Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

TFG

Proyecto de vehículo todoterreno dotado de biotrituradora

Autor: **Carlos Hernández García**
Fecha: 16/10/2015
Tutor: Jordi Vives
EPSEM
Grado en ingeniería mecánica

I MEMORIA DEL PROYECTO

Índice

I MEMORIA DEL PROYECTO

Índice de tablas y figuras 4

1. Introducción 7

1.1 Motivación 7

1.2 Objetivo del proyecto 8

1.3 Alcance del proyecto 9

2. Antecedentes 10

2.1 Biomasa 10

2.2 Tipos de biotrituradoras 12

2.3 Características de los vehículos 4x4 14

2.4 Riesgos del procedimiento de trabajo 16

3. Descripción del proyecto 21

3.1 El vehículo 21

3.2 La biotrituradora 28

3.2.1 Requisitos y equipamiento 28

3.2.2 Modificaciones para el diseño 32

3.3 Diseño de la instalación hidráulica 34

3.3.1 Elementos de unión 34

3.3.2 Esquema hidráulico 41

3.4 Componentes del sistema hidráulico 42

3.5 Sistema de carga y descarga 48

4. Cálculos 51

5. Presupuesto 57

6. Bibliografía 60

Índice de tablas y figuras

- **Figura 1:** Fotografía biotrituradora
- **Figura 2**: Fotografía botrituradora
- **Figura 3**: Fotografía vehículo todoterreno
- **Figura 4**: Fotografía vehículo todoterreno
- **Figura 5**: Riesgo/causa transporte de personal y equipo *[web prevención forestal]*
- **Figura 6**: Riesgo/causa poda en altura*[web prevención forestal]*
- **Figura 7**: Riesgo/causa desbrozado con herramienta manual*[web prevención forestal]*
- **Figura 8**: Riesgo/causa tala de ramas en árboles caídos*[web prevención forestal]*
- **Figura 9:** Riesgo/causa trabajo con maquinaria pesada*[web prevención forestal]*
- **Figura 10**: Imagen Land Rover Defender *[Catálogo LD Defender, ver anexo]*
- **Figura 11:** Tamaño y dimensiones Land Rover *[Catálogo LD Defender, ver anexo]*
- **Figura 12**: Motor y transmisión Land Rover *[Catálogo LD Defender, ver anexo]*
- **Figura 13**: Características básicas Land Rover *[Catálogo LD Defender, ver anexo]*
- **Figura 14**: Comparativa de pesos Land Rover *[Catálogo LD Defender, ver anexo]*
- **Figura 15**: Imagen disposición asientos Land Rover *[Catálogo LD Defender, ver anexo]*
- **Figura 16**: Fotografía toma de fuerza PTR-DH *[www.volvo.com]*
- **Figura 17**: Esquema de trabajo toma de fuerza
- **Figura 18:** Fotografía biotrituradora BIO 510tdf *[www.hondaencasa.com]*
- **Figura 19:** Dimensiones BIO 510tdf, a partir de catálogo [ver anexo]
- **Figura 20**: Chimenea extracción BIO 510tdf en *SolidWorks*. Elaboración propia.
- **Figura 21**: Esquema conjunto en modo de transporte en AutoCAD. Elaboración propia.
- **Figura 22**: Dimensiones finales conjunto Vehículo/Trituradora
- **Figura 23**: Sección bomba hidráulica de pistones axiales *[Página web Bosch Rexroth]*
- **Figura 24**: Esquema válvula de cierre
- **Figura 25**: Esquema válvula direccional *[libro de Mannesman Rexroth, ver bibliografía]*
- **Figura 26**: Esquema válvula reguladora de caudal

- **Figura 27**: Esquema válvula reguladora de presión
- **Figura 28**: Esquema cilindro hidráulico
- **Figura 29**: Esquema motor hidráulico *[Página web Bosch Rexroth]*
- **Figura 30:** Esquema filtro hidráulico
- **Figura 31:** Conjunto refrigeración *[libro de Mannesman Rexroth, ver bibliografía]*
- **Figura 32**: Fotografía Aceite hidráulico
- **Figura 33:** Deposito Hidráulico
- **Figura 34**: Esquema hidráulico del sistema en AutoCAD. Elaboración propia
- **Figura 35**: Imagen bomba hidráulica *A2FO. [Página web Bosch Rexroth]*
- **Figura 36**: Imagen motor hidráulico *A2FM [Página web Bosch Rexroth]*
- **Figura 37**: Imagen cilindro hidráulico CDL2 *[Página web Bosch Rexroth]*
- **Figura 38**: Imagen filtro *Serie HPV 650-150 [Página web Bosch Rexroth]*
- **Figura 39**: Imagen válvula reguladora de presión DBD*[Página web Bosch Rexroth]*
- **Figura 40**: Imagen válvula reguladora de caudal 2FRM 6 *[Página web Bosch Rexroth]*
- **Figura 41**: Imagen válvula direccional RS 22340/10 *[Página web Bosch Rexroth]*
- **Figura 42**: Imagen válvula anti-retorno *[Página web Bosch Rexroth]*
- **Figura 43:** Imagen conjunto refrigeración *OK-ELD [Página web Hydac]*
- **Figura 44:** Imagen depósito [Página web J.Cortés]
- **Figura 45**: Imagen filtro de aspiración *[Cátalogo, ver anexo]*
- **Figura 46**: Fotografía manguera *HYDAC [Página web Hydac]*
- **Figura 47**: Fotografía barril lubricante *TOTAL[Página web TOTAL]*
- **Figura 48**: Fotografía enrollador de manguera *[Catálogo, ver anexo]*
- **Figura 49:** Esquema proceso de descarga en AutoCAD. Elaboración propia
- **Figura 50:** Esquema del conjunto en modo transporte en AutoCAD. Elaboración propia
- **Figura 51:** Imagen palancas válvulas direccionales *[página web HYDAC]*
- **Figura 52**: Esquema de fuerzas en solido libre en AutoCAD. Elaboración propia
- **Figura 53**: Esquema de las medidas del cilindro. *[Catálogo cilindro, ver anexo]*

- **Tabla 1**:Tabla especificaciones técnicas BIO 510tdf *[Elaboración propia]*
- **Tabla 2**: Tabla características bomba hidráulica A2FO*[Cátalogo bomba, ver anexo]*
- **Tabla 3**: Tabla características motor hidráulico A2FM*[Cátalogo motor, ver anexo]*
- **Tabla 4**: Tabla valores y diámetros cilindro CDL2 *[Cátalogo cilindro, ver anexo]*
- **Tabla 5**: Tabla valores válvula reguladora de presión*[Cátalogo válvula reguladora de presión, ver anexo]*
- **Tabla 6**: Tabla valores válvula reguladora de caudal*[Cátalogo válvula reguladora de caudal, ver anexo]*
- **Tabla 7**: Tabla valores válvula direccional*[Cátalogo válvula direccional, ver anexo]*
- **Tabla 8**: Resumen de las características básicas de la bomba y el motor hidráulicos. Elaboración propia
- **Tabla 9:** Tabla de dimensiones y esfuerzos máximos del cilindro CDL2 Parte 1 *[Cátalogo cilindro, ver anexo]*
- **Tabla 10**: Tabla de dimensiones y esfuerzos máximos del cilindro CDL2 Parte 2 *[Cátalogo cilindro, ver anexo]*

Introducción

1.1 Motivación

En el momento de plantearme la elección del proyecto, debía tener en cuenta el sector hacia dónde quería enfocar el proyecto. Viviendo en un tiempo donde la competencia es atroz en todos los sectores y con la desventaja que supone un mercado tan globalizado en el momento de lanzar un proyecto desde cero, se antojaba complicado encontrar ideas que pudieran ser rentables y realizables.

Las producciones a gran escala imposibilitan la entrada a muchos mercados y existe la necesidad de buscar sectores en auge, donde haya margen de maniobra para desarrollar diferentes ideas que puedan ser aceptadas, algún mercado que este en crecimiento y nos permita encontrar cosas innovadoras. Después de estudiar el gran abanico de posibilidades, vi en la sostenibilidad un sector que irá ganando peso con el paso del tiempo.

La sostenibilidad es una idea olvidada durante décadas, pero en los últimos años, la sociedad se ha ido concienciando de su importancia y sigue creciendo el interés general en su práctica. Es por eso que venimos escuchando por muchas vías la necesidad de cuidar el planeta, y particularmente los bosques.

Gracias a eso y estudiando el mercado, me planteé la idea de buscar solución a algunos de los problemas que sacuden los bosques. Incendios, talas masivas o la pérdida de terreno boscoso debido a la construcción parecían los más relevantes.

Paralelamente a eso, y siguiendo en la línea del crecimiento sostenible, pensé en las energías renovables como otro camino a seguir.

Con todos estos planteamientos sobre la mesa, existía la posibilidad de intentar mezclar las dos ideas para encontrar un producto equilibrado en el mercado. Un producto que pudiera tener su sitio en los dos sectores. La opción que más valoraba era la de intentar coger algún producto del mercado, y modificarlo con la finalidad de ganar opciones en el mercado abarcando más terreno de actuación. La idea que más me convenció fue la de modificar el uso de las biotrituradoras. Aprovechar el diseño de

estas para trabajar en otras zonas que con los diseños actuales parecen poco accesibles.

Con todo esto, inicié el proyecto para intentar dar con la tecla de un producto que pudiera funcionar, apostando por la sostenibilidad y con la vista puesta también en el crecimiento de las energías renovables.

1.2 Objetivo del proyecto

La idea principal del proyecto, consistirá en modificar el sistema habitual del uso de las biotrituradoras para adaptarlo a nuestra idea de trabajar en los campos de la limpieza forestal y de poder entrar en el terreno de las energías renovables.

Si indagamos en el uso de las biotrituradoras y astilladoras, veremos que principalmente se usan bajo el control y la alimentación de un tractor, para trabajar en la limpieza de ramas y pequeños troncos de varias zonas. Terrenos privados de grandes extensiones suelen ser los más indicados para su uso. También los podemos ver trabajando en la limpieza de las zonas de maleza a pie de carretera, aprovechando que las ramas quedan trituradas y favorecen a su eliminación por el medio ambiente. La degradación de estos pedazos de ramas y troncos, suele ser bastante rápida y sirve de abono para que crezca nueva vegetación más sana y controlada.

También conocemos su uso para la producción de biomasa para la producción de energía. Cada vez son más comunes las instalaciones que apuestan por este tipo de energía renovable.

El objetivo de este proyecto es intentar darle un pequeño giro al uso de estas máquinas. Si la adaptamos en un todoterreno, diseñando un sistema de unión que permita alimentar a la trituradora utilizando su motor de combustión interna, nos permitirá llegar a zonas de difícil acceso, donde no podría llegar remolcada por un tractor. Son en esas zonas donde queremos actuar. Diseñaremos un sistema que nos permita trabajar autosuficientemente en zonas boscosas y llevar a cabo las tareas de limpieza del sotobosque y poder aprovechar, si fuera necesario, el material triturado para su utilización como combustible de biomasa.

Nuestro diseño consistirá en dotar a un vehículo todoterreno de una biotrituradora, colocada sobre su caja de carga posterior y en la creación de un sistema hidráulico que la alimente a partir del motor de combustión interna del 4x4. Colocando una bomba hidráulica en la toma de fuerza del todoterreno trasladaremos la potencia hasta un motor hidráulico colocado en la toma de alimentación de la biotrituradora. Aprovechando este circuito diseñaremos también un sistema de descarga de la máquina agrícola que facilite el trabajo, permitiendo introducir las ramas a una altura más práctica y segura.

1.3 Alcance del proyecto

En este proyecto tengo la posibilidad de crear un producto que pueda competir en el mercado con los otros sistemas ya existentes de limpieza de sotobosque y en segundo plano con los sistemas de producción de biomasa como fuente de combustión para energías renovables.

Los principales cometidos a realizar así como las funciones que tiene que desempeñar nuestro conjunto, las listare a continuación:

- Elección de un todoterreno capaz de soportar la carga de una biotrituradora, tanto dimensionalmente como en términos de potencia.
- Elección de una biotrituradora capaz de encajar en el 4x4 y que permita su transporte en las zonas convenientes y que a su vez permita triturar las ramas y troncos de diámetros medianos que nos encontraremos en ellas.
- Diseño de un circuito hidráulico que cumpla dos funciones:
    - Trasladar la potencia ofrecida por el motor de combustión interna del vehículo todoterreno, mediante el uso de un conjunto bomba-motor hidráulico, y los consecuentes sistemas de control y regulación.
    - Cargar y descargar la biotrituradora de la caja de carga al suelo y viceversa, mediante la creación de un mecanismo accionado por un cilindro de doble efecto.

- Diseño de un sistema de apoyos traseros para asegurar la descarga con seguridad.

Con todos estos aspectos espero encontrar un equilibrio entre eficiencia y precio. Un producto capaz de competir económicamente con lo que existe en el mercado intentando mejorar su versatilidad y fortalecer sus ventajas respecto a la competencia.

1. Antecedentes

2.1 Biomasa

Los productos y residuos biodegradables procedentes de la vegetación de las áreas boscosas son considerados biomasa forestal. Su aprovechamiento tiene un gran potencial tanto para la obtención de energía limpia como para un simultáneo cuidado de los ecosistemas.

El uso de esta materia orgánica era tremendo antes de la revolución industrial. En concreto, la biomasa forestal se utilizaba sobre todo como biomasa térmica, es decir, para obtener una eficaz fuente de energía calorífica. Luego, como todos sabemos, los combustibles fósiles acapararon todo el protagonismo, si bien en los últimos tiempos la biomasa forestal y agrícola se utiliza cada vez más como fuente de energía renovable.

Además de servir como fuente de energía limpia, su extracción permite mantener bien gestionado el monte, evitando problemas como incendios virulentos con gran capacidad destructora a consecuencia de una biomasa no aprovechada.

Energía de la biomasa

La biomasa de origen forestal proviene de las actividades de explotación forestal y de la necesidad de realizar trabajos de mantenimiento y limpieza de los bosques y las masas forestales, mediante aclarados, podas, limpiezas de bosques, etc.

Dentro de este grupo también se incluyen los residuos generados por la industria forestal (aserraderos, industrias de primera transformación, fabricantes de productos elaborados de madera, fabricantes de corcho y de pasta de papel).

El aprovechamiento térmico que supone la combustión de la biomasa puede proporcionar agua caliente, calefacción o aire caliente.

La diversidad y heterogeneidad en la procedencia del combustible, hace que las calderas de biomasa utilicen varios tipos y formas de biomasa para combustión:

- Astillas: materiales vegetales o de madera triturados en fragmentos del orden de 2 a 10 cm de largo, como también puntas o maderas con diámetros pequeños que no tienen salida comercial.

- Pelletas: residuos procedentes de la limpieza forestal y de la industria de la madera. Este combustible es triturado y secado con tal de disminuir el nivel de humedad, para finalmente ser prensado y comprimido en forma de pequeños cilindros de 1,5-2cm de longitud y de 6-8 cm de diámetro. Por lo tanto, este combustible se distingue por la baja humedad (inferior al 12%), por su elevada densidad y regularidad del material, y por su elevado poder calorífico (p.c.y. 4.000-4.500 kcal/kg).

- Briquetas: madera u otros materiales vegetales comprimidos a alta presión, de forma que se obtienen unidades compactas.

<u>Biomasa y sostenibilidad</u>

Existen dos formas principales de conversión de la biomasa en energía limpia. Por un lado, obtendremos combustibles a través de procesos bioquímicos y termoquímicos. El primero nos provee de etanol y metano a través de una fermentación alcohólica y digestión anaerobia. Por último, las conversiones termoquímicas proporcionan gas pobre, carbón y jugos piroleñosos (metanol, ácido acético, etc…) mediante gasificación y pirolisis.

2.2 Tipos de biotrituradoras

Una de la maquinaria forestal más utilizada actualmente por el incremento en la demanda de biomasa son las *astilladoras y/o trituradoras,* diferenciándose por el elemento de corte que se emplea en cada caso.

Figura 1

En las fotografías adjuntas he optado por enseñaros las trituradoras qué, como he comentado, actualmente se están utilizando mucho en la obtención de astilla cuyo destino es el mercado bioenergético aunque no solamente se utilizan para esto ya que desde siempre la gestión de los residuos forestales ha supuesto un reto para los técnicos.

Existen muchos modelos de trituradoras/astilladoras ya sea en función de su forma de ser propulsadas y/o montadas en otro vehículos así como en el sistema de corte que presenten.

En este sentido el elemento de corte que clasifica a las denominadas astilladoras son las cuchillas, las cuales pueden ser montadas sobre tambores o discos, en contraposición a las trituradoras donde su elemento de corte, por decirlo de manera análoga, está formado por tambores con un elemento de trituración como son los martillos.

Figura 2

Características funcionales

La trituradora de mandíbula es un equipo de trituración que aparece tempranamente, y se caracteriza por:

- Estructura sencilla, firme, funcionamiento fiable y seguro.
- Poco coste de operación, producción y construcción.
- Mantenimiento, reparación y uso fácil, función estable, y gran relación de reducción.
- Tiene profunda cavidad de trituración sin zona muerta, elevando la capacidad de alimentación y la producción.
- Alta relación de reducción.
- El dispositivo regulador de modo arandela en la salida de materias es fiable, accesible, y de gran alcance de ajuste, aumentando la flexibilidad del equipo.
- El sistema de lubricación es fiable y seguro, las piezas se cambian con facilidad, y es de poco mantenimiento.
- Ahorra energía: una máquina unitaria ahorra 15%-30% de energía, ahorrando mayor a una vez.
- Es de poco ruido y poco polvo.

Diferencias entre biotrituradoras

En el mercado podemos encontrar diferentes tipos de trituradoras agrícolas según su principio de funcionamiento. Las podemos diferenciar según:

-Su alimentación (eléctricas, hidráulicas, por toma de fuerza…)

-Su cilindrada (dependiendo del uso doméstico o profesional varían desde los 50cc hasta más de 900cc)

-Fijas o móviles (pueden incorporar ruedas para su circulación por asfalto o fijas para su montaje en remolque)

2.3 Características de los vehículos 4x4

Un vehículo todoterreno es un tipo de vehículo diseñado para ser conducido en cualquier terreno. Estos vehículos surgieron como necesidad en las guerras del principio del siglo XX, y fueron adaptados para uso civil y aprovechados para realizar travesías, vigilar zonas protegidas y moverse en terrenos ásperos o resbaladizos.. Hoy en día son imprescindibles en zonas rurales, de alta montaña, desiertos y en general en cualquier lugar de difícil acceso para los vehículos «normales». No obstante, el uso de estos vehículos se extiende más allá del profesional, que sigue existiendo, por lo que hoy en día es el uso por ocio el más utilizado.

Figura 3

Muchos todoterreno cuentan también con una caja reductora, sistema indispensable cuando se emplean vehículos con motores de baja-media potencia, que permite multiplicar la fuerza del motor gracias al uso de engranajes especializados, para la superación de obstáculos complicados. También es importante un chasis con refuerzos o placas para superar los esfuerzos y golpes en este tipo de usos, pudiendo ser un chasis de largueros y travesaños, o bien un monocasco. Cuando se quiera circular a través de terrenos extremadamente agrestes o irregulares, serán indispensables «diferenciales con bloqueo». Estos permiten que cuando una o más ruedas quedan en el aire o resbalan, las que están en terreno firme traccionen para que el vehículo pueda seguir avanzando, con los diferenciales bloqueados.

Muchas veces se escucha hablar de los coches denominados *todoterrenos*, pero para ser considerados como tales, deben cumplir con una serie de características y requisitos que, a fin de cuentas, muy pocos poseen.

En primer lugar, un coche todoterreno debe contar con una **tracción en cuatro ruedas**, el primer detalle característico aunque no esencial, ya que contamos con coches que la emplean y, sin embargo, no son de este género.

En su diseño, generalmente se le emplea un marcado ángulo de ataque**,** es decir, que la línea imaginaria más saliente trazada desde la horizontal es la parte frontal, situándose entre 40 y 50 grados**.**

- El **ángulo de salida**, es decir, el que se forma en el lado trasero, debe ser menor al de ataque, oscilando entre los 25 y 30 grados.
- El **ángulo de alzada** (entre los dos ejes) está fijado entre los 20 y 30 grados, y está pensado para poder sobrepasar los diferentes obstáculos sin que el chasis golpee con ellos o quede sostenido allí.
- La **altura de la tierra** (entre la parte más baja del coche y el suelo) es mayor a 20 centímetros, elevando el punto de gravedad y careciendo de inestabilidad en su suspensión.

Figura 4

Además, esta altura influye en la elevación del ángulo de vuelco, es decir, el ángulo máximo que tomará el vehículo lateralmente sin volcar.

2.4 Riesgos del procedimiento de trabajo

A continuación detallaremos los posibles peligros a los que nos podríamos enfrentar realizando las tareas de limpieza del sotobosque. Veremos los riesgos que podemos tomar y las causas más probables.

Transporte de personal y equipo

RIESGO	CAUSA
• Vuelcos.	• Velocidad inapropiada a las condiciones del terreno. Pendiente excesiva.
• Atropello por máquinas.	• Visibilidad reducida. Falta de coordinación entre los miembros del equipo. Despistes en la conducción.
• Accidente "in itinere".	• El lugar de trabajo se encuentra alejado y en zonas de difícil acceso todos los trabajadores del sector forestal padecen éste riesgo Posibles causas: desobediencia de las normas de circulación. Mal estado de las vías de acceso. Mal mantenimiento del vehículo.
• Caídas a distinto nivel.	• Descenso inapropiado de los vehículos de transporte.
• Atrapamientos por y entre objetos.	• Caída de la carga o del equipo transportado sobre los trabajadores.
• Exposiciones a ruido.	• Mantenimiento de motores inadecuado. Maquinaria obsoleta. Escape libre. • Mantenimiento de motores inadecuado. Maquinaria obsoleta.
• Exposiciones a vibraciones.	• Sistema antivibraciones inadecuado o inexistente.
• Explosiones.	• Fumar al repostar. Estacionar el vehículo sobre pastos o matorrales. Mal mantenimiento de la maquinaria.

PROCEDIMIENTO DE TRABAJO
– Realizar los mantenimientos mecánicos necesarios del vehículo establecidos por el fabricante. – Estará terminantemente prohibida la utilización de los vehículos por parte de personas no autorizadas y capacitadas. – No sobrepasar en ningún momento la carga máxima autorizada, un vehículo es menos estable cuanto más se carga. – Los vehículos deberán llevar un emisor-receptor de radio o un teléfono móvil. – Para bajar de los vehículos no se debe saltar. Utilizar permanentemente tres puntos de apoyo: los dos pies y una mano, o, si no, un pie y las dos manos en asas y estribos respectivamente. – Si se transportan personas y equipo en el mismo vehículo, debe disponerse de compartimentos aparte para la herramienta que irá perfectamente anclada. – Durante el transporte hasta la zona de trabajo deberán respetarse las Normas de Circulación . Todos los ocupantes permanecerán sentados en sus asientos y nunca llevar más personas para las que el vehículo esté diseñado. – Adoptar las medidas necesarias para lograr la máxima insonorización posible y la reducción de vibraciones. – No estacionar nunca sobre zonas de pasto o matorral debido al riesgo de incendio y explosión por contacto con las zonas calientes del motor.

Figura 5

Poda en altura

RIESGO	CAUSA
• Caídas al mismo nivel. • Caídas a distinto nivel.	• Tropiezos con vegetación, rocas, herramienta mal guardada. • Caídas desde el árbol que se está podando por distintos motivos: no utilización del equipo de seguridad o éste se encuentra en mal estado.
• Contusiones y cortes.	• Manejo inadecuado de la herramienta. Estado defectuoso de filos y mangos de agarre. Forma de trabajo inadecuada.
• Estrés térmico por calor. • Incendio.	• Altas temperaturas en la zona de trabajo. Ropa de trabajo inadecuada a las condiciones climáticas. • Incendio forestal en las inmediaciones de la zona de trabajo.
• Exposición a ruido.	• Elevada sonoridad de la motosierra.
• Exposición a vibraciones.	• Mantenimiento deficiente de Vibraciones producidas por la motosierra.
• Explosión.	• Fumar al repostar. Arrancar la máquina donde se ha repostado o sin limpiar los residuos de combustible. Trabajar con la motosierra por encima de los hombros.
• Sobreesfuerzos.	• Mala postura al trabajar. (ver manejo manual de cargas).

PROCEDIMIENTO DE TRABAJO
– No trabajar en días con mala visibilidad o tiempo inclemente o cuando el árbol esté cubierto de hielo. – Antes de empezar el trabajo debería estudiarse la zona eligiendo cuál es el material de seguridad más apropiado, así como el número de trabajadores necesarios. – Como mínimo trabajarán dos personas, una subida al árbol experta competente y en buena forma física y otra abajo encargada de la cerda de seguridad y perfecto conocedor de las técnicas de salvamento. Entre ambos ha de haber siempre contacto visual o verbal. – El trabajo en altura requiere gran esfuerzo físico por lo que evitará la fatiga mediante los descansos pertinentes. – Los escaladores han de tener conocimientos prácticos y teóricos en: Seguridad en las técnicas de escalada, en las tareas que se realizan y en el manejo del equipo de trabajo, así como en el mantenimiento del equipo de escalada. – En la zona de trabajo ha de haber un juego adicional de material de escalada para facilitar el salvamento y ayudar al escalador en caso de emergencia. No utilizar material de seguridad defectuoso. – Todas las herramientas o instrumentos que utilice el escalador, menos las sierras de cadena, deberán estar firmemente sujetas a la correa cuando no se emplean. – Utilizar la motosierra más ligera posible según la exigencia del trabajo a realizar. – Si se utilizan escaleras mantener la proporción. – 1:4, esto es, por cada cuatro unidades en altura mantener una unidad en horizontal de separación de la base del árbol. – Nunca pintar las escaleras de madera porque ocultarían posibles deterioros. Emplear barniz transparente. – Mantener las precauciones referentes al empleo de motosierra (Rebote, mantenimiento repostaje ruido, vibraciones...) – Para salvar un obstáculo al trepar por un árbol se procederá de la siguiente manera: o Atar la cuerda de sujeción supletoria a un punto fijo. o Soltar la correa de sujeción del arnés, pasarla por encima del obstáculo y volverla a atar al arnés. o Por último, desenganchar la cuerda de sujeción supletoria del punto fijo y volverla a colocar en el cinturón. – Bajar del árbol lenta y cuidadosamente.

Figura 6

Desbrozado con herramienta manual

RIESGO	CAUSA
• Caídas al mismo nivel. • Caídas a distinto nivel. • Contusiones y cortes.	• Tropiezos con vegetación, rocas, herramienta mal guardada. • Descenso inapropiado de los vehículos de transporte. • Manejo inadecuado de la herramienta. Estado defectuoso de filos y mangos de agarre. Forma de trabajo inadecuada.
• Estrés térmico por calor.	• Altas temperaturas en la zona de trabajo. Ropa de trabajo inadecuada a las condiciones climáticas.
• Accidente "in itinere".	• El lugar de trabajo se encuentra alejado y en zonas de difícil acceso todos los trabajadores del sector forestal padecen éste riesgo. Posibles causas: desobediencia de las Normas de Circulación. Mal estado de las vías de circulación.
• Incendio.	• Incendio forestal en las inmediaciones de la zona de trabajo.

PROCEDIMIENTO DE TRABAJO
– Inspección de la zona de trabajo y planificación del trabajo a realizar estableciendo el método de labor, el material y equipo de protección a emplear. – Para bajar de los vehículos no se debe saltar. Utilizar permanentemente tres puntos de apoyo: los dos pies y una mano, o, si no, un pie y las dos manos en estribos y asas respectivamente. – Mantener una distancia de seguridad entre trabajadores no inferior a cinco metros. – Utilizar la herramienta únicamente para los trabajos para los que ha sido concebida. – Las herramientas de mano deberán tener filos y mangos en perfecto estado de uso, así como amoldarse a las facultades físicas del usuario. – Cuando no se esté utilizando la herramienta, ésta deberá estar recogida y ordenada en un lugar prefijado y con los elementos de corte protegidos por sus fundas específicas. – Disponer en la zona de trabajo de agua potable en cantidad suficiente. – Durante el transporte hasta la zona de trabajo deberán respetarse las normas de circulación. Todos los ocupantes permanecerán sentados en sus asientos con los cinturones de seguridad abrochados y nunca llevar más personas para las que el vehículo esté diseñado. – Si se transportan personas y equipo en el mismo vehículo, debe disponerse de compartimentos aparte para la herramienta, que irá perfectamente anclada para evitar que se desplacen y golpeen a los ocupantes. – Tener siempre preparado un plan de evacuación en caso de accidente o incendio forestal.

Figura 7

Tala de ramas en árboles caídos

RIESGO	CAUSA
• Caídas al mismo nivel.	• Tropiezos con vegetación, rocas, herramienta mal guardada.
• Caídas a distinto nivel.	• Descenso inapropiado de los vehículos de transporte.
• Contusiones y cortes.	• Manejo inadecuado de la herramienta. Estado defectuoso de filos y mangos de agarre. Forma de trabajo inadecuada.
• Estrés térmico por calor.	• Altas temperaturas en la zona de trabajo. Ropa de trabajo inadecuada a las condiciones climáticas.
• Accidente "in itinere".	• El traslado de la maquinaria hasta el lugar de trabajo entraña un gran riesgo de accidente. Posibles causas: desobediencia de las normas de circulación. Mal estado de las vías de acceso. Mal mantenimiento del vehículo.
• Incendio.	• Incendio forestal en las inmediaciones de la zona de trabajo.
• Exposición a ruido.	• Elevada sonoridad de la motosierra.
• Exposición a vibraciones.	• Vibraciones producidas por la motosierra.
• Explosión	• Fumar al repostar. Arrancar la máquina donde se ha repostado o sin limpiar los residuos de combustible.
• Sobreesfuerzos.	• Mala postura al trabajar (ver manejo manual de cargas).

PROCEDIMIENTO DE TRABAJO
– Examinar la zona de trabajo para detectar posibles riesgos (árboles o ramas a punto de desprenderse, rocas sueltas, animales peligrosos, etc.) – Nunca poner los pies bajo la troza a cortar o sobre ella. – No apoyarse sobre otras ramas o troncos asegurándose de que los pies se asientan bien sobre el suelo. – Se debe tener un cuidado especial al trabajar en zonas con fuerte pendiente. Debe planificarse el trabajo de forma que los operarios no estén expuestos al impacto de materias que rueden o se deslicen. – No cortar ramas con la punta de la barra (riesgo de rebote).

Figura 8

Trabajo con maquinaria pesada

RIESGO	CAUSA
• Aplastamiento.	• Vuelco de la maquinaria o por partes móviles de la maquinaria.
• Corte, amputación, magullamiento.	• Por piezas giratorias y oscilatorias propias de la maquinaria, proyección de elementos de las máquinas.
• Accidente "in itinere".	• El traslado de la maquinaria hasta el lugar de trabajo entraña un gran riesgo de accidente. Posibles causas: desobediencia de las Normas de Circulación. Mal estado de las vías de acceso. Mal mantenimiento del vehículo.
• Incendios. Explosión.	• Incendio forestal en las inmediaciones de la zona de trabajo. Fumar al repostar. Mal mantenimiento de la maquinaria.
• Exposición a ruido.	• Mantenimiento de motores inadecuado. Maquinaria obsoleta. Escape libre.
• Exposición a vibraciones.	• Mantenimiento de motores inadecuado. Maquinaria obsoleta. Sistema antivibraciones inadecuado o inexistente.
• Sobreesfuerzos.	• Mala postura al trabajar. (ver manejo manual de cargas).

PROCEDIMIENTO DE TRABAJO

Respecto al Vehículo (Tanto propio como de alquiler):

- Mantenimiento y conservación adecuados teniendo en cuenta elementos de seguridad (frenos, neumáticos, suspensiones) vigilar la sonoridad y vibraciones en la cabina.
- Cabina antivuelco (RD 1435/92 Anexo I 3.4.3).
- Cabina protegida contra la caída de objetos o materiales (RD 1435/92 Anexo I 3.4.4)
- Todas las máquinas han de llevar la marca CE e incluir un manual de instrucciones, en castellano, de manejo de la maquinaria, así como tener al día la documentación pertinente (ITV, seguro etc.).
- Utilizar la maquinaria mejor adaptada para cada operación específica.
- Nunca quitar o manipular los resguardos de seguridad de la maquinaria.
- Todo vehículo ha de estar dotado de extintor, radio-emisora y botiquín específico a los riesgos de cada máquina.
- Se intentará mantener limpios de barro, nieve, grasa los estribos de subida y bajada al vehículo.

Respecto al Usuario:

- Las labores mecanizadas se realizarán por profesionales capacitados y con experiencia, perfectos conocedores de la naturaleza del trabajo y de la maquinaria que conducen.
- Para bajar del vehículo no se debe saltar y siempre esperar a que éste se encuentre parado.
- Jamás se deben apurar ni la máquina ni la carga.
- Adecuar la velocidad y forma de conducción a las características del terreno por el que se transita.
- Antes de empezar a trabajar inspeccionar los puntos clave de la máquina (niveles, anclajes y protecciones)
- Antes de iniciar un trabajo el maquinista recorrerá andando el tajo para decidir cuál es la forma más adecuada de realizarlo.
- Cuando se trabaje con un auxiliar, se empleará como medio de comunicación un código de señales inequívoco, o walkie-talkies, si fuera necesario.
- Nunca y bajo ninguna circunstancia se transportará gente en la máquina si no existe un asiento diseñado para tal fin.
- Limitar la presencia de trabajadores en la zona de operación de la maquinaria limitándola a los imprescindibles para la tarea a efectuar.

Figura 9

Descripción del proyecto

3.1 El vehículo

Una parte fundamental del proyecto es la de la elección del vehículo donde instalaremos la trituradora. En función de él tendremos que adecuar los componentes del sistema, las medidas de las maquinas, su disposición y la potencia que tendremos disponible para poder realizar las tareas de la limpieza forestal.

En un mercado tan amplio como es el automovilístico, debemos listar nuestras preferencias a la hora de la elección del vehículo en base a las principales necesidades que tenemos en el proyecto.

Teniendo en cuenta el terreno en el que queremos trabajar, necesitaremos un todoterreno con tracción a las 4 ruedas, que se desenvuelva bien en terrenos irregulares y que podamos llegar sin problemas a zonas de difícil acceso. Las fuertes pendientes no pueden ser un problema para un vehículo cargado con pasajeros y maquinaria.

Otro punto a tener en cuenta será la capacidad de carga que puede soportar. Una biotrituradora es una máquina voluminosa y tenemos que poder trasladarla de forma cómoda y segura. Además tenemos que instalar un sistema de descarga hidráulico en su interior, a la vez que un sistema de apoyo exterior que nos dé estabilidad en terrenos irregulares.

Con todas estas prioridades, y buscando un equilibrio económico, la opción más favorable es la del **Land Rover Defender**.

Land Rover Defender

Figura 10

En el Defender encontraremos una solución a todos los problemas presentados antes. Es un vehículo que ofrece la versatilidad de un todoterreno ligero y la robustez de un 4x4 que permite cargar con peso en una amplia caja de carga.

El modelo será el "Defender 130 HCPU doble cabina" cuyas dimensiones son las más adecuadas y sus prestaciones de potencia permitirán un diseño del conjunto de garantía.

Las principales características son:

- **Tamaño y dimensiones.**

	130 HCPU Doble cabina
Vía delantera/trasera	1511 mm
Longitud del espacio de carga	1680 mm
Ancho de apertura del portón	1362 mm
Longitud máxima de caja	1640 mm
Ancho máximo de caja	1060 mm
Altura máxima de la caja	1160 mm

Figura 11

- **Motor i transmisión**

	2.2L DIÉSEL
Tracción	Tracción a las cuatro ruedas (4WD)
Potencia (kW / CV)	90 / 122
Par (Nm)	360
Par máximo (rpm)	2000
Cilindrada (cc)	2198
N° de cilindros	4
Disposición de los cilindros	En línea

Figura 12

El motor 2.2 litros diésel del Defender genera un par de 360 Nm, con un 90% de la potencia máxima disponible entre 2200 y 4350 rpm. Encontramos en él la fuerza suficiente para enfrentarse a los trabajos más duros en las condiciones más difíciles. Con el filtro de partículas diésel (DPF) de Land Rover, el Defender cumple con la normativa N1 EU5 más reciente en materia de emisiones, además alcanza una velocidad máxima de 145 km/h.

- **Adaptación a terrenos difíciles**

PENDIENTES CON PESO EN ORDEN DE MARCHA

	90	110	130
Ángulo de salida	47,1°	35,6°	35,2°
Ángulo ventral	147°	149,7°	152,5°
Ángulo de entrada	47°	48,7°	49°

PENDIENTE MÁXIMA

	90	110	130
Pendiente máxima	45°	45°	45°

PROFUNDIDAD DE VADEO MM

	90	110	130
Profundidad máxima de vadeo	500	500	500

DIÁMETRO DE GIRO Entre bordillos (metros)

	90		130
Tamaño del neumático	7.50R16	235/85R16	7.50R16
Diámetro de giro mínimo	12,3	13,4	15,08

Figura 13

Viendo las características dadas por el fabricante, podemos asegurar que rendirá sin problemas en las labores que tenemos previstas.

Otros factores que añadiremos a la hora de diseñar el conjunto, será la de distribuir lo mas uniformemente posible el peso a lo largo de su área de carga. Una mala colocación de la trituradora podría afectar a su estabilidad tanto en montaña como en carretera. Para mantener el centro de gravedad bajo y así evitar dificultades en la conducción intentaremos reducir al máximo posible la altura útil de la carga. En nuestro caso, deberemos hacer algunas modificaciones en la trituradora para que su transporte sea más seguro. Lo veremos más adelante.

En relación a los pesos, el fabricante nos da una tabla (Figura 14) con los pesos máximos que se deben colocar:

Pesos (kg)

	90			130
DE SERIE	Techo duro	Techo de lona	Station Wagon	HCPU Doble Cabina
Masa máx. autorizada	2505	2505	2505	3380
Tara nominal*	1786	1771	1902	2153
Carga útil**	719	734	603	1227

*Tara nominal = Peso descargado + depósito lleno + 75 kg conductor **Carga útil = Masa máxima autorizada – tara nominal

Figura 14

Si vemos los modelos que ofrece *Land Rover*, veremos que para el *Defender* podremos elegir entre 2 o 5 asientos. Viendo que la zona útil de carga no variará entre modelos, y que una mayor capacidad aumentará las posibilidades en un futuro, nos decantaremos por las 5 plazas.

130 DCHCPU* Cinco asientos

Figura 15

- **La toma de fuerza**

Hay varias razones de peso que aconsejan la especificación y el encargo de la toma de fuerza apropiada para su inclusión de fábrica en el chasis.

Las principales son las siguientes:

- Una operación óptima garantizada, en lo referente, fundamentalmente, al nivel de ruidos, consumo de combustible, nivel de emisiones y rendimiento.
- Mayores garantías de calidad ya que, por ejemplo, hace innecesario cualquier intervención posterior en la caja de cambios, De esa manera, su estanqueidad y limpieza quedan aseguradas.
- Un recorte de los plazos de entrega, puesto que el chasis está mejor preparado para la instalación de las estructuras.
- Una reducción del costo total, ya que el montaje de las tomas de fuerza y la instalación de las mangas y el cableado del sistema de gestión pueden integrarse en el proceso de producción.

<u>Variables técnicas</u>

En el proceso de especificación de las tomas de fuerza, es importante optimizar la combinación de motor, caja de cambios, toma de fuerza y bomba hidráulica. Un sistema correctamente optimizado ofrecerá excelentes prestaciones de rendimiento, nivel de ruidos, peso y coste. Si se desconocen las variables técnicas del sistema hidráulico, resultará imposible especificar la toma de fuerza.

- Ejemplos de variables importantes:
- Caudal hidráulico necesario
- Presión máxima del sistema hidráulico en los diferentes circuitos
- Empleo necesario de tomas de fuerza embragadas
- Ubicación de la toma de fuerza
- Régimen operativo del motor Para determinar algunas de estas variables, es preciso conocer las características de la superestructura. No basta con saber para qué áreas de aplicación ha sido diseñada, puesto que hay diferentes fabricantes que disponen de modelos de superestructuras destinadas a un mimo empleo. Por consiguiente, es fundamental obtener información de los fabricantes respectivos a la hora de especificar las tomas de fuerza.

Para la selección del tipo de toma de fuerza que utilizaremos, tendremos que elegirlo en base al trabajo a realizar. En nuestro caso, lo haremos con el vehículo parado, ya que no necesitamos el coche en movimiento ya que introduciremos las ramas manualmente. Con esta condición, nuestra toma de fuerza la haremos montar desembragada en el lateral de la caja de cambios.

El modelo que se montará es el **PTR-DH** con las siguientes especificaciones:

La PTR-DH es una toma de fuerza embragada de alto régimen instalada sobre una caja de cambios. Incorpora un conector DIN para una bomba hidráulica de montaje directo.

La toma de fuerza está especialmente adaptada para las cajas de cambios manuales, así como para las cajas I-shift. Se controla a través del eje intermediario de la caja de cambios y se monta en el lateral posterior de la misma. El régimen de revoluciones y la potencia que suministra se regulan mediante la velocidad del motor y la relación de transmisión de la caja de cambios. Las tomas de fuerza dependientes del embrague (montadas en la caja de cambios) sólo se pueden utilizar cuando el vehículo se encuentra detenido, y se activan mediante un sistema neumático.

Figura 16

La toma de fuerza se desactiva al pisar el pedal del embrague, lo que significa que sólo se puede utilizar cuando el vehículo se encuentra detenido.

La toma de fuerza se adecua especialmente a las siguientes aplicaciones:

- Camión con volquete

- Elevador de contenedores

- Camión grúa

A continuación, las características principales de la PTR-DH:

- De instalación en el costado trasero de la caja de cambios. Se impulsa a través del eje intermedio de la caja de cambios.
- Ruedas dentadas, ejes y cojinetes de grandes dimensiones para una excelente seguridad operativa y una prolongada vida útil.
- Su régimen y potencia dependen del régimen del motor y de la relación de transmisión de la caja de cambios.
- Fiable conexión de la toma de fuerza a través de un sistema neumático.

- Especialmente adaptada para las cajas de cambios manuales, así como para las cajas I-shift.

Conexión/desconexión desde el puesto de conductor

La conexión y desconexión de la toma de fuerza se realiza a través de un interruptor de fácil acceso situado sobre el tablero de instrumentos. El dispositivo neumático-mecánico presenta la siguiente estructura: Un manguito de acoplamiento (6) conecta el eje (2) al eje primario de la toma de fuerza (3). La corona de acoplamiento se pone en funcionamiento con una horquilla de cambio (7) mediante un pistón que se acciona por aire comprimido (8) en el cilindro de mando (9). El aire comprimido del cilindro de maniobra se regula con ayuda de una válvula magnética que se conecta y desconecta a través de un interruptor ubicado sobre el tablero de instrumentos.

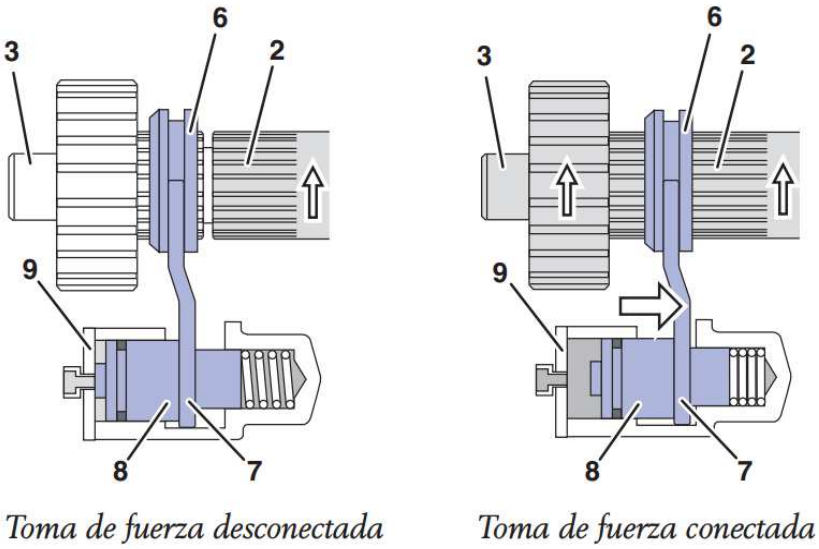


Figura 17

3.2 Biotrituradora

3.2.1 Requisitos y equipamiento

Si hemos comentado que el vehículo es una parte fundamental del proyecto, debido a que necesita cumplir unas necesidades específicas, la bitrituradora es el componente que tendrá más influencia en el resultado del proyecto. La que realizará el trabajo y cumplirá el objetivo por el cual se ha ideado todo el sistema.

En el campo de las biotrituradoras tendremos sustancialmente menos opciones para la elección de la máquina, ya que es un sector que está en crecimiento pero no tiene un mercado extenso a diferencia del automovilístico. Con esto no queremos decir que nos tenemos que amoldar a lo que encontremos, necesitaremos listar las preferencias y las cualidades básicas que debe tener nuestra astilladora, para realizar con éxito las tareas y optimizar los recurso de los que disponemos.

La especificación técnica más importante en nuestro caso será la alimentación. Existen dos tipos de biotrituradoras; las que equipan un motor propio para su accionamiento, ya sea de combustión interna o un motor eléctrico de gran potencia, o las que se accionan por toma de fuerza. Nuestro caso es el segundo. Habitualmente las astilladoras van unidas por toma de fuerza a un tractor mediante una junta cardán. Estas son las que más potencia pueden proporcionarnos. En el apartado 3.3 veremos cómo funcionará nuestro sistema de accionamiento basado en el diseño de un sistema hidráulico.

La potencia que transmitirá a las cuchillas, así como la capacidad de su caja de corte, será lo que nos definirá el rango de tamaños de material con el que podremos trabajar. Contra mas capacidad y potencia pueda absorber, mayor diámetro de ramas y troncos podremos introducir. Este aspecto también influirá en el tiempo que tarde en triturar el material y como no, determinará el tiempo de vida de las cuchillas de corte. Una mala elección del tamaño de la trituradora podría provocar una rotura de la máquina por sobreesfuerzo.

En la casa Honda encontramos todos estos equipamientos en la trituradora BIO 510tdf.

BIO 510tdf

La BIO 510tdf es una máquina trituradora de accionamiento por toma de fuerza y alimentación hidráulica destinada a usuarios profesionales que necesiten una máquina compacta y ligera.

Dispone de un bastidor ligero pero robusto, el accionamiento se realiza desde el vehículo por una toma de fuerza homologada y el movimiento del elemento de corte se efectúa mediante correas, obteniendo un efecto multiplicador de gran sencillez mecánica y bajo coste de mantenimiento.

Para la alimentación de la máquina se ha previsto una tolva de gran anchura y de inclinación adecuada que facilita la absorción del material a triturar y dispone de una cortina anti-proyecciones para evitar salpicaduras hacia el operador.

Figura 18

Equipamiento

La maquina dispone de:

- Tolva de alimentación
- Tubo de salida alto con deflector y ajuste de proyección del triturado de 360º
- Barra de control de alimentación
- Pasadores con tres puntos para enganche

Condiciones de uso

El movimiento motriz se obtiene conectando el vehículo a la maquina mediante el sistema hidráulico diseñado, accionando la toma de fuerza a más de 540 rpm.

El fabricante nos advierte y aconseja que para no afectar al funcionamiento de la maquina, aumentemos suavemente la fuerza del vehículo hasta aumentar como mínimo su velocidad hasta las 540 rpm, nunca por debajo, momento en el que las cuchillas de corte trabajaran a unas 1800 rpm.

En estas condiciones podemos empezar la operación de triturado siguiendo las siguientes indicaciones:

- Adaptar el material a triturar a la capacidad de la máquina.

- Evitar triturar materiales demasiado secos ya que esto desgasta prematuramente las cuchillas de corte.

- Delante de materiales demasiado verdes o con mucho agua se recomienda mezclar con material más seco para facilitar la alimentación, el corte y la expulsión del material.

- Evitar la inclusión de hierros, metales, arena, piedras y plásticos en el material a triturar ya que esto provoca serios daños en los elementos de corte.

- Si el árbol de transmisión conectado no dispone de rueda libre de desbloqueo al parar la máquina reducir las vueltas del motor suavemente para no castigar el embrague de toma de fuerza del vehículo.

El incumplimiento de estas indicaciones puede provocar una falta de rendimiento de la máquina y serios daños para esta y para los operadores.

Mantenimiento necesario

Para el mantenimiento normal de la máquina basta con seguir estas breves indicaciones:

- Revisar la tensión de las correas de la transmisión a las primeras 10 horas de funcionamiento. Después revisar estado cada 50 horas. Para tensar las correas basta con desmontar el protector superior, localizar el grupo de reenvío (polea doble), aflojar lo justo los tornillos de fijación del alojamiento de reenvío y regular los dos tornillos tensores. Recordar de apretar las contratuercas de los tensores y los tornillos de fijación del reenvío. Comprobar el alineado de las poleas. La actuación sobre el reenvío tensa tanto las correas primarias como las secundarias.

- Las cuchillas de corte necesitan ser afiladas cuando se percibe que la máquina pierde rendimiento y vemos que cuesta que corte el material introducido por la tolva. La duración de afilado dependerá del material triturado y puede estar entre 5 y 15 horas de trabajo.

- Se recomienda no afilar las cuchillas a mano, esta operación debe ser realizada por un afilador profesional o bien pueden dirigirse a su servicio técnico.

- Cuando las cuchillas hayan perdido una cierta medida por haber realizado sucesivos afilados habrá que sustituirlas por unas de nuevas. Se recomienda no efectuar más de tres afilados ya que después la cuchilla pierde demasiada medida y el ajuste entre cuchilla y contra cuchilla se hace excesivo proporcionando la máquina un corte deficiente con astillas muy largas y golpes durante el corte.

- Revisar periódicamente el estado de las contra cuchillas. Si se observa mucho desgaste girarlas o bien cambiarlas por los mismos motivos anteriores.

- Revisar el estado de la cortina anti-proyecciones de la tolva. Si se observa deteriorada o rota reemplazarla inmediatamente dirigiéndose a su servicio técnico.

- Hay que revisar el nivel de aceite hidráulico del alimentación en cada revisión, trabajar con un nivel bajo puede provocar la pérdida de rendimiento del alimentador

- Revisar el estado de protecciones y señales de advertencia. Si se observa alguna anomalía o falta reparar o reponer inmediatamente.

Especificaciones técnicas

Máquina	**Trituradora accionada por toma de fuerza**
Accionamiento	540 rpm
Potencia vehículo	35-50 CV
Acoplamiento	Enganche a 3 puntos
Alimentación	Hidráulica
Aceite de alimentación	Cantidad 12 litros tipo HM46 ISO46
Diámetro admisible	12 cm
Cuchillas	4 cuchillas
Tolva	En dos partes, cortina anti-proyección
Transmisión	Por correas con efecto multiplicador
Tubo de expulsión	Orientable 360º y deflector orientable

Tabla 1

3.2.2 Modificaciones para el diseño

Para el diseño de nuestro conjunto debemos realizar algunas modificaciones. Teniendo en cuenta que las biotrituradoras del mercado están pensadas para trabajar con remolque, necesitamos modificar algunos aspectos de la máquina para poder transportarla con mayor seguridad.

De fábrica, este modelo lo encontramos con dos opciones de soporte: con ruedas para su circulación directa sobre asfalto o con patas graduables para trabajar estática en un suelo más irregular. Esta segunda opción nos ahorrara el diseño de un soporte adicional, ya que con esta estructura metálica graduable, podremos trabajar con suelos inclinados gracias a sus apoyos que pueden ajustarse con diferentes medidas, incluso unas con respecto a otras.

La modificación que debemos hacer personalmente, será para modificar su altura en carretera. Si miramos las dimensiones de fábrica, veremos lo siguiente:

Anchura	**90 cm**
Altura	165 cm
Longitud	190 cm
Peso	353 kg

Figura 19

Podemos comprobar que su altura es excesiva para trasladarla de una pieza por carretera o montaña. Si a eso le sumamos la altura de la caja de carga del todoterreno, puede resultar inestable e incluso peligroso a la hora de pasar por zonas boscosas.

El diseño de montaje de la trituradora, nos facilitará el proceso. Si observamos la chimenea de expulsión, vemos como está fijada con tornillos en una zona de fácil acceso. Eso nos permitirá llevarla desmontada durante su transporte y rebajar así 70 cm de su altura total, evitando que sobresalga por encima del techo del vehículo.

Para su montaje, y con el objetivo de ahorrar tiempo, colocaremos dos fijaciones que presionen mediante dos tornillos las dos placas metálicas donde en su inicio se colocaban los tornillos. Esta mejora nos permitirá ganar tiempo en cada montaje, ya que nos ahorra de colocar los 4 tornillos con los que inicialmente viene sujeta.

En esta imagen (Figura 20) vemos como sería la unión entre la chimenea de extracción del material triturado y el cuerpo de la trituradora.

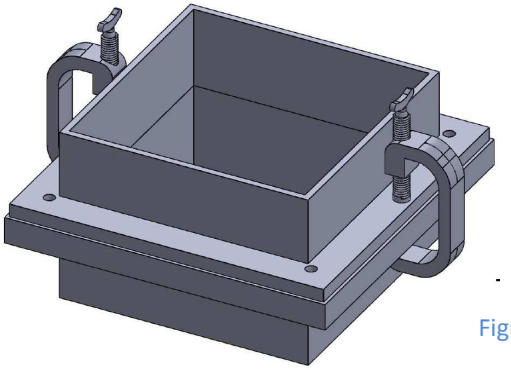


Figura 20

Con esta pequeña variación veremos cómo quedan las dimensiones finales del conjunto.

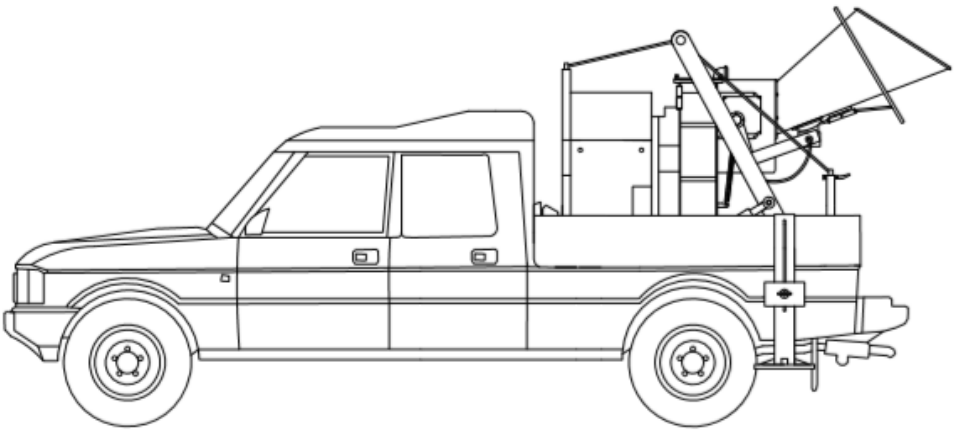


Figura 21

Anchura	**1511 mm**
Altura	**2650 mm**
Longitud	**5271 mm**
Peso	**2656 kg**

Figura 22

3.3 Diseño de la instalación hidráulica

Con el objetivo de llevar a cabo una unión eficaz entre el todoterreno y la biotrituraodora y que permita trabajar a esta a pleno rendimiento, utilizaremos un sistema hidráulico para transmitir la fuerza producida por el motor de combustión interna del 4x4 a la astilladora que llevará incorporada.

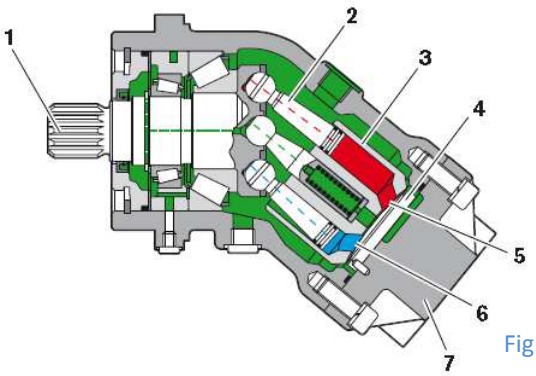
En este apartado detallaremos la función de cada componente dentro del sistema hidráulico y su situación dentro de él.

Como en todo circuito hidráulico, deberemos dotar al sistema de equipos que:

- Comanden el sentido de movimiento del cilindro (válvula direccional)
- Influyan sobre la velocidad del cilindro (válvula de flujo)
- Limiten la carga del cilindro (válvula limitadora de presión)
- Eviten el vaciado de la instalación, a través de la bomba hidráulica, durante el reposo (válvula de cierre)
- Alimenten la instalación continuamente con fluido hidráulico (mediante bomba hidráulica)

3.3.1 Elementos de unión

La bomba hidráulica será accionada por el motor de combustión interna del todoterreno, conectada directamente a su toma de fuerza. La velocidad de rotación que nos ofrece el motor permitirá a la bomba desplazar el líquido hidráulico procedente del tanque.



1) Eje de transmisión	5) Zona de alta presión
2) Pistón	6) Zona de succión
3) Cilindro	7) Placa de conexión
4) Placa de control	

Figura 23

La bomba trabajará sobre las 750 rpm, dependiendo de la velocidad de giro del motor del vehículo, i nos ofrecerá un caudal de 38 $^{L}/_{s}$ con una presión máxima de 450bar.

Será importante colocar una válvula de cierre (Figura 24) a la salida de la bomba. Este componente evitara que, ante un paro en el sistema, y debido a la presión que ejercerán los actuadores, el líquido hidráulico regrese al tanque a través de la bomba. Este tipo de válvulas solo permiten la circulación en un único sentido.

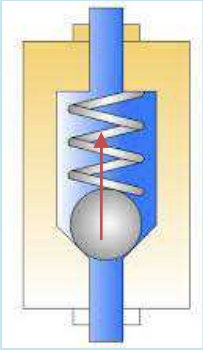


Figura 24

Después de salir de la válvula de cierre, colocaremos una válvula direccional que permitirá, mediante una palanca, elegir manualmente hacia que actuador debemos dirigir el flujo de trabajo.

En este caso en particular, trabajaremos con una válvula 4/3 (4 vías y 3 posiciones). Su función desviar el flujo al cilindro elevador o al motor hidráulico que accionará la biotrituradora.

Accionamiento del cilindro

Para el caso del cilindro, colocaremos esta válvula direccional en dicha posición para canalizar el líquido hidráulico hacia este actuador. Debido a que tenemos instalado un cilindro de doble efecto, necesitamos la opción de poder trabajar en los dos sentidos, para la carga y descarga de la biotrituradora. Para poder realizarlo, instalaremos otra válvula direccional, con el mismo funcionamiento que la anterior, que nos canalizara el aceite en el sentido deseado.

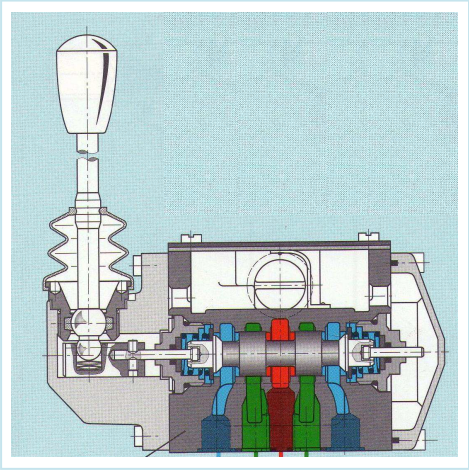


Figura 25

En esta imagen (Figura 25) podemos ver el funcionamiento de la válvula direccional. Si separamos los flujos por colores, vemos como el color verde sería la salida directa a las dos entradas que tiene el cilindro. En la posición central de la palanca y con el compartimento de color rojo, encontramos la posición de paro, donde se detendría el cilindro en la posición en la que se encontrara en ese instante. Por último, los compartimentos azules, nos indican las salidas del líquido de vuelta al tanque.

Llegados al punto de poder elegir el sentido de trabajo del cilindro, solo faltara diseñar la instalación para poder controlar su velocidad. Sabiendo que el cilindro avanzará (o retrocederá) en función de la velocidad a la que se llene el cilindro, dispondremos de una válvula controladora del caudal, para controlar el tiempo de realización de la carrera completa.

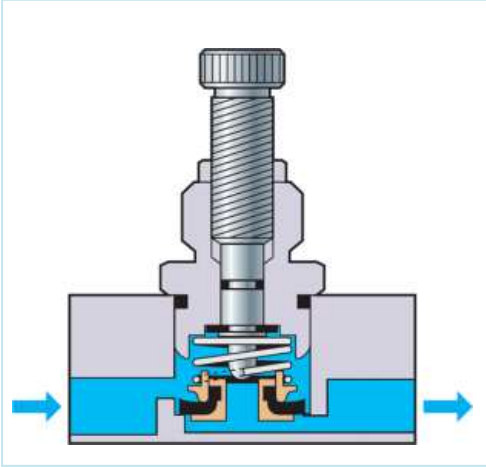


Figura 26

La válvula permite controlar manualmente, la cantidad de fluido hidráulico que pasa por minuto, variando el espacio libre según la necesidad del circuito.

Este tipo de válvulas, permiten trabajar con un rango de presiones ligeramente inferior al de las demás válvulas de nuestro sistema. Por esta misma razón, tendremos que proteger a este componente de una presión excesiva. Una válvula reguladora de presión cumplirá ese cometido a la perfección. Al colocar este componente a la salida de la bomba, permitirá controlar la presión para todo el circuito, ya que además de la válvula reguladora de caudal, hay otros componentes con el límite máximo de presión bajo.

El funcionamiento de esta válvula es muy simple. Como veremos más adelante, el cilindro actuador del mecanismo de descarga, tiene como valor máximo de presión admisible 250bar, por eso ajustaremos este valor al regulador de presión para que, en caso de ser superado por el sistema, abra el paso del líquido de vuelta al depósito. De esta manera, el sistema siempre trabajará con un máximo de 250bar.

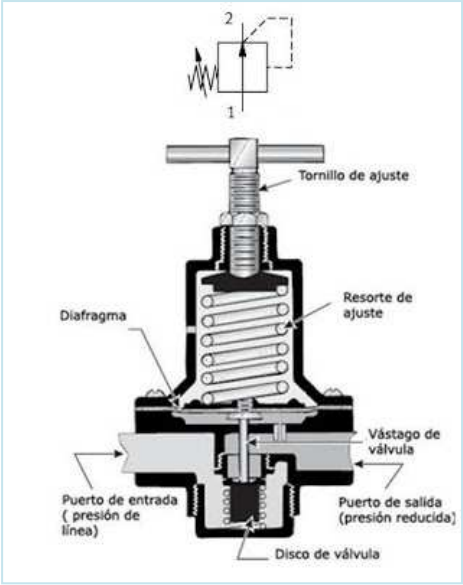
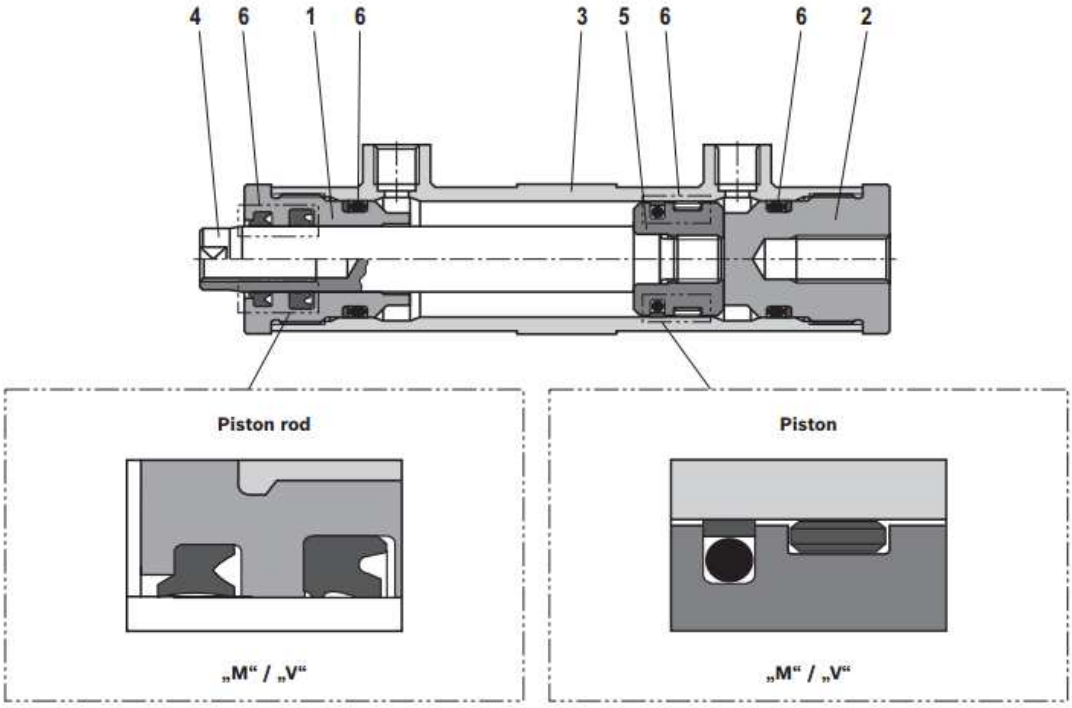


Figura 27

Con todo el los componentes dispuestos para el buen funcionamiento del actuador, solamente tendremos que buscar un cilindro que cumpla con las dos funciones principales que serán la descarga de la biotrituradora al suelo para poder trabajar cómodamente con ella y la posterior recogida para el transporte.

Teniendo en cuenta que necesitaremos una longitud total de 1000 mm, buscaremos en el mercado un cilindro de doble efecto con una carrera un poco superior para poder trabajar sin llegar al límite. En este caso, el cilindro tendrá 1000mm de carrera y un diámetro de vástago de 32 mm, que ayudará a trabajar con ángulos variables sin notar los efectos negativos del pandeo o la flexión.

El esquema del cilindro tendrá la forma siguiente:



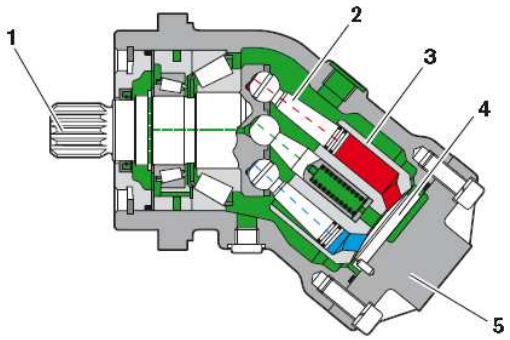
1) Culata	3) Camisa	5) Pistón
2) Base	4) Vástago	6) Conjunto de juntas

Figura 28

Al llegar el pistón al final de su carrera, independientemente del sentido en que lo haga, el líquido hidráulico volverá al depósito, a través de la válvula direccional.

Accionamiento del motor hidráulico

Para accionar el motor colocaremos la válvula direccional en el sentido de flujo contrario. Canalizaremos el líquido hacia el motor y colocaremos la misma válvula controladora de caudal a la entrada de este. Aunque el motor podría trabajar con la presión que nos da la bomba, y podría absorber el caudal que lleva el sistema, no vale la pena un sobreesfuerzo innecesario, ya que con este caudal rebajado, el motor hará trabajar a la trituradora con las mismas prestaciones.



1) Eje de transmisión
2) Pistón
3) Cilindro
4) Placa de control
5) Placa de conexión

Figura 29

En este caso, el motor que dará potencia a la biotrituradora, podría trabajar con una presión máxima de 450 bar, una velocidad de rotación de 3150 rpm y un caudal de 38 $^{L}/_{min}$. Su diseño, es de las mismas características pero de función inversa al utilizado en la bomba hidráulica. Su trabajo real, según marca la necesidad de la biotrituradora, aportará una velocidad de rotación de unas 640 rpm, siendo superiores a las 570 rpm mínimas que nos pide el fabricante para su puesta en marcha.

A la salida del motor, se canalizará el aceite hidráulico directamente hacia el depósito.

Componentes de seguridad del sistema

Los principales problemas que nos podremos encontrar en este tipo de sistemas, podrían ser:

- La aparición de restos y partículas en el aceite de trabajo, que supondría un serio inconveniente para la vida útil de la bomba (cavitación).
- Las altas temperaturas adquiridas por el líquido de trabajo que podría dañar partes de los componentes del sistema y modificar su comportamiento.

Para el primer caso, evitar que las burbujas de aire o restos de otras partículas dañen la bomba, será conveniente y necesario dotar al sistema de un filtro que evite que se mezclen las impurezas dentro del depósito. El aceite circulará a través suyo y acumulará las impurezas de manera que periódicamente podamos retirarlas del circuito.

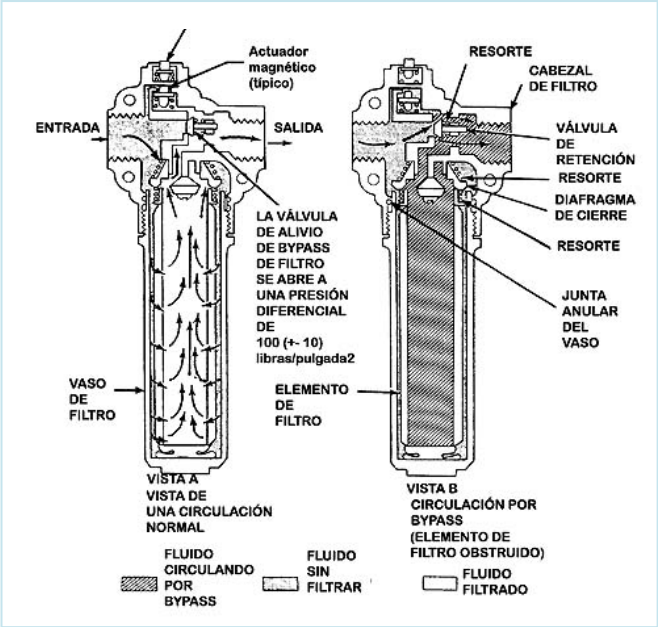


Figura 30

Para el segundo caso, evitar trabajar con altas temperaturas que mermen la capacidad de trabajo del sistema hidráulico, utilizaremos un refrigerador de aceite mediante aire. El refrigerador aceite-aire, hace canalizar el líquido de trabajo por el intercambiador de calor, que mediante el aire producido por el ventilador, bajara notablemente la temperatura del aceite hasta niveles óptimos.

Como vemos en la Figura 31 donde se detallan todos los componentes del refrigerador, este funciona mediante la incorporación de un pequeño motor eléctrico que hace trabajar al ventilador. Este motor irá directamente conectado a la alimentación eléctrica del Land Rover Defender.

Además de su principal función, el refrigerador está dotado de un pequeño filtro que nos indicará el nivel de suciedad que tiene el líquido hidráulico. Puede ser un buen indicador para saber si el filtro principal está trabajando correctamente o no.

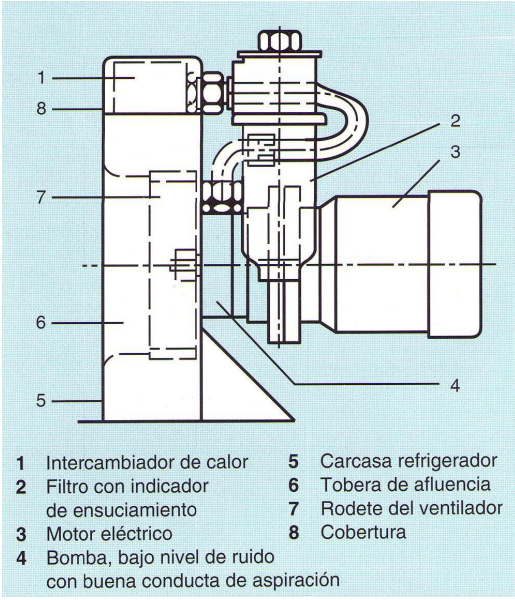


Figura 31

Aceite hidráulico y lubricante

Con todo el diseño completo, faltará encontrar el fluido hidráulico que mejor encaje con los componentes del circuito y con las necesidades exteriores.

Principalmente, tenemos que tener muy en cuenta que la maquina trabajará únicamente en el exterior y en cualquier época del año. Eso significa que tiene que ser un aceite que no pierda sus propiedades a temperaturas bajas. El principal problema vendría dado por la variación de su viscosidad, que podría afectar al rendimiento del sistema.

En el mercado existen todo tipo de aceites, y el que reúne todas las características especificadas será el aceite hidráulico del tipo HV. Este tipo de aceites tiene las siguientes propiedades:

- Muy alto índice de viscosidad.
- Estabilidad térmica y resistencia a la oxidación.
- Protección antidesgaste y anticorrosivo.
- Elevada estabilidad a la hidrólisis.
- Buena filtrabilidad con o sin agua.
- Baja tendencia a la formación de espuma.
- Buena desaereación .
- Excelente desemulsión.

Figura 32

El fabricante nos indica que este aceite da sus mejores prestaciones para los siguientes casos:

- Cualquier sistema hidráulico en condiciones de altas presiones y temperaturas.

- Lubricante especialmente adaptado para maquinaria expuesta a la intemperie, fácil arranque a muy baja temperatura (-30ºC) y funcionamiento regular en cualquier estación del año. Maquinaria de obras públicas, de canteras, etc…

Para acabar, instalaremos un depósito de 80 L que albergará el aceite necesario para el funcionamiento de todo el conjunto. Este vendrá con adaptador para el filtro en la toma de entrada del líquido y dos tomas y otra toma de salida. El depósito será metálico y trabajará a presión atmosférica.

Figura 33

3.3.2 Esquema hidráulico

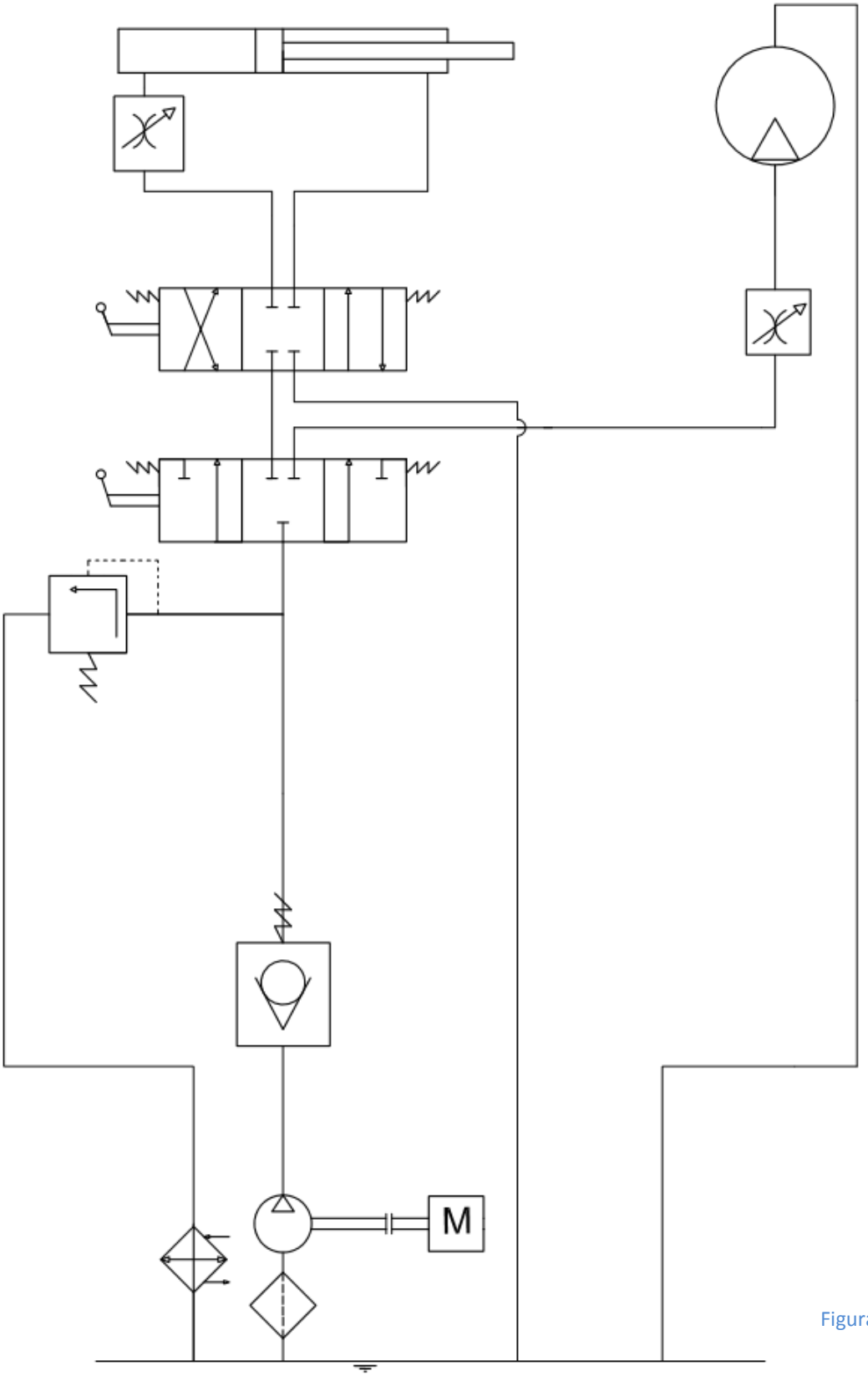


Figura 34

3.4 Componentes del sistema hidráulico

En este apartado listaremos todos los componentes que forman parte del sistema hidráulico y veremos sus principales características.

Como hemos visto con anterioridad todo conjunto hidráulico debe tener componentes de alimentación (bombas y depósitos), componentes de control (válvulas) y actuadores (cilindros o motores hidráulicos). Las características que más nos influirán a la hora de elegir el componente serán la presión máxima que pueden soportar, los litros por minuto a los que puede trabajar y que sean resistentes a los aditivos del tipo de aceite hidráulico con el que trabajaremos. Para el caso específico de la bomba y del motor, una parte importante para la elección de estos, será la velocidad en rpm que pueden alcanzar para alimentar y transmitir, respectivamente.

Los que se adaptaban mejor a nuestras necesidades los detallamos a continuación:

<u>Bomba hidráulica</u>

Modelo: *A2FO (Serie 6X)*

Marca: *Bosch Rexroth*

Tamaño nominal: *10*

Figura 35

<u>Descripción del producto</u>

El A2FO es una bomba fija con grupo rotativo de pistón cónico axial en el eje, y de doblado diseño para transmisiones hidrostáticas en circuitos abiertos. El flujo es proporcional a la velocidad de accionamiento y el desplazamiento. Para las unidades de pistones axiales con diseño de eje doblado, los pistones son dispuestos en diagonal con respecto al eje de accionamiento

En este caso, la bomba hidráulica elegida trabajará con una presión nominal de 400 bar y puede llegar a alcanzar los 38 $^{L}/_{min}$ de aportación de flujo al sistema. La capacidad volumétrica total será de 12 cm^3.

Nominal size				5	10	12
Displacement		V_g	cm³	4.93	10.3	12
Nominal pressure		p_{nom}	bar	315	400	400
Maximum pressure		p_{max}	bar	350	450	450
Max. speed [1)]		n_{nom}	rpm	5600	3150	3150
Flow	at n_{nom}	q_V	l/min	27.6	32	38
Power	at n_{nom} and p_{nom}	P	kW	14.5	22	25
Torque	at p_{nom}	M	Nm	24.7	66	76
Weight (approx.)		m	kg	2.5	6	6

Tabla 2

Motor hidráulico

Modelo: *A2FM (Serie 6)*

Marca: *Bosch Rexroth*

Tamaño nominal: *12*

Figura 36

Descripción del producto

El A2FM es un motor fijo con el grupo cónico axial de pistón rotatorio de eje inclinado diseñado para transmisiones hidrostáticas en circuitos abiertos y cerrados. Para las unidades de pistones axiales con diseño de eje doblado, los pistones están dispuestos en diagonal con respecto a la unidad eje. Los pistones descansan directamente sobre el eje de accionamiento donde generan un par de torsión dependiente de la presión.

Nominal size				5	10	12	16
Displacement		V_g	cm³	4.93	10.3	12	16
Nominal pressure		p_{nom}	bar	315	400	400	400
Maximum pressure		p_{max}	bar	350	450	450	450
Max. speed		n_{nom}	rpm	10000	8000	8000	8000
Inlet flow	at n_{nom}	q_V	l/min	49	82	96	128
Torque	at p_{nom}	M	Nm	24.7	66	76	102
Weight (approx.)		m	kg	2.5	5.4	5.4	5.4

Tabla 3

Para el motor cogeremos la serie 10, que nos aportará un par motor de 66 Nm y podrá trabajar a una presión máxima de 450bar. La velocidad máxima que nos puede aportar será de 8000 rpm.

figura

Cilindro hidráulico

Modelo: CDL2 MF3 (Serie 1X)

Marca: *Bosch Rexroth*

Diámetro del pistón: *50 mm*

Diámetro del vástago: *32 mm*

Carrera máxima: *1000 mm (doble efecto)*

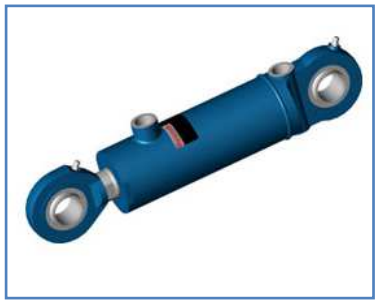


Figura 37

Piston ØAL mm	Piston rod ØMM mm at a nominal pressure of 160 bar	250 bar	Area ratio φ A_1/A_3	Areas Piston A_1 cm²	Ring A_3 cm²	Force generated by pressure 1) F_1 kN at a nominal pressure of 160 bar	250 bar	Traction force 1) F_3 kN at a nominal pressure of 160 bar	250 bar	Flow at 0.1 m/s 2) Off q_{V1} l/min	On q_{V3} l/min	Max. available stroke length mm
50	28	–	1,46	19,63	13,47	31,40	–	21,55	–	11,78	8,08	1200
	–	32	1,69		11,59	–	49,06	–	28,97		6,95	

Tabla 4

Descripción del producto

Encontramos en el CDL2 un cilindro hidráulico de doble efecto de vástago simple con doble rotula (en vástago y en sujeción), con una gran resistencia al pandeo, perfecta para trabajar en ángulos variables durante el recorrido.

Filtro

Modelo: *Serie HPV 650-150*

Marca: *EATON*

Descripción del producto

Figura 38

Nos encontramos ante un filtro de aceite hidráulico y de lubricación con una alta estabilidad intrínseca y una capacidad de filtración excelente, una alta capacidad de retención de suciedad y una vida de servicio larga. Estos filtros son adecuados para todos los fluidos a base de petróleo, HW-emulsiones, fluidos hidráulicos más sintéticos y aceites de lubricación.

Válvula regulador de presión

Modelo: *mando directo DBD*

Marca: *Bosch Rexroth*

Tamaño nominal: *6*

Figura 39

Tamaño nominal			6	8
Presión de servicio	p_{max}	bar	400	400
Caudal	$q_{V\,max}$	l/min	50	120

Tabla 5

Descripción del producto

La válvula tipo DBD es una válvula limitadora de presión de mando directo de construcción por asiento. Se utiliza para limitar la presión de un sistema (presión de

entrada) a un valor máximo predeterminado. Si se alcanza el valor máximo ajustado, la válvula limitadora de presión conduce al caudal excedente de vuelta al tanque.

Válvula reguladora caudal

Modelo: *2FRM 6*

Marca: *Bosch Rexroth*

Tamaño nominal: *6*

Figura 40

Descripción del producto

La válvula tipo 2FRM es una válvula reguladora de caudal de 2 vías, con accionamiento mecánico. Su función es mantener constante un caudal independientemente de la presión y la temperatura.
Para conseguir un caudal regulado a través de la válvula en ambas direcciones, existe la posibilidad de montar una placa intermedia rectificadora tipo Z4S debajo de la válvula reguladora de caudal.

Tamaño nominal			6
Presión de servicio	p_{max}	bar	315
Caudal	$q_{V\,max}$	l/min	32

Tabla 6

Válvula direccional

Modelo: RS 22340/10

Marca: *Bosch Rexroth*

Tamaño nominal: *10*

Figura 41

Descripción del producto

Válvula direccional de asiento, de mando directo, con accionamiento mecánico, manual, neumático o hidráulico, con conmutaciones seguras aún en caso de tiempos de parada prolongados bajo presión. Accionamiento manual con palanca.

Tamaño nominal			10	6
Presión de servicio	p_{max}	bar	420/630	420/630
Caudal	q_{Vmax}	l/min	40	25

Tabla 7

Válvula antiretorno

Modelo: *rs21548*

Marca: *Bosch Rexroth*

Tamaño nominal: *6*

Figura 42

Descripción del producto

La válvula tipo Z2S es una válvula anti-retorno desbloqueable hidráulicamente de construcción de placa intermedia. Sirve para el bloqueo libre de fugas de una o dos conexiones a consumidores, también para largos tiempos de paradas.
Mediante la construcción en dos etapas con gran relación de superficies de mando se puede descargar con seguridad incluso con presiones de mando bajas.

Refrigerador de aceite

Modelo: *Serie OK-ELD*

Marca: *HYDAC*

Rango de potencia: *2-34KW*

Motor: *DC en 12 /24 V*

Figura 43

Descripción del producto

Estos refrigeradores se han desarrollado especialmente para sistemas hidráulicos móviles en los cuales se requieren elevadas prestaciones en espacios muy pequeños con una instalación sencilla.
Las aplicaciones típicas son grúas móviles, bombas de cemento, taladradoras, máquinas de mantenimiento de carreteras, máquinas de construcción y máquinas agrícolas.

Depósito aceite

Modelo: *Depósito tipo pared*

Marca: *J.Cortes*

Capacidad: 80 L

Figura 44

Descripción del producto

Fabricados en chapa de hierro, con capacidades desde 30 a 80L. Disponen de pletinas soldadas para ser fijados al chasis. Equipados con tapón de llenado, nivel visivo y toma de aspiración de 1 ¼.

Filtro de aspiración

Modelo: *SF*

Marca: *HYDAC*

Conexión: *G 1 ¼*

Figura 45

Descripción del producto

Las carcasas de los filtros están diseñados de conformidad con las normas internacionales reglamentos. Los filtros consisten en SF una caja de filtro y una tapa atornillada plato.

Manguera

Modelo**:** *1 TE SAE 100 R-19 EN 854*

Marca: *HYDAC*

Diámetro: *30 mm*

Longitud: *6.2 m*

Figura 46

Descripción del producto

Tubo interior de caucho acrilonitrilo. Refuerzo textil. Cubierta exterior resistente a la abrasión y a los agentes atmosféricos. Ligera y flexible. Eliminación de las vibraciones en las líneas hidráulicas.

Aceite hidráulico

Modelo**:** *Aceite hidráulico HV*

Marca: *TOTAL*

Normativa ambiental: *ISO 6743/4 HV*

Volumen total:

Figura 47

Descripción del producto

Cualquier sistema hidráulico en condiciones de altas presiones y temperaturas. Lubricante especialmente adaptado para maquinaria expuesta a la intemperie, fácil arranque a muy baja temperatura (-30ºC) y funcionamiento regular en cualquier estación del año. Maquinaria de obras públicas, de canteras, etc…

Enrollador de manguera

Modelo**:** C-LP-325-325-BGX

Marca: *Crireels*

Descripción del producto

Enrolladores impulsados con muelle con combinación de dos carretes de manguera en un conjunto compacto.

Figura 48

3.5 Sistema de carga y descarga

En este apartado, vamos a ver cómo funciona el sistema de descarga de la biotrituradora. Aunque el conjunto podría funcionar perfectamente cargado encima del todoterreno, ya que los componentes del sistema hidráulico podrían trabajar en cualquier situación, será más cómodo para el personal poder hacerlo con la astilladora en el suelo.

Este sistema consiste en un cilindro que dará movimiento a un pequeño mecanismo mecánico que permitirá bajar la trituradora hasta el nivel del suelo y, posteriormente, volverla a cargar sobre el vehículo.

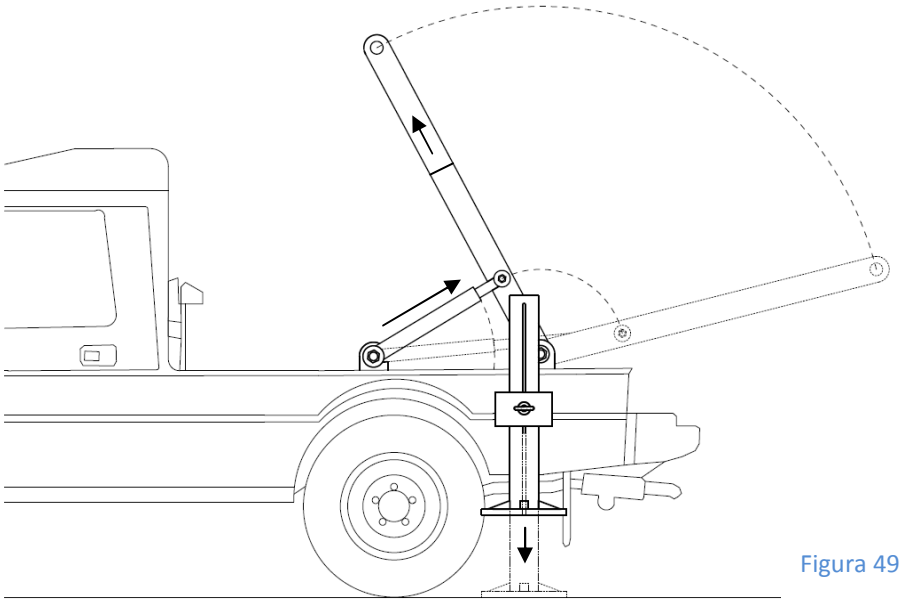


Figura 49

Este mecanismo consta de dos barras laterales de acero unidas por un travesaño cilíndrico. A su vez, estas barras estarán unidas al chasis de la caja de carga del todoterreno con dos anclajes que permiten el movimiento rotacional sobre ellos.

Por exigencias del diseño, los soportes laterales del mecanismo, serán regulables para evitar una longitud excesiva durante el transporte. Se utilizara su longitud total solamente en el proceso de carga y descarga de la trituradora.

Como vemos en la Figura 51 el sistema de descarga tendrá el soporte de dos pilares traseros que en caso de necesidad, se podrán bajar manualmente para dar una mayor estabilidad en terrenos con pendiente, impidiendo así posibles balanceos o movimientos bruscos.

La unión entre el mecanismo y la biotrituradora se realizará mediante una cadena fijada a las 4 esquinas del soporte de apoyo de la máquina, y a su vez fijas a las esquinas del travesaño. De esta manera, la biotrituradora quedará en la misma posición respecto al suelo durante todo el movimiento.

En la Figura 52 vemos como queda ensamblado el mecanismo de descarga con la biotrituradora y fijada al vehículo.

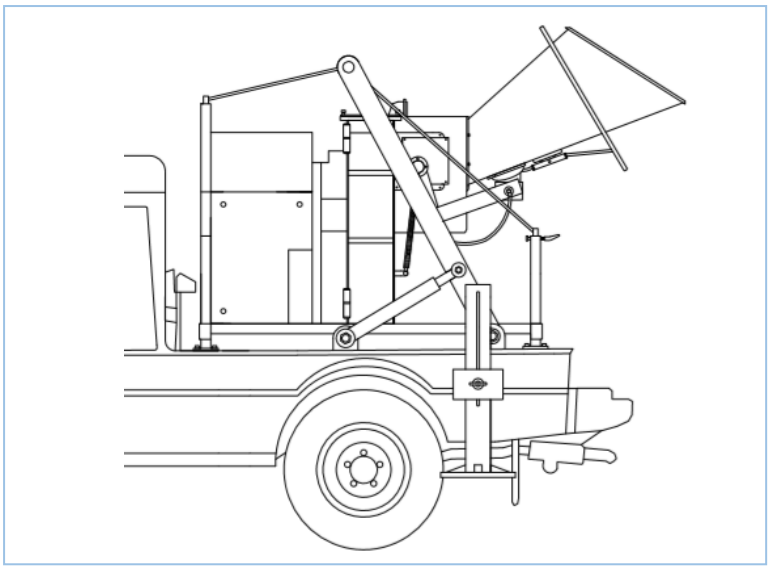


Figura 50

La operación de descarga se realizará por el operador del conjunto. El sistema dispondrá de dos palancas colocadas en el panel de mando en una esquina de la caja de carga. Las dos palancas corresponden a las válvulas direccionales que actuarán sobre el proceso. Más adelante profundizaremos en este punto.

Figura 51

Estas dos palancas tienen funciones claras. La primera dispone el conjunto en posición de *carga/descarga* y en posición de *biotrituradora*. Colocándola en la primera de ellas, actuaremos directamente sobre los cilindros, donde otra palanca más nos permitirá controlar la carga en una posición y la descarga en otra. En cualquier momento si soltamos la palanca, volverá a su condición inicial manteniendo el conjunto estático en esa posición.

Igual que en el caso de la biotrituradora, siempre tendremos que trabajar con el motor en marcha y con el vehículo parado, ya que, como hemos comentado anteriormente, solamente recibirá potencia la toma de fuerza en el caso de tener desembragada la caja de cambios.

4. Cálculos

4.1 Dimensionado de componentes hidráulicos

Para proceder a realizar los cálculos del dimensionado de los componentes del sistema hidráulico, empezaremos por conocer las necesidades del sistema y los valores dados por el fabricante tanto del vehículo como de la biotrituradora.

Biotrituradora

El fabricante nos insiste en la obligación de trabajar por encima de las 570 rpm. Éste es el valor mínimo de trabajo ya que por debajo de este no podremos trabajar con fiabilidad.

Vehículo

Por su parte, en el Land Rover Defender 130, apreciamos, según sus curvas de motor y transmisión, que el menor consumo y con buen rendimiento lo podemos obtener sobre las 750 rpm, con el ralentí del motor. Intentaremos evitar trabajar con unas rpm bajas, aunque eso nos cueste sobredimensionar el sistema, y así poder trabajar sin la necesidad de que un operador apriete el acelerador constantemente. Además, como las tareas se realizarán con el vehículo parada, y consecuentemente montaremos una toma de fuerza que no permite trabajar con el vehículo en movimiento.

En nuestro caso, la toma de fuerza, trabajará sin multiplicación, por lo que tomaremos las mismas rpm que nos ofrece el motor.

Sabiendo que en el caso de la bomba y del motor hidráulico, las relaciones entre las revoluciones por minuto, el volumen y el caudal son las siguientes:

$$Vb \cdot n_b = q_b$$

$$Vm \cdot n_m = q_m$$

Igualando los dos caudales encontraremos la relación de volúmenes de la bomba y el motor hidráulico.

$$\frac{Vb}{Vm} = \frac{n_m}{n_b}$$

Si substituimos los siguientes valores veremos que la relación de volúmenes será igual a:

$$\frac{Vb}{Vm} = \frac{750\,rpm}{570\,rpm} = 1,32$$

Con esta relación, buscamos en el mercado bombas que nos ofrezcan unos valores parecidos o superiores. La marca Bosch Rexroth nos ofrecerá estos componentes con los siguientes volúmenes.

$$V_{motor} = 12\ cm^3$$

$$V_{bomba} = 10\ cm^3$$

Podemos comprobar cómo quedará la relación volumétrica entre componentes:

$$\frac{Vb}{Vm} = \frac{10\ cm^3}{12\ cm^3} = 0,83$$

Con este valor comprobaremos a qué velocidad podrá trabajar el motor hidráulico.

$$\frac{Vb}{Vm} = \frac{n_m}{n_b}$$

$$\frac{10\ cm^3}{12\ cm^3} \cdot 750\ rpm = n_{motor} = 622\ rpm$$

<u>El motor trabajará por encima de las 570 rpm tal y como nos pide el fabricante.</u>

El resto de los componentes, no dependen de factores iniciales, ya que los tendremos que ir incorporando a medida que diseñemos el circuito. Dependiendo de la capacidad de flujo o de su presión máxima, tendremos que dimensionar filtros, válvulas, etc...

En este caso será importante destacar las características principales que tienen tanto el motor como la bomba hidráulica para poder colocar los componentes adecuados:

	Bomba A2FO	**Motor A2FM**
Presión máxima (bar)	450	450
Caudal máximo (L/min)	32	96
Volumen (cm³)	10,3	12

Tabla 8

4.2 Dimensionado del cilindro

En este punto pasaremos a dimensionar el cilindro que actúa sobre el mecanismo de carga y descarga de la biotrituradora. El sistema se puede dividir en dos partes: la fase de carga y la fase de descarga. Como en todos los diseños, pasaremos a calcular la fuerza que tiene que soportar el cilindro en el caso más desfavorable de los dos. Es decir, en la fase que deba realizar más esfuerzo.

En nuestro caso, centraremos nuestros cálculos en la fase de carga por dos motivos; El primero es sin duda el efecto de la gravedad, que será mucho más notorio debido a que tendremos que elevar la máquina para subirla a la caja de carga. El segundo motivo se debe a que tiene un ángulo mayor al iniciar el proceso.

Seguidamente veremos un diagrama de fuerzas que nos permitirá calcular los esfuerzos máximos del sistema:

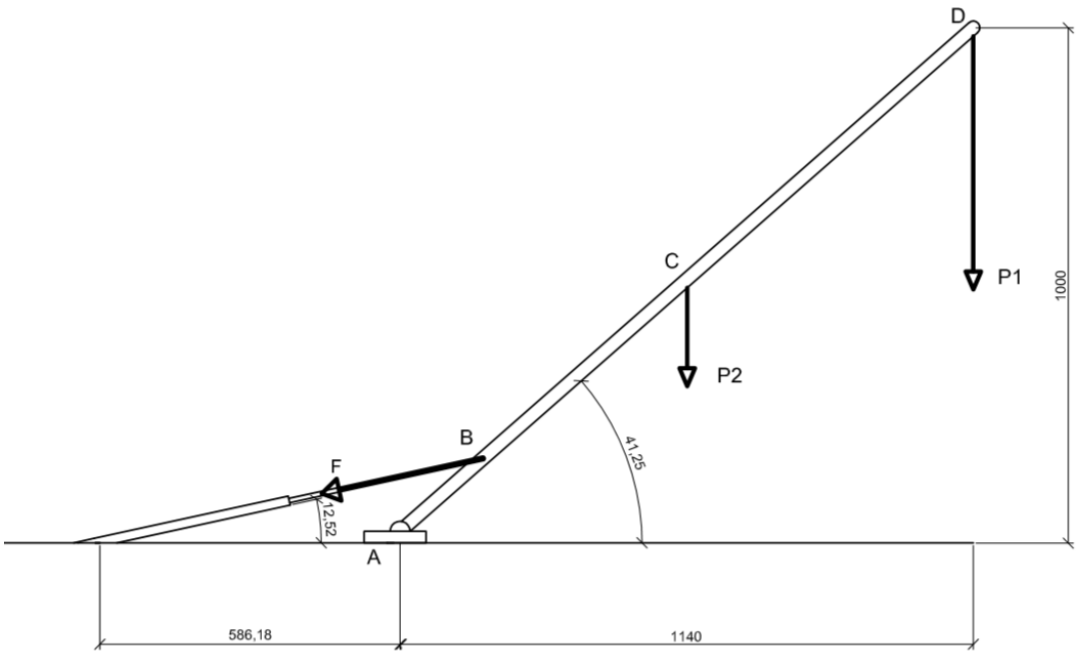


Figura 52

Para este caso, contaremos con las fuerzas P1 y P2:

- P1: Peso de la biotrituradora en N.
- P2: Peso propio del mecanismo en N.

Resolveremos el sistema de la siguiente forma:

$$\sum M_A = Mc + M_D - M_B$$

$$\sum = P_2 \cdot d_{AC} \cdot cos\alpha + P_1 \cdot d_{AD} \cdot cos\alpha - (F \cdot d_{AB} \cdot \cos\alpha) \cdot \cos\beta$$

Si aislamos la fuerza F, encontraremos la fuerza con la que el sistema se encuentra en equilibrio. La fuerza F será:

$$P_2 \cdot d_{AC} \cdot cos\alpha + P_1 \cdot d_{AD} \cdot cos\alpha = (F \cdot d_{AB} \cdot \cos\alpha) \cdot \cos\beta$$

$$F = \frac{P_2 \cdot d_{AC} \cdot cos\alpha + P_1 \cdot d_{AD} \cdot cos\alpha}{(\cos\beta) d_{AB} \cdot \cos\alpha}$$

$$F = \frac{1128N \cdot 0{,}571m \cdot cos\,41{,}25° + 3468N \cdot 0{,}1140m \cdot cos41{,}25°}{(\cos 12{,}52°)0{,}214m \cdot cos41{,}25°}$$

$$F = 21{,}97KN$$

Este resultado nos indica que el mecanismo se moverá con una fuerza superior a **21,97KN.**

Con estos resultados buscaremos un cilindro de doble efecto que actúe como mínimo con esta fuerza. A partir de este punto, buscaremos su carrera, su diámetro y su presión máxima de trabajo. Con este último resultado, diseñaremos la capacidad de los reguladores del sistema para que pueda trabajar a pleno rendimiento.

Otro factor a determinar es la longitud del cilindro. Como vemos en el sistema de fuerzas, la longitud desde el anclaje hasta el punto más lejano de la fijación del vástago es de aproximadamente 1000 mm. Esto significa que para encontrar el cilindro, la carrera más la longitud del cilindro debe ser un poco superior a este, para poder trabajar con una zona de seguridad.

Piston ØAL	Piston rod ØMM mm at a nominal pressure of		Area ratio φ	Areas		Force generated by pressure 1) F_1 kN at a nominal pressure of		Traction force 1) F_3 kN at a nominal pressure of		Flow at 0.1 m/s 2)		Max. available stroke length
				Piston A_1	Ring A_3					Off q_{V1}	On q_{V3}	
mm	160 bar	250 bar	A_1/A_3	cm²	cm²	160 bar	250 bar	160 bar	250 bar	l/min	l/min	mm
25	14	–	1,46	4,91	3,37	7,85	–	5,39	–	2,94	2,02	600
32	18	–	1,46	8,04	5,50	12,86	–	8,79	–	4,82	3,30	800
40	22	–	1,43	12,56	8,76	20,10	–	14,02	–	7,54	5,26	1000
	–	25	1,64		7,65	–	31,40	–	19,13		4,59	
50	28	–	1,46	19,63	13,47	31,40	–	21,55	–	11,78	8,08	1200
	–	32	1,69		11,59	–	49,06	–	28,97		6,95	
63	36	–	1,49	31,16	20,98	49,85	–	33,57	–	18,69	12,59	1400
	–	40	1,68		18,60	–	77,89	–	46,49		11,16	
80	45	–	1,46	50,24	34,34	80,38	–	54,95	–	30,14	20,61	1700
	–	50	1,64		30,62	–	125,60	–	76,54		18,37	
100	56	–	1,46	78,50	53,88	125,60	–	86,21	–	47,10	32,33	2000
	–	63	1,66		47,34	–	196,25	–	118,36		28,41	
125	70	–	1,46	122,66	84,19	196,25	–	134,71	–	73,59	50,51	2300
	–	80	1,69		72,42	–	306,64	–	181,04		43,45	
160	–	100	1,64	200,96	122,46	–	502,40	–	306,15	120,58	73,48	2600
200	–	125	1,64	314,00	191,34	–	785,00	–	478,36	188,40	114,81	3000

Tabla 9

Vemos en la tabla que nos ofrece el fabricante *Bosch Rexroth* que la fuerza el cilindro con la fuerza máxima directamente superior es la que tiene como diámetro de pistón 50mm. Este cilindro nos ofrecerá una fuerza de 28,97 KN. En consiguiente tenemos que para esta fuerza, la longitud máxima de carrera será de 1200mm.

Para calcular su longitud total, nos ayudaremos de este esquema:

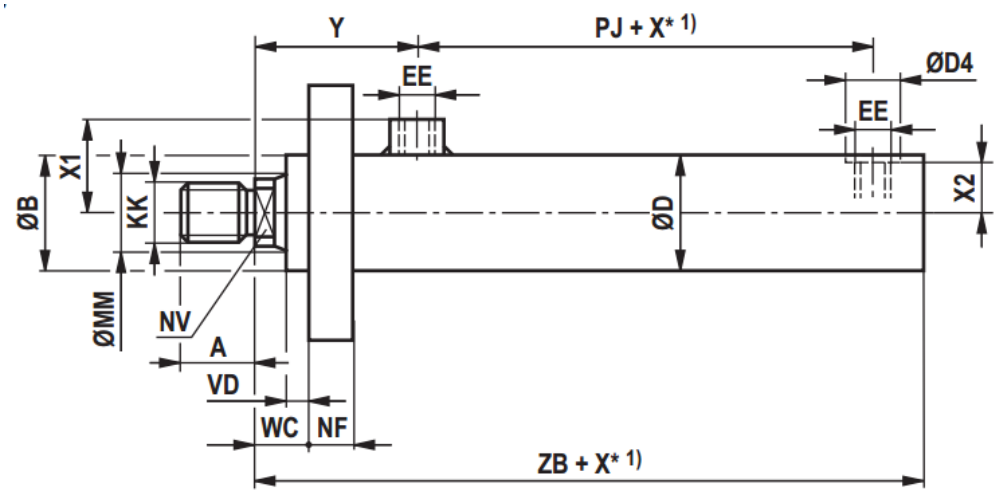


Figura 53

En este esquema vemos las dimensiones del cilindro. Nuestro modelo, que será el MF3, debido a sus diseños para uniones móviles en los extremos, tiene una tabla de valores para poder diseñar las medidas que necesitemos.

Dimensions: Type of mounting MF3
(dimensions in mm)

ØAL	ØMM at a nominal pressure of 160 bar	ØMM at a nominal pressure of 250 bar	KK	A	AB	NV	ØB ±0,3	VD	WC	NF	ØD	Y	PJ
25	14	–	M10	26	21	12	32	6	16	12	32	44	26
32	18	–	M12	28	25	15	40	6	17	12	40	48	31
40	22	–	M16x1,5	22	–	17	50	7	20	14	50	60	50
	–	25	M20x1,5	28	–	19	52	7	22	17	52	72	53
50	28	–	M20x1,5	28	–	22	60	7	20	16	60	62	57
	–	32	M27x2	36	–	27	62	7	22	19	62	77	59
63	36	–	M27x2	36	–	28	75	7	21	20	75	68	71
	–	40	M33x2	45	–	32	78	7	24	22	78	86	71
80	45	–	M33x2	45	–	36	93	7	23	25	95	84	80
	–	50	M42x2	56	–	41	100	10	29	28	100	97	75
100	56	–	M42x2	56	–	46	120	8	26	25	120	90	89
	–	63	M48x2	63	–	50	125 2)	11	30	32	125	106	89
125	70	–	M48x2	63	–	60	150 2)	9	29	32	150	99	97
	–	80	M64x3	85	–	65	160 2)	17	39	35	160	119	102

ØAL	ØMM at a nominal pressure of 160 bar	ØMM at a nominal pressure of 250 bar	EE	ØD4	X1 ±1	X2 ±1	ZB	ØFB H13	ØFC	ØUC max.	Number of mounting bores
25	14	–	G1/8	–	24,5	–	104	6,6	55	68	4
32	18	–	G1/4	–	33	–	116	9	65	78	4
40	22	–	G1/4	23	39	22	124	11	85	108	4
	–	25	G1/4	23	46	23	139	11	92	114	6
50	28	–	G3/8	27	45	27	135	13,5	100	128	4
	–	32	G3/8	27	52	28	151	13,5	106	132	6
63	36	–	G1/2	36	55	33,5	159	17,5	120	148	4
	–	40	G1/2	36	65	35	177	17,5	132	164	6
80	45	–	G1/2	36	65	44,5	185	22	150	188	4
	–	50	G1/2	36	76	47	192	17,5	160	193	8
100	56	–	G3/4	43	80	57	202	22	180	218	4
	–	63	G3/4	43	91	60	218	22	190	230	6
125	70	–	G3/4	43	95	72	221	17,5	200	238	8
	–	80	G3/4	43	109	77	244	22	230	270	8

1) **X*** = stroke length
2) Tolerance: ±0.5

Tabla 10

Sabiendo que la parte que más nos influye en el diseño es la longitud total, buscaremos, tal y como indica el esquema de la Figura 53 el valor sumado de ZB y de X*.

Así pues, nuestra carrera será de **1000mm** que sumados al valor ZB, correspondiente a la parte inmóvil del cilindro, nos dará un total de **1151mm de longitud.**

El último punto a tener en cuenta es la presión máxima que soporta el cilindro. En la Tabla 9 observamos que su límite de presión es de **250bar.**

5. Presupuesto

1) Vehículo

Código	Descripción	UNIDADES	TOTAL
-	Land Rover Defender High Capacity Pick Up 130	1	**32.780,00€**

2) Biotrituradora

Código	Descripción	UNIDADES	TOTAL
-	Biotrituradora Honda BIO 510tdf	1	**8195.00€**

3) Bomba hidráulica

Código	Descripción	UNIDADES	TOTAL
Re41901	Bomba hidráulica A2FO *Bosch Rexroth*	1	**256,55 €**

4) Motor hidráulico

Código	Descripción	UNIDADES	TOTAL
Re91001	Motor hidráulico *A2FM Bosch Rexroth*	1	**248,66€**

5) cilindro hidráulico

Código	Descripción	UNIDADES	TOTAL
re17326	Cilindro hidráulico CDL2 MF3 *Bosch Rexroth*	1	**297,89 €**

6) Válvulas hidráulicas

Código	Descripción	UNIDADES	TOTAL
rs25402	Válvula reguladora de presión DBD *Bosch Rexroth*	1	**31,89€**
re28163	Válvula reguladora de caudal 2FRM *Bosch Rexroth*	2	**44,62€**
rs22340	Válvula direccional de asiento *Bosch Rexroth*	2	**72,51€**
rs21548	Válvula antirretorno *Bosch Rexroth*	1	**19,46 €**

7) Filtros

Código	Descripción	UNIDADES	TOTAL
102511	Filtro HPV 650-150 *EATON*	1	**25,90€**
Ref25.36690	Filtro de aspiración G 1 ¼ *HYDAC*	1	**19.00 €**

8) Depósito

Código	Descripción	UNIDADES	TOTAL
05110804022	Depósito 80L *J.Cortes*	1	**179,90 €**

9) Conjunto Refrigerador

Código	Descripción	UNIDADES	TOTAL
3083370	Intercambiador de calor OK-ELD 2 *HYDAC*	1	**315,25 €**

10) Mangueras

Código	Descripción	UNIDADES	TOTAL
TESAE100R-19	Manguera D30mm *Damia Ribas*	10m	**90€**

11) Aceite Hidráulico

Código	Descripción	UNIDADES	TOTAL
hv2563-2	Aceite hidráulico HV *TOTAL*	2x45kg	**221.50 €**

12) Enrollador mangueras

Código	Descripción	UNIDADES	TOTAL
ClP-250 BGX	Enrollador de mangueras 2 vias *CRIREELS*	1	**109 €**

13)Mecanísmo descarga

Código	Descripción	UNIDADES	TOTAL
-	Soportes laterales Fundición G1800	2	**356€**
-	Eje central Fundición G1800	1	**98€**
-	Cadenas soporte con protección exterior	4m	**38€**

14) Apoyos traseros

Código	Descripción	UNIDADES	TOTAL
-	Pilares fundición G1800	2	**656€**
-	Soportes Pilares	2	**170€**

Presupuestos parciales

Una vez listados los componentes con su referencia y precio en el mercado, podemos ver el peso de cada parte. Por un lado los componentes de soporte del sistema, como son el vehículo y la biotrituradora y por el otro tendremos el valor de la suma de todos los componentes añadidos en nuestro diseño.

Componentes diseño hidráulico y mecanismos de descarga*	**3250,13 €**

*Precios con IVA y gastos de envío incluidos.

El precio total del proyecto ascenderá a:

Componentes diseño hidráulico y mecanismos de descarga	**3250,13 €**
Land Rover Defender High Capacity Pick Up 130	**32.780,00€**
Biotrituradora Honda BIO 510tdf	**8195.00€**
TOTAL	**44.225,13 €**

6. Bibliografía

- Exner, H., Freitag, R., Geis, H. *Fundamentos y componentes de la oleohidráulica Compendido 1*. 2ª edición. Alemania , Mannesmann Rexorth GmbH, 1991. ISBN 3-8023-0266-4.

- *Tomas de fuerza y tomas hidráulicas* [en línea] Volvo, 2007. Áreas de aplicación Guía de cálculo [Consulta: 1 Octubre 2015]. Disponible en: http://productinfo.vtc.volvo.se/files/pdf/lo/Power%20Take-off%20(PTO)_Spa_08_580117.pdf

- *Prevención laboral forestal* [en línea] Ministerio de medio ambiente, 2008. Forestal [Consulta: 5 Octubre 2015]. Disponible en: http://www.prevencionlaboral.org/guias-forestal.html

- *Energías renovadas* [en línea] Ana Isan, 2013. Biomasa forestal Guía de cálculo [Consulta: 10 Setiembre 2015]. Disponible en: http://energiasrenovadas.com/es-biomasa-forestal/

- *Las máquinas agrícolas y su aplicación* [en linea], Jaime Ortiz-Cañavate, Instituto Nacional de Investigaciones AgrariaMundi-Prensa Libros, 2003 [Consulta: 5 Setiembre 2015].Disponible en: http://www.mundiprensa.com/catalogo/9788484764311/las-maquinas-agricolas-y-su-aplicacion

- *Máquinas biotrituradoras* [en línea], Infojardín,2015 [Consulta 10 octubre 2015]. Disponible en: http://articulos.infojardin.com/boletin/1-jardineria-general/maquinas-biotrituradoras.htm

- *Características de un coche todoterreno* [En línea], Taller Virtual, 2010 [Consulta: 28 setiembre2015]. Disponible en: http://www.actualidadmotor.com/caracteristicas-de-un-coche-todoterreno/

- *Todo terreno* [En línea], Motor Guia, 2011 [Consulta: 29 Setiembre 2015]. Disponible en: http://diccionario.motorgiga.com/diccionario/todo-terreno-definicion-significado/gmx-niv15-con195733.htm

- Exner, H., Freitag, R., Geis, H. *Fundamentos y componentes de la oleohidráulica Compendido 3*. 2ª edición. Alemania , Mannesmann Rexorth GmbH, 1991. ISBN 3-8023-0266-4.

- *Clasificación de la biomasa*, en *Tratamiento y valorización energética de residuos*. Castells, Xavier Elías; Cadavid, Carlos (2005). Ediciones Díaz de Santos. ISBN 978-84-7978-694-6.

- L. López Andres, *Manual de hidráulica,* Universitat d'Alacant, 1997. ISBN 978-84790803204

- Osvaldo Ceballos K, Manual de oleohidráulica Industrial, Editorial Blume, Barcelona 2ª Edición, 1984 ISBN 84-7031-537-4

- *Cilindros Hidráulicos*, Manual de instrucciones y manenimiento[En línea], LARZEP Hydraulics [Consulta: 12 Octubre 2015] Disponible en: http://www.larzep.com/es/info/instrucciones/cilindros/instrucciones-v01.13