



Desarrollo de prototipo de sembradora centrífuga portátil de arroz con propulsor motriz para fincas del municipio de Yaguará

**Owen Slater Rodriguez Parra
Juan Diego Almario Henao**

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica
Neiva, Colombia
Año 2020

Desarrollo de prototipo de sembradora centrífuga portátil de arroz con propulsor motriz para fincas del municipio de Yaguará

**Owen Slater Rodriguez Parra
Juan Diego Almario Henao**

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero Mecánico

Director:

Ing. Juan Gonzalo Ardila Marín, MEn

Codirector (a):

Título (Ph.D., Doctor, Químico, etc.) y nombre del codirector(a)

Línea de Investigación:

Nombrar la línea de investigación en la que se enmarca el trabajo de grado.

Grupo de Investigación:

Nombrar el grupo en caso que sea posible

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Neiva, Colombia

Año 2020

Dedicatoria

A Dios por ser el guía en cada etapa de mi vida, por brindarme sabiduría y perseverancia en mis metas.

A mi padre Wilson Rodriguez Hernández, a mi madre Jony Moraina Parra, quienes me brindaron siempre su apoyo, comprensión y compañía cuando más lo necesite.

Owen Slater Rodriguez Parra

A Dios por haberme permitido llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi familia por haber sido mi apoyo durante toda la carrera universitaria y a lo largo de la vida.

Juan Diego Almarío Henao

Agradecimientos

Gracias a mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por cada día confiar y creer en mí, gracias a mi madre por proporcionarme todo y cada cosa que he necesitado, tus esfuerzos son impresionantes y tu amor es para mí invaluable, te agradezco por cada bendiciones a diario a lo largo de mi vida, guiándome por el camino del bien; gracias a mi padre por estar dispuesto a acompañarme cada larga y agotadora noche de estudio, por siempre desear lo mejor para mí, por cada consejo y por cada una de sus palabras que me guiaron durante mi vida.

Owen Slater Rodriguez Parra

Agradezco a Dios que nos dio la fuerza y la sabiduría en este camino que decidí emprender, a mi madre Sandra Milena Henao Garzón y a mi padre Emerson Almario Mora por toda su confianza, apoyo y su entrega completa para que este proyecto fuera culminado, les agradezco no solo por estar presentes aportando buenas cosas a mi vida, sino por los grandes lotes de felicidad y de diversas emociones que siempre me han causado.

Juan Diego Almario Henao

Nuestro más sincero agradecimiento al ingeniero Juan Gonzalo Ardila Marín por apoyarnos y respaldarnos desde el principio, creyendo en nuestro proyecto y en nuestras capacidades, a la ayuda del maestro, compañeros y la universidad en general por todos los conocimientos que nos otorgaron.

Resumen

Con el avance y la apertura de nuevos mercados en el sector agrícola colombiano, la zona sur del Huila se ha visto rezagada debido a que la producción en el sector no cuenta con la tecnología necesaria para la optimización de los métodos y procedimientos adecuados para mejorar el cultivo, en donde pueda ser competitivo tanto nacional como internacionalmente. El presente proyecto se fundamenta en los requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales, basándose en la formulación de nuevas tecnologías, diseños, métodos o procesos que brinden una solución acertada al campo de acción. Es por esta razón que surge la idea de desarrollar una sembradora centrífuga con propulsor motriz portátil, ajustada a un diseño ergonómico y adaptable a la forma del cuerpo, siendo ligera y precisa en largos periodos de utilización, solucionando el problema que se ha venido presentando en el sector agrícola del municipio de Yaguará, al igual que aportando una mejora en el rendimiento y ventajas de productividad, siendo una alternativa económica, eficiente y de fácil manipulación humana.

Palabras clave: (*Tecnología, agricultura, producción, cultivo*).

Abstract

With the advancement and opening of new markets in the Colombian agricultural sector, the southern area of Huila has been lagging behind because production in the sector does not have the necessary technology to optimize the appropriate methods and procedures to improve production. cultivation, where it can be competitive both nationally and internationally. This project is based on the requirements or needs of organizations or social groups, in the formulation of new technologies, designs, methods or processes that provide a successful solution to the field of action. It is for this reason that the idea arose of developing a centrifugal planter with a portable motor propeller, adjusted to an ergonomic design and adaptable to the shape of the body, being light and precise in long periods of use, solving the problem that has been presented in the agricultural sector of the municipality of Yaguará, as well as providing an improvement in performance and productivity advantages, being an economical, efficient and easy human manipulation alternative.

Keywords: (Technology, agriculture, production, cultivation).

Contenido

	Pág.
Resumen	IX
Lista de figuras	XIII
Lista de tablas	XIV
Introducción	1
Objetivo general	2
Objetivos específicos	2
1. Contextualización.....	3
1.1 Morfología del arroz	3
1.1.1 Fase vegetativa	4
1.1.2 Órganos reproductores	5
1.2 Germinación de la semilla de arroz	6
1.3 Tipos de sembradora	7
1.3.1 Sembradoras a voleo	7
1.3.2 Sembradoras en línea	8
1.3.3 Sembradoras a golpe y monograno.....	9
1.4 Agroindustria de arroz en el Huila	10
1.5 Planteamiento del problema	11
2. Diseño contextual.....	15
2.1 Composición del prototipo	15
2.1.1 Sembradora manual	15
2.1.2 Motor	16
2.1.3 Eje de transmisión	17
2.1.4 Cargadera tipo mochila	18
2.1.5 Presupuesto.....	18
2.2 Diseño prototipo	19
3. Determinación de trabajo de una sembradora centrífuga.....	21
3.1 ¿Qué es el ancho de trabajo?.....	21
3.2 ¿Por qué es importante conocer el ancho de trabajo?	22
3.3 ¿Qué factores influyen en la distribución transversal?	24
3.4 ¿Cómo determinar el ancho de trabajo de una sembradora centrífuga?	25
4. Simulación y resultados	27
4.1 Ensayo de distribución transversal	29
4.2 Recolección de datos.....	31

4.3	Determinación del ancho de trabajo ideal	33
5.	Conclusiones y recomendaciones	35
5.1	Conclusiones	35
5.2	Recomendaciones	35
Bibliografía	51

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1: Raíces adventicias	4
Figura 2: Tipos de raíces	4
Figura 3: Tallo, nudos y entrenudos	5
Figura 4: hoja bandera.....	5
Figura 5: estructura de una espiguilla	6
Figura 6: Estructura de un grano de arroz	6
Figura 7: Semilla de arroz en germinación	7
Figura 8: voleadora manual.....	8
Figura 9: (Sembradora específica para pratenses con rodillos acanalado).....	8
Figura 10: (Sembradora con dosificación y tubos de caída independientes)	9
Figura 11: (Sembradora monograno de 6 cuerpos).....	9
Figura 12: voleadora manual.....	12
Figura 13: sembradora manual	16
Figura 14: taladro DHP453X10 marca MAKITA.....	17
Figura 15: eje flexible de guadaña de espaldar BG430.....	17
Figura 16: almacén Alice militar	18
Figura 17: sembradora centrifuga de arroz con propulsor motriz portátil.....	20
Figura 18: Ancho de trabajo	22
Figura 19: ancho de trabajo a una distancia (a sub 1)	23
Figura 20: ancho de trabajo adecuado.....	23
Figura 21: sistemas de graduación y desplazamiento	24
Figura 22: sistema de dosificación	24
Figura 23: ubicación de bandejas.....	30
Figura 24: operación del prototipo.....	30
Figura 25: recolección de semilla	31
Figura 26: División de semilla por bandeja	31
Figura 27: promediando las semillas recogidas.....	32

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1: cultivo de arroz en el Huila	10
Tabla 2: presupuesto	19
Tabla 3: relación de giro entre manivela y disco (RG)	28
Tabla 4: Cuadro de pruebas	28
Tabla 5: comparación de semillas recolectadas	32

Introducción

Los sistemas de siembra tienen como misión colocar en el terreno, bien sobre toda la superficie o bien en líneas equidistantes, las más diversas cantidades de semillas, sin dañarlas y a una profundidad uniforme. Estas se pueden clasificar en: Sembrado a voleo, Sembrado en línea, Sembrado a golpe y Monograno.

Wikipedia (Wales, 2020) afirma lo siguiente:

Las herramientas agrícolas para sembrar y fertilizar la tierra en el mundo están diseñadas para utilizar todo tipo de semillas. Esta fue re-inventada por el agricultor Jethro Tull en el año 1702. En sus comienzos fue arrastrada por caballos, en la actualidad, y gracias a los avances tecnológicos se han logrado adaptar maquinaria que permite tirar de ellas con tractores de diferentes características y potencias.

Pero, actualmente la agricultura convencional tiene prácticas perjudiciales para el medio ambiente las cuales radican en el trabajo del suelo que se lleva a cabo para controlar las malas hierbas y preparar el lecho de siembra usando tractor, este sistema incrementa considerablemente la erosión y la compactación del suelo, a la vez que se contaminan las aguas superficiales con sedimentos, fertilizantes y pesticidas. Es por esto que con la implementación de una sembradora mecánica de tracción humana se reducirán los costos de producción, la contaminación y la demanda de equipamiento, mientras se reduce la degradación del suelo y se mejoran sus propiedades, permitiendo obtener una mayor productividad y sostenibilidad en la producción debido a que la mano de obra es costosa.

(Guadalupe, 2016). En la actualidad es evidente el interés de los mercados por mejorar su producción utilizando herramientas que ofrezcan mayor eficiencia, sin dejar de lado la

importancia de la relación del trabajador con su entorno: hombre-máquina-entorno, para generar mayor eficiencia y por ende un aumento en su productividad. Alcanzando así un mutuo bienestar social reflejado en la economía de los productores.

Se consideró diseñar una sembradora de voleo centrifuga con propulsor motriz portátil, debido a la irregularidad e inestabilidad del terreno en la que no se pueden utilizar tractores para poder acoplar una sembradora neumática, además de los costos de operación que esta implicaría. La importancia de este proyecto sobre el diseño de la sembradora para pequeños agricultores se constituye en un desarrollo que les permita aplicar tecnología a los sistemas de siembra que tanto se hace énfasis en los planes de desarrollo nacional, departamental y municipal, teniendo un mejor manejo y conservación de los recursos naturales. Además, la aplicación de esta innovación permitirá al agricultor mayor mantenibilidad de sus equipos.

Objetivo general

Desarrollar un prototipo de sembradora centrifuga de arroz con propulsor motriz portátil para aumentar la productividad con relación al rendimiento obrero-máquina y reducir los riesgos ergonómicos manifestados por el agricultor.

Objetivos específicos

- Caracterizar el problema analizando los equipos y herramientas sembradoras empleadas actualmente e identificando las mejoras productivas y deficiencias ergonómicas en el diseño de los equipos.
- Diseñar un prototipo de sembradora centrifuga portátil con sistema de autopropulsión mecánico que permita esparcir semilla de arroz a la distancia requerida.
- Fabricar el prototipo de sembradora de precisión para siembra de arroz.

1.Contextualización

La siembra de arroz es una tarea agrícola que consiste en colocar el grano de arroz en un terreno apto y adecuado para inducir el germinado de dicha semilla y con ello lograr que con su brote surjan plantas nuevas que formen un cultivo capaz de proporcionar una cosecha con los frutos que sirvan para el consumo y para semilla del mismo cultivo.

(tvAgro, 2016). El arroz se siembra en tierra que no ha sido expuesta a agroquímicos usando técnicas de cultivo totalmente artesanales, que protegen la tierra y la nutren sin dañar los ecosistemas que la rodean, además cuidando la salud de quien se alimenta de este arroz. Lo principal para que surja el cultivo de esta siembra es la presencia del agua como un nutriente para el crecimiento de las semillas, es necesario tener control de las fuentes para el suministro permanente de este líquido durante el ciclo de cultivo, también debemos tener la presencia de la luz que pueda ser proporcionada por el sol u otro elementó.

1.1 Morfología del arroz

De acuerdo a las fases de desarrollo y la morfología del arroz (Tropical, 2005, pág. 4) explica que:

La planta de arroz es una gramínea anual con tallos redondos y huecos compuesto por nudos y entrenudos, hojas de lámina plana unidas al tallo por la vaina y su inflorescencia es en panícula. El tamaño de la planta varía de 0.4m (enanas) hasta más de 7.0m (flotantes).

1.1.1 Fase vegetativa

RAIZ: durante su desarrollo la planta de arroz tiene dos clases de raíces la primaria, seminales o temporales que en los primeros estados de crecimiento es decir las raíces seminales son blancas poco ramificadas y relativamente gruesas, sobreviven poco tiempo después de la germinación (figura 1) siendo luego reemplazadas por las raíces adventicias secundarias las cuales brotan de los nudos subterráneos de los tallos jóvenes, estas son fibrosas alargadas y abundantes ramificaciones (figura 2).

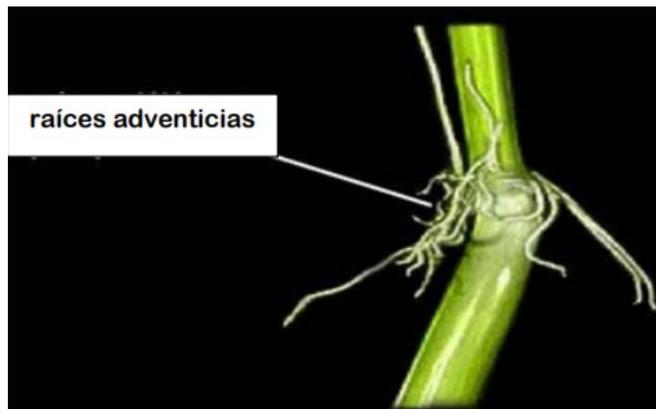


Figura 1: Raíces adventicias

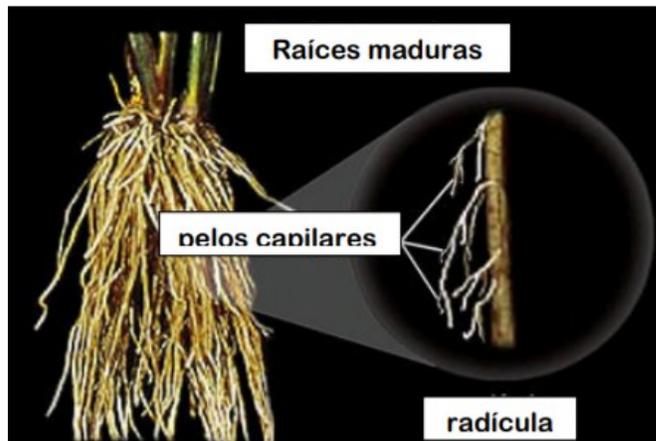


Figura 2: Tipos de raíces

TALLO: el tallo está formado por la alternación de nudos y entrenudo (Figura 3). En el nudo se forma una hoja y una yema, que potencialmente puede desarrollarse y formar un macollo.

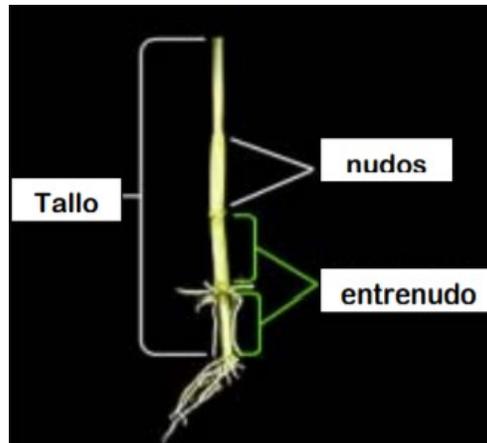


Figura 3: Tallo, nudos y entrenudos

HOJA: las hojas de la planta de arroz se encuentran distribuidas en forma alterna a lo largo del tallo, la primera hoja que aparece en la base del tallo principal se denomina prófalo, esta no tiene lamina y está constituido por dos brácteas aquilladas. En cada nudo se desarrolla una hoja, la superior debajo de la panícula es la hoja bandera (figura 4).



Figura 4: hoja bandera

1.1.2 Órganos reproductores

FLORES: Las flores de la planta de arroz están agrupadas en una inflorescencia denominada panícula, que está situada sobre el nudo ciliar donde pueden originarse la primera o las cuatro primeras ramificaciones de dicha panícula. Pueden clasificarse en abiertas, compactas e intermedias, según el ángulo que formen las ramificaciones al salir del eje de la panícula. La panícula se mantiene erecta durante la floración, pero luego se dobla debido al peso de los granos maduros. Los lemas estériles envuelven la flor por debajo de la raquilla la cual es

el que sostiene la flor, la flor consta de seis estambres que son filamentos delgados que sostienen las anteras alargadas y bífidas, las cuales contienen los granos de polen (figura 5).

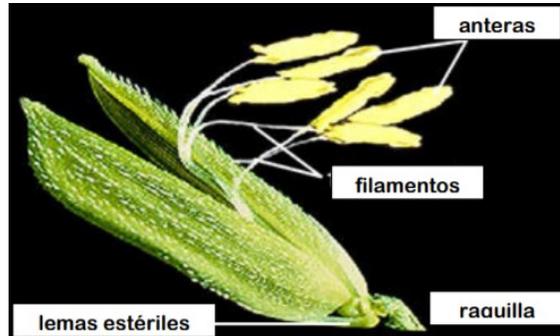


Figura 5: estructura de una espiguilla

SEMILLAS: La semilla de arroz es un ovario maduro, seco e indehisciente. Consta de la cáscara formada por el lemma y la palea, presenta un embrión situado en el lado ventral de la semilla cerca de la lemma, y el endospermo, que provee alimento al embrión durante la germinación. Debajo de la lemma y la palea hay tres capas de células que constituyen el pericarpio; debajo de estas se encuentran dos capas, el tegumento y la aleurona (figura 6).

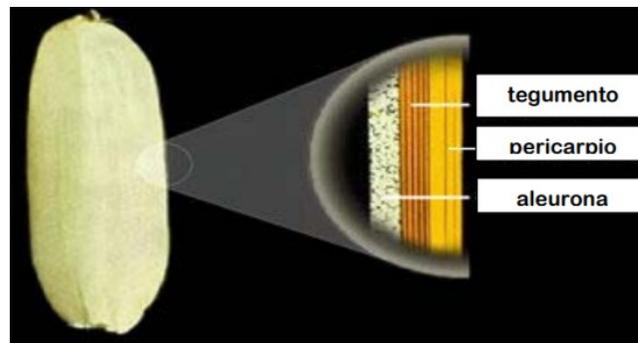


Figura 6: Estructura de un grano de arroz

Los granos de arroz pueden clasificarse según su longitud en: Extra largo (EL) 7,6 mm o más Largo (L) 7,5 mm a 6,6 mm Medio (M) 6,5 mm a 5,6 mm Corto (C) 5,5 mm o menos.

1.2 Germinación de la semilla de arroz

Las semillas de arroz sin latencia pueden germinar inmediatamente después de su maduración. Las semillas con latencia requieren un periodo natural de reposo, que

puede romperse artificialmente descascarándolas o someténdolas a tratamientos especiales. Cuando las semillas de arroz germinan en un ambiente aireado, como el de los suelos con buen drenaje, surge primero la coleorriza (figura 7). Luego la radícula rompe la coleorriza poco después de que esta aparece; la siguen dos o más raíces seminales, las cuales desarrollan raíces laterales que mueren posteriormente y son reemplazadas por raíces adventicias que se elevan sobre la superficie del suelo.

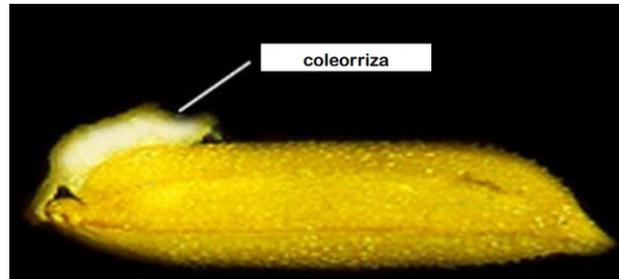


Figura 7: Semilla de arroz en germinación

1.3 Tipos de sembradora

De acuerdo la investigación de (Ricardo Andrés García-León, 2016):

Los sistemas de siembra tienen como misión colocar en el terreno, bien sobre toda la superficie o bien en líneas equidistantes, las más diversas cantidades de semillas germinadas, sin dañarlas y a una profundidad uniforme. Estas se pueden clasificar en: Sembrado a voleo, Sembrado en línea, Sembrado a golpe y Monograno.

1.3.1 Sembradoras a voleo

La siembra a voleo es una técnica que se suele utilizar, tomando un puñado de semillas a fin de distribuirlas por toda la superficie del terreno en el que queremos sembrar; se pueden clasificar en dos tipos: centrifugas la cual es accionada mecánicamente por tractor (figura 9), y de descarga libre que se usa de forma manual o utilizando voleadoras manuales (figura8).



Figura 8: voleadora manual

Fuente: Autor



Figura 9: (Sembradora específica para pratenses con rodillos acanalado)

Fuente: www.boletinagrario.com

1.3.2 Sembradoras en línea

las sembradoras en línea o de chorrillo consiste depositar la semilla dejándola caer de forma continua dentro del surco (figura 10), la forma de realizar es sencilla, primero se prepara los surcos donde se va a depositar la semilla, luego se dosifica y deposita la semilla por medio de los órganos distribuidores y de los tubos de caída, por último, se entierra el grano para luego ser comprimidos mediante rodillos y así favorecer el aumento de la humedad entorno a ella.



Figura 10: (Sembradora con dosificación y tubos de caída independientes)

Fuente: www.boletinagrario.com

1.3.3 Sembradoras a golpe y monograno

La siembra a golpes consiste en depositar varias semillas sobre cada línea de siembra, de forma intermitente y de tal forma que los granos queden separados entre sí una distancia constante. Mientras que la siembra monograno o de precisión depositan un grupo de semillas o una sola a una distancia exacta (figura 11). Por tanto, una sembradora de precisión es aquella que deposita a profundidad uniforme y a distancias iguales el grano, consiguiendo además un paralelismo entre líneas.



Figura 11: (Sembradora monograno de 6 cuerpos)

Fuente: www.boletinagrario.com

1.4 Agroindustria de arroz en el Huila

En Colombia las principales zonas arroceras están ubicadas en los departamentos de Casanare, Tolima, Meta y Huila; siendo Tolima-Huila los poseedores de los molinos más grandes a nivel nacional y a nivel departamental sobresalen Tolima-Huila, ubicados en la región del Valle del Magdalena Medio, con un 35% de la producción nacional de arroz paddy. (Brugés Nivia, 2017). Debe resaltarse la capacidad empresarial de los productores Huilenses de arroz, quienes se encuentran agremiados en la Federación Nacional de Arroceros (FEDEARROZ), la cual ha jugado un importante papel en el cambio tecnológico operado en el cultivo. (Gabriel Montes Ll., s.f.)

El arroz en el Huila representa un alto índice en la economía agrícola a nivel nacional y de gran crecimiento a nivel departamental, permitiéndole al Huila desarrollarse también como destino turístico, siendo fuente masiva de eventos, ferias y fiestas campesinas. Desde los últimos 5 años Yaguará se ha posesionado entre los 5 municipios más productores de arroz a nivel departamental como se muestra en la (tabla 1); con un área sembrada de 2.734 (ha), área cosechada de 1.757 (ha), producción 13.860 (t) y la de mayor rendimiento de 7,9 (t/ha).

Área Sembrada, Área Cosechada, Producción y Rendimiento del Cultivo de Arroz Mecanizado en Huila Año 2016

Municipio	Área Sembrada (ha)	Área Cosechada (ha)	Producción (t) *	Rendimiento (t/ha)
TOTAL	38.387	32.269	242.147	7,5
Campoalegre	13.646	11.357	88.838	7,8
Palermo	8.341	6.945	50.964	7,3
Villavieja	4.079	3.784	26.899	7,1
Tello	2.753	2.105	15.268	7,3
Yaguará	2.734	1.757	13.860	7,9
Tesalia	1.581	1.042	7.610	7,3
Aipe	1.538	1.279	9.554	7,5
Neiva	1.263	1.053	8.133	7,7
Rivera	730	608	4.373	7,2
Paicol	468	450	3.275	7,3
Otros Municipios	1.255	1.889	13.374	7,1

FUENTE: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Secretarías de Agricultura Departamentales. Alcaldías Municipales. * Producción expresada en paddy verde

Tabla 1: cultivo de arroz en el Huila

Fuente: www.agronet.gov.co

En este contexto, la cultura del consumo de arroz fue requiriendo de pequeños agricultores de todos los sectores rurales del departamento, que debido a los beneficios del clima y el terreno permitieron obtener dos cosechas lo cual motivo al gremio arrocero a incorporar prácticas de mecanización que fuesen aptas para el crecimiento de las semillas, lo que convirtió la actividad arrocera en una producción a gran escala y en factor determinante en la evolución de los procesos de transformación del grano a nivel industrial. En el proceso de desarrollo los agricultores y empresarios huilenses encontraron como alternativas ser eficientes y competitivos, garantizando su actividad e incluso su existencia en el sector del arroz. (Manrique, 2011)

1.5 Planteamiento del problema

Antes de empezar a desglosar las causas de la problemática en la siembra manual de arroz que nos llevó a la realización de este proyecto, es necesario dar a conocer la ubicación y los procesos usados actualmente para la siembra de arroz.

El proyecto está ubicado en el municipio de Yaguará departamento del Huila – Colombia, más específicamente en las fincas ubicadas sobre el casco urbano a 9 Km aproximadamente, estas parcelas cuentan con extensiones promedio de 5 a 10 hectáreas, donde su actividad productiva la constituyen la ganadería, la piscicultura y la agricultura (principalmente el cultivo de arroz).

La problemática a la cual está dirigido este proyecto es la agricultura y específicamente la siembra de arroz; esta actividad consta de dos sistemas de sembrado: siembra de arroz a voleo de descarga libre y sembradoras centrífugas mecánicas, estas últimas requieren ser acopladas y accionadas por un tractor, lo que conlleva a generar elevados costos de operación y limitaciones al momento de ser utilizados en terrenos inestables e irregulares. Por tal motivo enfocamos el tema del proyecto al sembrado de descarga libre el cual se realiza a voleo manual, el que consiste en tomar un puñado de semillas de arroz a fin de distribuirlas por toda la superficie del terreno y con voleadoras centrífugas accionadas

manualmente que ayudan a la distribución uniforme de las semillas, pero no aportan en la producción ni el rendimiento del operador.

En el transcurso de los años, muchas clases de trabajos agrícolas no han experimentado prácticamente cambio alguno y el trabajo de campo en muchos sectores se sigue realizando de manera manual. Debido a la significativa existencia de pequeños agricultores en todos los sectores rurales del país, se evidencia la falta de oportunidades para el acceso a recursos tecnológicos y la dependencia de los recursos tradicionales al momento de sembrar como lo es la mano de obra directa (Guadalupe, 2016).

En este sector agrícola podemos notar que a nivel cultural y tradicional la gran mayoría a implementado para esta actividad los mismos métodos, generando así grandes cargas físicas y costos adicionales por la mano de obra. se logró reconocer entre los pequeños y medianos agricultores la necesidad de aumentar el nivel de producción reduciendo la fatiga y riesgos ergonómicos presentados por los trabajadores encargados de la siembra del arroz. El método identificado con mayor deficiencia ergonómica de la zona es el sembrado a voleo con centrifuga manual, la cual genera en el trabajador gran esfuerzo de las extremidades superiores comprometiendo el hombro, el brazo, el codo, el antebrazo, las muñecas y la mano. Este tipo de sobre esfuerzos se deben al movimiento giratorio aplicado sobre la palanca acoplada al sistema centrífugo, el cual debe ser constante para su dispersión como se muestra en la (figura 12).



Figura 12: voleadora manual

Fuente: Autor

De acuerdo a la información recolectada en varias fincas del sector se logró identificar que: para cultivar (5) hectáreas de arroz se necesita empezar por la preparación adecuada del terreno que puede tomar de 3 a 5 días, teniendo el terreno listo empiezan las jornadas de sembrado las cuales van desde (3) a (4) horas diarias durante 1 día con (5) trabajadores de experiencia realizando las labores de sembrado de forma manual. Estos empleados por sus labores diarias devengan la suma de: \$45.000 mil pesos diarios cada uno, generando así un costo de mano de obra de aproximadamente \$225.000 mil pesos.

2. Diseño contextual

Tomando la información recopilada en los sitios de sembrado en yaguará, se logró identificar que la gran mayoría de productores implementan para sus labores diarias, herramientas económicas y de fácil acceso; es por esto que se procede a implementar en el diseño, materiales y mecanismos asequibles a los agricultores, permitiéndoles conseguir los repuestos de manera fácil en las zonas urbanas más cercanas, sin la necesidad de importar o requerir piezas en los sitios web.

De acuerdo a los equipos convencionales que actualmente se comercializan en la ciudad de Neiva-Huila y que surten de maquinaria al sector agrícola, se determinó aprovechar la gran variedad de productos disponibles para adaptar y optimizar los sistemas del prototipo proyectado.

2.1 Composición del prototipo

Este diseño está dirigido a los operarios de sembradoras manuales de arroz, jornaleros, pequeños y grandes agricultores. Contribuyendo de manera directa en la disminución de riesgos laborales en los trabajadores, al avance industrial, al rendimiento laboral, y a la optimización de la productividad. El diseño pretende desarrollar la construcción de una sembradora automática, que consta de un peso menor a 25 kg y que está constituida por los siguientes elementos.

2.1.1 Sembradora manual

Según los métodos tradicionales implementados por los agricultores sembradores de arroz y la información recolectada en la zona urbana, se lograron distinguir los equipos más utilizados en el campo de trabajo, entre estos esta la sembradora manual LHAURA, siendo una herramienta diseñada para la aplicación uniforme de semillas de pastos en general,

semillas de algunas hortalizas, abonos nitrogenados granulados y en general todos aquellos productos que se apliquen al boleo, como se muestra en la siguiente (figura 13).



Figura 13: sembradora manual

Fuente: www.lhaura.com

La sembradora LHAURA se caracteriza por tener un peso bruto de 2.3 Kg y un peso neto de 1.9 Kg, capacidad en la tolva de 12 Kg, graduación de escotilla de 4 niveles para evitar el desperdicio de la semilla, posee un plato director y difusor de 0 a 120 con un alcance de hasta 6 mts de diámetro en condiciones climatológicas estables, su piñonería está fabricada en poliacetal lo que la hace altamente resistente a la corrosión y el resto de su cuerpo en material de polietileno de alta densidad y acero inoxidable.

2.1.2 Motor

Se decidió implementar un motor que se adaptara a la sembradora LHAURA, garantizando que la transmisión de movimiento que el obrero ejercía quede reducido al simple accionamiento de un gatillo de aceleración, por esta razón el motor de taladro ofrece gran número de aplicaciones y ventajas, las cuales serán expuestas más adelante.

El taladro percutor DHP453X10 marca MAKITA (figura 14), es un taladro inalámbrico con una batería recargable de 18 V, se puede utilizar de manera eficiente, reduciendo emisiones de gases contaminantes como sucede con los motores de combustión interna y ofreciendo operaciones silenciosas de alta funcionalidad.

Para que nuestra maquina entre en acción, es necesario que el taladro se acople a un eje de transmisión, siendo esto posible, gracias a la boquilla ajustable que permite adaptar accesorios de manera correcta y segura.



Figura 14: taladro DHP453X10 marca MAKITA

Fuente: www.linio.com.co

2.1.3 Eje de transmisión

Debido a que la labor del sembrador está en contacto directo con la máquina, es necesario disponer de un eje de transmisión que proporcionen al operador seguridad y comodidad, este eje debe estar cubierto con una funda que lo cubra por completo y que se acople con la boquilla del motor. Es por ello que el eje flexible de guadaña de espaldar BG430 de 90 cm. (figura 15), es el indicado para unir el motor eléctrico a la sembradora, ofreciendo un movimiento de rotación practico y seguro por su funda de protección, impidiendo que el movimiento ejercido en el eje, este en contacto con quien lo manipule.



Figura 15: eje flexible de guadaña de espaldar BG430

Fuente: www.bayen.com.co

2.1.4 Cargadera tipo mochila

El marco del equipo va en contacto con el operador por medio de una cargadera tipo mochila, que le permite al obrero llevar el propulsor y la esparcidora auestas de una manera cómoda y transportable. Es por ello que el armazón Alice militar (figura 16), es ideal para montar equipamientos en la espalda siendo muy liviano, resistente y cómodo.



Figura 16: armazón Alice militar

Fuente: www.camion-militar.com

2.1.5 Presupuesto

RECURSOS	CARACTERISTICAS	COSTO
MOTOR	Motor de taladro percutor DHP453x10 marca MAKITA	\$450.000
ESPARCIDOR DE SEMILLAS	<ul style="list-style-type: none"> • Marca LHAURA con Capacidad de 10-12 kg • Peso bruto de 2.3 kg • Peso neto de 1.9 kg. 	\$150.000

MARCO DEL EQUIPO	<ul style="list-style-type: none"> cargadera tipo mochila con marco en aluminio resistente a impactos. <ul style="list-style-type: none"> Inoxidable. 	\$90.000
CHALECO ADACTABLE AL TORSO	Tela resistente al desgaste.	\$30.000
EJE DE CABLE FLEXIBLE	Adaptación de motor a centrifuga de 2 kg	\$90.000
ASESORIAS EXTERNAS	Acudimiento a expertos en el tema.	\$280.000
OTROS	Gastos extras del proyecto	\$186.000
	TOTAL	\$1'276.000

Tabla 2: presupuesto

Fuente: Autor

2.2 Diseño prototipo

Con base en las necesidades identificadas se diseñará y desarrollará un prototipo de sembradora centrífuga de arroz con propulsor motriz portátil (figura 17), que logre mejorará el rendimiento productivo y reducir de una forma importante los riesgos ergonómicos para operador.

También se evaluará la técnica de ensamble para el sistema de acople en el equipo dispersor de semillas, de igual forma se analizará la manera de desarrollar el proyecto con recursos accesibles y económicos a la población agrícola rural.

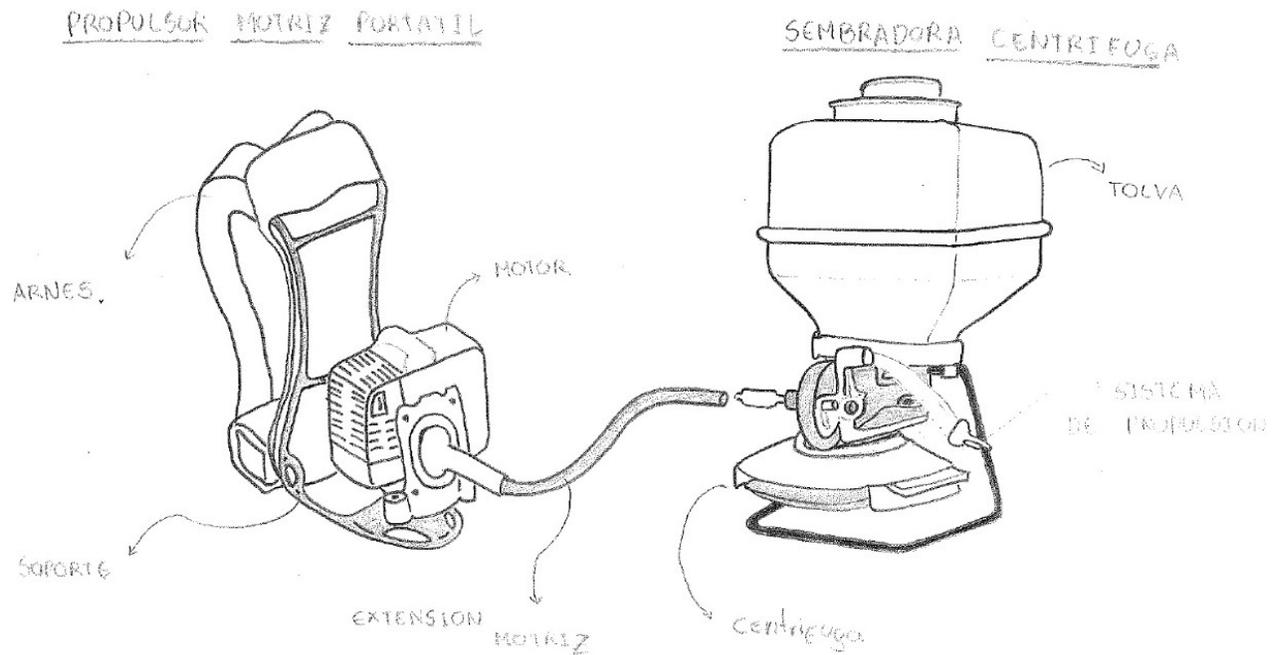


Figura 17: sembradora centrifuga de arroz con propulsor motriz portátil

Fuente: autor

El diseño pretende desarrollar la construcción de una sembradora automática, que conste de un peso total aproximado de 21.3 kg máximo, que incluye los siguientes elementos: motor de taladro MAKITA de 2 kg con batería de 18 V, sembradora manual LHAURA con un peso bruto de 2.3 kg y una capacidad de 10-12 kg, eje de cable flexible adaptado de 2 kg, cargadera tipo mochila con marco en aluminio 3 kg.

3. Determinación de trabajo de una sembradora centrífuga

Basados en la información recolectada en campo y los métodos tradicionales usados para el sembrado de la semilla de arroz, se logró establecer un método de prueba, para identificar los cálculos necesarios que permitan la optimización del diseño a implementar en el equipo. Después de analizar los procedimientos de trabajo utilizados por los operarios, se lograron determinar los requerimientos físicos de estos y así definir cuál podría ser el prototipo que mejor se adapte a las necesidades planteadas, consiguiendo con ello mayor eficiencia a nivel de producción. Para llegar a conseguir el mejor método y producción eficiente se hizo necesario determinar y calcular el ancho de trabajo, que nos permitiera identificar un sistema dosificador, para que el sembrado de la semilla sea homogénea y constante sin depender de un avance proporcional. Esto debido a que el avance de sembrado es realizado por factor humano, lo cual nos conlleva a que su movimiento es relativo a las condiciones físicas del operario.

3.1 ¿Qué es el ancho de trabajo?

El ancho de trabajo (a) de una maquina es la distancia media entre dos pasadas consecutivas de la máquina,

El operario debe recorrer con la máquina sembradora centrífuga en línea recta hasta llegar al final de la parcela, este camino que recorre será representado por una línea discontinua, al momento de girar y retomar la parcela en sentido opuesto en otra línea recta, se formara un espacio en paralelo por dichos recorridos, esta distancia que se crea entre las dos pasadas es a lo que llamaremos ancho de trabajo y será representado con la letra (a) como se muestra en la siguiente (figura 18).

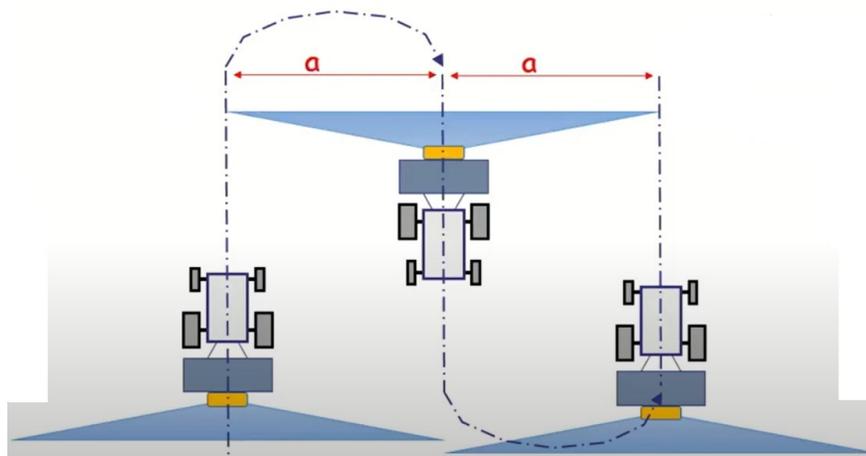


Figura 18: Ancho de trabajo

Fuente: www.riunet.upv.es

3.2 ¿Por qué es importante conocer el ancho de trabajo?

Como el proyecto utilizará siempre la misma sembradora centrífuga de tracción humana, por cada pasada que haga el operario, aplicará una cantidad de semillas heterogénea en cada punto, debido al ángulo del disco aspersor de la centrífuga; por tanto, habrá zonas con mayor y menor cantidad de semillas, determinando que las zonas centrales por donde pasa la máquina recibirán mayor cantidad y las zonas más retiradas recibirán la menor cantidad. Al momento en que el operario gira y regresa a una distancia (a sub 1), podemos notar que la cantidad de semillas aplicadas no son homogéneas y esto depende de que el valor (a sub 1) sea mayor o menor, como se observa en la siguiente (figura 19).

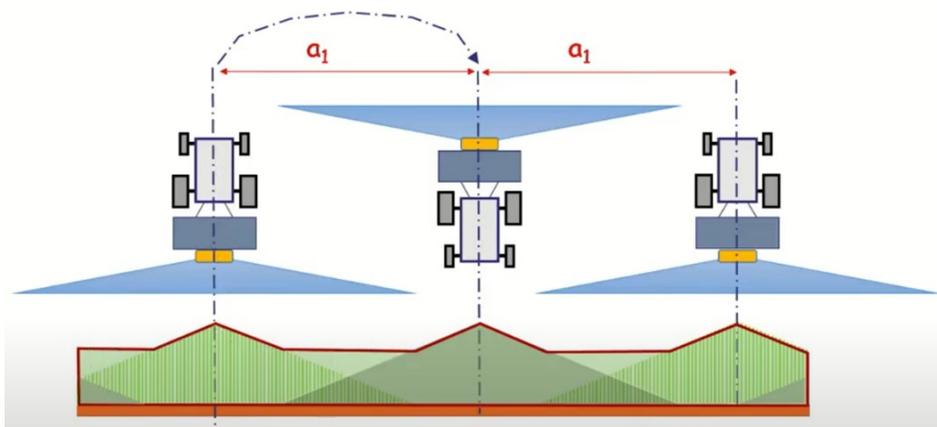
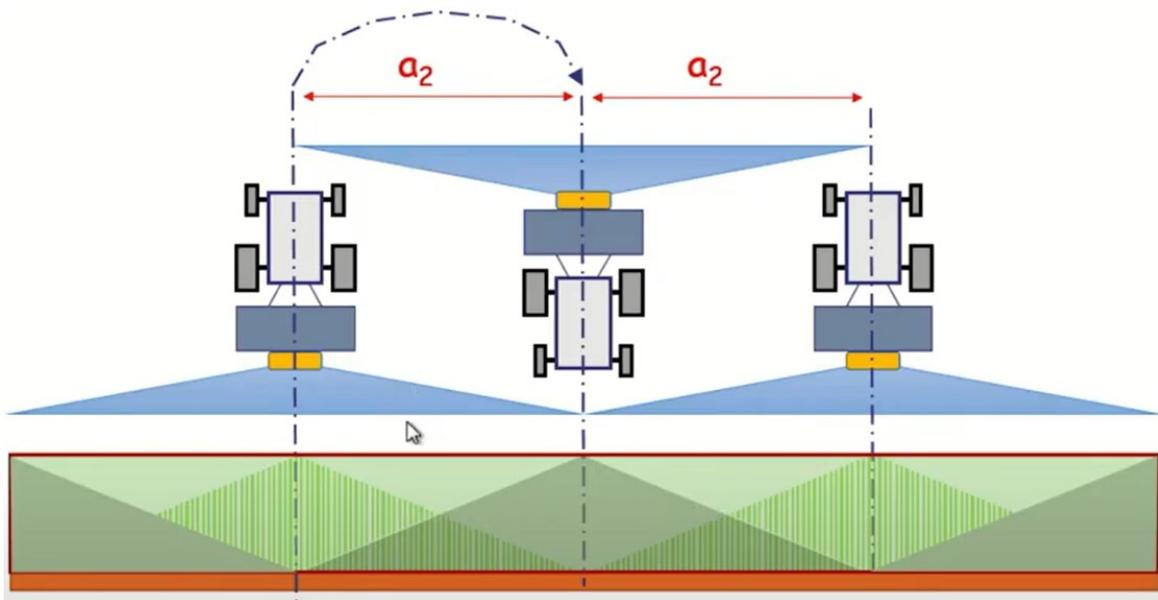


Figura 19: ancho de trabajo a una distancia (a sub 1)**Fuente:** www.riunet.upv.es

Para aplicar una cantidad de grano homogéneo en cada punto del terreno, se analiza la cantidad de semillas conseguidas en cada zona de la siembra, con la distribución de la segunda pasada de la maquina con el ancho de trabajo ($a_{sub\ 1}$). Determinando un nuevo ancho de trabajo ($a_{sub\ 2}$), en el cual la suma de la cantidad de semillas conseguidas en la primera pasada más la cantidad de semillas de la segunda pasada, logremos conseguir un total homogéneo en cada zona de la siembra; es decir que con el ancho de trabajo ($a_{sub\ 2}$), optimicemos al máximo la distribución transversal del sembrado en el suelo. Teniendo en cuenta que la sembradora utilizada en el proyecto es una máquina de distribución transversal triangular, por lo que las pruebas se realizaron con las características y regulaciones que ella presenta, como se muestra en la siguiente (figura 20).

**Figura 20:** ancho de trabajo adecuado**Fuente:** www.riunet.upv.es

3.3 ¿Qué factores influyen en la distribución transversal?

El funcionamiento de la sembradora centrífuga, se basa en el principio de caída por gravedad del grano acumulado en una tolva, siendo agitada y regulada por un distribuidor que desplaza el grano por una escotilla de salida, graduándolas en cuatro (4) niveles que permiten dosificar de manera aleatoria la cantidad de semilla a esparcir (figura 21). Dicha cantidad cae sobre un disco giratorio provisto de ocho (8) aspas impulsado mecánicamente, que se encarga de impulsar la semilla y esparcirla por todo el ancho de trabajo en la zona de siembra, como se muestra en la siguiente (figura 22).

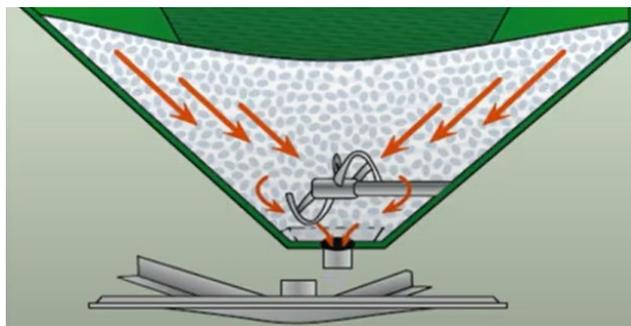


Figura 21: sistemas de graduación y desplazamiento

Fuente: www.riunet.upv.es

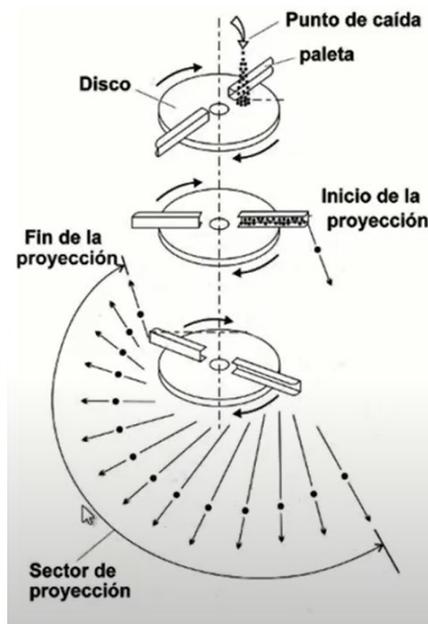


Figura 22: sistema de dosificación

Fuente: www.riunet.upv.es

Entre los factores que influyen en la distribución transversal de la siembra de arroz, tenemos en primer lugar el ancho de distribución, que para nuestro caso la sembradora cuenta con una salida de aspersion de 0° a 120° con un alcance de 3 metros de radio de distancia aprox. Otro factor que influye en la distribución es la cantidad de semillas que salen de la tolva hacia el disco giratorio, el cual cuenta con 4 posiciones, es importante aclarar que un factor determinante al momento de distribuir la semilla son las características que está presente como son: la densidad de la granulometría y la humedad.

Un factor más que condiciona la distribución es el tamaño del disco y la cantidad de aspas que posea, debido a que tanto el diámetro como el número de aspas influyen directamente en la distancia y la continuidad de la salida del producto. Es de anotar que un factor importante en la distribución es la velocidad de rotación u oscilación de los elementos de proyección, determinados por la cantidad de giros por minuto. La altura del disco distribuidor con respecto del suelo es un factor relativo debido a la diversidad en la talla de los operarios.

Por ultimo influirán las condiciones ambientales como son: la velocidad y dirección del viento, que contribuirán en la alteración para la distribución de la semilla de arroz en el terreno.

3.4 ¿Cómo determinar el ancho de trabajo de una sembradora centrífuga?

Visto los factores que influyen en la distribución transversal de la semilla, se hace necesario establecer un área constante de sembrado a lo cual llamaremos ancho de trabajo. Para lograr determinar el ancho de trabajo ideal, se tomarán en cuenta las siguientes condiciones:

1. Se tomará en cuenta el diseño de la sembradora, ya que esta viene con unos factores específicos, determinados de fábrica que no podemos cambiar.
2. Se definirá el tipo de semilla, ya que su densidad va a influir en el ancho de trabajo y su alcance será relativamente distinto.
3. Se determinará el nivel de dosificación más adecuado al momento de distribuir para optimizar el riego y no desperdiciar el grano

4. Elegiremos las revoluciones de giro de la toma de fuerza, que van a condicionar el giro del distribuidor, es decir, no se cambiará la fuerza de giro y será constante, para que nuestro ancho de trabajo no cambie.
5. Se delimitará una tolerancia para la altura del operador, permitiéndole manejar lo más constante posible la distancia que exista entre el distribuidor y el suelo.

4. Simulación y resultados

En este capítulo está planteado el análisis de los resultados del estudio que se realizó en el campo, en donde a partir de la recolección de datos, se determinaron los parámetros de diseño, que fueron usados para una mejor distribución en la semilla.

De acuerdo a las condiciones analizadas en campo, se logró determinar la fuerza aplicada en la sembradora por un operario; calculando así el número de giros completados del disco difusor por minuto, al ser accionado por una manivela que transforma la fuerza rotativa en velocidad de impulso para el riego de la semilla. La manera en que se obtuvieron los resultados del estudio fueron las siguientes:

1. Calcular la relación de giro (RG) entre la manivela y el disco difusor. Esto se logra colocando una marca en la circunferencia del disco que permita analizar el número de vueltas generadas por cada giro completo del eje de la manivela (tabla 2).
2. Realizar pruebas de accionamiento manual por parte del operador. Se solicita a un trabajador, ejerza la función de riego de semilla con la sembradora centrífuga a un ritmo relativamente constante, cuantificando así el número de giros aplicados al eje de la manivela por minuto; esta prueba se repite cinco (5) veces, tomando en cada uno los datos de los resultados y promediándolos entre sí, para conseguir una media aritmética que sirva de referencia al momento de adaptar el nuevo sistema de propulsión mecánico.
3. De acuerdo a los resultados obtenidos en las pruebas de la (tabla 3) se llegó a la conclusión que: la relación de giro entre manivela y disco es aprox. (9.5 GPM), consecutivamente la cantidad de giros sobre el eje de la manivela aplicados manualmente son un promedio de (89.8 GPM) giros por minuto. Teniendo como base los anteriores datos podemos determinar que la fuerza del sistema propulsor

mecánico debe adaptarse a un promedio de (853.1 GPM) giros por minuto en el disco difusor.

Cantidad giros manivela	Cantidad giros disco difusor
1	9.5

Tabla 3: relación de giro entre manivela y disco (RG)

Fuente: Autor

El número de vueltas generadas en el disco difusor por cada giro completo del eje de la manivela es a lo que llamamos relación de giro (R.G) = 9.5.

Prueba (N)	Numero de giros de manivela por minuto (X)	Número de vueltas en el disco difusor por minuto de giros de la manivela (n)
1	112	1064
2	89	845.5
3	92	874
4	72	684
5	84	798

Tabla 4: Cuadro de pruebas

Fuente: Autor

$$n_i = X_n * RG$$

n_i = # de vueltas generadas en el disco

X_n = #de giros de manivela (por minuto)

R.G = # de vueltas generadas en el disco difusor por cada giro de la manivela

$$n_1 = 112 \times (9.5) = 1064 \text{ G.P.M}$$

$$n_2 = 92 \times (9.5) = 874 \text{ G.P.M}$$

$$n_3 = 89 \times (9.5) = 845.5 \text{ G.P.M}$$

$$n_4 = 84 \times (9.5) = 798 \text{ G.P.M}$$

$$n_5 = 72 \times (9.5) = 684 \text{ G.P.M}$$

La Media (M) resultante de las pruebas realizadas se consigue a través del siguiente método:

$$M = \frac{\sum X_n}{N}$$

M = punto medio de giros generados en la manivela

X_n = sumatoria de los # de giros en las cinco (5) pruebas

N = # de pruebas hechas

$$M = \frac{112 + 92 + 89 + 84 + 72}{5}$$

$$M_{requerida} = 89.8 \text{ GPM}$$

$$n_{requerida} = 89.8 \times (9.5) = 853.1 \text{ GPM}$$

Teniendo en cuenta el promedio de giros arrojado por las pruebas, se determina el valor en giros por minuto (G.P.M) necesarios para aplicarle al nuevo sistema de propulsión mecánico, que permita desarrollar el mejor funcionamiento del prototipo.

Para hallar el valor definido (89.8 G.P.M) en el sistema de propulsión mecánico, se hace necesario realizar ensayos de velocidad con el equipo, de manera manual y progresiva hasta lograr establecer los giros determinados. Después de haber establecido la velocidad estándar en el equipo, se debe fijar como tope máximo para así mantener el promedio de giro especificado.

4.1 Ensayo de distribución transversal

Para definir cuál es el área de riego de semilla óptimo, se realiza un ensayo de campo utilizando el prototipo ya ensamblado y acondicionado para la labor; este ensayo se logra de la siguiente manera:

Escoger un terreno amplio y despejado en el cual se pueda simular el procedimiento de sembrado, posteriormente se ubicarán unas bandejas a una distancia equidistante y perpendicular al sentido de avance del operario (figura 23). Teniendo ubicadas las bandejas se marcará un eje medio entre estas, el cual servirá de guía para el recorrido de sembrado, es de anotar que el avance del operario con el prototipo debe ser una velocidad constante y una altura promedio (figura 24).



Figura 23: ubicación de bandejas

Fuente: autor



Figura 24: operación del prototipo

Fuente: autor

4.2 Recolección de datos

Iniciado el ensayo de riego de semilla, cuantificamos la cantidad de granos recogidos en cada bandeja tras la primera pasada de riego de ida como se ve en la (figura 25) y (figura 26); con este ejercicio podemos observar que el número de granos en cada una de las bandejas es irregular, notando también que las bandejas de los extremos reciben la menor cantidad de granos a diferencia de las bandejas centrales las cuales reciben la mayor cantidad. Después de recolectar estos datos se procede a realizar una segunda pasada de riego de vuelta o en sentido contrario, a un ancho de trabajo (2 METROS) que permita tener como referencia una distancia aleatoria; al terminar esta segunda pasada, se promedia la sumatoria de semillas recogidas en cada bandeja (figura 27) y posterior mente se llevan a la base de datos para diferenciarlos como se muestra en la (tabla 4).



Figura 25: recolección de semilla

Fuente: autor



Figura 26: División de semilla por bandeja

Fuente: autor



Figura 27: promediando las semillas recogidas

Fuente: autor

bandeja	Distribución de ida	bandeja	Distribución de vuelta
1	2	5	5
2	9	6	8
3	11	7	10
4	16	8	15
5	14	9	16
6	12	10	14
7	5	11	4
8	1	12	3

Sumatoria total de bandejas												
bandejas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
valores	2	9	11	16	19	20	15	16	16	14	4	3

Tabla 5: comparación de semillas recolectadas

Fuente: autor

De acuerdo a la información recolectada en este ejercicio, podemos determinar que el ancho de trabajo (2 METROS) no es eficiente para las labores de sembrado, debido a la desigualdad en la cantidad de semillas recolectadas en cada bandeja.

4.3 Determinación del ancho de trabajo ideal

Teniendo en cuenta que la base del ensayo es hallar la optimización de sembrado con el prototipo diseñado, se procede a determinar el ancho de trabajo ideal, para que el riego de semilla sea lo más homogéneo posible al momento de sembrar. Esto nos lleva a calcular la distancia adecuada para la segunda pasada de riego, que consiga recolectar las mismas cantidades de grano en cada bandeja del ensayo.

Para determinar este ancho de trabajo ideal, se hace necesario utilizar un coeficiente de variación (C.V) que determine la uniformidad de riego, este se consigue así:

$$\theta = \frac{\sum Y_i}{M}$$

$\theta = \text{valor medio}$

$Y_i = \text{numero de semillas en cada caja}$

$M = \text{numero de cajas}$

$$\theta = \frac{2 + 9 + 11 + 16 + 19 + 20 + 15 + 16 + 16 + 14 + 4 + 3}{12}$$

$$\theta = 12$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (Y_i + \theta)^2}{M - 1}}$$

$s = \text{desviacion tipica}$

$$S = \sqrt{\frac{(2 + 12)^2 + (9 + 12)^2 + (11 + 12)^2 + (16 + 12)^2 + (19 + 12)^2 + (20 + 12)^2 + (15 + 12)^2 + (16 + 12)^2 + (16 + 12)^2 + (14 + 12)^2 + (4 + 12)^2 + (3 + 12)^2}{12 - 1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{7389}{11}}$$

$$S = 25.91770192$$

$$C.V (\%) = \frac{S}{\theta}$$

$C.V =$ *coeficiente de variacion*

$$C.V (\%) = \frac{25.91770192}{12}$$

$$C.V = 2.159808493 \%$$

Si el coeficiente de variación nos da cero (0) significaría que obtendríamos la misma cantidad de semilla que en todas las bandejas, conforme ese valor se acerque más a cero (0), la distribución será más homogénea. Este coeficiente de variación, va a depender del ancho de trabajo que el operador ofrezca al momento de hacer el trabajo.

$0\% < C.V < 15\% \rightarrow$ *uniformidad buena*

$15\% < C.V < 25\% \rightarrow$ *uniformidad aceptable*

$25\% < C.V \rightarrow$ *uniformidad inaceptable*

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

En el proceso de selección de la sembradora prototipo, se analizaron diferentes factores que afectan la forma tradicional de cultivar arroz; las maquinas utilizadas por el gremio de pequeños agricultores, evidencio la necesidad de avanzar a nuevos sistemas de cultivo, uno de estos es la mecanización y automatización de los equipos de riego por voleo.

En la revisión documental de tecnología disponible en el proceso del cultivo de arroz, se evidencia que la implementación de una sembradora prototipo genera mayor productividad en el sector agrario, porque al implementar sistemas mecánicos permite dar una correcta uniformidad en el control de la dosificación de siembra, como también mitigar directamente las condiciones que afectan la salud del trabajador, mejorando sustancialmente la ergonomía en proceso de dicha labor.

Basados en los resultados que arrojó la prueba del ancho de trabajo ideal, efectuados con el prototipo de sembradora mecánica, se logró determinar un coeficiente de variación que permite aprovechar al máximo la homogeneidad del grano sembrado, este coeficiente evita el desperdicio innecesario de la semilla que a largo plazo representa un sobre costo que afecta directamente la economía del agricultor.

5.2 Recomendaciones

Debido a que la labor del sembrador está en contacto directo con la maquina es necesario disponer de guantes de protección (figura 19) que permitan un buen agarre y evite lesiones en las manos.



guantes de protección

Fuente: www.elagricultor.com

gafas de seguridad (figura 20) que le protejan la visión al obrero de partículas al momento de esparcir el producto.



Gafas de seguridad

Fuente: www.mascarillasparatodos.com

protectores auditivos (figura 21) que reduzcan el ruido generado por el motor y así evitar estrés, cansancio, lesiones auditivas, etc.



: protectores auditivos

Fuente: www.aeeprovedores.com

El uso de tapabocas (figura 22) para evitar la entrada de corpúsculos del producto y/o elementos gaseosos en el entorno que puedan afectar la salud del trabajador.



tapabocas

Fuente: www.fullmineria.com

es conveniente que se realicen pausas activas por intervalos de tiempo y descansos de acuerdo al área de trabajo, para aliviar fatigas producidas por ciclos de trabajos repetitivos. Los reposos suficientes incrementan el estado anímico y físico del obrero para generar un mayor rendimiento.

A. Anexo: Sembradora LHAURA



B. Anexo: taladro desarmado



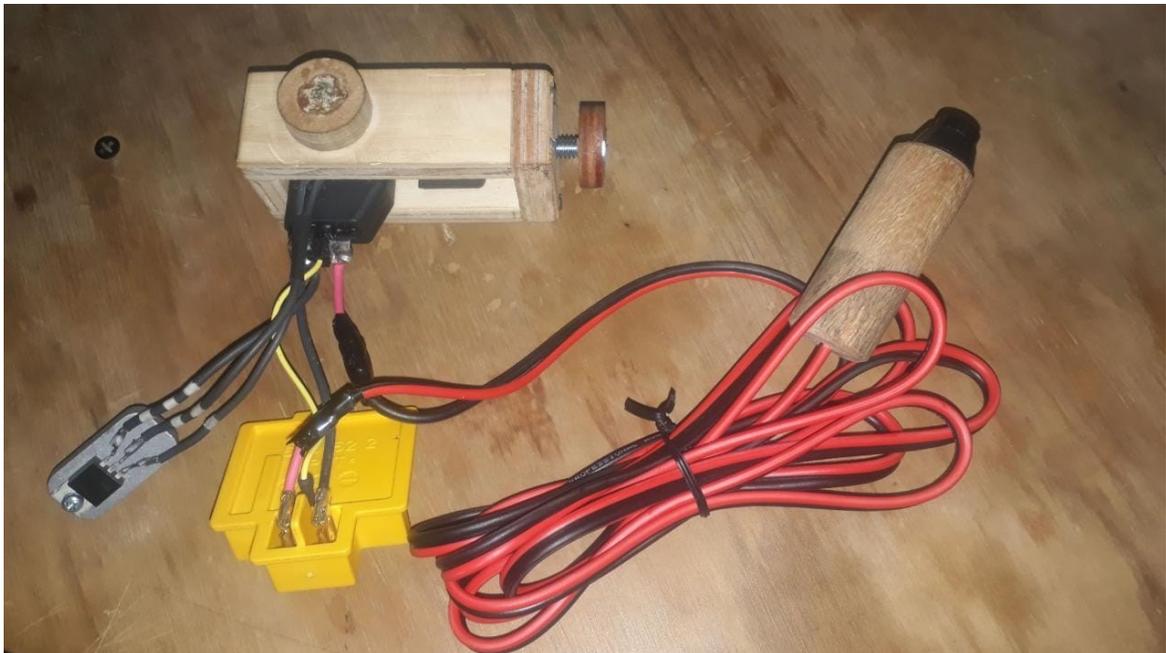
C. Anexo: Gatillo de aceleración



D. Anexo: Regulador de velocidad



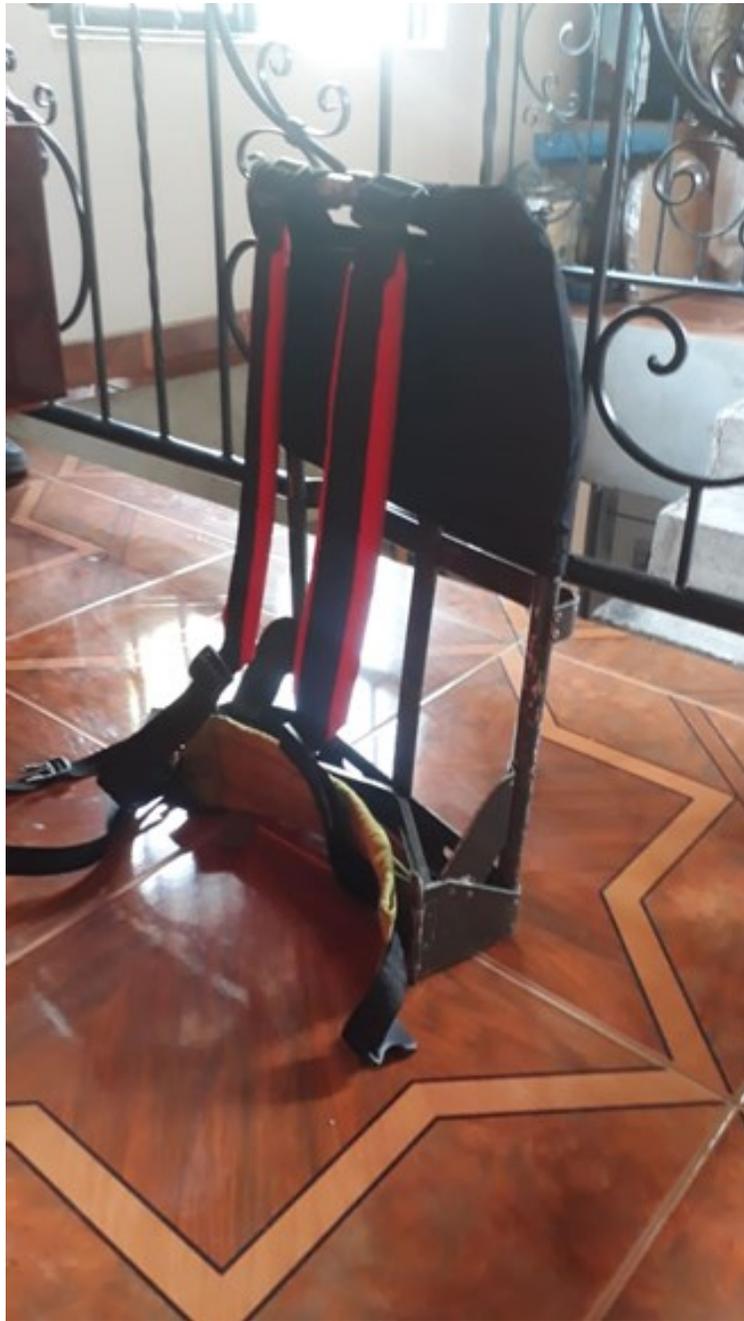
E. Anexo: adaptación de interruptor y regulador



F. Anexo: dispositivo motriz ensamblado



G. Anexo: Cargadera tipo mochila



H. Anexo: Eje Flexible



I. Anexo: Ensamble



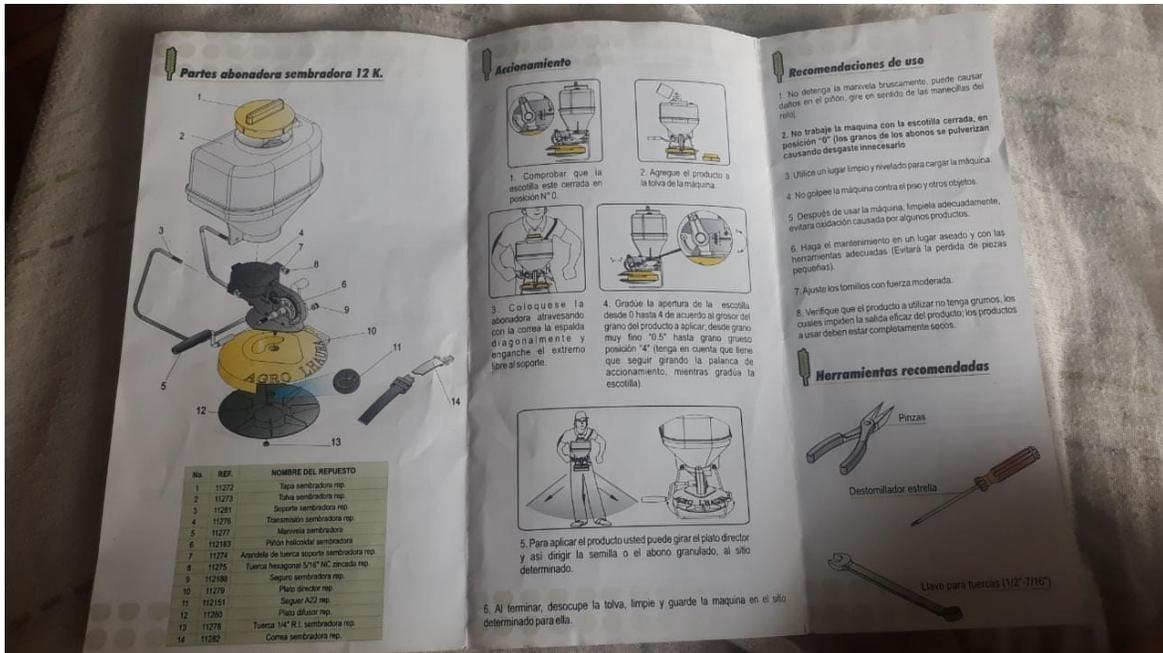
J. Anexo: Ensamble eje-motor



K. Anexo: ensamble eje-sembradora



L. Anexo: ficha técnica de sembradora LHAURA



Bibliografía

- Brugés Nivia, C. G. (21 de 08 de 2017). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN Y OPERACIONES PARA LA*. Obtenido de universidad sergio arboleda: <https://repository.usergioarboleda.edu.co/handle/11232/1117>
- Castilla, L., Pineda, D., Ospina, J., Echeverry, J., Perafan, R., Garces, G., . . . Diaz, A. (noviembre-diciembre de 2010). *FEDEARROZ*. Obtenido de <http://www.fedearroz.com.co/revistanew/arroz489.pdf>
- Gabriel Montes Ll., R. C. (s.f.). *LA ECONOMÍA DEL ARROZ EN COLOMBIA**. Obtenido de https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/RevistaPD/1980/pd_vXII_n1_1980_art.2.pdf
- Guadalupe, L. S. (1 de agosto de 2016). *gestiopolis*. Obtenido de Impacto de la Ergonomía en la productividad: <https://www.gestiopolis.com/impacto-la-ergonomia-la-productividad/>
- Manrique, A. D. (abril de 2011). *RAICES DE LA AGROINDUSTRIA EN EL HUILA* . Obtenido de <file:///C:/Users/USUARIO/Desktop/owen/10%20semestre/proyecto%20de%20grado%20plantillas/original/arroz/Dialnet-RaicesDeLaAgroindustriaEnElHuilaElArrozPioneroDeUn-4336273.pdf>
- Ricardo Andrés García-León, Á. A.-Q.-C. (5 de 12 de 2016). Obtenido de DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE SEMBRADORA MECÁNICA DE GRANOS, ALTERNATIVA AGRÍCOLA: <https://revistas.ufps.edu.co/index.php/ingenio/article/view/2122>
- Ricardo Andrés García-León, Á. A.-Q.-C. (5 de 12 de 2016). Obtenido de Diseño de un prototipo de sembrador mecánica de granos, alternativa agrícola: <https://revistas.ufps.edu.co/index.php/ingenio/article/view/2122>
- Sembradora con dosificación y tubos de caída independientes*. (s.f.). Obtenido de boletinagrario.com: <https://boletinagrario.com/f796,tipos-sembradoras.html>
- Sembradora específica para pratenses con rodillos acanalado*. (s.f.). Obtenido de boletinagrario.com: <https://boletinagrario.com/f796,tipos-sembradoras.html>
- Sembradora monograno de 6 cuerpos* . (s.f.). Obtenido de boletinagrario.com: <https://boletinagrario.com/f796,tipos-sembradoras.html>

Tropical, C. I. (abril de 2005). *guia de estudio* . Obtenido de Morfología de la Planta de Arroz : https://www.betuco.be/rijst/Morfologia_planta_arroz.pdf

tvAgro. (26 de Agosto de 2016). *youtube*. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=Q_Xxr4oNds&t=156s

Wales, J. (24 de Agosto de 2020). *Wikipedia*. Obtenido de Sembradora: <https://es.wikipedia.org/wiki/Sembradora>

www.lhaura.com. (s.f.). Obtenido de <file:///C:/Users/USUARIO/Desktop/owen/10%20semestre/proyecto%20de%20grado%20plantillas/original/fichatecnicaABONADORA-SEMBRADORA-12-K.-REF.-10502.pdf>