

## DISEÑO MECÁNICO DE UN PROTOTIPO DE SEMBRADORA DE MAÍZ

### MECHANICAL DESIGN OF A PROTOTYPE CORN SOWER

Salvador Barragán G.<sup>1</sup>    Orlando Ramos H.<sup>1</sup>    Gilberto Villalobos Ll.<sup>1</sup>    Sergio Llamas Z.<sup>1</sup>  
César A. Ortega V.<sup>1</sup>    José M. Garibay C.<sup>1</sup>

Recibido el 17 de octubre de 2005, aceptado el 6 de junio de 2006

*Received: October 17, 2005    Accepted: June 6, 2006*

#### RESUMEN

La agricultura mexicana es un sector estratégico para el desarrollo nacional. El maíz desempeña un papel importante en la industria, ya que se procesa derivando una gran cantidad de productos y subproductos. En la actualidad hay campesinos que siembran en terrenos irregulares como cerros o terrenos de superficie inclinada; este tipo de siembra la mayoría de las veces es agricultura de subsistencia, pero no por eso menos importante que la comercial. La siembra en este tipo de terrenos se realiza por medio de herramientas rústicas debido al difícil acceso de maquinaria moderna y los pocos recursos económicos para conseguirla; este tipo de herramienta representa un gran esfuerzo físico y jornadas muy largas de trabajo para el campesino. En el presente proyecto se propone una máquina para sembrar maíz, la cual evitaría los problemas anteriormente expuestos, además de realizar la actividad en menor tiempo y de manera económica, rentable y segura.

Palabras clave: Prototipo, sembradora, maquinaria agrícola, diseño de máquinas, agricultura mexicana.

#### ABSTRACT

*Mexican agriculture is a strategic sector for national development. Corn has an important role in the industry due to the fact that it is processed into a great variety of products and by-products. There are some agricultural workers that sow in irregular grounds such as hills and sloping surfaces. This kind of sowing is often for their own consumption, but it is not less important than the industrial counterpart. Sowing in this type of grounds is done with rustic tools owing to lack of access to modern equipment, due to its cost and other reasons. The use of rustic tools is hard work and time-consuming for the workers. In this project, a proposal to make this job easier on sloping grounds is presented. This proposal consists of a machine that reduces the physical exertion and time required of the workers, by increasing the sowing speed, making the operation less expensive, safer and more efficient.*

*Keywords: Prototype, sowing machine, agricultural machinery, design of machine, Mexican agriculture.*

#### INTRODUCCIÓN

Por la necesidad de mejorar la calidad de vida laboral del campesino se ha emprendido el diseño de un mecanismo que por sus características físicas pueda satisfacer demandas, como son las de la facilidad para perforar el terreno, de depositar la semilla de maíz a la profundidad necesaria, así como de ser redituable para que la mayoría de los campesinos pueda adquirir la máquina.

El objetivo primordial de este proyecto es hacer más

rápida y sencilla la siembra a mano, por lo que debe ser una máquina ligera, portátil, sencilla en su uso y fácil para su mantenimiento.

#### REQUERIMIENTO DE DISEÑO

Una vez planteada la necesidad, se procedió a definir las características que debe tener la máquina.

Es necesario tomar en cuenta costos, eficiencia, facilidad de construcción y de reparación.

<sup>1</sup> Universidad de Colima, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Coquimatlán; Colima, México, givilla@uclm.mx

En cuanto al factor económico, se debe considerar el valor comercial de las piezas que la componen, si existen en el mercado o se tienen que fabricar; lo más conveniente obviamente es tratar de hacer el diseño sobre la base de piezas y medidas ya estandarizadas, porque esto nos ayudaría considerablemente a disminuir el precio. La sembradora de maíz debe depositar alrededor de tres granos en cada agujero y taladrar 4 pulgadas para que al final el grano quede a una profundidad aproximada de 2 pulgadas. El operador debe poder llenar el depósito de maíz con facilidad y darse cuenta cuando se acaba el grano sin necesidad de desarmar o abrir nada. Por eso es que el depósito debe ser transparente o por lo menos indicar su contenido. Tomando como base todos estos requerimientos, fue como se llevó a cabo este primer prototipo con el que se pretende hacer las pruebas correspondientes a velocidades y potencias necesarias para perforar el suelo y hacer agujeros de por lo menos 4 pulgadas de profundidad por 1½ pulgada de diámetro, así como el de optimizar y disminuir el peso que actualmente tiene este prototipo que es de aproximadamente 22 libras.

Como primera prueba, y debido también al diseño ergonómico, se tomó la potencia y todo el sistema de transmisión de una podadora de pasto o desbrozadora de 2.4 HP y de 9.000 rpm y a base de ella y a modificaciones se hizo este primer prototipo.

### DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO

Sobre la base de las figuras 1, 2 y 3 y de acuerdo al número de referencia asignado a cada una de las partes, detallamos el funcionamiento de la máquina sembradora de maíz.

La figura 1 muestra la vista lateral en sección de la máquina en la que se observan la parte inferior de la desbrozadora, el depósito del grano de maíz (1), el mecanismo dosificador del grano de maíz (2), rodamientos (3), la broca hueca (4), engranes y tuercas (5).

La figura 2 muestra la vista superior de la máquina en donde sobresale la funda de freno (9), ahorcador de freno (10), cable (11), engranes (5), depósito del grano de maíz (1), mecanismo dosificador (2), resorte (8) y la parte inferior de la desbrozadora.

La figura 3 muestra los dos discos que componen el mecanismo dosificador del grano de maíz; un disco móvil con tres agujeros (12) y uno que va fijo y que tiene solo un agujero (13).

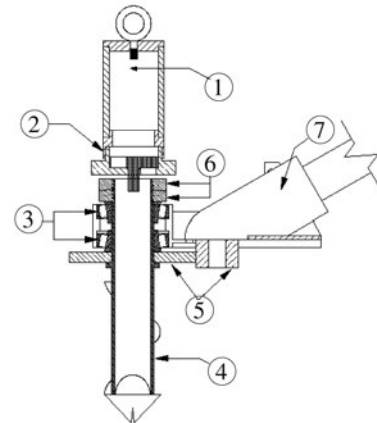


Figura 1. Vista lateral en sección transversal.

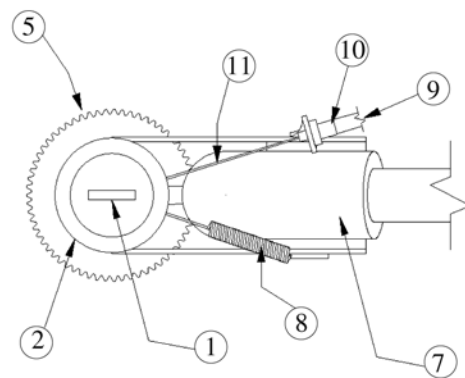


Figura 2. Vista superior.

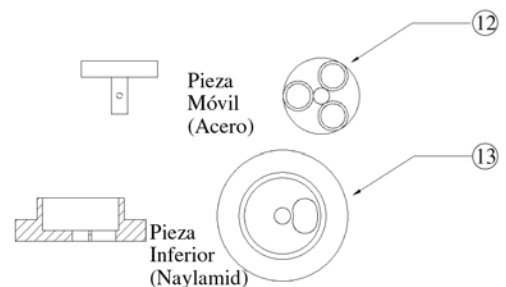


Figura 3. Discos del mecanismo dosificador.

La máquina sembradora de maíz funciona de la siguiente manera: al encender el motor de la desbrozadora (7) este transmite la potencia necesaria para que los engranes (5) empiecen a girar; esto hace que la broca hueca (4) que está en medio del engrane (5) también empiece a girar.

Al empezar a girar la broca hueca (4) y ser puesta en el suelo esta empieza a barrenar. Al estar terminado el agujero accionamos el mecanismo dosificador del grano de maíz (2) para dejarlo caer en el interior del agujero. Los granos de maíz se encuentran en el depósito (1) que es un tubo transparente para poder ver cuando se termina.

El mecanismo dosificador de granos de maíz (2) se trata de una cremallera que se hace girar por medio de un chicote de freno (11) utilizado comúnmente en las bicicletas; al ser accionado el chicote este jala un disco móvil que cuenta con tres agujeros (12), al coincidir las aberturas del disco móvil (12) con la del disco fijo (13) pueden pasar libremente los granos de maíz y son conducidos fácilmente por medio de la broca hueca (4), cayendo los granos en el agujero.

Soltando el freno los discos vuelven a su posición inicial gracias a la acción de un resorte (8) quedando la apertura de un disco separada de la otra obstruyendo el paso del grano de maíz.

Al levantar nuevamente la sembradora los granos de maíz y el agujero coinciden perfectamente, por lo que los granos de maíz no pueden desviarse, ya que sólo hay un camino para llegar al agujero y este camino es por medio de la broca hueca.

Al estar hecho el agujero y los granos de maíz en él, podemos decir que se ha completado un ciclo; entonces podemos empezar a barrenar otro agujero.

### ANÁLISIS DE LA BROCA

La distribución de las fuerzas que actuarían sobre la broca se muestra en la figura 4.

Las fuerzas F1, F3 y F4 son fuerzas que produce un sistema de engranaje montado sobre la broca y F2 a una fuerza radial provocada por un cojinete. Fx y Fy son las reacciones provocadas por el peso de la broca sobre el suelo.

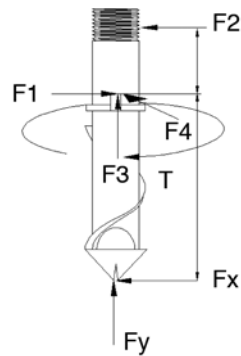


Figura 4. Distribuciones de las fuerzas y torque sobre la broca.

Para obtener el valor de estas fuerzas se hace un análisis estático [2] con sumatorias de fuerzas en el eje x y en el eje y, además, de una suma de momentos en el punto donde se aplica la fuerza F2.

$$\begin{aligned} \sum Fy &= F3 - Fy = 0 \\ \sum Fx &= Fx + F2 - F1 = 0 \\ \sum M_{F2} &= -Fx(6.05 + 2.09) + F1(2.09) = 0 \end{aligned} \tag{1}$$

Las fuerzas F1 y F4 producen un esfuerzo cortante sobre la flecha, por lo que la reacción equivalente sumando las dos fuerzas [2] es:

$$F_{resultante} = \sqrt{F1^2 + F4^2} = F_5 \tag{2}$$

Se puede ver que el lugar más propenso a una falla es donde está aplicada F1. Así que basaremos nuestro cálculo en este punto utilizando el criterio de Goodman a la fatiga para vida finita [1] como se muestra en la ecuación 3.

$$\frac{1}{N} = \frac{S_m}{S_u} + \frac{S_a}{S_n} \tag{3}$$

El diámetro exterior de la broca es de 1½ pulgada que se define por el diámetro del pozo, por lo que nuestro análisis se basará en encontrar el diámetro menor.

Las propiedades geométricas [3] a base del diámetro menor son:

$$A = \frac{\pi}{4}(1.5^2 - d^2), \quad I = \frac{\pi}{64}(1.5^4 - d^4) \quad (4)$$

$$J = \frac{\pi}{32}(1.5^4 - d^4)$$

Las fuerzas que actúan en este punto son:

$$F5, F3, T, M$$

Los esfuerzos cortantes se deben a la acción de  $F_x$  y de  $T$  que provoca un esfuerzo cortante de torsión [1]:

$$\tau_{xy} = k \frac{F_x}{A} \quad (5)$$

$$\tau_{xy} = k \frac{Tc}{J} \quad (6)$$

Donde  $k$  es un factor de concentración de esfuerzo igual en estos dos casos a 1.5 por tratarse como eje con acuerdo de enlace en el resalte [1].

Para  $F_y$  se aplica un esfuerzo de compresión [1]:

$$\sigma_y = k \frac{F}{A} \quad (7)$$

y en este caso  $k$  es igual a 2 [1].

Para  $M$  es un momento de flexión donde  $k$  es igual a 1.85 [1]:

$$\sigma_y = k \frac{Mc}{I} \quad (8)$$

Una vez que se obtienen los esfuerzos se prosigue a sumar los esfuerzos normales y cortantes.

La fórmula para encontrar el esfuerzo equivalente debido a estos esfuerzos es [4]:

$$\sigma_{\max, \min} = \frac{\sigma_y + \sigma_x}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_y + \sigma_x}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \quad (9)$$

El esfuerzo medio [4] es igual a:

$$S_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2} \quad (10)$$

El esfuerzo último [4] del acero es igual a

$$S_u = 58000 \text{ libras / pulgadas}^2$$

El esfuerzo a la fatiga [4] es igual a:

$$S_n = 0.6 \frac{S_u}{2} \quad (11)$$

Sustituyendo los valores correspondientes en la ecuación 3 donde  $N$  es el factor de seguridad que en este caso es igual a 2 resulta una ecuación que tiene 8 posibles soluciones; sin embargo, algunas son complejas o reales negativas. La única solución real positiva y menor que 1.5 es:

$$d = 1.477 \text{ pulgadas}$$

Esto significa que el espesor debe ser igual:

$$t = \frac{D - d}{2} = \frac{1.5 - 1.477}{2} = 0.0112 \text{ pulgadas}$$

Ahora esta medida necesita ser normalizada. La medida más cercana es 1/64 pulgadas, sin embargo, esta medida es muy pequeña como para ser tratada con el torno. El tamaño mínimo que nos recomienda el operador del torno que se puede trabajar es de 1/8 de pulgada. Esto significa que hay que hacerla 8 veces más grande de lo que mecánicamente se necesita. Sin embargo, si se hace la pieza más delgada puede ser que se rompa en la fabricación.

Por lo tanto, el espesor con el que se construirá la broca será:

$$t = \frac{1}{8} \text{ pulgadas}$$

Las dimensiones como el largo de la broca, punta espiral y otras partes de esta se diseñaron empíricamente. Por ejemplo, la máxima distancia que se puede enterrar la broca (5 pulgadas) es más o menos lo que la herramienta rústica se entierra a la hora de hacer el agujero.

La punta que lleva la broca es el resultado de varias pruebas, cambiando los ángulos de filo, el tamaño de las puntas, ángulo de torsión de la punta, etc.

El espiral se vio que ayuda mucho, comparado a cuando no se tiene espiral. Debido a que cuando no se tiene espiral, el agujero sólo se hace fácilmente hasta que entra la punta. Una vez que entró toda la punta, es muy difícil seguir haciendo más profunda la perforación. En cambio, con el espiral la broca entra igual de fácil a lo largo de toda su excavación.

### DISEÑO DEL MECANISMO DOSIFICADOR Y DEPÓSITO DE MAÍZ

El funcionamiento de este mecanismo se explica en la parte de descripción y funcionamiento de la máquina. Para la realización de este dispositivo únicamente se realizaron cálculos en cuestión del ajuste de los agujeros y el giro que estos tendrían para que coincidieran en el momento de arrojar los granos de maíz. En la figura 5 se muestra el mecanismo con el depósito que es de acrílico transparente para poder apreciar cuando se esté vaciando.

### CONCLUSIONES

La etapa de construcción del prototipo está concluida, por lo que se puede asegurar que el principio funciona de manera adecuada, ya que se logra perforar la tierra a una profundidad suficiente para que el grano de maíz logre germinar, pero se sabe que todavía se pueden obtener mejores resultados en cuanto a la velocidad de operación y al peso de la máquina. No se han hecho consideraciones de impacto ni de vibraciones, por considerar que en la región la mayoría de los suelos son blandos y fáciles de penetrar.

También se probó el mecanismo dosificador de maíz, el cual funciona adecuadamente, ya que sí arroja la cantidad necesaria de granos que es un promedio de tres a cuatro granos por pozo. En cuanto al depósito de maíz de la máquina también puede en un momento dado ser perfeccionado para que pueda tener mayor cantidad de granos y disminuir los tiempos de carga.

Aún faltan los análisis estadísticos para tener resultados de tiempos de operación, es decir, cuántos pozos podemos realizar en cuánto tiempo y compararlo con los tiempos que se realizan con la herramienta rústica

y determinar la factibilidad de esta máquina y su rendimiento. Estos análisis se están llevando a cabo y se tendrán contemplados para futuras publicaciones.

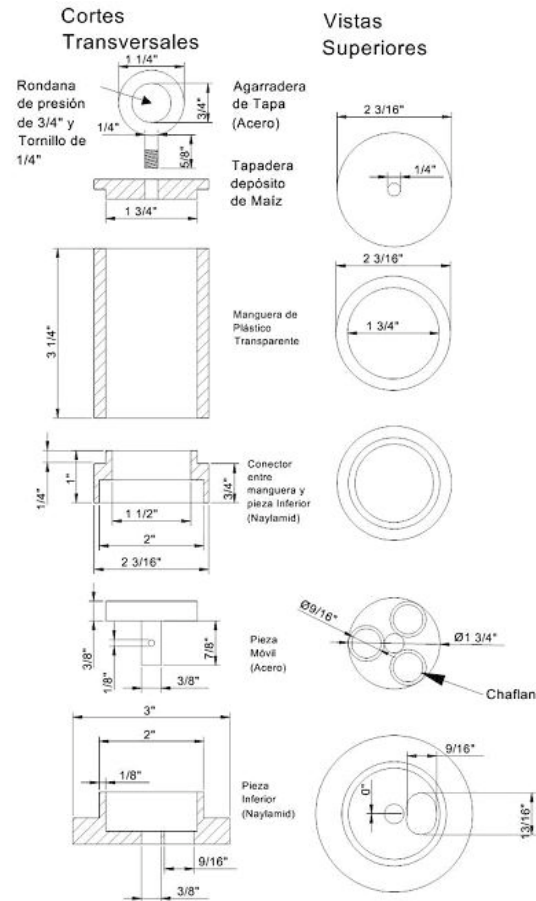


Figura 5. Mecanismo dosificador y almacén de granos de maíz.

### REFERENCIAS

- [1] E.J. Shigley, C.R. Mische. "Diseño en ingeniería mecánica". McGraw-Hill. México 2002.
- [2] R.C. Hibbeler. "Mecánica para ingenieros, Estática". CECSA. México 2003.
- [3] S.P. Timoshenko, J.M. Gere. "Mecánica de materiales". Thomson editores. México 1998.
- [4] C.W. Orthwein. "Diseño de componentes de máquinas". CECSA. México 1996.