

DESARROLLO DE MÁQUINA PARA LA APLICACIÓN LOCALIZADA DE CEBO RODENTICIDA EN PARCELAS AGRÍCOLAS.

Mariano Vidal

Antonio Boné

Francisco Javier García

Hugo Malón

Rubén Villacampa

Escuela Politécnica Superior de Huesca (Universidad de Zaragoza)

Abstract

One of the methods of fight against the plague of Mediterranean pocket gophers (*microtus duodecimcostatus*) is the application located of a rodenticide under the plot surface. For this goal, a machine has been developed. The machine can apply two types of rodenticide: maize impregnated in an active product and a commercial granulated rodenticide.

The machine consists of: a seed tank of 35 l, a seed meter, a seed drill furrow opener, and a metallic roller. All these elements are assembled in a metallic chassis. The seed meter, of mechanical type, allows to incorporate the rodenticide under the surface at depths between 6 and 26 cm. The metallic roller two functions: driving the seed meter and closing the furrow opened by the furrow opener. The chassis has been designed using hollow square beams of steel St52 to be adapted to the tractor (machine suspended to the third point).

Keywords: *rodenticide; implement; roller; grating*

Resumen

Uno de los métodos de lucha contra la plaga de topillo mediterráneo (*microtus duodecimcostatus*) es la aplicación localizada de un cebo rodenticida bajo la superficie del terreno. Para realizar esta labor de forma mecanizada se ha desarrollado una máquina para la aplicación localizada del producto. Esta máquina está preparada para aplicar dos tipos de cebo: maíz impregnado en el producto activo y un gránulo fabricado ya con la materia activa.

La máquina consta de los siguientes conjuntos: depósito de cebo, sistema dosificador, sistema localizador y chasis. En el depósito, de 35 litros de capacidad, se almacena el producto a localizar durante el trabajo. El sistema dosificador, de tipo mecánico, permite incorporar al terreno el cebo a unas distancias desde 6 a 26 cm. entre semillas o pelet.

Por parte del sistema localizador se ha dispuesto un disco abresurcos opcional, una reja y un rodillo metálico que tiene como misión compactar el terreno levantado por la reja localizadora, controlar la profundidad y transmitir el movimiento de rotación al sistema dosificador. En cuanto al chasis se ha diseñado utilizando perfiles huecos cuadrados de acero St 52, para adaptarse al tractor agrícola a través de su sistema tripuntal (máquina suspendida al tercer punto).

Palabras clave: *rodenticida; apero; rodillo; reja*

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los factores a controlar más importante a la hora de valorar la rentabilidad de una explotación agrícola es, sin duda, las plagas ante las que se ven amenazados los vegetales de la explotación. La existencia de alguna de estas plagas sobre los cultivos hace disminuir notablemente la producción del cultivo, o incluso puede matar al mismo. Si estos insectos, hongos, u otras hierbas que compiten con la productora (malas hierbas) son el sujeto de la plaga, su eliminación o minoración se realiza de forma más bien sencilla, mediante la aplicación de productos denominados fitosanitarios sobre la superficie de la hoja del cultivo o bien sobre la superficie del terreno. Si la plaga amenaza al cultivo desde el interior del terreno o subsuelo, su eliminación se complica, tanto por la forma física de aplicarla, como por determinar la zona superficial del cultivo en la que afectará con mayor intensidad. El número y virulencia de estas plagas depende de muchos factores, pero uno de ellos es el tipo de manejo, o labores agrícolas, que se realizan para que el cultivo productivo dé el mayor rendimiento posible.

En concreto, en aquellos cultivos en sistema de regadío, se comenzaron a trabajar utilizando la técnica del riego a manta o por inundación. Este sistema hacía que las plagas que afectaban al cultivo desde el interior del terreno se ahogaran al llegarles la lámina de agua del riego, o en el mejor de los casos para ellas, huyeran a parcelas limítrofes, en las que en muchos casos no se practicaba el sistema de regadío. El desarrollo de nuevas tecnologías en sistemas de regadío hizo evolucionar de los sistemas de riego por inundación a los nuevos de riego a presión, bien sea por aspersión, para cultivos herbáceos, o bien por goteo para cultivos arbóreos.

Una de las consecuencias que ha tenido este cambio de tendencia hacia los sistemas de presión, además de la obtención de un mayor rendimiento económico, es la pérdida del efecto que tenía la inundación de la parcela sobre la plaga que habitaba bajo la superficie del terreno. En superficies cultivadas de especies herbáceas está claro el efecto que hacía la inundación sobre estas plagas. En el caso de las plantaciones arbóreas, a esto se le suma el factor del mantenimiento de cubierta vegetal en las calles de la plantación, con lo que tampoco se destruye físicamente el medio donde se desarrollan estas plagas, por medio de la arada, pues se realiza una siega de las plantas que crecen en esta parte de la plantación, en vez de arar estas calles para eliminarlas. Este cambio de tendencias en las labores agrícolas, de riego a presión y mantenimiento de cubierta vegetal en las calles de las plantaciones de árboles, ha hecho prosperar la plaga de topos de forma generalizada en aquellas regiones que disponen de grandes superficies con estos sistemas de manejo del cultivo. Como es sabido los topos construyen su medio de vida bajo la superficie del terreno, excavando galerías más o menos largas y profundas, en función de la especie y necesidades de alimento o tipo de suelo. Por otra parte unas especies de topo salen a la superficie de la parcela para alimentarse de forma continua, sin embargo existen otras especies que su forma de vida es siempre bajo tierra, saliendo esporádicamente a la superficie. Para el primer caso, la forma de combatir esta plaga es mediante la distribución de un rodenticida autorizado en la superficie del terreno a la dosis correcta. En el caso de especies que no salen a la superficie, este rodenticida hay que suministrarlo al topo bajo tierra. Una de las formas más habituales es individualmente en las bocas de las toperas, colocando en ese lugar el producto en forma de pastillas. Otro medio de lucha contra esta plaga es la aplicación de detonaciones controladas en las toperas, de forma que los topos fallecen por la onda expansiva producida bajo el terreno, sin embargo, en ambos casos, si la superficie a tratar es de gran tamaño, resultan poco prácticos pues son métodos de lucha manuales y por lo tanto de poca capacidad de trabajo. Otros medios de defensa son la instalación de barreras físicas, o la colocación de trampas, todos ellos conllevan gran volumen de mano de obra.

En el caso de la zona del Valle de Ebro el tipo de roedor que amenaza a los cultivos es el topillo mediterráneo (*Microtus duodecimcostatus*), (fig 1.) con una densidad media estimada de alrededor de 100 ejemplares por hectárea cultivada. Por desarrollar gran parte de su vida bajo la superficie del terreno, tiene pocos depredadores que puedan amenazarlo, y por lo tanto, para su control en grandes superficies cultivadas se basa en la aplicación de cebo rodenticida.

Las características físicas de este roedor son:

**Figura 1. Topillo Mediterráneo
(*Microtus duodecimcostatus*)**

Longitud: de 9 a 11 cm.

Ojos: pequeños

Cola: 3 cm.

Orejas: pequeñas, escondidas entre el pelaje

Color: claro, entre grisáceo y marrón

Peso: de 19 a 32 g.



Es un roedor vegetariano que se alimenta fundamentalmente de raíces de leguminosas, herbáceos y cortezas tiernas de árboles (Gimeno, Perdiguier & Barrios, 2001). Para alimentarse y también para realizar las galerías subterráneas utiliza sus incisivos.

Con la finalidad de solucionar este problema se comenzó a trabajar en este proyecto de diseño de una máquina de aplicación localizada de cebo rodenticida en parcelas agrícolas.

2. IDEA PRELIMINAR DE LA MÁQUINA

Conociendo las características de este roedor, se comenzó por determinar los cebos rodenticidas con los que se podía actuar y posteriormente diseñar el medio de aplicación en parcela, teniendo en cuenta los siguientes factores o condicionantes:

- Como cebo más utilizado se escogió un producto anticoagulante como la Bromadiolona, con la que se impregnaban semillas apetitosas para el topillo mediterráneo como maíz y pipas de girasol. Este cebo había que aplicarlo a una cierta profundidad (entre 12 y 15 cm) bajo la superficie del terreno, debiendo de quedar en contacto íntimo con el mismo, pues el topillo mediterráneo no accede a galerías no excavadas por él mismo, y por lo tanto no es válida la aplicación con arado "topo". Así mismo, la cantidad de cebo aplicada debe de ser variable, en función de la separación entre líneas de aplicación que el aplicador decida realizar.
- Por otra parte, el tratamiento se realiza en los cultivos herbáceos (p. e. alfalfa) estando éste en explotación, por lo tanto no se debe destruir la planitud superficial de la parcela, pues en caso contrario dificultaría las posteriores labores de recolección mediante siega y carga del forraje. Para evitar la destrucción de las plantas de cultivo con el rodillo, se realiza la aplicación del cebo en las jornadas posteriores a la siega del cultivo y además se instala opcionalmente un abre surco de corte (disco) y no de arranque. Lo mismo ocurre en plantaciones arbóreas, pues la ejecución de un surco

para localizar el cebo dejando un relieve superficial, haría más difícil el manejo de otras máquinas, como los recolectores vibradores de troncos o ramas, o las plataformas de recogida de fruta.

- Es necesario tener en cuenta, a su vez, que las toperas en las plantaciones arbóreas se encuentran en las proximidades de la línea de árboles, pues allí es donde el topo encuentra terreno más fresco y húmedo, además de llegar con mayor facilidad a las raíces de los árboles para alimentarse. Esto hace que la localización del cebo se deba realizar en estos casos de forma excéntrica con el plano medio del tractor, evitando de esta forma que éste toque y rompa ramas de los árboles.
- Respecto al cebo rodenticida, con el asesoramiento del Centro de Protección Vegetal del Departamento de Agricultura y Alimentación del Gobierno de Aragón, si nos ceñimos a la impregnación del anticoagulante con semilla de maíz, por ejemplo, esta mezcla se debe de realizar por parte del agricultor-aplicador, debiendo de prestar la máxima importancia a la protección personal y a la contaminación del medio, evitando fugas del producto. Una alternativa a este método y a la que se debería tender en el futuro, es la utilización del anticoagulante formando parte de un producto comercial proporcionado en forma de pelet (fig. 2.), lo que evita el posterior manejo por parte del agricultor, y se minimizan los riesgos personales y medioambientales derivados de esta manipulación.

Figura 2. Unidades de semilla de pelet (izquierda) y maíz (derecha).

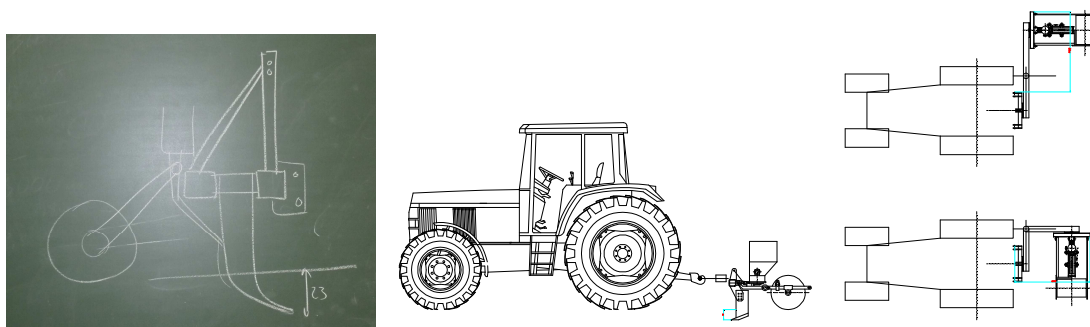


Por todo ello se plantea el desarrollo de una máquina en la que sobre un chasis metálico irán situados una serie de sistemas que permitan una aplicación en las condiciones comentadas con anterioridad:

- Sistema de almacenamiento (tolva o depósito)
- Sistema de dosificación
- Sistema abre surco
- Sistema de cierre o compactación
- Sistema de descentrado o plegado
- Sistema de enganche al tractor agrícola

El primer croquis (fig. 3.) elaborado en el Laboratorio de Maquinaria Agrícola de la escuela Politécnica Superior de Huesca, ya mostraba algunos de estos sistemas. En cuanto al depósito de producto almacenado en la máquina debe ser de sección horizontal variable en altura, con disminución en dirección descendente, adoptando forma de tronco de pirámide o de cono invertido.

Figura 3. Primeros esquemas de la máquina



En cuanto al sistema de dosificación, debe de tener la característica de poder regular la cantidad de cebo que depositamos en el terreno, en función del tipo del mismo y de la longitud recorrida, así mismo, esta cantidad de cebo por unidad de longitud, será dependiente de la distancia entre líneas de aplicación. Ello nos llevó a adoptar un sistema de dosificación proporcional al avance.

Para depositar el cebo en profundidad (de 12 a 15 cm.) se tendrá que prever la instalación de una reja escarificadora de pequeñas dimensiones, con la finalidad de no romper en exceso la tierra, anclada a un brazo rígido, y por la parte posterior del mismo situar la salida del tubo que porta el cebo desde el dosificador.

El sistema de compactación o de cierre del surco abierto por el elemento anterior consistirá de un cilindro metálico hueco que girará sobre dos rodamientos de bolas oscilantes, uno en cada extremo de su eje de giro. Otra función que se asignará a este cilindro es la transmisión del movimiento al disco del sistema dosificador.

Para que la máquina sea capaz de trabajar en plantaciones arbóreas deben situarse los sistemas abre-surco, compactador, dosificador y depósito, descentrados con respecto al tractor, sin embargo para circulación por vía pública es necesario que la anchura de transporte no rebase los 3.00 metros, por lo que se hace necesario disponer de un mecanismo de plegado.

Todos estos sistemas irán unidos al chasis principal de la máquina, así como el sistema de enganche al tripuntal del tractor (dos puntos de unión en la parte inferior y otro en la parte superior, todos ellos mediante rótulas 3d).

3. DISEÑO DE LA MÁQUINA

Todos los elementos de la máquina serán de acero, por ser este un material con buenas características mecánicas, fácil de trabajar y reparar, con elementos estandarizados existentes en el mercado (rodamientos, pasadores, bulones, engrasadores,...), con gran índice de utilización en la fabricación de maquinaria agrícola, y por lo tanto con gran grado de aceptación por parte de los posibles compradores de esta máquina (agricultores, empresas de servicios, cooperativas agrarias,...). El chasis se fabrica con perfil estructural de 100 x 100 en distintos espesores y de 60x60x5 mm.

El depósito se fabricó de chapa de acero de 2 mm. de espesor, conformándolo en frío, para obtener una capacidad de almacenamiento de cebo suficiente para autonomía de 30000 m²

en el caso de distribuir la dosis máxima de 1.2 g/m², lo que resultó ser una capacidad de 0.035 m³ en forma tronco piramidal recto de base mayor rectangular, en la parte superior de 0.6 m. x 0.220 m. y circular la base inferior de 0.22 m de diámetro, para su conexión al disco del sistema dosificador. Así mismo se le dotó de una tapa para evitar pérdidas de producto así como el contacto de éste con el exterior.

En cuanto al sistema de dosificación proporcional al avance, se ha diseñado de forma que el rodillo compactador transmite el movimiento al disco dosificador por medio de una transmisión sin deslizamiento a base de cadenas y piñones de distinto diámetro. Este sistema de transmisión tiene la ventaja frente a uno de poleas y correas de garantizar la rotación del disco dosificador sin patinamientos, y por lo tanto asegurar la dosis de producto aplicada. Por el contrario nos encontramos con el problema de la adhesión de polvo al lubricante utilizado en su mantenimiento periódico, así como el contacto con el agua de lluvia o de limpieza de la máquina, pero este problema es solventado mediante el diseño de las carcasas de protección de estos elementos de transmisión de movimiento, necesarias para el cumplimiento de la directiva máquinas. Estos piñones son intercambiables y por lo tanto podemos conseguir varias velocidades de rotación del disco para una misma velocidad de desplazamiento de la máquina. El disco dosificador gira respecto a un eje vertical, y por su cara interior está en contacto con el producto almacenado en el depósito, tiene un diámetro de 0.21 m. y en su periferia hay practicados 20 orificios de 16 mm. de diámetro, en cada uno de los cuales se introduce una unidad de cebo, que se deja caer en el tubo de salida cuando el orificio coincide con este conducto.

En la transmisión del movimiento desde el rodillo compactador hasta el disco dosificador (fig. 4.) se utilizan 4 piñones, en cuyos ejes podemos elegir la colocación entre dos de 6 dientes, dos de ocho y uno de diez, consiguiendo una serie de 11 combinaciones o rotaciones distintas del disco, a cada una de las cuales les corresponde una distancia entre semillas, según se refleja en la tabla 1.

Llamando A, B, C y D el número de dientes de los piñones instalados, la velocidad de rotación del disco n_d, en función de la de rotación del cilindro compactador n_c es:

$$n_d = n_c \times \frac{A}{B} \times \frac{C}{D} \quad (1)$$

Conociendo el diámetro del cilindro D_c (480 mm.) podemos conocer la distancia entre unidades de cebo depositado S en función del número de orificios N (20) que lleve el disco:

$$S = \frac{\pi \times D_c \times n_c}{n_d \times N} \quad (2)$$

Figura 4. Transmisión de movimiento desde rodillo a disco dosificador.

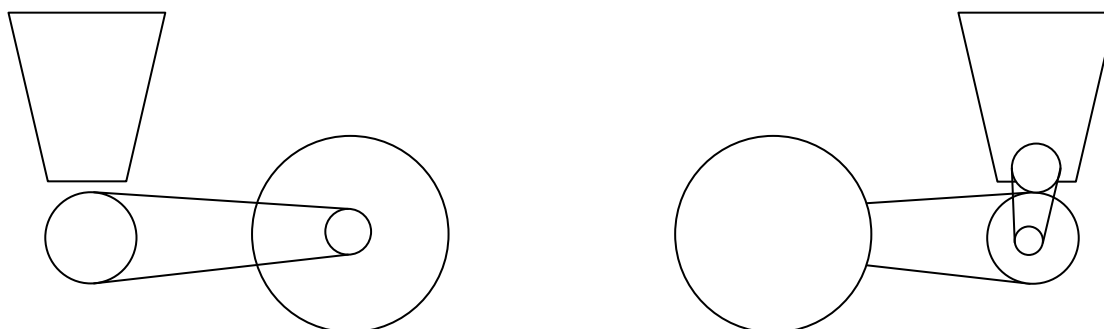


Tabla 1. Distancias entre semillas para distintas combinaciones de piñones

Distancia entre semillas (cm.)										
3.4	4.2	4.5	6.0	7.0	7.5	8.0	9.4	12.5	13.4	16.7
10/6/8/6	8/6/8/6	10/8/8/6	10/6/6/8	8/10/8/6	8/6/6/8	10/8/6/8	8/10/6/6	8/10/6/8	6/8/6/8	6/10/6/8
Combinaciones de piñones, nº de dientes (A/B/C/D)										

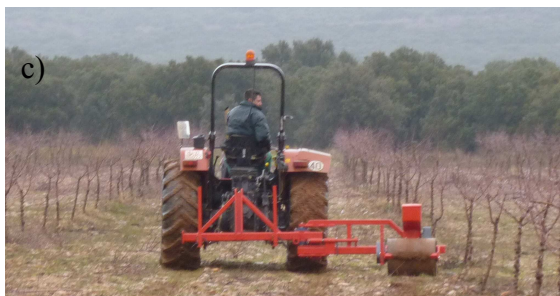
El cilindro se ha diseñado con un diámetro de $D_c = 480$ mm. y una longitud de 600 mm., estando hueco en su interior. Las bases laterales están fabricadas con sendos discos de chapa de 8 mm. logradas por proceso de oxicorte, y soldadas a la virola del cilindro también de chapa de acero de 6 mm. de espesor. Este cilindro gira sobre un eje de acero de 40 mm., en cuyos extremos se han situado dos rodamientos de bolas oscilantes.

La reja del sistema abre-surco es la misma utilizada en equipos de siembra por chorrillo, anclada en este caso a un brazo fijo de acero de 140 mm. x 16 mm. y de 300 mm. de altura. Este brazo va unido al chasis de la máquina mediante sistema de corredera discontinua, conseguida por dos filas de cuatro orificios de 16 mm. colocados cada 30 mm. de tal forma que podemos conseguir profundidades de trabajo de 9, 12, 15 y 18 cm. Por la parte posterior de la reja se sitúa un tubo de material flexible que tiene como misión conducir el cebo desde el dosificador hasta el terreno.

Con la finalidad, comentada en párrafos anteriores de trabajar bajo las copas de los árboles si deteriorar éstos ni el tractor, la reja abre-surcos realiza éste a 2,12 metros desde el plano medio del tractor, hacia la derecha, pues a este lado donde los tractores agrícolas instalan los controles de operación. Para la circulación por vía pública la máquina no debe de sobrepasar los tres metros de anchura, por lo que se ha realizado una articulación en el chasis, que permite el giro en eje vertical, a 800 mm. del plano medio del tractor, ocupando la máquina en posición de trabajo 3320 mm de ancho por 1150 mm. de largo x 1250 mm. de alto y en posición de transporte: 1775 mm de ancho por 1980 m. de largo x 1250 mm. de alto. La máquina así diseñada (fig. 5.) tiene un peso de 4100 N., y se dispondrá unida al tractor por medio de su enganche tripuntal, por lo que será un equipo de los denominados suspendidos al tercer punto. Este tipo de enganche será del tipo 2 (Norma UNE 68006, 1988), apto para tractores de hasta 92 KW de potencia a la toma de fuerza.

Tras la determinación de los sistemas constituyentes de la máquina, se procedió a efectuar su análisis estructural mediante técnicas numéricas basadas en el Método de los Elementos Finitos (MEF), así como la representación gráfica de todos sus componentes, aspecto fundamental para la posterior puesta en fabricación en serie de la máquina.

Figura 5. Detalles de la máquina. a) Conjunto de máquina, b) Depósito, cilindro, reja, transmisión al dosificador, c) Máquina trabajando



El primer paso en el análisis estructural de la máquina ha sido realizar un modelo tridimensional mediante software informático, el cual es el punto de partida en la discretización del modelo para su análisis mediante el MEF, así como la herramienta que proporciona los planos para su fabricación. Las figuras 6 y 7 muestran dos vistas del modelo 3D desarrollado.

Figura 6. Vista frontal del modelo tridimensional de la máquina generado mediante software informático.

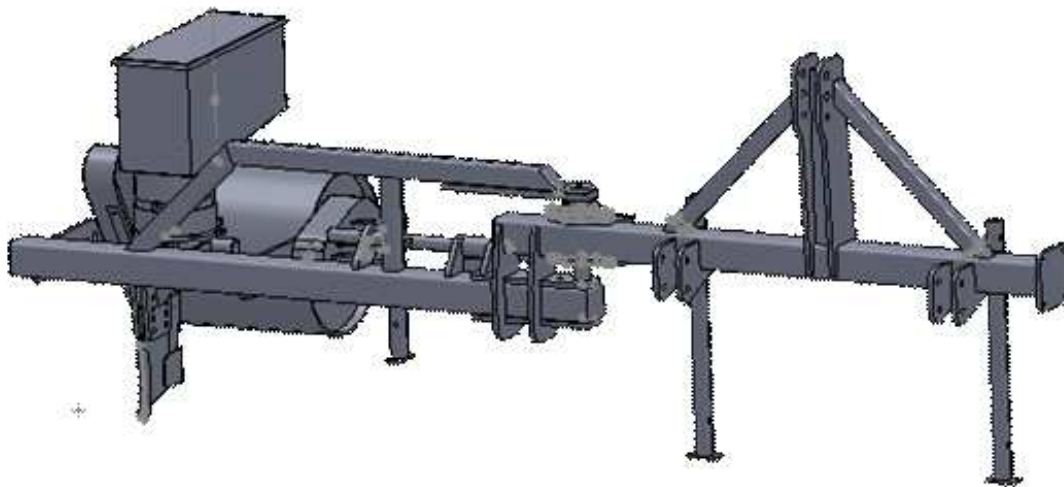
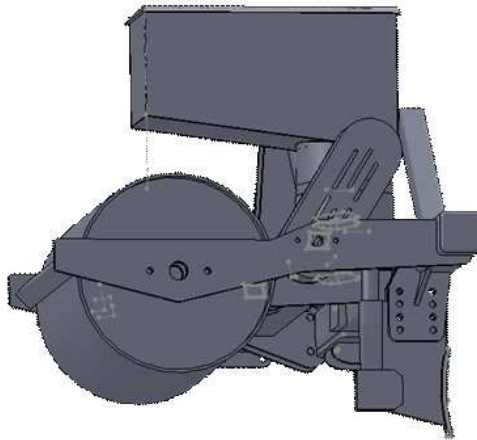


Figura 7. Vista lateral del modelo tridimensional de la máquina generado mediante software informático.



Una vez el modelo tridimensional se ha generado se procede a la discretización de la máquina para su posterior análisis numérico. En este proceso se han empleado elementos tipos Shell en la totalidad de los componentes a excepción del rodillo el cual se ha discretizado como elemento barra de una masa equivalente al modelo real. El material empleado en la totalidad de los componentes es acero St-52, el cual es el seleccionado para la fabricación del prototipo.

El caso de carga a analizar corresponde al uso habitual de esta máquina, siendo arrastrada por un tractor mientras la reja se introduce en el terreno. A fin de reproducir fielmente el ensayo, y tras consultar varias referencias en cuanto a geometría de reja, profundidad y tipo de terreno (Collins & Fowler, 1996), (Darmora, & Pandeyb, 1995), (Deepak, 2001), (Ortiz, 1989) y (Sánchez et al 2005), se introduce una fuerza en la reja de 1500N, valor mayorado con respecto al valor medio de trabajo en condiciones normales, imponiendo como condiciones de contorno la restricción de los desplazamientos en la dirección del trabajo en las tres zonas de unión de la máquina con el tractor.

El modelo de elementos finitos discretizado está formado por 44.665 nodos y 43.399 elementos.

Una vez discretizado el modelo e impuestas las condiciones de contorno y las cargas se procede a la realización del análisis numérico mediante técnicas numéricas basadas en el MEF de la máquina.

Las figuras 8 y 9 muestran una comparativa de la deformada de la máquina ante el caso de carga analizado, con un factor de magnificación de 10. Estas representaciones son muy útiles en el proceso de optimización, debido a que muestran el comportamiento de los componentes de la estructura, y como se deforman según el caso de carga analizado.

Figura 8. Comparativa de la deformada-indeformada de la máquina. Factor de magnificación de 10.

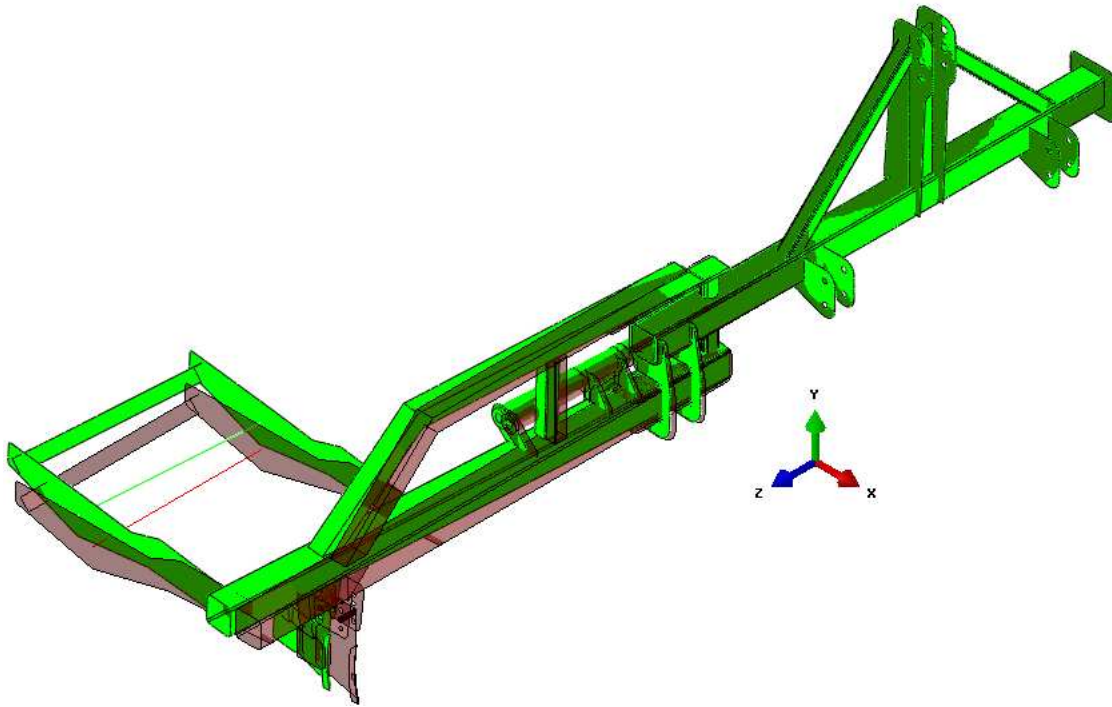
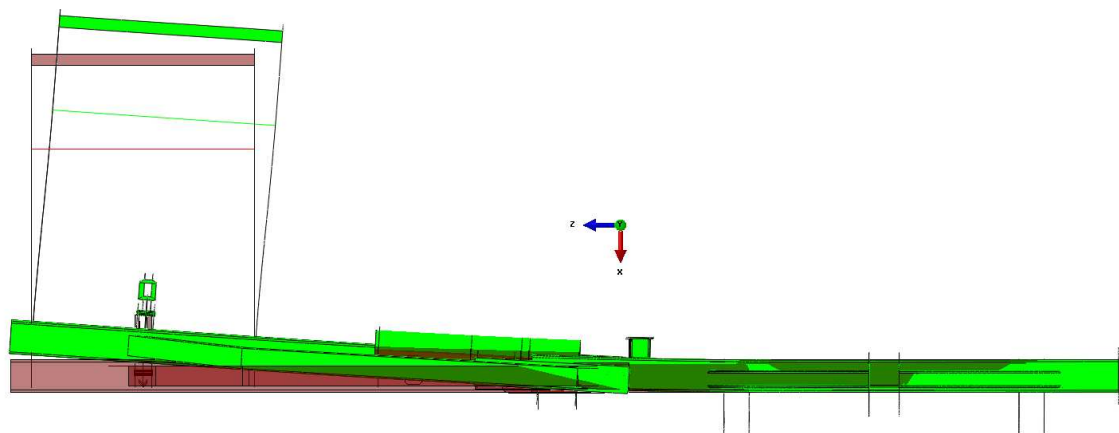


Figura 9. Comparativa de la deformada-indeformada de la máquina. Factor de magnificación de 10.



Analizado el comportamiento de la estructura a partir de la deformada de la misma se procede a análisis de la misma mediante criterios de resistencia y rigidez. Para ello es necesario conocer la distribución de las tensiones de Von Mises (figura 10) y los desplazamientos en la estructura de la maquina respectivamente (figura11).

Figura 10. Tensiones de Von Mises en los componentes de máquina (MPa).

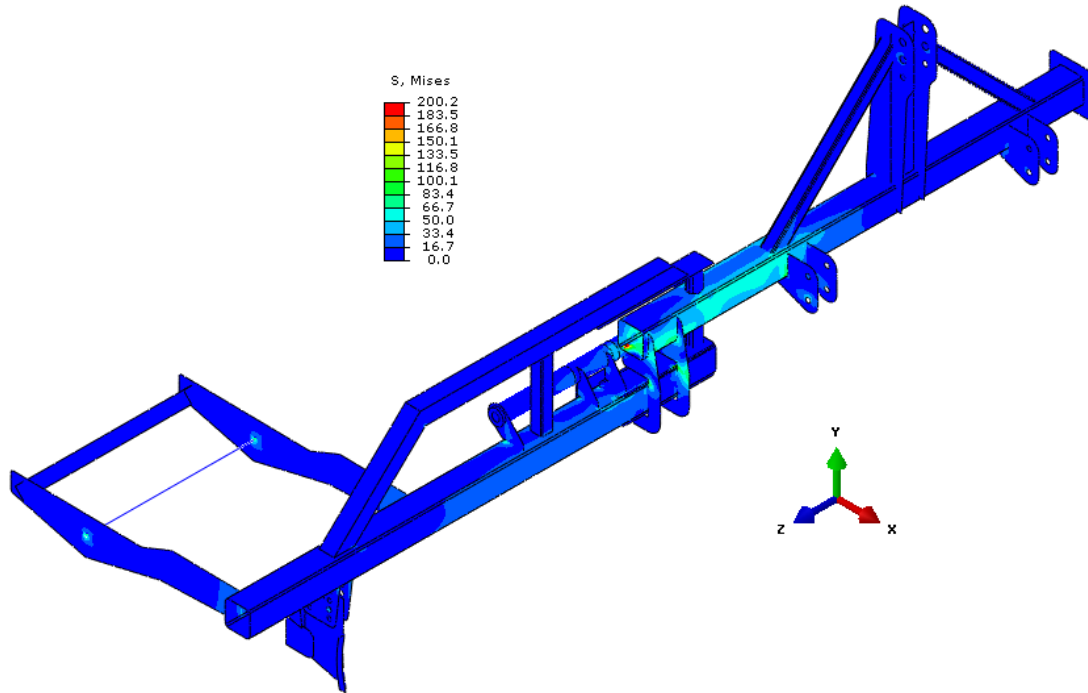
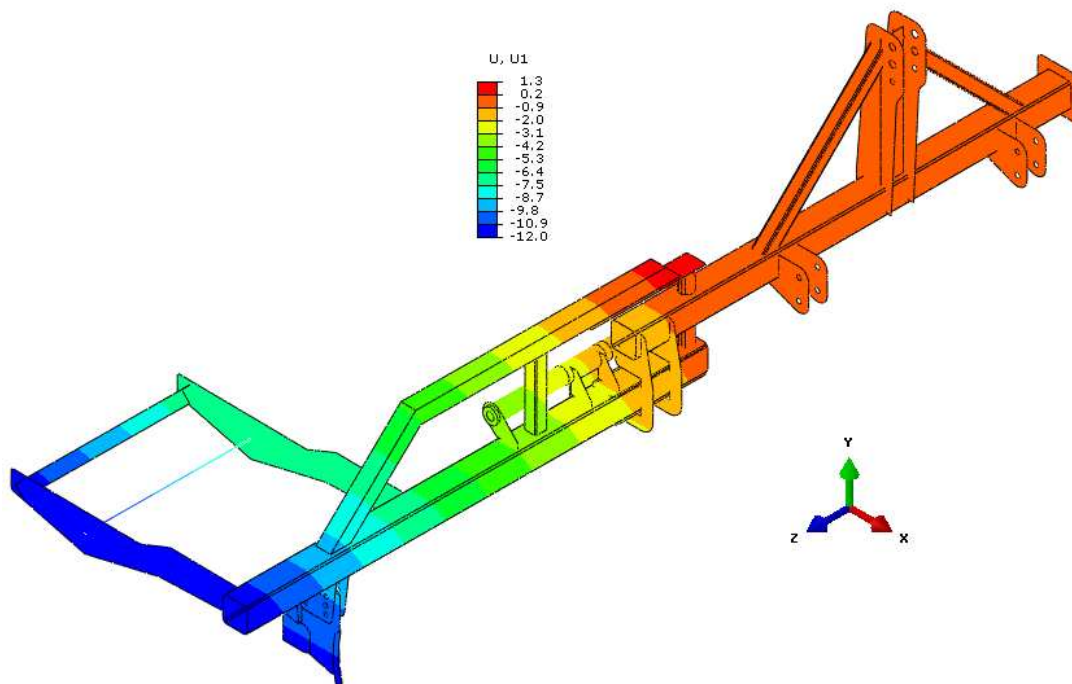


Figura 11. Desplazamientos en la dirección de trabajo en los componentes de máquina (mm).



Con los datos de tensiones y desplazamientos se procede a realizar un proceso de optimización de la máquina, el cual proporciona un modelo óptimo para la estructura resistente de la misma.

En la actualidad el proceso de desarrollo de máquina se encuentra en la fase de validación de los resultados obtenidos mediante técnicas numéricas basadas en el MEF, mediante la realización de ensayos extensométricos en campo. Ésta es una técnica muy extendida y vital en maquinaria agrícola debido a la heterogeneidad del terreno en los que va a trabajar la máquina, velocidades de desplazamiento, potencia del tractor que tira de la máquina,...

De hecho se estima (Gracia, 1992) que el periodo de tiempo desde que surge la idea de la máquina hasta que comienza su fabricación en serie es de 2,5 años, en los cuales, a partir del año 1 (fabricación del prototipo) se realizan pruebas de eficacia de su trabajo y optimización de la máquina desde el punto de vista mecánico. Es en esta etapa en la que nos encontramos en la actualidad, realizando pruebas de dosificación de cebo y determinación experimental mediante extensometría de las tensiones de trabajo de los sistemas y materiales que forman esta máquina.

Una vez concluida esta fase y optimizada la máquina tipo, se podrá comercializar con distintos equipos opcionales que darán lugar a otros tantos modelos de la misma. Así se podrá contar con máquina con un único cuerpo localizador de cebo, o con dos cuerpos; Máquinas con su cuerpo centrado en el tractor o descentrado, en este último caso, con descentrado fijo o variable, y a su vez de plegado manual u oleo-hidráulico. Opcionalmente estará también la oportunidad de incorporarle un sensor de producto aplicado, favoreciendo este sensor la organización de empresas de servicios, pues automáticamente obtendrán la cantidad aplicada en cada parcela y realizar los presupuestos a sus clientes en función de esta cantidad de producto. Para el caso de aplicación de cebo rodenticida en parcelas de alfalfa, o con mucho resto vegetal, se podrá adicionar opcionalmente un disco abre-surco delante de la reja, con la finalidad de que ésta no produzca mucho daño en el cultivo.

4. CONCLUSIONES

Los medios de defensa sanitaria de los cultivos frente al topillo mediterráneo están basados en la actualidad en trabajos manuales que con el diseño de esta máquina se pretenden eliminar, con el objetivo de minorar los riesgos de contaminación ambiental y humana que puede llegar a ocasionar su manejo manual.

La máquina diseñada permite realizar el trabajo a velocidades de hasta 7,5 km/h, con una constitución sencilla en su concepción y en su mantenimiento.

La máquina no tendrá dificultades de entrada en mercado, pues está realizada con materiales que los agricultores están familiarizados con su uso y mantenimiento.

Es fiable mecánicamente, pues las herramientas de cálculo y toma de datos experimentales en campo son las más avanzadas en la actualidad.

Está diseñada para trabajar con tractores de hasta 92 KW de potencia, que recogen los más usados en plantaciones de arbolado y de alfalfa, los dos cultivos más afectados en el Valle del Ebro.

Será una máquina modular, en el sentido de que se podrá adaptar a las necesidades del cliente en cuanto a equipamiento.

Se han iniciado los trámites de solicitud de patente, con fecha de 8 de febrero de 2010, como *Apero aplicador de plaguicida contra topillo mediterráneo*, siendo admitida con nº de solicitud P201030157, y teniendo firmado en la actualidad el equipo investigador un convenio de explotación de la misma con una empresa interesada en ello.

5. REFERENCIAS

- Collins, B.A. & Fowler, D. B. *. (1996). Effect of soil characteristics, seeding depth, operating speed, and opener design on draft force during direct seeding. *Soil & Tillage Research*, 39, 199-211.
- Darmora, D.P. & Pandeyb, K.P. (1995). Evaluation of performance of furrow openers of combined seed and fertiliser drills. *Soil & Tillage Research* 34. 127-139.
- Deepak Chaudhuri. (2001). Performance Evaluation of Various Types of Furrow Openers on Seed Drills*a Review. *J. agric. Engng Res* 79 (2), 125-137.
- Gimeno, F., Perdiguier, A., & G. Barrios.(2001). *El topillo mediterráneo (Microtus duodecimcostatus). Daños en la agricultura causados por vertebrados*. Madrid: Mundi Prensa.
- Gracia López, Carlos (1992). *Introducción a la mecanización agraria*. Valencia: SPUV.
- Norma UNE 68006-88. *Tractores agrícolas de ruedas. Enganches de tres puntos montados en la parte trasera*.
- Ortiz-Cañavate, J.(1989) *Técnica de la Mecanización Agraria*. Madrid : Mundi Prensa.
- Sánchez-Girón, V., Ramírez, J.J., Litago, J.J. & Hernanz, J.L. (2005) Effect of soil compaction and water content on the resulting forces acting on three seed drill furrow openers. *Soil & Tillage Research* 81. 25–37.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto no podría haberse realizado sin la aportación del Centro de Protección Vegetal del Departamento de Agricultura y Alimentación del Gobierno de Aragón, colaborando financieramente y con su personal técnico, y a la empresa AGROPAL, con la que el equipo investigador (autores) del laboratorio de Maquinaria Agrícola de la Escuela Politécnica Superior de Huesca está desarrollando un proyecto de Investigación dentro de la convocatoria de Cheque Tecnológico 2011 con el fin de obtener datos experimentales, monitorizando la máquina en condiciones reales de trabajo.