con la situación de las infraestructuras en la Red y respecto al relieve del terreno, con el coste de construcción y mantenimiento y con los posibles usos distintos a la extinción de incendios que puedan tener esos accesos (tanto pretendidos como a evitar).

Además se deben tener presentes en todo momento las medidas a adoptar en función de los factores ambientales condicionantes (siempre solamente respecto a los caminos a construir).

#### **5.5.2.1. Accesibilidad de los vehículos a motor**

No todos los caminos van a permitir el tránsito de todo tipo de vehículos, ni todo tipo de vehículos es necesario que circulen por todo tipo de caminos, sino que cada camino va a cumplir unas determinadas funciones y va a permitir la circulación de un determinado tipo de vehículos.

En función de la posibilidad de tránsito a través de los caminos por los diferentes vehículos a motor (definida por las características del camino: pendiente, anchura, firme, etc.), estableceremos una clasificación de los diferentes

caminos. Esa clasificación también nos va a servir para lo contrario: a la hora de construir un camino, saber que prescripciones tiene que cumplir según qué tipo de vehículos queremos que circule por él.

La clasificación es la siguiente:

- **Caminos de primer orden:** son aquellos caminos que permiten la circulación del mismo tipo de vehículos que circulan por las vías interurbanas (carreteras) y siempre que las condiciones meteorológicas permitan la circulación por éstas.
  - Estos caminos tienen unas características (trazado, anchura, etc.) que permiten la circulación de todo tipo de vehículos y un firme consolidado (zahorras, asfalto, etc.) que permite la circulación con lluvia o tiempo húmedo. En las únicas ocasiones que los vehículos no podrían circular por esos caminos sería cuando estén cubiertos de nieve, helados o en situaciones parecidas; que son situaciones que, sin otro tipo de actuación, tampoco permitirían la circulación de vehículos por las carreteras.



Ejemplo camino de primer orden.

- **Caminos de segundo orden:** son aquellos caminos que permiten la circulación del mismo tipo de vehículos que circulan por las vías interurbanas, siempre que las condiciones meteorológicas permitan la circulación por esos caminos.

- Son caminos que en cuanto a trazado, anchura, etc., tienen las mismas características que los caminos de primer orden pero que no tienen un firme consolidado, de manera que cuando el camino esté húmedo (por lluvia, nieve, etc.) puede impedir la circulación de algún tipo de vehículo o de todos, debido a que se forma barro, a que el camino es deslizante, etc. En todo caso, cuando el firme está seco estos caminos deben permitir la circulación de todo tipo de vehículos y para ello deben tener obras que permitan el paso a través de zonas húmedas, cursos de agua u otro tipo de obstáculos similares.



Ejemplo camino de segundo orden.

- **Caminos de tercer orden:** aquellos caminos que permiten la circulación de autobombas forestales, siempre que las condiciones meteorológicas no lo impidan.
  - Estos caminos tienen las características necesarias (anchura, pendiente, etc.) para permitir el paso de ese tipo de vehículos, siempre que el firme del camino esté seco. Sólo dispondrán de obras para superar aquellos obstáculos que por si mismos no pueden superar ese tipo de vehículos.
  - Al permitir la circulación de autobombas forestales, se supone que también permiten la circulación de vehículos todo terreno de menor tamaño.



Ejemplo camino de tercer orden.

Las condiciones que tiene que cumplir el trazado de los diferentes tipos de caminos para tener esa capacidad de tránsito son las siguientes:

Tipo	Anchura mínima	Pendiente máxima	Pendiente media	Radio mínimo curvas	Cuneta	Firme	Cruce vehículos
Primer orden	6 m.	15%	3 - 6%	12 m.	Siempre	Refinado y consolidado	Siempre
Segundo orden	4 m.	15%	Cualquiera (3 - 10%)	12 m.	Siempre, con excepciones	Refinado	Permitido cada 200 m. máximo
Tercer orden	3 m.	30%	Cualquiera (5 - 15%)	9 m.	No es necesaria	Sin obstáculos que impidan el paso	Permitido cada 200 m. máximo

**Anchura mínima:** se corresponde con la anchura de la plataforma del camino y que siempre es apta para la circulación de los vehículos.

Esta anchura se debe ampliar en las curvas en 1 metro en los caminos de Primer Orden, en 2 metros en los de Segundo Orden y en 1 o 2 metros en los de Tercer Orden.

**Pendiente máxima:** es la pendiente longitudinal máxima que puede tener el camino y que sólo debe mantenerse en tramos de 50 m. de longitud como máximo.

Esta pendiente podría superarse en algunas ocasiones, pero no se podría comprometer la capacidad de tránsito del camino en cuestión. Esto generalmente obligará a mejorar el firme del camino, para que los diferentes vehículos puedan superar esas zonas, asfaltando o pavimentando con hormigón esos tramos.

**Pendiente media:** es el margen de valores entre los que se recomienda que se mantenga la pendiente longitudinal del camino. Los caminos de Segundo y Tercer Orden pueden tener el valor medio que sea preciso, pero se indica entre paréntesis los valores medios entre los que se debería mantener. Evidentemente, siempre que sea posible es mejor que el camino tenga una pendiente longitudinal inferior a cualquiera de esos valores medios.

**Radio mínimo de las curvas:** es el radio mínimo que deben tener las curvas de estos caminos, medido en la parte exterior del camino.

**Peralte de las curvas:** Al igual que las carreteras, la plataforma de este tipo de caminos debería tener una pendiente transversal (aproximadamente un 3%) hacia el interior de la curva para facilitar el agarre de los vehículos en esas zonas (peralte). En nuestro caso, debido a la simplicidad de los métodos de diseño y construcción, vamos a obviar esta condición y será suficiente con que la plataforma de los caminos en estas zonas no tenga pendiente transversal hacia el exterior del camino y sea llana. En general, la baja velocidad de circulación de los vehículos por este tipo de caminos tampoco hará necesario el peralte. Es evidente que siempre que sea posible la realización de esos peraltes, deberían realizarse.

**Cuneta:** se indica la necesidad de que los caminos incorporen este elemento.

En los caminos de Segundo Orden se puede prescindir de la cuneta en aquellos casos en los que el firme del camino no se va a erosionar por el agua: zonas de roca.

En los caminos de Tercer Orden se puede prescindir siempre de la cuneta, debido a su escaso tráfico y al poco mantenimiento que van a tener. Por esos mismos motivos se recomienda que no tengan cuneta y que ésta se sustituya por cortes transversales para la evacuación del agua, cuyas características se explican en el apartado de construcción.

**Firme:** se indican cuales deben ser las condiciones mínimas que debe tener el firme del camino.

En los caminos de Primer Orden es necesario que el firme este refinado y consolidado con los materiales oportunos para que se puedan cumplir las condiciones de tránsito.

En los caminos de Segundo Orden, como mínimo es necesario que el firme se refine con motoniveladora, eliminando hoyos, piedras, raíces, etc. y, para cum-

plir las condiciones, suele ser necesario compactar el camino con un rodillo vibrador, aunque no siempre es necesario.

La única condición que debe tener el firme de los caminos de Tercer Orden es que no presente obstáculos que impidan el paso de autobombas forestales o vehículos todo terreno de menor tamaño. Para ello no deben existir hoyos que impidan ese paso, piedras, tocones, etc.

**Pendiente transversal de la plataforma del camino:** Con la finalidad de evacuar el agua de las precipitaciones, la plataforma del camino deberá tener una pendiente transversal hacia el exterior del camino de entre un 1 y un 3%. Excepto en las curvas, por lo que ya se ha explicado. En el apartado de construcción se amplían las condiciones sobre este punto.

**Cruce vehículos:** se indica cuando se pueden cruzar dos vehículos en el camino.

En los caminos de Segundo y Tercer Orden deben existir espacios que permitan el cruce de dos vehículos cada 200 m. como máximo. Esos espacios pueden ser el cruce con otros caminos, cortafuegos, etc., aprovechando zonas llanas ya existentes o se pueden construir ensanches a la vez que se construye el camino.

### **5.5.2.2. Distancia máxima desde cualquier punto de la superficie forestal a un acceso**

Entre nuestros objetivos de lucha contra los incendios forestales está el extinguir los posibles incendios en el menor tiempo e intentar que causen el menor daño posible. Para ello, entre otras cosas, necesitamos facilitar el acceso rápido de los medios de extinción terrestres hasta una determinada distancia de cualquier punto del monte.

Esos medios terrestres pueden ser mecánicos (bulldozer y autobombas) o humanos. Pero todos ellos se van a desplazar hasta el lugar del incendio en vehículos a motor, las autobombas por si mismas, los bulldozer en una góndola y las personas en vehículos todo terreno. Por esto y a los efectos de clasificar los diferentes accesos para esos vehículos, sólo vamos a tener dos clases de accesos: aquellos que sirven para la circulación de una góndola y aquellos que sirven para la circulación de las autobombas forestales. Suponemos que los accesos que sirven para la circulación de las autobombas forestales también sirven para la circulación de vehículos todo terreno de menor tamaño.

De lo que se trata es de establecer una red de accesos que permita la circulación de esos vehículos y desde la cual todos los puntos del monte se encuentren a una determinada distancia y en el apartado que estamos tratando (más adelante hablaremos de la identificación de esos accesos), lo que

pretendemos es establecer la distancia de cada punto de la superficie forestal a un acceso practicable por cada tipo de vehículo mencionado.

La distancia desde cualquier punto del monte a un acceso practicable por una autobomba forestal, la hemos adoptado en función de la longitud de mangueras que suelen llevar estos vehículos, que, generalmente, está entre 200 y 300 m. y la hemos establecido en **250 m.**

Consideramos que esa distancia mantiene un adecuado equilibrio entre capacidad de extinción (acceso suficientemente rápido a cualquier posible incendio montando una línea de agua o por personas a pie) y densidad de accesos. Resultando un coste razonable tanto para la construcción de las infraestructuras necesarias como para su mantenimiento.

La distancia desde cualquier punto del monte a un acceso practicable por una góndola que transporta un bulldozer la hemos establecido en **1.500 m.**

Esta distancia puede ser algo elevada y lo ideal es reducirla siempre que sea posible, pero debido a las condiciones que deben cumplir los accesos para ese tipo de vehículos, el coste que tiene la construcción de caminos con esas condiciones es elevado y debe racionalizarse lo máximo posible su construcción.

Por otro lado, no es frecuente la utilización de bulldozer en el Primer Ataque a un incendio forestal, por lo que su acceso hasta el incendio no suele ser tan urgente como el del resto de medios de extinción terrestres.

El cálculo de la distancia de cualquier punto de la superficie forestal a un acceso, se hace desde ese punto hasta el centro de ese acceso. Aunque la exactitud de esa medida no es una cuestión trascendental, ya que los 3 - 10 m. que generalmente puede haber de diferencia entre las formas de realizar esa medición, no suponen variaciones significativas de la efectividad del acceso.



En esta foto pretendemos mostrar el cumplimiento de la prescripción de la distancia desde cualquier punto del monte a un acceso practicable por góndola y por autobomba forestal.

En la imagen vemos una parte de un monte en el que hemos señalado en rojo una carretera, en azul claro un camino de tercer orden, en amarillo un camino de segundo orden y en verde los cortafuegos. En este caso los cortafuegos no son accesibles para vehículos de ruedas, por lo que el cumplimiento de la prescripción comentada deberá cumplirse con los caminos.

Hemos marcada la distancia anteriormente establecida de 250 m. para comprobar como la totalidad de la superficie se encuentra a menos de esa distancia de un acceso apto para autobombas.

Puesto que la distancia desde la carretera hasta la parte superior de la ladera es menor de 1.500 m. y que la carretera es accesible para una góndola, se cumpliría también la prescripción de la distancia desde cualquier punto del monte a un acceso practicable por góndola.

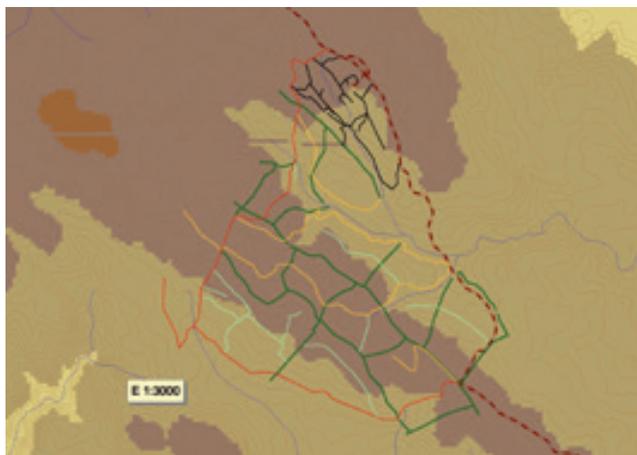
### 5.5.2.3. Situación de los accesos dentro de la Red

Para tratar esta prescripción previamente debemos establecer la siguiente jerarquía lógica para los diferentes tipos de accesos: Carreteras, Caminos de Primer orden, Caminos de Segundo Orden y Caminos de Tercer Orden.

La prescripción se refiere a que dentro de la Red, cualquier acceso tiene que enlazar obligatoriamente con un acceso de igual o superior categoría y que de cualquier acceso puede partir otro acceso que no tiene por que ser el de categoría inmediatamente inferior.

De esa forma, un Camino de Primer Orden debe conectar obligatoriamente con otro Camino de Primer Orden o con una Carretera, pero desde un Camino de Primer Orden, podrán partir directamente tanto Caminos de Segundo Orden como Caminos de Tercer Orden.

Así, la Red de Accesos a la superficie forestal va a tener una forma similar a la copa de un árbol: desde el tronco van a partir ramas principales, de las ramas principales partirán ramas secundarias y de las ramas secundarias parten los brotes terminales. Pudiéndose dar el caso de que en algún punto, desde una rama principal parta un brote terminal.



Usaremos el plano de la imagen superior para ilustrar la jerarquía de los accesos y su situación dentro de la Red.

En ella se representa una parte del monte de utilidad pública 211, "Campo Sagrado", situado en la provincia de Zamora y perteneciente a la localidad de Robledo, municipio de Puebla de Sanabria.

Los diferentes colores del fondo representan altitudes por franjas de 100 m., desde 700 a 1.200 m. Se representan las curvas de nivel con un intervalo de altitud de 10 m. y los principales cursos de agua en azul.

Las líneas verdes gruesas representan los cortafuegos que forman la red de compartimentación.

Las líneas gruesas rojo oscuro con discontinuidades, representan carreteras.

Las líneas negras finas representan caminos que no forman parte de la red de accesos.

El resto de líneas finas representan los caminos que sí forman parte de la red de accesos. En color rojo los caminos de primer orden, en color amarillo los de segundo orden y en color verde pálido los de tercer orden.

La zona para la que se establece la red de accesos es la comprendida entre los caminos de primer orden y la carretera.

Lo que queremos mostrar es como desde las carreteras parten los caminos de primer orden, desde los caminos de primer orden parten caminos de segundo orden y desde caminos de segundo orden parten caminos de tercer orden, dándose el caso que tanto desde carreteras como desde caminos de primer orden, parten caminos de tercer orden.

#### **5.5.2.4. Situación de los caminos en el relieve del terreno**

Aquí nos referimos solamente a posibles caminos a construir, y para el cumplimiento de nuestros objetivos vamos a dividir el relieve del terreno en las siguientes partes: divisorias de aguas (loma de los cerros, cumbres...), laderas y vaguadas.

(Entendemos que las divisorias de aguas tienen una anchura más que suficiente para albergar el camino y que no estamos hablando de crestas con grandes precipicios a cada lado, donde no sería posible situar un camino.).

El principal elemento de deterioro de los caminos es el agua procedente de las precipitaciones, que cuando se acumula puede erosionar el firme de los caminos y llegar a hacerlos intransitables. Por ello, nuestra principal preocupación debe ser facilitar la expulsión del agua del firme del camino, pero también no provocar acumulaciones de agua que puedan causar erosión en las laderas.

Para cumplir la condición anterior, además de otras condiciones, la construcción de los caminos, en cuanto a su situación respecto al relieve del terreno, debe cumplir la prescripción de que siempre deben situarse en las laderas, nunca en el fondo de las vaguadas ni en las divisorias de aguas.

Si a un camino que corta una ladera lo dotamos de una cuneta en la parte superior del camino, recogerá fácilmente el agua de las precipitaciones que se desliza ladera abajo y evitará que ese agua se acumule en el firme del camino

o que lo erosione. Esta construcción del camino es la más sencilla de realizar, como se explicará en el apartado de construcción, y la más fácil de mantener, ya que una motoniveladora puede limpiar fácilmente la cuneta, depositar los materiales en el firme del camino y a continuación limpiar el firme del camino y depositar los materiales en el terraplén del camino.



Camino construido en ladera

La única forma de evacuar el agua de un camino que discorra por el fondo de una vaguada es elevar el firme del camino a una cierta altura del fondo de la vaguada y dotar al camino de dos cunetas, una a cada lado, por las que se evacuaría el agua. Aparte de la posible falta de efectividad de dicha obra cuando existen precipitaciones abundantes y del problema que supone conducir el agua por las cunetas durante el recorrido necesario para llevarla a algún lugar de desagüe (erosión y arrastres), es evidente que esa construcción es mucho más complicada de realizar que la comentada para los caminos de ladera y la limpieza lo es igualmente, ya que en esas condiciones hay que limpiar el firme del camino y dos cunetas en lugar de una, además de tener el problema de dónde depositar los residuos, que puede obligar incluso a tener que cargarlos y trasladarlos a algún lugar.

Los caminos situados en las divisorias de aguas necesitan el mismo tipo de construcción que el comentado para los caminos que discurren por el fondo de la vaguada y además pueden necesitar largos desvíos de las cunetas para evacuar el agua que discurre por ellas. Los problemas de mantenimientos son los mismos que en el caso anterior, que aunque no haya la necesidad de cargar y trasladar los residuos de la limpieza del camino, sí es más costoso que en los caminos de ladera, sacar esos residuos del camino y de las cunetas.



Camino situado en una divisoria de aguas y con dificultades para la evacuación del agua

El paso por esos lugares sólo puede permitirse si se obtiene una ventaja significativa y si la longitud del camino situada en esos lugares es pequeña.

Además de su función en la lucha contra los incendios, los caminos van a cumplir otras muchas funciones relacionadas con la gestión y explotación del monte y esas funciones deben tenerse en cuenta a la hora de realizar el diseño del camino.

Una de esas funciones es la extracción de productos del monte (leña, madera, frutos, etc.) e independientemente de la forma en la que actualmente se extraigan o de las formas en que pueda hacerse en el futuro, trabajar a favor de la fuerza de gravedad siempre será más positivo que hacerlo en contra, por lo que situar los caminos cerca del fondo de las vaguadas siempre supondrá una ventaja.

Se debe tener en cuenta que esa situación también debe servirnos para cumplir el resto de objetivos, entre ellos el de la pendiente del camino. Ya que al situar el camino cerca del fondo de la vaguada, la pendiente del camino va a ser igual a la pendiente de la vaguada y puede que ésta sea superior a la que pueda tener el camino.

En esta situación se debe tener en cuenta lo ya comentado respecto a dejar una faja de vegetación de ribera en el borde de los cursos de agua, que servirá para evitar que materiales arrastrados lleguen hasta esos cursos de agua.

### **5.5.2.5. Construcción**

Las prescripciones de este apartado están dirigidas a reducir los costes tanto de construcción de los caminos como de mantenimiento. Puesto que las prescripciones de los diferentes caminos son suficientemente flexibles, durante la fase de diseño del camino casi siempre se podrán encontrar alternativas de trazado que permitan incorporar estas prescripciones y reducir ese coste de construcción y mantenimiento.

La principal prescripción a tener en cuenta durante todo el proceso de creación del camino, es que el camino cumpla los objetivos para los que se crea, que pueda mantenerse en esas condiciones el máximo tiempo posible y que exija el mínimo mantenimiento.

Si en el primer invierno o tras la primera tormenta posterior a la construcción de un camino, éste es destruido por el agua y se vuelve intransitable, dará igual la forma en la que lo hayamos construido o el dinero que nos hayamos ahorrado en esa construcción, ya que será dinero perdido (además de tiempo y trabajo) y estaremos en las mismas condiciones que antes de la construcción del camino.

Por ello y por el coste que tiene este tipo de infraestructuras, es fundamental que nos esforcemos al máximo en que utilizando el mínimo presupuesto posible, pero el necesario, consigamos caminos lo más eficaces y duraderos posible.

Para ello, necesitaremos cumplir toda una serie de prescripciones, tanto las ya tratadas como las que trataremos más adelante.

La primera prescripción a cumplir es respetar lo especificado sobre la situación de los caminos en el relieve del terreno y establecer que, como norma general, se deben evitar todas las situaciones en las que los caminos necesitan tener dos cunetas para evacuar el agua; las excepciones a esta norma sólo se justificarán cuando exista una ventaja evidente y la longitud de camino en esas condiciones sea pequeña.

La segunda prescripción se refiere a no construir curvas de retorno en el camino. Definidas como aquellas curvas que provocan un cambio de dirección del camino con un ángulo cercano a 180 grados.

El no construir las se debe a la ocupación del espacio que provocan, al movimiento de tierras que requieren, a la dificultad para su diseño y construcción y, como consecuencia, al coste que tienen.

Como siempre, esta prescripción se puede obviar cuando exista una ventaja evidente.



Curva de retorno en camino de primer orden.

#### **5.5.2.5.1. Taludes, terraplenes y drenajes longitudinales**

Como hemos dicho, el principal factor de destrucción de los caminos es el agua de las precipitaciones y las herramientas que tenemos para evitarlo son los drenajes longitudinales y transversales.

El factor que puede hacer ineficaces a los drenajes longitudinales o cunetas, es que pueden colmarse de materiales que se desprenden del talud del camino o por materiales arrastrados por el agua que circula por la cuneta.

La forma de solucionar esto, es la construcción del camino con taludes de la menor altura posible y con pendiente adecuada para evitar esos desprendimientos y facilitar la colonización de la vegetación, la cual impedirá nuevos desprendimientos. Así mismo deberemos dar a la cuneta la profundidad adecuada (más, cuanto más sueltos son los materiales) y deberemos colocar la cantidad necesaria de drenajes transversales o pasos de agua y construirlos en condiciones adecuadas.



Talud del camino cubierto de vegetación, la cual impide su erosión

La altura de los taludes debe ser la mínima posible, por lo comentado en este punto, lo comentado como Factores Ambientales Condicionantes, y por que a mayor altura, mayor movimiento de tierra y mayor coste. En todo caso, la altura de los taludes debe estar relacionada con la naturaleza de los materiales de ese talud: con materiales más duros o estables el talud puede tener mayor altura y con materiales más sueltos debería tener menos.

En nuestro caso, la altura de los taludes no debería tener más de 3 m. como norma general, aunque puntualmente podría llegarse a 5 m., regulando la altura en cada caso en función de los materiales.

La pendiente de los taludes está igualmente relacionada con el tipo de materiales del talud de la misma forma que explicábamos anteriormente.

La pendiente que generalmente deben tener los taludes será de 1:1 (el primer número indica la medida longitudinal y el segundo la de la altura), que valdrá para la mayoría de materiales. Pero podrá aumentarse hasta 1:5 en zonas de roca o disminuirse hasta 3:2 con materiales sueltos.

Lo dicho para los taludes sirve igualmente para los terraplenes, ya que de la estabilidad de éstos depende la estabilidad del camino.

La cuneta de los caminos se debe situar en la parte superior del camino, respecto a la pendiente de la ladera.

Como se ha comentado y siempre que sea posible, se debe evitar tener que construir dos cunetas (una a cada lado del camino). Esta circunstancia se

dará cuando haya posibilidad de que el agua de escorrentía llegue al firme del camino por sus dos bordes.



Ejemplo de talud construido con una pendiente incorrecta y en el que se han empezado a producir desprendimientos.

Lo dicho para los taludes del camino, sirve igualmente para los taludes de la cuneta.

La anchura de la cuneta dependerá de la cantidad de agua que tenga que evacuar, pero como norma general podemos establecer 1 m. de anchura que servirá para la mayoría de las circunstancias.

La profundidad de la cuneta dependerá de lo dicho para los taludes, pero de manera general nunca debería ser inferior a 50 cm.

Con esas medidas de 1 m. de anchura y 50 cm. de profundidad, tendríamos una pendiente de los taludes de la cuneta de 1:1.

#### **5.5.2.5.2. Drenajes transversales**

Los drenajes transversales son los que atraviesan el camino transversalmente. Estos drenajes pueden ser superficiales o subterráneos.

En nuestro caso, denominaremos badenes a los drenajes superficiales construidos con hormigón y cortes de agua a los drenajes superficiales construidos sobre la tierra del camino.

Los drenajes subterráneos los denominaremos pasos de agua y los dividiremos entre aquellos que se colocan en las vaguadas que atraviesa el camino y los que se colocan en el resto de los lugares.

#### **5.5.2.5.2.1. Drenajes transversales para caminos sin cuneta**

Los caminos sin cuneta pueden tener dos tipos de drenajes transversales: los que se colocan en las vaguadas que atraviesa el camino y los que se construyen en el resto del camino.

En las vaguadas que atraviesan estos caminos podremos colocar badenes o pasos de agua. Cuando hay que colocar unos u otros y la forma de colocación es la misma que para los caminos con cuneta y más adelante se tratará sobre esos temas.

Los drenajes transversales que se colocan en el resto del camino son los que hemos denominado cortes de agua. Sobre su situación y forma de construcción, se tratará en el apartado de construcción.

En algunas situaciones (caminos con humedad, tráfico de vehículos...) se podría plantear la necesidad de hormigonar esos cortes de agua para hacerlos más resistentes, pero en esas situaciones, sería mejor opción la construcción de un camino con cuneta.

#### **5.5.2.5.2.2. Elección del modelo de paso de agua**

Los elementos con los que se han construido los pasos de agua y con los que actualmente se construyen, son variados; desde simples piedras a elementos de hormigón prefabricados o tubos de plástico o metal.

En nuestro caso elegimos un paso de agua compuesto por tubos de hormigón, que colocaremos directamente sobre el suelo y recubriremos con los materiales naturales del lugar de colocación (solamente en determinadas ocasiones necesitaremos utilizar hormigón) y con unas obras a la entrada y salida del agua para evitar erosión.

Los detalles de construcción de todos los elementos los explicaremos en el apartado de construcción.

Al referirnos al diámetro de los tubos, nos referiremos a su diámetro interior. La longitud de los tubos suele ser 1 m., pero no es una cuestión rele-

vante, ya que adaptaríamos la longitud del paso de agua para poder realizarlo con cualquier longitud de tubos.

El tipo de tubos que hemos elegido son tubos de sección interior circular, de base plana, de hormigón en masa (mejor de compactación radial que otras compactaciones) y unión machihembrada.

Los tubos de base plana son algo más difíciles de conseguir que los tubos solamente cilíndricos y si se da esa circunstancia, podremos sustituir los de base plana por los cilíndricos, teniendo en cuenta que obtendremos algo menos de resistencia y que habrá que poner más atención en su colocación, la ventaja será su menor coste.



Corte longitudinal tubo de base plana



Corte transversal, embocadura tubo de base plana

Los diámetros que utilizaremos y el grosor de la pared de esos tubos son los siguientes:

<b>Diámetro interior</b>	<b>Espesor (excepto en la base)</b>	<b>Superficie sección</b>
50 cm.	Entre 5 y 7 cm.	0,2 m <sup>2</sup>
60 cm.	Entre 6 y 8 cm.	0,3 m <sup>2</sup>
80 cm.	Entre 9 y 9,5 cm.	0,5 m <sup>2</sup>

Elegimos ese tipo de tubos (de base plana o cilíndricos), por que creemos que son los que reúnen mayores ventajas.

Son fáciles de localizar, su coste es menor que el de otros elementos, la técnica de colocación es simple, tienen una buena resistencia, su periodo de vida es prácticamente ilimitado y en los casos en que hay que reemplazarlos o descartarlos por defectos, podemos utilizarlos como relleno en otras partes del camino sin causar contaminación.

Como inconvenientes citaríamos su cierta fragilidad, su peso y en consecuencia, las dificultades para su manejo y su colocación.

En las circunstancias en las que se pueda disponer de otro tipo de materiales para construir los pasos de agua, distintos de los que hemos elegido, y que presenten ventajas (menor coste, mayor facilidad de colocación, etc.), los utilizaríamos. En todo caso, con el tipo de tubos elegido, vamos a cumplir los objetivos que nos hemos propuesto.

Las dimensiones de la sección de los pasos de agua, también sirve para comprobar la viabilidad de los drenajes transversales que se construyan con otros elementos de diferente forma geométrica.

Sabiendo que tipo de paso de agua de nuestro modelo deberíamos colocar, comprobaríamos si la sección del drenaje a construir con otros elementos equivale a esa sección o es inferior, por lo que no valdría.

El proceso contrario lo seguiríamos cuando existen drenajes transversales, ya contruidos y con funcionamiento correcto y que deben sustituirse (por antigüedad, por variación del trazado del camino, etc.); para saber que tipo de paso de agua de nuestro modelo correspondería colocar en esa situación.

#### **5.5.2.5.2.3. Pasos de agua en caminos con cuneta y situados en los lugares que no son vaguadas. Elección de cantidad de pasos y diámetro**

El diámetro de los pasos de agua que se colocan en las vaguadas que atraviesa el camino, dependerá de la cantidad de agua que tenga que pasar por ellos, tanto habitualmente como de forma excepcional, en cambio el diámetro de los pasos de agua que se colocan en lugares que no son vaguadas, lo podemos establecer de forma general, ya que en el caso de que estos pasos de agua tengan que evacuar gran cantidad de agua, lo procedente es reducir la distancia a la que se encuentran esos pasos.

Ese diámetro de los pasos de agua que se colocan en lugares que no son vaguadas lo vamos a establecer en 50 cm. Aunque en bastantes ocasiones un diámetro de 40 cm. podría ser suficiente, el tamaño propuesto nos da un margen de seguridad para evitar atascos en el paso o que no evacúen adecuadamente el agua y su coste no se incrementa de manera desproporcionada. En todo caso estos pasos de agua nunca deberán tener un diámetro inferior a 40 cm.

Este tipo de pasos de agua siempre se construye con una sola fila de tubos.

La cantidad necesaria de pasos de agua servirá para sacar el agua de la cuneta y evitar acumulaciones de agua que pueden superar la cuneta y erosionar el camino, evitar que se erosione el talud y se arrastren materiales que atasquen la cuneta o los pasos de agua y evitar que, por acumulación de agua en la salida del paso de agua, se produzca erosión en la parte de la ladera situada debajo de la salida del paso de agua.

Por eso es muy importante la distancia a la que se coloquen esos pasos de agua. Esta distancia va a depender fundamentalmente de tres factores: el volumen de precipitaciones en esa zona, la torrencialidad de esas precipitaciones y la pendiente longitudinal de la cuneta (que generalmente es la misma que la del camino). Cuanto mayores sean esos factores, menor debe ser la distancia a la que se coloquen los pasos de agua.

La experiencia nos dice que para colocar los pasos de agua a lo largo del camino, lo primero que se debe hacer es colocarlos en todas aquellas vaguadas atravesadas por el camino y por las que pueda discurrir en algún momento tal cantidad de agua que no sea posible su evacuación a través de las cunetas hasta un paso de agua situado camino abajo. Seguidamente, en los tramos de camino que quedan entre dos de esos pasos de agua situados en las vaguadas, se deben colocar pasos de agua cada **200 m.** aproximadamente. Esta distancia se puede reducir o aumentar según los factores anteriormente comentados, pero en prácticamente ningún caso debería ser superior a los 300 m.

#### **5.5.2.5.2.4. Elección de drenaje transversal para atravesar vaguadas**

El tipo de drenaje transversal que colocaremos en las vaguadas y el diámetro de los pasos de agua que instalaremos cuando proceda, va a depender de la cantidad de agua que discurra por la vaguada, tanto habitualmente como de forma excepcional.

Para calcular esa cantidad se debe tener en cuenta el agua que recoge la cuenca de la cual esa vaguada es el desagüe natural, más el agua que puede aportar la cuneta del camino hasta ese paso de agua, en los casos de caminos con cuneta.

Para calcular de forma precisa esa cantidad de agua, se requerirían complejos procesos de medición y cálculo que, aunque estén muy facilitados actualmente por las aplicaciones informáticas, no los consideramos necesarios para la mayoría de las situaciones en las que vamos a tener que construir los caminos y sólo deberían realizarse en el caso que más adelante se comenta.

Hacemos notar aquí la existencia de aplicaciones informáticas para calcular la escorrentía de una cuenca y la sección de los drenajes para evacuar ese agua.

Para solucionar el problema de que tipo de drenaje colocar en esos lugares, vamos a utilizar cuatro diámetros de tubos, en el caso de los pasos de agua, y la construcción de badenes.

#### **5.5.2.5.2.4.1. Pasos de agua en vaguadas**

Los diámetros de los tubos que hemos elegidos son: 50, 60 y 80 cm. Elegiríamos cada uno de esos diámetros de tubos, en función de la cantidad máxima de agua que recoja la vaguada y que tendrá que atravesar ese paso de agua.

Para calcular esa cantidad máxima de agua tendríamos en cuenta la superficie de la cuenca, de la cual el punto de la vaguada donde colocamos el paso de agua es el desagüe, el régimen de precipitaciones de la zona en la que nos encontremos (cantidad absoluta de precipitaciones y posible régimen torrencial) y la capacidad del suelo para absorber las precipitaciones.

A mayores valores (excepto la absorción del suelo), mayores diámetros y al contrario.

En caso de duda respecto al diámetro de tubos que se debe colocar, elegiríamos el diámetro inmediatamente superior a aquel que considerásemos adecuado en un principio.

La solución de colocar dos filas paralelas de tubos para evacuar el agua sólo se adoptaría en los casos que haya que colocar tubos de 80 cm. de diámetro, ya que con el resto de diámetros es mejor opción colocar una fila de tubos del diámetro inmediatamente superior, puesto que de esa forma conseguimos una sección prácticamente igual.

Al colocar dos filas de tubos de 80 cm. de diámetro necesitaremos realizar mayor obra que para colocar una sola fila y en la mayoría de los casos, utilizar hormigón para colocar los tubos y garantizar la resistencia del paso de agua.

Por todos esos motivos, como norma general no construiremos un paso de agua con más de dos filas de tubos. Si se nos plantease la necesidad de ese tipo de construcción, adoptaríamos las soluciones que más adelante explicaremos.

Solamente y como solución excepcional, podremos construir pasos de agua con tres filas paralelas de tubos de 80 cm. de diámetro. Esta solución la adoptaremos cuando presente ventajas sobre la construcción de un badén y tendremos que tener en cuenta la resistencia del conjunto, para permitir el paso de los vehículos que utilicen ese camino y realizar las obras necesarias para proteger el paso de la erosión del agua.

#### **5.5.2.5.2.4.2. Badenes**

Los badenes que construiremos consisten en estructuras de hormigón armado que se instalan en fondo de las vaguadas en el lugar donde el camino atraviesa la vaguada.

En el apartado de construcción se especifican sus características y su forma de colocación.



Badén

#### **5.5.2.5.2.4.3. Elección entre pasos de agua y badenes**

Elegiremos siempre la construcción de badenes frente a la de pasos de agua en las siguientes situaciones:

- Al atravesar todas aquellas vaguadas en las que eventualmente, pero de forma segura, puedan producirse arrastres de materiales que puedan atascar los tubos.
- En todas aquellas vaguadas en las que eventualmente, pero de forma segura, el agua a evacuar supere la capacidad de los tubos de un determinado diámetro y la colocación de tubos de un diámetro superior suponga la necesidad de hacer un gran movimiento de tierra para cubrir esos tubos.
- En todas aquellas vaguadas en las que la cantidad de agua a evacuar de forma excepcional, sea mayor de la que se puede evacuar con dos filas de tubos de 80 cm. de diámetro, que esa situación excepcional se presente pocas veces al año (dos o tres como máximo), que dure poco tiempo (3 días como máximo) y que el camino no tenga mucho tránsito de vehículos.
  - Si esta situación se presenta habitualmente varias veces al año (cinco, seis...), dura días o semanas o el camino tiene mucho tránsito de vehículos, será una situación en la que habremos superado nuestra capacidad para la construcción de drenajes, que más adelante comentaremos.

Los siguientes criterios los tendremos en cuenta para elegir entre pasos de agua y badenes, dependiendo de las circunstancias de la situación:

- Badenes para los caminos sin cuneta y pasos de agua para los caminos con cuneta.
- Pasos de agua para los cursos permanentes de agua y badenes para los cursos temporales.
- Pasos de agua para los caminos con mucho tráfico y badenes para los caminos con poco tráfico.
- Badenes para vaguadas anchas y con fondo de roca, o cuando la plataforma del camino está cerca del fondo de la vaguada.
- Pasos de agua para vaguadas estrechas cuando la plataforma del camino está a una cierta altura sobre el fondo de la vaguada (aprox. más de 1 m.).



Ejemplo de paso de agua situado en vaguada y destruido por el agua. Los tubos de hormigón que se ven en primer plano formaban parte del paso y fueron arrastrados por el agua. La destrucción se debe a que el agua sube por encima del camino y al caer erosiona el terreno (el charco de agua es el hoyo que realiza al caer desde el camino), descalza los tubos y acaba arrancándolos. Que el agua suba por encima del camino es debido a que los tubos existentes se taponan con la maleza arrastrada por el agua. Teniendo en cuenta la cantidad de tierra que ha sido necesaria para tapar los tubos, tenemos casi todos los inconvenientes reseñados de los pasos de agua frente a los badenes, por lo que la sustitución de este paso de agua por un adecuado badén, solucionaría los problemas.

#### **5.5.2.5.2.4.4. Superación de nuestra capacidad de construcción de drenajes**

Cuando se produzca alguna o varias de las siguientes circunstancias habremos superado nuestra capacidad de construcción de drenajes transversales:

- Cuando el camino tenga que atravesar un curso de agua permanente, donde la cantidad de agua que habitual o excepcionalmente pueda llevar, impide la colocación de tubos de los diámetros comentados por que serían superados por el agua.
- Cuando en las mismas circunstancias no podemos construir un badén debido a que la cantidad de agua que circula de forma habitual impediría que lo pudieran atravesar el tipo de vehículos que tienen que circular por ese camino.
- En las mismas circunstancias y cuando la acumulación de agua se da de forma no habitual pero esa situación dura varios días o semanas,

se presenta muchas veces al año o el camino tiene bastante tránsito de vehículos.

- Cuando la anchura del cauce es muy amplia (aprox. más de 15 m.).

En esas situaciones será necesario construir un puente de las dimensiones correspondientes. Calcular, aquí sí, la capacidad de recogida de agua de la cuenca en cuestión y en función de ella, del tráfico de vehículos y del peso que ese puente tenga que soportar, definir sus características de construcción. Todas esas tareas sobrepasan las pretensiones de esta publicación.



Paso de agua en vaguada construido con dos filas de tubos de 1 m. de diámetro, con escolleras de piedra y hormigón. Aunque este tipo de obra no tiene una excesiva complejidad, creemos que siempre se pueden encontrar alternativas que eviten este tipo de construcciones (los badenes suelen solucionar la mayoría de estos problemas) y que estén dentro de las que hemos propuesto. En todo caso si se tiene que recurrir a obras de este tipo, se deberían hacer con el correspondiente estudio de la cuenca de recepción y del régimen de torrencialidad de la zona.

#### **5.5.2.5.2.4.5. Sobredimensionamiento de los drenajes transversales**

La forma en la que calculamos el tamaño de los drenajes transversales y el número de pasos de agua que colocamos en los caminos, supone un riesgo de equivocarnos en determinadas situaciones, respecto a que el drenaje que colocamos no sea suficiente para evacuar el agua. Por ello, siempre que sea posible se debería hacer un correcto cálculo de las necesidades de desagüe de cada drenaje.

Cuando eso no es posible, una de las forma de solucionarlo es observar la eficacia de otros drenajes, especialmente los pasos de agua, situados en la misma zona u observar en la vaguada en cuestión las marcas de erosión del agua, lo cual ya nos dará una escala de medida más adecuada.

Si siguen existiendo dudas, otra de las soluciones es sobredimensionar el drenaje, eligiendo en el caso de los pasos de agua el diámetro superior a aquel que elegiríamos en primer lugar o colocando dos filas paralelas de tubos (como hemos dicho, si necesitásemos más de dos filas de tubos, deberíamos pensar en otro tipo de drenaje).

En todo caso, el seguimiento de la eficacia del drenaje será la forma definitiva de comprobar la elección efectuada y si no ha sido correcta habrá que modificarlo y aumentar su capacidad de desagüe.

### **5.5.2.5.3. Construcción de caminos por etapas.**

Por todo lo ya comentado y por lo que se comentará posteriormente, se puede entender que el coste de construcción de los caminos es elevado. Por ello, hay veces en las que no se dispone de todo el presupuesto necesario para acometer la construcción de la totalidad de caminos que debe tener la Red de Accesos.

En este caso existirían dos posibilidades para acometer a lo largo del tiempo la creación de la totalidad de los accesos necesarios de la Red y cumpliendo las prescripciones procedentes:

- utilizar cada vez el presupuesto disponible para acometer la construcción o adecuación de los tramos de caminos que sea posible según ese presupuesto, cumpliendo todas las prescripciones, es decir, dejar completamente terminado el tramo de camino en el que se trabaje.
- Utilizar primeramente el presupuesto disponible para acometer la construcción o adecuación del trazado (pendiente longitudinal, radio de curvas, anchura, pendiente transversal de la plataforma y ensanches para cruces de vehículos) de la totalidad de los caminos necesarios en la Red y posteriormente ir cumpliendo el resto de prescripciones: drenajes laterales y transversales, firme del camino, etc.

En esa situación, nosotros recomendamos la segunda opción debido a que es la existencia o no de accesos uno de los factores que más va a influir en la eficacia en la extinción de incendios y siempre tendrán alguna utilidad aunque no estén en condiciones óptimas.

Por diferentes factores, que se deben analizar en cada caso concreto, puede ser más recomendable la primera opción y por lo que se comentará acerca de los impactos en la fase de construcción y el deterioro que pueden sufrir los caminos que no dispongan de drenajes adecuados, lo ideal es completar la construcción del camino de una sola vez, pero como hemos dicho, los presupuestos necesarios no siempre están disponibles.

Debido a la urgencia de la necesidad de accesos para la lucha contra los incendios, a veces se acomete la construcción de caminos sin respetar las prescripciones comentadas y en otras ocasiones y por otras causas, se invierte en mejorar el firme de los caminos, manteniendo unos trazados que no cumplen las condiciones necesarias.

Ni una ni otra actuación debe ser admisible, si el trazado de los caminos no cumple las exigencias necesarias para el tránsito de los vehículos que participen en la extinción de incendios, no servirán para esa función y seguirán sin servir por mucho que se mejore el firme.

#### **5.5.2.6. Usos de los accesos**

En este punto nos referiremos a una serie de prescripciones a tener en cuenta, que están relacionadas con el uso que se le va a dar a los accesos y con los usos de esos accesos que se quieren evitar.

De los posibles tipos de accesos que puedan formar parte de la Red de accesos, esas prescripciones se referirán solamente a caminos y cortafuegos, el resto de accesos que puedan formar parte de la Red, tendrán sus prescripciones específicas y las medidas correspondientes para regular el uso para el que fueron creados, dependiendo su aplicación del gestor correspondiente: Dirección de Tráfico, Ministerio de Agricultura, etc.

Como ya se ha dicho, la Red de Accesos, además de servir para la lucha contra los incendios forestales, debe servir para la realización de las demás actividades que se desarrollen en el monte: gestión, vigilancia, explotación de los recursos, actividades recreativas, etc., de manera que exista una sola Red de Accesos y no diferentes Redes para cada tipo de actividad. De esa forma optimizaremos los recursos empleados en la construcción de dicha Red y evitaremos la acumulación de impactos provocados por la existencia de múltiples accesos.

Por lo tanto, partiendo de las prescripciones a cumplir en la lucha contra los incendios, la Red de Accesos debe satisfacer las necesidades derivadas de esos otros usos de la superficie forestal.

En cada caso concreto deberán definirse esos posibles usos y sus necesidades.

Los posibles impactos que se pueden producir, debido al uso de los accesos a la superficie forestal, son el furtivismo sobre la vegetación (madera, leñas, setas, frutos...), sobre la fauna, yacimientos arqueológicos, elementos culturales, etc.; emisiones de polvo, ruidos y molestias a la fauna, atropellos, molestias al ganado, generación de basuras y riesgo de provocar incendios.

Para eliminar o reducir esos impactos se debe regular el uso de los accesos que forman parte de la Red de Accesos y adoptar otra serie de medidas que ya se han explicado en el apartado de evaluación de impacto ambiental. Recordaremos y ampliaremos aquí algunas.

Además de la legislación Estatal sobre montes, la mayoría de las Comunidades Autónomas ya dispone de una normativa que regula el uso de los accesos a la superficie forestal, imponiendo diversas limitaciones y prohibiciones, por lo que la primera medida a adoptar es el respeto de esa normativa.

En el caso de que esa normativa no exista, el propietario o el gestor de la superficie forestal, acogiéndose a la legislación Estatal sobre montes y sobre lucha contra los incendios forestales y debido al riesgo de que se produzcan incendios, podrá prohibir o limitar el tránsito de vehículos y personas por los diferentes accesos de la Red.

Como norma general y exceptuando a los vehículos del dispositivo de vigilancia y extinción de incendios, a las actividades de gestión y explotación del monte y a otras actividades autorizadas, el tránsito de vehículos a motor por los accesos a la superficie forestal debería estar siempre regulado.

La circulación por los cortafuegos siempre debería estar prohibida y la circulación por los caminos debería estar limitada a aquellos que sean necesarios para el cumplimiento de alguna finalidad concreta, como puede ser: comunicación entre poblaciones, acceso a diferentes propiedades forestales, acceso a zonas recreativas autorizadas, acceso a miradores, etc. El tránsito de personas, animales o vehículos que no sean a motor, debería cumplir las mismas condiciones, exceptuando aquellos accesos que formasen parte de rutas señalizadas u otro tipo de situaciones similares.

Todo acceso que tenga alguna prohibición de uso debería estar señalizado en su inicio, indicando el tipo de prohibición de que se trata.

Para este tipo de señales y para cualquier otro que se utilice en terreno forestal, se deberían utilizar materiales que se integren en el entorno (madera, piedra...), siempre teniendo en cuenta que deben ser bien visibles para que cumplan su función.

Si por cualquiera de los motivos comentados o por la seguridad de los vehículos, es necesario limitar la velocidad de los vehículos en determinados caminos o tramos de camino, se deberá señalizar adecuadamente. Utilizando para ello la simbología que se utiliza en las vías públicas.

Para asegurarnos de disminuir la velocidad de los vehículos también pueden colocarse obstáculos (hundidos o elevados) de forma similar a los que se colocan en las travesías por zonas urbanas. Estos obstáculos deberán estar señalizados y nunca comprometer la seguridad de los vehículos que circulen por esos accesos.

Cuando sea necesario cerrar un acceso al tránsito de vehículos (esto sólo va a ser posible en los caminos), se pueden colocar barreras para impedirlo. Estas barreras pueden ser de múltiples materiales y formas y lo único que deben cumplir es que sean fáciles de abrir y cerrar.

Como se dijo en apartado de Evaluación del Impacto Ambiental se recomienda que cuando se instalen estas barreras, que sean del tipo de sin cierre, porque su presencia suele ser un elemento disuasor suficiente y los cierres pueden suponer un riesgo para los medios de extinción (al verse atrapados en un camino sin salida) o ser objeto de actos de vandalismo que obligan a múltiples sustituciones.



Ejemplo de cierre recomendado. El cable se suelta solamente de uno de los postes y los vehículos pasan por encima del cable. El extremo del cable que se suelta, se sujeta al poste mediante una pieza con agujero en la que se inserta un bulón que no puede separarse del poste. El bulón dispone de un sistema de cierre con llave que sería utilizado en caso necesario.

La existencia de accesos para vehículos en la superficie forestal puede favorecer el furtivismo sobre la vegetación o la fauna, pero igualmente va a facilitar la vigilancia para evitarlos, por lo que éste no sería un problema de accesos sino de contar con la vigilancia adecuada.

Para facilitar esa vigilancia es conveniente que de cada cruce partan y lleguen el máximo número de caminos. Además de la ventaja de la vigilancia también se facilita la señalización de las direcciones.

Los caminos que no tienen salida también facilitan la vigilancia, al obligar a los vehículos que entran por ellos a regresar por el mismo sitio, pero este tipo de caminos también pueden ser una trampa para los medios de extinción de incendios, que pueden quedar encerrados y sin salida. Por ese motivo no se recomienda que se creen ese tipo de caminos.

### **5.5.2.7. Resumen**

Partiendo de la clasificación de accesos que hemos realizado, hacemos aquí un resumen de cuales serían las características y el uso de los diferentes accesos que pueden formar parte de la Red de Accesos.

Tipos de accesos:

#### ◆ **Carreteras**

- **Descripción.**
  - Con esta definición incluimos numerosos tipos de accesos que pueden formar parte de la Red: carreteras, caminos agrícolas, caminos de accesos a explotaciones mineras, etc.
  - En cuanto a la circulación de los vehículos deben cumplir las mismas condiciones que los Caminos de Primer Orden.
- **Enlace.**
  - De las Carreteras siempre deben partir los Caminos de Primer Orden, aunque también pueden partir otro tipo de accesos.
- **Utilidad general.**
  - Tendrán la utilidad para la que fueron concebidas.
- **Utilidad en la extinción de incendios.**

- En la extinción de incendios pueden ser incluidas tanto en la Red de Accesos como en la Red de Compartimentación.
- En la Red de Accesos servirán para cumplir el criterio de distancia de la superficie forestal a un acceso, tanto para góndolas como para autobombas.

- **Control del uso.**

- La regulación del uso dependerá de la propiedad de la carretera.

- **Mantenimiento.**

- El mantenimiento también es ajeno al sistema de lucha contra los incendios.

#### ◆ **Caminos de Primer Orden**

- **Descripción.**

- Permiten la circulación del mismo tipo de vehículos que circulan por las vías interurbanas siempre que las condiciones meteorológicas también permitan la circulación por aquellas.

- **Enlace.**

- Siempre deben enlazar con al menos una Carretera.

- **Utilidad general.**

- Son imprescindibles para la gestión, explotación y control del monte y de los recursos naturales.
- Van a ser las vías de penetración en el monte y generalmente tendrán una longitud larga.
- Deben mantener un equilibrio entre cobertura de la superficie forestal y rápido acceso para los medios de extinción de incendios. Cuando el acceso sea a una gran superficie, primará el criterio de rapidez hasta el centro de esa superficie. Cuando el acceso sea a una superficie menor, lo hará el criterio de recorrer la mayor parte de esa superficie.

- **Utilidad en la extinción de incendios.**

- Son las vías de acceso al monte para los medios terrestres de extinción.

- Deben permitir la circulación de una góndola con un bulldozer y como consecuencia, la circulación del resto de medios terrestres.
- Sirven para que en la Red de Accesos se cumpla el criterio de distancia de la superficie forestal a un acceso, tanto para góndolas como para autobombas.

- **Control del uso.**

- Por norma general, el uso es libre.
- Se pueden adoptar medidas para disminuir la velocidad de los vehículos.

- **Mantenimiento.**

- Debe garantizar las condiciones de circulación permanentemente.

#### ◆ **Caminos de Segundo Orden**

- **Descripción.**

- Permiten la circulación del mismo tipo de vehículos que circulan por los Caminos de Primer Orden.

- **Enlace.**

- Siempre deben enlazar con al menos un Camino de Primer Orden.

- **Utilidad general.**

- Son imprescindibles para las labores de explotación (madera, pastos, leña, caza, frutos, etc.) y generalmente también para las de gestión y control.
- Dan acceso a zonas del monte de gran superficie.

- **Utilidad en la extinción de incendios.**

- Deben permitir el paso de una góndola con un bulldozer cuando el camino está seco y en esas mismas condiciones, la circulación del resto de vehículos del operativo de extinción.
- Sirven para que en la Red de Accesos se cumpla el criterio de distancia de la superficie forestal a un acceso, tanto para góndolas como para autobombas.

- **Control del uso.**
  - Dependiendo de los casos, su uso podrá ser libre o estar regulado.
- **Mantenimiento.**
  - Tendrá una periodicidad establecida, para mantener las condiciones de circulación.

#### ◆ **Caminos de Tercer Orden**

- **Descripción.**
  - Permiten la circulación de autobombas forestales, siempre que las condiciones meteorológicas lo permitan.
- **Enlace.**
  - Siempre deben enlazar con al menos un Camino de Segundo Orden.
- **Utilidad general.**
  - Sólo son necesarios para las labores de explotación.
  - Dan acceso a lugares concretos de explotación.
  - Sus características abruptas no son un problema, ya que generalmente van a ser cortos y tener poco tráfico.
- **Utilidad en la extinción de incendios.**
  - Deben permitir el paso de autobombas forestales y de vehículos todo terreno de tamaño inferior.
  - Sirven para que en la Red de Accesos se cumpla el criterio de distancia de la superficie forestal a un acceso, solamente para autobombas.
- **Control del uso.**
  - Como norma general no se podrían usar libremente y deberían tener señalización y barreras para cortar el paso.
- **Mantenimiento.**
  - No tendría una periodicidad establecida y solamente se actuaría cuando no se cumpliesen las condiciones de circulación.

### ◆ Cortafuegos

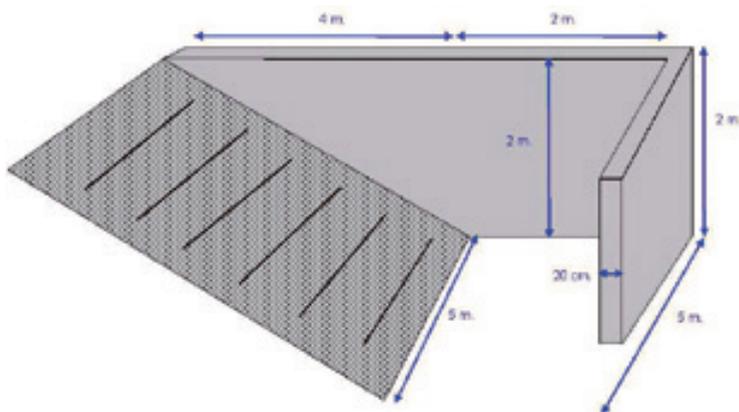
- Como norma general, los cortafuegos no formarán parte de la Red de Accesos, ya que como hemos dicho, desaparecerían en un determinado tiempo.
- Algunos cortafuegos podrían convertirse en caminos a la hora de desaparecer y durante su tiempo de vida, pueden completar la Red de Accesos si reúnen las condiciones de tránsito necesarias.
- Se equipararían como mucho con los Caminos de Tercer Orden.
- Como norma general no se podrían usar libremente y deberían tener señalización indicándolo.

### 5.5.3. Red de Puntos de Repostaje de Agua

Como más adelante se explicará, al realizar el diseño de la Red de Puntos de Repostaje de Agua, se van a tener en cuenta todos los puntos útiles ya existentes y se propondrá la construcción de nuevos puntos para completar la Red.

Por ello, las prescripciones que se dan se refieren a las que la Red deba cumplir como conjunto de puntos de agua y a las características que deben tener los puntos de agua para poder ser utilizados y conservados correctamente, tanto los ya existentes como los que se deban construir.

Recordamos que el modelo de estanque que hemos adoptado sirve principalmente para ser utilizado por las autobombas forestales, por lo que las prescripciones que se refieran concretamente al estanque de agua, se referirán al estanque cuyas dimensiones son las del estanque que hemos tomado como modelo.



Dimensiones del punto de agua adoptado como modelo

### **5.5.3.1. Utilización de los puntos de agua**

Además de su función en la extinción de incendios, los puntos de agua pueden cumplir otras funciones como: abrevadero para el ganado, abrevadero para la fauna silvestre, lugar de repostaje de agua para trabajos en el monte y para otras actividades de la población local: riego, limpieza de calles, etc.

Si es posible que los puntos de agua puedan cumplir ese tipo de funciones y se considera necesario que sean utilizados para esos fines, se deberían construir de la forma necesaria para cumplirlas, la cual deberá definirse para cada caso concreto. Siempre teniendo en cuenta que su función prioritaria será su dedicación a la extinción de incendios.

Hay que resaltar que en el caso de que los puntos de agua puedan ser utilizados para el riego, se debe garantizar que siempre dispongan de agua para poder ser utilizada en la extinción de incendios. Para ello es necesario que esos puntos de agua se rellenen rápidamente y se deben diseñar de manera que el punto de agua nunca pueda ser vaciado totalmente (sólo la mitad), por lo menos sin la autorización correspondiente.

Si el punto de agua no va a tener otro tipo de utilización distinta de la de infraestructura para la lucha contra los incendios, se construirá con la forma que hemos adoptado como modelo.

### **5.5.3.2. Utilización de los puntos de agua por los medios de extinción de incendios**

Respecto a la extinción de incendios forestales, los puntos de agua pueden ser utilizados por vehículos autobomba (de varios tipos y tamaños), por vehículos nodriza (generalmente camiones cisterna de diferentes tamaños) y por helicópteros de extinción.

Las prescripciones que tienen que cumplir los puntos de agua para ser utilizados por esos diferentes medios, son distintas y a continuación se detallan.

#### **5.5.3.2.1. Utilización de los puntos de agua por las autobombas**

En primer lugar, el punto de agua debe tener un acceso practicable por ese tipo de vehículos. Si el acceso forma parte de la Red de Accesos, ya cumplirá las prescripciones propias de la Red. Si es un acceso que se construye específicamente para llegar hasta el punto de agua, deberá construirse cumpliendo las prescripciones establecidas para los caminos por los que circulan ese tipo

de vehículos y siempre que sea posible, mejorando esas prescripciones.

En segundo lugar, el punto de agua debe disponer del espacio suficiente para que las autobombas realicen las maniobras necesarias: acercamiento al punto de agua, cambio de sentido, manejo de los mangotes, etc. Ese espacio estará en función de la longitud de las autobombas y de su capacidad de giro. Generalmente estará en torno a 80 metros cuadrados.

Debe reducirse al mínimo la distancia que las autobombas tengan que recorrer marcha atrás.

El punto de agua debe disponer de profundidad suficiente para facilitar la carga de agua por las autobombas y que esa carga se realice utilizando un solo mangote. En el caso de los puntos de agua de nueva construcción, se consigue elevando el muro del estanque 1 m. sobre el suelo y haciendo que el lugar donde se sitúe la autobomba sea llano.

Para evitar accidentes al acercarse la autobomba marcha atrás hacia el punto de agua se puede situar una barrera de madera en el borde del punto de agua, de manera que en caso de que la autobomba choque con la barrera, la madera se rompe sin daños para la autobomba y ese choque es un aviso suficiente para el operario de la autobomba.

Todo el espacio que utilizan las autobombas y sus operarios en torno al punto de agua debe estar libre de obstáculos, tanto en el suelo como sin ramas de árboles que dificulten las maniobras.



Estanque de agua del modelo propuesto

### **5.5.3.2.2. Utilización de los puntos de agua por vehículos nodriza**

Las prescripciones para la utilización de los puntos de agua por este tipo de vehículos, son las mismas que para las autobombas.

Solamente debe tenerse en cuenta que los accesos deben ser practicable por este tipo de vehículos, que los lugares de maniobra deben ser adecuados a sus dimensiones y que en este caso deben evitarse al máximo las maniobras marcha atrás.

### **5.5.3.2.3. Utilización de los puntos de agua por helicópteros de extinción**

Los helicópteros de extinción realizan tres tipos de maniobras para cargar agua: acercamiento, alejamiento al punto y carga de agua.

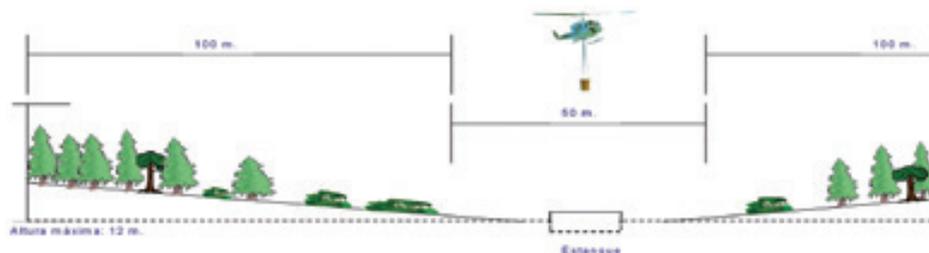
Los puntos de agua que vayan a ser utilizados por los helicópteros de extinción deben estar situados en determinados lugares y construidos de una determinada forma para que los helicópteros puedan realizar esas maniobras con seguridad.

Para que la carga de agua se realice con seguridad, el punto de agua tiene que tener profundidad suficiente para que el dispositivo de carga de agua del helicóptero pueda trabajar. También el punto de agua debe tener a su alrededor una zona totalmente libre de obstáculos que puedan interferir con el rotor o cualquier otra parte del helicóptero. El suelo tiene que estar despojado de ramas, piñas, etc. Que puedan suponer un peligro para la aeronave, debido al viento generado por el helicóptero. Esta zona tendrá un radio que será como mínimo el doble de la longitud de las palas del rotor principal del helicóptero.

Para que las maniobras de acercamiento y alejamiento al punto de agua se realicen con seguridad, el punto de agua debe disponer de una zona de entrada y otra de salida, con una anchura doble de la longitud de las palas del rotor principal del helicóptero y una longitud de 100 m. como mínimo en la que no existan obstáculos que impidan que el helicóptero se acerque y se aleje del punto de agua, perdiendo y ganando altura respectivamente, de forma suave y progresiva. Especialmente en la maniobra de alejamiento, ya que lo hace cargado de agua.

Esto se consigue cuando la línea que se traza desde el suelo en el borde de la zona de carga, hasta el punto más alto al final de la zona de 100 m., tiene una pendiente máxima del 12% (La diferencia de altura del suelo desde el borde del estanque hasta el final de esa zona, más la altura de la vegetación debe

ser de 12 m. como máximo). Evidentemente, cuanto menor sea esa pendiente más facilidad tendrá el helicóptero para realizar las maniobras.



Todas las dimensiones comentadas están en función de las dimensiones del helicóptero que va a utilizar el punto de agua, puesto que existen helicópteros de diferentes tamaños, esas dimensiones se deberían calcular para el helicóptero de mayor tamaño que pueda utilizar el punto de agua.

### 5.5.3.3. Situación de los puntos de agua dentro de la red

Como más adelante se explicará, el diseño de la red de puntos de agua se hace sobre el diseño ya realizado de la Red de Compartimentación y de la Red de Accesos, ya que la situación de los puntos de agua dependerá de la existencia o propuesta de existencia de ese tipo de infraestructuras.

Para situar los puntos de agua dentro de la Red (al margen de otros factores limitantes como puede ser la disponibilidad de agua), se pueden adoptar dos criterios:

- Un determinado tiempo de desplazamiento de los diferentes medios de extinción desde el punto de agua.
- La existencia de un punto de agua por cada determinada superficie forestal.

El tiempo que se suele adoptar como criterio, está comprendido entre 5 y 10 minutos para los helicópteros, entre 10 y 20 minutos para las autobombas y en torno a 30 minutos para los vehículos nodriza.

Para situar los puntos dentro de la Red siguiendo este criterio, se debe calcular la velocidad media de esos medios de extinción.

Para los helicópteros siempre se adopta este criterio y la velocidad media se calcula para el modelo de helicóptero que normalmente se usa y para unas condiciones meteorológicas normales.

Para los medios terrestres, cuando se adopta este criterio, hay que definir la velocidad de cada uno de esos medios circulando por los accesos que son practicables por esos medios (carreteras, caminos de primer orden, cortafuegos, etc.). Definida la velocidad media y el tiempo que se toma como criterio, se sitúan los puntos de agua a la distancia correspondiente para formar la Red y esa distancia dependerá del tipo de acceso que conecte unos puntos con otros (más lejos cuanto mejores accesos y al contrario).

Esta es la forma óptima de diseñar la Red de Puntos de Agua para los medios terrestres y siempre se debería realizar así. Pero esto sólo es posible realizarlo por medio de un Sistema de Información Geográfica que disponga de los datos y las herramientas adecuadas y no en todas las ocasiones se dispone de todo ello.

Debido a esto, el criterio que generalmente se utiliza para la situación de los puntos de agua es la existencia de un punto por cada determinada superficie forestal. Esa superficie generalmente debe estar comprendida entre 500 y 2.000 has. Si la superficie es mayor, el tiempo que los medios de extinción van a tardar en repostar agua y volver al lugar del incendio va a ser grande y su eficacia disminuirá.

#### **5.5.3.4. Disponibilidad de agua**

El principal factor que influirá en la situación de los puntos de agua, será la disponibilidad de una fuente de agua natural que pueda recargar el punto de agua y mantenerlo lleno.

En el interior de las poblaciones o en sus inmediaciones, quizá sea posible disponer de agua a través de la red de agua potable, de algún sistema de riego o de algún otro sistema, para recargar directamente los medios de extinción o para alimentar un punto de agua. Pero en terreno forestal y debido al coste que tendría en estas zonas la instalación de sistemas de bombeo de agua o de llevar hasta estas zonas agua de otros sistemas (agua potable, regadío, etc.), los hace inviables para alimentar los puntos de agua y sólo vamos a poder disponer del agua procedente de manantiales naturales o de cursos de agua permanentes.

Localizado un lugar con disponibilidad de agua (manantial, arroyo, río, etc.), es necesario saber si esa fuente de agua va a servir para alimentar el punto de agua que se pretende construir, para lo cual debe proporcionar agua

en todas las épocas del año.

Para saberlo, se debe inspeccionar esa fuente de agua en la época más seca del año, o sea, a final del verano y antes de que comiencen las primeras lluvias. Esta observación debería hacerse a lo largo de varios años para tener mayor seguridad, pero como eso no siempre es posible, suele dar buen resultado consultar con la población local para saberlo.

Respecto al caudal de agua, debe ser el suficiente para mantener el punto de agua siempre lleno. Para ello ese caudal debe compensar las posibles pérdidas y la evaporación del agua en los periodos más secos y calurosos.

No suelen dar buen resultado los puntos de agua que, para mantenerlos llenos, se deben rellenar artificialmente, aunque en determinadas situaciones puede ser la única solución.

#### **5.5.3.5. Situación de los puntos de agua en el terreno**

Como norma general, los puntos de agua de nueva construcción nunca deben situarse dentro de los cauces de agua, bien sea construyendo pozos o construyendo presas.

Esto es debido a los trámites y autorizaciones administrativas que requiere este tipo de obras y a que los puntos de agua situados en esas ubicaciones se van a llenar de materiales arrastrados por la corriente, que van a hacer que ese punto de agua necesite un mantenimiento continuo para mantenerlo limpio.



Ejemplo de punto de agua construido en medio de un cauce y que ya está prácticamente colmatado por los arrastres.

### 5.5.3.6. Situación de los puntos de agua respecto a los accesos

Los puntos de agua, principalmente los de nueva construcción, deben situarse lo más cerca posible de los accesos que forman parte de la Red de Accesos, de manera que no sea necesario construir un nuevo acceso hasta el punto de agua.

Si esto no es posible, se puede optar por traer el agua desde la fuente hasta las proximidades del acceso y construir allí el punto de agua, pero como norma general esto sólo es recomendable para distancias inferiores a 100 m., ya que distancias superiores incrementan el coste de construcción y pueden tener un mantenimiento complicado.

En estos casos se debe evaluar si es más conveniente realizar un acceso hasta la fuente de agua o llevar el agua hasta un acceso que forme parte de la Red de Accesos y construir allí el punto de agua.



Punto de agua construido al lado de un camino y al que se hace llegar el agua a través de una conducción.

En casos de muy poca disponibilidad de agua, esa disponibilidad podría convertirse en un criterio para realizar el diseño de la Red de Accesos, que debería dar acceso hasta aquellos lugares en los que existen fuentes de agua y hasta los lugares existentes en los que se pueda repostar agua.

### **5.5.3.7. Toma de agua**

La captación de agua desde la fuente y su transporte hasta el punto de agua son puntos críticos que hay que cuidar al máximo. Si la toma de agua o la forma de transporte del agua hasta el estanque, pueden acumular suciedad, esa suciedad puede obstruir la entrada de agua al estanque y puede ocurrir que éste se encuentre vacío cuando se vaya a utilizar.

Los puntos de agua para ser eficaces, necesitan estar llenos de agua cuando se necesite usarlos y como no sabemos cuando llegará ese momento, es necesario que siempre estén llenos. Para conseguirlo es imprescindible que la entrada de agua al estanque esté siempre limpia y debido a que el mantenimiento de esa captación de agua no puede suponernos un alto coste, necesitamos que esa toma de agua se mantenga limpia por sí misma o que necesite muy poco mantenimiento para conservarse limpia.

En el apartado de construcción propondremos un modelo de toma de agua que cumpla esas condiciones y sirva para nuestro tipo de punto de agua.

Cualquier otro modelo de punto de agua deberá disponer de una toma de agua que cumpla estas condiciones para que sea eficaz.

### **5.5.3.8. Limpieza del estanque**

Los estanques de agua situados en zonas forestales y obligados a no tener un mantenimiento constante, van acumulando suciedad con el paso del tiempo (plantas acuáticas, hojarasca, tierra, etc.) que puede llegar a hacer ineficaz el punto de agua.

Para evitarlo, el estanque deberá disponer de un sistema de desagüe por gravedad, capaz de vaciar la totalidad del estanque y de suficiente diámetro para que al vaciar el estanque se pueda eliminar a través de ese desagüe los materiales que se hayan acumulado en el estanque. También se deberá proceder al vaciado y limpieza del estanque cada cierto tiempo (uno, dos, cinco años, etc.), dependiendo de la cantidad de suciedad que pueda acumular.

Si esta operación se realiza con la periodicidad adecuada, no supone prácticamente ningún coste, ya que simplemente consisten en abrir el sistema de desagüe y dejar que el estanque se vacíe y en este caso, la suciedad que pudiera tener el estanque se diluye en el agua del estanque y prácticamente no supone ningún enturbiamiento de las aguas en la que desemboque.

Un estanque que no disponga de un sistema de desagüe, con el tiempo acabará colmatándose de suciedad y siendo inútil. En nuestro caso no es viable

la solución de vaciar el estanque mediante una bomba, ya que la bomba de vaciado se puede obstruir con la suciedad del estanque y después de vaciar el agua será necesario sacar la suciedad del estanque y llevarla hasta un lugar de depósito, lo que supone un coste notable.

### **5.5.3.9. Evitar ahogamiento de la fauna**

Como se ha dicho y por los motivos explicados, se ha elegido un determinado tipo de estanque de agua. Por lo que la solución adoptada para evitar ahogamientos de la fauna en el estanque sirve principalmente para nuestro tipo de estanque, aunque puede ser también adoptada para cualquier otro tipo de estanque que pueda tener ese problema.

El principal impacto que causan los puntos de agua es que los animales pueden caer dentro de ellos y se pueden ahogar. Esto se produce principalmente cuando el estanque no está lleno del todo y debido a que los animales no pueden salir subiendo por las paredes del estanque, si un animal cae en el estanque acaba ahogándose por agotamiento o inanición.

Para evitarlo, en primer lugar, el estanque siempre debe estar lleno hasta el borde y para conseguirlo se deben cumplir las prescripciones hasta ahora enumeradas.

Para evitar el ahogamiento de animales cuando el estanque no esté lleno, la medida que se debe adoptar es que el estante disponga de una rampa para facilitar la salida de los animales. Esta rampa debe tener una pendiente 2:1 y un suelo no deslizante para facilitar el agarre de los animales.

Rampas con mayor pendiente pueden suponer un obstáculo no superable y pendientes menores suponen un sobrecoste innecesario.

En nuestro caso no consideramos necesario vallar el perímetro del punto de agua por diferentes motivos.

En primer lugar por que queremos que el punto de agua también sirva de abrevadero para la fauna.

La valla puede suponer un obstáculo para que grandes aves que hayan podido llegar hasta el punto de agua, remonten el vuelo y también puede causar heridas a animales que intenten acceder al punto de agua.

El vallado necesita un mantenimiento y supone un estorbo para las maniobras de los medios de extinción que tienen que acercarse a repostar agua, especialmente los helicópteros.

Por ello, se deberán evaluar los casos en los que pudiera ser necesario construir un vallado alrededor del perímetro del punto de agua.



Detalle de la rampa de un estanque.

## 5.6. Fases del proceso de planificación y diseño

Teniendo en cuenta los objetivos a conseguir, las prescripciones que se deben cumplir y conociendo los factores ambientales condicionantes, se procede a planificar la Red de Infraestructuras siguiendo estos pasos:

1. Definir la superficie para la que se va a planificar la Red de Infraestructuras.
2. Realizar un inventario de las infraestructuras existentes. Tanto del mismo tipo que las que se van a construir como de otras similares y que pueden ser utilizadas y cumplir los mismos fines. Se debe prestar atención a aquellas infraestructuras que en algún momento no se puedan utilizar (caminos privados...) y a aquellos vallados que pueden impedir el trabajo desde ellos (perímetro vallado de las autovías...).
3. Del total de infraestructuras inventariadas, se deben definir aquellas no modificables por el diseñador de la Red de Infraestructuras de defensa contra incendios (carreteras, caminos agrícolas, embalses,

etc.) y aquellas otras que, pudiendo ser modificadas, hay algún motivo por el que en ese caso concreto no es posible modificarlas (debido al coste que supondría, al uso que tengan, etc.).

4. Definir los factores ambientales condicionantes, identificar los lugares que hay en cada tipo de factor y establecer las posibles medidas de corrección a aplicar en cada caso.
5. Definidas las infraestructuras no modificables, los factores ambientales condicionantes y las limitaciones o medidas de corrección que éstos impongan, se diseñará a partir de esas infraestructuras no modificables el resto de la Red de Infraestructuras.
  - a. La existencia de infraestructuras que no cumplan las prescripciones establecidas no puede condicionar el diseño de la Red. Si las infraestructuras existentes cumplen los objetivos que pretendemos y se pueden integrar en nuestra Red, se mantendrán y si no es así, se deben sustituir por otras, ya que en caso contrario no estaremos cumpliendo los objetivos y no solucionaremos el problema.
  - b. También debe tenerse en cuenta que siempre que sea posible deben utilizarse las infraestructuras existentes, incluso aunque no cumplan totalmente los criterios de diseño o construcción. Por lo que se debe hacer una valoración adecuada entre lo dispuesto en el punto anterior y en este, para adoptar la solución correcta.
  - c. La modificación o sustitución de infraestructuras existentes, se podrá plantear para realizar, de forma inmediata o a lo largo de un período de tiempo, en el que las infraestructuras existentes se integrarán en la Red de Infraestructuras y posteriormente serán sustituidas por otras.
6. Cumpliendo las prescripciones establecidas para cada tipo de red de infraestructuras y para cada infraestructura específica, lo primero que debe diseñarse es la Red de Compartimentación, partiendo de esa Red se diseñará la Red de Accesos y a partir de esas dos Redes, la de Puntos de Agua.
  - a. Los motivos por los que seguir ese orden son: los lugares de situación de los cortafuegos tienen menos posibilidades de elección que los lugares de situación de los caminos. Algunas zonas no es pueden compartimentar con cortafuegos, quizá puedan compartimentarse con caminos. Aquellos cortafuegos transitables con vehículos pueden cumplir la misma función que los caminos. La

situación de los puntos de agua dependerá de los accesos que se creen con el diseño de las Redes anteriores.

## **5.7. Diseño de las redes de infraestructuras**

Lógicamente todo el proceso de inventario para la Red de Infraestructuras se habrá plasmado sobre cartografía.

Para ese proceso y para el resto de procesos en los que sea necesaria la utilización de cartografía, se deberá utilizar un plano con una escala suficientemente grande para observar todos los detalles necesarios. La menor escala que vamos a utilizar es 1:25.000 y para procesos más detallados se deberá utilizar una escala de 1:10.000. Mayores escalas no se consideran necesarias para la realización de estos trabajos.

La representación del relieve en este tipo de planos se hará con curvas de nivel, con un distanciamiento máximo de 10 m. de desnivel.

El tipo de mapa o su soporte (papel, digital...), no es relevante, siempre que nos sirva para cumplir nuestros objetivos.

La mejor opción para realizar este tipo de trabajos es disponer de ortofotos digitales de la zona en la que se va a trabajar (con una resolución mínima equivalente a la escala que se ha comentado), de un Sistema de Información Geográfica para trabajar con imágenes y datos y de un sistema que permita imprimir en papel, el trabajo realizado.

El proceso para conseguir un resultado óptimo consiste en realizar un inventario preciso y detallado de las diversas infraestructuras y reflejarlas adecuadamente en la cartografía. Seguidamente se hace el diseño de las diferentes Redes sobre el plano y se vuelve al terreno para comprobar que es factible la construcción de todas las infraestructuras nuevas que se han diseñado. Si en esta comprobación hay algún problema, se hace una nueva propuesta y se coloca en el plano, comprobando que la Red de Infraestructuras cumple la totalidad de las prescripciones y objetivos. Si es así, se habrá completado esta fase, si no es así habrá que hacer un nuevo diseño en el plano, volver a comprobar ese diseño sobre el terreno, volver al plano y así sucesivamente hasta llegar al diseño correcto.

### 5.7.1. Proceso de diseño de Red de Compartimentación



Resultado de un caso de planificación, diseño y construcción de una red de compartimentación y un camino para una cuenca de desagüe. En la primera imagen se muestra la cuenca de desagüe, delimitada por la línea discontinua roja, antes de la actuación.

En la segunda imagen se muestran las actuaciones ya realizadas y con línea amarilla discontinua se señala una zona en la que falta por construir un tramo de cortafuegos. El punto 1 señala la zona de menor altitud de la cuenca de desagüe, a tener en cuenta por lo que más adelante comentaremos.

Partiendo del inventario realizado, es la primera Red que diseñaremos y como hemos dicho, primeramente lo hacemos sobre el plano.

Tanto en este caso como en los demás, recordamos que hay que cumplir todas las prescripciones establecidas.

Lo primero es establecer los valores que adoptaremos como criterio para el diseño de las infraestructuras, en este caso será la superficie media que debe quedar rodeada de líneas cortafuegos.

El proceso para crear esa superficie media rodeada de líneas cortafuegos, consiste en buscar, dentro de la zona en la que estamos trabajando, las principales divisorias de aguas y que engloben el máximo posible de esa superficie. Si esas divisorias no abarcan la totalidad de esa superficie, deberemos definir aquellas líneas existentes con las que abarcaremos la totalidad de la superficie (carreteras, ríos, embalses...). Si para abarcarla tenemos que hacerlo construyendo cortafuegos, deberemos situarlos cumpliendo las prescripciones establecidas.

Siguiendo esas principales divisorias de aguas y/o líneas de máxima pendiente donde sea necesario, deberemos localizar el punto de menor altitud donde se puedan unir esas principales divisorias y encerrar toda la cuenca de desagüe delimitada por las líneas divisorias de aguas. Si no es posible disponer de ese punto, habrá que buscar el empalme de las divisorias con algún tipo de líneas existentes (carreteras, caminos...) y con las que podamos encerrar toda la cuenca.

Para situar los cortafuegos en esas divisorias, comenzaremos desde el punto de menor altitud o de esas líneas comentadas, e iremos avanzando por las dos divisorias hasta encontrarnos en el punto de mayor altitud. El motivo es que al realizar ese trazado de abajo a arriba, nunca nos equivocaremos de divisoria de aguas. Si lo hiciéramos de arriba hacia abajo, podríamos seguir una línea divisoria que no llegue al punto que queremos. Esto es fácil de corregir sobre el plano, pero no sobre el terreno, por lo que si adoptamos siempre este método, evitaremos cometer errores que nos hagan perder tiempo y trabajo.

Delimitada esa cuenca de desagüe, se procede a compartimentarla en tantas partes como sea necesario hasta que cada una de ellas se aproxime lo máximo posible a la superficie media que hemos establecido como criterio.

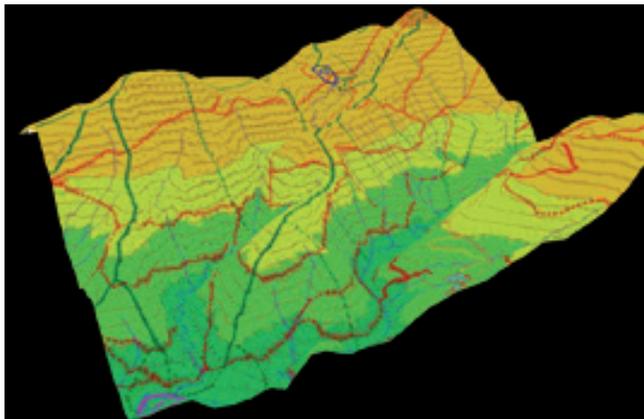
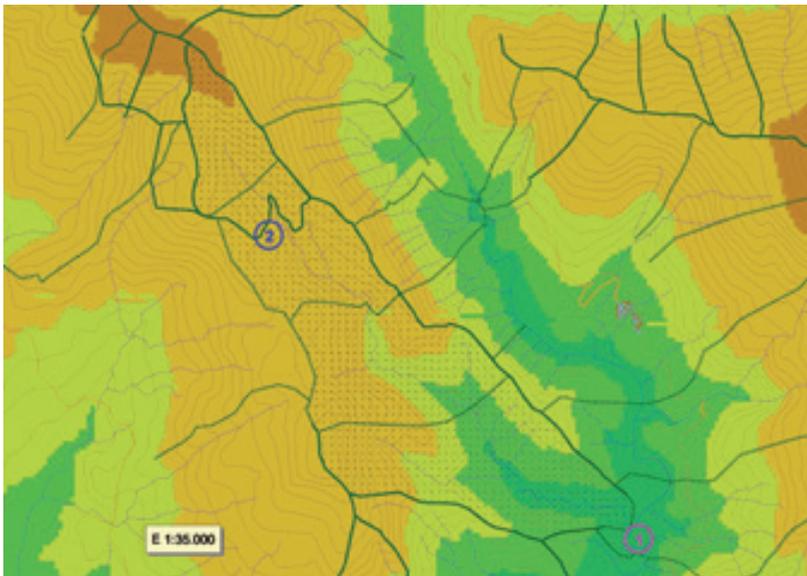
Para hacerlo, se siguen localizando líneas divisorias de aguas que vayan encerrando cuencas de desagüe menores.

Sobre el plano comprobaremos si la superficie de cada una de esas partes se aproxima o no a la superficie adoptada como criterio.

En cualquier caso en el que la compartimentación total no se pueda lograr en esas líneas divisorias de aguas, para conseguir la compartimentación total, se seguirá el criterio ya explicado de ubicación de los cortafuegos: divisorias de aguas, líneas de máxima pendiente y paralelos al fondo de las vaguadas.

Si la compartimentación total no se puede conseguir con líneas cortafuegos, se propondrá la construcción de caminos para lograr la total compartimentación.

Las líneas divisorias de aguas son más evidentes en zonas de montaña que en zonas llanas, pero existen en todo tipo de terrenos, por lo que siempre se podrán localizar.



En los casos de construcción de cortafuegos nuevos, iremos aprovechando los recursos del terreno para situar los cortafuegos (dentro de las ubicaciones ya comentadas) en aquellos lugares en los que sean más eficaces: rocas, cortados...; teniendo siempre en cuenta el criterio de que los cortafuegos sean transitables para vehículos y que es más importante la situación de los cortafuegos que su forma de realización.

Por ello, en aquellas zona de rocas, que puedan ser superadas por un camino, fácil de realizar y de poco recorrido, el cortafuegos se trazará por la zona de rocas y se construirá el camino para mantener la posibilidad de circulación que tendría el resto del cortafuegos. Si la zona de rocas es mucho mayor y/o el camino a realizar es de muy complicada ejecución, se mantendrá el cortafuegos en la zona de rocas si su eficacia es mayor y ese tramo de cortafuegos deberá construirse y mantenerse de forma manual. Si en este caso el cortafuegos puede trazarse por otra parte de la ladera y mantiene su eficacia, se adoptaría esa solución.

Aparte de que demos más importancia a la situación de los cortafuegos que a su forma de realización, es evidente que la construcción y mantenimiento de los cortafuegos mediante el bulldozer tiene bastantes ventajas, por lo que siempre que sea posible, elegiremos esa forma de realización.



Ejemplo de decisión sobre situación de los cortafuegos. El lugar idóneo para situar el cortafuegos de la imagen es la loma situada a la izquierda del cortafuegos. Esa situación obligaría a realizar un gran tramo del cortafuegos de forma manual por tratarse de una zona rocosa y a dejar sin acceso para vehículos una gran parte del cortafuegos (más de 1.000 m., porque no hay acceso para vehículos

por la parte inferior de la imagen). Consideramos que la solución óptima sería la construcción del cortafuegos en el lugar comentado y su realización también de la forma comentada, construyendo un acceso para vehículos en la zona donde se encuentra el cortafuegos en la imagen. La solución adoptada y que se muestra en la imagen, permite que el cortafuegos se realice con bulldozer y es accesible a vehículos desde la parte superior. Con esa solución se cumplen parte de las funciones del cortafuegos, ya que la principal zona a proteger es la situada a la derecha del cortafuegos.

Durante la fase de diseño de los cortafuegos y siempre que existan posibilidades, podremos elegir aquellas ubicaciones para los cortafuegos que vayan a permitir su realización y mantenimiento con el bulldozer, en vez de tener que hacerlo de forma manual.

Cuando es complicado recorrer las posibles ubicaciones de los cortafuegos, para comprobar si son lugares donde va a poder trabajar el bulldozer, podemos seguir unas normas que nos van a permitir localizar a distancia las zonas favorables y las complicadas.

La norma a utilizar en aquellas zonas que han sido repobladas artificialmente, todos los lugares en los que haya arbolado van a ser (con casi total seguridad) por que son lugares en los que el bulldozer va a poder trabajar. Esto también es válido para las zonas en las que el arbolado procede de regeneración natural, pero no tiene la misma validez, ya que un arbolado de talla baja puede esconder una zona de rocas en la que no se va a poder trabajar.

En las zonas de matorral es más difícil localizar las zonas de rocas, ya que el matorral tiene menos requerimientos para desarrollarse que el arbolado y va a poder crecer en lugares con poco suelo. Los cambios en la composición específica del matorral pueden servir para localizar posibles zonas de rocas y son especialmente sospechosos los claros de matorral en medio de zonas arboladas.

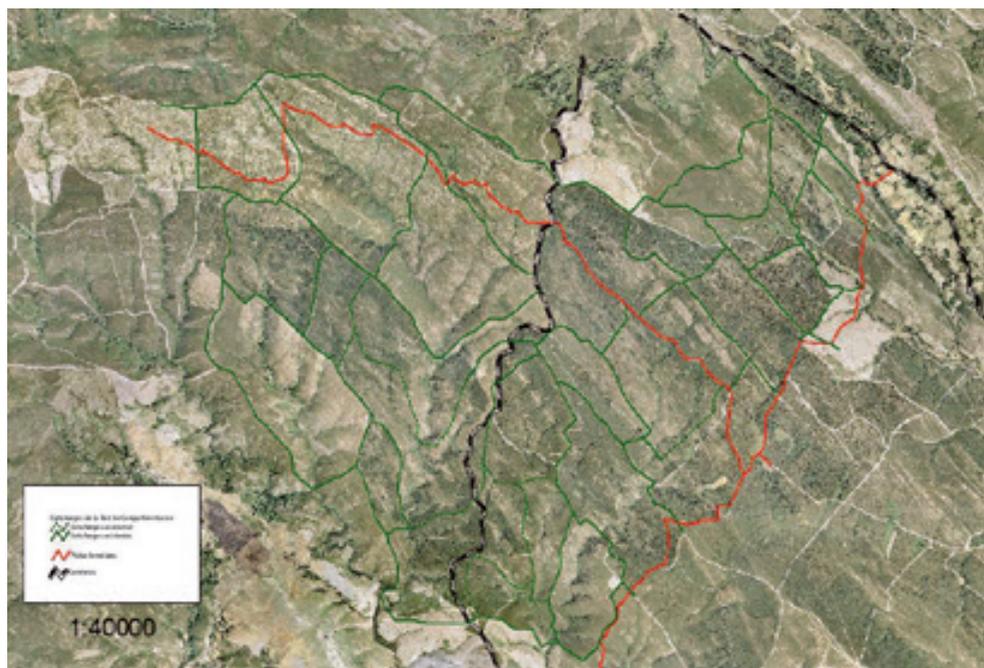
La localización de zonas húmedas donde no deben situarse los cortafuegos, es más evidente. En unas ocasiones por que se ve el agua y en otras por los cambios en la composición de la vegetación, que se dan tanto en formación de matorral como de arbolado o pastizal.

Cuando aparezcan dificultades para situar los cortafuegos o para completar la compartimentación de la superficie (propiedades privadas en el fondo de las vaguadas que no pueden ser atravesadas por el cortafuegos...) se debe adoptar la solución que cumpla aquellas prescripciones más importantes o la que más se acerque al cumplimiento de todas las prescripciones, aunque no se cumplan todas las prescripciones establecidas.

En este paso es muy importante lo comentado respecto a la comprobación

en el terreno de lo diseñado en el plano, ya que el plano puede ocultar detalles que sobre el terreno compliquen o impidan la construcción del cortafuegos.

Diseñada la Red de Compartimentación siguiendo todos esos pasos, tendremos dibujadas sobre el plano de la superficie sobre la que estamos trabajando, todas las líneas que van a formar parte de esa Red y que, como ya hemos dicho, podrán ser existentes o de nueva creación. Por lo que el siguiente paso para que la Red de Compartimentación esté operativa será construir aquellos cortafuegos y caminos que hayamos propuesto en ese diseño.



Ejemplo de Red de Compartimentación.

### 5.7.2. Proceso de diseño de la Red de Accesos

Al diseñar la Red de Accesos disponemos ya de la Red de Compartimentación, por lo que podremos utilizar algunas de las líneas que formen parte de esa Red para incorporarlas a la Red de Accesos, bien sea de forma temporal o de forma permanente. Por que como hemos dicho, los cortafuegos desaparecerán en algún momento y a partir de entonces la Red de Accesos debe seguir cumpliendo todas las prescripciones y especialmente el criterio de distancia máxima desde cualquier punto de la superficie forestal a un acceso. Por ello, al diseñar la Red de Accesos debemos determinar si alguno de los cortafuegos que formen parte de la Red de Compartimentación también tiene que formar

parte de la Red de Accesos y convertirse en camino en el momento que desaparezcan los cortafuegos.

Recordamos que se deben cumplir todas las prescripciones establecidas y que hay que adoptar el criterio que consideremos procedente respecto a la distancia máxima desde cualquier punto de la superficie forestal a un acceso, tanto para góndolas como para autobombas.

A través del inventario realizado, ya conoceremos cuáles de los accesos existentes podemos incorporar a nuestra Red de Accesos.

En ese inventario también tendremos localizados aquellos lugares que contengan Factores Ambientales Condicionantes, especialmente aquellos que sean excluyentes, con el fin de que el trazado de nuevos caminos, evite el paso por esos lugares.

A la hora de diseñar nuevos accesos, se deben tener en cuenta todos los posibles usos que hemos comentado, ya que la localización de los caminos deberá servir para cumplir funciones en la lucha contra los incendios y en el desarrollo de todos aquellos posibles usos de esa superficie forestal.

Debido a ello, la Red de Accesos se extenderá por la superficie forestal cumpliendo los criterios establecidos para la extinción de incendios y llegará también a todos aquellos lugares que sea necesario, debido al resto de usos que existan en esa superficie forestal.

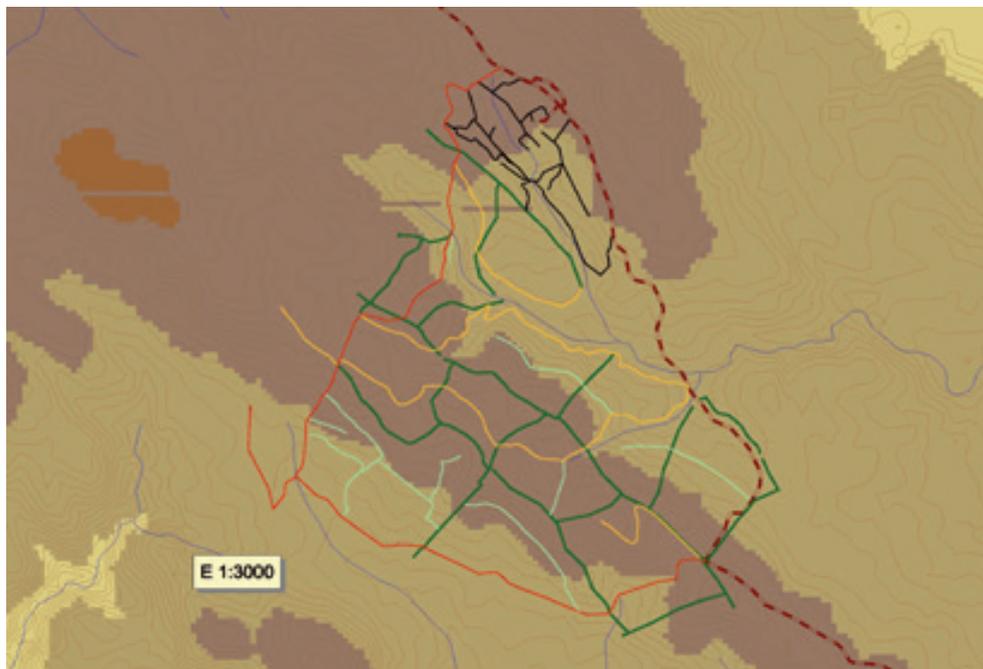
El proceso para el diseño de esta Red, consiste en seguir la jerarquía establecida en la clasificación de los accesos y ya expuesta: partiendo de las carreteras diseñaremos los Caminos de Primer Orden, partiendo de éstos los Caminos de Segundo Orden y a partir de esos, los Caminos de Tercer Orden.

De manera muy general y que sólo debe servir como referencia, la norma para realizar el diseño de los caminos, consiste en trazarlos más o menos paralelos a la vaguada que encierra cada una de las compartimentaciones de la Red de Compartimentación y después unirlos a un acceso de jerarquía superior. Realizado esto, faltaría por dar acceso a aquellas laderas de gran superficie y para construir caminos en ellas, los iríamos repartiendo por la ladera con el criterio de distancia a un acceso.

Estas normas no suelen servir para los Caminos de Primer Orden, ya que generalmente tienen que atravesar varias de esas compartimentaciones y van a estar trazados a media ladera y con poca pendiente longitudinal.

Basándonos en esas normas y utilizando el criterio de la distancia máxima desde cualquier punto de la superficie forestal a un acceso, iremos cubriendo

la superficie forestal objeto del tratamiento con los accesos necesarios hasta completar la Red.



Para ilustrar el proceso de **creación** de la red de accesos utilizaremos la imagen que ya utilizamos con anterioridad. Repetimos las explicaciones de lo que en ella se representa, añadiendo aquellas cuestiones nuevas que nos sirven para el momento actual. Como dijimos, en el plano se representa una parte del monte de utilidad pública 211, "Campo Sagrado", situado en la provincia de Zamora y perteneciente a la localidad de Robledo, municipio de Puebla de Sanabria.

Los diferentes colores del fondo representan altitudes por franjas de 100 m., desde 700 a 1.200 m. Se representan las curvas de nivel con un intervalo de altitud de 10 m. y los principales cursos de agua, en azul. Los bordes verticales del mapa tienen alineación norte-sur, norte arriba y sur abajo.

Las líneas verdes gruesas representan los cortafuegos que forman la red de compartimentación.

Las líneas gruesas rojo oscuro con discontinuidades, representan carreteras.

Las líneas negras finas representan caminos que no forman parte de la red de accesos.

El resto de líneas finas representan los caminos que sí forman parte de la red de accesos. En color rojo los caminos de primer orden, en color amarillo los de segundo orden y en color verde pálido los de tercer orden.

La zona para la que se establece la red de accesos es la comprendida entre los caminos de primer orden y la carretera, unas 730 has. En el momento de realización del plano tanto la red de compartimentación como la red de accesos están realizadas casi en su totalidad y el diseño final es el que muestra el plano.

La zona marcada con el número 2 es el lugar donde se encuentra la población y señala una zona que no va a formar parte de la red de compartimentación ni de la red de accesos, debido a que ya dispone de suficientes accesos.

La zona 1 señala los únicos lugares en los que existen **factores ambientales con-**

**dicionantes.** Se trata de una superficie compuesta por zonas húmedas, praderas, arbolado singular y propiedades privadas. Debido a ello, no puede ser atravesada por caminos o cortafuegos.

La zona para la que se establece la red de accesos consiste en su mayor parte en un pinar de repoblación de edad superior a 30 años y con aprovechamiento comercial de la madera, por ello, la red de accesos también debe dar servicio a esa explotación del monte. La imagen inferior muestra una parte de ese pinar.

Las **prescripciones** que se pretenden cumplir son:

- independencia de la red de accesos de la red de compartimentación.
- Que cualquier punto del monte se encuentre a menos de 1.500 m. de un camino accesible a una góndola y a menos de 250 m. de un camino accesible a una autobomba.
- Que la red mantenga una jerarquía respecto a los enlaces de los accesos.
- Que los caminos se sitúen en ladera y se eviten divisorias de aguas y fondos de vaguadas.
- Evitar la realización de curvas de retorno.
- Además de esas prescripciones, cada acceso cumplirá las prescripciones propias de su categoría y durante la fase de construcción se respetarán las prescripciones propias de esa fase.

La zona para la que pretendemos diseñar la red de accesos, la podríamos dividir en cuatro partes:

- una ladera que va desde el camino de primer orden situado más al sur, hasta la loma de esa ladera.
- Una vaguada interior, que va desde la anterior loma hasta la siguiente loma situada al norte.
- Otra ladera que va desde la anterior loma hasta la vaguada donde está la mayor parte de la zona 1.
- Otra ladera que va desde la anterior vaguada hasta la loma cercana a la población.

El **diseño** de la red de accesos consiste en situar un camino en la parte baja de las laderas de cada una de las zonas comentadas anteriormente y donde existan grandes superficies distanciadas de esos caminos, situar otros caminos para dar acceso a esas superficies. Puesto que la zona está delimitada por la carretera y los caminos de primer orden, las zonas de mayor extensión dentro de la zona se recorren con caminos de segundo orden, que parten de la carretera y de los caminos de primer orden, y el acceso a lugares distanciados de esos caminos de segundo orden se hace con caminos de tercer orden.

El lugar donde es menos evidente ese diseño, es el camino de segundo orden situado en el sureste del plano, esto es debido a que es un camino que da acceso a un puesto de vigilancia y se consideraba más sencillo mantenerlo que cambiarlo por otro trazado.

Con ese diseño **cumplimos** las **prescripciones** de independencia de la red accesos de la red de compartimentación, excepto en el caso del camino de segundo orden situado en el sureste del plano, por el motivo comentado; de la jerarquía de los accesos, de situación de los caminos y de evitar curvas de retorno, en este último caso exceptuamos el camino ya comentado y el otro lugar que se puede ver en el mapa, que es debido a un único lugar apto para realizar el cruce de la vaguada y la necesidad de mantener la pendiente máxima del camino.

En cuanto a la prescripción de distancia máxima de cualquier punto del monte a un acceso, la trataremos más adelante.

Una vez que de esa forma hemos diseñado la totalidad de la Red, debemos comprobar que se cumple el criterio de la distancia máxima desde cualquier punto de la superficie forestal a un acceso, tanto para góndolas como para autobombas.

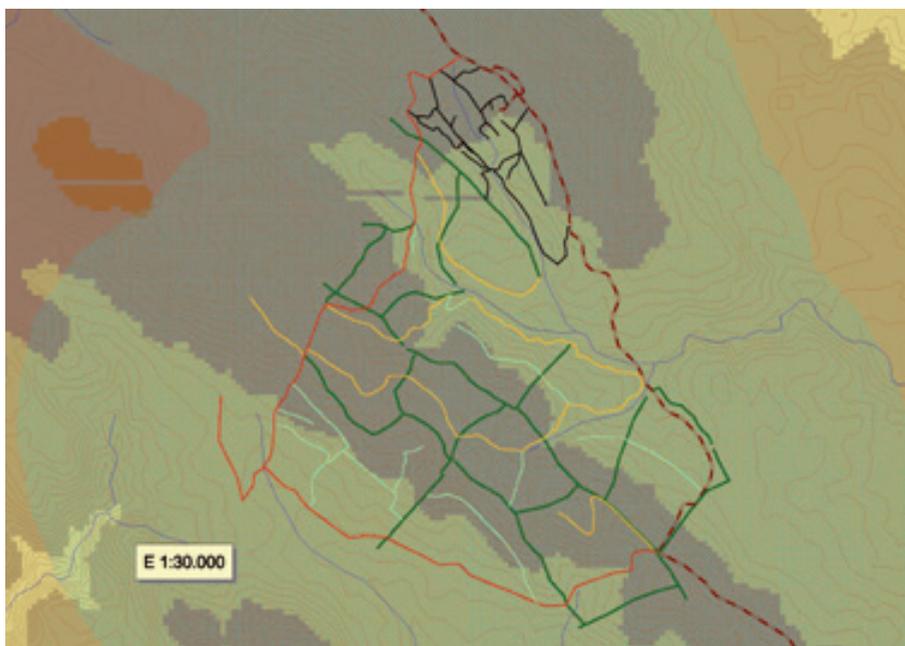
Si se cumple el criterio pasaríamos al siguiente paso y si no se cumple deberíamos modificar el trazado de alguno de los caminos propuestos o incluir nuevos caminos en la Red. Realizado esto, volveríamos a comprobar si se cumple ese criterio y, si no se cumple, volveríamos a realizar los mismos pasos.

Podremos comprobar si se cumple ese criterio mediante un Sistema de Información Geográfica o en un plano impreso.

Si lo hacemos con un Sistema de Información Geográfica, utilizaremos la herramienta que sirve para crear áreas de influencia en torno a algún elemento y crearemos esas áreas de influencia en torno a los accesos que formen parte de la Red de Accesos. Esas áreas de influencia tendrán un radio igual al criterio que hemos adoptado de distancia desde cualquier punto de la superficie forestal a un acceso.

Primero comprobaremos que se cumple en los accesos para góndolas y después en los accesos para autobombas.

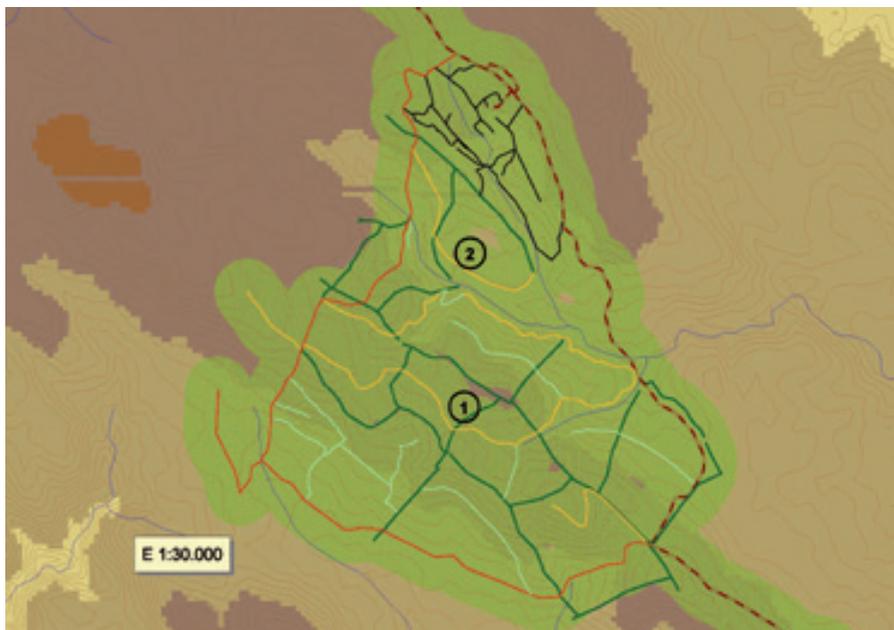
Si hacemos esta comprobación en un plano impreso, necesitaremos una plantilla adaptada a la escala del plano y que situando el camino en su centro podamos dibujar el área de influencia, según el criterio de la distancia a un acceso. El dibujo de las áreas de influencia lo haremos sobre un papel transparente o sobre el mismo plano si es posible.



En esta imagen podemos comprobar el cumplimiento de la prescripción de que cualquier punto del monte se encuentre a menos de 1.500 m. de un camino accesible a una góndola.

El punteado verde es la zona del monte que cumple esa prescripción.

Para el cálculo de esa área se han utilizado únicamente los caminos de primer orden y la carretera.



En esta imagen se comprueba el cumplimiento de la prescripción de que cualquier punto del monte se encuentre a menos de 250 m. de un camino accesible a una autobomba.

El punteado verde es la zona del monte que cumple esa prescripción.

En esta zona todos los cortafuegos son accesibles a vehículos de ruedas, pero para el cálculo de esa área se han utilizado únicamente los caminos, de esa forma si en esas condiciones se cumple la prescripción de la distancia de puntos del monte a los accesos, en el momento que se considere oportuno se podrá abandonar la red de compartimentación y mantener el cumplimiento de esa prescripción.

En el momento actual vemos que la prescripción se cumple en toda la zona, excepto en pequeños puntos y en zonas algo mayores, señaladas con los números 1 y 2. Puesto que como hemos dicho, los cortafuegos son accesibles a vehículos de ruedas, incluyendo los cortafuegos, el cumplimiento de la prescripción es total.

En el caso de que se optase por abandonar la red de compartimentación en algún momento, para garantizar el cumplimiento de esta prescripción sería necesario incorporar algún tramo de cortafuegos a la red de accesos o construir algún nuevo acceso. También podría optarse por no hacer nada, dado que las superficies donde no se cumple la prescripción son mínimas.

Siguiendo los pasos que hasta ahora hemos expuesto, habremos diseñado de forma general la totalidad de la Red de Accesos, definiendo aquellas líneas existentes que pueden formar parte de la Red y aquellos nuevos caminos que es necesario construir.

Ahora tenemos que pasar a diseñar el trazado concreto de cada uno de los caminos nuevos que tienen que formar parte de la Red.

Para ello tendremos que seguir una serie de pasos y realizar una serie de actividades, incluyendo la inspección del terreno, que más adelante explicaremos, y de ese proceso puede derivarse la modificación del trazado de esos caminos.

En ese caso deberemos volver a comprobar el criterio de la distancia máxima desde cualquier punto de la superficie forestal a un acceso y en caso de que no se cumpla, proponer nuevas modificaciones del trazado de los caminos que forman parte de la Red de Accesos o la construcción de nuevos caminos.

Realizado esto, volveríamos a examinar el trazado de aquellos caminos en los que no lo hubiéramos hecho y si fuese necesario modificar ese trazado, volveríamos a comprobar la totalidad de la Red y así sucesivamente hasta llegar a la solución definitiva.

Esa solución definitiva no tiene por que ser perfecta, sino que las posibles imperfecciones que existan no deben comprometer la eficacia de la Red de Accesos en la extinción de los incendios forestales.

Los pasos que hay que seguir para definir el diseño del trazado de un camino concreto pueden también realizarse previamente al diseño de la Red de Accesos en el plano o no realizarse previamente, cuando se dispone de un buen conocimiento del terreno por el que se quiere trazar el camino.

En todo caso siempre debe hacerse un reconocimiento previo de la zona (que se realiza a la vez que el inventario de infraestructuras existentes) y, una vez diseñada la Red de Accesos, comprobar sobre el terreno la viabilidad de ejecución de las propuestas realizadas.

Para definir el diseño del trazado de un camino concreto partimos de la Red de Accesos, estableciendo la ruta que debe seguir el camino y cuales deben ser sus puntos de inicio y final, para estar integrado en esa Red y cumplir las prescripciones de jerarquía de los accesos.

Sobre el terreno, estableceremos cuáles son los puntos de paso obligado (bien por características del terreno: cruce de un curso de agua en el lugar propicio, acceso a una zona de pastos, etc., o bien por las necesidades de trazado de la Red de Accesos: puntos de determinada altitud en función de la pendiente del camino), los puntos que hay que evitar: zonas húmedas, rocas, fuertes pendientes transversales, etc. y los lugares de paso favorables: zonas con poca pendiente transversal, zonas con buenos materiales de construcción para el camino, etc.

Los puntos a evitar (en el diseño de Red ya habremos tenido en cuenta aquellos lugares en los que existen Factores Ambientales Condicionantes que son excluyentes, para no situar allí el trazado de los caminos, por lo que ahora no nos referimos a ellos), se evitarán cuando sea posible y si no es posible evitarlos, los tendremos en cuenta para establecer las medidas de corrección necesarias.

Respecto a la localización de puntos de paso conflictivos que se deben evitar y cuando es complicado recorrer el posible trazado de los caminos, de la misma forma que hemos explicado en el proceso de diseño de la Red de Accesos, podemos localizar a distancia zonas de rocas y zonas húmedas y así evitar trazar el camino por ellas.

Los puntos de paso obligado y los puntos que sea imprescindible evitar, los situaremos en el plano de forma exacta, los lugares favorables también los situaremos, pero no es necesario que lo hagamos de forma exacta.

Para situar los puntos de forma exacta, tomaremos en el terreno las coordenadas de esos puntos con GPS o los localizaremos por triangulación tomando el rumbo hasta esos puntos desde puntos del plano conocidos.

Una vez que tengamos situados esos puntos sobre el plano deberemos conocer su altitud y también conocer la altitud de los puntos de inicio y final del camino. La obtendremos a través de la representación del relieve del plano o si se han tomado con GPS, podemos obtener la altitud del GPS.

Para realizar este proceso necesitamos un plano con una escala suficientemente grande (la ideal es 1:10.000) y con curvas de nivel cada 10 m. de desnivel (lo ideal son 5 m.).

Conocida la altitud de esos puntos, comprobaremos si es posible unir el inicio del camino con su final, pasando por los puntos de paso obligado, evitando el paso por los puntos que queremos evitar y manteniendo la pendiente máxima para el tipo de camino de que se trate.

Para comprobar la pendiente máxima, mediremos sobre el plano la distancia entre los diferentes puntos y conociendo su altitud, calcularemos el desnivel existente entre ellos y realizaremos las operaciones procedentes para conocer esa pendiente.

Si la pendiente que obtenemos es superior a la máxima permitida para ese camino, comprobaremos sobre el terreno si existen posibilidades de alargar el camino para disminuir esa pendiente (recordamos aquí la prescripción de intentar no realizar curvas de retorno). Si no existiesen posibilidades para disminuir esa pendiente, deberíamos optar por otro trazado del camino o po-

dríamos mantener esa pendiente superior si sólo se produce en un tramo corto y/o se puede mejorar el firme del camino (asfalto, hormigón, etc.) para facilitar la circulación de los vehículos.

Si la pendiente que obtenemos es igual o inferior a la máxima permitida para ese camino, el trazado planteado valdrá y anotaremos esa pendiente media de cada tramo del camino, porque nos servirá en el proceso de construcción del camino.

Disponiendo de un Sistema de Información Geográfica y de un Modelo Digital de Elevaciones (MDE) de suficiente resolución, existen herramientas que permiten hacer todo este tipo de cálculos de forma casi automática.

Aquellos puntos complicados de superar (zonas húmedas, rocas...) y que sea necesario que el camino pase por ellos, para cumplir las prescripciones del trazado, también los anotaremos, por que necesitaremos conocerlos durante el proceso de construcción.



En esta imagen pretendemos mostrar el proceso de diseño de uno de los caminos que forman parte de la red de accesos. Se trataría del camino que recorre de arriba abajo la ladera de la imagen.

Antes de la construcción de dicho camino, la red de accesos estaría formada por un camino situado en la parte superior de la vaguada, que viene desde detrás de la loma que se ve en la imagen y que llega hasta la zona donde está tomada la imagen. El camino situado en la parte derecha de la imagen y otro camino que recorre el fondo de la vaguada y que no se aprecia en la imagen.

Lo que se pretende es dar acceso a la ladera que se ve en la imagen, desde el camino situado en la parte derecha (punto 1) hasta el camino situado en la parte superior (punto 2). Se trataría de un camino de tercer orden y pretendemos que tenga la menor pendiente posible.

Para cumplir la prescripción de que ningún lugar del monte se encuentre a menos de 250 m. de un acceso para una autobomba, se deberá situar el camino por la zona donde está construido (esa prescripción no se cumple en la zona superior ya que hay una gran superficie sin acceso. En esa zona el trazado del camino debería haber seguido la línea discontinua amarilla.).

Teniendo establecido el principio y final del camino y la ruta a seguir, comprobamos que hay que atravesar varias zonas de rocas, por lo que se deberán identificar



#### Ejemplo de Red de Accesos.

- La zona sombreada corresponde a la superficie forestal que se encuentra a menos de 250 m. de un acceso practicable para carroceras.
- 1.- Es una zona protegida en la que no se permite la construcción de caminos.
- 2.- Es una zona de rocas.

### **5.7.3. Proceso de diseño de Red de Puntos de Agua**

En este momento tendremos ya diseñadas las Redes de Compartimentación y de Accesos y mediante el inventario de infraestructuras existentes, ya sabremos que puntos de agua podemos incorporar a nuestra Red de Puntos de Agua.

Deberemos saber también cuales son los lugares de la superficie forestal en los que disponemos de fuentes naturales de agua y tenerlos reflejados en nuestra cartografía.

Ahora deberemos saber para qué tipo de medio de extinción van a servir los puntos de agua de la Red (con la finalidad de determinar qué prescripciones tienen que cumplir esos puntos) y deberemos adoptar un criterio para situar los puntos de agua dentro de la Red.

Si tenemos que diseñar la Red para que sirva para los tres tipos de medios de extinción comentados: helicópteros de extinción, vehículos nodriza y autobombas forestales; primero diseñaremos la Red para los helicópteros de extinción, sobre esa Red diseñaremos la que sirva para los vehículos nodriza y sobre esa segunda Red diseñaremos la que sirva para las autobombas forestales.

Lo haremos así porque los puntos de agua que sirvan para los helicópteros generalmente también servirán para los vehículos nodriza, esos puntos de agua se encontrarán a la máxima distancia y sobre esa primera Red se pueden plantear otros puntos de agua (existentes o a construir) para completar la Red de Puntos de Agua que sirvan para los vehículos nodriza.

Puede haber casos en los que los puntos de agua utilizables por los helicópteros (embalses, piscinas...) no sean utilizables por los vehículos nodriza, pero aquellos que se construyan para el servicio de los helicópteros, será muy raro que no sean utilizables por vehículos nodriza. En todo caso la Red de Puntos de Agua utilizables por los helicópteros nos da un primer esquema sobre el que situar el resto de puntos de agua utilizables por los otros medios.

La Red de Puntos de Agua utilizables por las autobombas forestales, respecto a la Red de Puntos de Agua utilizables por los vehículos nodriza, cumpliría esas mismas condiciones.

Como se ha dicho, para los helicópteros siempre se utiliza el criterio del tiempo para situar los puntos de agua y el proceso para diseñar la Red es el mismo que se sigue para hacerlo mediante el criterio de la superficie forestal, que más adelante se explicará.

Solamente es necesario, conociendo el tiempo y la velocidad media del helicóptero, calcular la distancia que recorre el helicóptero y establecer una superficie circular que tendrá de radio esa distancia comentada.

Para utilizar el tiempo como criterio para diseñar la Red de Puntos de Agua a utilizar por los medios terrestres, se debe conocer la velocidad media de desplazamiento de los diferentes medios a través de los diferentes tipos de accesos y mediante un Sistema de Información Geográfica que disponga de las herramientas adecuadas, ir situando los puntos de agua sobre la superficie forestal cumpliendo ese criterio, hasta conseguir tener cubierta la totalidad de la superficie.

Si adoptamos como criterio de situación de los puntos de agua dentro de la Red, la existencia de un punto por cada determinada superficie forestal, para situar en la totalidad de la superficie en la que estamos trabajando los puntos de agua que formarán la Red, deberemos crear sobre el plano, en torno a cada punto de agua existente, una zona que tenga la superficie que hemos tomado como criterio (área de influencia). En la parte del plano no cubierta por las áreas de influencia de los puntos de agua existentes iremos situando puntos de agua (cumpliendo el criterio de la superficie) hasta cubrirla totalmente.

Si hacemos este proceso a través de un Sistema de Información Geográfica, ya suelen tener herramientas para crear esas áreas de influencia automáticamente.

Si lo hacemos mediante un plano impreso, necesitaremos un papel transparente (o sobre el mismo plano si es posible) y una plantilla de forma circular (con la escala adecuada y el centro localizado) para colocar los puntos de agua existentes en el centro de esa plantilla y dibujar su área de influencia sobre el papel transparente.

Completada la Red según las prescripciones necesarias y los criterios que hemos adoptado, dentro de la zona que hemos trabajado pueden existir otros puntos de agua que también sean utilizables. Esos puntos los incorporaremos a la Red pero indicaremos que son puntos que no van a tener mantenimiento y sobre los que no existe información actualizada de su estado (aparte de la que consta en el diseño de la Red), por lo que a la hora de utilizarlos se necesitará una comprobación previa.



Solamente haremos referencias concretas o descripciones detalladas de características o técnicas, en aquellos casos en que se trate de situaciones específicas de los procesos de diseño y construcción del tipo de infraestructuras de las que estamos tratando.

### 5.8.1. Maquinaria

Bulldozer		
		
<b>Potencia:</b>	La potencia mínima de este tipo de máquinas para la realización de estos trabajos debería ser 150 CV. Esa potencia serviría para todo tipo de trabajos, pero para realizar el desmonte de caminos, se recomienda una potencia de 250 cv.	
<b>Uso:</b>	Es la principal máquina que utilizaremos en la apertura de cortafuegos y caminos y en el mantenimiento de cortafuegos.	
	Construcción	Mantenimiento
<b>Cortafuegos:</b>	Apertura, construcción de drenajes y de pasada apta para la circulación de vehículos.	Eliminación de la vegetación y mantenimiento de los cortes de agua.
<b>Caminos:</b>	Eliminación de la vegetación y de la capa de tierra vegetal. Desmonte del camino, de las zonas de cruce de vehículos y de las de cambio de sentido. Explanación del camino. Pendiente del talud, en ocasiones. Ripado de la cuneta. Apertura de la cuneta. Construcción de los cortes en caminos sin cuneta.	No se realiza con el bulldozer.
<b>Puntos de agua:</b>	Desmonte y explanación de los accesos y las zonas de maniobra.	

<b>Observaciones:</b>	En los apartados de construcción de las diferentes infraestructuras explicaremos algunas técnicas de utilización de esta maquinaria, ya que son técnicas específicas de este tipo de trabajos.	
-----------------------	--	--

### Motoniveladora



<b>Potencia:</b>	Se recomienda una potencia mínima de 150 CV.	
<b>Uso:</b>	Es la máquina utilizada para el refinado del camino durante la construcción y para el mantenimiento de caminos.	
	Construcción Mantenimiento	
<b>Cortafuegos:</b>	No se utiliza en los cortafuegos.	
<b>Caminos:</b>	Apertura y perfilado del talud. Refinado del firme del camino. Apertura y refinado de la cuneta. Extendido de materiales en el firme. Refinado de los cortes en caminos sin cuneta.	Limpieza de cunetas. Limpieza y refinado del firme. Conservación de cortes en caminos sin cuneta.
<b>Puntos de agua:</b>	Refinado y perfilado en accesos y explanaciones.	Limpieza de accesos y explanaciones

### Retroexcavadora de cadenas



#### **Características y uso:**

Utilizaremos esta máquina principalmente para demoler materiales duros que no puede arrancar el bulldozer, durante las operaciones de apertura del camino, de la cuneta o de las zonas de cruce de vehículos o de cambio de sentido.

Para trabajar en esas condiciones se recomienda que sea una máquina de cadenas y que tenga potencia suficiente para trabajar con el martillo hidráulico, mínimo 150 CV.

También la usaremos para extender tierra vegetal en el terraplén del camino y para la apertura del molde del estanque y la demolición de materiales duros en el proceso de construcción de los puntos de agua.

### Retroexcavadora mixta



<b>Potencia:</b>	Se recomienda que la potencia mínima de esta máquina sea de 80 CV.	
<b>Uso:</b>	En teoría esta máquina podría realizar el mismo tipo de tareas que la retroexcavadora de cadenas y dependiendo de las circunstancias se podría optar por una u otra, ya que el motivo por el que se usa la máquina anterior es el mayor rendimiento, aunque también tiene un mayor coste. Aparte de esto, esta máquina es la mejor opción para la realización de diferentes tareas en la construcción y mantenimiento de caminos.	
	Construcción	Mantenimiento
<b>Caminos:</b>	Apertura de zanjas para la colocación de tubos. Transporte de tubos para su colocación y ayudar en todo el proceso de colocación.	Reconstrucción de pasos de agua. Limpieza de entradas y salidas de todo tipo de drenajes transversales. Limpieza de cunetas.

### Rodillo vibrador



**Características y uso:**

Utilizaremos esta máquina para la compactación de todo tipo de materiales.  
El rodillo debe ser de acero y la potencia estará entre 90 y 110 CV.  
Las dimensiones del rodillo están en torno a 2 m.

### Camión



<p><b>Características y uso:</b></p>	<p>Un camión con pluma y volquete y con suficiente capacidad todo terreno, es una máquina fundamental durante la fase de construcción de caminos y puntos de agua.</p> <p>No es necesaria una gran capacidad de transporte, ni una gran potencia, recomendamos unos 100 CV.</p> <p>Algunas de las funciones que realiza son: transporte de tierra para eliminación de zonas húmedas, transporte de materiales de drenaje para zonas húmedas, transporte de tubos para pasos de agua, ayuda para la colocación de tubos, transporte de todo tipo de materiales de construcción, transporte y colocación de materiales de encofrado o transporte de materiales de señalización.</p>
--------------------------------------	---

### Cuba de riego



<p><b>Características y uso:</b></p>	<p>Utilizaremos este elemento para el transporte de agua para humedecer la tierra cuando haya que compactarla y para tareas de construcción. La capacidad de la cuba suele estar entre 7.000 y 10.000 l. y la potencia del tractor unos 80 CV.</p>
--------------------------------------	--

**Camión hormigonera**



**Uso:**

Utilizaremos este vehículo para el transporte de hormigón hasta el lugar donde se necesite. Se deben tener en cuenta las necesidades de acceso de este vehículo. Se recomienda que disponga de tracción total, potencia superior a 240 CV y capacidad de transporte de hormigón de 8-9 m<sup>3</sup>.

**Auto - hormigonera**



<b>Uso:</b>	Utilizaremos esta máquina para la elaboración y transporte de hormigón hasta los lugares en los que se deba utilizar, en aquellas situaciones en las que no haya acceso para un camión hormigonera. La potencia estará entre 20 y 40 CV. y la capacidad ente 0,5 y 1,1 m <sup>3</sup> . Deberá tener tracción a las cuatro ruedas, algo de lo que no dispone la máquina de la foto.
-------------	---

### Hormigonera



<b>Uso:</b>	Utilizaremos esta máquina para la elaboración de hormigón solamente en pequeñas obras. La utilizaremos para la elaboración de mortero para la construcción de elementos que necesiten ese material. El motor será de gasolina y la capacidad de unos 250 l.
-------------	--

### Retroaraña



<b>Uso:</b>	Utilizaremos esta máquina para la apertura y limpieza de cortafuegos en aquellas zonas donde no puede trabajar el bulldozer. La potencia estará entre 90 y 100 CV.
-------------	--

**Tractor con brazo desbrozador****Uso:**

Utilizaremos esta máquina para el desbroce de matorral en las operaciones de mantenimiento del firme y de los bordes de los caminos. Para un trabajo adecuado, la potencia debe ser superior a 90 CV. La anchura de corte del brazo desbrozador debe ser de 1,2 m. como mínimo y se recomienda 1,4 m.

**5.8.2. Herramientas****5.8.2.1. Herramientas a utilizar en la apertura manual de cortafuegos**

Cuando se tenga que proceder a la apertura manual de cortafuegos se deberán utilizar motosierras, desbrozadoras de mochila, azadas, podones u otro tipo de herramientas similares. La elección de unas u otras, dependerá del tipo de vegetación y de la tradición de utilización de cada zona.

La utilización de herramientas manuales deberá hacerse con las técnicas adecuadas y utilizando el equipo de protección individual correspondiente.

### **5.8.2.2. Herramientas a utilizar en la construcción de caminos y puntos de agua**

Durante los procesos de construcción de diferentes elementos de los caminos (arquetas, muros de contención, etc.) y de los puntos de agua (paredes, arquetas, etc.), deberemos utilizar diferentes herramientas y del mismo tipo de las que se utilizan en la construcción en general y que por ese motivo no vamos a extendernos más en ellas.

Algunas de estas herramientas serán: paletas, niveles, plomadas, azadas, rastrillos, macetas...

### **5.8.3. Instrumentos**

Los instrumentos que vamos a utilizar en las fases de diseño y construcción de este tipo de infraestructuras son: las cintas métricas, los receptores GPS y el clisímetro.

#### **5.8.3.1. Cintas métricas**

Las características que deben reunir las cintas métricas, además de que muestren la longitud en metros y centímetros como mínimo, es que sean de materiales suficientemente resistentes y fáciles de limpiar, ya que debido al ambiente en el que se van a utilizar (arrastradas por el suelo o entre la vegetación, ambientes polvorientos, etc.) van a sufrir desgaste y a ensuciarse.

Por este motivo no sirven las cintas de tela o de materiales plásticos débiles.

Para que sean fáciles de limpiar son mejores los estuches abiertos, que se pueden limpiar con un chorro de agua, que los estuches cerrados.

Es conveniente que sean fáciles de enrollar y desenrollar, para lo cual deben disponer de una manivela larga que facilite esas operaciones.

Debido al uso que vamos a dar a este tipo de instrumento, una longitud de 20 m. es suficiente.

Algunos de los usos de las cintas métricas serán: la medición de la anchura de caminos y cortafuegos, la medición de la longitud de pasos de agua o la medición de longitud de lugares de cruce de vehículos.



Ejemplo de cinta métrica

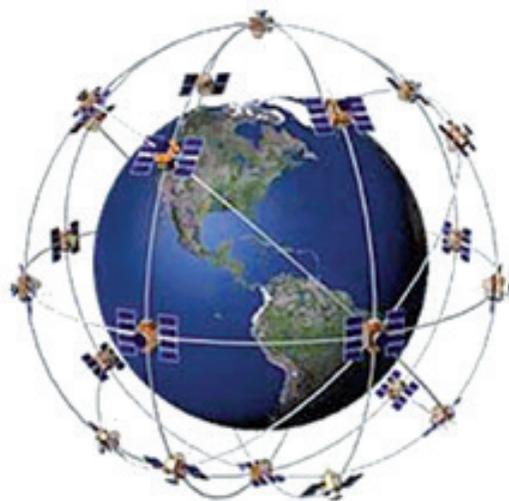
El precio entre 15 y 20 euros.

### **5.8.3.2. Receptor GPS**

Como hemos explicado en el apartado de Conceptos, utilizaremos las siglas GPS para denominar al aparato que funciona como receptor de la señal de radio del sistema GPS - Global Positioning System (Sistema de Posicionamiento Global) y que mediante esa señal puede determinar la posición de cualquier punto de la superficie terrestre y mostrar esa posición en un sistema de coordenadas geográficas.

El sistema GPS - consiste en una constelación de satélites en órbita que generen esa señal de radio que pueden recibir los receptores GPS. Esta constelación se denomina NAVSTAR (Navigation Satellite Timing and Ranging), está constituida por 24 satélites operativos más cuatro de reserva y depende del gobierno de Estados Unidos.

El fundamento del sistema GPS consiste en que recibiendo la señal de al menos tres satélites (lo normal es recibir la señal de entre cuatro y ocho), de los cuales se conoce de forma muy exacta su posición orbital con respecto a la tierra y conociendo el tiempo que han tardado las señales en recorrer el camino entre el satélite y el receptor, por triangulación se puede establecer la posición en términos absolutos del receptor.



La recepción de la señal GPS es libre y actualmente se recibe sin ningún tipo de error intencionado (debido a que el sistema GPS fue un sistema de servicio militar, tenía un sistema por el que los receptores no militares recibían la señal con un cierto error. En el año 2001 se eliminó ese error).

En el mercado existen diferentes fabricantes de receptores y multitud de modelos con diferentes características y con precios que están en función de esas características más o menos avanzadas (como media sobre 400 euros).

En cuanto a su tamaño y peso, los actuales receptores GPS portátiles caben en la palma de la mano y pesan menos de 250 gramos.

Para el tipo de uso que vamos a dar a nuestro receptor GPS, necesitaremos un aparato que pueda determinar su posición planimétrica con una precisión mínima de cuatro metros, que calcule los datos de altitud con una precisión mínima de 5 m., que disponga de una pantalla para la visualización de todos los datos, que funcione con baterías y tenga suficiente autonomía y sea resistente para poder trabajar en el campo y en un ambiente en el que puede haber polvo, humedad o que se producen vibraciones o golpes.

Es conveniente que el receptor que utilicemos tenga capacidad para recibir la señal WAAS (Wide Area Augmentation System) o EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service), ambos son sistemas de corrección de la señal GPS, ya que de esa forma se aumenta mucho su precisión de localización.

El principal uso del GPS en el proceso de diseño y construcción de infraestructuras, es la localización de puntos de paso de caminos y de puntos a evitar y el cálculo de la altitud entre puntos de paso de los caminos.



Ejemplo de receptor GPS

### **5.8.3.3. Clisímetro**

El clisímetro es un aparato de carcasa metálica que encierra en su interior una escala graduada con la que se puede medir la pendiente del terreno y a la que se accede mediante una lente de aumento.

Dispone de un contrapeso en su parte inferior y de una argolla en su parte superior, con unos ejes que permiten el balanceo del aparato, de forma que al introducir el dedo en la argolla y dejar colgando el aparato, éste siempre se mantiene vertical.

De esa manera situándolo a la altura de los ojos del observador y mirando a través de la lente con los dos ojos abiertos; la imagen de la escala que se obtiene a través del instrumento se sitúa en el mismo plano que el objeto observado, con el que puede compararse. En esta posición, la línea de mira que pasa por el cero de la escala es horizontal.

Existen distintos modelos (con diferentes formas, una o dos lentes, etc.) y con distintas escalas. Para cubrir nuestras necesidades será suficiente (y lo mínimo también) con que disponga de una escala para medir la pendiente en porcentajes, graduada en fracciones de 0,5 por ciento, que abarque desde -40 hasta +40 por ciento.

Una característica que consideramos importante es que el peso del clisí-

metro sea grande, sin llegar a molestar, para evitar que sea balanceado por el viento en el proceso de medición.

El precio unos 180 euros.



Ejemplo de clisímetro



Escala que se observa a través de la lente

La forma de realizar una medición consiste en que el portador del clisímetro comprueba frente a la persona que va a actuar de referencia, situadas ambas en un terreno llano, que punto de la anatomía de la persona que va a actuar de referencia (ojos, frente, punta de la nariz, etc.) se encuentra a la misma altura que los ojos del observador (esta referencia también puede tomarse sobre un jalón de medición o similar, pero preferimos el método comentado debido a la rapidez de desplazamiento y a que la precisión alcanzada es suficiente).

A continuación, las personas enumeradas se trasladan a los puntos que definan la línea cuya pendiente se quiere calcular y el operador dirige una visual al punto comentado de la persona de referencia. Leyendo en la escala del clisímetro la marca que enrasa con el punto de referencia comentado, se tendrá calculada la pendiente buscada, ya que la línea de unión entre el ojo del operador y el punto de referencia es paralela al suelo.

En el proceso de diseño y construcción del tipo de infraestructuras que estamos tratando, la principal utilización que vamos a hacer del clisímetro es el cálculo de la pendiente longitudinal de los caminos.



Posicionamiento correcto del clisímetro para realizar una medición.

## **5.9. Construcción**

Una vez realizado el diseño de cada una de las redes que configuran la Red de Infraestructuras, pasaríamos a construir aquellos nuevos elementos que deben formar parte de la Red de Infraestructuras, que en nuestro caso serán cortafuegos, caminos y puntos de agua y los construiremos según los modelos de cada una de las infraestructuras que hemos adoptado y que ya hemos explicado.

El proceso de construcción tiene diferentes fases y características, que pasamos a exponer para cada uno de esos tipos de infraestructuras.

### **5.9.1. Cortafuegos**

Recordamos que habremos llegado a esta fase de construcción teniendo diseñada la totalidad de la Red de Compartimentación, habiendo estudiado concienzudamente el trazado de los cortafuegos nuevos y habiendo reconocido el terreno para comprobar la viabilidad de la ejecución de esos cortafuegos. Por lo que en principio el trazado propuesto para esos cortafuegos nuevos es viable y las dificultades que surjan en esta fase, son superables con nuestras técnicas de construcción.

En cualquiera de las fases de construcción de cualquiera de los tipos de infraestructuras que estamos tratando, es muy importante haber hecho un buen diseño de las infraestructuras y haber comprobado la viabilidad de su ejecución, pero lo es más en este tipo de infraestructuras, ya que la modificación de la Red de Compartimentación, una vez que está totalmente diseñada, es mucho más complicada.

### **5.9.1.1. Replanteo**

Teniendo situados sobre el plano los diferentes cortafuegos nuevos a construir, debemos señalar sobre el terreno el trazado de esos cortafuegos para proceder a su realización.

Para realizar esa señalización solamente deberemos marcar el centro del cortafuegos e indicar a quien vaya a construirlo, la distancia que tiene que haber desde ese centro del cortafuegos hasta cada uno de sus bordes.

Cuando el cortafuegos se haga a través de una zona de matorral, las marcas que utilizaremos consistirán en trozos de entre 30 y 50 centímetros de longitud, procedentes de cintas de plástico de las que habitualmente se utilizan en la señalización de obras. En uno de los extremos de esos trozos de cinta y a unos tres o cuatro centímetros del borde, realizaremos un agujero (con un dedo, con los dientes, con una herramienta, etc.) que nos servirá para introducir el otro extremo de ese trozo de cinta, hacer un bucle en el que introduciremos alguna parte del matorral situado en el centro del cortafuegos y tirando del extremo libre del trozo de cinta, dejar fijo ese trozo de cinta de plástico en ese matorral, lo que indicará el centro del cortafuegos a construir.

Elegimos la cinta de plástico conscientes de que es un material menos degradable que cintas hechas con papel u otros materiales vegetales, pero es que las cintas hechas con ese tipo de materiales son mucho más difíciles de localizar que las hechas con plástico, que están disponibles en cualquier ferretería. Siempre que sea posible recomendamos utilizar cintas de materiales más degradables que el plástico, pero en todo caso la mínima cantidad de plástico que vamos a utilizar y su dispersión en la superficie forestal no supone un impacto muy relevante.

Cuando el cortafuegos se realiza a través de una zona arbolada, si la altura del arbolado lo permite, utilizaremos las marcas antes comentadas y si el arbolado tiene una altura superior a aproximadamente 2,5 m. es más eficaz dibujar con pintura marcas sobre el tronco de los árboles para señalar el centro de ese cortafuegos. La mejor opción para realizar esas marcas es utilizar pintura en spray. Las marcas se harán en las dos caras del tronco del árbol que indiquen las dos direcciones del eje longitudinal del cortafuegos, de

manera que a través de esas marcas se pueda seguir ese eje del cortafuegos tanto en una como en otra dirección. En algunos casos puede ser necesaria una pequeña poda para hacer visibles esas marcas. El color rojo es probablemente el que mejor se va a ver, pero se puede elegir cualquier otro color que se distinga bien.

Igualmente recomendamos las pinturas hechas con materiales de origen vegetal frente a las pinturas plásticas, por su mayor facilidad de degradación, aunque igualmente suelen ser más difíciles de conseguir que las pinturas plásticas.

Tanto en un caso como en el otro, la distancia a la que se tienen que colocar las marcas puede ser muy variable y el único criterio que se debe seguir es que desde una marca pueda verse la anterior y la siguiente.

Hay que tener en cuenta el tiempo que va a transcurrir desde que se señala el cortafuegos hasta que se construye, ya que las marcas realizadas acaban desapareciendo con el tiempo. La pintura suele durar más, pero los trozos de cinta de plástico son destruidos por el viento en poco tiempo. Por ello se recomienda que la señalización se haga muy poco tiempo antes de la construcción del cortafuegos (días), pero sin que la señalización pueda suponer un parón de las tareas de construcción por causa de no tener señalizada suficiente longitud a construir.

Dependiendo de la situación de los cortafuegos en el terreno, realizaremos la señalización de diferente manera.

Cuando los cortafuegos están situados en divisorias de aguas, comenzaremos la señalización del cortafuegos por el punto de menor altitud e iremos avanzando hacia el punto de mayor altitud. De esa forma nunca nos equivocaremos de divisoria de aguas, cosa que podría ocurrir si lo hiciésemos de arriba hacia abajo. Para saber que en todo momento estamos situados en la divisoria de aguas y que no nos desplazamos hacia alguna de las laderas, deberemos observar que tanto a nuestra derecha como nuestra izquierda el terreno es descendente o que estamos situados en el punto más exterior de la curva del nivel. Cuando la divisoria de aguas tiene una cierta anchura y ésta es prácticamente llana, no importa que la situación del cortafuegos este más cerca de una ladera o de la otra, siempre que siga situado en esa divisoria de aguas.

Para trazar y señalar los cortafuegos en las laderas, seguiremos la línea de máxima pendiente e igual que en el caso anterior, desde el punto de menor altitud hacia el punto de mayor altitud.

Cuando hacemos los cortafuegos paralelos a las vaguadas, los señalizaremos igualmente de menor a mayor altitud y para saber que vamos paralelos a la vaguada no tendremos más remedio que ver esa vaguada.

## **5.9.1.2. Apertura**

### **5.9.1.2.1. Apertura con bulldozer**

El proceso de apertura consiste en eliminar la vegetación de la superficie del cortafuegos y depositar los restos en los bordes.

Este proceso es distinto si la vegetación a eliminar es arbolado o matorral.

#### **5.9.1.2.1.1. Arbolado**

Cuando se trata de arbolado será necesario eliminar de alguna forma los restos gruesos (mayores de 10 cm. de diámetro), retirándolos del cortafuegos, triturándolos o destruyéndolos de alguna manera. Si ese arbolado tiene valor comercial (madera o leña), quizá sea posible venderlo y obtener un beneficio por su retirada. En cambio si no tiene valor comercial será necesario pagar por su eliminación.

La extracción de la madera o leñas que pueda producir ese arbolado o su eliminación mediante trituración, quema, etc., son procesos que no vamos a detallar, ya que son el mismo tipo de operaciones que las se realizarán en cualquier otro aprovechamiento de madera o leñas o en otros tratamientos de eliminación de la vegetación y no son objeto de esta publicación.

Solamente en el caso de que el arbolado a eliminar sea de poca altura y con unos diámetros máximos menores de 10 cm., podremos realizar la apertura del cortafuegos con el bulldozer de la misma manera que en el caso del matorral, que más adelante detallaremos. La única diferencia sería que quizá los cordones de restos depositados en los bordes del cortafuegos necesitarían alguna actuación para disminuir su volumen, ya que podrían tener una altura considerable. Esa actuación podría ser simplemente que el bulldozer pasase varias veces por encima, machacando esos restos con las cadenas o en otros casos puede servir pasar una grada de desmonte por encima de esos cordones.

#### **5.9.1.2.1.2. Matorral**

Cuando la apertura del cortafuegos la realizamos con el bulldozer, bien sea en zona de matorral o bien en una zona donde ya se haya eliminado el arbolado, procederemos de la siguiente manera.

El bulldozer trabajará con la pala en angledozer y con el ángulo dirigido ha-

cia el exterior del cortafuegos, para hacer que los restos arrancados se vayan dirigiendo hacia ese lugar.

El trabajo comenzará siempre desde la parte más alta hacia la parte más baja y si la pendiente del terreno lo permite, el bulldozer trabajará tanto pendiente abajo como pendiente arriba.

De esta forma el bulldozer puede trabajar sin necesidad de cambiar la orientación de la pala, que supone una pérdida de tiempo y un trabajo extra.

De forma general el bulldozer siempre trabajará de forma paralela al eje longitudinal del cortafuegos, realizando diferentes pasadas hasta eliminar la totalidad de la vegetación, ya que es de esa forma de la que se obtiene el mejor rendimiento. Aunque también puede haber casos en los que debido a la cantidad de restos a remover (como por ejemplo cuando hay que arrancar los tocones de una zona del cortafuegos donde se ha eliminado el arbolado) o cuando se trabaja en terreno llano, sea interesante que el bulldozer trabaje de forma perpendicular al eje longitudinal del cortafuegos.

Dada la anchura de 20 m. que hemos elegido para nuestro modelo de cortafuegos, cuando el bulldozer trabaja de forma paralela al eje longitudinal del cortafuegos, necesitará realizar cinco pasadas para realizar la totalidad de la anchura del cortafuegos, ya que la anchura efectiva que suele realizar el bulldozer en cada pasada suelen ser cuatro metros (esto dependerá del modelo de bulldozer y de la anchura de la pala, pero de forma general suele ser esa). Esas cinco pasadas son: una dejando las marcas de señalización en el centro de la pala y otras dos pasadas a cada lado de esa primera. Para realizarlas, el bulldozer comenzará desde la parte más exterior del cortafuegos hasta el centro y en esas primeras pasadas, no se dejará el cortafuegos totalmente limpio, sino que simplemente se arrancará el matorral y se dejará formando cordones. Cuando se realice la pasada del centro, ya se dejará el cortafuegos totalmente limpio y se seguirá con el resto de pasadas procediendo también de esa forma, desplazando progresivamente los restos desde el centro del cortafuegos hacia los bordes. Se adopta esta forma de proceder por que si se hiciese de una sola vez el cortafuegos desde el centro hasta el exterior, la acumulación de restos que el bulldozer tiene que ir desplazando junto con el esfuerzo que tiene que realizar para arrancar el matorral, puede superar la potencia de la máquina, hacer que no trabaje a un ritmo adecuado y que el cortafuegos no quede totalmente limpio. En los casos en que la escasez de restos permita que el bulldozer haga el cortafuegos desde el interior hacia el exterior de una sola vez, lógicamente se procederá de esa forma.

La anchura que deja limpia la pala del bulldozer sirve para comprobar en un principio la anchura del cortafuegos, pero una vez que se haya realizado la anchura total será necesario comprobar que exactamente tiene esos veinte metros.

La superficie del cortafuegos debe quedar totalmente limpia de vegetación o restos, incluyendo el arranque de los tocones en aquellas zonas donde se haya eliminado arbolado (se hace así porque el mantenimiento posterior del cortafuegos en esas condiciones es prácticamente imposible). Se deben sacar también del cortafuegos aquellas piedras que puedan estorbar para la circulación de vehículos y tapar aquellos hoyos que puedan suponer el mismo tipo de obstáculo.

Solamente en aquellos casos en los que la pendiente del cortafuegos es grande (aproximadamente mayor del 30%), el material que se limpia en el cortafuegos puede quedar depositado en el interior de éste formando cordones entre una y otra pasada. Esto se hace así debido a que el coste de dejar totalmente limpio el cortafuegos en esas condiciones es muy elevado, pero sí es posible dejarlo totalmente limpio es mucho mejor.



Ejemplo de apertura de cortafuegos con bulldozer

### **5.9.1.2.2. Apertura en zonas difíciles**

En las zonas en las que el bulldozer no pueda trabajar, podremos realizar la apertura del cortafuegos de forma manual o mediante una retroaraña.

Cuando se trata de apertura del cortafuegos a través de arbolado en este tipo de zonas, el aprovechamiento comercial del arbolado no va a ser posible y la apertura va a ser difícil de realizar con retroaraña y se deberá realizar manualmente.

Para proceder a la eliminación del arbolado de forma manual, habrá que utilizar motosierras para derribar y trocear ese arbolado, retirar todos esos

restos hasta los bordes del cortafuegos o quemarlos en el centro del cortafuegos si su volumen es muy grande. Para eliminar el matorral, tanto en este caso como cuando se trate solamente matorral, podremos utilizar desbrozadoras de mochila u otro tipo de herramientas para cortar el matorral y lo retiraremos o destruiremos de la misma forma que la comentada para los restos de arbolado. Los tocones del arbolado nunca se arrancan manualmente y si se trata de matorral difícil de arrancar, también va a ser complicado conseguir que se arranque (no se encuentran ni empresas ni operarios dispuestos a hacerlo). Generalmente suele ser más sencillo realizar este tipo de trabajos desde abajo hacia arriba.



Ejemplo de realización de cortafuegos de forma manual. En la primera imagen se muestra el lugar hasta donde ha llegado el bulldozer y en la segunda el tramo realizado de forma manual (desde la raya azul hacia abajo). Ese tramo realizado de forma manual también sirve para evitar arrastres de tierra al curso de agua del fondo y nótese como se ha aprovechado la zona de rocas para situar ese tramo manual, debido a que en esa zona la realización es más fácil y el mantenimiento menos intenso.

La retroaraña puede trabajar con un cazo de excavación o acoplando una desbrozadora de cadenas en el extremo del brazo.

En la elección de uno u otro apero se debe tener en cuenta que la efectividad del cortafuegos es mayor despejando la vegetación del cortafuegos hasta la tierra mineral (con el cazo de excavación) y que esta actuación es más difícil de realizar y costosa que el desbroce.

En este tipo de zonas, la retroaraña tendría que trabajar siguiendo líneas de máxima pendiente y el lugar de comienzo dependería de la facilidad de acceso, ya que hay que tener en cuenta la lentitud de esta máquina para trasladarse de un lugar a otro.



Retroaraña con desbrozadora de cadenas.



Apertura de cortafuegos con retroaraña y cazo de excavación.

### **5.9.1.3. Drenajes**

Para evitar que el agua erosione la superficie del cortafuegos y para evitar acumulaciones de agua que impidan la circulación por el cortafuegos, se deben realizar los drenajes correspondientes.

Para evitar acumulaciones de agua en zonas bajas se debe romper el cordón exterior del cortafuegos y realizar una pequeña zanja para evacuar el agua que se pueda acumular en esa zona. Todo ello se realiza con la pala del bulldozer.

Para evitar la erosión de la superficie del cortafuegos se procede a realizar unas pequeñas zanjas (cortes) que atraviesen la totalidad del ancho del cortafuegos, separadas un pequeño ángulo (unos 30 grados) en el sentido descendente de la pendiente, de la perpendicular al eje longitudinal del cortafuegos. Se le da ese pequeño ángulo para facilitar la evacuación del agua. La profundidad de esas zanjas debe ser la necesaria para que el agua que discurre por el cortafuegos no las supere y la distancia entre ellas debe estar entre 50 y 200 metros, dependiendo de la pendiente longitudinal del cortafuegos: a mayor pendiente menor distanciamiento de estos cortes y lo contrario.

Cuando el agua que tengan que evacuar esos cortes pueda llegar a ser abundante, la dirección de evacuación del agua será alternativa en cada uno de los cortes. Si el agua evacuada no supone un problema de erosión, la dirección de evacuación del agua de los cortes puede ser cualquiera.

Estos cortes se realizan con la pala del bulldozer en posición angledozer y tildozer, empezando por la parte superior del corte y avanzando hacia la zona por donde se va a evacuar el agua, depositando los materiales arrancados en la parte inferior del corte, respecto a la pendiente longitudinal del cortafuegos, que de esa forma sirven como muro para retener el agua.

#### **5.9.1.4. Pasada transitable**

Una vez realizada la limpieza de la superficie del cortafuegos se procederá a acondicionar una faja, de anchura igual a la que bulldozer realiza en una pasada, para que los vehículos que puedan circular por ese cortafuegos lo hagan en las mejores condiciones posibles. Éste acondicionamiento se limita a que en esa pasada no queden hoyos, piedras, tocones u otros obstáculos que dificulten la circulación, sin otros trabajos sobre el firme de esa pasada. La situación de esa pasada puede coincidir con la de alguna de las pasadas que hace el bulldozer durante la limpieza del cortafuegos o puede situarse de cualquier otra forma sobre el cortafuegos, aunque siempre buscando el lugar por el que mejor puedan circular los vehículos.

Respecto a los cortes de evacuación de agua y siempre que sea posible, esta pasada debe situarse en la parte superior de éstos cortes. Si no es posible, deben adecuarse los márgenes del corte a superar, para que los vehículos puedan pasar.

Esta pasada se hace después de la limpieza del cortafuegos y al mismo tiempo que los cortes de evacuación de agua.



En el ejemplo puede comprobarse que la pasada transitable del cortafuegos se sitúa en la parte superior de los cortes de agua.

#### **5.9.1.5. Punto acceso vehículos ruedas**

Aquellos cortafuegos que por su gran pendiente no sean aptos para la circulación de vehículos de ruedas y/o en los que exista una dificultad o imposibilidad de cambiar de sentido a partir de un determinado punto, se deben señalar (mediante un cartel que lo indique).

Esto es necesario para que en caso de incendio, los vehículos que acudan a su extinción, no se encuentren en este tipo de situaciones comprometidas.

### **5.9.1.6. Cruce con caminos**

Cuando se produzca el cruce de un cortafuegos con un camino, será necesario facilitar el paso de los vehículos de uno a otro, habrá que evitar que el agua que escurra por el cortafuegos entre en el firme del camino y habrá que mantener la eficacia de las cunetas del camino.

Cuando el talud del camino que corta el cortafuegos tiene poca altura, resolver esos problemas no es difícil, pero cuando la altura es mayor se complica algo más. Pero en ambos casos se procede de la misma manera. En la parte del cortafuegos situada en la zona superior del camino, el bulldozer hace una pequeña trinchera para que los vehículos puedan acceder del camino al cortafuegos y viceversa. Los materiales que se obtienen de esa excavación se depositan enfrente en el terraplén del camino, creando una pequeña rampa para el acceso de los vehículos.

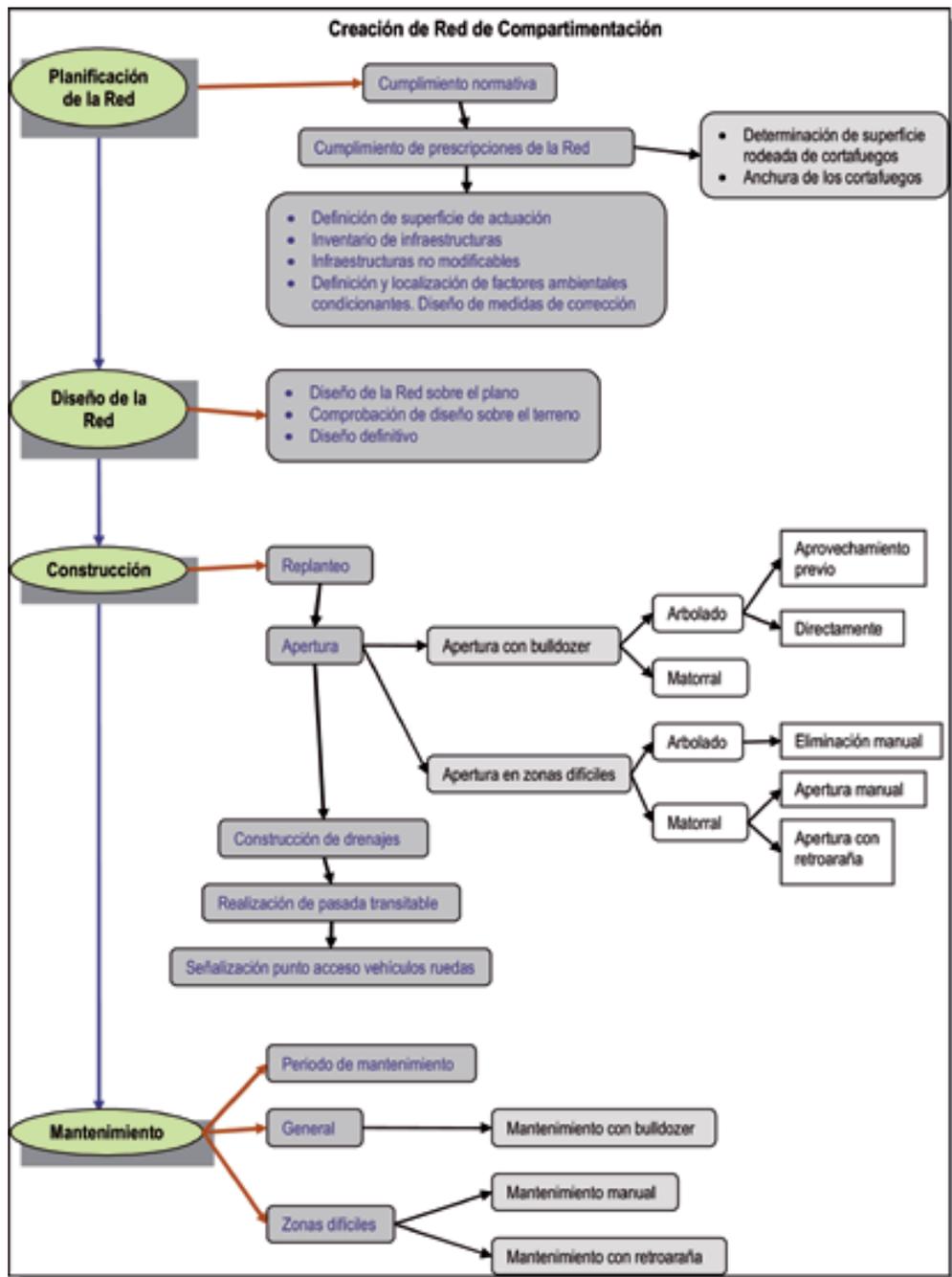
Cuando el cruce del cortafuegos se produce con un camino que tiene cuneta, se hace la operación anterior y se respeta esa cuneta, reduciendo la pendiente de los laterales de la cuneta en el punto de acceso para los vehículos, creando un pequeño badén que es superable por los vehículos de extinción de incendios. Es conveniente forrar este pequeño badén con hormigón para evitar su erosión y mantener la posibilidad de paso.

Es conveniente, y siempre que sea posible será esta la forma de actuar, hacer un paso de agua en el camino, situado en el punto más alto, cuando el camino se cruza con el cortafuegos, según la pendiente longitudinal del camino. De esa forma se evita que el agua que discurre por la cuneta del camino erosione el paso del camino al cortafuegos y la acumulación en la cuneta del agua que procede del camino más el agua que procede del cortafuegos. La existencia de los cortes de agua correspondientes en el cortafuegos, evitará que por él escurra una gran cantidad de agua y que cuando ésta llegue a la cuneta del camino suponga un problema.

### **5.9.1.7. Reducción de impactos**

Para facilitar la colonización de la vegetación una vez que el cortafuegos se abandone, es conveniente extender los cordones exteriores del cortafuegos sobre la superficie del cortafuegos y mantener los cortes de evacuación de agua para evitar el arrastre de la tierra.

Estas operaciones se realizarán la última vez que se proceda a limpiar el cortafuegos y después de haber arrancado el matorral.



Resumen del proceso de creación de la Red de Compartimentación.

## 5.9.2. Caminos

A través de las diferentes fases que hemos seguido, habremos configurado un trazado para los nuevos caminos que será posible de ejecutar con nuestras técnicas de construcción, habremos evitado diferentes impactos que este tipo de infraestructuras pueden causar y cumpliendo las prescripciones establecidas, evitaremos otra serie de impactos durante esta fase de construcción y durante su posterior uso. Por lo que en este momento sólo tendremos que preocuparnos de realizar correctamente la construcción de los caminos y de evitar los impactos que puedan producirse en esta fase.

Lo más importante para evitar los impactos que se producen durante esta fase es finalizar la construcción del camino y de todos los elementos en el menor tiempo posible.

No nos referimos a realizar rápidamente todas las operaciones, que en parte también, sino principalmente a que las diferentes actuaciones: desmonte, construcción de pasos de agua, construcción de badenes, etc., se realicen seguidas y sin períodos de interrupción entre unas y otras, ya que en esos periodos pueden producirse precipitaciones que destruyan el trabajo realizado y provoquen erosión.

Hay que señalar que durante las diferentes fases del trabajo, siempre que sea posible se trabajará a favor de la pendiente longitudinal del camino.

### 5.9.2.1. Replanteo

La técnica que vamos a utilizar para señalar el trazado del camino sobre el terreno consiste en colocar marcas que indican el centro del camino, de la misma forma que lo hacíamos para la señalización de los cortafuegos, con la diferencia de que estas marcas deben situarse de forma que cumplamos las prescripciones de construcción del camino y principalmente lo que se refiere a su pendiente longitudinal máxima.

Para comprobar esa pendiente y situar las marcas vamos a utilizar el clisímetro.

Para señalar el trazado del camino sobre el terreno lo ideal sería hacerlo de la misma manera que se hace para las carreteras y realizando un estaquillado del centro del camino, los bordes de la plataforma, los taludes, etc., pero debido al coste que esa operación tiene y a su dificultad técnica, es muy raro que se realice. A efectos prácticos y para el cumplimiento de nuestros objetivos (posibilidad de circulación por el camino, cumplimiento de las diferentes prescripciones, etc.) la señalización que proponemos puede ser suficiente.



Ejemplo de replanteo del camino con estaquillas y retirada y acumulación de la vegetación y la tierra vegetal para posteriormente utilizarla en los terraplenes del camino.

El principal problema que presenta esta forma de señalización se refiere a la contratación de la ejecución del camino, porque esa contratación no se puede realizar por volumen de materiales removidos, sino que tiene que realizarse por longitud y esa longitud no tiene en cuenta el volumen o el tipo de materiales a remover, que puede ser pequeño o grande o más o menos fácil y se va a realizar con el mismo coste.

Antes de proceder a la señalización del camino, necesitamos disponer de una copia de trabajo del plano en el que hemos diseñado el trazado del camino y en el que estén reflejados los puntos de paso obligatorio, la pendiente media de cada uno de los tramos del camino y aquellos puntos conflictivos por los que hay que pasar. También debemos conocer la pendiente máxima del camino y aquellos puntos en los que previsiblemente vamos a superar esa pendiente.

Durante el trabajo de señalización del camino necesitaremos llevar esa copia de trabajo del plano y disponer de un GPS para situarnos sobre ese pla-

no. Si no disponemos de GPS, necesitaremos una brújula para situarnos en el plano tomando rumbos desde puntos conocidos del plano.

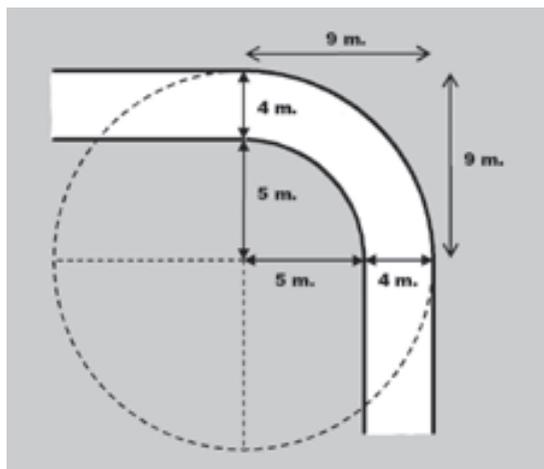
El cálculo de las pendientes con el clisímetro lo hacen dos personas, de la forma que anteriormente se ha explicado. En lugar de un punto de la anatomía de la persona de referencia, podríamos tomar esa referencia sobre un jalón o tabla de madera graduada, pero es mucho más práctico y rápido para desplazarse por el monte hacerlo de esa forma y la exactitud es prácticamente la misma. Hay que tener en cuenta que en la medición con el clisímetro hay un cierto margen de error (0,25 m. de desnivel por cada 100 m. de longitud) y que es muy difícil calcular pendientes menores del 2%.

Para realizar la señalización de la forma comentada, lo ideal es que intervengan cuatro personas: una persona de referencia, una persona con el clisímetro y dos personas poniendo marcas. La persona que lleva el clisímetro sitúa a la persona que actúa de referencia en el trazado del camino, a una cierta distancia (cuanto mayor sea esa distancia menor error se cometerá, siempre que la visibilidad de la persona de referencia sea adecuada y que el relieve del terreno permita trazar una línea recta) y según la pendiente media que deba tener ese tramo de camino. Situada la persona de referencia, la persona que lleva el clisímetro camina hasta donde se encuentra la persona de referencia y la persona de referencia recorre una nueva distancia para volver a calcular la pendiente, las personas que tienen que colocar las marcas permanecen en el lugar que estaba la persona que tiene el clisímetro. En el tiempo que la persona de referencia recorre esa nueva distancia, la persona que lleva el clisímetro indica a las personas que tienen que poner las marcas los lugares de colocación, estableciendo una línea recta entre su posición y la última marca colocada. Cuando una de las personas que ponen las marcas llega al lugar donde se encuentra la persona que tiene el clisímetro, realiza la función de establecer esa línea recta y la persona que tiene el clisímetro se desplaza hasta la posición de la persona que hace de referencia, previamente habrá comprobado la pendiente media de ese tramo de camino, y se inicia un nuevo ciclo.

Este trabajo también puede realizarse entre tres personas, aunque es más lento y complicado de realizar. Con dos personas también sería posible pero las dificultades ya serían muchas.

Como se puede comprobar, esta forma de señalización sólo permite ir marcando trozos rectos del camino y es necesario que las personas que realizan el trazado mantengan el contacto visual en cada uno de esos tramos del camino.

La medición del radio de las curvas se efectúa según la siguiente ilustración:



Con nuestra forma de trazar el camino, el relieve del terreno va a determinar el radio de las curvas y la medición anterior solamente va a tener que utilizarse para trazar las *curvas de retorno* o para trazar curvas cuando se atraviesa una vaguada.

Las marcas de señalización del camino se colocarán, para que cada marca sea visible, desde la anterior y desde la siguiente y se debe tener en cuenta la señalización adecuada de las curvas, pasos de arroyos y otros lugares complicados.

La anchura del camino se calcula en un principio según la anchura de la pala del bulldozer y posteriormente se comprueba con cinta de medir.

En zonas con matorral espeso o zonas de arbolado, este trabajo es muy penoso, por lo que en esta fase no se señalarán más elementos del camino, los cuales se señalarán posteriormente al desbroce de la vegetación o en la fase de desmonte.

En las zonas en las que la señalización es más fácil y cuando sea necesario, durante esta fase también se marcarán las zonas de ensanche del camino y los lugares en los que se habilite un cambio de sentido.

### **5.9.2.2. Eliminación de la vegetación y de la capa de tierra vegetal**

Cuando el camino tenga que discurrir por una zona de arbolado, el arbolado deberá ser eliminado previamente a la construcción del camino. Para este trabajo sirve lo ya dicho en el apartado de los cortafuegos.

Cuando el camino se haga a través de una zona de matorral, de arbolado que se pueda eliminar con el bulldozer o de una zona donde se ha eliminado el arbolado; antes de proceder al desmonte habrá que retirar esa vegetación y sus restos, especialmente los tocones de los árboles. Todos esos restos se depositan en la parte inferior y fuera de la zona que se va a desbrozar para abrir el camino, según la pendiente de la ladera que atraviesa el camino, y si es posible se machacan con las cadenas del bulldozer.

El bulldozer realiza la eliminación de la vegetación con la pala en angledozer si la pendiente de la ladera permite el trabajo longitudinal o en situación bulldozer, si tiene que trabajar en líneas de máxima pendiente. Donde la pendiente de la ladera no permita el trabajo del bulldozer, esta fase deberá realizarse juntamente con la de desmonte.



Eliminación de la vegetación con bulldozer. En primer término, realización parcial del desmonte.

La anchura de la zona de vegetación eliminada debe ser igual a la suma de la anchura de la plataforma del camino, la anchura de la cuneta, la del talud, la del terraplén y un metro a cada lado del camino, que servirá para evitar que las maniobras de la maquinaria dañen la vegetación restante y para evitar molestias de la vegetación al tránsito de los vehículos por el camino, una vez que se construya el camino.

La anchura de la plataforma depende del tipo de camino, la anchura de la cuneta se puede establecer de forma fija en 1 m. y la de los taludes y terraplenes dependerá de la pendiente de la ladera.

Con esos datos y para acelerar las operaciones, podemos calcular una anchura estándar para el lugar en el que estemos trabajando y ampliarla en las zonas con mayor pendiente. Es importante no pasarse en la eliminación de la vegetación, porque aunque nos quedemos cortos con la zona limpia, durante la fase de desmonte podremos aumentarla y no nos supondrá grandes problemas (excepto en los casos de arbolado) y si nos pasamos con la zona desbrozada, se pueden producir problemas de erosión por falta de vegetación.

La comprobación de esa anchura sobre el terreno se realiza según la anchura de la pala del bulldozer, si éste trabaja longitudinalmente. O midiéndola manualmente, cuando el bulldozer tiene que trabajar en líneas de máxima pendiente.

Cuando es posible, conviene dejar la vegetación que tiene marcas de señalización del camino, para que en la fase de desmonte se sepa donde está el centro del camino. Cuando no es posible, la anchura de la zona limpia y la pendiente transversal nos va a servir para situar el centro del camino.

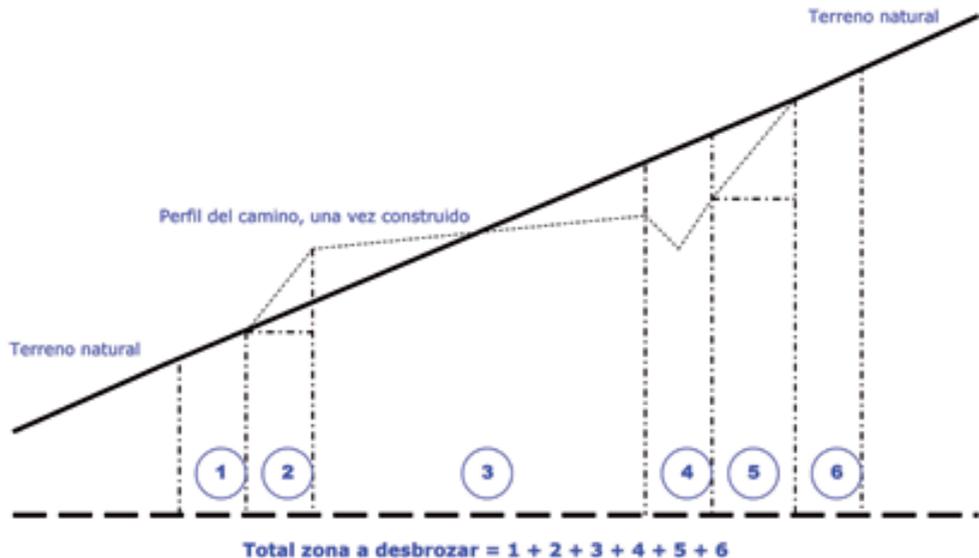
En la construcción de carreteras está prohibido construir con o sobre tierra vegetal. En nuestro caso también debería ser así y solamente deberíamos saltárnoslo en los casos que no existiera esa capa de tierra vegetal, que esa fuese muy delgada o en las zonas de gran pendiente transversal.

Para eliminar la capa de tierra vegetal se procede de la misma manera que para la eliminación de la vegetación.

Para favorecer la colonización de la vegetación en el terraplén del camino, facilitar el asentamiento de éste y evitar su erosión, si la tierra vegetal que eliminamos la dejamos formando un cordón en la parte inferior de la zona limpia, una vez que se construya el camino, podemos extenderla con una retroexcavadora por el terraplén del camino y así facilitaremos la colonización de la vegetación.

Si la vegetación que eliminamos no va a suponer un estorbo para realizar el proceso anterior o si ese proceso no se va a realizar, la eliminación de la vegetación y de la capa de tierra vegetal se hace a la vez. En caso contrario la eliminación de la vegetación y de la capa de tierra vegetal se hace en diferentes fases.

En esta fase y si es posible, se procedería a marcar zonas de ensanche del camino y los lugares en los que se habilite un cambio de sentido, para dejar limpias también estas zonas. Si no es posible, se realizaría con posterioridad a la fase de desmonte.



- 1 y 6 .- Margen de protección.
- 2 .- Terraplén.
- 3 .- Plataforma del camino.
- 4 .- Cuneta.
- 5 .- Terraplén.

### 5.9.2.3. Desmante

Esta fase consiste en ir excavando el terreno para extraer materiales que se depositan en la parte inferior de la ladera y así ir conformando la plataforma del camino.

Para hacerlo, el bulldozer trabajará con la pala en posición angledozer e irá removiendo y extendiendo sucesivas capas de tierra.

Para conseguir una buena estabilidad del terraplén y del firme del camino, cuando el talud que se debe realizar tiene una cierta altura (generalmente a partir de 2 m. aunque con materiales más sueltos puede ser necesario con menores alturas; con materiales más duros se puede aumentar esa altura), será necesario compactar esas capas que va removiendo el bulldozer con un rodillo vibrador. También será necesario hacer una compactación de la tierra que se va removiendo cuando se hace un terraplén para superar una vaguada, especialmente cuando la vaguada tiene una cierta altura (aprox. más de 2 m.).

Cuando haya que realizar esa compactación, las capas de tierra que remueve el bulldozer no deberían tener un grosor superior a 40 cm.

Para conseguir una buena compactación y estabilidad del terraplén y del firme del camino, es conveniente trabajar cuando el suelo tenga cierta humedad (que no esté seco, pero que la humedad no sea tanta que impida el correcto trabajo de la maquinaria).

Cuando aparezcan materiales duros que no se puedan arrancar con la pala, el bulldozer utilizará el ripper para removerlos y luego los arrancará y extenderá con la pala. Si esos materiales no se pueden remover con el ripper, el bulldozer superará esa zona por el lugar que pueda y con el mínimo movimiento de tierra posible; superada esa zona continuará con el trabajo de desmonte del camino.

Posteriormente utilizaremos una retroexcavadora con martillo hidráulico para partir los materiales de esa zona que no pudo desmontar el bulldozer y nuevamente el bulldozer los removerá y los extenderá.

Si el bulldozer no puede superar esa zona por ningún lugar, necesitaremos realizar la operación de demolición inmediatamente para poder seguir con el desmonte del camino.



Demolición de roca con retroexcavadora y martillo hidráulico

Cuando el camino tenga que atravesar una zona húmeda, y siempre que sea posible, se acondicionará el camino en las mínimas condiciones para que permitan que pueda circular el bulldozer y el resto de la maquinaria, el bulldozer continuará con el desmonte del camino y en esa zona haremos las operaciones de eliminación de zonas húmedas.



Bulldozer trabajando en la explanación del camino.

#### **5.9.2.4. Taluzado**

Esta operación consiste en dotar al talud del camino, de la pendiente necesaria para que sea estable y que no haya desprendimientos.

La pendiente del talud dependerá del tipo de materiales, según lo ya explicado.



Ejemplo de proceso de colonización de la vegetación en un talud. Se trata de un camino de tercer orden sin cuneta y el talud del camino se realizó con bulldozer. La pendiente del talud es de 1,5:1.

Para conseguir esa pendiente lo ideal es, que a la vez que el bulldozer va haciendo el desmonte del camino, se disponga de una motoniveladora que vaya perfilando la pendiente del talud en cada una de las capas que va arrancando el bulldozer.

Esto supone que durante esta fase, la motoniveladora permanece parada la mayor parte del tiempo, lo que incrementa mucho el coste de la operación y por ese motivo no se suele realizar.

Una alternativa a esa técnica es que sea el bulldozer el que vaya realizando la pendiente del talud a la vez que realiza el desmonte del camino. Para realizar esta operación el bulldozer trabaja con la pala en posición angledozer y se desplaza sobre el talud. Los taludes a tratar con esta técnica no pueden tener mucha altura (aprox. menos de 2 m.), por lo que en caso de que el talud tenga más altura, será necesario realizar esta operación a la vez que el desmonte del camino y de varias veces. Debido a la necesidad de estabilidad lateral del bulldozer al desplazarse por el talud, la pendiente del talud que se logra con esta técnica tiene que ser baja (entre 2:1 y 1:1) y puede haber ocasiones en las que se realice un movimiento de tierra mayor del que sería necesario; por otro lado tiene la ventaja de que al conseguir una pendiente baja, los taludes son más estables y fáciles de colonizar por la vegetación.

En materiales duros, el bulldozer generalmente no va a poder realizar este tipo de labor, pero en esas situaciones no suele haber problemas de estabilidad del talud, aunque en ocasiones requerirá un pequeño perfilado con una retroexcavadora.

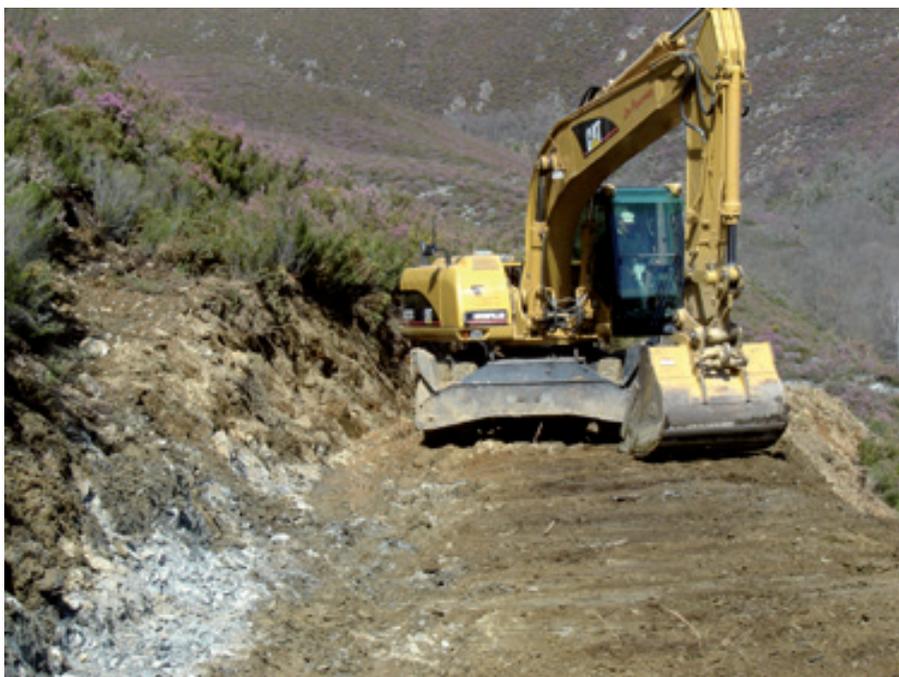
Otra alternativa para realizar los taludes del camino es hacerlos con una motoniveladora y una vez que se ha finalizado el desmonte del camino. Las ventajas de esta técnica son la rapidez de trabajo de la motoniveladora y la calidad del trabajo efectuado. Los inconvenientes son que debido a la forma en que la motoniveladora tiene que colocar la cuchilla para realizar este trabajo (especialmente en los casos de mayor altura de los taludes), sufren mucho los diferentes elementos de la máquina y se pueden producir averías y que la motoniveladora tiene menos capacidad que el bulldozer para trabajar en materiales duros y para mover cantidades grandes de materiales.

Teniendo en cuenta esas ventajas y esos inconvenientes, elegiríamos este método de trabajo para caminos con un talud de poca altura (< 2 m.) y con materiales suficientemente sueltos para que la motoniveladora trabaje sin dificultad.

Con las diferentes técnicas explicadas, vemos que los mayores problemas se dan cuando se trabaja con materiales duros y cuando hay taludes de gran altura (más de 2 m.), en estos casos casi siempre habrá que utilizar una retroexcavadora para realizar la pendiente del talud.

Dado que la retroexcavadora sirve para los casos más complicados, también podríamos usarla en el resto de casos y como también vamos a tener que usarla para la colocación de drenajes y para otras funciones, podríamos pensar en usarla para realizar todo el trabajo con una sola máquina, incluido el desmonte del camino.

Hay casos en los que la construcción del camino se hace de esta forma, pero normalmente no se hace debido al mayor coste de esta técnica. Aunque la difusión del uso de estas máquinas, su facilidad de manejo cada vez mayor y el aumento constante de su capacidad para el movimiento de tierras, hace que los costes de construcción de caminos con esta técnica sean cada vez más parecidos a los de otras máquinas.



Ejemplo de apertura de camino con retroexcavadora. En este caso se trata de un camino de tercer orden sin cuneta y todas las fases de construcción se han realizado con esta máquina. En la foto durante la fase de explanación y acondicionamiento del firme.

#### **5.9.2.5. Terraplén**

El terraplén del camino debe ser estable y debe tener la pendiente correcta. Esta pendiente es similar a la del talud del camino, aunque puede ser un poco mayor.

Para conseguir la estabilidad del terraplén vale lo dicho en el apartado de *Desmante* y respecto a la pendiente, ya que va a depender de la pendiente del talud, sólo es necesario prestar atención a no crear pendientes demasiado fuertes que puedan ser inestables.

Si se facilita la colonización de la vegetación, aumentaremos la estabilidad y para ello vale lo dicho en el apartado de *Eliminación de la vegetación y de la capa de tierra vegetal*.

### **5.9.2.6. Explanación y acondicionamiento del firme**

Cuando el bulldozer realiza el desmante del camino, va configurando la plataforma del camino, de manera que pueda irse desplazando por ella, pero esa plataforma tendrá muchas irregularidades y tampoco tendrá la pendiente lateral adecuada. Por ello, se necesitará una operación específica de explanación.

Posteriormente a esa fase, realizaremos las operaciones necesarias para acondicionar el firme en las condiciones que precisemos para garantizar la circulación del tipo de vehículos que tiene que circular por ese camino. Estas operaciones comprenderán el refinado de la plataforma, su compactación, el extendido de zahorras artificiales y el pavimentado o asfaltado de algunos tramos.

Recordamos que la plataforma del camino debe tener una pequeña pendiente transversal hacia el exterior del camino (2-3%) y que el borde exterior del camino no tiene que tener ningún obstáculo que impida la evacuación del agua que discurra por la plataforma (especialmente cordones de tierra). Como mucho se puede permitir que la plataforma del camino sea llana (hemos dicho que así deberá ser en las curvas, ya que la realización de peraltes puede ser complicada), pero en ningún caso debe permitirse que tenga pendiente hacia el interior del camino y mucho peor es que esté hundida y pueda acumular agua.

También hemos dicho que como paso previo al desmante del camino debe retirarse la tierra vegetal. Independientemente de la eficacia conseguida en esa actuación, lo que nunca puede hacerse es refinar la plataforma del camino con tierra vegetal, ya que esa tierra no tiene la misma capacidad de soportar el paso de los vehículos que la tierra mineral y va a provocar que en el camino se formen barro y roderas que dificulten la circulación y deterioren el camino.

El refinado del firme del camino siempre debe hacerse con motoniveladora, por lo que el momento en el que empezamos a usar esta máquina dependerá de las diferentes situaciones y para ello hay que tener en cuenta lo ya comen-

tado, de que la motoniveladora tiene menos capacidad que el bulldozer para trabajar en materiales duros y para mover grandes cantidades de material, aunque tiene la ventaja de su mayor velocidad de trabajo.

El procedimiento más adecuado consiste en que una vez hecho el desmonte con el bulldozer, teniendo configurada la plataforma del camino y realizado el talud (aunque el talud también puede hacerse a la vez que la apertura de la cuneta con la motoniveladora), se abre la cuneta con el bulldozer y los materiales extraídos de la cuneta se dejan en el borde exterior de la cuneta formando un cordón. Posteriormente la motoniveladora extiende ese cordón y utiliza esos materiales para rellenar posibles huecos y conseguir un adecuado perfilado y refino de la plataforma del camino. La pendiente transversal de la plataforma es mucho más fácil de conseguir con la motoniveladora que con el bulldozer.

Con materiales suficientemente sueltos y con alturas de taludes pequeñas (aprox. hasta 1 m.), podemos optar porque una vez que el bulldozer hace el desmonte del camino, introduce uno de los arados del ripper en el suelo y recorre así el lugar por donde va a ir la cuneta pero no extrae los materiales. Posteriormente es la motoniveladora la que primero hace el talud del camino, después extrae los materiales de la cuneta y luego extiende todos los materiales extraídos para realizar la explanación del camino y el refino de la plataforma. En esas condiciones podemos conseguir una mayor velocidad de trabajo que con la técnica expuesta anteriormente.



Refino de la plataforma del camino con motoniveladora

Una vez realizada la explanación y refinado de la plataforma del camino, es conveniente realizar un repaso manual, con la finalidad de retirar piedras que pueden haber quedado en el camino, tapar pequeños hoyos, retirar raíces, etc. Puede que esta operación no sea necesaria porque la motoniveladora debería dejar el firme del camino en buenas condiciones, pero si es posible realizarla, se conseguirá una mayor calidad de la obra.

La operación de compactación del firme del camino es conveniente realizarla en todo tipo de caminos, ya que así se consigue una mayor capacidad del firme para soportar el paso de los vehículos, y es imprescindible para aquellos caminos que vayan a tener mayor tráfico de vehículos.

La compactación del firme del camino se realiza con rodillo vibrador de acero y es necesario que la tierra tenga una cierta humedad. Si esa humedad no existe, deberemos regar el camino antes de la compactación.

En los caminos que vayan a tener muy poco tráfico, una vez realizada la explanación y acondicionamiento del firme y siempre que no se vayan a compactar, se puede proceder a una siembra de herbáceas que servirá para evitar la erosión de la plataforma del camino y para otros fines como disimularlos en el paisaje o favorecer a la fauna silvestre.

En los Caminos de Primer Orden se debe consolidar el firme del camino con materiales adecuados para garantizar las condiciones de circulación que hemos establecido para estos caminos.

Los materiales a utilizar pueden tener muy diversa procedencia y dependerán de la disponibilidad en las cercanías del monte, ya que si es necesario transportarlos desde largas distancias, el coste se va a disparar y generalmente no va ser posible.

Las condiciones que tienen que cumplir esos materiales son que sean drenantes, que tengan aristas para que encajen unos con otros y tengan una buena estabilidad. Los cantos rodados de río (redondos) no sirven con su forma natural, ya que debido a ella y al tráfico de los vehículos, se van desplazando y acaban saliéndose de la plataforma del camino.

Para proceder a extender esos materiales es necesario que el camino esté explanado, refinado y compactado y que no haya ningún tipo de hoyo o irregularidad en la plataforma.

Como norma general para cumplir las prescripciones para este tipo de caminos y que puede variar dependiendo de las situaciones, los materiales, etc.; extenderemos sobre el camino (que ya está en las condiciones comentadas) una capa de materiales gruesos (entre 5 y 10 cm. de diámetro máximo)

de unos 10 cm. de espesor como mínimo y que será más gruesa en aquellos lugares en los que pueda aparecer humedad o acumularse agua. Esta capa se extiende con la motoniveladora y se compacta con el rodillo vibrador. Sobre esa capa extenderemos otra capa de materiales más finos (de unos 2 cm. de diámetro máximo) con un grosor de 10 cm. también, realizando las mismas operaciones que en el caso anterior.

En aquellos caminos que haya que crear tramos de asfalto u hormigón, será necesario tener el camino en las mismas condiciones que para el extendido de zahorra y, generalmente, de forma previa extender sobre la plataforma del camino una capa de material drenante de unos pocos centímetros de espesor y compactar esa capa. Después se procede al asfaltado u hormigonado.

### **5.9.2.7. Apertura de cuneta**

En nuestro caso hemos establecido como medidas estándar para la cuneta 1 m. de altura y 50 cm. de profundidad. Con esas dimensiones tenemos una cuneta que tiene unos taludes con pendiente 1:1. Esas dimensiones nos pueden servir para la mayoría de los casos, pero puede haber situaciones en las que sea necesario aumentar la profundidad de la cuneta debido a la cantidad de agua a evacuar y la pendiente de los taludes la podemos reducir o aumentar en función de la estabilidad de los materiales sobre los que se construya la cuneta, pudiendo llegar a ser rectos en el caso de que esté excavada en roca. Lo que creemos que nunca se debe hacer es reducir esa profundidad de la cuneta.

En el apartado de *Explanación y Acondicionamiento del Firme* ya hemos explicado dos formas de proceder para abrir la cuneta del camino, el único caso que con esas técnicas no podríamos resolver, sería cuando aparezcan materiales demasiado duros para que sean removidos por esas máquinas, entonces deberemos utilizar una retroexcavadora con martillo hidráulico para demoler esos materiales. Para extraer esos materiales demolidos y dejar limpia la cuneta, podemos hacerlo con el bulldozer, con la motoniveladora o con la retroexcavadora provista de cazo. La utilización de una u otra máquina dependerá de su disponibilidad, de la longitud sobre la que actuar (si es mucha la mejor opción es el bulldozer) o de la dureza de los materiales (si no es mucha se pueden extraer con la motoniveladora).

Por este motivo, por lo explicado en el apartado de *Desmonte* y en el apartado de *Taluzado*, cuando en los trabajos de construcción de caminos se prevea que van a aparecer materiales duros que no pueden ser removidos por el bulldozer, es conveniente que a la vez que el bulldozer está trabajando se encuentre en el mismo tajo una retroexcavadora con martillo hidráulico para trabajar en aquellos puntos que aparezcan esos materiales duros. Al trabajar

conjuntamente con el bulldozer se puede utilizar el bulldozer para extraer y extender éstos materiales y de esa forma no es necesario cambiar la herramienta de la retroexcavadora.

Para abrir la cuneta mediante el bulldozer primero se ara con el riper la zona donde va a ir la cuneta hasta la profundidad que deba tener. Para ello el riper sólo debe tener un arado, que generalmente se sitúa en uno de los extremos del riper, aunque situado en el centro transmite mejor la potencia de la máquina pero dificulta las maniobras. Los materiales se extraen de la cuneta con la pala del bulldozer, aprovechando la rotura de los materiales que realiza el riper. Para ello se debe colocar la pala en posición angledozer y til-dozer y se introduce en el suelo la punta de la pala más alejada del frente de la máquina. El bulldozer al ir extrayendo materiales de la cuneta va creando una rampa por la que se desplaza y que aprovecharemos para conseguir la profundidad deseada de la cuneta, ya que permite al bulldozer introducir más profundamente la pala.

### **5.9.2.8. Eliminación de zonas húmedas**

Por zonas húmedas entendemos aquellas zonas encharcadas, temporal o permanentemente, o aquellos lugares en los que brota agua del suelo, también de forma permanente o temporal. Con este término no nos referimos a vaguadas de desagüe (arroyos, torrentes, etc.).

El problema que causan estas zonas es que al humedecer el camino los materiales se vuelven muy blandos y cuando pasan los vehículos se hunden, dificultando la circulación o impidiéndola en algunos casos.

La primera opción para solucionar este problema es evitar estas zonas, como ya se ha explicado anteriormente. El resto de soluciones dependerá de como sea la zona húmeda, pero en todo caso de lo que se trata es de que el firme del camino se mantenga seco y estable.

Para que un camino pase adecuadamente por una zona húmeda va a ser necesario que, prácticamente, en todos los casos, lo dotemos de cuneta, por lo que cuando se trate un camino sin cuneta, en estas zonas deberemos construirlo con cuneta.

Cuando el agua que aporta la zona húmeda a la cuneta del camino es una gran cantidad, puede ser necesario construir un paso de agua para evacuarla en el lugar donde aparece el agua. En el mismo caso y también cuando el agua aportada es poca y cuando los materiales de la cuneta son suficientemente impermeables para evitar la entrada de humedad en el camino, se puede dejar que el agua discurra hasta el primer paso de agua del camino. En este caso

hay que tener en cuenta la interrupción de ese flujo de agua, por si es interesante hacerlo cruzar el camino en el mismo lugar donde aparece el agua.

Cuando el agua que aporta la zona húmeda es poca y los materiales de la cuneta permiten la entrada de humedad en el camino, necesitaremos drenar esa humedad para mantener seco el camino. Para ello proponemos dos soluciones.

La primera es colocar de forma transversal, debajo del firme del camino y a la profundidad necesaria, tubos de plástico para facilitar la evacuación del agua. Estos tubos tendrán un diámetro de entre 5 y 10 cm. y se colocarán tantos tubos como sea necesario. Hay que asegurarse que estos tubos soporten el paso de los vehículos que vayan a circular por ese camino, para ello habrá que compactar la tierra alrededor y encima de los tubos y poner suficiente capa de tierra para que soporten ese paso; si eso no es suficiente habrá que poner una capa de hormigón encima de los tubos.

La segunda solución consiste en crear una capa de piedras gruesas en el mismo lugar y de la misma forma que colocábamos los tubos de plástico. De esa forma el agua se filtra a través de las piedras y la parte del camino que queda encima de las piedras se mantiene seca.

Independientemente de la cantidad de agua que aporte la zona húmeda, si los materiales extraídos en el desmonte del camino a través de esa zona son propensos a encharcarse (arcillas), debemos retirarlos y sustituirlos por otros con más capacidad de drenaje.

Para retirar y sustituir esos materiales utilizaremos una retroexcavadora y un camión. Extraeremos con la retroexcavadora todos esos materiales de la totalidad de la longitud del camino que atraviese la zona húmeda y hasta la profundidad donde aparezcan materiales más estables, después los transportaremos con el camión hasta una zona de depósito.

A continuación adoptaremos la solución oportuna para el drenaje del agua de la zona húmeda, como se ha explicado anteriormente.

Luego, de alguna zona del monte próxima, extraeremos y transportaremos materiales adecuados para depositarlos en la parte del camino que atraviesa la zona húmeda y de donde hemos extraído los materiales del camino.

Dependiendo de la longitud de esa zona podremos extender esos materiales con la retroexcavadora o será necesario hacerlo con el bulldozer o la motoniveladora. Generalmente será necesaria la compactación de esos materiales con un rodillo vibrador, sobre todo cuando la profundidad supere los 50 cm.

### 5.9.2.9. Paso de vaguadas

El tipo de drenajes transversales a colocar en los caminos, lo hemos establecido en las prescripciones de la Red de Accesos. En este punto sólo nos vamos a referir a la forma de construcción de esos drenajes cuando se trata de superar vaguadas y cuando vamos a colocar tubos.

La primera cuestión a tener en cuenta en estos casos es que los tubos deben colocarse sobre el fondo de la vaguada y si ese fondo no es estable, necesitaremos nivelar y compactar el suelo y realizar una solera de hormigón en el fondo de la vaguada sobre la que colocaremos los tubos. En cualquiera de los casos, será necesario nivelar y compactar adecuadamente el suelo debajo de los tubos, para que no queden huecos o resaltes y los tubos asienten en toda su longitud sobre el suelo.

La segunda cuestión es colocar los tubos sobre el fondo natural de la vaguada y no sobre la acumulación de tierra con la que se ha rellenado la vaguada, para que el camino atraviese por ese lugar. El motivo de hacerlo de esa forma es que si los colocamos sobre la tierra acumulada, corremos el riesgo de que al asentarse la tierra se muevan los tubos, se descoquen y puedan romperse por el paso de los vehículos. También proponemos hacerlo así porque el agua que sale por los tubos erosiona la tierra acumulada en la vaguada, primero por fuera y luego por debajo de los tubos, y acaba haciendo que los tubos se desprendan y se destruya el paso.

Construyendo de la forma expuesta evitamos esos problemas y además aumentamos la capacidad de los tubos para soportar el peso de los vehículos. Si en algún caso no se pueden colocar los tubos sobre el fondo de la vaguada, necesitaremos construir una rampa con materiales no erosionables (lo más sencillo es hormigón) desde la salida de los tubos hasta el suelo natural, para evitar que el agua se lleve la tierra acumulada y se destruya el paso.



Ejemplo de paso mal colocado en el que el agua está provocando erosión que acabará por destruir el paso.

La tercera cuestión es que tanto las entradas como las salidas de los tubos, necesitan ser reforzadas con un pequeño muro para evitar que el agua erosione en torno a los tubos y acabe destruyendo el camino. En vaguadas grandes y cuando la plataforma del camino está a una cierta altura sobre el fondo de la vaguada, puede ser necesario que el muro que se construya tenga una cierta altura.

Este muro se podría construir de diversas formas y con diversos materiales, nosotros recomendamos que se haga con piedra de la zona, unida con mortero de arena y cemento.



Ejemplo de muro de piedra construido en un paso de agua de 50 cm. de diámetro. Nótese como los tubos se han colocado sobre el fondo de la vaguada.

Para colocar los tubos sobre el fondo de la vaguada, generalmente es necesario colocarlos antes de rellenar la vaguada para pasar el camino. Ya que si la distancia desde el fondo de la vaguada a la plataforma del camino es grande y colocamos los tubos después de rellenar la vaguada, necesitaremos hacer una zanja de gran profundidad y además del riesgo que eso supone para la seguridad de los operarios, tiene un gran coste. Solamente en vaguadas en las que la distancia desde el fondo de la vaguada a la plataforma del camino sea pequeña (aprox. un 1 m.) podremos colocar los tubos después de rellenar la vaguada.

Cuando la vaguada a superar es profunda, puede ser necesario hacer un pequeño camino de acceso para colocar los tubos y posteriormente realizar el aporte de tierras necesario para construir el camino definitivo.

Siguiendo la pendiente natural del suelo de la vaguada con la colocación de los tubos, obtendremos un paso de agua con la pendiente necesaria para facilitar la salida del agua.

Para colocar los tubos en estas situaciones, se puede hacer mediante un camión con pluma, si hay acceso para ese vehículo, o ayudándonos con el brazo de una retroexcavadora, si el acceso es complicado. Si utilizamos una retroexcavadora mixta para esta operación, podemos transportar los tubos en la pala de la retroexcavadora y luego colocarlos con ayuda del brazo de la retroexcavadora.

La dirección de emboquillado más habitual de los tubos es aguas arriba y encajando el extremo macho en el extremo hembra de los tubos.

Existen aplicaciones informáticas que podríamos utilizar para calcular la resistencia de los pasos de agua según la profundidad a la que los enterramos y según tipo de material que utilizamos en el relleno y podríamos calcular la forma de construcción necesaria en cada caso, para conseguir la resistencia que necesitemos. Aunque también podemos adoptar formas de construcción estándar y comprobar si en la zona existen instalaciones similares y ver si funcionan. De esta forma nos ahorraremos procesos de cálculo y ganaremos en rapidez y facilidad de trabajo sin perder seguridad en las construcciones.

Nuestra experiencia es que con el tipo de tubos que proponemos utilizar, colocándolos directamente en el suelo y cubriéndolos solamente con tierra (tierra arcillosa con mezcla de piedras de pequeño tamaño), siempre que estén adecuadamente colocados, cuando la capa de tierra que cubre los tubos tiene un grosor mínimo de 50 cm., el paso de agua es capaz de soportar sin ningún problema el paso de una góndola transportando un bulldozer (aprox. entre 35 y 40 Tm.), que va a ser el máximo peso que tenga que soportar. Cuando la capa de tierra que vaya a cubrir los tubos no tenga ese grosor o cuando se trate de tierra muy suelta, será necesario cubrir los tubos con una capa de hormigón (min. 10 cm.), para dotarlos de la resistencia necesaria.

Una distancia mayor que la comentada desde los tubos a la plataforma del camino no suele ser un problema, sino al contrario una ayuda para la resistencia del paso de agua. En el tipo de caminos que vamos a construir es raro que en una vaguada la distancia entre los tubos y la plataforma del camino sea mayor de 5 m., por lo que no necesitaremos ninguna actuación especial. En el caso de que esa distancia sea mayor de 5 m. puede ser necesario realizar un encofrado de hormigón de suficiente grosor sobre los tubos, para que el peso de la tierra no sea un problema.

Por la utilidad que van a tener este tipo de pasos de agua, no es necesario que sellemos las uniones entre los tubos, con hormigón u otro tipo de

material. Los sistemas de engarce que tienen los tubos son suficientes para garantizar la estanqueidad del paso de agua y las posibles fugas a través de las juntas no van a suponer un problema para el camino.

Cuando los tubos se van a cubrir solamente con tierra, para que logre resistencia, es necesario colocarlos de forma adecuada.

Lo primero es nivelar y compactar adecuadamente el suelo de la forma comentada y realizar una alineación de los tubos.

Seguidamente y una vez colocados los tubos, hay que ir aportando tierra por los laterales de los tubos e ir compactándola adecuadamente, hasta recubrir los tubos con una capa de tierra de unos 20 cm. Esta tierra no puede contener piedras de un grosor tal que puedan suponer un riesgo de rotura para los tubos, debido a que al recubrir con el resto de la tierra y por el paso de los vehículos, esas piedras pueden hacer un efecto palanca y romper los tubos. Si no se dispone de tierra en condiciones para cubrir los tubos en esa primera capa, habrá que hacerlo con áridos y compactarlos adecuadamente.

Utilizando tubos con base plana y colocándolos adecuadamente, solucionamos el problema de que la tierra que aportamos a los tubos en la parte inferior no quede adecuadamente compactada o que se caigan piedras que puedan romper los tubos en esa parte. Además son más fáciles de colocar y más estables durante la colocación.



Paso de agua al que se le ha añadido un solado de piedra sobre el camino, para evitar que puntuales acumulaciones de agua erosionen la plataforma del camino.

Hasta aquí, la compactación de la tierra con la que hemos recubierto los tubos, se puede hacer con herramientas manuales o con el cazo de una retroexcavadora, con las debidas precauciones, en ese caso.

A partir de este momento, la tierra la podemos aportar con la retroexcavadora, el bulldozer, etc., teniendo en cuenta que la tierra la tenemos que ir aportando en capas de unos 40 cm. e ir compactando esas capas. Esa compactación la podemos hacer con el cazo de la retroexcavadora o las cadenas del bulldozer cuando la cantidad de tierra a aportar para superar la vaguada es pequeña. En caso de vaguadas grandes, la compactación la realizaremos con el rodillo vibrador a la vez que el bulldozer trabaja para rellenar la vaguada.

Cuando necesitemos recubrir los tubos con hormigón, hay que asentarlos adecuadamente sobre una capa de hormigón que echaremos en el suelo y posteriormente los cubriremos totalmente con el hormigón. La capa de hormigón debe tener 10 cm. como mínimo. Después rellenaremos con tierra y compactaremos. De esta forma creamos una estructura que aumenta mucho la resistencia del conjunto y nos servirá para soportar el máximo peso que puede circular por estos caminos.

Si estamos colocando los tubos en una zanja, podemos utilizar esa zanja como molde para verter el hormigón (tapando de alguna manera los extremos del paso de agua).

Si no existe la zanja, podemos proceder de dos maneras. Crear un sistema de encofrado (madera, chapas, etc.) y verter el hormigón sobre los tubos o aproximar tierra a los lados de los tubos para crear la zanja que nos sirva de molde.

Es importante indicar que el hormigón se debe echar de una sola vez, para que se cree una sola estructura sin grietas o líneas de fractura. También hay que respetar las condiciones del hormigón en cuanto a mezclas, tiempo de secado, etc.

Cuando haya que colocar dos filas paralelas de tubos, procederemos en las mismas condiciones que las ya relatadas. Hay que tener en cuenta que deberemos dar la estabilidad adecuada al conjunto, para lo que generalmente tendremos que utilizar hormigón, y deberemos construir de forma adecuada los muros situados a la entrada y salida del paso, para evitar la erosión del agua, ya que en estos casos circulará una cantidad importante.

La construcción de los muros de contención puede hacerse de manera previa al rellenado de la vaguada o de forma posterior. Si se hace de forma previa necesitaremos hacer menor movimiento de tierras para la vaguada.

Al construir sobre el suelo de la vaguada (que debido al desgaste que el agua ya habrá producido generalmente será de materiales duros), nos evitamos que a la salida del agua del paso, el agua erosione el suelo y escarbe debajo de los tubos, lo que puede provocar el derrumbe del paso. Aunque eso sea así, es conveniente que a la salida del agua del paso se haga una pequeña rampa de hormigón para evitar la erosión.

En el caso de que el agua que discurre por estas vaguadas genere un fuerte proceso erosivo en la vaguada, sería necesario construir diques de contención en esa vaguada, pero esa ya es una actuación que se sale de las pretensiones de esta publicación.

Recordamos lo dicho respecto al sobredimensionamiento de los drenajes cuando existen dudas sobre la capacidad de desagüe, ya que es mucho más importante en este punto, puesto que la colocación de estos pasos de agua durante la construcción del camino es relativamente sencilla y si estos pasos son destruidos, su reconstrucción es muy complicada, además de los procesos erosivos que se producirían.

#### **5.9.2.10. Badenes**

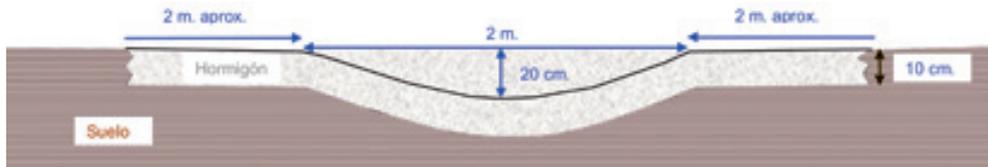


Ejemplo de badén con escollera para proteger el talud del camino.

Utilizaremos la construcción de badenes en aquellos lugares que hemos establecido en las prescripciones de la Red de Accesos.

Los badenes los podemos construir sobre el suelo natural o sobre la plataforma del camino, independientemente de la altura de ésta sobre el suelo natural. Por ese motivo podemos construirlos durante la fase de desmonte del camino o posteriormente a la fase de explanación y acondicionamiento del firme, incluso cuando el firme se estabiliza con zahorra artificial u otros materiales.

La forma del badén será la que exponemos en la ilustración. El espesor del hormigón nunca se debe disminuir y generalmente tampoco será necesario aumentarlo. La anchura del badén será la misma que la del camino y el resto de medidas serán aproximadamente las de la ilustración, aunque se podrán aumentar para evitar que, debido a la cantidad de agua que tenga que pasar por el badén, nunca se erosione la plataforma del camino.



El suelo donde construyamos el badén debe compactarse previamente, creando la forma que va a tener el badén. Después colocaremos una malla de acero en toda la superficie del badén y la cubriremos con hormigón, dando la forma definitiva al badén.

Cuando el badén desagüe sobre el terraplén del camino y no sobre el suelo natural, deberemos crear una rampa de hormigón para que el agua que discurre por el badén no erosione el terraplén del camino. Esta rampa debe llegar desde la plataforma del camino hasta el suelo natural y tener la anchura necesaria para que el agua no la desborde por los lados.



Escollera de piedra y hormigón realizada sobre el terraplén de un camino a la salida del agua de un badén. Esta actuación fue necesaria debido a la cantidad de agua

que discurría por el badén y a la erosión que había provocado en el terraplén del camino. Como ya hemos comentado, en la planificación de las diferentes infraestructuras se deben buscar alternativas que eviten tener que recurrir a este tipo de obras.

En los casos en que construyamos un badén sobre un curso de agua permanente o que temporalmente discurra agua cuando estamos construyendo el badén, haremos una pequeña presa de tierra en la parte superior del badén, desviaremos el curso del agua por un lado del badén, construiremos el badén en la zona seca y dejaremos que fragüe el hormigón. Cuando el hormigón esté duro moveremos la presa para desviar el agua por encima del badén construido y terminaremos de construir la zona del badén por donde antes circulaba el agua, después eliminaremos la presa y dejaremos que el agua pase por el badén.

De esta forma evitamos que el agua se lleve el hormigón y que se enturbie y contamine el curso de agua.

#### **5.9.2.11. Pasos de agua en lugares del camino que no son vaguadas**

En este punto nos referimos a aquellos pasos de agua que se colocan en el camino pero que no coinciden con ninguna vaguada.

Nos sirven para evitar acumulaciones de agua en la cuneta, al pasar esa agua al otro lado del camino, y para evitar la erosión del terreno en su parte inferior, al verter en esa zona y de forma controlada, el agua de la cuneta.

La distancia a la que se deben colocar estos pasos ya la hemos establecido en las prescripciones correspondientes y la dimensión que hemos adoptado, es de 50 cm. de diámetro.

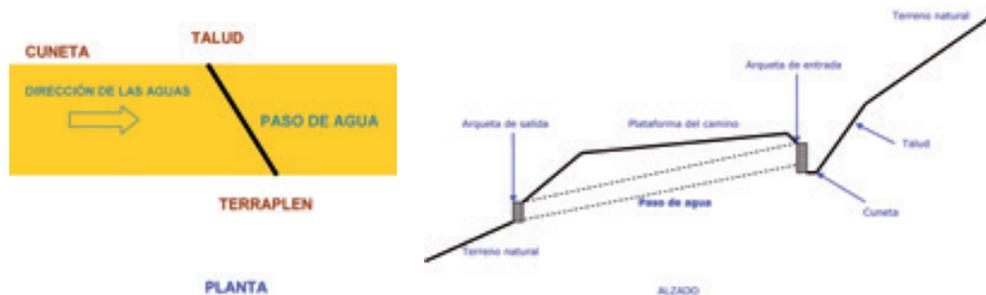
La construcción de estos pasos se hace de forma posterior a la fase de desmonte del camino y puede hacerse de forma anterior o posterior a la fase de explanación y acondicionamiento del firme. Siempre se hará de forma anterior al acondicionamiento del firme cuando se vaya a extender zahorra artificial u otros materiales de consolidación del firme.

Recomendamos que la instalación de estos pasos de agua se haga después del desmonte y explanación del camino y antes del acondicionamiento del firme, ya que si se hace después del acondicionamiento del firme y por muy bien que se deje la zona donde se ha instalado el paso, van a quedar irregularidades que perjudiquen la circulación y en las que se puede acumular agua. En un primer momento pueden dejarse sin construir las arquetas de entrada

y salida y construir las una vez acondicionado el firme, de esta forma facilitaremos el trabajo de la motoniveladora.

Cuando los pasos se colocan en vaguadas, el agua se dirige directamente al paso y con seguir el perfil del fondo de la vaguada, será suficiente para lograr la adecuada evacuación del agua a través del paso y evitar la acumulación de materiales que puedan obstruir el paso. Pero cuando colocamos los pasos en estos otros lugares del camino, necesitaremos colocar el paso con un determinado ángulo respecto a la perpendicular al eje longitudinal del camino y dotar al paso de una cierta pendiente hacia la salida del agua, para conseguir que el agua discurra y se evacúe con facilidad, para que no se acumule en el paso y para que los posibles materiales que arrastre el agua tampoco se acumulen y puedan provocar la obstrucción del paso de agua.

Las ilustraciones indican la forma de colocación de este tipo de pasos de agua.



El ángulo con el que hay que colocar los tubos, respecto a la perpendicular al eje longitudinal del camino, es de unos 20 grados y la pendiente de salida del agua es suficiente con que sea del 3% (tres centímetros de desnivel por cada metro de longitud del paso).

La colocación de los tubos y las condiciones que debe reunir el paso para soportar el peso de los vehículos que circulan por el camino, son las mismas que las que exponíamos para la colocación de los tubos en vaguadas.

En este caso siempre será necesario abrir una zanja para colocar los tubos. Puesto que el diámetro de estos tubos siempre va a ser 50 cm., abriremos una zanja de 80 cm. de anchura y de un 1 m. como mínimo de profundidad (la profundidad puede reducirse a 80 cm. para los casos en que haya que excavar la zanja en roca, cubriendo después los tubos con hormigón). Esa anchura nos permitirá trabajar adecuadamente y nos servirá de molde para el caso de que tengamos que cubrir los tubos con hormigón. Con la profundidad señalada conseguiremos que los tubos tengan encima una capa de tierra de 50 cm. como mínimo, lo que será suficiente para garantizar su resistencia.

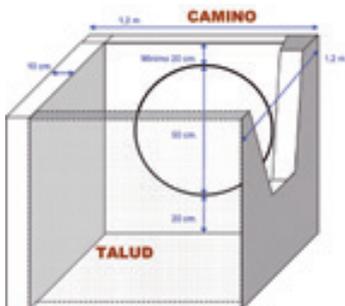
Antes de abrir la zanja, marcaremos una raya en el camino que indicará el ángulo del paso respecto a la perpendicular al eje longitudinal del camino. Durante la apertura de la zanja comprobaremos que el fondo de la zanja tiene una pendiente mínima del 3% entre el punto de entrada del agua y el de salida.

Estos pasos de agua deben tener unas obras a la entrada y salida del agua en el paso, para dirigir el agua hacia el paso y para evitar que el agua lo erosione; las llamaremos arquetas.

La arqueta de salida consiste en un pequeño muro a cada lado de los tubos y en la parte superior. Por los lados medirá unos 40 cm. como mínimo y por arriba unos 10 cm. como mínimo también.

La arqueta de entrada consiste en un cajón abierto por la parte superior. El fondo es el suelo, uno de los lados se apoya en el talud del camino y sirve para evitar desprendimientos del talud, otro de los lados tiene una abertura por la que el agua que discurre por la cuneta entra en el cajón, otro de los lados es donde se colocan los tubos y el lado que queda es un muro que sirve para cortar el flujo del agua que discurre por la cuneta y obligar al agua a introducirse en los tubos. Las dimensiones de los muros de esta arqueta deben ser de unos 60 cm. mayores que el diámetro de los tubos y un mínimo de 10 cm. de anchura, la profundidad dependerá de la profundidad de la cuneta. Debajo del borde inferior de los tubos, la arqueta deberá tener una profundidad de unos 20 cm.; servirá para decantar los materiales que arrastre el agua y hacer que se depositen ahí, evitando que entren en los tubos. Este espacio hay que limpiarlo cada cierto tiempo.

Los materiales con los que se construyen estas arquetas pueden ser variados: piedra, ladrillo, hormigón... Actualmente está muy extendida la utilización de elementos prefabricados y de pequeños sistemas de encofrado para hacer estas obras con hormigón, mediante un camión hormigonera que circula por el camino y vierte hormigón en esos encofrados. Nosotros recomendamos que se hagan de piedra de la zona unida con mortero de cemento y arena (por su integración en el entorno, facilidad de construcción y reparación o coste).



Arqueta de entrada



Arqueta de salida

Se debe garantizar que el agua que se evacúa a través de estos pasos no se acumula a la salida de los mismos ni vuelve otra vez hacia el camino, para ello, si es necesario, construiremos una pequeña zanja para llevar agua hasta donde la pendiente del terreno facilite la evacuación del agua.

Cuando estos pasos descargan el agua sobre el terraplén del camino, es necesario construir una rampa (con materiales no erosionables: hormigón) desde la salida de los tubos hasta el suelo natural.

La solución para evitar problemas de erosión en las laderas donde desaguan estos pasos de agua, es colocar más pasos de este tipo y a menor distancia.

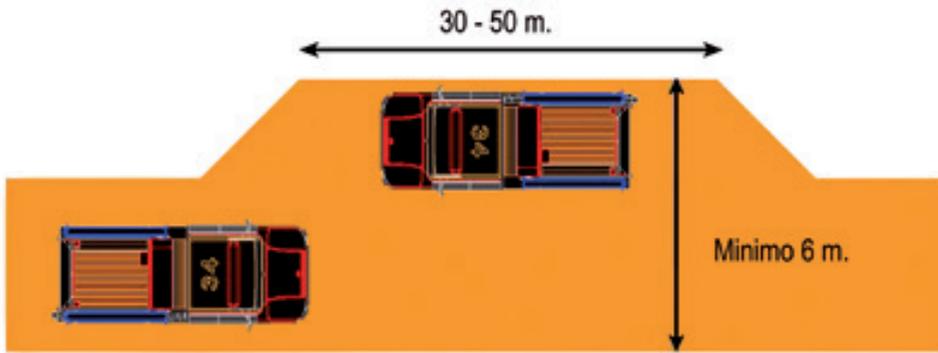


Colocación de tubos con retro mixta

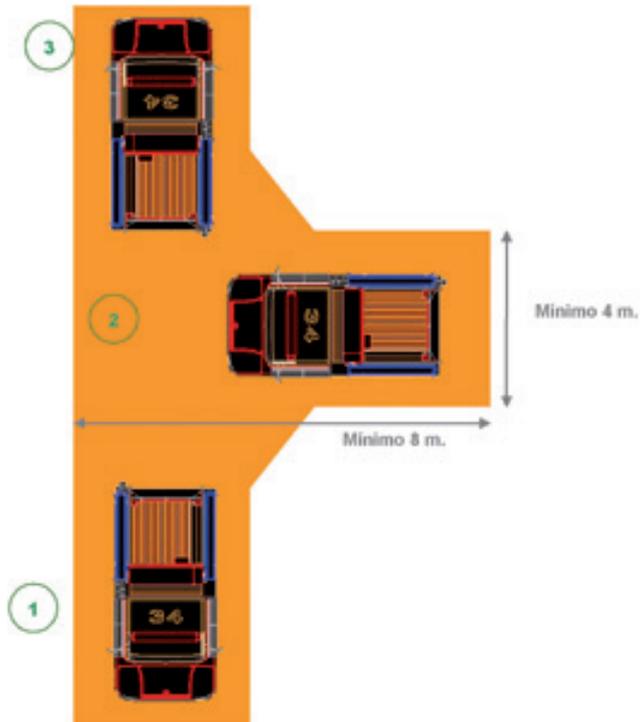
### 5.9.2.12. Cruce de vehículos y cambios de sentido

La situación de los lugares que permiten el cruce de vehículos o los cambios de sentido, la habremos decidido en la fase de diseño de la Red de Accesos y como hemos dicho, utilizaremos todos aquellos lugares ya existentes o fáciles de acondicionar para cumplir esta función.

Los espacios que permiten el cruce de vehículos deben tener una anchura mínima de 6 m. incluyendo el camino y una longitud mínima de entre 30 y 50 m.



Los espacios que permiten el cambio de sentido para las autobombas forestales deben tener una longitud mínima de 8 m. y una anchura de 4m, con unos pequeños ángulos a la entrada de estos espacios.



Los espacios que permiten el cambio de sentido de las góndolas, dependen de las dimensiones de éstas, pero los podemos establecer en 20 m. de longitud mínima y 6 de anchura (igualmente con unos pequeños ángulos a la entrada de estos espacios) cuando son rectangulares y con un radio de 8-12 m., cuando son circulares.

Para evitar retrocesos de la maquinaria en el proceso de trabajo, procederemos a señalar la localización de estos lugares en cuanto sea posible dentro de la fase de construcción.

El proceso de construcción puede ser la simple explanación o acondicionamiento con el bulldozer y su refino con la motoniveladora o puede ser necesario hacer un desmonte con una retroexcavadora.

### 5.9.2.13. Caminos sin cuneta

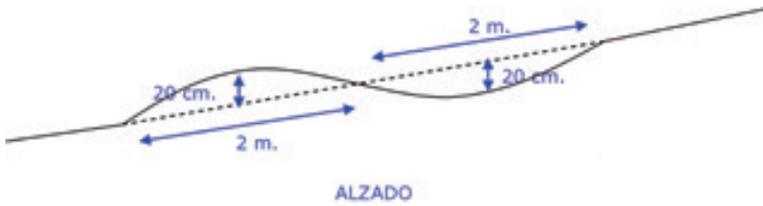
Los caminos que se construyen sin cuneta deberán tener los drenajes transversales correspondientes en aquellas vaguadas que atraviesen. En el resto del camino construiremos unos cortes que servirán para evacuar el agua en esos tramos y evitar el deterioro del firme del camino.

La distancia a la que situaremos estos cortes depende de la pendiente del camino.

Pendiente del camino	Distancia entre cortes
Menos del 5%	100 m.
Entre el 5 y el 10%	50 m.
Entre el 10 y el 20%	30 m.
Más del 20%	20 m.

La forma de colocación y dimensiones de estos cortes son las que se exponen en las ilustraciones.





Estos cortes los realizará el bulldozer después de haber hecho el desmonte y la explanación del camino. Posteriormente se arreglan con la motoniveladora durante la fase de acondicionamiento del firme.

### 5.9.2.14. Señalización de los caminos

Se deberán señalar los cruces de los caminos indicando el destino de cada uno de ellos. Aquellos caminos en los que esté prohibido el paso, también deberá señalarse esa prohibición a la entrada del camino.

La utilización de materiales naturales (madera, piedra...) integrará estos elementos en el entorno y mejorará la percepción paisajística.



Señal de prohibición

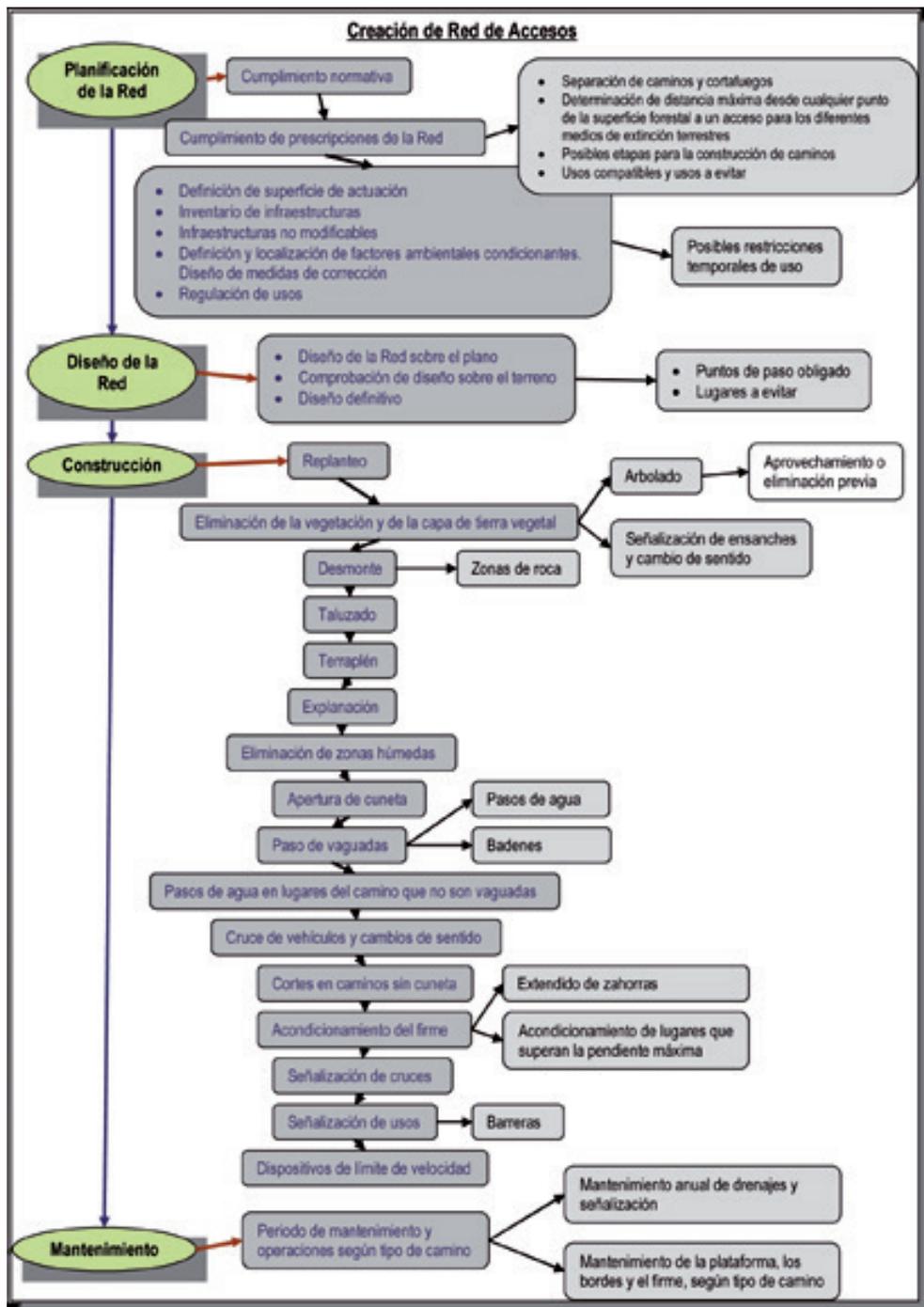


Señal indicadora de dirección

### 5.9.2.15. Límite de velocidad

Aquellos caminos en los que sea necesario establecer un límite de velocidad se señalarán con el mismo tipo de señales que se utilizan en las vías públicas.

Si se considera necesario se pueden construir badenes para obligar a disminuir esa velocidad. Estos badenes serán similares a los que se construyen en las vías públicas y deben estar señalizados.



Resumen del proceso de creación de la Red de Accesos.

### **5.9.3. Puntos de agua**

Como hemos dicho, hemos adoptado un determinado modelo de punto de agua que sirve principalmente para ser utilizado por las autobombas forestales. Por ello, las normas de construcción que exponemos a continuación, se refieren principalmente a la construcción de ese estanque modelo, aunque en la parte que corresponda, podrán también ser aplicadas a la construcción de otro tipo de estanques de agua, de forma o dimensiones distintas.

Es recomendable que el proceso de construcción del punto de agua se realice en tiempo seco, de esa forma el caudal en los cursos de agua será menor, se facilitará el trabajo de la maquinaria y el de los operarios y la utilización del hormigón será menos complicada.

#### **5.9.3.1. Replanteo**

Deberemos señalar el punto de construcción del estanque, el punto de toma de agua, la canalización de agua hasta el estanque, el lugar de maniobra de los vehículos y el acceso hasta el punto de agua.

El lugar de construcción del estanque será aquel que permita que el agua captada en la toma de agua llegue por gravedad hasta el estanque, permitiendo llenarlo totalmente. Para ello tendremos que comprobar que el desnivel existente entre uno y otro punto, es el necesario.

La localización del estanque de agua, aparte de lo anteriormente comentado, no es necesario que la establezcamos de forma exacta, sino que en función de los materiales que aparezcan, de las posibilidades de trabajo de la maquinaria, etc., podremos variar ligeramente el lugar de ubicación del estanque.

Lo mismo ocurre con la zona de maniobra de los vehículos.

Lo que sí deberemos establecer es la zona del estanque por donde van a cargar agua los vehículos, que será la que quede de frente al acceso, y donde se va a situar la rampa de salida para los animales, que será en el lado contrario de la zona de carga.

La señalización del acceso hasta el estanque, es la misma que la de un camino y deberá cumplir ese tipo de prescripciones.

#### **5.9.3.2. Movimiento de tierra**

El movimiento de tierra comprenderá la construcción del acceso, del es-

pacio necesario para que los vehículos realicen las maniobras, del molde del estanque de agua, de la toma de agua y de la canalización hasta el estanque.

Lo primero que se realizará es el acceso hasta el punto de agua, después la explanación de la zona de maniobra, la apertura del estanque y finalmente el movimiento correspondiente a la zona de la toma de agua y de la canalización.

La construcción del acceso y de la zona de maniobra se realizan con las mismas condiciones que las que ya se han comentado para los caminos.

La apertura del estanque se hace según las medidas establecidas para el estanque, más las siguientes ampliaciones:

- 10 cm. en el fondo del estanque para el relleno de hormigón armado. Si los materiales naturales del fondo del estanque no tienen suficiente estabilidad, se añadirán otros 10 cm. para rellenarlos con arena y compactarlos.
- 5 cm. en la rampa para rellenar con hormigón.
- El fondo de las paredes del estanque se ampliará en 15 cm. para rellenar con hormigón y si los materiales no son estables en otros 10 cm. para rellenar con arena y compactarla.
- El grosor de las paredes será de 20 cm. y entre la parte exterior de las paredes del estanque y el terreno natural debe existir una distancia de 80 cm. como mínimo, para facilitar las tareas de encofrado y el trabajo de los operarios. En esta zona y cuando sea necesario, se realizará en el terreno el talud correspondiente para evitar desprendimientos y garantizar la seguridad de los operarios y de las operaciones de encofrado.

El fondo del estanque deberá tener una pequeña pendiente hacia la zona en la que coloquemos el sistema de desagüe.

Con la tierra extraída de la excavación del estanque configuraremos la parte de la rampa que queda fuera del suelo, siempre que los materiales permitan hacerlo en ese momento, si no tendremos que hacerlo después de construir las paredes del estanque.

El resto de la tierra se debe reservar para aportarla sobre las paredes del estanque, excepto en la zona de carga de agua, y sobre el final de la rampa de salida (para que no quede un escalón).

En los casos que el hormigón se vaya a transportar hasta el estanque por medio de un camión hormigonera, habrá que tener en cuenta las necesidades de maniobra de ese vehículo para aportar el hormigón.

### 5.9.3.3. Estanque

Realizado el movimiento de tierras y cuando sea necesario debido al tipo de materiales naturales, la primera actuación en la construcción del estanque consistirá en rellenar con arena el fondo del estanque y el fondo de las paredes y en compactar esa arena. En la zona de la rampa esta actuación no va a ser necesaria.

Seguidamente procederemos a instalar la malla de acero en el fondo del estanque y a rellenar con hormigón y vibrarlo adecuadamente. Instalaremos también los pernos correspondientes para el encofrado de las paredes.

En este momento también colocaremos el tubo de desagüe del estanque y mantendremos la pendiente del fondo del estanque hacia ese desagüe.

Si los materiales son estables y nos permiten construir con tierra la parte de la rampa de salida situada fuera del suelo, el hormigonado de la rampa es conveniente hacerlo a la vez que el del fondo del estanque, ya que si lo hacemos después de las paredes, necesitamos esperar a retirar el encofrado de las paredes y nuevamente volver a traer hormigón al lugar del estanque.

Colocaremos la malla de acero en la rampa y vibraremos adecuadamente el hormigón para garantizar la impermeabilidad. Hay que tener en cuenta que la superficie de la rampa debe quedar lo más rugosa posible, para favorecer el agarre de los animales que puedan caer en el estanque y facilitar su salida. Por ese motivo haremos siempre en la rampa unas pequeñas rayas (con un palo por ejemplo) paralelas a la superficie del agua, que serán más abundantes en los casos que debido al vibrado del hormigón la superficie haya quedado lisa.

Una vez que ha fraguado ese hormigón, procederemos a crear la estructura de encofrado de las paredes y el armazón del hormigón con la malla de acero, para posteriormente verter el hormigón y vibrarlo adecuadamente.

En este momento instalaremos el sistema de entrada de agua al estanque, si es procedente instalarlo dentro de la pared.

También instalaremos en la pared el sistema de rebosadero del estanque.

Si es necesario, una vez construidas las paredes, sellaremos la unión entre la rampa de salida y las paredes con algún material (silicona...) que garantice la impermeabilidad.

Una mezcla correcta del hormigón, el espesor utilizado y el correcto vibrado, deberían servir para garantizar que el estanque no tenga pérdidas de

agua, en caso de que se produzcan esas pérdidas o se sospeche que pueden producirse, se deberá dar un tratamiento impermeabilizante al interior del estanque.

Este tratamiento puede consistir en una imprimación con micromortero o con materiales plásticos diversos.

#### **5.9.3.4. Desagüe**

El desagüe del estanque debe tener una llave de paso u otro sistema que permita mantenerlo cerrado, que permita abrirlo con facilidad y que sea estan-co. El diámetro del desagüe debe ser el máximo posible y dependerá de la llave de paso o sistema que se pueda instalar para mantenerlo cerrado.

La llave de paso del desagüe del estanque debe estar dentro de una arqueta que construiremos y esta arqueta debe tener una tapa. Dependiendo de las situaciones, la tapa de esta arqueta deberá tener o no, un sistema de cierre.

(Con un pequeño sistema de encofrado, podremos construir las arquetas y las tapas con hormigón y si la tapa tiene un determinado peso, puede ser suficiente para mantener la arqueta cerrada y evitar actuaciones de curiosos)

El rebosadero del estanque será un tubo o una pequeña canaleta, que se aleje unos 10 o 20 cm. de la pared del estanque. De esa forma evitamos que el agua resbale por la pared del estanque y se infiltre por debajo, creando inestabilidad en el suelo.

Tanto en el lugar donde vierte el rebosadero del estanque como en el del desagüe, deberemos construir una rampa de hormigón para evitar la erosión del suelo y conducir el agua hasta un lugar natural de drenaje.

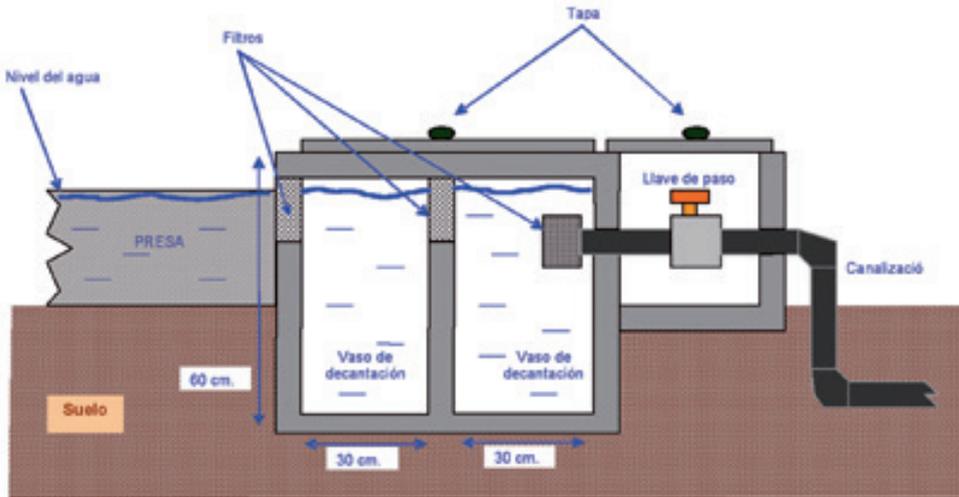
#### **5.9.3.5. Entrada de agua**

La entrada de agua al estanque deberá disponer de una llave de paso para poder cortar la entrada de agua en operaciones de mantenimiento o limpieza del estanque.

Esta llave de paso estará resguardada en una arqueta con tapa y esta tapa tendrá un sistema de cierre si se considera necesario.

### 5.9.3.6. Captación de agua

El tipo de captación de agua que construiremos, tanto en cursos de agua como en manantiales, será el de la ilustración. La arqueta de captación siempre tendrá las mismas dimensiones y las de la presa estarán en función de las del curso de agua en el que se sitúe o del manantial del que se trate.



La presa hace que el agua se dirija al primer vaso de decantación, la entrada a este vaso tiene un filtro para evitar que entren materiales gruesos. Los materiales que pueda arrastrar el agua y que pasen ése filtro, caerían por decantación al fondo de este vaso y el agua pasaría suficientemente limpia al segundo vaso de decantación. Este segundo vaso también tendría un filtro a su entrada que evitaría el paso de materiales y aquellos que pasasen, serían decantados en este segundo vaso. De este segundo vaso partiría la canalización del agua, que dispondría también de un filtro a su entrada. El comienzo de la canalización de agua tendría una llave de paso que permitiría cortar el agua para operaciones de mantenimiento o reparación de la canalización.

Cuando el estanque estuviese lleno de agua, lo estarían también la canalización y los vasos de decantación, entonces el agua rebosaría por la presa y continuaría su curso natural.

Cuando sea necesario, deberán reforzarse de forma adecuada los laterales de la presa y su zona de desagüe, para evitar que sean destruidos por las avenidas. También cuando sea necesario, deberá estar previsto que el agua pueda pasar por encima de la arqueta de captación sin que suponga un problema.

Cuando la presa se construya en un curso de agua, tendrá la altura necesaria para acumular agua e introducirla en la arqueta de captación y esa altura debe permitir que las avenidas de agua limpien de materiales el fondo de la presa. Generalmente estará entre 10 y 20 cm.

La parte superior de la presa estará al mismo nivel que la salida del agua de la arqueta de captación. El primer filtro de la arqueta de captación tendrá una luz de 1 cm. y los dos siguientes de 0,5 cm. como máximo.

Los dos vasos de la arqueta de captación deben tener tapa y no es necesario que tengan sistema de cierre. La arqueta donde se encierra la llave de paso de la captación de agua tiene que tener tapa y, si se considera necesario, debe tener un sistema de cierre.

Este sistema de construcción nos sirve para evitar la entrada de materiales en la canalización de agua y mantener operativa esa captación con muy poco mantenimiento, que se limita a limpiar los vasos de decantación de materiales y los filtros.

### **5.9.3.7. Canalización**

La canalización sirve para llevar el agua desde su captación hasta la entrada del estanque.

Recomendamos que el material de esta canalización sea tubería flexible de PVC o material similar, de las que habitualmente se utilizan en conducciones de agua potable y de un diámetro de 40 o 50 mm.

Este tipo de tuberías son fáciles de encontrar y su colocación, sus uniones, reparaciones, etc.; se realizan en frío. Además se pueden adquirir en piezas de la longitud total que necesitemos, lo que facilitará su instalación.

### **5.9.3.8. Barrera de carga de agua**

Para evitar que durante las maniobras de marcha atrás de los vehículos que repostan agua en el punto de agua, se puedan producir percances debido a que esos vehículos choquen con la pared del estanque (o caigan dentro en estanques totalmente enterrados), clavaremos unas estacas de madera (de las que se utilizan para hacer cerramientos) delante de la pared del estanque, a unos 30 cm.

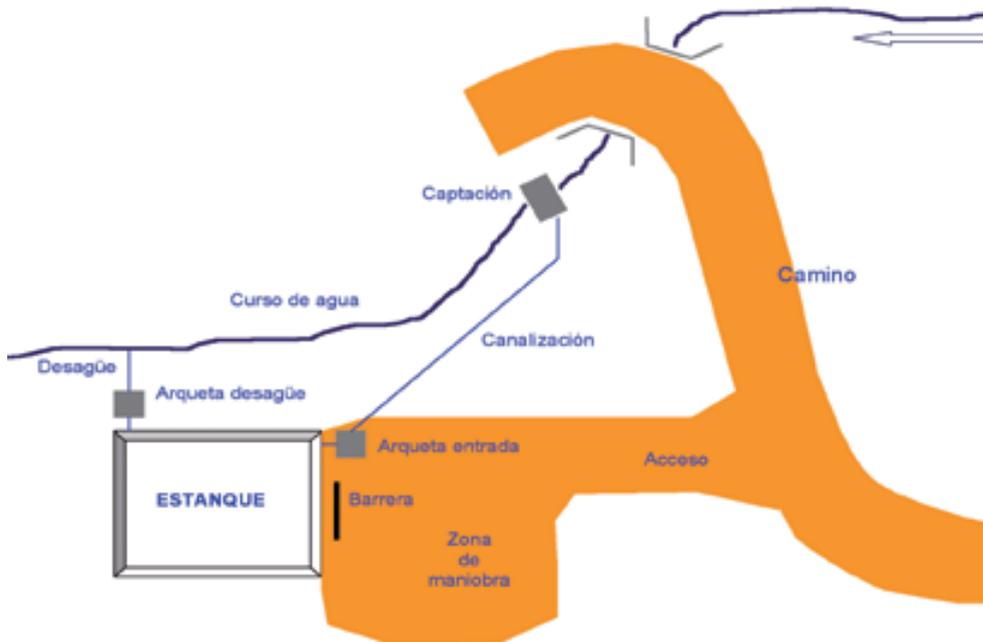
Estas estacas no deberán estorbar para la maniobra de carga de agua.

### 5.4.3.9. Otras cuestiones a tener en cuenta

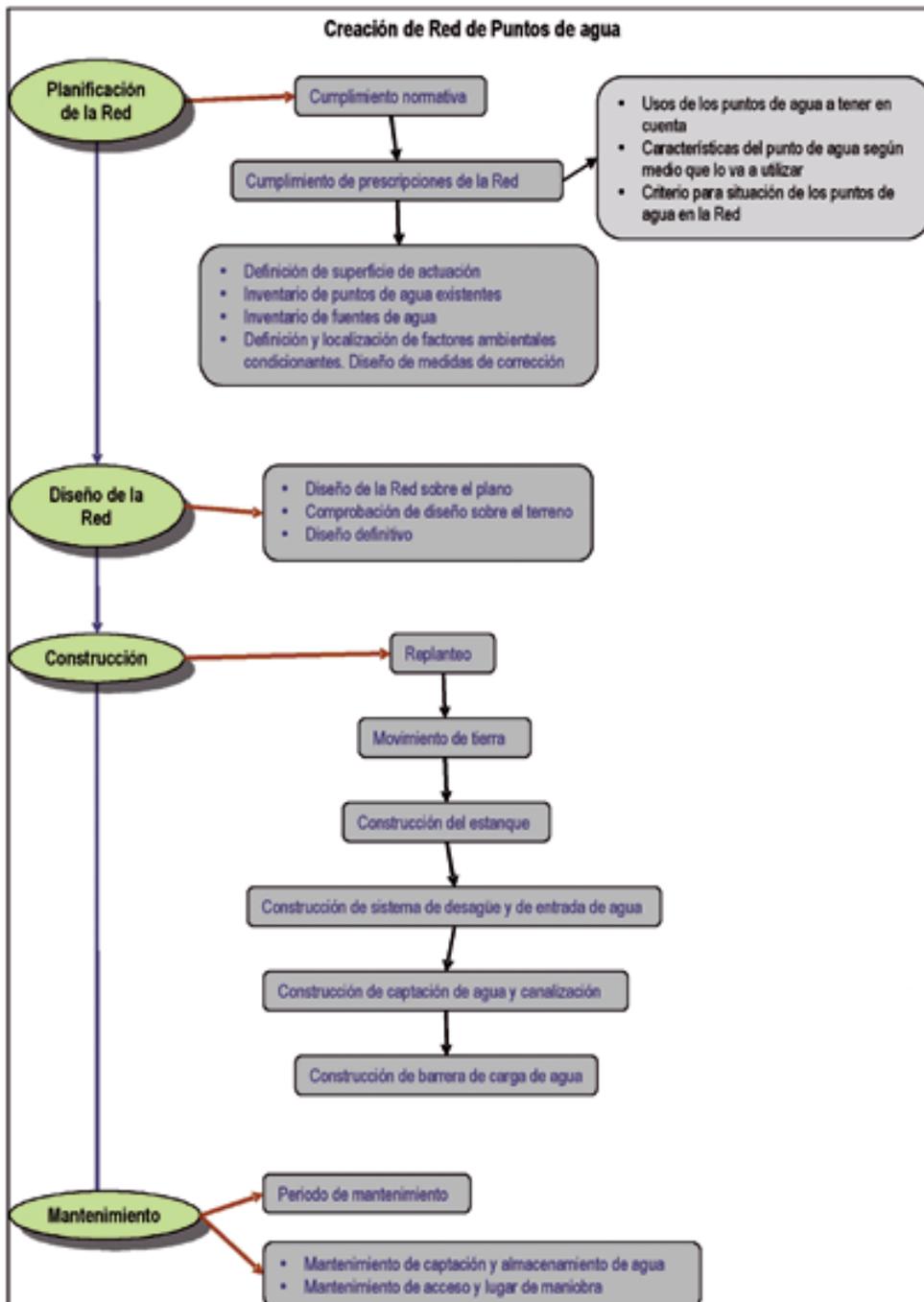
El estanque de agua debe ser perfectamente estable y estanco antes de proceder a su llenado.

Durante todo el proceso de construcción se debe evitar que restos del hormigón o de la limpieza de la maquinaria acaben en los cursos de agua.

Cuando el agua que se capta para el punto de agua procede de un curso de agua con poco caudal, puede ocurrir que puntualmente quede sin agua la zona comprendida entre la captación de agua y el desagüe del estanque. Por ello es necesario que esa distancia sea la mínima posible.



Esquema de situación de punto de agua.



Resumen del proceso de creación de la Red de Puntos de Agua.

## 5.10. Mantenimiento

### 5.10.1. Cortafuegos

El mantenimiento de los cortafuegos consiste en eliminar cada cierto período de tiempo la vegetación que haya crecido sobre su superficie.

Como norma general podemos establecer este período de tiempo en cinco años.



Ejemplo de limpieza de cortafuegos con bulldozer

La forma de limpieza y las prescripciones a cumplir son las mismas que para el proceso de construcción. La única condición más a tener en cuenta, es que el depósito de los restos que proceden de esta limpieza no puede suponer una disminución de la anchura de los cortafuegos.

Es más conveniente la limpieza anual de una parte de la totalidad de los cortafuegos (la superficie total dividida entre cinco), de manera que al final de los cinco años se haya limpiado la totalidad de la superficie de los cortafuegos; en vez de limpiarlo de una sola vez cada cinco años.

### 5.10.2. Caminos

#### 5.10.2.1. Operaciones de mantenimiento

El mantenimiento de los caminos se refiere a conservar en buenas condiciones los drenajes longitudinales y transversales, para evitar que las precipitaciones destruyan los caminos. Mantener limpia de vegetación la plataforma del camino. Mantener el firme del camino en buenas condiciones y tratar la

vegetación de los bordes del camino para que no estorbe a la circulación y a la conservación de la señalización.

La conservación de los drenajes longitudinales consiste en permitir que el agua circule libremente por ellos, retirando obstáculos como desprendimientos, acumulaciones de suciedad, piedras gruesas, etc. Se realizará con herramientas manuales o con una retroexcavadora en el caso de desprendimientos de un cierto volumen.

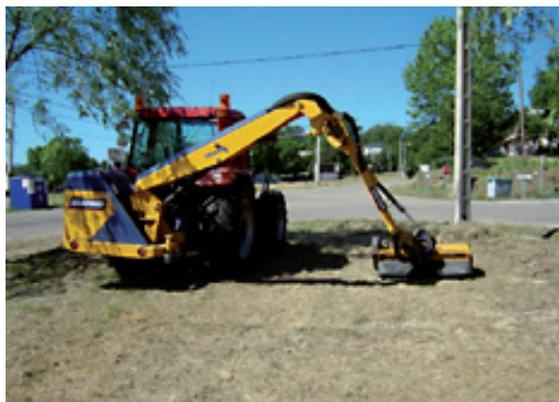
Los cortes de agua en caminos sin cuneta se mantienen de la misma forma.

La conservación de los drenajes transversales consiste en mantener su funcionalidad, retirando materiales que se puedan haber acumulado a su entrada o salida. Especialmente, vaciando la zona de decantación de las arquetas de entrada de los pasos del camino.

La limpieza de la vegetación en la plataforma del camino, se realiza con un tractor de ruedas provisto de un brazo desbrozador, en aquellos caminos donde el matorral sólo crece en los bordes del camino.

En los caminos con poco tránsito (en los que el matorral habrá crecido en la totalidad de la plataforma) esta limpieza se realiza con la motoniveladora. En este caso hay que tener en cuenta que no se debe actuar sobre el talud del camino, sino solamente sobre la parte interior de la cuneta, y si es necesario también sobre la parte exterior, y que se debe mantener la operatividad de todos los drenajes, evitando destruirlos o atascarlos.

En ningún caso debe procederse a la limpieza del camino con el bulldozer, por que en ese caso estaríamos destruyendo el firme del camino y sería necesario su acondicionamiento posterior con la motoniveladora, aparte que de esa forma es mucho más fácil destruir los drenajes del camino.



El mantenimiento del firme del camino sólo se realiza en aquellos caminos con firme a base de zahorras artificiales y en aquellos caminos de Primer y Segundo Orden con cierto tránsito.

Consiste en rellenar con zahorra, o con otros materiales en los caminos sin firme consolidado, los baches que hayan aparecido en el camino y aquellas zonas en las que el agua pueda haber arrastrado los materiales. Si la reparación es pequeña, el extendido de la zahorra se puede hacer con herramientas manuales y compactándola de alguna manera (con las ruedas de un vehículo, con un rodillo portátil...). Si la reparación es mayor puede ser necesaria la utilización de una motoniveladora y un rodillo vibrador y si el deterioro es muy grande se necesitará extender una nueva capa de zahorra.

Hay que tener en cuenta que la reparación de este tipo de caminos sólo puede hacerse mediante la portación de nuevos materiales y nunca removiendo los materiales que ya posee el camino.

Tratar la vegetación de los bordes del camino para que no estorbe a la circulación, consiste en eliminar ramas de árboles, ramas de matorral, árboles derribados, etc.; que invadan la plataforma del camino o que vayan a invadirla próximamente. El tratamiento de árboles debe realizarse con herramientas manuales y el del matorral puede hacerse así o con un tractor con brazo desbrozador.

El mantenimiento de la señalización consiste en la reparación de las señales deterioradas y en la reposición de las desaparecidas.

### **5.10.2.2. Mantenimiento de los caminos y extinción de incendios**

Generalmente, cuando el arbolado de los bordes del camino tiene una talla suficiente para mantener siempre en sombra al camino, ya no crecerá matorral y se mantendrá limpio por sí mismo. En esta fase de la vida del arbolado, también de forma general, los cortafuegos ya no van a ser eficaces y los habremos abandonado. Por ello y por aprovechar al máximo el presupuesto disponible, de lo que se trata es de que hasta el momento de abandonar los cortafuegos, centremos los esfuerzos de mantenimiento en la limpieza de los cortafuegos y a partir de ese momento lo hagamos en el mantenimiento de los caminos.

Recordamos que los caminos sólo cumplen una función de acceso a la superficie forestal y que son los cortafuegos los que realizan la compartimentación de esa superficie, por lo que en caso de incendio durante la fase de existencia de los cortafuegos, los caminos sirven para el acceso de los vehículos y

para la actuación rápida en el Primer Ataque. Si el Primer Ataque falla, serán los cortafuegos los que sirvan como líneas de control del incendio durante el Ataque Ampliado. Solamente en incendios de poca intensidad se podrá utilizar los caminos como líneas de control. Si en esas circunstancias se puede proceder a la limpieza de un camino y a su utilización como línea de control, la existencia de ese camino supone (frente a su no existencia) una serie de ventajas evidentes en la extinción de los incendios.

Si el presupuesto disponible permite la limpieza y mantenimiento de la totalidad de la Red de Accesos, lógicamente se procedería a ello. Pero eso generalmente no es así y si se trata de establecer prioridades para utilizar el presupuesto disponible, elegiríamos la forma de actuar comentada.

En cualquier caso hay que favorecer que las copas de los árboles creen un techo sobre el camino (de manera que parezca que el camino es un túnel a través de la vegetación), para que la falta de luz en el suelo impida el crecimiento del matorral y que el camino se mantenga limpio. Las ramas de los árboles deben estar a suficiente altura para que no supongan un obstáculo a la circulación de los vehículos.

### **5.10.2.3. Operaciones de mantenimiento según tipo de camino**

La conservación de los drenajes del camino y el tratamiento de la vegetación de los bordes, se hace en todo tipo de caminos y con una periodicidad establecida, ya que del mantenimiento de esos elementos y condiciones, depende que el camino sea transitable o no.

El mantenimiento de los drenajes del camino debe hacerse anualmente y especialmente después de fuertes tormentas o periodos de grandes precipitaciones.

El tratamiento de la vegetación de los bordes se hace de forma anual en los caminos de Primer Orden y en los de Segundo Orden que tengan tránsito de vehículos, y cada cierto número de años en el resto de caminos.

La conservación de la señalización se hace en todos los caminos y de forma anual.

La conservación del firme del camino y la limpieza de la vegetación de la plataforma, sólo se hace con una periodicidad anual en los caminos de Primer Orden y en los de Segundo Orden que tengan un tránsito habitual de vehículos. En el resto de caminos, la existencia de vegetación en la plataforma del camino no va a ser un impedimento para la circulación de los vehículos, aunque sí

supone un estorbo; por lo que sólo se actuaría para eliminar esa vegetación cuando pudiera llegar a impedir el paso.

### 5.10.2.4. Tabla resumen de periodicidad de mantenimiento de los caminos

	Primer Orden	Segundo Orden		Tercer Orden
		Transitados	No transitados	
<b>Conservación de drenajes</b>	Anual	Anual	Anual	Anual
<b>Limpieza de la plataforma del camino</b>	Anual	Bianual	Cada cierto número de años	Sólo cuando pueda impedir la circulación
<b>Limpieza de la vegetación de los bordes</b>	Anual	Bianual	Anual de aquellos obstáculos que impidan la circulación	Anual de aquellos obstáculos que impidan la circulación
<b>Mantenimiento del firme</b>	Anual	Bianual	Se actúa cuando su estado pueda impedir la circulación	Se actúa cuando su estado pueda impedir la circulación
<b>Conservación de la señalización</b>	Anual	Anual	Anual	Anual

### 5.10.3. Puntos de agua

El mantenimiento de los puntos de agua consiste en mantener operativa la captación de agua, mantener la capacidad del almacenamiento de agua del estanque y en mantener transitables para los diferentes vehículos de extinción, los accesos al punto de agua y a la zona de maniobra.

Para mantener operativa la captación de agua es necesario que la presa este operativa, limpiar los filtros y limpiar los vasos de decantación. Estas operaciones deberían realizarse anualmente como mínimo y antes del comienzo de la época de riesgo de incendios.

Para mantener la capacidad de almacenamiento de agua del estanque es necesario eliminar de su interior aquellos materiales que hayan podido caer en él. Si esta operación la realizamos anualmente y todo el sistema funciona correctamente, consistirá simplemente en abrir el desagüe para que se vacíe el estanque y de esa forma ya se eliminarán los posibles materiales que hubieran caído.

El mantenimiento en condiciones del acceso al punto de agua de la zona de maniobra, consistirá en eliminar la vegetación que haya en esa zona y las

partes de la vegetación que la invadan y que supongan un estorbo. La eliminación de esa vegetación se deberán realizar cada cierto número de años (2, 3, 5...), pero su revisión deberá ser anual.

### 5.11. Prevención de riesgos laborales

Para cada una de las diferentes actuaciones necesarias para la creación de las infraestructuras de defensa contra incendios forestales, se deberá realizar la correspondiente evaluación de riesgos laborales que establece la Ley y en función de esa evaluación, determinar las medidas de prevención necesarias para evitar accidentes de las personas que participan en estos procesos.

Haremos una breve descripción de los riesgos que existen en el proceso de creación de estas infraestructuras, dividiéndolos en dos clases: los que se pueden dar en la fase de Replanteo y los que se pueden dar en la fase de Construcción.

Posteriormente haremos algunas consideraciones sobre los riesgos en la fase de Replanteo, ya que este tipo de trabajo no es muy habitual; y sobre aquellos riesgos más comunes de la fase de Construcción.

Riesgos	Fase de replanteo	Fase de construcción
Caídas de Personas a distinto nivel.	X	X
Caídas de Personas al mismo nivel.	X	X
Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento.		X
Caídas de objetos por manipulación.		X
Caídas de objetos desprendidos.		X
Golpes sobre objetos.		X
Choques contra objetos inmóviles.		X
Choques o contactos con elementos móviles de la máquina.		X
Golpes o cortes por objetos o herramientas.	X	X
Proyección de fragmentos o partículas.	X	X
Atrapamiento por o entre objetos.		X
Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos.		X
Sobreesfuerzos.	X	X
Exposición a temperaturas extremas.		
Contactos térmicos (quemaduras).		X
Contactos eléctricos.		X
Inhalación de sustancias nocivas o tóxicas.		
Contacto con sustancias cáusticas o corrosivas.		X
Accidente por exposición a radiaciones.		

Riesgos	Fase de replanteo	Fase de construcción
Explosiones.		<b>X</b>
Incendios.		<b>X</b>
Accidentes causados por seres vivos.	<b>X</b>	<b>X</b>
Accidentes en tránsito.	<b>X</b>	<b>X</b>

Relación de posibles riesgos.

Los riesgos de accidente durante la fase de Replanteo se dan principalmente cuando se trabaja en zonas con abundante vegetación y son debidos principalmente a esa vegetación.

Para evitar ese tipo de accidentes se deberá usar como calzado unas botas resistentes y cómodas para caminar; utilizar ropa cómoda y transpirable, con refuerzos en las piernas si se camina por zonas de matorral espeso, que serán obligatorios si se trabaja en zonas con matorral pinchudo.

Hay que tener la precaución evidente si se camina por zonas con cortados o terreno inestable y realizar una hidratación adecuada si el tiempo es caluroso.

De los riesgos existentes en la fase de construcción, queremos resaltar aquellos que se dan durante la fase de apertura o mantenimiento de cortafuegos, cuando se realiza con herramientas manuales o maquinaria portátil (motosierras o desbrozadoras).

Esto es debido en primer lugar a la peligrosidad intrínseca de ese tipo de maquinaria y en segundo lugar a las condiciones en las que se realiza ese trabajo (lugares aislados y de orografía complicada).

Como medidas de prevención en primer lugar está la conservación adecuada de la maquinaria y el transporte y repostaje del combustible en condiciones correctas. El conocimiento del manejo de las máquinas y el uso del equipo de protección individual correspondiente a la máquina que se esté utilizando evitará el resto de los posibles accidentes en esta fase.

En el resto de las tareas de la fase de Construcción y refiriéndonos principalmente al uso de maquinaria, la adecuada conservación de esa maquinaria, el conocimiento de su manejo y de las técnicas de construcción necesarias, junto con el uso del equipo de protección individual correspondiente, evitará los riesgos que existen en ese trabajo.

Para evitar alguno de los riesgos más comunes en la fase de Construcción se deberán adoptar las siguientes medidas de prevención:

- No trabajar o pararse en las zonas de maniobra de la maquinaria y en los lugares en los que puedan llegar materiales desprendidos procedentes del movimiento de tierra, especialmente en las tareas de apertura de caminos y cortafuegos.
- Poner especial atención cuando se circula con vehículos por las zonas de caminos en construcción, ya que pueden existir materiales inestables que se deslicen por el peso de los vehículos provocando el vuelco de éstos.

## **5.12. Rendimientos y costes**

### **5.12.1. Cortafuegos**

Los siguientes datos reflejan los rendimientos que se obtienen en la construcción o limpieza de cortafuegos según diferentes condiciones y el coste de dichas operaciones.

La maquinaria utilizada consiste en un bulldozer de 150 CV de potencia.

El trabajo de la maquinaria, tanto en apertura como en limpieza, consiste en la eliminación de toda la vegetación de la superficie del cortafuegos (consiguiendo una anchura de 20 m. entre los bordes interiores del cortafuegos), realización de los drenajes correspondientes (según pendiente longitudinal del cortafuegos) y adaptación de una pasada de cuatro metros para facilitar la circulación de vehículos todo terreno.

La pedregosidad indica la mayor o menor existencia de piedras sueltas y afloramientos de roca.

La vegetación a eliminar la hemos clasificado en los siguientes tipos:

- Matorral espeso. Equivalente a tocones de arbolado, restos de arbolado y matorral o matorral y arbolado delgado.
- Matorral claro. Equivalente a las situaciones anteriores, pero con menos cantidad de vegetación.
- Matorral ralo. Matorral disperso o vegetación herbácea.

El trabajo de replanteo es realizado por una sola persona que recorre a pie el cortafuegos y señala el centro de éste mediante trozos de cinta de plástico.

El coste de esta operación incluye el sueldo por hora de esa persona, con categoría de capataz, y el coste por kilómetro de la cinta de plástico usada (1,25 € por kilómetro).

Terreno			Trabajo											
			Replanteo			Apertura			Replanteo más apertura		Limpieza			
			Rend.	Coste		Rend.	Coste				Rend.	Coste		
% Pendiente	Pedregosidad	Vegetación	Horas / Km.	Euros / hora	Coste por km., €	Horas/ha.	Euros / hora	Coste por ha., €	Coste por ha., €	Horas/ha.	Euros / hora	Coste por ha., €		
0 - 10	Alta	Matorral espeso	1,70	14,70	26,24	7,00	56,82	397,74	410,86	4,00	56,82	227,28		
	Media	Matorral claro	1,50	14,70	23,30	6,50	56,82	369,33	380,98	3,75	56,82	213,08		
		Matorral ralo	1,30	14,70	20,36	6,00	56,82	340,92	351,10	3,50	56,82	198,87		
		Matorral espeso	1,70	14,70	26,24	6,50	56,82	369,33	382,45	3,75	56,82	213,08		
	Baja	Matorral claro	1,50	14,70	23,30	6,00	56,82	340,92	352,57	3,50	56,82	198,87		
		Matorral ralo	1,30	14,70	20,36	5,50	56,82	312,51	322,69	3,25	56,82	184,67		
		Matorral espeso	1,70	14,70	26,24	6,00	56,82	340,92	354,04	3,50	56,82	198,87		
10 - 30	Alta	Matorral claro	1,50	14,70	23,30	5,50	56,82	312,51	324,16	3,25	56,82	184,67		
		Matorral ralo	1,30	14,70	20,36	5,00	56,82	284,10	294,28	3,00	56,82	170,46		
		Matorral espeso	1,80	14,70	27,71	7,50	56,82	426,15	440,01	4,50	56,82	255,69		
	Media	Matorral claro	1,60	14,70	24,77	7,00	56,82	397,74	410,13	4,25	56,82	241,49		
		Matorral ralo	1,40	14,70	21,83	6,50	56,82	369,33	380,25	4,00	56,82	227,28		
		Matorral espeso	1,80	14,70	27,71	7,00	56,82	397,74	411,60	4,50	56,82	255,69		
	Baja	Matorral claro	1,60	14,70	24,77	6,50	56,82	369,33	381,72	4,00	56,82	227,28		
		Matorral ralo	1,40	14,70	21,83	6,00	56,82	340,92	351,84	3,75	56,82	213,08		
		Matorral espeso	1,80	14,70	27,71	6,50	56,82	369,33	383,19	4,00	56,82	227,28		
> 30	Alta	Matorral claro	1,60	14,70	24,77	6,00	56,82	340,92	353,31	3,75	56,82	213,08		
		Matorral ralo	1,40	14,70	21,83	5,50	56,82	312,51	323,43	3,50	56,82	198,87		
		Matorral espeso	1,90	14,70	29,18	10,00	56,82	568,20	582,79	5,50	56,82	312,51		
	Media	Matorral claro	1,70	14,70	26,24	9,50	56,82	539,79	552,91	5,00	56,82	284,10		
		Matorral ralo	1,50	14,70	23,30	9,00	56,82	511,38	523,03	4,50	56,82	255,69		
		Matorral espeso	1,90	14,70	29,18	9,50	56,82	539,79	554,38	5,00	56,82	284,10		
		Matorral claro	1,70	14,70	26,24	9,00	56,82	511,38	524,50	4,50	56,82	255,69		
	Baja	Matorral ralo	1,50	14,70	23,30	8,50	56,82	482,97	494,62	4,25	56,82	241,49		
		Matorral espeso	1,90	14,70	29,18	9,00	56,82	511,38	525,97	4,50	56,82	255,69		
		Matorral claro	1,70	14,70	26,24	8,50	56,82	482,97	496,09	4,25	56,82	241,49		
		Matorral ralo	1,50	14,70	23,30	8,00	56,82	454,56	466,21	4,00	56,82	227,28		

El rendimiento medio de la operación de replanteo es de 1,6 horas por kilómetro y su coste de 25 euros.

El rendimiento medio de la operación de apertura es de 7,2 horas por hectárea y su coste de 407 euros.

El coste medio de las operaciones conjuntas de replanteo y apertura es de 420 euros por hectárea.

El rendimiento medio de las operaciones de limpieza es de 4 horas por hectárea y su coste medio de 230 euros por hectárea.

## **5.12.2. Caminos**

### **5.12.2.1. Construcción**

A continuación exponemos los rendimientos de las principales operaciones de construcción de los caminos y el coste medio de las mismas.

Entre esas operaciones no hemos incluido el aporte de zahorras artificiales a los caminos, debido a que el coste de esos materiales está en función principalmente de la distancia del camino al lugar donde se producen las zahorras. En todo caso, entre las operaciones explicadas se encuentran todas las operaciones necesarias para el extendido de zahorras, por lo que el cálculo del coste de una determinada operación de extendido de zahorras no sería muy complicado de realizar, sabiendo el coste de esas operaciones y adaptándolo a las circunstancias del caso.

La creación de superficies pavimentadas o asfaltadas para la superación de tramos del camino en los que se sobrepasa la pendiente máxima, tampoco se ha incluido y el coste de las mismas también está muy relacionado con la distancia del camino al lugar desde el que se pueden obtener ese tipo de materiales.

Respecto al rendimiento y coste de la señalización de los caminos o de la colocación de otro tipo de elementos (cierres, pasos canadienses, etc.), tampoco se ha incluido, ya que la infinidad de modelos existentes, hace que el coste de ese tipo de operaciones dependa principalmente de los materiales a utilizar y esos materiales dependen de las posibilidades que existan para su adquisición.

#### **5.12.2.1.1. Replanteo**

Detalle del rendimiento y coste medio de las operaciones durante la fase de replanteo para la construcción de un camino nuevo, por cada km. de longitud del camino.

Los datos reflejan una operación realizada por cuatro personas ( un capataz y tres peones), con una pendiente del terreno que atraviesa el trazado del camino que puede llegar al 30%, una pedregosidad que puede ser hasta media y una vegetación compuesta por matorral espeso. La pendiente longitudinal máxima del camino sería del 15%.

Si las condiciones fuesen mejores que en este caso, el rendimiento aumentaría y el gasto disminuiría; cuando las condiciones sean más complicadas el resultado sería el contrario.

	Unidades	Coste	
		Euros / unidad	Subtotal
Un capataz	1,5 horas / km.	14,7	22,05
Tres peones	1,5 horas / km. por peón	9,75	43,88
Cinta señalizadora de plástico 250 m. x 90 mm.	25 m / km.	0,05	1,25
Alquiler clisímetro	1,5 horas / km.	2,50	3,75
<b>Total</b>			<b>70,93 €</b>

El coste por hora sería de 47,28 €.

### 5.12.2.1.2. Eliminación de la vegetación y de la capa de tierra vegetal

Rendimiento y coste medio de las operaciones durante la fase de eliminación de la vegetación y de la capa de tierra vegetal para la construcción de un camino nuevo, por cada hectárea de superficie, en las condiciones siguientes. No se incluyen trabajos de ampliación del camino en algunos puntos u otro tipo de actuaciones.

El trabajo se realizaría con un bulldozer de 150 CV de potencia.

Pendiente lateral	Vegetación	Horas/ha.	Euros/hora	Coste por ha.
<30%	Matorral espeso o restos de arbolado	6	56,82	340,92
	Matorral claro	5	56,82	284,10
>30%	Matorral espeso o restos de arbolado	9	56,82	511,38
	Matorral claro	8	56,82	454,56

### 5.12.2.1.3. Desmote, explanación y terraplén

Rendimiento y coste medio de las operaciones durante la fase de desmonte, explanación y creación del terraplén de un camino de nueva construcción.

El camino tendría una anchura de 5 m., la pendiente lateral del terreno sería menor del 30% y la pendiente longitudinal máxima del camino sería del 15%.

Por "Tierra" se entienden materiales que pueden ser removidos con la cuchilla del bulldozer y por "Roca descompuesta" materiales que igualmente pueden ser removidos con la cuchilla del bulldozer y que puntualmente (hasta el 20% de la longitud) se necesita un ripado previo para arrancarlos.

El trabajo se realiza con un bulldozer de 250 CV. de potencia.

El trabajo consiste en el desmonte y extendido de los materiales para la configuración de la plataforma y el terraplén del camino. La plataforma queda nivelada y limpia, sin hoyos ni otro tipo de obstáculos. No se realiza el talud del camino ni la apertura de la cuneta.

Se incluye un cierto porcentaje del tiempo dedicado a la superación de vaguadas de pequeñas dimensiones.

Materiales	Horas/km.	Euros/hora	Coste por km.
Tierra	7	70,82	495,74
Roca descompuesta	9	70,82	637,38

### 5.12.2.1.4. Taluzado

Rendimiento y coste medio de las operaciones durante la fase de perfilado del talud de un camino de nueva construcción.

La descripción de los materiales es la anteriormente realizada.

La maquinaria utilizada sería un bulldozer de 250 CV. de potencia, una motoniveladora de 150 CV. o una retroexcavadora de cadenas de 150 CV.

El trabajo consiste en el perfilado del talud con una pendiente de 1:1. Se realiza después del desmonte y explanación del camino y antes de la apertura de la cuneta. Los materiales arrancados se extienden sobre la plataforma del camino para permitir la circulación de la maquinaria, pero sin perfilar la plataforma.



Maquina	Materiales	Altura del talud	Horas/km.	Euros/hora	Coste por km.
Bulldozer	Tierra	< 2 m.	3	56,82	170,46
		2 - 4 m.	5	56,82	284,10
	Roca descompuesta	< 2 m.	4	56,82	227,28
		2 - 4 m.	6	56,82	340,92
Motoniveladora	Tierra	< 2 m.	2	52,12	104,24
		2 - 4 m.	3	52,12	156,36
	Roca descompuesta	< 2 m.	3	52,12	156,36
		2 - 4 m.	4	52,12	208,48

Maquina	Materiales	Altura del talud	Horas/km.	Euros/hora	Coste por km.
Retroexcavadora	Tierra	< 2 m.	5	54,33	271,65
		2 - 4 m.	5	54,33	271,65
		4 - 6 m.	7	54,33	380,31
	Roca descompuesta	< 2 m.	5	54,33	271,65
		2 - 4 m.	6	54,33	325,98
		4 - 6 m.	8	54,33	434,64

### 5.12.2.1.5. Apertura cuneta

Rendimiento y coste medio de las operaciones de apertura de la cuneta de un camino de nueva construcción.

La descripción de los materiales es la anteriormente realizada.

La maquinaria utilizada sería un bulldozer de 250 CV. de potencia, una motoniveladora de 150 CV. o una retroexcavadora de cadenas de 150 CV.

En el caso del bulldozer, el trabajo consiste en el ripado de la cuneta, la extracción de los materiales y su extendido sobre la plataforma del camino, dejando la plataforma con la pendiente lateral correspondiente y perfilada, pero no refinada. El talud exterior de la cuneta tendrá una pendiente de 1:1 y el interior la que el bulldozer pueda realizar.

En el caso de la motoniveladora, trabajaría sobre el ripado del bulldozer (el bulldozer emplea en este trabajo algo menos de la mitad del tiempo que en caso anterior) y el trabajo consiste en extraer los materiales y extenderlos sobre la plataforma del camino, dejando la plataforma con la pendiente lateral correspondiente y perfilada, pero no refinada. En este caso, los dos taludes de la cuneta tendrán una pendiente de 1:1.

En el caso de la retroexcavadora, abriría la cuneta directamente, extraería los materiales y los extendería sobre la plataforma del camino, dejándola lo más aproximada a su perfil definitivo. Los dos taludes de la cuneta también tendrán una pendiente de 1:1.

	Materiales	Horas/km.	Euros/hora	Coste por km.
Bulldozer	Tierra	4	56,82	227,28
	Roca descompuesta	5	56,82	284,10
Motoniveladora	Tierra	4	52,12	208,48
	Roca descompuesta	5	52,12	260,60
Retroexcavadora	Tierra	12	54,33	651,96
	Roca descompuesta	14	54,33	760,62

#### 5.12.2.1.6. Demolición roca con martillo hidráulico.

Este trabajo se realizaría con una retroexcavadora de cadenas de 150 CV., con martillo hidráulico.

El material a demoler sería roca sana no ripable por el bulldozer.

El trabajo consiste en demoler la roca para que pueda ser manipulable por otras máquinas, dejando trozos que puedan ser extendidos sobre el camino, pero que no sirven para configurar el firme del camino.

Materiales	Horas/m <sup>3</sup>	Euros/h	Coste por m <sup>3</sup>
Roca sana	0,40	54,33	21,73

#### 5.12.2.1.7. Refino

Rendimiento y coste medio de la operación de refino durante la construcción de un camino nuevo.

El trabajo se realiza con motoniveladora de 150 CV. de potencia y consiste en el refino de la plataforma del camino, para configurar de forma definitiva la pendiente lateral, y el perfilado y refino de los taludes de la cuneta.

Este trabajo se realiza una vez que ya se ha hecho el desmonte y explanación del camino, el taluzado, la apertura de la cuneta y el acondicionamiento de la plataforma del camino.

Los materiales no van a significar un problema, ya que la motoniveladora lo único que tiene que hacer es mover los materiales ya arrancados por la otra maquinaria para eliminar las irregularidades del camino.

Horas/km.	Euros/hora	Coste por km.
3,2	52,12	166,78

### 5.12.2.1.8. Riego y compactación

Este trabajo consiste en el riego del firme del camino y su compactación con un rodillo vibrador, después de haber realizado la operación de refino.

La maquinaria utilizada sería un tractor de unos 80 CV. de potencia con una cuba de riego de unos 7.000 l. y un rodillo vibrador de unos 90 CV. de potencia.

Se riega y compacta la totalidad de la plataforma del camino las veces que sea necesario, hasta conseguir la estabilidad buscada. Generalmente se hacen dos pasadas.

Para el cálculo del rendimiento y el coste medio de estas operaciones, consideramos una longitud de camino de 1 km., 5 m. de anchura y realizamos dos pasadas. La anchura del rodillo será de 2 m., con lo que se necesitará pasar tres veces para compactar la totalidad de la plataforma del camino.

	Horas/km.	Euros/hora	Coste por km.
Tractor más cuba de riego	0,5	30,30	15,15
Rodillo vibrador	1,5	25,00	37,50
<b>Total por km.</b>			<b>52,65</b>

### 5.12.2.1.9. Eliminación de zonas húmedas

Detallamos aquí el rendimiento y coste medio de las operaciones necesarias para la eliminación de zonas húmedas.

La maquinaria utilizada consistiría en una retroexcavadora mixta, de 80 CV. de potencia y un camión basculante de 100 CV.

Este trabajo se realiza después de las operaciones de desmonte y explanación, taluzado y apertura de la cuneta y antes de proceder al refino del camino.

Consiste en extraer la tierra de la zona húmeda, cargarla y depositarla en algún lugar; extraer tierra de otro lugar; transportarla y verterla en la zona húmeda donde ya extrajimos anteriormente la tierra, extender esta tierra y compactarla con la retroexcavadora.

Los materiales de estas zonas húmedas suelen ser tierras de poca consistencia, que no deben suponer ningún tipo de problema para su excavación. Los materiales de relleno serán tierras que se pueden excavar con la retro mixta.

Generalmente será necesario construir un paso de agua en esta zona o instalar algún tipo de drenaje.

En nuestro caso suponemos un tramo de camino de 10 m. de longitud, de 5 m. de anchura y una profundidad 1 m.; que nos da un volumen de tierra a remover de 50 m<sup>3</sup>.

m <sup>3</sup> /hora	Total horas	Euros/h	Subtotal
12,5	9,5	40,80	387,60
12,5	9,5	31,25	296,88
<b>Total</b>			<b>684,48 €</b>

Las horas empleadas son: 4 para la excavación de cada uno de los materiales y 1,5 para el extendido y compactado.

El coste por m<sup>3</sup> sería: 13,69 €.

### 5.12.2.1.10. Construcción de badén.

Detalle del rendimiento y coste medio de las operaciones necesarias para la construcción de un badén del tipo del modelo elegido.

La maquinaria utilizada consistiría en una retroexcavadora mixta, de 80 CV., un camión con grúa, de 100 CV., para el transporte de las herramientas y los materiales y un camión hormigonera para el transporte del hormigón y su extendido.

El trabajo consiste en adecuar la zona de construcción del badén con la retroexcavadora mixta (realizar la forma del badén y compactar el terreno), colocar la malla electrosoldada y verter el hormigón para configurar el badén y una rampa de salida para el agua.

Tomamos como ejemplo la construcción de un badén en un camino de 5 m. de anchura, con una longitud del badén de 6 m., un grosor del hormigón de 10 cm. y la construcción de una rampa de salida de 4 m. de anchura por 1 m. de longitud y 10 cm. de espesor de hormigón (total 3,5 m<sup>3</sup>). El badén se encontraría a una distancia máxima de 20 km. desde el lugar de partida de los operarios y del lugar de depósito de los materiales.

	Unidades	Euros / unidad	Subtotal
Movimiento de tierra. Retro mixta 80 CV	0,5 horas	40,80	20,40
Transporte y extendido hormigón	3,5 m <sup>3</sup>	80,82	282,87
Malla-electrosoldada 150x150x8 mm.	30 m <sup>2</sup>	5,15	154,50
Uso herramientas	3 horas	5,00	15,00
Oficial 1 <sup>a</sup>	3 horas	14,70	44,10
Peones	3 horas	9,75	29,25
<b>Total</b>			<b>546,12 €</b>

El coste por m<sup>3</sup> sería de 156,03 €.

### 5.12.2.1.11. Colocación de pasos de agua.

Detalle del rendimiento y coste medio de las operaciones necesarias para la construcción de un paso de 7 m. de longitud, utilizando tubos de hormigón de 1 m. de longitud y 50 cm. de diámetro, enterrándolos a 1 m. de profundidad.

La maquinaria utilizada consistiría en una retroexcavadora mixta, de 80 CV., para la apertura de la zanja, la manipulación de los tubos para colocarlos, el relleno de la zanja y la compactación de la tierra sobre los tubos. Se utilizaría una autohormigonera de 30 CV., para la elaboración del mortero para construir las arquetas y para la del hormigón del suelo de la arqueta de entrada y de la rampa de salida.

El paso de agua se encontraría a una distancia máxima de 20 km. desde el lugar de partida de los operarios y del lugar de depósito de los materiales.

	Unidades	Euros / unidad	Subtotal
Movimiento de tierra	1,5 horas	40,80	61,20
Colocación tubos			
Manipulación tubos con retro mixta	0,75 horas	40,80	30,60
Oficial 1 <sup>a</sup>	0,75 horas	14,70	11,02
Dos peones	0,75 horas	9,75	14,62
Tubos	7 unidades	21,00	147,00
Construcción arquetas y rampa salida			
Autohormigonera	1 horas	24,40	24,40
Oficial 1 <sup>a</sup>	2 horas	14,70	29,40
Dos peones	2 horas	9,75	39,00
Piedra	0,6 m <sup>3</sup>	9,10	5,46
Mortero	0,25 m <sup>3</sup>	83,20	20,80
Suelo arqueta entrada y rampa salida de hormigón	0,25 m <sup>3</sup>	80,82	20,20
Uso herramientas	2 horas	5,00	10,00
<b>Total</b>			<b>413,72 €</b>

Coste por m. lineal: 59,10 €

La colocación de pasos de agua de diámetros superiores a esos incrementará el coste de las operaciones y la complejidad de colocación de los pasos (vaguadas profundas, varias filas de tubos, etc.) también.

El coste medio de los tubos en almacén, que vamos a emplear en la construcción de pasos de agua, es el siguiente:

Tipo de tubos	Euros/m.
Tubo de hormigón machihembrado, base plana. 50 cm de diámetro	14,00
Tubo de hormigón machihembrado, base plana. 60 cm de diámetro	18,00
Tubo de hormigón machihembrado, base plana. 80 cm de diámetro	27,00
Tubo de hormigón machihembrado, base plana. 100 cm de diámetro	37,00

### 5.12.2.1.12. Resumen del proceso de construcción

Como vemos, las situaciones que se pueden encontrar a la hora de construir un camino, son muy variadas. Por ello y para tener una idea aproximada del coste que puede suponer esa construcción, calcularemos el coste que tendría la construcción de un camino en unas determinadas circunstancias.

La construcción de un camino de Segundo Orden, de 5 m. anchura, trazado a través de vegetación formada por matorral espeso, con una pendiente lateral menor del 30%, material del terreno formado por roca descompuesta. En el que realizamos las operaciones de apertura con bulldozer, el perfilado del talud, la cuneta y la plataforma con motoniveladora; damos dos pasadas de riego y compactación del camino, incluimos la demolición de 30 m<sup>3</sup>. de roca por cada km. de camino e instalamos 5 pasos de agua de 50 cm. de diámetro por cada km.; tendría un coste de 4.340 € por km..

Para calcular un coste medio para caminos en otro tipo de situaciones, añadiríamos a ese coste medio el coste de otro tipo de operaciones a realizar, como eliminación de zonas húmedas, superación de vaguadas, badenes, etc. Además de la señalización que hubiese que instalar y los cierres que fuesen necesarios.

### 5.8.2.2. Mantenimiento

Anteriormente hemos expuesto que las operaciones de mantenimiento que necesitan los caminos se refieren a la eliminación de la vegetación de los bordes que estorba a la circulación, la conservación de los drenajes, del firme del camino en los caminos de Primer Orden y el mantenimiento de la señalización.

La realización de esas actuaciones requerirá diferente cantidad de mano de obra y de uso de maquinaria (excepto para la aportación de zahorras, se requerirá únicamente una retroexcavadora mixta).

Esas necesidades estarán en función de la cantidad de vegetación a eliminar o del deterioro de los drenajes o de la plataforma del camino, por lo que no se puede calcular un coste medio de esas operaciones.

En todo caso, ya conocemos el coste por hora o por materiales que suponen la mayoría de ese tipo de actuaciones, por lo que simplemente se necesitaría estimar el tiempo necesario para realizar las diferentes operaciones de mantenimiento o la cantidad de materiales a sustituir.

Las operaciones de mantenimiento que están más sistematizadas se refieren al desbroce de los márgenes del camino con tractor y brazo desbrozador y a la limpieza de la plataforma del camino con motoniveladora y para esas operaciones sí podremos establecer un rendimiento y coste medio.

#### **5.12.2.2.1. Desbroce de márgenes con tractor y brazo desbrozador**

Este trabajo consiste en el desbroce de los márgenes del camino, para eliminar la vegetación que pueda estorbar a la circulación. Estos márgenes serán más o menos amplios dependiendo de la vegetación. Así, podrán estar constituidos por los bordes de la cuneta o habrá que ampliarlos al talud y terraplén del camino. Se supone que la plataforma del camino no es necesario desbrozarla, ya que se mantiene limpia debido a la circulación de los vehículos por el camino, aunque en determinados casos también se debería desbrozar.

El trabajo se realizaría con un tractor de ruedas de 90 CV. de potencia como mínimo, dotado con un brazo desbrozador, de una anchura de 1,4 m.

<b>Vegetación a eliminar</b>	<b>Horas/ha.</b>	<b>Euros/hora</b>	<b>Coste por ha.</b>
Matorral	3,7	36,05	133,39
Hierba	2,5	36,05	90,13

#### **5.12.2.2.2. Limpieza plataforma con motoniveladora**

Este trabajo consiste en arrancar la vegetación de los bordes de la cuneta y de la plataforma del camino y verter los restos sobre el terraplén del camino. La plataforma debe quedar limpia y refinada.

Para la realización del trabajo utilizaremos una motoniveladora de 150 CV. de potencia.

Hemos considerado un camino de 5 m. de anchura, con una pendiente longitudinal máxima del 15% y una pendiente de los taludes de la cuneta de 1:1. La vegetación a eliminar será siempre matorral (sobre hierba no se ac-

tuaría) y nunca debería tener una densidad excesiva (que haría disminuir el rendimiento de la operación).

Vegetación a eliminar	Horas/km.	Euros/hora	Coste por km.
Matorral	4,74	52,12	247,05

### 5.8.3. Puntos de agua

Detalle de trabajos y gastos necesarios para la construcción de un punto de agua del tipo del modelo elegido.

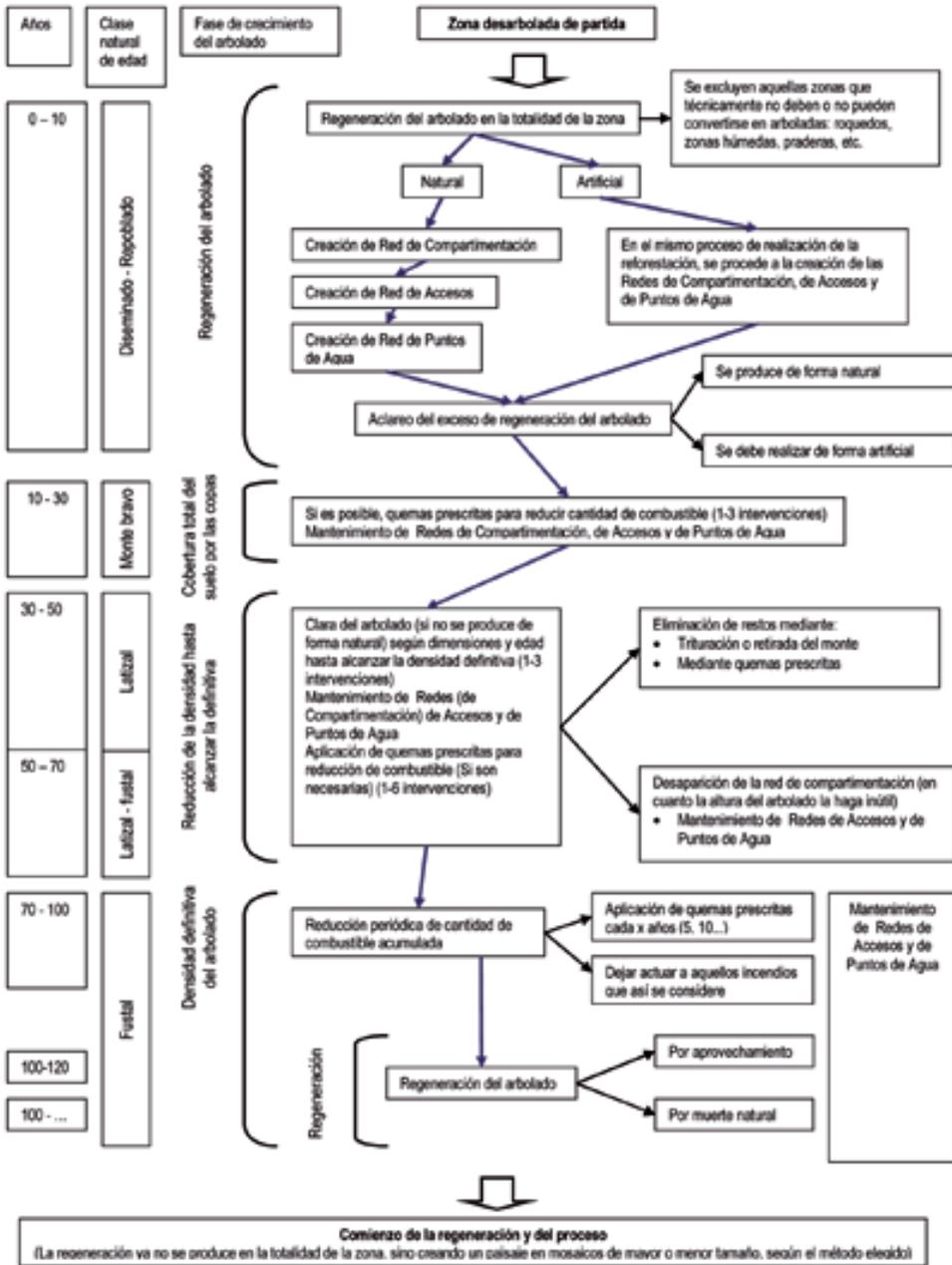
No se tiene en cuenta la necesidad de construcción de un acceso hasta el estanque, que en caso de tenerse que realizar, tendría el mismo tipo de trabajos y coste que la construcción de caminos.

El punto de agua se encontraría a una distancia máxima de 20 km. Desde el punto de partida del personal o del lugar de depósito de los materiales.

	Unidades	Tipo unidad	Precio unidad	Subtotal
Desbroce y explanación con bulldozer. 150CV	1	horas	56,82 €	56,82 €
Excavación estanque y construcción rampa con retroexcavadora mixta 80 CV	3	horas	40,80 €	122,40 €
Otras actuaciones retroexcavadora mixta <sup>(1)</sup>	2,2	horas	40,80 €	89,76 €
Transporte materiales de encofrado, tubería captación, herramientas, etc.	20	km.	1,20 €	24,00 €
Encofrado de estanque, colocación malla suelo y rampa, relleno de hormigón y desencofrado.				
Maquinaria y herramientas (camión grúa, vibrador, encofrado, herramientas, etc.)	24	horas	48,00 €	1.152,00 €
Oficial	16	horas	14,70 €	235,20 €
Peón	32	horas	9,75 €	312,00 €
Malla-electrosoldada 150x150x8 mm.	63	m <sup>2</sup>	5,15 €	324,45 €
Hormigón para estanque <sup>(2)</sup>	7	m <sup>3</sup>	80,82 €	565,74 €
Materiales captación de agua, arqueta de entrada y desagüe.				
Hormigón	0,5	m <sup>3</sup>	80,82 €	40,41 €
Mortero	0,2	m <sup>3</sup>	83,20 €	16,64 €
Piedra	0,3	m <sup>3</sup>	9,10 €	2,73 €
Llaves	3	ud.	15,00 €	45,00 €
Tubería	10	m.	6,00 €	60,00 €
Filtros, codos y otros elementos similares	10	ud.	1,00 €	10,00 €
Tapas y cierres	3	ud.	50,00 €	150,00 €
Construcción captación de agua, arqueta de entrada y desagüe.				
Oficial	12	horas	14,70 €	176,40 €
Peón	12	horas	9,75 €	117,00 €
<b>Total</b>				<b>3.500,55 €</b>

<sup>(1)</sup> Configurar salida rampa. Aportar tierra paredes estanque, retirada resto tierra, conducción de agua, captación, otras necesidades.

<sup>(2)</sup> Transporte con camión hormigonera y vertido desde el mismo camión.



Ejemplo de modelo de gestión.

Exponemos ahora un ejemplo de modelo de gestión para una determinada superficie forestal, en el que combinando la creación y mantenimiento de las infraestructuras que aquí hemos expuesto, con determinadas actuaciones de gestión de la vegetación, podríamos conseguir el desarrollo del arbolado en esa superficie y su protección frente a los incendios forestales.

## BIBLIOGRAFÍA

- Varios autores. 1998. "Los bosques ibéricos". Planeta, S. A. Barcelona. España. ISBN: 84-08-02869-3.
- González J. M. 2001. "Introducción a la selvicultura general". Ponferrada. España. ISBN: 84-81277-61-1.
- Vélez R. 2000. "La defensa contra incendios forestales. Fundamentos y experiencias". Mc Graw Hill. ISBN: 978-84-481-2742-8.
- Salas F. 1993. "Manual de formación para la lucha contra los incendios forestales". Getisa. ISBN: 978-84-604-6838-7.
- Martínez E. "Manual del contrafuego". 1997. Tragsa. Madrid. España.
- Fernández V., Rodríguez J. I., Aguirre F. 2002. "Manual de seguridad en la extinción de incendios forestales". Edita: Consejería de Medio Ambiente. Junta de Castilla y León. Valladolid. España.
- Fernández V., Rodríguez J. I., Aguirre F. 2002. "Manual del primer ataque a un incendio forestal". Edita: Consejería de Medio Ambiente. Junta de Castilla y León. Valladolid. España.
- Grillo F., Castellnou M., Molina D., Martínez E., Díaz D. 2008. "Análisis del incendio forestal: planificación de la extinción". AIFEMA. Granada. España. ISBN: 978-84-612-2150-9.
- Lewis J. G. 2004. "The Forest Service and The Greatest Good: A Centennial History". University of Washington Press. ISBN: 978-0295983738
- Valladares A. 1969-1974. "Instrumental, herramientas y equipo". Ministerio de Agricultura. Madrid y Cazorla. España. ISBN: 84-500-6832-9.
- Gilpérez L. 1990. "Lectura de planos". Penthalon Ediciones. Madrid. España. ISBN: 84-86411-07-6.
- Tolosana E., González V.M., Vignote S. "El aprovechamiento maderero". 2004. Mundi-
- Prensa, Fundación Conde del Valle de Salazar. Madrid. ISBN: 978-84-86793-94-4.
- Nieto R. "Manual de mecanización forestal". 2004. ISBN: 978-84-609-3667-1.
- "Prevención en trabajos forestales". 1988. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco. Vitoria. España. ISBN: 84-7542-492-9.
- Elorrieta J. 1995. "Vías de saca. Construcción de caminos forestales". Edita: Fundación Conde del Valle de Salazar. ISBN: 84-86793-31-9.
- "Arranjament de pistes forestals". 2001. Diputació de Barcelona. Oficina Tècnica de Prevenció Municipal d'Incendis Forestals. Barcelona. España.
- "Manual tècnic d'establiment de mesures correctores de l'impacte ambiental de pistes forestals". Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient. Centre de la Propietat Forestal.
- "Construcció de basses d'aigua". 2001. Diputació de Barcelona. Oficina Tècnica de Prevenció Municipal d'Incendis Forestals. Barcelona. España.

"Manual de prevención para trabajos forestales". 2000. Plan de formación continua. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Castilla y León. Valladolid. España.

## Direcciones de Internet:

### - Selvicultura:

- <http://www.seeforestales.org/> - Sociedad Española de Ciencias Forestales. Algunas administraciones nacionales e internacionales encargadas de la lucha contra los incendios forestales.
- <http://www.mma.es/> - Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- <http://mediambient.gencat.net/> - Departament de Medi Ambient y Vivienda de la Generalitat de Catalunya.
- <http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/> - Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.
- <http://www.jcyl.es/> - Defensa del medio natural. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Castilla y León.
- <http://www.fs.fed.us/fire/index.html> - Estados Unidos.
- <http://www.ciffo.ca/> - Canadá.
- <http://www.fesa.wa.gov.au/internet/default.aspx> - Fire and Emergency Services Authority of Western Australia. Australia.
- <http://www.bushfire.nsw.gov.au/> - New South Wales Rural Fire Service. Australia.
- <http://www.dgrf.min-agricultura.pt/portal/prevencao-a-incendios-dfci> - Direcção-Geral dos Recursos Florestais. Portugal.

### - Información y recursos relacionados con la lucha contra los incendios forestales.

- <http://www.focverd.net/> - Información sobre los incendios forestales en Cataluña.
- <http://www.incendiosforestales.com/> - Portal de la empresa FOREX (Formación y Extinción), que tiene como objetivo potenciar el sector de la extinción de incendios en España.
- <http://www.fire.uni-freiburg.de/> - Global Fire Monitoring Center. Información sobre incendios forestales de todo el mundo.
- <http://www.iawfonline.org/> - International Association of Wildland Fire.
- <http://www.nwsa.us/> - The National Wildfire Suppression Association. U.S.A.
- <http://www.wildlandfire.com/> - Información sobre incendios forestales en EE.UU. y todo el mundo.

### - Estadísticas de incendios forestales.

- <http://www.incendiosforestales.org/> - España.
- <http://www.nifc.gov/> - U.S.A.
- <http://cwifs.cfs.nrcan.gc.ca/> - Canadá.

- <http://www.promethee.com/> - Promethee Database (base de datos de incendios de Francia y países mediterráneos).

**- Información y recursos relacionados con la ecología del fuego e investigación sobre el tema.**

- <http://www.etsea2.udl.es/~UFF/> - Unidad de incendios forestales de la Universidad de Lleida (España).
- <http://www.fireparadox.org/> - Proyecto de investigación sobre incendios forestales en Europa.
- <http://www.cnr.berkeley.edu/stephens-lab/index.htm> - Fire Science Laboratory at the University of California Berkeley. U.S.A. (Información e investigación sobre incendios forestales, ecología y gestión de recursos naturales).
- <http://www.fireecology.net/> - Association for Fire Ecology. U.S.A. (Organización no gubernamental dedicada a la investigación y difusión del uso del fuego como herramienta de gestión del paisaje).
- <http://www.fs.fed.us/rmrs/> - Rocky Mountain Research Station. U.S.A. (Departamento del Servicio Forestal de los EE.UU. dedicado a la investigación y desarrollo de aplicaciones y programas sobre gestión de recursos naturales).
- [http://home.utad.pt/~floresta/GFF/Lab\\_Fog\\_Fl.html](http://home.utad.pt/~floresta/GFF/Lab_Fog_Fl.html) - Grupo de Fogos Florestais. Universidade do Trás-os-Montes. Portugal.
- <http://www.aix.cemagref.fr/> - Centre des Documentation Forêt Méditerranéenne et Incendie (DFCI). Francia.

**- Principales marcas de la maquinaria utilizada en construcción del tipo de infraestructuras comentados.**

- <http://www.volvo.com/constructionequipment/> - Volvo.
- <http://www.casece.com/> - Case.
- <http://www.cat.com/> - Caterpillar.
- <http://www.deere.com/> - John Deer.
- <http://www.komatsueurope.com/> - Komatsu.
- <http://construction.newholland.com/> - New Holland (Fiatallis, O&K).
- <http://www.iveco.com/> - Iveco.
- <http://www.man-mn.es/es/> - Man.
- <http://www2.mercedes-benz.es/> - Mercedes Benz.
- <http://www.renault-trucks.com/> - Renault.

**- Principales marcas del tipo de instrumentos de medición utilizados.**

- <http://global.trimble.com/es/default.asp> - Trimble (gps, aparatos de medición).
- <http://www.garmin.com/> - Garmin (gps).
- <http://www.magellangps.com/> - Magellan (gps).

- <http://www.leica-geosystems.com/es/> - Leica (aparatos topográficos).
- <http://www.suunto.com/> - Suunto (clisímetros, brújulas, etc.).
- <http://www.haglofinc.com/> - Haglöf (aparatos de medición forestal).
- <http://www.silva.se/> - Silva (brújulas, clisímetros, etc.).
- <http://www.brunton.com/> - Brunton (clisímetros, brújulas, etc.).

**- Algunas aplicaciones informáticas de utilidad en el tipo de trabajo comentado.**

- <http://www.esri-es.com/> - Sistemas SIG con múltiples aplicaciones (utilización de datos vectoriales – mediciones con el gps – y raster – modelos digitales del terreno –. Análisis de redes, cálculos de cuencas hidrográficas, etc.). Programa comercial.
- <http://www.ozexplorer.com/> - Gestión de mapas. Programa comercial con versión de prueba.
- <http://www.globalmapper.com/> - Sistema SIG y gestión de mapas. Programa comercial con versión de prueba.
- <http://fire.org/> - Software relacionado con los incendios forestales. Programas gratuitos.
- <http://archivos.portalplanetasedna.com.ar/ingenieria/MEZCLAS.zip> - Software para el cálculo de mezclas de morteros y hormigones. Programa gratuito.
- <http://www.atha.es/> - Asociación Española de Fabricantes de Tubos de Hormigón Armado. **Tubos.** Software para el cálculo de instalaciones de tubos de hormigón. Programa gratuito. **CRS.** Software para realizar el cálculo hidráulico y el dimensionamiento de una red de saneamiento. Programa gratuito.
- <http://www.geocities.com/infoaqualis/index.htm> - Aqualis es una aplicación que permite calcular el valor de la precipitación máxima diaria en cuencas hidrográficas. Está desarrollada como una extensión del SIG ArcView. Programa gratuito.
- <http://epsh.unizar.es/~serreta/programas/lluvias.zip> - Maxpluwin. Aplicación que permite calcular el valor de la precipitación máxima diaria por puntos, para la España peninsular.
- <http://www.brc.tamus.edu/swat/avswat.html> - AVSWAT-2000.
- <http://www.hec.usace.army.mil/> - Hec-GeoHMS, Hec-HMS, Hec-GeoRas, Hec-Ras. Extensiones para Arc View para gestión de cuencas hidrográficas. Programas gratuitos.
- <http://www.geo-slope.com/> - Aplicaciones informáticas para diversos cálculos geológicos, entre ellos el cálculo de estabilidad de taludes. Programa comercial con versión de prueba.
- <http://www.topocal.com/> - TopoCal. Programa para la realización de múltiples cálculos topográficos. Programa gratuito.

