

**ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA  
INDUSTRIAL DE ZARAGOZA**



**PROYECTO FIN DE CARRERA**

**TÍTULO DEL PROYECTO:  
DISPOSITIVO MECÁNICO PARA LA LUCHA CONTRA INCENDIOS  
FORESTALES: "BARRAS DE PULVERIZACIÓN"**

**ESPECIALIDAD:  
MECÁNICA**

**CONVOCATORIA:  
SEPTIEMBRE 2011**

**ALUMNO:  
D. ABEL LACUEY LANDA**

**DIRECTOR:  
Dr. MARCO CARRERA ALEGRE**

## • RESUMEN:

El proyecto planteado se refiere al diseño de un dispositivo mecánico que con suficiente capacidad, conseguirá pulverizar el monte, con la misión de crear una barrera contra el fuego, persiguiendo así dos objetivos en un incendio: dirigirlo y acotarlo, mediante la aplicación de Retardantes a largo plazo con medios terrestres.

La barrera que creará el dispositivo, será una barrera química, compuesta por agua y retardante, en sus adecuadas proporciones, y abarcará una anchura comprendida entre 2 metros y 6 metros en la lucha contra los incendios forestales.

El dispositivo finalmente desarrollado, contará con las siguientes ventajas frente a otros dispositivos y medios para la extinción de incendios:

- Depósitos diferenciados: depósito de agua y depósitos de retardante.
- El operario podrá controlar la concentración de retardante en el agua y además no estará expuesto al producto químico.
- La pulverización será función de: la velocidad del vehículo, de las características del terreno, etc
- El retardante sobrante al finalizar la jornada se podrá recuperar y volver a almacenar; no quedando producto mezclado y pudiéndose reutilizar.

Tras la finalización del diseño inicial del diseño mecánico, se proponen futuras líneas de trabajo: diseño en detalle, fabricación de cada elemento que lo compone, ensamblaje, prototipos, ensayos, etc

## **INDICE:**

### **1.- INTRODUCCIÓN**

### **2.- OBJETIVOS Y ALCANCE**

### **3.- METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO**

### **4.- DESCRIPCIÓN DEL DISPOSITIVO MECÁNICO**

#### **4.1- ESPECIFICACIONES INICIALES**

##### **4.1.1- EL RETARDANTE**

##### **4.1.2- LA BOQUILLA**

#### **4.2- FASE PREVIA - ESTUDIO DEL MERCADO ACTUAL**

#### **4.3- DISEÑO PRELIMINAR**

#### **4.4- CÁLCULOS**

#### **4.5- DISEÑO FINAL**

#### **4.6- VENTAJAS DE APLICACIÓN EN MEDIOS TERRESTRES**

#### **4.7- PROTOCOLO DE ACTUACIÓN**

### **5.- CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO**

### **6.- BIBLIOGRAFÍA**

**DISPOSITIVO MECÁNICO PARA LA LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES:  
“BARRAS DE PULVERIZACIÓN”**

**1.-INTRODUCCIÓN**

**DISPOSITIVO MECÁNICO PARA LA LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES:  
“BARRAS DE PULVERIZACIÓN”**

## **1. INTRODUCCIÓN**

El presente proyecto surge como una idea durante un incendio forestal, que en un principio parecía controlable, avanzaba lentamente y finalmente arrasó 1000 hectáreas de monte que se estaba regenerando desde hacía 12 años (a causa de otro incendio de similares características).

Breve descripción del incendio, que origino esta idea:

1º) El día 17 de marzo de 2010, en la zona denominada “Valdelocacho”, sito en el término municipal de Sos del Rey Católico, siendo las 19:00 horas se observaba como una columna de humo salía del monte; como conocedor del terreno accedí con el coche hasta un alto para observar si podía tratarse de un incendio forestal; cual fue la sorpresa de que efectivamente era un incendio pero de pequeñas dimensiones. A continuación se avisó al Agente Forestal de la zona.



*Figura 1.1: Inicio del Incendio*

2º) Según anochecía, el incendio cogía fuerza y se descontroló.



*Figura 1.2: El incendio 2 horas después de su comienzo*

3º) Resultado del incendio: de 1000 a 1500 hectáreas de terreno quemadas.



*Figura 1.3: Vista panorámica del terreno afectado por el incendio, días más tarde*

**DISPOSITIVO MECÁNICO PARA LA LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES:  
“BARRAS DE PULVERIZACIÓN”**

- **Conclusiones e idea de este incendio:**

¿Por qué no hay una maquina que vaya por los caminos / carreteras y riegue el monte creando un frente contra incendios?

¿Cómo es posible que con tanta cantidad de cortafuegos, carreteras, caminos,... el fuego consiga saltarlos y seguir su avance?

Objeto de este proyecto, se plantea el diseño de un dispositivo mecánico que con suficiente capacidad, consiga regar el monte y cree una barrera contra el fuego, consiguiendo así dos funciones: dirigir el incendio y acotar perímetros de zonas que puedan causar graves consecuencias si son alcanzadas por un incendio (poblaciones, depósitos de gas,...)

**DISPOSITIVO MECÁNICO PARA LA LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES:  
“BARRAS DE PULVERIZACIÓN”**

**2.- OBJETIVOS Y ALCANCE**

## 2.- OBJETIVOS Y ALCANCE

El objetivo de este proyecto es sentar las bases para la aplicación de Retardantes a largo plazo con medios Terrestres (MM.TT) en la lucha contra los incendios forestales, creando cortafuegos químicos a través de un diseño mecánico de pulverización que combinándolo con una autobomba de extinción de incendios, cree una barrera química de unos de 2 a 6 metros de anchura gracias a la aplicación sobre el terreno de una mezcla compuesta por: agua y retardante; además dispondrá de una toma auxiliar para el caso de que haya que conectar una manguera que también eche la mezcla.

Para alcanzar los objetivos anteriores se plantea en el proyecto la análisis preliminar de las siguientes fases:

### 1.-Estado del arte inicial en cuanto a dispositivos de control de incendios se refiere:

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

El ataque Directo consiste en atacar directamente las llamas hasta lograr extinguirlas; lo pueden hacer personas con herramientas manuales: batefuegos, extintores de mochila, con mangueras, con el agua de las autobombas, con medios aéreos que apoyan a los medios de tierra, o lo puede hacer un bulldozer.



Figura 2.1: Operarios con el Batefuegos (izda); Extintor de Mochila (centro); Medios Aéreos (dcha)

El ataque Indirecto consiste en cercar los frentes de llama del incendio, entre líneas limpias de combustibles (líneas de defensa o de control), a través de las cuales no puede seguir avanzando el incendio. Las líneas de defensa, pueden ser barreras naturales (ríos, líneas de roca,...) o artificiales (carreteras, caminos, cortafuegos,...); para la construcción de las líneas de defensa, se pueden utilizar herramientas manuales, se pueden realizar con maquinaria o se pueden realizar aplicando productos químicos (retardantes) que hacen ignífugo al combustible.



Figura 2.2: Líneas de Roca (izda); Cortafuegos (dcha)

## DISPOSITIVO MECÁNICO PARA LA LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES: “BARRAS DE PULVERIZACIÓN”



*Figura 2.3: Herramienta Manual: Azadón (izda); Uso de maquinaria: Bulldozer (dcha)*

### 2. Análisis de las necesidades en base al estado del arte inicial:

1º) Un ataque indirecto, asegura la integridad de los operarios en un incendio, respecto del ataque directo.

2º) Un ataque directo con batefuegos, con una gran longitud de llama es muy peligroso para los operarios, puesto que con un cambio del viento puede peligrar su vida y sufrir quemaduras.

3º) La realización de un cortafuegos utilizando “el azadón”, requiere la presencia de muchos operarios, además del gran desgaste físico que ello conlleva.

4º) El uso de maquinaria pesada en la realización de cortafuegos, es efectiva, pero por el contrario conlleva largos periodos de trabajo para su creación.

### 3.- Criterios iniciales de diseño del dispositivo mecánico, los cuales cumplan con los objetivos marcados.

1º) El diseño del dispositivo mecánico, será una principalmente un método de ataque indirecto; aunque dispondrá de toma de manguera en el caso que se desee realizar un ataque tanto directo, como indirecto al incendio.

2º) El ataque indirecto se realizará a través de la creación de un cortafuegos químicos, gracias a las barras de pulverización.

3º) Según el tipo de vegetación existente en la zona del cortafuegos, el operario del dispositivo controlará la concentración de mezcla, así como la anchura del cortafuegos y así se conseguirá una mayor efectividad en la creación del cortafuegos químico.

4º) El dispositivo mecánico prescindirá de operarios (salvo el operario que lo maneje) que estén realizando cortafuegos manualmente; lo que implica que todos esos operarios estén realizando el apoyo en otras zonas del incendio.

5º) El diseño del dispositivo buscará la mayor efectividad posible a través de: gran poder de pulverización y conseguir elevada velocidad en el tratamiento, para así conseguir crear el cortafuegos químicos lo antes posible.

6º) El dispositivo al crear la barrera química, consigue que al entrar el fuego en contacto con ella disminuya el poder del frente de llamas y sea más fácil apagarlo, incluso que se apague directamente.



*Figura 2.4: Avance del incendio hacia el cortafuegos químico(izda) y llegada al cortafuegos químico y su extinción (dcha)*

**DISPOSITIVO MECÁNICO PARA LA LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES:  
“BARRAS DE PULVERIZACIÓN”**

7º) Propuesta de un Diseño Preliminar

El diseño del dispositivo mecánico deberá cumplir con los requisitos deseados anteriormente; para ello dispondrá de:

-Varias secciones de pulverización: con esto se consigue que el operario controle en todo momento la anchura del cortafuegos químico que esta creando.

-Toma para la manguera: elemento para la conexión de manguera por si se diera el caso de realizar un ataque directo, o necesitar tratar una zona de difícil acceso.

-Al querer que se pueda controlar la mezcla, el dispositivo tendrá otra deposito para el almacenaje del retardante.

-Para conseguir un tratamiento rápido y eficaz; dispondremos de una serie de elementos que combinados den ese tratamiento: grupo de presión, control de velocidad, tipo de boquillas que utilizará,...

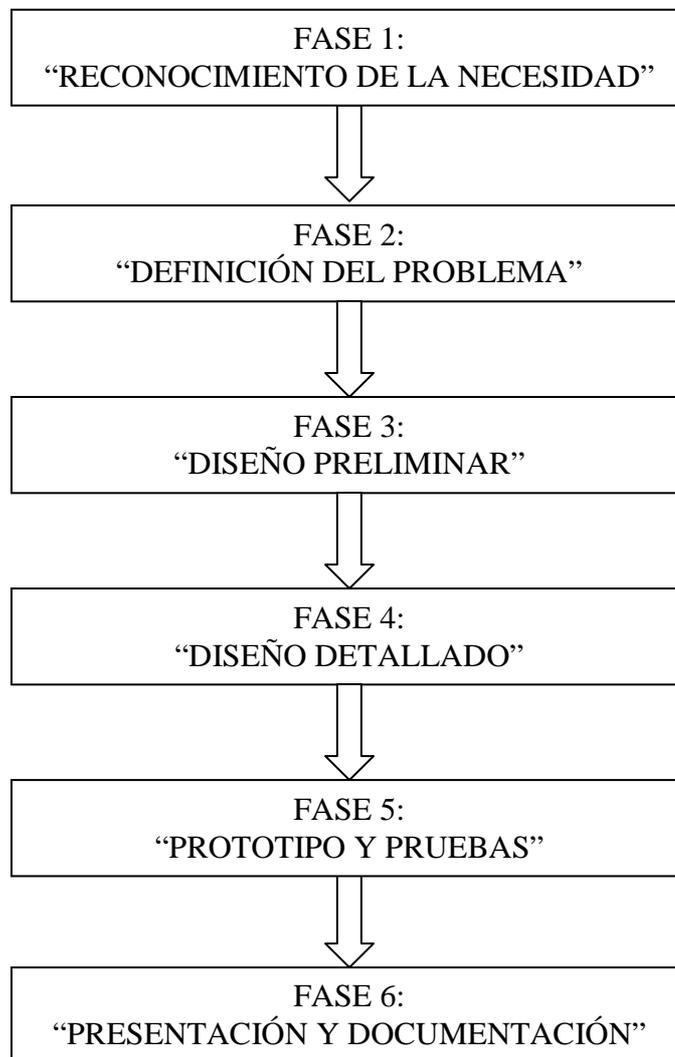
-Finalmente, para que el diseño funcione correctamente, se realizará la formación e información, de los operarios que vayan a manejar este tipo de maquinaria; para que conozcan perfectamente su uso y como manejarla.

**DISPOSITIVO MECÁNICO PARA LA LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES:  
“BARRAS DE PULVERIZACIÓN”**

**3.- METODOLOGÍA DEL DISEÑO  
Y PLAN DE TRABAJO**

### 3.- METODOLOGÍA DEL DISEÑO Y PLAN DE TRABAJO

Para la realización de este proyecto, y cumplir con los objetivos marcados, se han seguido las siguientes fases del proceso en la metodología:



#### **Fase 1: “Reconocimiento de la necesidad”**

Una persona debe estar atenta a posibles necesidades que surgen en el día a día; así se procede al reconocimiento de una necesidad, para poder así poder solucionar dicha necesidad. Otros aspectos a considerar en esta fase pueden ser: demanda no cubierta; modificación de la normativa; mejoras en las prestaciones; ect

#### **Fase 2: “Definición del Problema”**

Una vez vista reconocida la necesidad; en esta fase tendrá en cuenta: condiciones o especificaciones a cumplir; características y limitaciones

#### **Fase 3: “Diseño Preliminar”**

Plantear a grandes rasgos las partes del dispositivo mecánico. Para ello se realizan diversos diseños preliminares; se analizan los diversos diseños y se descartan algunos, se modifican otros y crean algunos nuevos.

Tras elegir la mejor solución, se pasa a la siguiente fase.

## **DISPOSITIVO MECÁNICO PARA LA LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES: “BARRAS DE PULVERIZACIÓN”**

### **Fase 4: “Diseño Detallado”**

Ya se tiene la mejor solución al problema; ahora se pasa a realizar un diseño en detalle del mismo, para lo cual se establecerá un modelo del mismo que permitirá analizar si cumple las especificaciones marcadas.

### **Fase 5: “Prototipo y Pruebas”**

Fase en la cuál se evalúa el prototipo mediante pruebas; además en esta fase se responderá a las siguientes preguntas: ¿satisface las necesidades?, ¿es confiable?, ¿es competitivo?,...

### **Fase 6: “Presentación y Documentación”**

Esta es la última fase de la metodología del diseño y consiste en la comunicación del diseño a otras personas, para ello se demostraran las ventajas del diseño y se deberán justificar; también se procederá con la representación gráfica del diseño.

Además de las fases de la metodología, se tendrán en cuenta otros aspectos, denominados consideraciones generales:

- 1.- Se empleará en la medida de lo posible elementos comerciales, así se reduce el coste de la máquina y se facilita el mantenimiento de la misma.
- 2.- Se considerará en el diseño la facilidad para el montaje, desmontaje, operaciones de mantenimiento y transporte
- 3.- El diseño de las piezas será lo más sencillo posible, eliminando el número de operaciones para su fabricación.
- 4.- Se seleccionará adecuadamente el proceso de fabricación, teniendo en cuenta la disponibilidad propia, número de operaciones, amortización de la herramienta, etc.
- 5.- Se seleccionará adecuadamente el material a emplear (coste, maquinabilidad, propiedades mecánicas).

**DISPOSITIVO MECÁNICO PARA LA LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES:  
“BARRAS DE PULVERIZACIÓN”**

**4.- DESCRIPCIÓN DEL  
DISPOSITIVO MECÁNICO**

## 4.- DESCRIPCIÓN DEL DISPOSITIVO MECÁNICO

### 4.1- CONCEPTOS Y ESPECIFICACIONES INICIALES

Lo importante para la realización del prototipo es saber que la anchura de los cortafuegos químicos varían entre 2 y 9 metros, según las características del incendio. A continuación se explica brevemente qué es un cortafuegos químico; pero también se desarrollan otras dos partes, las cuales son la base de fundamento del prototipo: el retardante y la boquilla.

- **¿Qué es un cortafuegos químico?**

Se denomina así la faja de combustible tratada con retardantes por constituir una barrera que dificulta la propagación del fuego. Al igual que los clásicos cortafuegos existentes en los montes, formados por fajas desprovistas de vegetación. El agente químico para la construcción del cortafuegos es el “Polifosfato Amónico” que cuando se le acerca el fuego y está próximo a los 300°C, reacciona carbonizando la vegetación sobre la que está, sin pirólisis, haciendo el cortafuegos.

Los cortafuegos químicos pueden sustituir las Líneas de Defensa que se construyen como básicas en la aplicación del Método Indirecto en la extinción. También son una forma de reforzar las Líneas de Control ampliando su anchura con el mismo efecto que las “quemadas de ensanche”.



*Figura 4.1: Ejemplo de un cortafuegos químico*

#### 4.1.1- EL RETARDANTE

- **¿Qué es?**

Un retardante del fuego se define como una sustancia o mezcla de sustancias que, depositado sobre la superficie de un material (directamente o bien diluida en agua), disminuye la inflamabilidad y/o combustibilidad del mismo.

Los retardantes que se usan en incendios forestales se clasifican según su método de aplicación en:

- Agentes extintores: se emplean como aditivos para mejorar la eficacia del agua en sofocar las llamas.

- Agentes Preventivos: se utilizan para prevenir la reignición de las brasas.

## **DISPOSITIVO MECÁNICO PARA LA LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES: “BARRAS DE PULVERIZACIÓN”**

-Agentes retardantes: se usan en la construcción de cortafuegos; y hay tres tipos: concentrado “en polvo”, concentrado “fluido”, y concentrado “líquido”

- **Composición:**

La composición retardante de incendios se prepara mezclando sulfato amónico e inhibidor de corrosión para formar un componente líquido. El óxido de hierro, el espesante, y el inhibidor de la putrefacción se mezclan con agua para formar una solución.

Se proporcionan retardantes del fuego coloreados, y los métodos de elaboración y utilización de los mismos, que incluyen composiciones retardantes del fuego incoloras o mínimamente coloreadas y un colorante.

El colorante es una dispersión acuosa, solución, o suspensión que incluye un pigmento no fugaz insoluble, por ejemplo, óxido de hierro rojo o dióxido de titanio. El pigmento de la dispersión acuosa se añade a las composiciones retardantes del fuego incoloras o mínimamente coloreadas en un momento próximo a la descarga del retardante en el combustible.

Por lo tanto, un usuario tiene el control sobre el tipo y cantidad de colorante añadido a las composiciones retardantes del fuego.

- **El pigmento:**

El pigmento no fugaz es dispersable en la solución o colorante suspendido de la invención suspendido. Cualquier pigmento no fugaz puede ser empleado en las composiciones del retardante. Los pigmentos no fugaces adecuados incluyen, pero no se limitan a óxidos de hierro, incluyendo óxido de hierro rojo y amarillo, además de dióxido de titanio, un pigmento blanco, óxido de antimonio, titanato de potasio, ferrita, y azul de cianuro de hierro.

El tamaño promedio de las partículas insolubles, no fugaces usadas para formar un colorante de dispersión de pigmento acuoso es menor de 10 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ), preferiblemente menor de  $5\mu\text{m}$ , y mucho más preferiblemente menores de  $1\mu\text{m}$ . Las partículas de menor tamaño son más efectivas al quedar dispersas o suspendidas en un medio acuoso, por ejemplo, agua, sin asentamiento, cuando no se imparte agitación o cualquier otro tipo de energía.

- **La opacidad y %:**

La opacidad, la intensidad del color transmitida de la película húmeda, y la intensidad del color reflejada de la película seca aumenta con el nivel de cobertura. Las composiciones retardantes del fuego proporcionan una visibilidad efectiva en los niveles de cobertura normalmente requeridos en el campo.

El porcentaje de luz transmitida a través de la película disminuye (la opacidad aumenta) y la intensidad del color aumenta con el grosor de la película y el nivel de cobertura.

La transmisión de la luz disminuye (opacificación aumenta) a medida que la película se seca.

- **Factores a tener en cuenta en la aplicación de retardantes:**

-La proporción adecuada de la mezcla es:

## DISPOSITIVO MECÁNICO PARA LA LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES: “BARRAS DE PULVERIZACIÓN”

- 20 % de concentrado de retardante amónico
- 80 % de agua.

- Distancia entre el frente de llamas y el Cortafuegos Químico inicial.
- Relación entre la longitud de llama y la anchura del Cortafuegos Químico
- Relación entre la dosificación por metro cuadrado del tratamiento y la estructura del combustible.
- Relación coste/eficacia en la aplicación de retardante amónico.
- Situaciones en los que está indicado la aplicación retardante amónico con Medios Terrestres:
  - Incendios simultáneos y de varios frentes.
  - Incendios que amenazan viviendas, naves industriales, instalaciones y otros bienes.
  - Incendios de gran energía.
  - Incendios de copas. Técnica del contrafuego apoyado en un Cortafuegos Químico.

- **Medidas y datos más relevantes del retardante de llama que va a usar el prototipo**

1. Identificación del Producto:

- Nombre comercial: BUMA FR 134 T
- Utilización del producto/de la elaboración: RETARDANTE DE LLAMA
- Fabricante/distribuidor: BUMA ADVANCED TECHNOLOGIES, S.L.
- Descripción: Concentrado acuoso de Polifosfato Amónico
- Componentes peligrosos: Ninguno.

2. Primeros auxilios

- Instrucciones generales: No se precisan medidas especiales.
- En caso de inhalación del producto: Suministrar aire fresco. En caso de trastornos, consultar al médico. Protección: Filtro P1
- En caso de contacto con la piel: Por regla general, el producto no irrita la piel. Protección: Guantes de protección.
- En caso de contacto con los ojos: Limpiar los ojos abiertos durante varios minutos con agua corriente y consultar un médico. Protección: Gafas de protección.
- En caso de ingestión: Consultar un médico si los trastornos persisten.

3. Medidas en caso de vertido accidental

- Medidas preventivas relativas a personas: No es necesario.
- Medidas para la protección del medio ambiente: Evitar que penetre en la canalización/aguas de superficie/aguas subterráneas.
- Procedimiento de limpieza/recepción: Recoger mecánicamente.
- Indicaciones adicionales: No se desprenden sustancias peligrosas.

4. Manipulación y almacenamiento

- Instrucciones para una manipulación segura: No se requieren medidas especiales.
- Prevención de incendios y explosiones: No se requieren medidas especiales.
- Indicaciones adicionales sobre las condiciones de almacenamiento: Almacenar en un lugar seco.

## DISPOSITIVO MECÁNICO PARA LA LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES: “BARRAS DE PULVERIZACIÓN”

### 5. Propiedades físicas y químicas

- Datos Generales:
- Forma: Líquido.
- Color: Rojo Oscuro.
- Olor: Inodoro.
- Autoinflamabilidad: El producto no es autoinflamable.
- Peligro de explosión: El producto no es explosivo.
- Densidad a 20°C: 1,34-1,36 g/cm<sup>3</sup>.
- Solubilidad en /miscibilidad con agua: Completamente mezclable.
- Valor pH a 20°C: 6.
- Descomposición térmica /condiciones que deben evitarse: No se descompone al emplearse adecuadamente.
- Reacciones peligrosas: No se conocen reacciones peligrosas.
- Productos de descomposición peligrosos: Amoníaco y Ácido Fosfórico.

### 6. Información toxicológica

- Toxicidad aguda:
- Valores LD/LC50 (dosis letal/dosis letal = 50%) relevantes para la clasificación:
  - Dermal LD50 >5000 mg/kg (rat)
  - Efecto estimulante primario:
  - En la piel: No produce irritaciones.
  - En el ojo: No produce irritaciones.
  - Sensibilización: No se conoce ningún efecto sensibilizante.
  - Indicaciones toxicológicas adicionales: según la información del producto no produce ningún efecto perjudicial para la salud cuando se maneja adecuadamente y se emplea con los fines especificados.

### 7. Información ecológica

- Indicaciones generales: Nivel de riesgo para el agua 1 (autoclasiicación): escasamente peligroso para el agua. No dejar que se infiltre en aguas subterráneas, aguas superficiales o en alcantarillados.

## 4.1.2- LA BOQUILLA PULVERIZADORA

### • ¿Qué es?

Es el elemento a través del cual se realiza la pulverización de un producto líquido; del tipo de boquilla dependerá la calidad y las prestaciones del pulverizador. Todos los componentes del mismo resultan importantes para la aplicación, pero serán las boquillas las que tendrán la mayor influencia en el resultado del producto químico aplicado.



Figura 4.2: Despiece de una boquilla

**DISPOSITIVO MECÁNICO PARA LA LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES:  
"BARRAS DE PULVERIZACIÓN"**

• **Parámetros a tener en cuenta con las boquillas:**

- Volumen a aplicar en litros por hectárea (l/ha)
- Cobertura a realizar
- Ángulo de pulverización
- Caudal nominal
- Presión de trabajo
- Calidad de distribución del fluido
- El tamaño de gota y la cobertura.
- El grado de retención de las gotas.
- El grado de deriva y pérdidas al suelo.
- Viscosidad.
- Tensión Superficial del líquido.
- Temperatura.

• **Materiales de las boquillas:**

Para cada boquilla hay una selección de materiales "estándar" que han sido determinados para satisfacer las necesidades habituales de las aplicaciones mas comúnmente relacionadas con ese tipo de boquilla. Los materiales estándar incluyen bronce, acero, hierro fundido, varios aceros inoxidables, aceros inoxidables endurecidos, muchos plásticos y varios carburos.

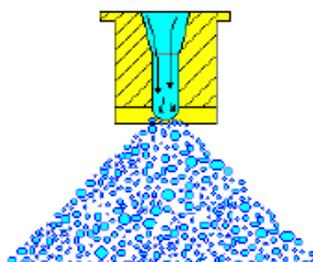


Figura 4.3: Materiales de las boquillas: Bronce (izda); Termoplástico (centro); Cerámica (dcha)

• **Formas de crear la gota:**

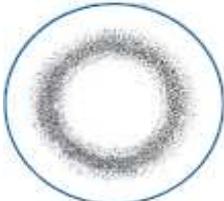
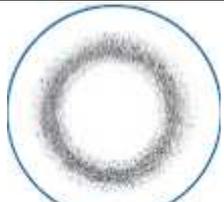
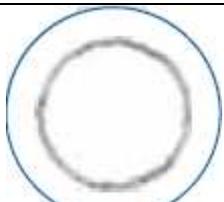
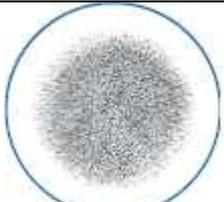
<i>Formación de la Gota</i>	<i>Transporte de la Gota</i>	<i>Equipo</i>
Presión del Líquido	Energía Cinética	Pulverizador Hidráulico
	Corriente de Aire	Pulverizador Hidroneumático
Corriente de Aire	Corriente de Aire	Pulverizador Neumático
Fuerza Centrifuga	Energía Cinética	Pulverizador Centrífugo
	Corriente de Aire	P.C. + Asistencia Aire
Evaporación	Gases de Escape	Termonebulizador

Tabla 4.1: Formas de crear la gota de agua y espectro de la forma a la salida (abajo)

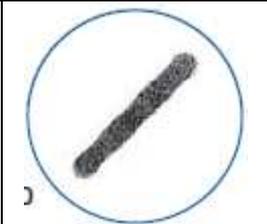
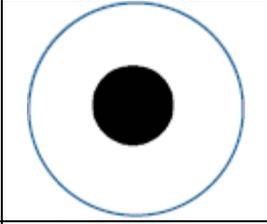


**DISPOSITIVO MECÁNICO PARA LA LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES:  
“BARRAS DE PULVERIZACIÓN”**

• **Tipos de boquillas de pulverización:**

<i>Denominación</i>	<i>Forma</i>	<i>Patrón</i>	<i>Ángulos</i>
Cono Hueco (turbulencia)			De 40° a 165°
Cono Hueco (deflector)			De 100° a 180°
Cono Hueco (espiral)			De 50° a 180°
Cono Lleno			De 15° a 125°
Cono Lleno (espiral)			De 50° a 170°
Aspersión Plana (bordes Ahusados)			De 15° a 110°
Aspersión Plana (Uniforme)			De 25° a 65°

**DISPOSITIVO MECÁNICO PARA LA LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES:  
"BARRAS DE PULVERIZACIÓN"**

Aspersión Plana (deflector)			De 15° a 150°
Chorro Sólido			0°
Aspersión Fina (espiral)			De 35° a 165°

*Tabla 4.2: Tipos de Boquillas, Forma, Patrón y Ángulos de Pulverización*

Otros tipos de Boquillas: de Baja Deriva; con Inyección de Aire; de Chorro Múltiple; de Fin de Línea; para Lavado del Depósito;...

- **Desgaste de las boquillas:**

El desgaste de la boquilla esta típicamente caracterizado por un incremento en la capacidad, seguido por un deterioro general del patrón de aspersión. Las boquillas de aspersión plana con orificios elípticos experimentan un estrechamiento del patrón de aspersión. En otros patrones de aspersión, la distribución dentro del patrón se deteriora sin afectar sustancialmente el área de cobertura. El aumento en la capacidad de la boquilla se puede detectar en algunos casos por la disminución en la presión del sistema, particularmente si se utilizan bombas de desplazamiento positivo.

También hay disponibles materiales que ofrecen mayor resistencia a la corrosión.

Sin embargo, el rango de corrosión química en distintos materiales dependerá de la solución que se asperje. Las propiedades corrosivas del líquido asperjado, su porcentaje de concentración y la temperatura, así como la resistencia a la corrosión del material de la boquilla se deben considerar.



*Figura 4.4: Desgaste de las Boquillas*

## DISPOSITIVO MECÁNICO PARA LA LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES: “BARRAS DE PULVERIZACIÓN”

- **Limpieza de boquillas y verificación:**

Una distribución uniforme del líquido resulta indispensable para sacar todo el partido del producto.

Las boquillas sucias o taponadas producen una distribución deficiente. La limpieza de las boquillas debe hacerse con agua clara y un cepillo suave.

La limpieza y Verificación se realizara:

-Una vez a la semana, verificar visualmente como mínimo las boquillas de cada sector de la barra.

-Cambie las boquillas cuando el caudal de alguna de ellas excede en un 15 % el caudal nominal.

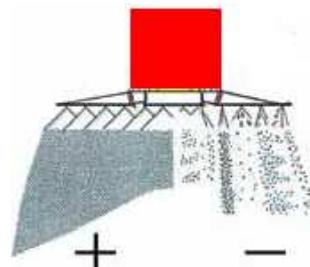


Figura 4.5: Dosificación correcta (+) e incorrecta(-)

### 4.2- FASE PREVIA - ESTUDIO DEL MERCADO ACTUAL

- **Autobomba objeto del proyecto: “Autobomba Forestal Pesada BFP 3000I”**

-Datos técnicos:

-Chasis:

Tipo: MB UNIMOG U400  
Potencia: 218 CV a 2200 rpm  
Baterías: 2 x 12 V / 125 Ah  
Alternador: 28 V / 80<sup>a</sup>  
Distancia entre ejes.: 3250 mm  
Longitud total: 6140 mm  
Anchura total: 2450 mm  
Altura total: 3020 mm  
PMA: -Eje delantero: 4500 kg  
-Eje trasero: 5800 kg  
-Total: 10000 kg



-Tanque de agua:

Capacidad: 3000l

Material: Poliéster reforzado con fibra de vidrio.

Boca de Hombre: desmontable Ø 500 mm

Rebosadero: con dispositivo de sobre-presión

Nivel de Tanque: eléctrico, fludometro

Hidrantes: válvula de bola de 2 ½”, con racor y rapa retenida por cadenilla, situada en ambos laterales del vehículo.

Llenado del Tanque: válvula de bola DN 25

**DISPOSITIVO MECÁNICO PARA LA LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES:  
"BARRAS DE PULVERIZACIÓN"**

Conexión Aspiración: válvula de mariposa DN 100

Drenaje: Válvula de bola DN 25

**-Bomba:**

Capacidad: 2000l/min a 10 bar  
400l/min a 40 bar

Diseño: Etapa de baja presión: 1 etapa  
Etapa de alta presión: 3 etapas.

Velocidad Bomba: máximo 4200 rpm

Sentido Giro: derecha

Capacidad de trabajo: de -15,5 °C a +50,5°C

Conexión Aspiración tanque: válvula de mariposa DN 125

Bomba de Cebado: capacidad: a 3.0 m de altura: 5 segundo  
A 7,5 m de altura: 21 segundos

-Equipo de Autoprotección: Si; dispone de 11 difusores de agua repartidos por el contorno del vehículo

• **Otros tipos de Autobombas( datos más relevantes):**

**-Modelo: TLF 3.500-50 4X4:**

-Tipo de Estructura: chasis de aluminio 11000 kg MB UNIMOG U 5000 / 4x4

-Dimensiones: -Largo: 5854 mm

-Ancho: 2500 mm

-Alto: 3100 mm

-Deposito: -Material: Plástico con fibra de vidrio

-Capacidad: 4000 l

-Bomba: -Tipo: Alta.; Caudal: 400 l/min a 40 bar.  
Baja: caudal: 3000 l/min 10 bar



**-Modelo: TLF 3.500-50 4X4**

-Tipo de Estructura: chasis de aluminio 12090 kg

-Dimensiones: -Largo: 6720 mm

-Ancho: 2460 mm

-Alto: 3180 mm

-Deposito Agua: fibra de vidrio.

-Capacidad: 3500 l

-Deposito Espuma: plástico + fibra de vidrio

-Capacidad: 50l

-Bomba: -Tipo: Alta ; Caudal: 400 l/min a 40 bar.  
Baja: Caudal 3000l/min a 10 bar.  
Espuma: Rango de trabajo 0,5-10%



## DISPOSITIVO MECÁNICO PARA LA LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES: "BARRAS DE PULVERIZACIÓN"

### -Modelo: TLF 4000 4X4

- Tipo de Estructura: chasis de aluminio 14000 kg
- Dimensiones:
  - Largo: 7200 mm
  - Ancho: 2500 mm
  - Alto: 3300 mm
- Deposito:
  - Material: Plástico con fibra de vidrio
  - Capacidad: 4000 l
- Bomba:
  - Tipo: Alta, caudal: 400 l/min a 40 bar
  - Baja: caudal 3000 l/min a 10 bar



- **Equipos de pulverización:**

### -Equipos suspendidos / arrastrados



Figura 4.6: Equipo pulverización: suspendido (izda); arrastrado (dcha)



Figura 4.7: formas de operar de los equipos de pulverización

- **¿Existe algún equipo que sea: Autobomba + Sistema Pulverizador?**



Figura 4.8: Unimog de Buma (izda); Autobomba de Arizona (dcha)

DISPOSITIVO MECÁNICO PARA LA LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES:  
"BARRAS DE PULVERIZACIÓN"

### 4.3- DISEÑO PRELIMINAR

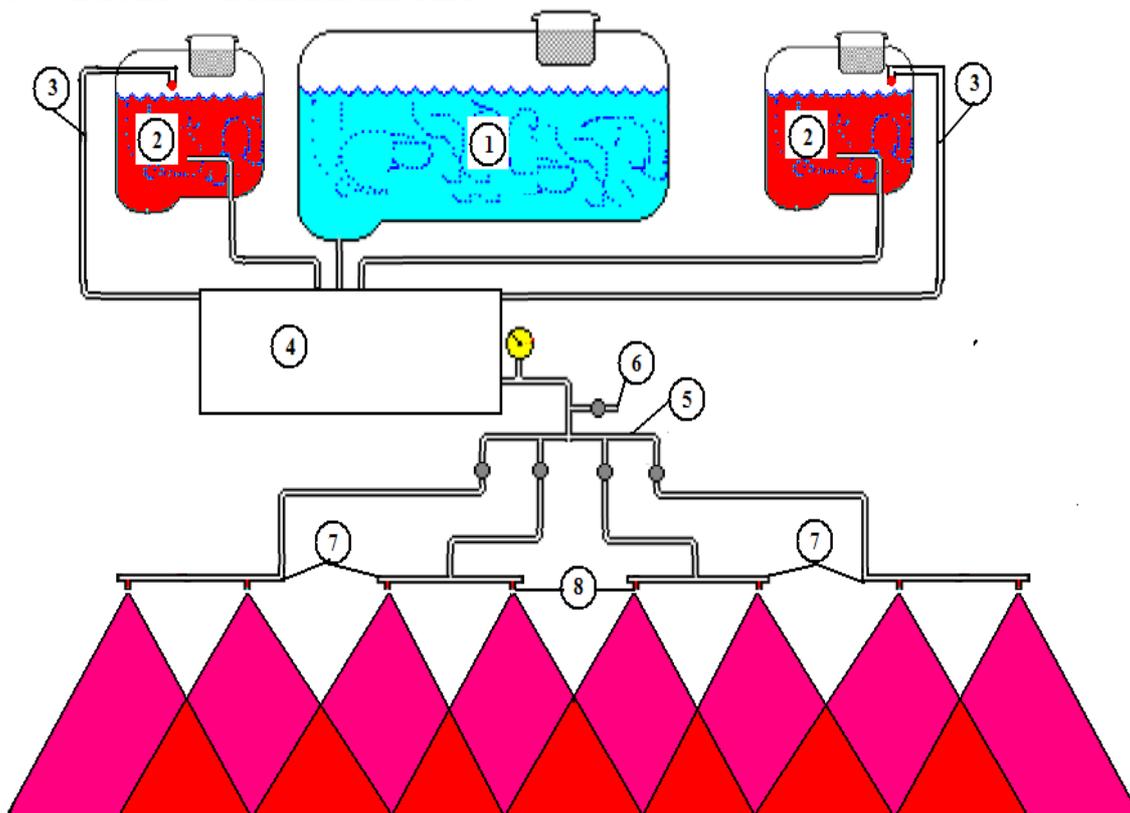


Figura 4.9: Diseño preliminar del dispositivo mecánico

El prototipo desarrollado tendrá las siguientes elementos y dispositivos:

**-1- Depósito de agua:** para el almacenaje del agua, que luego servirá como base para la mezcla con el retardante.

**-2- Depósito de Retardante:** servirá de almacenaje del retardante, y teniendo dos depósitos de fluido diferenciados se podrá controlar la dosis de la mezcla.

**-3- Sistema de Autolimpieza:** debido al estar usando productos químicos y algo corrosivos, mediante este sistema al terminar la jornada de trabajo este sistemas limpiara automáticamente todo el circuito del dispositivo, simplemente apretando un botón y no teniendo que estar el operario varias horas limpiando manualmente.

**-4- Sistema de Control:** dispositivo a través del cual el operario tendrá el control de todo el dispositivo.

**-5- Sistema de Distribución:** sistema gobernado por electroválvulas y a través del cual llega la mezcla a las barras pulverizadoras, teniendo así el control de la anchura del cortafuegos químico.

**-6- Toma para Manguera:** conexión a través de la cual se podrá conectar una manguera en el caso que se precise su uso.

**-7- Barras Pulverizadoras:** elemento sobre el que están instaladas las boquillas y delimitan la anchura del cortafuegos químico; se tendrá dos disposiciones distintas de

## DISPOSITIVO MECÁNICO PARA LA LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES: “BARRAS DE PULVERIZACIÓN”

las barras: 2 barras centrales que serán fijas y 2 barras (una en cada lateral del camión), que serán móviles y su inclinación respecto del suelo será controlado por el operario

**-8- Boquillas Pulverizadoras:** elemento final del dispositivo, y a través de las cuales sale la mezcla con la que se pretende realizar el cortafuegos químico.

**-Otros:** cuadro de control, filtros, uniones, sistema de tuberías, válvulas, sensores; con todos estos otros elementos lo que se pretende es darle unión al conjunto.

### 4.4- DETERMINACIÓN DE PARAMETROS DE DISEÑO

Los datos que a continuación se citan, son datos orientativos y aproximados debido a que en un incendio forestal el comportamiento del fuego depende de: combustible, topografía y meteorología (fundamentalmente el viento).

Datos para el inicio de los cálculos:

- Cortafuegos químico: polifosfato amónico.
- Anchura de la faja tratada:

#### **-Forma 1:**

VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN DEL INCENDIO (m/min)	CONCENTRACIÓN DEL RETARDANTE (l/m <sup>2</sup> )	ANCHURA DEL CORTAFUEGOS (metros)
<10	0,5	2
	1	4
	2,5	6
10-50	0,5	3
	1	5
	2,5	7
>50	0,5	4
	1	6
	2,5	9

Tabla 4.3: Anchura de la faja a tratar en función de la velocidad de propagación y la Concentración

#### **-Forma 2:**

En los cortafuegos químicos la anchura de la faja del combustible tratado con polifosfato amónico debe ser superior a la longitud de llama.

La regla general es: “Faja de anchura = longitud de llama + 1 metro”.

#### **-Forma 3:**

Análogamente a la forma 2, también debe superar el tratamiento del combustible en litros por metro cuadrado la magnitud en metros lineales de la longitud de llama.

La dosificación media del Cortafuegos Químico inicial puede fijarse en 2 litros por metro cuadrado. Pero dicha dosificación debe relacionarse con la relación superficie/volumen y la estructura del combustible. Aquella relación es mayor en combustibles de muchas hojas pequeñas de tipo de los brezales y menor en el tipo de los jarales, por lo que la dosificación de los primeros debe ser más alta que en los segundos

**DISPOSITIVO MECÁNICO PARA LA LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES:  
“BARRAS DE PULVERIZACIÓN”**

La estructura del combustible, como la densidad del matorral, también debe tenerse en cuenta en la dosificación del tratamiento que puede fijarse entre 3 y 1 litro por metro cuadrado según espesura del mismo.

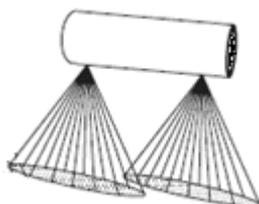
<b>ZONA A TRATAR</b>	<b>DOSIS (l/m<sup>2</sup>)</b>
Pastos	0,5
Monte bajo	1
Arbolado	2,5

*Tabla 4.4: Dosificación según el tipo de monte*

- Velocidad de Tratamiento si fuera aplicado a través de manguera: 1,5 -2 km/h (25- 33,33 m/min).

- **Cálculo de distancias tratadas en función de la concentración de retardante y la anchura de cortafuegos y número de boquillas:**

**-Nº DE BOQUILLAS: 2 Y ANCHURA 2m**



**-Caso 1:**

-Dosis:0,5 l/m<sup>2</sup>

-Volumen total disponible: 2400 l + 600l = 3000l

-Área que se tratará: Volumen Total / Dosis = 3000 / 0,5 = 6000 m<sup>2</sup>

-Longitud Máxima: Área Tratada / Anchura: 3000 m

Boquillas (l/min)	50	60	70	80	90	100
Caudal Total (l/min)	100	120	140	160	180	200
Tiempo vaciado (min)	30,0	25,0	21,4	18,8	16,7	15,0
Velocidad MAXIMA(m/min)	100	120	140	160	180	200
V max (km/h)	6,0	7,2	8,4	9,6	10,8	12,0

**-Caso 2:**

-Dosis:1 l/m<sup>2</sup>

-Volumen total disponible: 2400 l + 600l = 3000l

-Área que se tratará: Volumen Total / Dosis = 3000 / 1 = 3000 m<sup>2</sup>

-Longitud Máxima: Área Tratada / Anchura: 1500 m.

Boquillas (l/min)	50	60	70	80	90	100
Caudal Total (l/min)	100	120	140	160	180	200
tiempo vaciado (min)	30,0	25,0	21,4	18,8	16,7	15,0
Velocidad MAXIMA(m/min)	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100
V max (km/h)	3,0	3,6	4,2	4,8	5,4	6,0

**DISPOSITIVO MECÁNICO PARA LA LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES:  
"BARRAS DE PULVERIZACIÓN"**

**-Caso 3:**

-Dosis: 2,5 l/m<sup>2</sup>

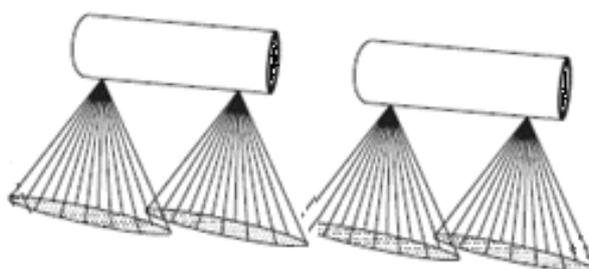
-Volumen total disponible: 2400 l + 600l = 3000l

-Área que se tratará: Volumen Total / Dosis = 3000 / 2,5 = 1200 m<sup>2</sup>

-Longitud Máxima: Área Tratada / Anchura: 600 m.

Boquillas (l/min)	50	60	70	80	90	100
Caudal Total (l/min)	100	120	140	160	180	200
Tiempo vaciado (min)	30,0	25,0	21,4	18,8	16,7	15,0
Velocidad MAXIMA(m/min)	20,0	24,0	28,0	32,0	36,0	40,0
V max (km/h)	1,2	1,4	1,6	1,9	2,1	2,4

**-Nº DE BOQUILLAS: 4 Y ANCHURA 3,4 m**



**-Caso 1:**

-Dosis:0,5 l/m<sup>2</sup>

-Volumen total disponible: 2400 l + 600l = 3000l

-Área que se tratará: Volumen Total / Dosis = 3000 / 0,5 = 6000 m<sup>2</sup>

-Longitud Máxima: Área Tratada / Anchura: 1765 m

Boquillas (l/min)	50	60	70	80	90	100
Caudal Total (l/min)	200	240	280	320	360	400
Tiempo vaciado (min)	15,0	12,5	10,7	9,4	8,3	7,5
Velocidad MAXIMA(m/min)	117,0	140,0	163,0	186,6	210,0	233,0
V max (km/h)	7,0	8,4	9,8	11,2	12,6	14,0

**-Caso 2:**

-Dosis:1 l/m<sup>2</sup>

-Volumen total disponible: 2400 l + 600l = 3000l

-Área que se tratará: Volumen Total / Dosis = 3000 / 1 = 3000 m<sup>2</sup>

-Longitud Máxima: Área Tratada / Anchura: 882,35 m

Boquillas (l/min)	50	60	70	80	90	100
Caudal Total (l/min)	200	240	280	320	360	400
Tiempo vaciado (min)	15,0	12,5	10,7	9,4	8,3	7,5
Velocidad MAXIMA(m/min)	59,0	71,0	82,0	94,1	106,0	118,0
V max (km/h)	3,5	4,2	4,9	5,6	6,3	7,0

**DISPOSITIVO MECÁNICO PARA LA LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES:  
"BARRAS DE PULVERIZACIÓN"**

**-Caso 3:**

-Dosis: 2,5 l/m<sup>2</sup>

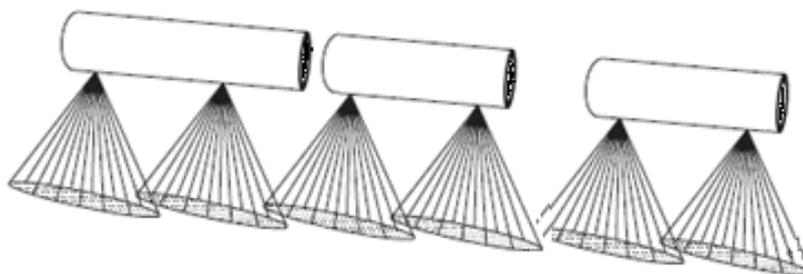
-Volumen total disponible: 2400 l + 600l = 3000l

-Área que se tratará: Volumen Total / Dosis = 3000 / 1 = 1200 m<sup>2</sup>

-Longitud Máxima: Área Tratada / Anchura: 353 m

Boquillas (l/min)	50	60	70	80	90	100
Caudal Total (l/min)	200	240	280	320	360	400
Tiempo vaciado (min)	15,0	12,5	10,7	9,4	8,3	7,5
Velocidad MAXIMA(m/min)	24,0	28,0	33,0	37,6	42,4	47,1
V max (km/h)	1,4	1,7	2,0	2,2	2,5	2,8

**-Nº DE BOQUILLAS: 6 Y ANCHURA 4,8 m**



**-Caso 1:**

-Dosis: 0,5 l/m<sup>2</sup>

-Volumen total disponible: 2400 l + 600l = 3000l

-Área que se tratará: Volumen Total / Dosis = 3000 / 0,5 = 6000 m<sup>2</sup>

-Longitud Máxima: Área Tratada / Anchura: 1250 m

Boquillas (l/min)	50	60	70	80	90	100
Caudal Total (l/min)	300	360	420	480	540	600
Tiempo vaciado (min)	10,0	8,3	7,1	6,3	5,6	5,0
Velocidad MAXIMA(m/min)	125,0	150,0	175,0	200,0	225,0	250,0
V max (km/h)	7,5	9,0	10,5	12,0	13,5	15,0

**-Caso 2:**

-Dosis: 1 l/m<sup>2</sup>

-Volumen total disponible: 2400 l + 600l = 3000l

-Área que se tratará: Volumen Total / Dosis = 3000 / 1 = 3000 m<sup>2</sup>

-Longitud Máxima: Área Tratada / Anchura: 625 m

Boquillas (l/min)	50	60	70	80	90	100
Caudal Total (l/min)	300	360	420	480	540	600
Tiempo vaciado (min)	10,0	8,3	7,1	6,3	5,6	5,0
Velocidad MAXIMA(m/min)	62,5	75,0	87,5	100,0	112,5	125,0
V max (km/h)	3,7	4,5	5,2	6,0	6,7	7,5

**DISPOSITIVO MECÁNICO PARA LA LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES:  
"BARRAS DE PULVERIZACIÓN"**

**-Caso 3:**

-Dosis: 2,5 l/m<sup>2</sup>

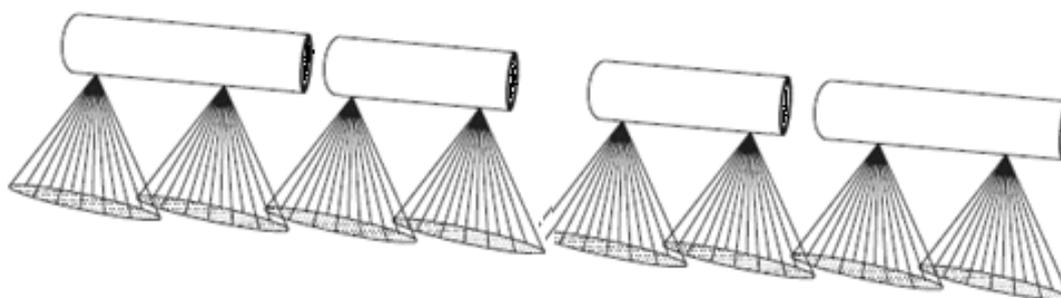
-Volumen total disponible: 2400 l + 600l = 3000l

-Área que se tratará: Volumen Total / Dosis = 3000 / 2,5 = 1200 m<sup>2</sup>

-Longitud Máxima: Área Tratada / Anchura: 250 m

Boquillas (l/min)	50	60	70	80	90	100
Caudal Total (l/min)	300	360	420	480	540	600
Tiempo vaciado (min)	10,0	8,3	7,1	6,3	5,6	5,0
Velocidad MAXIMA(m/min)	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	50,0
V max (km/h)	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3,0

**-Nº DE BOQUILLAS: 8 Y ANCHURA 6,2 m**



**-Caso 1:**

-Dosis: 0,5 l/m<sup>2</sup>

-Volumen total disponible: 2400 l + 600l = 3000l

-Área que se tratará: Volumen Total / Dosis = 3000 / 0,5 = 6000 m<sup>2</sup>

-Longitud Máxima: Área Tratada / Anchura: 968 m

Boquillas (l/min)	50	60	70	80	90	100
Caudal Total (l/min)	400	480	560	640	720	800
Tiempo vaciado (min)	7,5	6,3	5,4	4,7	4,2	3,8
Velocidad MAXIMA(m/min)	129,1	154,9	180,7	206,5	232,3	258,1
V max (km/h)	7,7	9,3	10,8	12,4	13,9	15,5

**-Caso 2:**

-Dosis: 1 l/m<sup>2</sup>

-Volumen total disponible: 2400 l + 600l = 3000l

-Área que se tratará: Volumen Total / Dosis = 3000 / 1 = 3000 m<sup>2</sup>

-Longitud Máxima: Área Tratada / Anchura: 484 m

Boquillas (l/min)	50	60	70	80	90	100
Caudal Total (l/min)	400	480	560	640	720	800
Tiempo vaciado (min)	7,5	6,3	5,4	4,7	4,2	3,8
Velocidad MAXIMA(m/min)	64,5	77,4	90,3	103,2	116,2	129,1
V max (km/h)	3,9	4,6	5,4	6,2	6,9	7,7

**DISPOSITIVO MECÁNICO PARA LA LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES:  
"BARRAS DE PULVERIZACIÓN"**

**-Caso 3:**

-Dosis: 2,5 l/m<sup>2</sup>

-Volumen total disponible: 2400 l + 600l = 3000l

-Área que se tratará: Volumen Total / Dosis = 3000 / 2,5 = 1200 m<sup>2</sup>

-Longitud Máxima: Área Tratada / Anchura: 193,5 m

Boquillas (l/min)	50	60	70	80	90	100
Caudal Total (l/min)	400	480	560	640	720	800
Tiempo vaciado (min)	7,5	6,3	5,4	4,7	4,2	3,8
Velocidad MÁXIMA(m/min)	25,8	31,0	36,1	41,3	46,4	51,6
V max (km/h)	1,5	1,9	2,2	2,5	2,8	3,1

**-Caso especial : "MEZCLA ECHADA CON MANGUERA"**

Para este apartado se va a analizar 3 casos; 2 de los casos son los dos extremos de la pulverización con el dispositivo mecánico (objeto del proyecto) y el tercer caso es una media de los dos casos anteriores.

Valores Fijos que se producen en todos los casos:

-Velocidad de Tratamiento: esta velocidad es un valor medio, de la velocidad a paso lento de un operario andando por el monte.

Velocidad a paso lento: oscila entre 1,5 a 2 km/h (25 a 33,3 m/min)

$$V_{\text{TRATAMIENTO}} = 30 \text{ m/min.}$$

-Caudal en punta de lanza: caudal que sale a través de la lanza que maneja el operario que esta realizando el tratamiento.

$$Q_{\text{MEDIO}} = 140 \text{ l/min.}$$

-Volumen disponible : suma del volumen de agua más retardante.

$$V_{\text{DISPONIBLE}} = 3000 \text{ l.}$$

-Tiempo de Vaciado del Depósito:

$$3000 \text{ l} / 140 \text{ l/min} = 21,24 \text{ minutos}$$

$$T_{\text{VACIADO}} = 21,24 \text{ minutos}$$

-Distancia máxima que puede recorrer el operario a la velocidad e 30 m/min y antes de que se vacie el deposito:

$$21,24 \text{ minutos} * 30 \text{ m/min} = 642,6 \text{ metros (puede recorrer el operario)}$$

$$d_{\text{MAX}} = 642,6 \text{ metros.}$$

**-Caso 1:** dosis 0,5 l/m<sup>2</sup> y anchura de tratamiento: 2 m.

3000 l de mezcla / 0,5 l/m<sup>2</sup> = 6000 m<sup>2</sup> que se podrían tratar.

6000 m<sup>2</sup> / 2 metros anchura = 3000 m lineales que se podrían tratar.

## DISPOSITIVO MECÁNICO PARA LA LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES: "BARRAS DE PULVERIZACIÓN"

-**Caso 2:** dosis  $2,5 \text{ l/m}^2$  y anchura de tratamiento: 6,4 m.

$3000 \text{ l de mezcla} / 2,5 \text{ l/m}^2 = 1200 \text{ m}^2$  que se podrían tratar.  
 $1200 \text{ m}^2 / 6,4 \text{ metros anchura} = 187,5 \text{ m lineales}$  que se podrían tratar.

-**Caso 3:** dosis  $1,5 \text{ l/m}^2$  y anchura de tratamiento: 4,2 m.

$3000 \text{ l de mezcla} / 1,5 \text{ l/m}^2 = 2000 \text{ m}^2$  que se podrían tratar.  
 $2000 \text{ m}^2 / 4,2 \text{ metros anchura} = 476,19 \text{ m lineales}$  que se podrían tratar.

### • CONCLUSIONES:

Para la realización de las tablas de la parte superior, se ha analizado 1 tipo de boquilla, la elegida para el proyecto, la cuál puede tener distintos tipos de caudales: 50, 60, 70, 80, 90, 100 l/min; lo que interesa para el dispositivo mecánico es que la pulverización de la mezcla sobre el terreno, sea lo más rápidamente posible, puesto que ante la situación de un incendio, interesa que las acciones realizadas sean efectivas, lo que implica que cuanto más rápido, mejor.

Entonces de las tablas se sacan las siguientes conclusiones:

1ª) Para cada caso analizado, la máxima velocidad de tratamiento, se alcanza con la boquilla de 100 l/min.

2ª) En todos los casos, si se aumenta la dosis de tratamiento y se mantiene fijo el número de boquillas que están pulverizando, la distancia que se puede tratar disminuye.

3ª) Si además de aumentar la dosis, se aumenta el número de boquillas que entren en funcionamiento, la distancia a tratar disminuye aún más.

4ª) El rango de distancias en que funciona el dispositivo mecánico son las siguientes:

-Máxima distancia: 3000 m; con las siguientes condiciones: dosis  $0,5 \text{ l/m}^2$ , 2 boquillas, 2 m de anchura de tratamiento y  $V_{\text{max}} = 12 \text{ km/h}$ .

-Mínima distancia: 193,5 m; con las siguientes condiciones: dosis  $2,5 \text{ l/m}^2$ , 8 boquillas, 6,4 m de anchura de tratamiento y  $V_{\text{max}} = 3,1 \text{ km/h}$ .

En cuanto a los tres casos analizados sobre la realización del tratamiento con manguera, decir para cada caso que:

-Caso 1: El equipo tiene capacidad para realizar 3000 m lineales; pero por el contrario el operario a la velocidad establecida, solo puede recorrer 642,6 metros; lo que implica que para las condiciones analizadas, la zona tratada sería un zona tratada con exceso de mezcla.

-Caso 2: Se pueden tratar 187,5 metros lineales y el operario puede recorrer 642,6 metros; este caso implica que si el operario va a la velocidad establecida, se va a producir un tratamiento pobre para las condiciones establecidas; por el contrario para realizar un tratamiento adecuado el operario deberá disminuir su velocidad para el tratamiento.

-Caso 3: Este es el caso intermedio, en el que se tiene capacidad para tratar 476,19 metros y el operario puede recorrer 642,6 metros; de los tres casos analizados, este caso es el que más aproxima a la relación de distancia a tratar, con respecto a la distancia que puede recorrer el operario.

## DISPOSITIVO MECÁNICO PARA LA LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES: “BARRAS DE PULVERIZACIÓN”

Decir sobre este caso especial, que solo se realizará el tratamiento a través de manguera para situaciones extraordinarias (zonas difícil acceso, por ejemplo) y que hay otros factores tales como: los tendidos de mangueras, la pérdida de carga, el factor de pendiente ascendente, etc, que pueden hacer que no llegue a la punta de lanza el caudal deseado.

### 4.5- DISEÑO FINAL

#### -Depósito de agua:

El depósito de agua de la autobomba, tiene una capacidad de 3000l; pero para el desarrollo de este proyecto, solo podrá disponer de una capacidad de 2400l, debido a las proporciones de mezcla con el retardante; que son de 1:5; lo que quiere decir que para 3000 litros de mezcla: 2400l serán de agua y 600l de retardante.



Figura 4.10: Autobomba, deposito principal

#### -Deposito de Retardante:

El prototipo deberá de disponer de un volumen de retardante de 600 l; en este caso los 600 litros estarán repartidos en 2 depósitos de 300l de capacidad los cuales se dispondrán en los departamentos traseros de la autobomba forestal; además con esta disposición de los depósitos de retardante se consigue una mejora en la autobomba, que bajar el centro de gravedad, con la consiguiente mejora de disminución del vuelco de la misma.



Figura 4.11: Depósito de Retardante

Estos depósitos dispondrán de los siguientes sistemas:

-Llenado y boca de hombre.



-Vaciado manual.

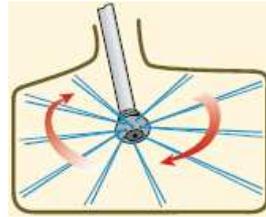


## DISPOSITIVO MECÁNICO PARA LA LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES: "BARRAS DE PULVERIZACIÓN"

-Control de presión



-Autolimpieza



-Control de nivel



-Rebosadero.



-Filtrado.



-Boquilla limpieza interior deposito:

### -Sistema de Control:

-Controlador de dosis:

Dispositivo a través del cual el operario controlará la dosis en función de las características de la zona a tratar.

Este dispositivo, regulará la dosis de retardante con el agua entre valores de 0,5 a 2,5 l/m<sup>2</sup> de retardante.

Otra función del controlador de dosis será al 0%; esta función servirá para que el usuario realice la autolimpieza de todo el sistema.



Figura 4.12: Controlador de Dosis

**DISPOSITIVO MECÁNICO PARA LA LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES:  
“BARRAS DE PULVERIZACIÓN”**

**-Sistema de Presión:**

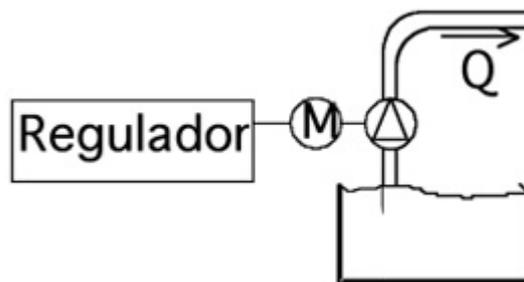
Dispositivo mediante el cual, se va a dar presión al fluido objeto del tratamiento; este sistema funcionara en función del caudal de las boquillas y del numero de estas que estén en funcionamiento.



*Figura 4.13: Sistema de presión*

**-Control de Caudal y Velocidad:**

Con la combinación de estos dos sistemas lo que se pretende es que una vez que el usuario ha ajustado la “dosis” del tratamiento, es sistema proporcione un caudal acorde con la velocidad de la autobomba, para que el tratamiento sea lo más homogéneo posible.



*Figura 4.14: Esquema del control de caudal y velocidad*

Con este sistema se evitan los siguientes problemas:

-Tratamiento Pobre: es un tratamiento a velocidad elevada, en el cual no se a tratado la zona con la dosificación adecuada.

-Tratamiento Rico: es un tratamiento a baja velocidad, el cual tratado una zona con excesiva dosificación.

-Velocidad Cero: significa que si la autobomba está parada, el prototipo no deberá estar echando la mezcla a través de las barras pulverizadoras.

Resultado del nivel de pulverización en función de la Velocidad de la Autobomba si el caudal suministrado fuera constante

	FORMA DEL TERRENO			
AUTOBOMBA	LLANO	SUBIDA	BAJADA	DESLIZANTE
Giro Motor rpm	<i>Constante</i>	<i>Disminuye</i>	<i>Aumenta</i>	<i>Constante</i>
Vel. de Avance	<i>Constante</i>	<i>Disminuye</i>	<i>Aumenta</i>	<i>Disminuye</i>
Volumen / ha	<i>Constante</i>	<i>Aumenta</i>	<i>Disminuye</i>	<i>Aumenta</i>
Resultado	Dosis Correcta	Dosis Excesiva	Dosis Baja	Dosis Excesiva

*Tabla 4.5: Niveles de pulverización, para un caudal constante*

## DISPOSITIVO MECÁNICO PARA LA LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES: “BARRAS DE PULVERIZACIÓN”

### **-Regulador de Ángulo de inclinación de las barras laterales:**

Con el regulador se consigue que si el operario, tenga control del ángulo que de las barras pulverizadoras durante el tratamiento.

El ángulo de pulverización varía de 0°-90°:

-0°: cuando las barras pulverizadoras están en reposo, en posición vertical.

-90°: cuando las barras pulverizadoras están en posición horizontal alineadas con las barras centrales, con esta posición es la forma que más anchura de tratamiento se consigue.



Figura 4.15: reguladores de giro

### **-Autolimpieza:**

Sistema mediante el cual al acabar la jornada de trabajo el usuario realizara la limpieza de todo el sistema.

Con esta función el sistema capta agua del depósito y la introduce a los depósitos de retardante que a través del sistema de limpieza de los mismos, los limpia de restos de retardante.

El sistema de autolimpieza dispone en los depósitos de retardante de una boquilla la cual produce una ducha interna de todo el deposito y hace que el liquido que este en los depósitos salga a través de las boquillas; cuando el liquido resultante de la autolimpieza ya no sale del color del retardante, el sistema ha realizado correctamente la limpieza de todo el sistema.

Esta operación se realizará al acabar la jornada, y destacar otra función de este dispositivo: “refrescar zonas quemada”.

### **-Sistema de Distribución:**

Este sistema sirve para distribuir la mezcla a través de las barras pulverizadoras, y así conseguir la anchura de tratamiento deseada.

El sistema dispone de: 1 entrada y 4 salidas de liquido; las cuatro salidas de liquido están controladas por electroválvulas, a través de las cuales el operario controla por que barras realiza el tratamiento y la anchura del mismo:



Figura 4.16: Sistema de Distribución

Antes del sistema de distribución, el prototipo dispondrá de una toma para el caso excepcional de tener que conectar una manguera para realizar el tratamiento de zonas de difícil acceso.

## DISPOSITIVO MECÁNICO PARA LA LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES: “BARRAS DE PULVERIZACIÓN”



Figura 4.17: Conexión para Manguera

### -Barras Pulverizadoras:

Las barras pulverizadoras son los elementos sobre los cuales se conectan las boquillas y están situadas a 1-1,1m de altura sobre el nivel del suelo y conectadas a través de tubería al sistema de distribución y gobernadas por las electroválvulas, disponen de dos boquillas cada una, separadas una distancia de 700mm para realizar el tratamiento.

El prototipo dispone de 4 barras; 2 barras pulverizadoras van fijas en la parte trasera de la autobomba y controlan toda la anchura del vehículo; las otras dos barras restante van colocadas en los laterales de la autobomba y son gobernadas por un motor (eléctrico / neumático), a través del cual se controla el ángulo de la barra para la pulverización del fluido.

Las barras pulverizadoras de los laterales, también disponen de un sistema el cuál la barra cuando nos esta posición vertical, sino que esta con un ángulo por mínimo que sea, y en su camino se encuentra con un obstáculo con el que va a colisionar, la barra retrocede y se alinea con el camión, una vez que la barra a pasado este obstáculo mediante un sistema de muelles vuelve a su posición de trabajo.

Este sistema se puede conseguir mediante un sistema de ultrasonidos el cual detecta obstáculos en el camino y realiza la función de alineación con el camino para evitar la colisión y deterioro de las barras pulverizadoras.

La anchura que se alcanza según las barras que estén en funcionamiento son:

- 1 barra = 2 metros de anchura de tratamiento.
- 2 barras = 3,4 metros de anchura de tratamiento.
- 3 barras = 4,8 metros de anchura de tratamiento.
- 4 barras = 6,2 metros de anchura de tratamiento.

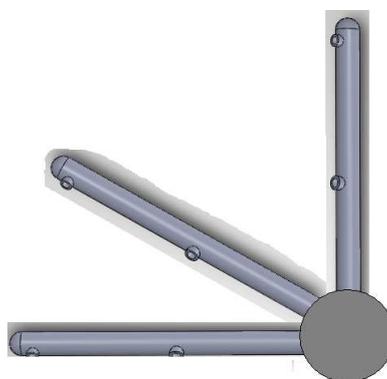


Figura 4.18: Barra lateral con control de giro



Figura 4.19: Barras centrales

## DISPOSITIVO MECÁNICO PARA LA LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES: “BARRAS DE PULVERIZACIÓN”

- **Descripción de las boquillas del prototipo:**

Las boquillas pulverizadoras son el último y principal elemento del prototipo, puesto que a través de ellas se realiza el tratamiento.

Están dispuestas a una distancia de 700mm y tienen un ángulo de pulverización de 60° y disponen de un caudal de hasta 100 l/min con la distancia y el ángulo de pulverización, se consigue para la altura de las mismas, que al realizar la pulverización a nivel de suelo los conos de las mismas se sumen y consigan una mejor barrera química y a 500mm del suelo, el tratamiento por unidad de área sea homogéneo; por ello el espectro de aspersión es “cono lleno y chorro plano”

Con esta disposición de las boquillas se aborda un problema importante en lo que se refiere al tratamiento de superficies por pulverización: “la deriva” (problema que consiste que durante el tratamiento, debido a la velocidad del aire, el tratamiento se desvíe de la zona de tratamiento y no se consiga un tratamiento uniforme.)

Además del tipo de boquilla seleccionada para el prototipo, existe otro tipo de boquilla, que se denomina: “de final de línea”; la cual puede montarse en los finales de las barras para conseguir una mayor anchura de pulverización; el chorro que se obtiene es de gran capacidad de impacto. Usos para esta boquilla: cuando por las condiciones del terreno, vaya a ser casi imposible utilizar las barras laterales y el operario desee pulverizar una zona ancha.

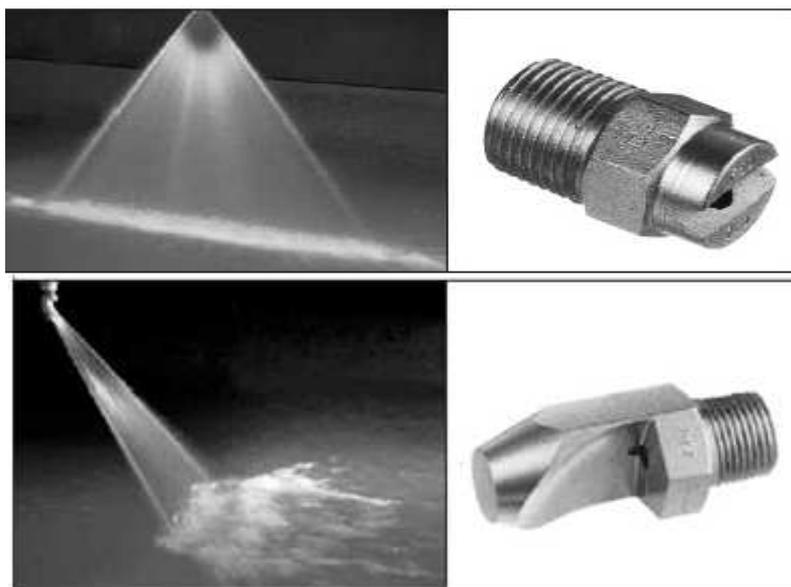


Figura 4.30: Patrón de Aspersión y Boquillas del prototipo

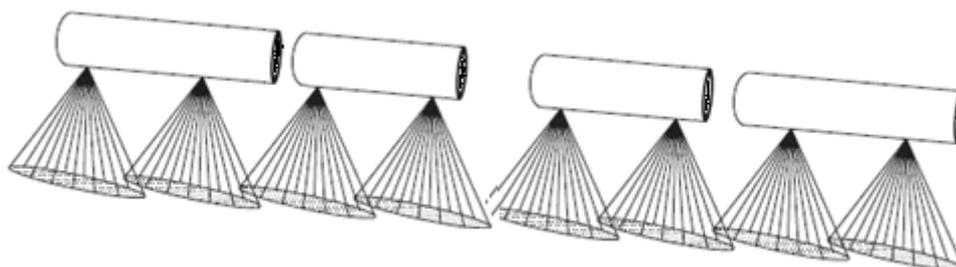


Figura 4.21: Patrón de aspersión cuando están en funcionamiento todas boquillas

## DISPOSITIVO MECÁNICO PARA LA LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES: “BARRAS DE PULVERIZACIÓN”

### -Otros sistemas:

#### -Cuadro de control:

Dispositivo a través del cual el operario desde la cabina, gobernara y tendrá conocimiento de lo que sucede en el prototipo: antes, durante y después de su uso: niveles de los tanques (agua, retardante); barras en funcionamiento; control de la dosis; distancia aproximada que se puede recorrer con los niveles que dispone; indicación de la velocidad optima del tratamiento; gobierno del grado de inclinación de las barras; autolimpieza.



Figura 4.22: Cuadro de control para el operario

#### -Filtros:

El sistema dispondrá de una serie de filtros, tanto para filtrar el agua del tanque que pasa al prototipo; como filtros para los depósitos del retardante para evitar que entren impurezas exteriores al circuito hidráulico, pero deberán dejar pasar las partículas del colorante del retardante.

Otros filtros de que dispondrá estarán colocados: entre deposito y sistema de presión; entre salida de sistema de presión y sistema de distribución.

Los filtros deberán estar dispuestos de tal manera que el operario pueda acceder a ellos lo más rápida y eficazmente posible, para su cambio.

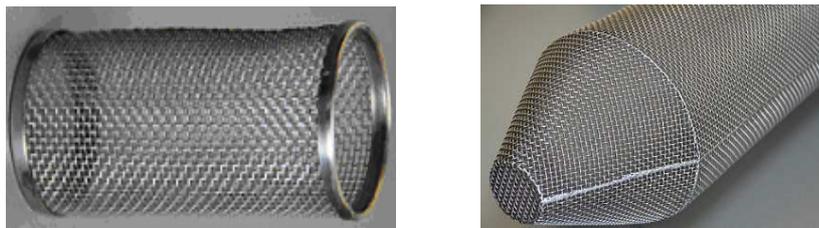


Figura 4.23: filtros de elevado tamaño de malla, para que puedan pasar las partículas del retardante

-Sistema de Tuberías: el sistema será rígido en su totalidad, excepto las tuberías que conectan el sistema de distribución con las barras laterales, las cuales deberán ser flexibles debido a que van unidas a un sistema que tiene movimiento.



Figura 4.24: Tubería rígida (izda) y flexible (derecha)

## DISPOSITIVO MECÁNICO PARA LA LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES: “BARRAS DE PULVERIZACIÓN”

-Válvulas:

-De bola: para el vaciado manual de los depósitos de retardante en caso de que al acabar la jornada este total o parcialmente llenos.



Figura 4.25: Válvula de Bola

-De sobrepresión: para que en caso de que el circuito llegue a tener una elevada presión, abran el circuito y lo protejan de una posible sobrepresión.



Figura 4.26: Válvula de Sobrepresión

-Electroválvulas:

Son las encargadas de permitir el paso del fluido a las distintas barras pulverizadoras a petición del operario.



Figura 4.27: Electroválvula

-Sensores:

El prototipo dispondrá de los siguientes tipos de sensores: de presión (para los depósitos y sistema hidráulico, para no superar el umbral de presión y que la presión del fluido no reviente el circuito y se produzca la rotura del mismo); de nivel: para los depósitos de agua y retardante: para saber en todo momento, el volumen de que se dispone para realizar el tratamiento.



Figura 4.28: Sensores: de presión (izda) y de nivel (dcha)

#### **4.6- VENTAJAS DE APLICACIÓN EN MEDIOS TERRESTRES**

Ventajas de las aplicaciones de Retardantes con Medios Terrestres respecto a los Medios Aéreos y también respecto la capacidad de trabajo de los bulldozer.

- **Medios Aéreos:**

- Altura media de descarga: superior a 15 metros sobre el objetivo.
- Patrón de la descarga: elíptica: ancho en el centro y disminuye en los extremos.
- Intervalo entre 2 descargas consecutivas: 40 minutos.
- Longitud media que abarca un avión en la descarga: 100 metros.
- Periodo de Trabajo: durante el día; mientras hay luz solar.
- Coste: una descarga cuesta 3.605€ = Vuelo de cada descarga: **2.667€** + Concentrado de cada descarga **938€**



*Figura 4.29: Avión aplicando retardante*

- **Bulldozer**

Es la principal máquina que se utiliza en la apertura de cortafuegos y caminos y en el mantenimiento de cortafuegos.

La apertura de cortafuegos consiste en: apertura, construcción de drenajes y de pasada apta para la circulación de vehículos. Este proceso es distinto si la vegetación a eliminar es arbolado o matorral

La creación de caminos consiste en: eliminación de la vegetación y de la capa de tierra vegetal; desmonte del camino; explanación del camino. El trabajo comenzará siempre desde la parte más alta hacia la parte más baja y si la pendiente del terreno lo permite.

Se deberá tener en cuenta la anchura del cortafuegos a crear, puesto que una pasada del bulldozer mide aproximadamente 4 metros.

Capacidad media de trabajo para la apertura de un cortafuegos: los datos abajo reflejados consisten en: apertura del cortafuegos de una anchura de 20 metros; lo que implica que el bulldozer crea un cortafuegos de 500 metros de longitud

Pendiente %	Rendimiento Horas /ha	Coste €/ hora	Coste por ha., €
0-10	6,00	56,82	340,92
10-30	6,50		369,33
>30	9,00		511,38

*Tabla 4.6: Capacidad media de trabajo de un Bulldozer*

## DISPOSITIVO MECÁNICO PARA LA LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES: “BARRAS DE PULVERIZACIÓN”

El rendimiento medio de la operación de apertura es de 7,2 horas por hectárea y su coste de 407 €



Figura 4.30: Bulldozer creando un cortafuegos y en ataque directo

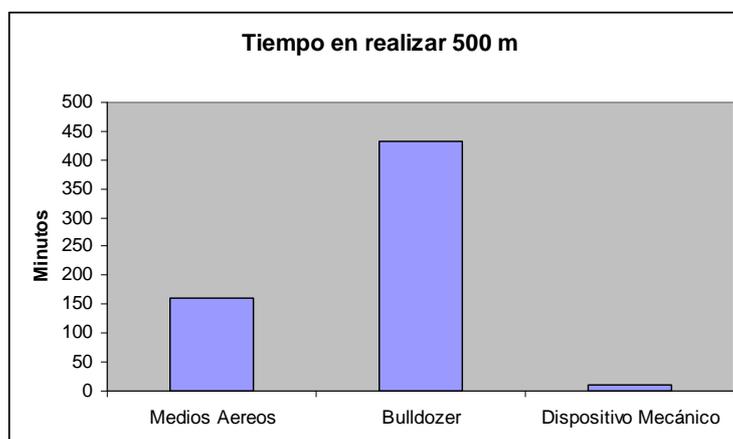
- **Ventajas de la Aplicación con el Dispositivo Mecánico situado en la autobomba:**

- El Retardante se vierte con precisión en la barrera que representa el cortafuegos químico tratando el combustible con dosificación homogénea y de acuerdo con las características del frente de llamas.
  - Se cubre una mayor superficie y en menor tiempo que los aviones.
  - el combatiente en punta de lanza, riega el combustible con la dosificación requerida en litros/metro cuadrado
  - Autobombas la anchura de la faja siempre se relaciona con la longitud de llama del frente que se pretende extinguir..
  - Una ventaja operativa importante es, que con los Autobombas se puede trabajar de noche. Ventaja cuando se quiere apoyar un contrafuego en un Cortafuego Químico.
  - Coste del con centrado de una descarga de Autobomba, incluido trasporte al incendio 1.000( el litro sale a 0,37€), lo que supone una Diferencia 2.605€; Resulta la descarga de Autobomba un 72% más barata que la de un avión o lo que es lo mismo, el coste de la descarga con Autobombas de retardante es inferior a 1/3 del coste de la del avión.
- Por lo que puede concluirse que la aplicación de retardante con Autobombas es el sistema más rápido en el control de un incendio forestal siguiendo el Método Indirecto en la extinción.

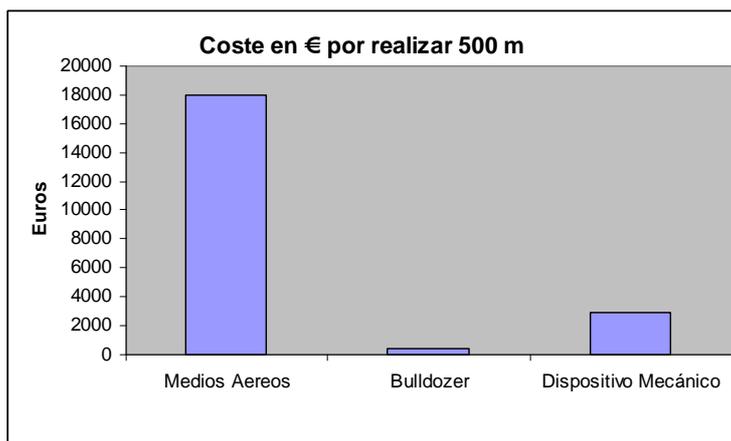
Comparativa: distancia trabajada 500 metros y a pleno rendimiento

	Medios Aereos	Bulldozer	Dispositivo Mecánico
Tiempo (minutos)	160	432	9,8
Coste de Operación (€)	18025	407	2867,87

Tabla 4.7: Comparativa de distintos medios de extinción y gráficas (abajo)



**DISPOSITIVO MECÁNICO PARA LA LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES:  
“BARRAS DE PULVERIZACIÓN”**



#### 4.7- PROTOCOLO DE MANEJO Y ACTUACIÓN

- Manejo, mantenimiento y posibles anomalías durante el funcionamiento:**

- Antes de comenzar a trabajar, se debe familiarizar al usuario con él.
- Mantener en buen estado de funcionamiento todas las partes del prototipo.
- Cuando se opere con el prototipo, el operario se asegurará de que no hay personas en el radio de acción.
- En circulación por carretera, se seguirán las normas de circulación en cuanto a señalización, iluminación,...
- Los caudales, velocidades serán los adecuados para el terreno y previamente determinados por el jefe de operaciones.

PROBLEMA	CAUSA	REMEDIO
El equipo no pulveriza cuando se pone en marcha	-Bomba en mal estado -Circuito hidráulico obstruido	-Repararla / Cambiarla -Desmontar y limpiar filtros y tubos
Pulverización Irregular	-Filtros sucios -Boquillas desgastadas o de distintos caudales	-Limpiarlos -Cambiarlas -Comprobar y sustituir
Manómetro indica subida de presión y el caudal es irregular	-Filtros sucios -Manómetro funciona mal.	-Limpiarlos -Sustituirlo
El manómetro indica una descenso de presión	-Filtro de aspiración sucio -Boquillas desgastadas	-Comprobar y limpiar -Reparar / Sustituir
El manómetro da saltos de presión, pulverizando a golpes	-Aire dentro del circuito -Válvulas / Electroválvulas gastadas o rotas	-Revisar circuito -Comprobar y sustituir
El manómetro baja de presión durante el trabajo y se recupera al detenerse	-Filtro obstruido	-Comprobar y limpiar
A medio deposito, baja la presión	-Válvula del Sistema de autolimpieza, abierta	-Comprobar y arreglar
No se consigue el caudal y/o presión deseados	-Válvula del Sistema de autolimpieza, abierta	-Comprobar y arreglar

*Tabla 4.8: Posibles Anomalías*

## DISPOSITIVO MECÁNICO PARA LA LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES: “BARRAS DE PULVERIZACIÓN”

### • ACTUACIÓN

#### **-En un incendio:**

Una vez declarado el incendio y solicitada la intervención de este tipo de maquina para combatir el incendio forestal, se procederá de la siguiente manera:

1.- Llegada al centro de operaciones (lugar desde donde se coordinan las acciones a realizar en la extinción de incendios y coordinan todos los equipos disponibles para que la lucha contra el incendio sea lo más efectiva posible).

2. Análisis y cálculo preliminar de la zona a tratar de acuerdo con la dirección de avance del fuego y así proceder a la realización de un acotado con retardante, en el caso de que existan probabilidades de éxito.

3. Localización de los accesos más próximos al incendio, para abastecimiento de retardante por medio de un camión cisterna, que hará funciones de nodriza; a continuación se marcara en el GPS la localización exacta del punto de recarga (con esto, se consigue que la autobomba, memorice la ruta seguida, para así al acabar el tratamiento vuelva lo antes posible al punto de recarga y no exista la opción de pérdida en el monte del operario).

4.- Una vez llegada la autobomba a la zona a tratar, procederá de la siguiente manera:

-Encender el dispositivo pulverizador (botón ON/OFF).

-Ajustar la dosis para el tratamiento ( botones + / -).

-Seleccionar las barras a través de las cuales va a realizar el tratamiento; la selección del número de las barras a usar, vendrá determinado por la anchura de la faja de tratamiento, la cual ya ha sido determinada por el jefe de operaciones en el centro de operaciones. En el caso de tratar “taludes / cunetas”, será el operario de la autobomba el que ajustará manualmente la inclinación de las barras de los laterales, para proceder con el tratamiento.

-Una vez realizados los pasos anteriores, se procederá a la realización del cortafuegos químico. Con todos los parámetros anteriores y con el control de los niveles de los depósitos, la pantalla de control indicará al usuario: velocidad optima para el tratamiento y distancia que puede tratar con el volumen del depósito disponible.

#### **Nota:**

Durante la realización del tratamiento, puede ser que existan varias autobombas realizando el tratamiento, y que por las características del incendio el proceso de tratamiento se integre en la noche, lo que hace que se dificulte la localización de las zonas tratadas por los operarios, por lo que se recomienda que se marque con estacas fotoluminiscentes el inicio y el final de la zona tratada; con esta medida conseguiremos una mejora en la efectividad del control del incendio.

Desde éste punto, y en salidas simultáneas, cuando la anchura de la pista forestal no permita el paso de dos vehículos, y de un modo alternativo cuando la citada pista permita el cruce de los “todo-terreno”. Los vehículos realizarán la aplicación, señalizando debidamente los límites de cada aplicación con estacas de señalización fotoluminiscente, tanto al principio como en el final de las mismas, o con otro medio fácilmente identificable, dado que las aplicaciones podrán seguirse realizando durante la noche

## DISPOSITIVO MECÁNICO PARA LA LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES: “BARRAS DE PULVERIZACIÓN”

### **-Refrescando Zonas Quemadas:**

Para esta función el prototipo no dispondrá de líquido retardante, puesto que echar líquido retardante en una zona quemada supone: “pérdida económica”.

Al disponer de las barras de pulverización, con las cuales se consiguen anchuras de trabajo de máximo 6 metros, se va a darle otra función al prototipo que es: refrescar zonas quemadas; con lo que evitaremos que zonas quemadas puedan reactivarse y empezar otra vez a arder; además de que les evitamos a los operarios de extinción del incendio y sobre todo al que esta controlando la autobomba, a realizar tendidos de manguera, para refrescar estas zonas.

Nota: Ya que al acabar la jornada de trabajo hay que proceder a la limpieza del equipo, se procurará, utilizar el esa agua de limpieza para refrescar estas zonas.



*Figura 4.31: Operario sacando manguera de la Autobomba para refrescar el monte*

### **-Realizando la Autolimpieza:**

Forma de Operar para realizar la autolimpieza:

Una característica, entre otras encomiables, de los Cuerpos de Bomberos, es la limpieza de sus vehículos y herramientas. Este ejemplo debe seguirse por el personal civil o militar a cuyo cargo esté la conservación de Autobombas y Cisternas, y muy especialmente, en el caso que se usen para la aplicación de retardante amónico. Pues a pesar del inhibidor de corrosión que incorpora el concentrado, la permanencia de las sales amónicas con los metales debe reducirse a una sola jornada de actuación. Por lo que acabada ésta se procederá de la forma siguiente:

1º) Se elige en la consola de control del prototipo el botón con la opción “autolimpieza” y el mismo prototipo realizará las siguientes funciones:

-Verterá agua en la en los depósitos de retardante, basta con 1/3 de su capacidad,; el llenado de estos depósitos se realizará bombeando agua desde el deposito principal de la autobomba que lo verterá a los depósitos de retardante a través de un circuito interno, a llegar el agua al deposito de retardante se le dará salida a través de una boquilla especial para lavado de deposito que combina la salida a través de múltiples orificios con la fuerza centrifuga, lo que hace que se lave el deposito.

-El sistema de control realizará automáticamente una mezcla emulando a la máxima concentración de retardante; aunque en este caso lo que llegará al sistema de mezclado será solamente agua; la cual deberá ser repartida por todas las boquillas de pulverización.

**DISPOSITIVO MECÁNICO PARA LA LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES:  
“BARRAS DE PULVERIZACIÓN”**

-Como medida de mejora para la limpieza se pueden desmontar y sumergir los elementos metálicos del tendido de mangueras: racores, boquillas, bifurcaciones, en un bidón de agua con detergente para proceder a su limpieza con cepillo idóneo.



Figura 4.32: Forma de limpieza de los depósitos

**-¿Cómo operar?**

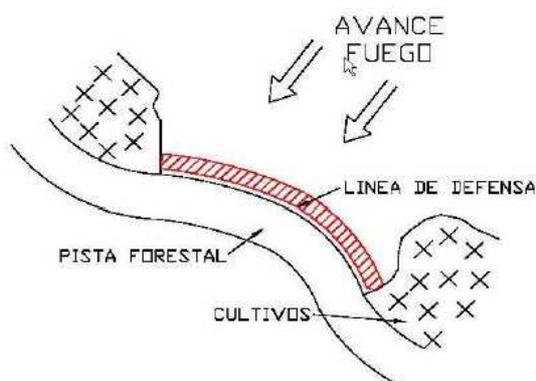


Figura 4.32: Idea básica de cómo operar

**Alternativas a la idea básica:**

ANTES	DESPUÉS	EVITAR
<i>CORTAFUEGOS EN EL MONTE</i>		
<i>SUSTITUCIÓN DE LAS LÍNEAS DE DEFENSA</i>		
<i>CAMPOS DE CULTIVO</i>		

**DISPOSITIVO MECÁNICO PARA LA LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES:  
“BARRAS DE PULVERIZACIÓN”**

<i>VÍAS DE CIRCULACIÓN</i>		
		
<i>NUCLEOS DE POBLACIÓN</i>		
		
<i>VIVIENDAS EN EL MONTE</i>		
		
<i>DEPÓSITOS DE GAS</i>		
		
<i>USO DE LA MANGUERA PARA ZONAS DE DIFÍCIL ACCESO</i>		
		
<i>REFRESCAR ZONAS QUEMADAS</i>		
		

*Tabla 4.9: Formas de Actuar*

## **5.- CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO**

## **5.- CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO**

En este proyecto se ha planteado el diseño de un dispositivo mecánico que con suficiente capacidad, consiga regar el monte y cree una barrera contra el fuego, consiguiendo así dos funciones: dirigir el incendio y acotar perímetros de zonas que puedan causar graves consecuencias si son alcanzadas por un incendio (poblaciones, depósitos de gas,...). Con esto, el principal objetivo consiste en sentar las bases para la aplicación de Retardantes a largo plazo con medios Terrestres (MM.TT) en la lucha contra los incendios forestales, creando cortafuegos químicos a través de un diseño mecánico de pulverización que combinándolo con una autobomba de extinción de incendios, cree una barrera química de unos de 2 a 6 metros de anchura, gracias a la aplicación sobre el terreno de una mezcla compuesta por: agua y retardante; además dispondrá de una toma auxiliar para el caso de que haya que conectar una manguera que también eche la mezcla.

El dispositivo finalmente desarrollado, cuenta con las siguientes ventajas frente a otros dispositivos y medios para la extinción de incendios:

- El depósito de portador principal se carga con agua limpia, no con mezclas de productos químicos.
- El producto químico concentrado se inyecta y se mezcla justo antes de salir pulverizado de la barra.
- El operario del dispositivo mecánico no tiene casi exposición al agente químico (el retardante).
- No hay que mezclar con antelación los productos químicos en el depósito principal, ya que cuenta con un controlador de mezcla; y además disponemos de la dosis adecuada en cada situación.
- Al terminar la jornada de trabajo no quedan residuos de producto mezclado que haya que desechar; puesto que están en depósitos distintos, y además los depósitos de retardante disponen de válvulas de vaciado manual, consiguiendo así recuperar el producto para futuros usos.
- El producto químico concentrado no utilizado permanece seguro en un depósito exclusivo; ya que la autobomba va siempre con la capacidad justa para las aplicaciones; lo que implica que al acabar el depósito de agua, también se acaba el de retardante y ello implica el tener que ir a repostar; y al ir a repostar es allí donde reposta las dos sustancias: agua y retardante.
- Otra característica importante es que el dispositivo mecánico, pulveriza en función de la velocidad del vehículo(pero estando dentro de unos rangos de velocidad); interesante este apartado debido a que no siempre va a la misma velocidad, puesto que el monte es irregular(subidas, bajadas, terreno resbaladizo,...), además también puede darse la situación de que el vehículo tenga que realizar maniobras o incluso que tenga que pararse cuando este en funcionamiento, por lo que en estas dos situaciones el dispositivo no pulverizara.
- Y finalmente destacar la capacidad del dispositivo, por trabajar con la anchura de pulverización deseable, adecuada al terreno y a las circunstancias; que esto lo consigue gracias a las cuatro barras de pulverización.

Como futuras líneas de trabajo, destacar las siguientes:

1. Diseño en detalle (planos) y fabricación (o adquisición, catálogos) de cada uno de los componentes que integran el conjunto, teniendo en cuenta

**DISPOSITIVO MECÁNICO PARA LA LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES:  
“BARRAS DE PULVERIZACIÓN”**

criterios de normativa reguladora, ensayos de corrosión, termofluencia, resistencia a impacto, fatiga, etc.

2. Ensamblaje de componentes y fabricación de un primer prototipo no comercializable. En este caso, se trata de desarrollar un primer conjunto para comprobar la validez de las hipótesis y resultados obtenidos en el diseño del dispositivo.
3. Ensayo del prototipo anterior frente a las hipótesis de diseño consideradas en el proyecto (capacidad de pulverización del sistema, autonomía, rigidez, resistencia, etc.). Además, deberán tenerse en cuenta todas aquellas pruebas necesarias para llevar a cabo una posible homologación del conjunto.
4. Desarrollo de prototipo final. Los resultados obtenidos del ensayo anterior servirán para llevar a cabo, previas a una posible comercialización, aquellas correcciones y/o cambios que se estimen convenientes con objeto de que el conjunto cumpla con todos los requisitos previamente establecidos
5. Finalización y comercialización del sistema, para dotar a principalmente a los cuerpos de bomberos que están situados cerca de los núcleos rurales, de este tipo de dispositivo mecánico para la extinción de incendios forestales.

En Zaragoza a 1 de Septiembre de 2011

Fdo: D. Abel Lacuey Landa  
Alumno de la EUITIZ

Fdo: Dr. Marco Carrera Alegre  
Director del Proyecto

**DISPOSITIVO MECÁNICO PARA LA LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES:  
“BARRAS DE PULVERIZACIÓN”**

**6.- BIBLIOGRAFÍA**

## 6.- BIBLIOGRAFÍA

- BIBLIOGRAFÍA:

“Material Didáctico de Clase” (Diseño de Máquinas).

“Infraestructuras de defensa contra incendios forestales” (Miguel Ángel Villalba Mezquita, AIFEMA, 2008).

“La Defensa Contra Incendios Forestales. Fundamentos y Experiencias” (Ricardo Vélez, Mc Graw Hill, 2000).

“Manual de Operación. Autobomba Forestal Pesada BFP 3000 L” (Rosenbauer).

- DIRECCIONES DE INTERNET:

BOMBEROS DE NAVARRA. “Manuales sobre Extinción de Incendios Forestales”.  
<<http://www.bomberosdenavarra.com>>.

GPM. “Protección Contra Incendios”. <<http://www.gpmsa.com.ar>>.

-Vehículos y Maquinaria contra Incendios:

ROSENBAUER. “Vehículos extinción de incendios”.<<http://www.rosenbauer.com>>

KOMATSU. “El Bulldozer”. <<http://www.komatsueurope.com>>.

-El Retardante:

BUMA, S.L. “El Retardante”.<<http://www.buma.es>>.

PHOS-CHEK. “El Retardante”. <<http://www.phoschek.com>>.

Grupo LATEXCO. “El Retardante”. <<http://www.grupolatexco.com>>.

-Equipos de Pulverización, Boquillas y Componentes:

AMAZONE. “Equipos de Pulverización Suspendidos y Arrastrados”. <<http://www.amazone.de>>.

AGUIRRE AGRICOLA. “Pulverizadores y Equipos”.  
<<http://www.aguirreagricola.com>>

TEYME. “Equipos de pulverización”. <<http://www.multeyme.com>>.

**DISPOSITIVO MECÁNICO PARA LA LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES:  
“BARRAS DE PULVERIZACIÓN”**

AMP Sprayer. “Pulverizadores”.<<http://www.ampsprayers.com>>.

TEEJET Technologies. “Componentes , Tecnología de control y Manejo de Datos”.  
<<http://www.teejet.com>>.

EUSPRAY. “Boquillas, filtros y Accesorios”. <<http://www.euspray.com>>.

KHUN. “Boquillas y Equipos de pulverización”.<<http://www.khun.com>>.

ILEMO HARDI S.A.U. “Boquillas”. < <http://www.hardi.es>>.

ALBUZ. “Boquillas”. < <http://www.ndfc.saint-gobain.com>>.

SABO Española. “Boquillas”. < <http://www.sabo-esp.com>>.

BET Spray Nozzles Company. “Boquillas Alto Caudal”. <<http://www.bete.com>>.

Spraying System Co. “Boquillas y Accesorios”. <<http://www.spray.com>>.

FLUIDAL, S.L. “Accesorios”. < <http://www.fluidal.com>>.

ENPA. “Depósitos”. < <http://www.enpaplasticos.com.ar>>.

EUROPLAST. “Depósitos y Accesorios”. <<http://www.europlast-sl.com>>.

**DISPOSITIVO MECÁNICO PARA LA LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES:  
“BARRAS DE PULVERIZACIÓN”**