**AGROCENTRO**

**IX SIMPOSIO DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**Perfeccionamiento del diseño y evaluación de la sembradora de granos convencional “GUAJIRO AM 2010-1-5T**

***Improvement of the design and evaluation of the conventional grain planter "GUAJIRO AM 2010-1-5T***

**Miguel Herrera Suárez1, Allen Godoy López2, Carlos Montes Rodríguez3, Rayda Prado Pérez de Corcho4, Omar González Cueto5, Elvis López Bravo6.**

1-Miguel Herrera Suárez. Profesor Principal II. Departamento de Mecánica, Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas, y Químicas. Universidad Técnica de Manabí. País. Ecuador. E-mail: [miguelhs2000@yahoo.com](mailto:miguelhs2000@yahoo.com).

2-Allen Godoy López. Estudiante Programa de Maestría en Ingeniería Agrícola, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central de Las Villas, Cuba. E-mail: [amaceo@cometal.vc.cu](mailto:amaceo@cometal.vc.cu).

3-Carlos Montes Rodríguez. Docente Tiempo Completo, Centro de Promoción y Apoyo al Ingreso, Universidad Técnica de Manabí. País: Ecuador. E-mail: [arturocarmontesro@gmail.com](mailto:arturocarmontesro@gmail.com).

4- Rayda Prado Pérez de Corcho. Estudiante. Programa Doctoral en Filosofía y Letras. Escuela de Doctorado Universidad de Alicante. Alicante, España. País. Ecuador. E-mail: [raydapp73@gmail.com](mailto:raydapp73@gmail.com)

5-Omar González Cueto. Profesor Titular. Departamento de Ing. Agrícola, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central de Las Villas. País. Cuba. E-mail: [omar@uclv.edu.cu](mailto:omar@uclv.edu.cu)

5-Elvis López Bravo. Titular. Departamento de Ing. Agrícola, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central de Las Villas. País. Cuba. E-mail: [elvislb@uclv.edu.cu](mailto:elvislb@uclv.edu.cu)

**Resumen:** El desarrollo de las producciones agropecuarias requiere el empleo de maquinaria que permitan incrementar la productividad y la calidad de la labor, problemática que se hace más acuciante en cultivos de ciclo corto (maíz y frijol), creando dos escenarios posibles, la adquisición de maquinaria o el perfeccionamiento de las ya existentes, sobre este último escenario en los últimos años se ha venido proyectando el Ministerio de La Agricultura de Cuba (MINAG). Por tal motivo el presente trabajo tiene como objetivo el rediseño para el perfeccionamiento de la sembradora de granos “Guajiro AM 2010-1-5T”. Para cumplir dicho objetivo inicialmente la máquina fue rediseñada fundamentalmente para los sistemas de transmisión y distribución de granos, para lo cual se hicieron los análisis de resistencia por el método de elementos finitos (MEF) y su funcionamiento, mediante la ayuda de los softwares especializado, Mechanical Desktop 2008 y SolidWorks 2010. Posteriormente se construyó un prototipo el cual fue probado en condiciones estáticas y de trabajo durante la siembra de maíz y frijol. Finalmente se elaboró la ficha de costos y determinó la factibilidad económica de su desarrollo. Los principales resultados mostraron que la variante de diseño desarrollada es capaz de cumplir con los requisitos de resistencia, funcionamiento y seguridad exigidos para estas máquinas, además de cumplir con las exigencias de calidad durante la siembra de frijol y maíz. El análisis económico evidenció la factibilidad de su perfeccionamiento, con una efectividad económica de 14 340,25 CUP pesos.

**Palabras Clave:** Diseño máquina; Evaluación máquina; Efecto económico; Surcador; Sembradora mecánica.

***Abstract:*** *The development of agricultural production requires the use of machinery to increase productivity and quality of work, a problem that is becoming more pressing in short-cycle crops (corn and beans), creating two possible scenarios, the acquisition of machinery or the improvement of the existing ones, on this last scenario in recent years the Ministry of Agriculture of Cuba (MINAG) has been projected. For this reason the present work has as objective the redesign for the improvement of the grain seeder "Guajiro AM 2010-1-5T". To fulfill this objective, the machine was fundamentally redesigned for grain transmission and distribution systems, for which the resistance analysis by the finite element method (MEF) and its operation were made, through the help of specialized software. Mechanical Desktop 2008 and SolidWorks 2010. Later, a prototype was built which was tested in static and working conditions during the planting of corn and beans. Finally, the cost sheet was prepared and determined the economic feasibility of its development. The main results showed that the design variant developed is capable of meeting the requirements of resistance, performance and safety required for these machines, in addition to meeting the quality requirements during the planting of beans and corn. The economic analysis showed the feasibility of its improvement, with an economic effectiveness of 14 340,25 CUP pesos.*

***Keywords:*** Machine design; Machine evaluation; Economic effect; Furrower, Mechanical seed drill.

**1. Introducción**

El uso de sembradoras de granos tiene orígenes muy antiguos, por ser empleadas en la agricultura China desde tiempos remotos (ORTIZ-CAÑAVATE, 1989). Una de las primeras máquinas sembradoras es la del español José Locatelli, quien en 1636 le realizó una prueba en Viena. Esta sembradora consistía en un eje con distribuidor de cucharillas. Posteriormente en 1701 comienzan a ser introducidas y desarrolladas en Inglaterra por el agrónomo e inventor inglés Jethro Tull (SAYRE, 2010).

Jethro Tull decidió probar un sistema basado en una azada arrastrada por caballos, pues consideraba que la tracción animal podría agilizar el proceso de siembra. Este proceso le permitía unir dos fases, la de remover el suelo y la de depositar la semilla. Así nació su sembradora, herramienta que permitía, con poca fuerza de trabajo humano, labrar y sembrar extensos campos. Además, repartía las semillas con regularidad gracias a una barrera mecánica que las distribuía en hileras, y que reducía la necesidad de cultivar el campo para eliminar las malezas (SAYRE, 2010).

Con la llegada de la Revolución Industrial en el siglo XIX (GARRABOU, 1994), hasta la fecha, para la agricultura se han desarrollado varios tipos de sembradoras con distintos principios de funcionamiento y diversos tipos de mecanismos dosificadores, que garantizan tanto las normas de entrega como el tapado uniforme de las semillas. Para lograr la eficiencia en la labor de siembra se proveen las máquinas con órganos de trabajo auxiliares que pueden cortar los residuos de cosecha en el campo para evitar atascos en la máquina, fertilizar, dosificar y regular la entrega semilla, tapar la semilla y compactar la línea de siembra en el caso que fuera necesario.

La preparación del suelo y la calidad de la semilla (CABRERA et al., 2017; QUEVEDO et al., 2018), factor primordial a tener en cuenta, ya que define el porciento de germinación de plantas y el vigor de las mismas, esto repercute directamente en los rendimientos de la cosecha. Por último, la densidad de siembra , en dependencia del tipo de semilla a plantar y su marco de siembra establecen la población de un campo (ALVAREZ, 2016; CAÑADAS et al., 2016), parámetros que son definidos por el mecanismo dosificador y la distancia entre hileras. La densidad de siembra debe estar enfocada en un aprovechamiento óptimo del área de siembra, para tener rendimientos adecuados.

En Cuba se han utilizado las tecnologías de siembra mecanizadas, fundamentalmente después del triunfo de la Revolución, adquiriendo sembradoras de varias marcas foráneas, pues la fabricación de sembradoras en Cuba se ha visto limitada por la carencia de materiales y limitaciones tecnológicas, desarrollándose solo algunos modelos de sembradoras de tracción animal y mecanizada como parte de soluciones locales a la necesidad de mecanizar la siembra para aumentar la productividad.

Tomando en cuenta esta problemática, El MINAG orientó la tarea de reproducir una sembradora de granos a partir de un modelo fabricado por un productor independiente, en el municipio de Cifuentes en la provincia Villa Clara, ya que la misma se encontraba en explotación con buenos resultados, además de ser una sembradora poco compleja pero eficiente, ya que las sembradoras existentes en la provincia (Gaspardo de fabricación italiana) presentan problemas de roturas y no existen o se dificulta la adquisición de dichos componentes. Tomando en cuenta estos aspectos, se establece como objetivo del presente trabajo, el rediseño para el perfeccionamiento del diseño de la sembradora de granos convencional “GUAJIRO AM 2010-1-5T”.

**2. Metodología**

El rediseño de la referida sembradora consistió en la modificación del sistema de transmisión, dosificación, tapadores y marcadores, para lo cual se emplearon las siguientes metodologías.

Metodología para el cálculo de la transmisión y órganos de trabajo

Cálculo de la transmisión por cadena. El cálculo de las transmisiones por cadena se realizó mediante la metodología establecida por (MOTT, 2006). Tomando como referencia las variables:

Dp: diámetro de la rueda motriz, m; Nrm: número de agujeros para el rodillo de maíz, U; Nrf: número de agujeros para el rodillo de frijol, U; Z1: número de dientes del sprocket conductor, U; Z2: número de dientes del sprocket conducido, U; i: relación de transmisión, U.

**Metodología para el cálculo de los marcadores.** Se diseña la sembradora para sembrar entre dos distancias de camellón, es decir de 0,45 m a 0,90 m. Los dos escenarios posibles, son:

Para una marcación del neumático más próximo a la línea de siembra, utilizar -b y Para marcación del neumático más alejado a la línea de siembra, utilizar +b.

D=(e(n+1)±b )/2 (1)

Donde:

D; distancia del disco al centro del surcador externo, m;

n: número de líneas, adimensional;

b: trocha, m;

e: distancia entre hileras, m.

**Metodología para el análisis de resistencia por MEF.**

Para la realización de estos análisis tanto en la estructura como en los órganos de trabajo de la sembradora se recurrió al empleo del método de los elementos finitos (GONZÁLEZ-ESTRADA et al., 2017; ALVES FILHO, 2018). El procedimiento metodológico empleado para la utilización de este método fue el descrito por (ABREU RICARDO et al., 2015; MEDINA et al., 2017), el mismo comprendió: la creación del modelo virtual (3D); C; asignación de materiales; mallado; simulación virtual; y post procesamiento de resultados.

Modelo virtual. Se generó un modelo virtual (3D) de la sembradora por medio del programa Mechanical Desktop 2008, y se empleó el método de elementos finitos en el software SolidWorks 2010 para los cálculos de resistencia.

Condiciones de fronteras. Como segundo paso se definen las condiciones de fronteras o de bordes del modelo virtual. En este caso se tomaron como sujeciones fijas tres puntos de enganche o acoplamiento de la sembradora a las barras del tractor, es decir barras laterales y tercer punto de enganche. Directamente en los órganos de trabajo se aplicó una fuerza de 14 kN, equivalente a la fuerza traccional de los tractores pertenecientes a la clase traccional de 14 kN.

Mallado. La discretización del modelo físico se realizó a partir de un mallado libre (Figura 1), mediante el empleo de elementos cuadráticos de alto orden con cuatro puntos jacobianos, para lo cual se generó un total de 68 782 elementos con 134 224 nodos. La calibración de la densidad de la malla se realizó según el procedimiento descrito por (GONZÁLEZ CUETO et al., 2014; BERRIOS y FRANCO, 2018).

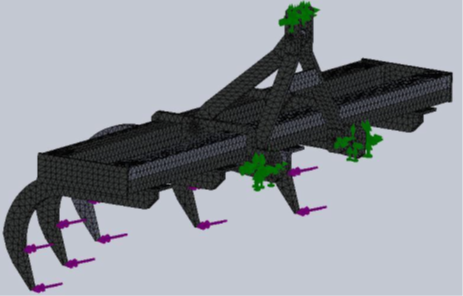


Figura 1. Mallado del modelo virtual

**Metodología de las investigaciones experimentales**

Una vez realizado el cálculo y diseño de los órganos de trabajo a modificar, se construyó un prototipo de la sembradora perfeccionada, el cual fue sometido a prueba en condiciones de laboratorio (estáticas) y en las condiciones de trabajo en campo (PORTALES, 2017).

Las parcelas donde se llevó acabo la siembra se encuentran dentro de la Finca de Autoconsumo de EDESCON, se utilizaron dos parcelas (I y II) con suelo pardo carbonatado.

La siembra del maíz se realizó en la parcela I, la cual posee una pendiente de 2%l. La profundidad de siembra promedio fue de 0,08 m

Para el caso del frijol se efectuó la siembra en una parcela II, con pendiente de 1,2%. La profundidad de siembra promedio para este cultivo fue de 0,10 m.

La realización de las prueba de la sembradora se realizó según las normativas establecidas en la (NC 34-51:87, 1987), y la (NC 34-41:04, 2004).

Determinación de las condiciones de prueba NC 34-51:87. Según se orienta en esta norma en un primer término se describen las condiciones de prueba, es decir lo referente al suelo, relieve, labores, entre otros, así como las características del material a manipular por los órganos de trabajo de dichas máquinas.

Realización de las pruebas de la sembradora de granos NC 34-41:04. Las pruebas se dirigieron esencialmente a determinar la precisión en la plantación de semilla y la eficiencia de la distribución. Se realizaron los siguientes tipos de ensayos:

Prueba de ensayo estático (laboratorio). Con la unidad de siembra en posición estacionaria, el mecanismo girará una velocidad de rotación igual a la de trabajo. Tomando en cuenta la velocidad teórica de avance de la máquina y el ajuste de la relación del mecanismo dosificador. Se colocó una banda debajo del órgano distribuidor de la sembradora, sobre la cual se dejó caer las semillas. La velocidad lineal de la banda se igualó a la velocidad de avance de la sembradora, cuando se desplaza sin deslizamiento.

Como el control del espaciamiento de la semilla se obtiene por una combinación de la cantidad de orificios y su velocidad de rotación del órgano dosificador, los ensayos se efectuaron para diferentes rangos de velocidades. Las mediciones de este control cubrieron una distancia total de trabajo en correspondencia a un mínimo de 250 semillas in situ. Para el ancho de trabajo se utilizarán tres órganos espaciados a 0,90 m.

Además, se determinaron otras variables como, q: la capacidad de siembra, kg/ha; y Str: semillas dañadas o trituradas, %.

Prueba de ensayo en campo. Por medio de esta prueba se determinan otras variables que inciden en el rediseño de la sembradora de granos, siendo:

V: velocidad promedio de agregado, 𝑚/𝑠; distancia entre semillas, mm; G: germinación total, %; X̅: media aritmética de profundidad de siembra, mm; y distancia entre hileras, m.

**Prueba de ensayo en campo.** Por medio de esta prueba se determinan otras variables que inciden en el rediseño de la sembradora de granos, siendo:

: Velocidad promedio de agregado, 𝑚/𝑠; distancia entre semillas, m;

: germinación total, %; : media aritmética de profundidad de siembra, mm; y distancia entre hileras, m.

**Metodologia para la efectividad economica de la sembradora**

El cálculo del efecto económico se realizará mediante las siguientes ecuaciones:

(2)

Donde:

*E*: Efecto económico, CUP;

: Gastos Reducidos por unidad (técnica anterior y nueva respectivamente), CUP;

: Costo de producción por unidad (técnica anterior y nueva respectivamente), CUP;

: Coeficiente de efectividad de las inversiones, adimensional;

: Inversiones por unidad de producto para la determinación de las invenciones, innovaciones o racionalizaciones para la técnica anterior y la nueva, respectivamente, CUP;

: Volumen de producción aplicada a la innovación, adimensional.

**3. Resultados y discusión**

**Diseño del sistema de transmisión.** Comprendió el empleo de una transmisión de potencia por cadena de paso 25,4 mm por sus características dimensionales y constructivas haciéndola idónea para el trabajo en humedad y en contacto con partículas que podrían escurrirse por los espacios de los eslabones, además muestra un tiempo mayor de vida útil con respecto a otras numeraciones de cadenas.

La rueda de campo de la sembradora sirve como fuente motora (Figura 2), donde se montaron dos sprockets que combinan con otros dos montados al eje distribuidor, dando posibilidad de cuatro posiciones de trabajo, (Tabla 1) Las ruedas de campo son de acero con diámetro de 0,37 m con púas en la superficie de rodadura para disminuir el resbalamiento, las ruedas están montadas en rodamientos rígidos de bolas.

Figura 2. Esquema de transmisión de la sembradora Guajiro AM 2010-1-5T

Tabla 1. Relación de transmisión de la sembradora

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Combinaciones de la transmisión | | |
| Sprockets Rueda | Sprockets Distribuidor | Relación de transmisión, |
| Z=16 | Z=10 | 1.60 |
| Z=21 | Z=1 | 1,61 |
| Z=16 | Z=13 | 1,23 |
| Z=21 | Z=10 | 2,1 |

**Diseño de los marcadores.** Los resultados obtenidos indican que los marcadores para cumplir con las regulaciones de distancia entre hileras deben tener regulación desde 0,64 a 1,09 m (Figura 3). Se agregaron marcadores a la nueva sembradora, estos son regulables para siembras en marcos desde 0,45 m a 0,90 m. Se modificó el sistema dosificador en cuanto a sus componentes, para lograr una mayor regulación en función de los tipos de semillas a utilizar. Se agregaron tapadores de bisagra y placa metálica ya que los que poseía la sembradora eran de cadena y no lograban un tapado uniforme.



Figura 3. Detalle del marcador diseñado

**Diseño del órgano dosificador.** Este órgano está compuesto por dos rodillos intercambiables de Polietileno de Alta Densidad (Tabla 2), con variaciones en los diámetros de los agujeros acorde a las dimensiones de las semillas.

Como paso inicial a la fabricación de los rodillos se elaboró un molde cilíndrico para obtener el semiproducto mediante la inyección. Posteriormente recurrió al maquinado para la conformación de la geometría final (Figura 4a), estableciendo el diámetro exterior y los agujeros. Para la realización de este último se elaboró un dispositivo divisor destinado exclusivamente para este caso. Finalmente se hace elaboró el agujero roscado para fijar el rodillo al eje distribuidor.

Se agregó al sistema un limitador de goma (Figura 4c), para eliminar el exceso de semillas sobre las ranuras y disminuir el daño mecánico por cizalladura. Las modificaciones realizadas brindan la posibilidad de lograr una mayor versatilidad en la sembradora, mejora en tratamiento de la semilla al disminuir el porciento semillas dañadas al utilizar como material para los rodillos el plástico. En la figura 4b, se muestra una vista general del montaje de los rodillos y demás elementos de la sembradora.



**a**

**b**

**c**

Figura 4. Detalle de ubicación de los rodillos distribuidores en el eje distribuidor

Tabla 2. Característica de los rodillos elaborados

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Rodillo # | Área de sección de ranura, | Número de ranuras, | Longitud de trabajo, | Coeficiente de llenado, |
| 1 | 791,28 | 7 | 17 | 0,85 |
| 2 | 706,50 | 9 | 13 | 0,90 |

**Resultado del análisis de resistencia.** Las zonas más cargadas fueron los arcos interiores de los surcadores y los puntos de acoplamiento de la sembradora a las barras del tractor (Figura 5), alcanzando tensiones de 41 329,61 a 74 393,29 kPa, es decir las zonas donde se recibe la acción directa de las cargas externas y sus reacciones.

No obstante, el análisis de la distribución del factor de seguridad mostró que la estructura de la sembradora, es capaz de resistir las tensiones que surgen durante el trabajo exhibiendo un valor de factor de 2,2, en dichas zonas. Este valor se considera satisfactorio para este tipo de diseño ([GARCÍA y CASTRILLON, 2016](file:///E:\TRABAJO\ARTICULOS\RCTA\Articulo%20rediseño%20de%20sembradora%20Agrocentro.docx#_ENREF_7)).



Figura 5. Distribución de las tensiones Von Mises

Con respecto a los resultados de las deformaciones se mostraron los valores máximos que oscilan entre 1,29 a 2,42 mm, estos valores se registran en la zona de anclaje con el tractor. Como es lógico los extremos de los órganos surcadores presentan los mayores desplazamientos, de 1,05 a 1,41 mm, pues coincide con la zona de interacción directa del órgano de trabajo con el suelo.

**Resultados de las investigaciones experimentales**

**Descripción del proceso de trabajo.** La sembradora puede trabajar en suelos labrados con baja incidencia de residuos de cosecha pues no posee discos pica paja, además puede efectuar la siembra en terrazas planas o sobre canteros. Los surcadores van abriendo un surco de profundidad constante hasta 0,15 m, la cual se puede variar según la exigencia del cultivo. Posteriormente los tapadores van cubriendo la línea de siembra. Además, cuenta con posibilidades de regulación para las distancias entre hileras, distancia de narigón, calibre de las semillas a plantar y profundidad de trabajo, (Figura 6).



Figura 6. Prototipo de la sembradora Guajiro AM 2010-1-5T

**Resultados de los ensayos.** La prueba de capacidad de siembra se realizó teniendo en cuenta la posibilidad de regulación del ancho de trabajo en función del tipo de cultivo (Tabla 3), evidenciando que la misma es capaz de cumplir con la dosificación de semilla en un rango de velocidades de trabajo de 1 a 3,0 km/h, garantizando una entrega que oscila de 24,80 a 93,02 kg/ha, rangos que cumplen con las normativas y exigencias agrotécnicas establecidas para la siembra del maíz y el frijol en la agricultura cubana.

Tabla 3. Capacidad de trabajo de la sembradora

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Cultivo | Cantidad de órganos-siembra | Distancia entre surcadores (m) | Ancho de trabajo (m) | Capacidad de siembra (kg/ha) |
| Maíz | 3 | 0,60 | 1,80 | 37,22 |
| Maíz | 3 | 0,70 | 2,10 | 31,90 |
| Maíz | 3 | 0,90 | 2,70 | 24,80 |
| Frijol | 5 | 0,45 | 2,25 | 93,02 |
| Frijol | 3 | 0,60 | 1,80 | 69,76 |
| Frijol | 3 | 0,70 | 2,10 | 59,80 |

La comparación del desempeño de esta máquina con otras similares, evidenció que la misma exhibe indicadores productividad y calidad del trabajo ([GARCÍA y CASTRILLON, 2016](file:///E:\TRABAJO\ARTICULOS\RCTA\Articulo%20rediseño%20de%20sembradora%20Agrocentro.docx#_ENREF_7); [MACEDO *et al.*, 2016](file:///E:\TRABAJO\ARTICULOS\RCTA\Articulo%20rediseño%20de%20sembradora%20Agrocentro.docx#_ENREF_11)), similares a las sembradoras de distribución mecánica que actualmente se han importado en Cuba, para la siembra de granos, así como en otros países.

Los estadígrafos de los resultados de la evaluación de la irregularidad de la entrega evidencian que la misma cumple con los requerimientos en lo referente a este aspecto, estando en función de la norma de siembra panificada.

La evaluación del daño mecánico mostró que está problemática se hace más evidente en incidencia en las semillas de maíz, pero en equilibrio con el porciento permisible para las sembradoras de distribuidor mecánico (3%). Las distancias entre semillas se toman directamente del surco una vez germinadas las plantas, para el maíz tenemos un valor de distancia de 146 mm y 69 mm para el frijol.

La profundidad de siembra promedio en ambos cultivos fue de 0,10 a 0,15 m para el frijol y el maíz respectivamente, además de cumplir con la exigencia de que debe ser tres veces el diámetro de la semilla, las profundidades máximas alcanzadas oscilaron entre 28,1 mm y 16,8 mm para el maíz y el frijol respectivamente.

Igualmente se realizaron mediciones a la distancia entre hileras (camellón) comprobándose en ambos casos la exactitud de distancia requerida en 0,90 m, la cual concuerda con la distancia fijada en los surcadores.

**Resultado del efecto económico de la producción del prototipo.** Las variables fueron sustituidas por los valores antes obtenidos, (Tabla 4):

(Se obtiene al multiplicar los 5500 USD por 3,0 como la taza de conversión establecida en Programa más alimentos Cuba).

Tabla 4. Valores de las variables para el cálculo de efecto económico

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Valores asignados a las variables | | | |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

El efecto económico obtenido fue CUP, el cual se interpreta como la repercusión económica de la fabricación de una tecnología que sustituye la importación de otra similar.

**4. Conclusiones**

El rediseño de los órganos que definen la calidad del trabajo de la sembradora, partió de las exigencias agrotécnicas establecidas para el desarrollo de los cultivos de Maíz y Frijol en las condiciones de producción objeto de estudio.

La determinación de los indicadores de productividad evidenció que la misma está apta para la siembra de frijol y maíz en las condiciones de la agricultura cubana, pues la misma garantiza el cumplimiento de normas de siembra entre 24,80 y 93,0 kg/ha, en un rango de velocidades y profundidad de siembra de 1,95 a 2,06 m/s y 0,05 a 0,15 m, respectivamente;

La determinación de los indicadores de la calidad del trabajo mostró que la misma cumple con los requisitos de calidad establecidos para la realización de esta labor, El rediseño de los órganos de trabajo permite el trabajo de la sembradora tanto en terreno plano como surcado y el ajuste a marcos de plantación entre 0,45 y 0,90 m, profundidades de siembra máximas de 0,28 m y 0,16 m para el maíz y el frijol, respectivamente.

Los costos totales de fabricación de la sembradora ascienden a 2 159,75 CUP pesos, representando un ahorro por sustitución de importaciones de 14 340,25 CUP para el país.

**5. Referencias bibliográficas**

ABREU RICARDO, Y.; R. A. ESTRADA CINGUALBRES; H. CALZADILLA DUBRÁS: "Análisis dinámico del sistema de dirección de la cosechadora de caña cubana CCA-5000", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN: 2071-0054, 24(1): 5-13, 2015.

ALVAREZ, E. V.: "Método simple de selección para la producción de semilla de papa", *Revista Latinoamericana de la papa*, ISSN: 1853-4961, 1(1): 18-24, 2016.

ALVES FILHO, A.: *Elementos Finitos–A base da tecnologia CAE,* edit.Editora Saraiva, pp. 320, ISBN: 8536525495, 2018.

BERRIOS, D. R.; R. FRANCO: "Análisis Experimental y Numérico de la Trayectoria de Propagación de Fisuras por Fatiga Utilizando XFEM", *Información tecnológica*, ISSN: 0718-0764, 29: 19-34, 2018.

CABRERA, D. M.; M. C. CRUZ; D. M. ALLEN: "Producción de semilla y forraje de guinea (Megathyrsus maximus) con intercalamiento de leguminosas temporales Canavalia y Dolicho (Canavalia ensiformis y Lablab purpureus) en áreas de intervención del proyecto basal Jimaguayú", *Universidad&Ciencia*, ISSN: 2227-2690, 6(1): 57-64, 2017.

CAÑADAS, Á.; C. MOLINA; D. RADE; F. FERNÁNDEZ: "Interacción época/densidad de siembra sobre la producción de ocho híbridos de maíz forrajeros, Ecuador", *Revista MVZ Córdoba*, ISSN: 0122-0268, 21(1): 2016.

GARCÍA, R. A.; A. S. CASTRILLON: "Diseño de un prototipo de sembradora mecánica de granos, alternativa agrícola", *Revista Ingenio UFPSO*, ISSN: 2389-864X, 12(1): 33-40, 2016.

GARRABOU, R.: *Revolución o revoluciones agrarias en el siglo XIX: su difusión en el mundo mediterráneo,* edit.Almería: Instituto de Estudios Almerienses, pp. 93-109, ISBN: 84-8108-071-3, España, 1994.

GONZÁLEZ-ESTRADA, O. A.; S. NATARAJAN; C. GRACIANO: "Reconstrucción de tensiones para el método de elementos finitos con mallas poligonales", *Revista UIS Ingenierías*, ISSN: 2145-8456, 16(1): 23-34, 2017.

GONZÁLEZ CUETO, O.; M. HERRERA SUÁREZ; C. E. IGLESIAS CORONEL; E. LÓPEZ BRAVO: "Modelos constitutivos drucker prager extendido y drucker prager modificado para suelos rhodic ferralsol", *Terra Latinoamericana*, ISSN: 0187-5779, 32(4): 283-290, 2014.

MACEDO, D. X. S.; F. E. D. A. NICOLAU; H. C. F. D. NASCIMENTO; E. COSTA; C. A. CHIODEROLI; D. R. LOUREIRO: "Operational performance of a tractor-seeder according to the velocity and working depth", *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, ISSN: 1415-4366, 20: 280-285, 2016.

MEDINA, R.; M. SALAS; R. LUCO; V. BERTRAM: "Análisis de Estructuras Navales mediante el método de elementos finitos", *Síntesis Tecnológica*, ISSN: 0718-025X, 2(1): 27-36, 2017.

MOTT, R. L.: *Diseño de elementos de máquinas,* edit.Pearson educación, pp. 283-297, ISBN: 9702608120, 2006.

NC 34-41: *Metodología para la realización del peritaje técnico. Máquinas Agricolas y Forestales*, Dic. 2003.

NC 34-51:87: *Maquinarias e implementos agrícolas. Arados y subsoladores, Metodología para la realización de las pruebas*, Vig. Octubre 1988.

ORTIZ-CAÑAVATE, J. H., J. L.: *Técnica de la Mecanización Agraria,* edit.Editorial Mundi-Prensa, pp. 643, ISBN: 9788471142153, Madrid, 1989.

PORTALES, A. C.: "Empleo de herramientas de computación para determinar los gastos de explotación en preparación de suelo", *Revista Ingeniería Agrícola*, ISSN: 2227-8761, 5(4): 20-24, 2017.

QUEVEDO, Y. M.; J. I. BELTRÁN; E. BARRAGÁN-QUIJANO: "Effect of sowing density on yield and profitability of a hybrid corn under tropical conditions", *Agronomía Colombiana*, ISSN: 0120-9965, 36(3): 248-256, 2018.

SAYRE, L. B.: "The pre-history of soil science: Jethro Tull, the invention of the seed drill, and the foundations of modern agriculture", *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, ISSN: 1474-7065, 35(15-18): 851-859, 2010.