

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA



**INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR,
MODALIDAD DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

TEMA:

**“MÁQUINA SEMBRADORA DE ARVEJAS PARA PEQUEÑOS
PRODUCTORES”**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Agricultura, Diseño Mecánico.

AUTOR: Jonathan Josué Ortiz Ortega

DIRECTOR: Ing. Ojeda Peña David Alberto, PhD

Ibarra - Ecuador

2023



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	0450210067		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Ortiz Ortega Jonathan Josué		
DIRECCIÓN:	Barrio Sur – Parroquia La Paz - Carchi		
EMAIL:	jjortizo@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	NA	TELÉFONO MÓVIL:	0963813746

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Máquina sembradora de arvejas para pequeños productores
AUTOR (ES):	Ortiz Ortega Jonathan Josué
FECHA: DD/MM/AAAA	12/12/2023
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en mecatrónica.
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. David Alberto Ojeda Peña, PhD

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 12 días del mes de diciembre del 2023.

EL AUTOR:

(Firma).....

Nombre: Ortiz Ortega Jonathan Josué

**CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE
INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Ibarra, 12 de diciembre de 2023

Ing. David Alberto Ojeda Peña, PhD.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de titulación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Unidad Académica de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.



(f)

Ing. David Alberto Ojeda Peña, PhD
C.C.: 1757898489

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Tribunal Examinador del trabajo de titulación “**MÁQUINA SEMBRADORA DE ARVEJAS PARA PEQUEÑOS PRODUCTORES.**” elaborado por Ortiz Ortega Jonathan Josué, previo a la obtención del título de Ingeniero en Mecatrónica, aprueba el presente informe de investigación de la Universidad Técnica del Norte:

(f).....

Ing. David Alberto Ojeda Peña, PhD.

(f).....

Ing. Brizeida Nohemí Gámez Aparicio, PhD.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres Alejandro y Rosa, por ser mi pilar durante todo el proceso académico que, gracias a su amor, buenos valores, comprensión y sacrificios han sido el motor para conseguir mi éxito académico.

A mi abuelita Lidia, que con sus palabras antes de partir de este mundo fueron la motivación para lograr mi meta.

A mis hermanas, por su apoyo, amor, paciencia y colaboración en distintas actividades en mi etapa de formación.

A mi familia materna, por su apoyo moral y económico en etapas complicadas.

A todas las personas que creyeron en mí y me ayudaron alcanzar esta meta. Mi formación y este trabajo es gracias a todos ustedes.

Jonathan

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a la Virgen de La Paz por cuidarme, guiarme, y darme fortaleza en el transcurso de mi vida, a mi familia por su apoyo incondicional, valores, amor, palabras de aliento, y por tener fe en mí.

A mi papá Alejandro Pozo, gracias por inculcarme el arte del estudio, los buenos valores y modales, por ser mi principal apoyo y sacrificarte día a día para que cumpla mis sueños, sobre todo, gracias por permitirme conocer el verdadero amor de un padre.

A mis amigos y compañeros, gracias por su amistad, consejos, palabras de aliento, noches de desvelo en la universidad, y sobre todo por ser un equipo maravilloso.

A mi tutor Ing. David Ojeda, aun no encuentro las palabras para expresarle lo agradecido que estoy por dedicarme su tiempo, paciencia, dedicación, y brindarme palabras de aliento durante la elaboración de mi trabajo.

A mi asesora Ing. Brizeida Gámez por darme un tiempo para solventar todas mis dudas cada vez que lo requerí.

Finalmente agradezco a todos los docentes y personal técnico de mi carrera que durante el transcurso de mi trabajo supieron darme opiniones de cómo mejorar y donde encontrar los distintos implementos que necesitaba y a los agricultores de mi parroquia por su paciencia, colaboración e instrucción sobre todo lo que necesite saber para una buena labranza y de esta manera mejorar mi máquina.

RESUMEN

El cultivo de arveja en Ecuador ha aumentado su demanda en el mercado significativamente durante el transcurso del tiempo, razón por la que los agricultores de la sierra centro del país optan por sembrar esta leguminosa por sus múltiples beneficios; sin embargo, la falta de innovación dentro de los procesos de sembrado agrícola ha producido una serie de problemas como económicos, físicos, psicológicos y productivos. De acuerdo con lo expuesto anteriormente, el presente trabajo está orientado al desarrollo de una máquina sembradora de arvejas que satisfaga las necesidades de los pequeños productores. La metodología se direccionó a un enfoque ingenieril para una solución alternativa hacia la problemática que se desencadena en los agricultores de la parroquia de La Paz, Carchi, por consiguiente, se basó en la investigación documental mediante la recopilación de diferentes fuentes bibliográficas confiables, seguidamente, se recopiló información a través de una entrevista (investigación de campo) sobre los criterios que debe disponer la máquina, finalmente, se utilizó el software SolidWorks para el diseño, ensamble y elaboración de planos del prototipo, de igual forma, se desarrolló los respectivos cálculos analíticos determinando el factor de seguridad de los elementos que están sometidos a esfuerzos. En el proceso de implementación de la máquina se constató que cumplía con las características para un buen proceso de sembrado de arveja, permitiendo una buena germinación de las plantas. De la misma manera, se constató el tiempo y la cantidad de personal, la cual fue menor, debido a que de la forma tradicional el trabajo era realizado por 8 personas para sembrar una hectárea de terreno en una jornada laboral de 8 horas y con la implementación de la máquina solo se utilizó una persona en una jornada laboral de 10 horas.

Palabras clave: Máquina sembradora, Arvejas.

ABSTRACT

The cultivation of peas in Ecuador has increased its market demand significantly over time, which is why farmers in the central highlands of the country choose to plant this legume for its multiple benefits; however, the lack of innovation in agricultural sowing processes has produced a series of economic, physical, psychological and productive problems. According to the above, the present work is oriented to the development of a pea sowing machine that meets the needs of small producers. The methodology was directed to an engineering approach for an alternative solution to the problem that is triggered in the farmers of the parish of La Paz, Carchi, therefore, it was based on documentary research by collecting different reliable bibliographic sources, then, information was collected through an interview (field research) on the criteria that the machine should have, finally, SolidWorks software was used for the design, assembly and development of plans of the prototype, likewise, the respective analytical calculations were developed to determine the safety factor of the elements that are subject to stress. In the process of implementing the machine, it was found that it complied with the characteristics for a good process of sowing peas, allowing a good germination of the plants. In the same way, the time and number of personnel was reduced, because in the traditional way the work was done by 8 people to plant one hectare of land in a workday of 8 hours and with the implementation of the machine only one person was used in a workday of 10 hours.

Keywords: Seeding machine, Peas.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1.	Planteamiento del problema	2
1.2.	Objetivos	3
1.2.1.	Objetivo General	3
1.2.2.	Objetivos específicos	3
1.3.	Justificación.....	3
1.4.	Alcance.....	4
2.	CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL	5
2.1.	Antecedentes	5
2.2.	Marco teórico	13
2.2.1.	Semilla de arveja	13
2.2.2.	Tipos de semillas de arveja	14
2.2.3.	Selección del terreno.	16
2.2.4.	Preparación del suelo	16
2.2.5.	Selección de la semilla	17
2.2.6.	Sembrado manual.....	18
2.2.7.	Caracterización de la siembra	19
2.2.8.	Función de la siembra mecanizada	20
2.2.9.	Tipos de sembradoras.....	21

3.	CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....	31
3.1.	Enfoque y tipos de investigación	31
3.2.	Diseño de la investigación.....	31
4.	CAPÍTULO IV: RESULTADOS	35
4.1.	Especificaciones del dispositivo a diseñar	35
4.1.1.	QFD – Casa de la calidad.....	36
4.1.2.	Matriz morfológica.....	42
4.2.	Alternativas de solución	43
4.2.1.	Primera alternativa de solución.....	43
4.2.2.	Segunda alternativa de solución.....	45
4.2.3.	Tercera alternativa de solución	47
4.3.	Selección de la mejor solución.....	49
4.4.	Especificaciones de la solución.....	52
4.4.1.	Bastidor	52
4.4.2.	Sistema de empuje.....	53
4.4.3.	Sistema de transmisión de potencia	54
4.4.4.	Sistema de siembra a precisión.	54
4.5.	Poblacion relativa.....	56
4.5.1.	Tiempo aproximado de siembra.....	57
4.6.	Cálculos y Análisis Estáticos	58

4.6.1.	Diseño del surcador.....	58
4.6.2.	Estudio del chasis.....	62
4.7.	Construcción y ensamble de la máquina.....	65
4.7.1.	Chasis.....	66
4.7.2.	Tolva.....	67
4.7.3.	Sistema dosificador.....	68
4.7.4.	Sistema siembra a precisión.....	69
4.7.5.	Sistema de transmisión de potencia.....	70
4.7.6.	Construcción total.....	71
4.8.	Pruebas y análisis.....	71
4.8.1.	Pruebas de funcionamiento.....	71
4.8.2.	Análisis de resultados.....	72
4.9.	Costos.....	73
4.9.1.	Costos de materiales.....	73
4.9.2.	Costo de Fabricación.....	74
2.	CONCLUSIONES.....	75
3.	RECOMENDACIONES.....	76
5.	ANEXOS.....	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1	Máquina sembradora manual de maíz [4].	5
Figura 2. 2	Máquina electromecánica para semillas [5].	6
Figura 2. 3.	Sembradora de ajo [6].....	7
Figura 2. 4.	Sembradora de 4 hileras con dosificador de fertilizante [7]	8
Figura 2. 5.	Sembradora automática [8].....	9
Figura 2. 6.	Sembradora mecánica manual [9].	9
Figura 2. 7.	Máquina semiautomática sembradora de maíz [10].	10
Figura 2. 8.	<i>Sembradora punzadora</i> [11].....	11
Figura 2. 9.	Máquina sembradora de papas [12].	12
Figura 2. 10.	Sembradora en bandejas [13].	12
Figura 2. 11.	Semilla de arveja de alta calidad [14].	14
Figura 2. 12.	Macollaje de la semilla de arveja Quantum.....	15
Figura 2. 13.	Surcos para el sembrado de arveja.	17
Figura 2. 14.	Pruebas de germinación de las semillas de arveja de alta calidad [14].	17
Figura 2. 15.	Siembra por el método de golpeo.	18
Figura 2. 16.	Sembradora al voleo con rodillos encanalados [18].	22
Figura 2. 17.	Sembradora en línea de discos neumática [20].	23
Figura 2. 18.	Sembradora monograno [21].	24
Figura 2. 19.	Máquina sembradora manual [22].	26
Figura 2. 20.	Dosificador tipo cuchara [4].	27
Figura 2. 21.	Dosificador por rodillos acanalados [18].	28
Figura 2. 22.	Dosificador de rodillos dentados [18]	29

Figura 2. 23. Dosificador centrífugo [4].	29
Figura 2. 24. Dosificador neumático [25].	30
Figura 4.1 Requerimientos del cliente	38
Figura 4.2 Parámetros técnicos	39
Figura 4.3 Cálculo de la importancia técnica absoluta	40
Figura 4.4 Evaluación de importancias y competitividad.....	40
Figura 4.5 Matriz de planeación	41
Figura 4. 6 Primera propuesta de solución ensamblada.....	43
Figura 4. 7 Dispositivo en explosión.	44
Figura 4. 8 Ensamble de la segunda alternativa de solución.	45
Figura 4. 9 Vista explosionada del modelo 2.....	46
Figura 4. 10 Tercer diseño ensamblado	47
Figura 4. 11 Vista explosionada del modelo 3.....	48
Figura 4. 12 Bastidor.....	53
Figura 4.13 Sistema de empuje	53
Figura 4. 14 Sistema catalina – piñón.	54
Figura 4.15 Sistema de siembra a precisión.....	55
Figura 4. 16 Prototipo del abre surcos	58
Figura 4. 17 Surcador sometido a esfuerzos	59
Figura 4. 18 Dimensiones fabricante.	60
Figura 4. 19 Propiedades el acero ASTM A36 según su fabricante [29].....	61
Figura 4. 20 Fuerzas en el plano X – Y.	62

Figura 4. 21	Diagrama de Fuerzas cortantes plano X-Y.....	63
Figura 4. 22	Diagrama Momento flector plano X-Y.	63
Figura 4. 23	Chasis de la máquina sembradora.	66
Figura 4. 24	Construcción de la tolva.	67
Figura 4. 25	Construcción y ensamblaje del sistema dosificador.	68
Figura 4. 26	Dosificador.	68
Figura 4. 27	Sistema de siembra a precisión.....	69
Figura 4. 28	Sistema de transmisión catalina – Piñón.	70
Figura 4. 29	Máquina sembradora de semillas de arveja.....	71
Figura 4. 30	Pruebas de funcionamiento.....	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1	Funciones de una sembradora mecánica [17].	20
Tabla 4. 1	Casa de la calidad.	37
Tabla 4. 2	Matriz morfológica de las alternativas de diseño.	42
Tabla 4. 3	Descripción de los elementos de la primera alternativa de solución.	44
Tabla 4. 4	Descripción de los elementos de la segunda alternativa de solución.	46
Tabla 4. 5	Descripción de los elementos de la tercera alternativa de solución.	48
Tabla 4. 6	Ponderación de criterios.	49
Tabla 4. 7	Evaluación de cada criterio "Mantenimiento"	50
Tabla 4. 8	Evaluación de cada criterio "Fácil uso"	50
Tabla 4. 9	Evaluación de cada criterio "Costo"	50
Tabla 4.10	Evaluación de cada criterio "Elementos disponibles"	51
Tabla 4.11	Evaluación de cada criterio "Funcionamiento"	51
Tabla 4.12	Evaluación de cada criterio "Peso"	51
Tabla 4. 13	Fricción del suelo dependiendo de su tipo[28].	59
Tabla 4. 14	Matriz de seguimiento.	65
Tabla 4. 15	Materiales para la construcción del chasis	66
Tabla 4. 16	Costos de Materia prima.	73
Tabla 4. 17	Costos de fabricación	74

1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

La arveja (*Pisum sativum*) es un cultivo de mucha jerarquía en Ecuador, tanto por sus aportes alimenticios para las familias y animales, así como por ser un generador de trabajo; por consiguiente, el cultivo de arveja representa un impulsor de la economía local, regional y nacional. Por otro parte, para que un cultivo de arveja sea ventajoso es imprescindible un adecuado plan de producción, siendo la fase de siembra la más relevante porque depende directamente de la proporción de semillas por área sembrada, la profundidad, contacto con la tierra, temperatura y humedad correcta que garantice el adecuado brote y desarrollo de las plantas.

La finalidad del trabajo de integración curricular es el diseño de un prototipo de máquina sembradora de arveja que sea una herramienta sencilla y precisa. De forma que cubra los requerimientos de siembra de los pequeños agricultores.

El documento empieza explicando el capítulo I donde se mencionan las carencias que han tenido los agricultores al seguir optando por un método tradicional de siembra, y la importancia de la creación de una máquina que facilite la siembra uniforme de los granos de arveja. En el capítulo II se explica la importancia de los sembríos de arveja y sus características para un correcto sembrado, de la misma forma se da a conocer las distintas máquinas sembradoras y sus dosificadores. En el capítulo III se expone el marco metodológico comprendido por la metodología que se va a implementar al momento de diseñar el prototipo. En el IV capítulo se aplica lo obtenido en la investigación realizando los cálculos y diagramas de cuerpo libre, la concepción del diseño y las diferentes propuestas de los materiales utilizando herramientas informáticas como Excel y el software SolidWorks. En el V capítulo se comprueba si la máquina cumple con las especificaciones de la investigación y se procede a poner el precio de la fabricación. Por último, se presentan las conclusiones adquiridas durante la realización de la presente tesis y las recomendaciones como probables mejoras del prototipo.

1.1.Planteamiento del problema

Durante los últimos años se ha observado la falta de innovación en procesos agrícolas en Ecuador; en consecuencia, la producción agrícola no progresa significativamente en comparación con los países desarrollados [1]. Los agricultores siguen optando en cultivar sus leguminosas por la forma tradicional, sin darse cuenta de que este proceso les ha traído múltiples consecuencias, como el gasto de altas cantidades de dinero, semilla, y algunas enfermedades físicas y químicas. Esto debido a que se utilizan plantadores manuales de un peso considerable, que a lo largo de la jornada termina siendo demasiado agotador para el operario, por causa del cansancio físico se tiende a variar la cantidad de semilla a colocar, y se minimiza la profundidad del agujero donde se incrusta los granos durante el proceso de plantación, en algunos casos estos quedan al descubierto sin poder germinar. Los campesinos al no disponer de suficientes recursos económicos, herramientas y conocimiento para modernizar sus técnicas siguen prefiriendo optar por sus métodos de labranza.

La creación de sembradoras manuales modernizó la agricultura, debido a que demostraron excelentes resultados como: la eficiencia del 200% en siembra por metro cuadrado, economiza semilla, tiempo y dinero, además evita el contacto con insecticidas que se pone al grano [2].

Las sembradoras manuales en la actualidad brindan las mejores condiciones de implantación en la agricultura, su función principal es colocar la correcta cantidad de semilla en el suelo de forma eficiente aportando rentabilidad y reduciendo riesgos [3]. Es importante la creación de una máquina que cumpla las expectativas de los agricultores, por estos motivos, se desencadenó una propuesta, diseñar y construir una máquina sembradora de semilla de arveja.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Desarrollar una máquina sembradora de arvejas para pequeños productores.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar las características para el proceso de sembrado del grano de arveja.
- Construir la máquina sembradora de semilla de arveja.
- Validar experimentalmente la máquina.

1.3. Justificación

La función principal de la siembra mecanizada es proveer a la semilla condiciones apropiadas para una inmediata germinación y un adecuado desarrollo, la máquina es la herramienta más importante dentro de la agricultura, ya que influye directamente sobre el rendimiento de la cosecha, la cual depende de diversos factores físicos como proveer la cantidad necesaria de semilla por hectárea, la profundidad, contacto con la tierra, aire, humedad y temperatura adecuada que garantice su desarrollo [4].

La presente investigación pondrá en práctica un prototipo de sembradora de arveja de bajo precio que dosifique la semilla, la cual ayudará a mejorar la eficiencia del plantado, reducir el esfuerzo físico, evitar el contacto con los agroquímicos colocados a la semilla y minimizar el costo y tiempo de producción de la siembra. Además, con el diseño y construcción de la máquina manual sembradora de arveja se pretende impulsar la tecnología agrícola dentro del país.

1.4. Alcance

La base del trabajo de titulación estará enfocada en el diseño de una máquina mecánica sembradora de semillas de arvejas. Posteriormente, de acuerdo con el diseño se establecerá el material específico para fabricar cada parte para su ensamblaje. Cabe recalcar que el uso de la máquina va a ser 100% manual, donde será controlada por un operario.

La capacidad de carga de semilla de la máquina será aproximadamente de 8 a 10 kg, de la misma forma la distancia de siembra tendrá un rango de 20 a 30 cm, con una profundidad de 3 a 5 cm. De esta manera, se validará el funcionamiento de la máquina, con una prueba de siembra en la provincia del Carchi, parroquia La Paz, en un terreno de 1 hectárea preparado para la labranza. Finalmente, este proyecto culminará con un análisis de resultados donde se comparará la eficiencia de la máquina con respecto a la siembra tradicional.

2. CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL

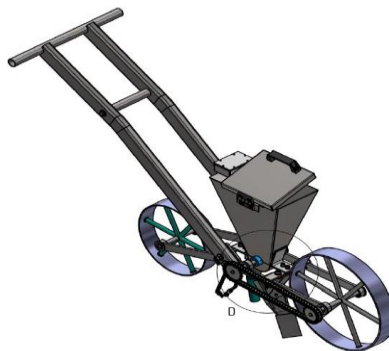
2.1. Antecedentes

El tema basado en el desarrollo de máquinas sembradoras de semillas ha sido abordado por algunos autores que realizaron investigaciones profundas sobre esta temática. A continuación, se muestran 10 documentos ordenados cronológicamente que describen algunos de los trabajos elaborados en torno al tema de investigación que se aborda en el presente trabajo de titulación:

Se desarrolló un estudio de un prototipo de máquina sembradora manual de semilla de maíz para pequeños productores. Se realizó mediante la norma alemana VDI 2221 y fue dividido en 4 pasos: definición del producto, diseño conceptual, diseño de materialización y diseño de detalle. Implementaron softwares de ingeniería como: Autodesk Inventor, Proteus, Arduino IDE y Excel los mismos que sirvieron para el diseño y cálculos del prototipo. La sembradora manual que se muestra en la Figura 2.1 cumplió con las expectativas de los agricultores: sembrando una hectárea en un tiempo de 6 horas (Aproximadamente 36 horas – hombre), el precio de venta es cómodo para el agricultor, se reguló la dosificación de la semilla y se disminuyó el esfuerzo físico y enfermedades [4].

Figura 2. 1

Máquina sembradora manual de maíz [4].



Así mismo, se muestran las metodologías de implementación de una máquina electromecánica automatizada encargada de optimizar el proceso de siembra de semillas en la compañía agrónoma “Patricio Pinto” como se muestra en la Figura 2.2. La etapa de diseño y construcción de la máquina se desarrolló a partir de los requerimientos de la empresa, empezando por la selección de los distintos elementos que conforman el prototipo como: dosificador, rastra, tolva y recubrimiento de suelo, los cuales deben estar relacionados con la velocidad del motorreductor para el desplazamiento del producto. Con la implementación de la máquina de siembra semiautomática se logró alcanzar una reducción del 53% de tiempo, un 33% de materia prima y un 66% de reducción del coste de producción frente al sembrado manual [5].

Figura 2. 2

Máquina electromecánica para semillas [5].



Con base en los requisitos agronómicos de la siembra de ajo, se diseña un mecanismo dosificador de semillas, el cual servirá de base para desarrollar un dispositivo sembrador de tamaño ajustable que permita una dosificación eficiente de una sola semilla y sus variedades. Para lograr la dosificación de la semilla se realiza una investigación documental sobre el estudio de la morfología del ajo, de igual manera se lleva a cabo una investigación aplicada con la finalidad de diseñar y simular el dosificador mediante un análisis de elementos discretos. Se confirmó la efectividad de la sembradora y su sistema de dosificación mediante un experimento de campo en donde se puso a

prueba el prototipo que se muestra en la Figura 2.3, los datos obtenidos en las pruebas y simulaciones revelan que un tamaño de ajuste de 40 mm en el dosificador produce el mejor rendimiento al sembrar una semilla, del mismo modo puede trabajar a velocidades de 0,628 a 1,465 m/s obteniendo una tasa de calificación superior al 80% de efectividad [6].

Figura 2. 3.

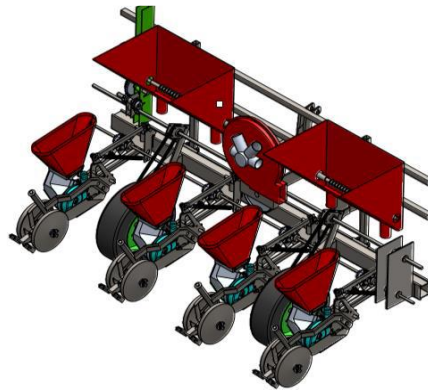
Sembradora de ajo [6].



Se plantea la repotenciación de una máquina sembradora de maíz de cuatro hileras con dosificación automática de semilla y fertilizante, con la intención de mejora la producción en la empresa agrícola Guadalupe S. A. Mediante la elaboración de una matriz de valoración se diagnosticó el estado en el que se encuentran los componentes de la sembradora, permitiendo rediseñar los elementos con mayor daño y difícil geometría mediante el software SolidWorks, seguidamente se realizaron los respectivos cálculos y análisis con el software Ansys, los cuales generaron excelentes datos para proceder a la reconstrucción. En la Figura 2.4 se observa el diseño de la sembradora generado en el software SolidWorks, la misma que demostró una alta eficiencia al trabajar a distintas velocidades en diferentes tipos de suelos. La máquina cumplió todas las expectativas de su auspiciante en este caso la empresa Guadalupe S.A. entidad dedicada a la producción agrícola [7].

Figura 2. 4.

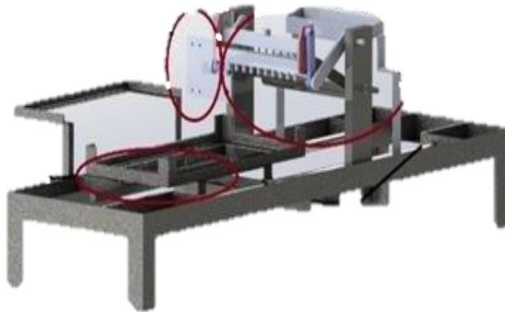
Sembradora de 4 hileras con dosificador de fertilizante [7] .



La eficiencia de las máquinas sembradoras en el proceso de sembrado ha llegado a producir múltiples beneficios para el agricultor, sin embargo, este tipo de actividades aún son semiautomáticas, en base a esta temática, la investigación busca desarrollar una máquina para el proceso sembrado de semillas que sea 100% automática y que reduzca la intervención humana. La elaboración de la máquina se dividió en 3 partes: la mecánica, diseñada mediante el software CAD cuya técnica se basa en un sistema de cuatro barras el cual fue sometido a análisis de fricción y de formación, y en base a los resultados obtenidos se seleccionó los materiales y el motor a utilizar; la eléctrica y control, están dirigidas por un placa Arduino la misma que se encarga de transferir el tipo de movimiento a los componentes, ubicar y alinear el módulo de transporte, transmitir potencia suficiente para sembrar, entre otros. La máquina que se presenta en la Figura 2.5 cumplió los criterios planteados al inicio de la investigación y demostró una mayor eficiencia y precisión que la siembra manual, obteniendo los siguientes resultados: se logró un 25% más de eficiencia, una reducción de personal del 50% y un llenado del 87% de cavidad para semillas en el proceso de labranza [8].

Figura 2. 5.

Sembradora automática [8].



Por otra parte, se elaboró una máquina sembradora manual que elimine el proceso de sembrado manual y minimice los problemas de los campesinos dedicados a la labranza de distintos productos. El diseño se realizó mediante el software SolidWorks, sometiendo al prototipo a diferentes análisis como el estático y de deformación estructural. En la Figura 2.6 se observa el diseño de la máquina que tiene la capacidad de mejorar los procesos del cultivo ofreciendo una óptima dosificación de semilla a una adecuada profundidad. Además, la construcción de la sembradora facilitó el trabajo de los campesinos en la actividad, reduciendo tiempo, semilla por hectárea, costos y esfuerzo físico [9].

Figura 2. 6.

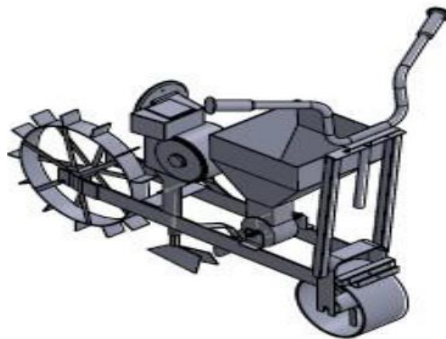
Sembradora mecánica manual [9].



Se presenta el diseño conceptual de una máquina semiautomática para optimizar el tiempo de sembrado. En su trabajo se realizaron diversos estudios, cálculos, análisis estáticos y dinámicos que fueron de utilidad para la aprobación de distintas partes de la máquina. La sembradora que se observa en la Figura 2.7 tiene la capacidad de sembrar a una velocidad de 4 km/h, independientemente del tipo de terreno en el que se use. Además, puede proporcionar mejores condiciones de vida a los campesinos disminuyendo su esfuerzo físico y reduciendo los riesgos de contraer enfermedades, de la misma forma aumentó la productividad del cultivo generando más ingresos para el agricultor [10].

Figura 2. 7.

Máquina semiautomática sembradora de maíz [10].



La poca maquinaria en sembrado de semillas existente ha empobrecido, compactado y desertificado los suelos agrícolas, debido a que es sumamente agresiva en el proceso de labranza. En consecuencia, las máquinas sembradoras perforadoras se están convirtiendo en una mejor opción a la hora de sembrar, debido a que emplean la distribución óptima de semillas con una menor perturbación del suelo, logrando preservar y conservando su estructura. El objetivo de esta investigación es evaluar la calidad de la distribución de semillas por una sembradora perforadora utilizada en la agricultura. El experimento se realizó en un suelo certificado como Argisol, de la misma forma, se usó estadísticas descriptivas para evaluar la calidad de distribución de la semilla por el sistema punch, y se acogió el control estadístico de procesos para analizar el control de

calidad. Los datos obtenidos demostraron que la sembradora punzonadora que se muestra en la Figura 2.8 tiene una excelente precisión con un 90,2% de espaciamiento, demostrando que es una alternativa viable en el proceso de siembra agrícola. La técnica de punzando. resultó brindar una perturbación menor en el suelo en referencia con la grade disco y la sembradora manual, justificando ser una solución eficaz para la agricultura de conservación [11].

Figura 2. 8.

Sembradora punzadora [11].



Debido a los problemas de escasez, alto costo y bajo desarrollo de maquinaria agrícola en Ecuador, se realiza el diseño y construcción de una máquina sembradora de semillas de papas con 2 hileras y un sistema de dosificación de fertilizante. El diseño se elaboró mediante investigaciones documentales y de campo, determinando las tipologías de la papa y siembra mecanizada, procediendo a seleccionar los elementos que conforman la máquina con su respectivo diseño y simulación en el software ANSYS, finalmente se desarrollaron los planos los cuales sirvieron para el ensamble y construcción. La Figura 2.9 muestra el funcionamiento de la máquina en las pruebas de campo que se realizó, el prototipo cumplió todos los requerimientos del cliente y los estándares de resistencia y rigidez, convirtiéndola en una máquina segura que permite ejecutar el proceso de labrado de semilla de papas satisfactoriamente [12].

Figura 2. 9.

Máquina sembradora de papas [12].



Se pretende introducir al mercado ecuatoriano una sembradora semiautomática fácil de manejar y de bajo costo, capaz de colocar semillas de 5 a 10 mm en almácigos de 28x28 cm. El proceso del desarrollo de la máquina comprende en 3 sistemas principales, el sistema mecánico, el mecanizado de siembra y el sistema de generación de vacío, los cuales trabajan sincronizadamente para el éxito del proceso al momento de la siembra en almácigos. La máquina que se observa en la Figura 2.10, fue sometida a distintas pruebas donde se verificó que el prototipo alcanzó un 85% de efectividad al momento de colocar la semilla dentro del proceso de labranza en bandejas, cumpliendo con la ejecución para minimizar el tiempo requerido en el labrado de la semilla de almácigos aumentando significativamente la producción de plántulas [13].

Figura 2. 10.

Sembradora en bandejas [13].



2.2. Marco teórico

2.2.1. Semilla de arveja

La semilla de arveja (*Pisum sativum*) se obtiene de los granos fecundados y maduros que viene incrustados en la vaina, que a partir de sus propiedades físicas y químicas permiten desarrollar un buen crecimiento de la planta referente a su tallo, hojas, frutos y raíces, obteniendo excelentes beneficios al tomar los nutrientes del suelo y aprovechar el proceso de fotosíntesis. Es un tipo de leguminosa que pertenece al grupo de las angiospermas, puesto que consta de 3 partes [14]:

- Embrión: es el resultado de la fecundación del gameto femenino y masculino para generar una planta.
- Tejido de almacenamiento: llamado científicamente endospermo, es el tejido que contiene sustancias nutritivas (grasas, hidratos de carbono, proteínas) en el embrión.
- Cubiertas: o también conocido como tegumeno, es la cáscara que recubren al grano protegiendo la parte central de la semilla, cumplen la misma función que la piel humana o animal.

En la Figura 2.11 se observa semilla de arveja certificada en donde el tamaño del grano de arveja varía dependiendo de su tipología y calidad, generalmente en los envases de la semilla certificada vienen las dimensiones que van desde los 6 a 9 mm; sin embargo, no por ser una semilla de dimensiones pequeñas quiere decir que carezca de buenos nutrientes sino todo lo contrario, ya que es considerando una fuente rica en proteína con un porcentaje del 21,6%, siendo de vital importancia en la dieta del hombre y el animal [15].

Figura 2. 11.

Semilla de arveja de alta calidad [14].



2.2.2. Tipos de semillas de arveja

El cultivo de leguminosas en Ecuador ha aumentado significativamente, principalmente el de arveja, ocupando el tercer lugar con respecto a superficie sembrada y nivel de producción, convirtiéndose de suma importancia para el comercio local; después del frejol y el haba. A nivel nacional en promedio se cosechan alrededor de 22 000 hectáreas repartidas en la región sierra entre las provincias de Bolívar, Chimborazo, Loja, Cañar, Carchi, Imbabura, Pichincha, Azuay y Tungurahua [16].

En el país existe una amplia variedad de semillas de arveja tales como: Semiverde, Esmeralda, Roxana, Quantum, Sindamanoy, Andina, Legacy, Kelma, entre otras [15]. Sin embargo, los agricultores de la provincia del Carchi optan por sembrar semilla Quantum con o sin certificación debido a sus amplios beneficios, entre los cuales están: mayor resistencia a enfermedades, buen follaje y abundante producto, de la misma forma están optando por la siembra de semilla de arveja de Tutoreo la cual ha tenido una importante acogida en el mercado local.

Figura 2. 12.

Macollaje de la semilla de arveja Quantum.



En la Figura 2.12 se observa la etapa de macollaje de la semilla de arveja certificada tipo Quantum Hortus, la misma que de acuerdo con su casa comercial dan detalle de las características:

- Planta de buen rendimiento.
- Periodo vegetativo de 100 días en la Sierra.
- Rendimiento de vainas por planta 8 - 10.
- Promedio de altura media, 60 cm.
- Número de flores por nudo dobles, triples y cuádruples.

Ventajas:

- Tolera condiciones adversas del clima.
- Ahorro en costos de fumigación.
- Granos por vaina de 7 a 9.
- Tamaño de grano medio.
- Disminuye el costo de producción.

2.2.3. Selección del terreno.

La selección del terreno en el cual se cultivará la semilla de arveja es crucial para la germinación y desarrollo de la planta, un suelo virgen libre de enfermedades es la mejor opción, sin embargo, en la actualidad es difícil encontrar este tipo de suelos. La siembra repetitiva estresa al suelo y perjudica al desarrollo de la planta, por eso es aconsejable sembrar en un lugar en donde ya se cultivó arveja, la mejor opción es cultivar en terrenos en donde se cosechó sembríos de papas, dado que su cultivo requiere un alto contenido de abono y nutrientes que en muchos casos no son absorbidos en su totalidad por la planta y quedan en el suelo, y mediante una adecuada preparación se puede utilizar la planta y el producto como rastrojos, convirtiéndolos en abono y generando un impulso radical en el suelo.

2.2.4. Preparación del suelo

La preparación del suelo es la parte más importante al momento de realizar el sembrado de arvejas debido a que garantiza las condiciones óptimas para una buena germinación de la semilla. Según el tipo de suelo (arcilla, arena, barro, entre otros) varían las formas de preparación que otorguen un buen desempeño del cultivo, de la misma manera dependiendo de la zona geográfica del terreno la preparación se puede desarrollar por medio de un tractor, caballo, yunta o herramientas manuales.

Uno de los mejores métodos para preparar el suelo es con la ayuda de un tractor con arado, el mismo que se incrusta en el suelo lo más profundo posible permitiendo remover lo que exista en las capas del terreno para que proceda a descomponerse y sea utilizándolo como abono, otorgando al suelo obtener un alto grado de fertilidad. Después de arar el suelo y esperar su descomposición se procede a pasar la rastra para nivelar el terreno hasta eliminar terrones, y finalmente se rayan los

surcos a un ancho de 20 a 40 cm dependiendo del criterio del agricultor para proseguir con la siembra manual como se muestra en la Figura 2.13.

Figura 2. 13.

Surcos para el sembrado de arveja.



2.2.5. Selección de la semilla

Dentro del proceso del cultivo la selección de una buena semilla forma parte importante antes, durante y después de la siembra, es necesario utilizar una semilla de calidad certificada con un porcentaje elevado de germinación, la cual garantice un buen desarrollo de la planta y abundante producto. Sin embargo, el uso de semilla certificada resulta ser demasiado costosa, por lo que los agricultores optan por una semilla ya cultivada, la cual varía su precio y producción significativamente.

Figura 2. 14.

Pruebas de germinación de las semillas de arveja de alta calidad [14].



En la Figura 2.14 se muestra la calidad de germinación de una semilla certificada con un porcentaje de germinación del 85 % al 95%, consta con calidad sanitaria libre de virus, bacterias u hongos, debido a que estos son transmisibles y pueden contaminar al suelo permitiendo la creación de nuevas enfermedades.

2.2.6. Sembrado manual

El método del golpeo es un proceso de siembra empleado desde hace muchos años atrás, el cual consta de la intervención del humano al 100% en toda la etapa de labranza. Como se muestra en la Figura 2.15 los pequeños agricultores utilizan este método para labrar sus campos de forma manual a través de herramientas de sembrado, porque abren cavidades en los surcos introduciendo granos certificados o procesados a una distancia prudente dependiendo del tipo de semilla que se va a cultivar, en vista de que los jornaleros no tienen una herramienta de medición, emplean la dimensión de su pie para realizar el sembrado, el mismo que usan para cubrir la cavidad con tierra y aplanar el surco.

Figura 2. 15.

Siembra por el método de golpeo.



2.2.7. Caracterización de la siembra

El proceso de sembrado tradicional de grano de arveja consta de varias partes importantes las mismas que ayudan a obtener un buen desarrollo de la planta en climas templados, permitiéndole adaptarse al frío en periodos de bajas temperaturas, favoreciendo positivamente a su enraizamiento, macollaje y producción:

- Cantidad por hectárea: se utilizan aproximadamente 100 kg de semilla por hectárea, esta puede variar debido a que la forma de siembra tradicional desperdicia mucha semilla y no siempre terminan en el surco de siembra.
- Esterilización: en el tiempo actual es poco probable encontrar un suelo virgen para la siembra de arveja, la mayoría de los suelos se encuentran plagados de enfermedades que podrían afectar de manera perjudicial en el cultivo, la mejor manera de combatir con las enfermedades y plagas es sometiendo a la semilla a través de un proceso de desinfección con agroquímicos que garanticen que la semilla nazca y evite ser atacada por virus, hongos y plagas.
- Desfase de siembra: la distancia óptima entre planta y planta es de 25 cm, debido a que le permite desarrollar un mejor proceso de enraizamiento facilitando el aprovechamiento de los nutrientes del suelo. Sin embargo, este proceso varía en el sembrado manual, dado que depende principalmente del operario que realice el sembrado la misma que utiliza como medida de siembra la distancia de su pie, variando la cavidad donde se incrusta la semilla en longitudes de 20 a los 30 cm.
- Profundidad: la dimensión óptima de la cavidad en la que se coloca los granos de arveja es de vital importancia porque permite una buena germinación o por una gran hondura se pudra la semilla, es por eso aconsejable sembrar a una profundidad de 5

cm, porque garantiza que la planta salga del suelo a los 12 – 15 días después del sembrado, aunque en el proceso manual la medida varía por algunos factores como: la herramienta, la fuerza del operario y estado del suelo, sin embargo, los jornaleros son conscientes de que las cavidades deben estar en un rango de 3 a 8 cm.

- Dosificación: la cantidad de semillas que van en cada surco varía dependiendo de la calidad del grano, si la semilla es certificada se proporciona por cada cavidad 4 semillas, pero si es obtenida a través de un proceso manual la proporción varía de 7 a 9 semillas dependiendo del criterio del agricultor.

2.2.8. Función de la siembra mecanizada

La siembra de cultivos agrícolas de forma mecanizada se realiza con la ayuda de una sembradora, cuyo propósito es colocar en el suelo distintas clases de semillas, sin dañarlas, a una profundidad uniforme, dosificando la cantidad correcta a una distancia ideal, aportando rentabilidad, reduciendo riesgos y aumentando significativamente los niveles de producción, beneficiando positivamente al agricultor con la reducción costos, mano de obra, pérdida de semilla y tiempo [4].

Tabla 2. 1

Funciones de una sembradora mecánica [17].

Función	Dispositivos	Objetivo
Abrir hileras.	Discos, rejas, ranuras en V, U y T invertida.	Proporcionar una adecuada profundidad al momento de colocar una semilla.
Calibrar la proporción de semilla.	Dosificador tipo: rodillo, acanalado, neumático, plato, piñón, etc.	Suministrar la adecuada cantidad de granos sugerida para el área de siembra. Se busca obtener un mayor rendimiento economizando tiempo y dinero.
Arrojar la semilla en el suelo.	Bandas transportadoras, tubos de gravedad, válvulas giratorias, etc.	Trasladar las semillas dosificadas al surco, de manera que las coloque a una distancia homogénea.

Tapar la semilla	Cadena, reja, disco, cuchilla.	Garantizar que las semillas queden cubiertas de tierra y no se encuentren en la superficie o en cavidades sin recubrimiento.
Compactar el surco	Rueda, rodillo.	Moldear el surco de manera que este quede firme y apretado, garantizando que la semilla quede totalmente recubierta de tierra y tenga contacto directo con la humedad y nutrientes que esta proporciona, mejorando significativamente las condiciones para su adecuada germinación.

La Tabla 2.1 muestra las funciones de la siembra mecanizada a través de una sembradora, cuyos implementos cumplen distintas operaciones dentro del proceso de labranza, garantizando las mejores condiciones para el desarrollo de la planta.

2.2.9. Tipos de sembradoras

En la actualidad existe una variedad de sistemas de siembra mecanizada que se caracterizan por ser de tracción humana, animal o vehicular. Las sembradoras se acoplan a los criterios del cliente y circunstancias como: la forma de los cultivos, tipo de suelos, variedad de semillas, dimensión del sembrado, profundidad, entre otras. Generalmente las máquinas de labranza de cultivos agrícolas se clasifican en tres grupos: sembradoras al voleo, sembradoras en línea y sembradoras a golpes y monograno [4].

2.2.9.1. Sembradora al voleo.

Es una máquina de tracción vehicular ideal para la labranza de granos finos como el arroz, cebada, trigo y pastos, su funcionamiento consiste en dispersar la semilla de manera uniforme sobre el terreno a sembrar y taparla con el uso de rastrillos, gradas de púas o rulos. Este tipo de máquinas desperdicia semilla la cual queda expuesta en el terreno, teniendo después que sembrarla usando

diferentes implementos para lograr cubrirla, lo que no garantiza que los granos permanezcan en la superficie o estén sembrados muy profundos y provoca pésimos estados de germinación [3].

Figura 2. 16.

Sembradora al voleo con rodillos encanados [18].



En la Figura 2.16 se observa una máquina sembradora al voleo de tracción vehicular con rodillos acanalados, los mismos que se encargan de tapar la semilla que queda en la superficie. La construcción de esta sembradora resulta ser muy sencilla, debido a que su mecanismo de siembra no es tan complejo, se puede encontrar dos tipos en el mercado: centrifugas y de libre descarga. Las sembradoras centrifugas tienen componentes parecidos a las máquinas abonadoras, debido a que depositan semilla al azar y su precisión no es eficiente, generalmente tiene los mismos problemas que la siembra manual: desperdicia abundante semilla, siembra desigual, y profundidades irregulares. Las sembradoras de libre descarga son similares a las sembradoras de chorrillo, su principal diferencia radica en su diseño, debido a que la de libre descarga no dispone de tubos de caída de semilla, pero lo compensa con arrojar el grano a poca altura y su sistema de rodillos o púas que entierran la semilla [19].

2.2.9.2. Sembradora en línea (Chorrillo)

Son utilizadas para la siembra de semillas de cebada, trigo, avena y otros granos pequeños como arroz, leguminosas o pastos, similar a las sembradoras de voleo, se destina a la producción de extensas cantidades de siembras depositando una cierta cantidad de granos de forma continua en

cada hilera. El éxito de su uso se basa principalmente en una adecuada preparación del suelo, puesto que es fundamental la suavidad de la tierra para una buena apertura del surco que garantice la germinación de la semilla después de su incrustación. Una ventaja de este tipo de sembradoras es la variedad de elementos para su sistema de apertura, los mismos que serán modificados dependiendo del tipo de terreno. Los principales tipos de abre surcos para la sembradora a chorrillo se los puede encontrar en el mercado como: reja escarificadora fija, tipo bota o de discos [10].

Figura 2. 17.

Sembradora en línea de discos neumática [20].



En la Figura 2.17 se muestra una sembradora a chorrillo neumática con abridor de surcos tipo discos y con elementos dosificadores centralizado, se caracteriza por tener un sistema de dosificación muy eficiente que distribuye la semilla equitativamente. El elemento encargado en distribuir la semilla cumple un rol importante, ya que debe ser capaz de adaptarse a cualquier tipo de semilla y sembrar a la distancia requerida. Estas máquinas disponen de un sistema de dosificación neumática tipo rodillo en el que sus órganos dosificadores son acanalados o dentados en cada línea de siembra [19].

2.2.9.3. Sembradoras a precisión

Las máquinas sembradoras a precisión son aquellas que entierran las semillas en cavidades a distancias equitativas, este sistema se utiliza para obtener las mejores condiciones de germinación,

debido a que logra el paralelismo entre hileras permite tratar a la planta, librándola de malezas y plagas que afectan su crecimiento y productividad. Aplicar este tipo de siembra tiene algunos beneficios como: profundidad y dosificación correcta dependiendo del tipo de semilla, mayor facilidad de siembra en procesos agrícolas, adecuada distancia entre plantas, buen desarrollo del cultivo, ahorro de semillas, disminución de malezas y mejora las condiciones para la recolección [19].

La sembradora a golpes es una máquina a precisión que deposita sobre cada surco un grano o dependiendo del sistema dosificador varios granos a una distancia y profundidad uniforme de forma repetitiva. Sin embargo, la sembradora a monograno que se muestra en la Figura 2.18, dispone de un sistema más eficiente y preciso, ya que busca colocar semillas individuales o porciones de semillas a distancias exactas, y mantener un paralelismo entre líneas [3].

Figura 2. 18.

Sembradora monograno [21].



Sembradora mecanizada manual

Las máquinas sembradoras manuales se desarrollaron con el propósito de sustituir las herramientas tradicionales de siembra (chaquen, pala, pico y azadón) usadas por los agricultores

para labrar la tierra, las mismas que por sus características geométricas ocasionan un gran esfuerzo físico en las jornadas de trabajo, he incluso han provocado heridas y enfermedades irrevocables en la vida del jornalero.

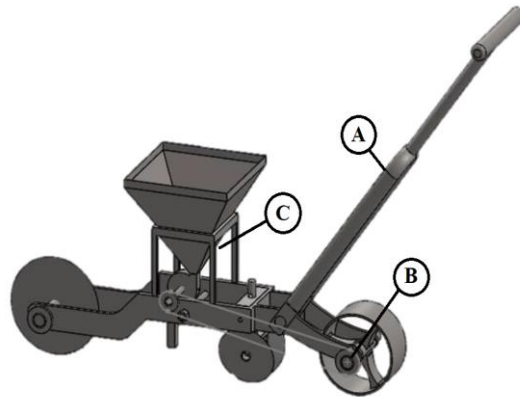
El diseño y construcción de una máquina sembradora manual para semillas se enfoca en las características de cada semilla y requerimientos del agricultor. El funcionamiento se acciona por medio de un impulso o fuerza producida por el operario, que por medio del sistema de transmisión cadena-piñón se encargan de trasferir movimiento a las ruedas delanteras y al eje motriz responsable de dosificar e incrustar la semilla a una distancia y profundidad pertinente. Por otro lado, el proceso de sembrado utiliza un sistema de regulación que está instalado en una barrenadora en forma de “V”, encargada de rayar la tierra para que el sistema de dosificación incruste la semilla, de la misma manera se acopla una cadena de anillos y un rodillo, los cuales tienen la función de tapar las semillas y aplanar el surco. Todo este proceso se vuelve en un ciclo repetitivo durante la siembra y repercute en aspectos positivos para el agricultor, ya que mejora su economía y calidad de vida [22].

Componentes de una sembradora manual

En la Figura 2.19 se representan los sistemas que debe tener una máquina sembradora manual básica, los mismos que pueden ser modificados dependiendo de los requerimientos del cliente, variedad de semillas y criterios del diseñador.

Figura 2. 19.

Máquina sembradora manual [22].



A. Estructura

Es un armazón capaz de resistir los diferentes tipos de cargas y esfuerzos para los que fue diseñado. El material con el que se elabora generalmente es 100% metálico capaz de soportar las condiciones ambientales, posee dimensiones que se acoplan al tipo de semilla, suelo, carga y operario, permitiéndole a la sembradora cumplir los criterios establecidos. Este sistema es la base del montaje de los demás elementos de la máquina, por lo que es crucial que disponga una buena estabilidad que le permita al sistema dosificador colocar la semilla en el lugar correcto y no cause problemas al agricultor [17].

B. Sistema de transmisión

Las ruedas colocadas en la estructura son las encargadas de transmitir movimiento a través del sistema de piñón – cadena, los piñones van incrustados en los ejes de la rueda y del sistema dosificador, esto ayuda que la máquina coloque la semilla a una distancia prudente [17].

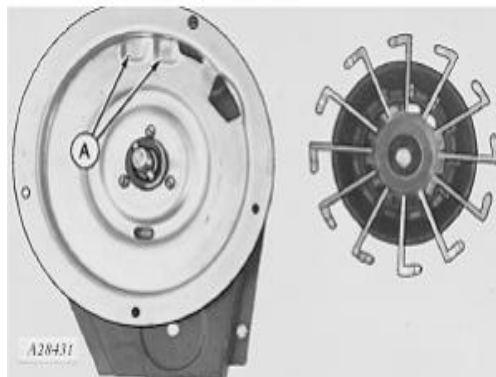
C. Sistema dosificador

Es sistema encargado de almacenar la semilla y distribuirla en el suelo de manera homogénea. Se compone por una tolva y un plato dosificador. La tolva es la encargada de recibir y acumular la semilla, por lo general su forma es la de un cono invertido que garantiza el flujo del grano hacia el plato dosificador. El plato dosificador cumple un papel importante, tales como mantener una gran uniformidad de siembra, y adaptarse para ser utilizado con distintas clases de semillas [23]. Los dosificadores de semilla más comunes son:

- **Dosificador de cucharas:** se distingue por una sucesión de cilindros verticales con receptáculos en forma de cuchara. Éstos se encargan de recoger las semillas y dispersarlas hasta el embudo, que las deposita en el surco. Su principal ventaja es que no compromete la pureza de la semilla, lo que se traduce en un elevado margen de siembra. Sus inconvenientes más notables son que su aplicación aumenta el costo de la máquina y carece de uniformidad en la distribución de las semillas [24]. El dosificador tipo cucharilla que se muestra en la Figura 2.20 es implementado en las máquinas sembradoras ideales para la siembra de cultivos de grano grueso tales como: haba, frejol, maíz, etc.

Figura 2. 20.

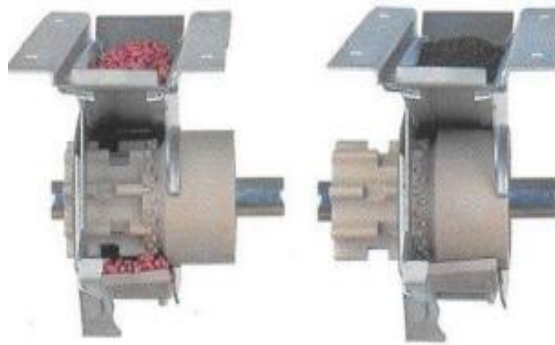
Dosificador tipo cuchara [4].



- **Dosificador por rodillos acanalados:** es el más utilizado por ser una solución económica y fiable. En la Figura 2.21 se puede observar que el dosificador de rodillos acanalados que se compone de un cilindro con ranuras destinadas para el asentamiento de semillas que están en el fondo de la tolva, al estar accionado por un eje, este consigue arrastrar del fondo de la tolva un caudal constante de semillas para la siembra [4].

Figura 2. 21.

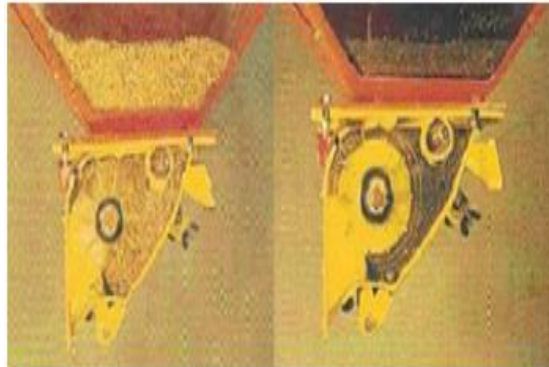
Dosificador por rodillos acanalados [18].



- **Dosificador de rodillos dentados:** este sistema de dosificación es muy similar al anterior solo que en lugar de tener ranuras, los cilindros son dentados, cuando el dosificador se pone en marcha los dientes arrastra semillas de la tolva de manera uniforme y empujan las semillas hacia los tubos de descarga que las colocan en el surco, estos permiten regular mejor las semillas sin dañarlas tanto, generan gran uniformidad en la siembra y pueden manejar más semillas en tamaño de la misma forma que el rodillo acanalado [3].

Figura 2. 22.

Dosificador de rodillos dentados [18].

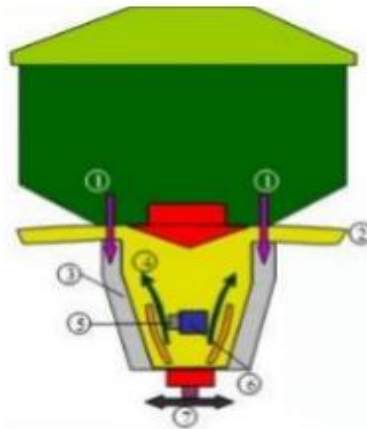


En la Figura 2.22 se exhibe el funcionamiento de un dosificador de rodillos dentados, ideal para la siembra de quinua, maíz, frejol, etc.

- **Dosificador centrífugo:** esta forma de dispositivo de medición funciona por gravedad; a través de una abertura ajustable que regula la dosis de siembra, las semillas de la tolva entran en un cono giratorio. Una vez dentro, son impulsadas hacia arriba por aletas soldadas al cono hasta llegar a la cubierta superior, que tiene aberturas por donde entran los tubos de caída que las guían hasta el surco donde se dejan caer [23].

Figura 2. 23.

Dosificador centrífugo [4].



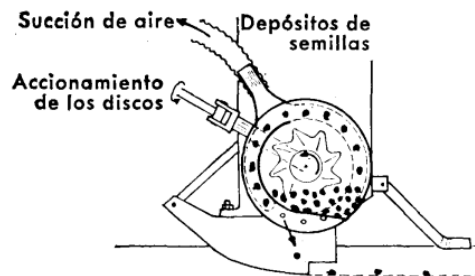
En la Figura 2.23 se presenta el dosificador centrífugo de una máquina sembradora al voleo ideal para la siembra de granos como la cebada, el arroz, trigo entre otros cereales.

- **Dosificador neumático**

La Figura 2.24 muestra un dosificador que funciona por medio de la gravedad, su mecanismo consiste en llenar las celdas del plato dosificador a través de la succión del aire. Los granos se mantienen en su sitio de las celdas gracias a esta succión hasta el momento de ser depositados, instancia en la que finaliza la acción de succión. Su principal ventaja es su capacidad para adaptarse a cualquier tipo de semilla [25].

Figura 2. 24.

Dosificador neumático [25].



3. CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Enfoque y tipos de investigación

El problema de esta investigación se aborda mediante un enfoque ingenieril ya que busca una solución tecnológica a los requerimientos de los agricultores localizados en la parroquia La Paz, Carchi.

Por otro lado, se centra en un modelo de investigación aplicada, debido a que se pretende brindar una solución al problema que presentan los agricultores al momento de realizar el proceso de sembrado de arvejas. Por lo que se utilizan los conocimientos teóricos-prácticos aprendidos durante la etapa de formación ingenieril. Adicionalmente, se aplica una investigación documental ya que se indagan publicaciones científicas [11], libros [3], [19], [25], tesis [2], [4], [7], [8], [9], [13], [22], [23], informes [24], entre otros, que tengan relación con el tema planteado. De manera similar, se aborda la investigación de campo, necesaria para la recolección de datos mediante la implementación de instrumentos (entrevistas), permitiendo conocer los requerimientos del cliente al momento de sembrar arvejas.

3.2. Diseño de la investigación

En el desarrollo de la máquina sembradora de arvejas para pequeños productores se plantea la siguiente lista de actividades, enfocadas en facilitar el diseño y construcción de la máquina sujeta a los objetivos propuestos.

Fase 1: Definición de las características para el proceso de sembrado del grano de arveja.

En esta fase se estipulan las características correspondientes al proceso de sembrado manual y una germinación correcta del grano de arveja. Del mismo modo, se estudian las diferentes máquinas sembradoras manuales que servirán de base para el proceso de diseño. I

Actividad 1: *“Investigación de los parámetros correctos para un buen sembrado de arvejas”*; se realiza un sondeo de fuentes bibliográficas como: libros, tesis y artículos científicos con el propósito de obtener información sobre las características para un correcto sembrado.

Actividad 2: *“Búsqueda de máquinas sembradoras manuales”*; en esta actividad se indagan fuentes bibliográficas e investigaciones relacionadas con el diseño y construcción de máquinas sembradoras manuales tanto nacionales como importadas.

Actividad 3: *“Formulación de un instrumento (Entrevista) dirigido a los agricultores de la Parroquia La Paz”*; las entrevistas se realizan a los agricultores de la parroquia La Paz con el propósito de obtener los criterios que debe tener la máquina, para que satisfaga sus necesidades.

Actividad 4: *“Elaboración del análisis QFD”*; mediante los parámetros obtenidos por la investigación y requerimientos del cliente se realiza la casa de la calidad, obteniendo la ponderación de los criterios que debe cumplir la máquina.

Actividad 5: *“Especificaciones y normativas de diseño”*; se utilizan las normativas de diseño tanto estudiadas en el transcurso de la formación académica como las correspondientes estipuladas por el INEN. Estas serán de suma importancia al momento de diseñar el prototipo.

Fase 2: Construcción de la máquina sembradora de semilla de arveja.

En esta etapa se realiza el diseño y construcción de la máquina sembradora, comenzando con la realización de un bosquejo, cálculos, análisis resistivo del dispositivo y planos de este.

Actividad 1: *“Bosquejo del diseño”*; para los diseñadores mecánicos y mecatrónicos esta es una de las partes más importantes a la hora de realizar un diseño, solucionando los problemas del cliente mediante la creatividad del diseñador.

Actividad 2: “Búsqueda de materiales y medidas”; se indaga en las diferentes compañías y locales comerciales de metalurgia los diferentes precios y medidas de los distintos materiales determinados para la construcción.

Actividad 3: “Diseños de posibles soluciones”; se plantean alternativas de máquinas sembradoras manuales, teniendo en cuenta que se procederá a buscar la mejor solución que cumpla todos los criterios planteados.

Actividad 4: “Elección de la mejor opción (Tabla Morfológica)”; de los diseños planteados se selecciona el mejor boceto y los materiales que cumplan con las especificaciones del cliente.

Actividad 5: “Adaptación de las partes del prototipo a partir de las investigaciones”; adecuación de las medidas de las diferentes partes de la máquina, dependiendo de las características de los materiales encontrados.

Actividad 6: “Ensamble del prototipo”; elaboración de subensambles de las piezas de la máquina y el ensamble final en el software SolidWorks.

Actividad 7: “Determinación de cálculos y cargas estáticas”; se realizan los respectivos cálculos estáticos determinando si la estructura de la máquina resiste la carga requerida.

Actividad 8: “Impresión aditiva del mecanismo de dosificación y sembrado de semillas para su comprobación”; se hace una impresión aditiva del mecanismo de dosificación y sembrado, de esta forma se corroborará que cada uno cumple sus funciones cinemáticas.

Actividad 9: “Elaboración de planos”; se procede a elaborar los planos de la partes, subensambles y ensambles de la máquina.

Actividad 10: “Construcción de la máquina”; se efectúa la compra de materiales para proceder a construir la máquina en laboratorio de manufactura de CIME.

Actividad 11: *“Elaboración de un análisis de costos y gastos”*; con el asesoramiento adecuado se lleva a cabo el análisis de costos y gastos para determinar el precio de venta del producto, y conocer si la máquina tiene buena rentabilidad para la comercialización.

Fase 3. Validación experimental de la máquina.

En el tramo final del trabajo de titulación se ejecutan las pruebas pertinentes en la parroquia La Paz; en un terreno preparado para la siembra de arveja. Se obtendrán los datos que ayudarán a conocer si la máquina cumplió con los requerimientos del cliente.

Actividad 1: *“Inicio de las pruebas de sembrado de la máquina sembradora”*; se realiza el sembrado con la máquina, verificando si cumple con los requerimientos planteados.

Actividad 2: *“Monitoreo de la germinación de la semilla una vez sembradas”*; se comprueba si la máquina cumplió los criterios al momento del sembrado, verificando 15 días después si todos los granos sembrados germinaron.

Actividad 3: *“Evaluación y obtención de datos”*; mediante tablas comparativas de datos obtenidos se comprueba finalmente si la máquina cumplió con los criterios del cliente.

4. CAPÍTULO IV: RESULTADOS

En el presente capítulo se expone el proceso de diseño del prototipo de una máquina sembradora de tracción manual, con sus respectivos cálculos, análisis y pruebas de validación que se realizaron para corroborar el funcionamiento adecuado del mecanismo.

4.1. Especificaciones del dispositivo a diseñar

Las especificaciones que debe poseer el dispositivo se obtuvieron a través de varias entrevistas abiertas realizadas a los agricultores de la parroquia La Paz ubicada en la provincia del Carchi, las mismas que fueron de gran importancia para definir un diseño preciso que satisfaga las necesidades de los beneficiarios.

De acuerdo con las especificaciones obtenidas por los agricultores, la máquina sembradora manual debe cumplir con los siguientes requerimientos:

- **Dimensión:** el tamaño del dispositivo debe adaptarse al ancho del surco, y de largo no puede ser mayor a los 150 cm.
- **Portátil:** es indispensable que la máquina sea ligera y fácil de transportar de un lugar a otro con el menor esfuerzo posible.
- **Carga:** la capacidad de carga que puede transportar el artefacto es de 5 a 8 kg (aproximadamente) de semilla de arveja.
- **Mantenimiento:** el dispositivo debe ser de fácil fabricación, la cual permita un ensamble y desensamble sencillo que ayude al operario a realizar mantenimientos preventivos y correctivos, favoreciendo a un adecuado funcionamiento al momento de operarlo.
- **Materiales y repuestos:** los elementos deben ser de fácil adquisición, específicamente que se encuentren en el mercado nacional, de esta manera se asegura

que al momento de presentarse algún inconveniente el operador podrá solucionar rápidamente.

- **Ergonomía:** es primordial que el dispositivo tenga una altura adecuada, puesto que no debe causar posturas incómodas al operario que causen esfuerzos físicos indebidos.
- **Costo:** la máquina debe tener un costo moderado, no puede exceder el precio de los quinientos (500) dólares americanos.
- **Funcionalidad:** la máquina sembradora necesita un funcionamiento semiautomático, capaz de sembrar la cantidad correcta de semillas a una distancia y profundidad homogénea.

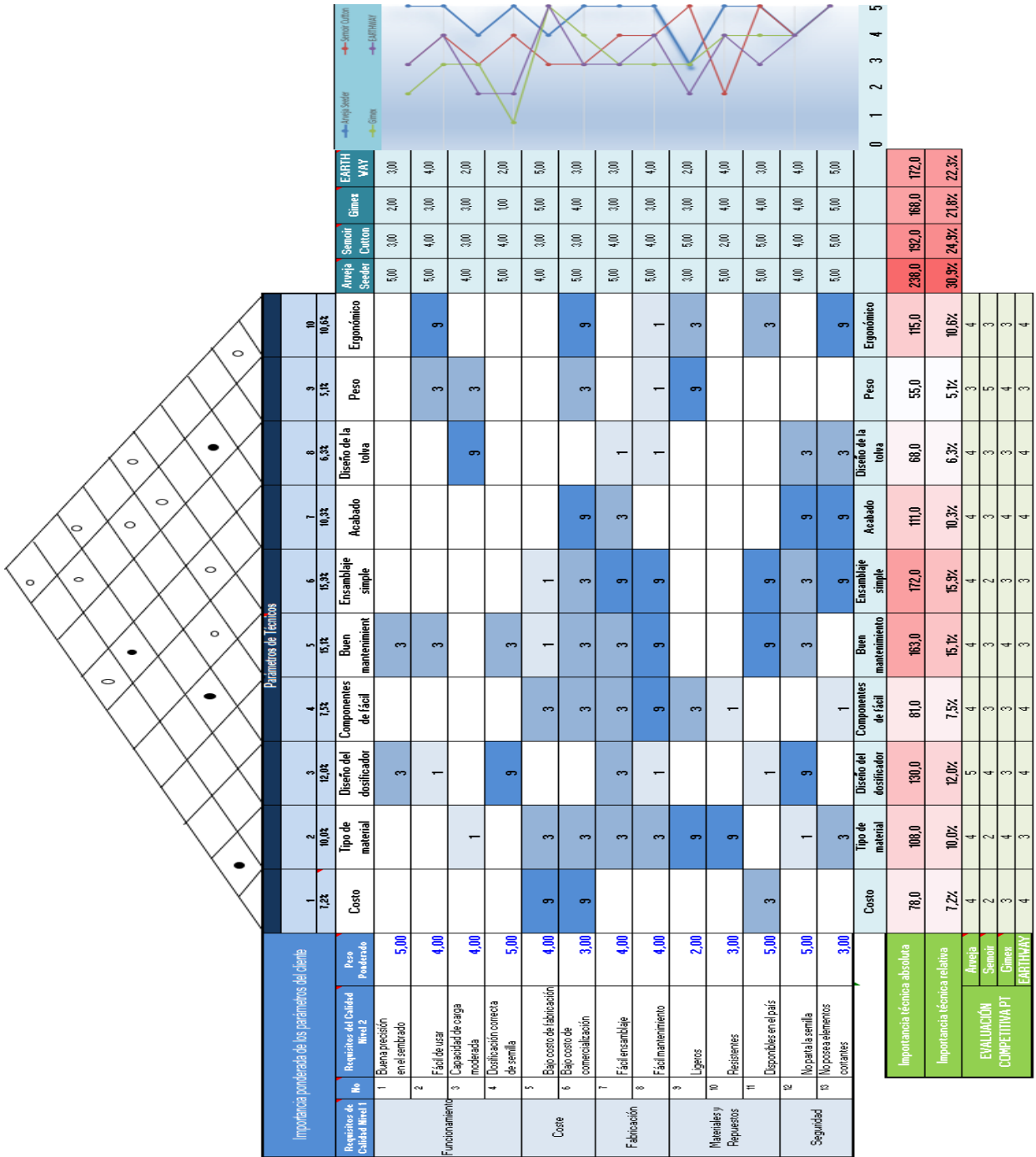
4.1.1. QFD – Casa de la calidad

El despliegue de la función de calidad también conocido por sus siglas en inglés QFD (Quality Function Deployment) es un método que garantiza la calidad de los productos y servicios que brinda una empresa, su enfoque se basa principalmente en satisfacer las necesidades de los clientes aplicando ideas y soluciones innovadoras, con el fin de facilitar los procesos de diseño y entregar un prototipo al cliente para su criterio [26].

La casa de la calidad es una herramienta conformada por un grupo de matrices que arregla las ideas y conocimientos de una empresa respecto a los requerimientos de los clientes, con el propósito de conformar un producto. Su funcionamiento se basa en enfrentar los parámetros del cliente con los criterios técnicos, para obtener una comprensión clara de las necesidades más importantes del cliente y las que se debe solventar en el diseño del producto [27].

Tabla 4. 1

Casa de la calidad



En la Figura 4.1 se presenta la Casa de la Calidad del diseño propuesto (*Arveja Seeder, nombre asignado para...*), con la finalidad de encontrar cuales son las necesidades de mayor importancia para los agricultores al momento de sembrar las semillas de arveja, y saber resolverlas cuando se modifique el diseño. De la misma manera, se tomó en cuenta las máquinas sembradoras que existen en el mercado local para su respectiva evaluación.

A continuación, se indica detalladamente el proceso que se necesita para elaborar la Casa de la calidad:

Se comenzó determinando una lista de requerimientos que fueron obtenidos a través de entrevistas como se muestra en la Figura 4.1, seguidamente se les asignó un valor de ponderación (0 a 5) según la importancia que el agricultor les otorgaba.

Figura 4.1
Requerimientos del cliente

Importancia ponderada de los parámetros del cliente			
Requisitos de Calidad Nivel 1	No	Requisitos del Calidad Nivel 2	Peso Ponderado
Funcionamiento	1	Buena precisión en el sembrado	5,00
	2	Fácil de usar	4,00
	3	Capacidad de carga moderada	4,00
	4	Dosificación correcta de semilla	5,00
Coste	5	Bajo costo de fabricación	4,00
	6	Bajo costo de comercialización	3,00
Fabricación	7	Fácil ensamblaje	4,00
	8	Fácil mantenimiento	4,00
Materiales y Repuestos	9	Ligeros	2,00
	10	Resistentes	3,00
	11	Disponibles en el país	5,00
Seguridad	12	No parta la semilla	5,00
	13	No posea elementos cortantes	3,00

Posteriormente, se planteó los requerimientos técnicos descritos en la Figura 4.2, ubicados de manera horizontal debido a que en la parte central se elabora una tabla comparativa entre los parámetros del cliente y los técnicos. Para poder extraer de mejor manera los datos de dicha comparación se asignaron diferentes valores, los cuales dependen del tipo de relación que exista uno con otro: el número 9 hace referencia a que existe una fuerte relación, el 3 a una relación mediana y el 1 a una poca relación, del mismo modo se acompaña con cada cifra un tipo de color que dependiendo del caso cambia su tonalidad.

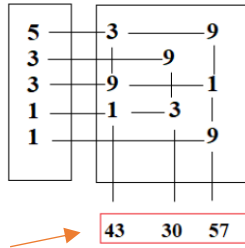
Figura 4.2
Parámetros técnicos

Parámetros de Técnicos									
1 7.2%	2 10.0%	3 12.0%	4 7.5%	5 15.1%	6 15.9%	7 10.3%	8 6.3%	9 6.1%	10 10.6%
Costo	Tipo de material	Diseño del dosificador	Componentes de fácil adquisición	Buen mantenimiento	Ensamblaje simple	Acabado	Diseño de la tolva	Peso	Ergonómico
		3		3					
		1		3				3	9
	1						9	3	
		9		3					
9	3		3	1	1				
9	3		3	3	3	9		3	9
	3	3	3	3	9	3	1		
	3	1	9	9	9		1	1	1
	9		3					9	3
	9		1						
3		1		9	9				3
	1	9		3	3	9	3		
	3		1		9	9	3		9

Una vez obtenido los datos de la relación entre los parámetros del cliente y los técnicos se procede a calcular la importancia que posee cada requerimiento técnico aplicando la fórmula “Prioridad * Relación + Columna (Suma de requerimientos técnicos)” [27], en este caso se tomó la primera columna donde $5 \times 3 = 15$, $3 \times 9 = 27$ y $1 \times 1 = 1$ y se sumó los valores $15 + 27 + 1 = 43$, como se muestra en la Figura 4.3.

Figura 4.3

Cálculo de la importancia técnica absoluta



En la Figura 4.4 se encuentra la importancia técnica relativa que detalla la valoración en porcentajes de cada requerimiento técnico sobre la absoluta, aplicando una división entre cada valor de la primera fila y la suma de todos valores, multiplicándoles por 100 para obtener su porcentaje. Además, se efectúa una evaluación de competitividad de los parámetros técnicos frente a las máquinas disponibles en el mercado, asignando valores del 1 - 5 por cada criterio.

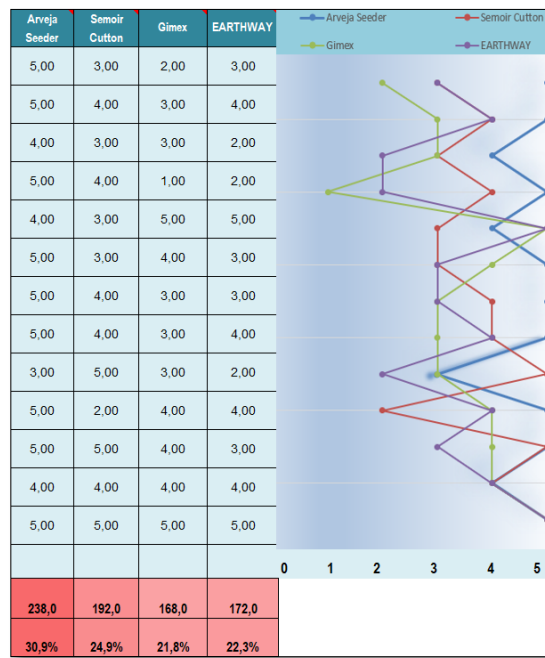
Figura 4.4

Evaluación de importancias y competitividad

	Costo	Tipo de material	Diseño del dosificador	Componentes de fácil adquisición	Buen mantenimiento	Ensamblaje simple	Acabado	Diseño de la tolva	Peso	Ergonómico
Importancia técnica absoluta	78,0	108,0	130,0	81,0	163,0	172,0	111,0	68,0	55,0	115,0
Importancia técnica relativa	7,2%	10,0%	12,0%	7,5%	15,1%	15,9%	10,3%	6,3%	5,1%	10,6%
EVALUACIÓN COMPETITIVA PT	Arveja Seeder	4	4	5	4	4	4	4	3	4
	Semoir Cotton	2	2	4	3	3	2	3	5	3
	Gimex	3	4	3	3	4	3	4	4	3
	EARTHWAY	4	3	4	4	3	3	4	3	4

Finalmente, en la Figura 4.5 se realizó una evaluación comparativa con respecto a los criterios del cliente, entre el diseño propuesto y 3 alternativas vigentes en el mercado nacional, tomando en cuenta en este caso los valores de ponderación de 0 a 5, que son ubicados dependiendo de las características de cada máquina. Con los datos obtenidos se elaboró un gráfico de líneas para facilitar un análisis entre el diseño propuesto y la competencia, de esta manera se comprueba si el producto cumple o no con los requerimientos de los clientes.


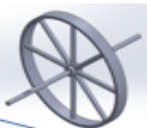


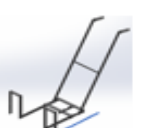
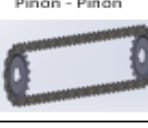
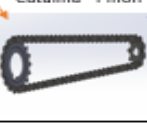

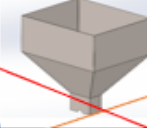

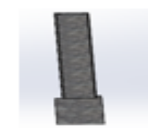







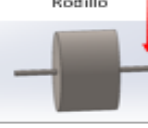
Figura 4.5
Matriz de planeación



4.1.2. Matriz morfológica

Tabla 4. 2

Matriz morfológica de las alternativas de diseño

Funciones	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Trasladar la máquina	Rueda de bicicleta 	Rueda metálica 	
Estructura	Estructura rígida 	Ensamblable 	Ensamblable 2 
Trasmitir potencia	Piñón - Piñón 	Catalina - Piñón 	
Almacenar	Rectangular 	Pirámide 	Cono 
Abrir surco	Surcador recto 	Tubo sembrador 	Surcador bota 
Dosificar	4 Cavidades 	8 Cavidades 	
Depositar semilla	Tubo curvo 	Tubo sembrador 	
Cubrir	Cadena 		
Comprimir	Rodillo 		

4.2. Alternativas de solución

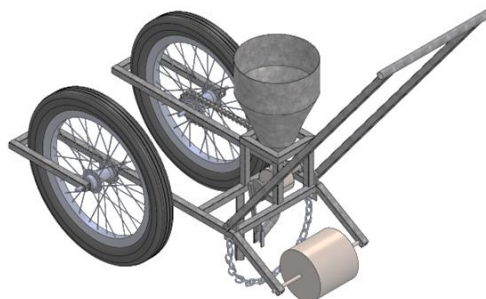
Después de analizar detenidamente los requerimientos de los clientes se han planteado 3 alternativas de diseño con diferente configuración, escogiendo la propuesta ideal que satisfaga las necesidades de los beneficiarios.

4.2.1. Primera alternativa de solución

El primer diseño muestra todas sus partes en la Figura 4.7, el cual cuenta con un chasis (27) elaborado con tubo estructural cuadrado, mediante dimensiones que se adecuan al ancho del surco. Para su montaje, en la parte superior se coloca una tolva en forma de cono (5) que almacena la semilla para su distribución, de la misma forma cuenta con 2 llantas laterales de 20 pulgadas (25). Por otra parte, para el sistema de sembrado a precisión se utilizó un dosificador encanalado (6) adecuado al tamaño de la semilla, encargado de distribuirlas en un tubo curvado (2) que arroja las semillas a los canales que abre una azada (26) en el surco, acompañado de una cadena (13) que cumple la función de tapar la semilla, y un rodillo (14) que asienta el suelo. Se utilizó el mecanismo (7) manivela (32 dientes) – (9) piñón (16 dientes) para transmitir movimiento de la llanta hacia el dosificador. Por último, se plantea un sistema de tracción manual, en donde el usuario proporciona la velocidad del sembrado. En la Figura 4.6 se observa el primer prototipo de máquina sembradora manual de arvejas terminada.

Figura 4. 6

Primera propuesta de solución ensamblada.



En la Figura 4.7 se observa una vista explosionada del modelo conformado por una respectiva numeración, los mismos que complementa la Tabla 4.3 que describe sus nombres.

Figura 4. 7

Dispositivo en explosión.

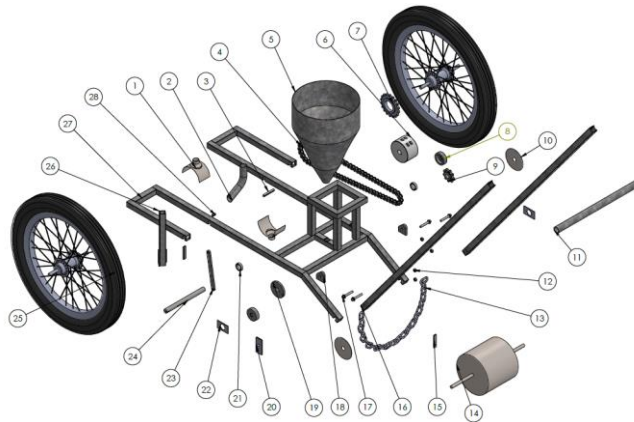


Tabla 4. 3

Descripción de los elementos de la primera alternativa de solución.

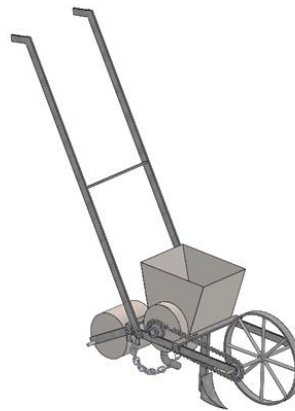
N.º elemento	Descripción	Cantidad
1	Guarda descarga	2
2	Tubo guarda	1
3	Chavetero dosificador	1
4	Cadena de transmisión	1
5	Tolva cono	1
6	Dosificador acanalado	1
7	Catalina 32 dientes	1
8	Bocina de rodaje	2
9	Piñón 16 dientes	1
10	Tapa de guarda	2
11	Manubrio	1
12	Rosca hexagonal M6 x 1	4
13	Cadena amarre	1
14	Rodillo	1
15	Soportes laterales PC	1
16	Varilla de empuje	2
17	Perno hexagonal M6 x 1	4
18	Cartela SE	2
19	RotoLink	1
20	Puerta de control	1
21	Rodamiento 15x32x10	2
22	Soporte cadena	2
23	Manivela	1
24	Árbol de transmisión	1
25	Llanta 20"	2
26	Azada	1
27	Chasis	1

4.2.2. Segunda alternativa de solución

La Figura 4.8 muestra la segunda alternativa de diseño, seguidamente la Figura 4.9 se observa todas las partes que posee la máquina. El diseño posee una estructura de fácil ensamblaje sujeta por pernos, en la parte superior se encuentra la tolva (9) con un diseño innovador, en donde se localiza en su interior el sistema dosificador encargado de proporcionar cierta cantidad de semillas y enviarlas al tubo de siembra (20) para que las inserte en los canales abiertos en la hilera por un surcador en forma de bota (1). También, dispone de un sistema de transmisión piñón - piñón (10) debido al diámetro (25 cm) de la llanta (2) que se encuentra en la parte frontal. Por último, en la parte trasera existe una cadena (14) y un rodillo (17) encargados de realizar las funciones de cubrir y comprimir de manera similar al anterior prototipo.

Figura 4. 8

Ensamble de la segunda alternativa de solución.



En la Figura 4.9 se observa el modelo explosionado, en donde se muestran todas sus partes juntamente con la Tabla 4.4, que describe los nombres y el número de piezas similares que se usó.

Figura 4. 9

Vista explosionada del modelo 2

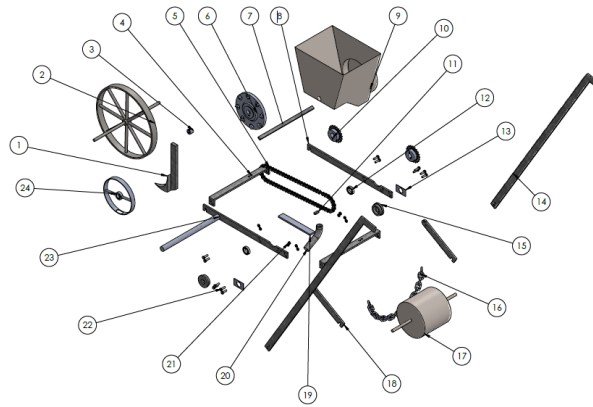


Tabla 4. 4

Descripción de los elementos de la segunda alternativa de solución.

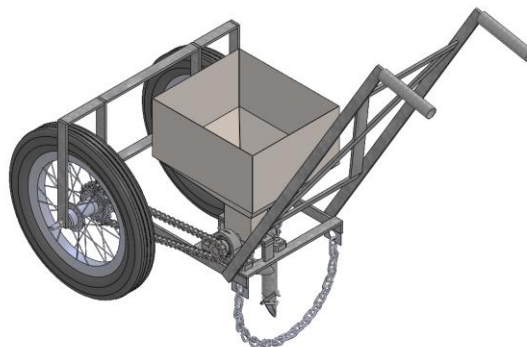
N.º de elemento	Descripción	Cantidad
1	Surcador	1
2	Rueda	1
3	Aditivo de eje	1
4	Platina travesaño	2
5	Cadena de transmisión	1
6	Dosificador 9D	1
7	Soporte SE	1
8	Platina soporte derecho	2
9	Tolva	1
10	Piñón 16 dientes	2
11	Chaveta	1
12	Rodamiento 15x32x10	2
13	Soporte cadena	2
14	Sistema de empuje	2
15	Bocina de rodaje	2
16	Cadena	1
17	Rodillo	1
18	Soporte rodillo	2
19	Platina soporte	1
20	Tubo guarda 3	1
21	Rosca hexagonal M6 x 1	12
22	Perno hexagonal M6 x 1	12
23	Eje de transmisión	1
24	Distribuidor	1

4.2.3. Tercera alternativa de solución

En la Figura 4.11 se observa todas las partes que tiene la última propuesta, la cual dispone de una estructura (2) rígida adecuada para integrar componentes los cuales sean fáciles de ensamblar y desensamblar, ya que cada elemento va sujeto por pernos. Su elaboración se realizó con platina de un ancho y grosor considerable, y las dimensiones se adecuan al ancho del surco al igual que sus llantas (28) ubicadas en las partes laterales. En la parte superior, se encuentra una tolva (8) en forma de rectángulo que dependiendo de su largo simula la forma de una pirámide, perfecta para almacenar la semilla para su distribución. Por otra parte, para el mecanismo que permite una siembra a precisión es la manivela (48 dientes) (3) – piñón (13 dientes) (24), que transmite movimiento de la llanta hacia un dosificador en canalado (21) adecuado para receptor 8 semillas de la tolva y distribuir las a un tubo curvo (4), el cual los envía a un tubo con punta (5) y este las siembra en el suelo. El elemento encargado de tapar la semilla es una cadena (19) ubicada en la parte trasera, todo este proceso es similar al sembrado tradicional. Por último, se plantea un sistema de tracción manual, en donde el usuario proporciona la velocidad y la altura adecuada de sembrado. En la Figura 4.10 se observa el tercer prototipo de máquina sembradora manual de arvejas terminada.

Figura 4. 10

Tercer diseño ensamblado



La Figura 4.11 muestra el prototipo 3 explosionado, con sus respectivas partes descritas en la Tabla 4.5.

Figura 4. 11

Vista explosionada del modelo 3

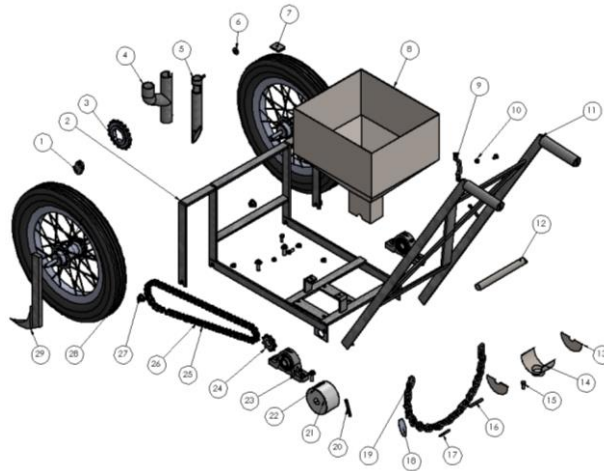


Tabla 4. 5

Descripción de los elementos de la tercera alternativa de solución.

N.º de elemento	Descripción	Cantidad
1	Platina Motriz	1
2	Chasis	2
3	Corona 48 dientes	2
4	Tubo de descarga	1
5	Tubo sembrador	1
6	Arandela M6	1
7	Platina de sujeción	2
8	Tolva	1
9	Platina de transmisión	1
10	Tuerca M6X1	4
11	Sistema de empuje	1
12	Árbol de transmisión	1
13	Tapa de guarda	2
14	Guarda descarga	1
15	Perno M6X1	4
16	Chavetero dosificador	1
17	Pasador	1
18	Tapa sembradora	1
19	Cadena	1
20	Platina surcadora	2
21	Dosificador 2CV	1
22	Perno M8X1,5	4
23	Chumacera 3/4	2
24	Piñón 13 dientes	1

25	Tuerca M8x1,5	4
26	Cadena	1
27	Tuerca M10X1,5	4
28	Rin 16"	2
29	Surcador	1

4.3. Selección de la mejor solución

Mediante los datos obtenidos en el QFD – Casa de la calidad, se extrae los requerimientos con mayor puntuación. En la Tabla 4.6 se utilizan los parámetros establecidos para elaborar una tabla de ponderación de criterios, la misma que permite comparar todos los requerimientos y ver cual solución obtiene la puntuación más alta sobre las demás. La forma de evaluación de la tabla es la siguiente: se pondera con un valor de 1 si el requerimiento de la columna tiene más importancia que el de la fila, 0,5 si ambos tienen la misma importancia y 0 si el requerimiento de la columna es de menor importancia que el de la fila.

Para obtener el mejor diseño se realiza una sumatoria y se calcula el valor de importancia, encontrando los criterios de mayor valor y así elegir la mejor propuesta de diseño.

Tabla 4. 6

Ponderación de criterios.

Criterios	Mantenimiento	Fácil uso	Costo	Elementos disponibles	Funcionamiento	Peso	$\sum +1$	Ponderación
Mantenimiento		0	0	0,5	0	1	2,5	0,122
Fácil uso	1		0	0,5	0	1	3,5	0,171
Costo	1	1		0,5	0,5	1	5	0,244
Elementos disponibles	0,5	0,5	0		0,5	1	3,5	0,171
Funcionamiento	1	1	0,5	0,5		1	5	0,244
Peso	0	0	0	0	0		1	0,049
Suma							20,50	1

$$\text{Funcionamiento} = \text{Costo} > \text{Fácil uso} = \text{Elementos disponibles} > \text{Mantenimiento} > \text{Peso}$$

Después de aplicar la tabla de ponderación para los criterios con mayor puntuación, se procede a ordenar de forma descendente los criterios, siendo “precisión” el criterio de mayor importancia y “peso” el de menor importancia.

En la Tabla 4.7 se evalúa las alternativas de diseño planteadas dependiendo del tipo de requerimiento, en donde se puede constatar que la alternativa dos obtuvo la más alta ponderación, anteponiéndose sobre las demás.

Tabla 4. 7

Evaluación de cada criterio "Mantenimiento"

Mantenimiento	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	\sum_{+1}	Ponderación
Alternativa 1		0	0,5	1,5	0,250
Alternativa 2	1		0,5	2,5	0,417
Alternativa 3	0,5	0,5		2	0,333
Suma				6	1

Alternativa 2 > Alternativa 3 > Alternativa 1

Seguidamente en la Tabla 4.8 comparamos las alternativas para el segundo criterio “Fácil uso”, en donde se concluye que la alternativa 3 se encuentra con mayor puntaje sobre las demás.

Tabla 4. 8

Evaluación de cada criterio "Fácil uso"

Fácil uso	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	\sum_{+1}	Ponderación
Alternativa 1		0,5	0	1,5	0,250
Alternativa 2	0,5		0,5	2	0,333
Alternativa 3	1	0,5		2,5	0,417
Suma				6	1

Alternativa 3 > Alternativa 2 > Alternativa 1

Para la Tabla 4.9 se consideró el criterio “costo”, el cual evalúa detenidamente ya que es uno de los parámetros con mayor ponderación. Constatando que la alternativa 2 obtiene la mayor ponderación por su bajo costo de fabricación.

Tabla 4. 9

Evaluación de cada criterio "Costo"

Costo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	\sum_{+1}	Ponderación
Alternativa 1		0,5	0,5	2	0,333
Alternativa 2	0,5		0	1,5	0,250
Alternativa 3	0,5	1		5,5	0,417
Suma				6	1

Alternativa 3 > Alternativa 1 > Alternativa 1

Al considerar el segundo criterio de mayor ponderación “Elementos disponibles” se puede constatar en la Tabla 4.10, que la alternativa 3 cuenta con mayor proporción, debido a que la mayoría de sus repuestos se encuentran en el mercado nacional.

Tabla 4.10

Evaluación de cada criterio "Elementos disponibles"

Elementos disponibles	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	\sum_{+1}	Ponderación
Alternativa 1		0,5	0,5	2	0,333
Alternativa 2	0,5		0	1,5	0,250
Alternativa 3	0,5	1		2,5	0,417
	Suma			6	1

Alternativa 3 > Alternativa 1 > Alternativa 2

En la Tabla 4.11 se observa la evaluación comparativa de las propuestas de diseño en relación con el funcionamiento, destacando la alternativa 3 sobre el resto, debido a que tiene un mayor grado de precisión al momento de sembrar los granos.

Tabla 4.11

Evaluación de cada criterio "Funcionamiento"

Funcionamiento	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	\sum_{+1}	Ponderación
Alternativa 1		1	0	2	0,333
Alternativa 2	0		0	1	0,167
Alternativa 3	1	1		3	0,500
	Suma			6	1

Alternativa 3 > Alternativa 1 > Alternativa 2

Finalmente, en la tabla 4.12 se evalúa el criterio con menos ponderación “peso”, en el cual la alternativa 3 tuvo la mayor puntuación destacando del resto, a pesar de tener el mayor número de piezas, contiene elementos de menor tamaño y de fácil construcción y ensamblaje.

Tabla 4.12

Evaluación de cada criterio "Peso"

Peso	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	\sum_{+1}	Ponderación
Alternativa 1		1	0	2	0,333
Alternativa 2	0		0	1	0,167
Alternativa 3	1	1		3	0,500

Suma	6	1
Alternativa 3 > Alternativa 1 > Alternativa 2		

Una vez analizados los distintos criterios y evaluado las diferentes alternativas de diseño, se determina que el diseño de la propuesta 3 es el más idóneo, por el motivo de que cumple con la mayoría de los requerimientos y satisfaciendo las necesidades del agricultor.

4.4. Especificaciones de la solución

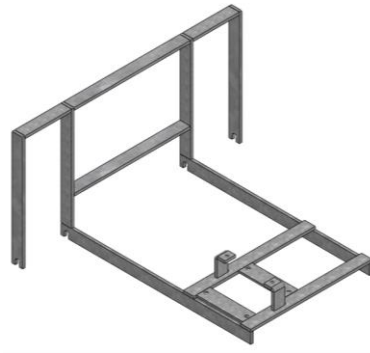
Luego de escoger la mejor alternativa de solución que resuelven las necesidades expuestas por los agricultores al momento de practicar la siembra, se procede a explicar los componentes y sistemas que permiten un funcionamiento eficiente de la máquina. A continuación, se presentan de manera detallada:

4.4.1. Bastidor

Es una estructura diseñada para la construcción y ensamble de los diferentes elementos que conforma el prototipo como tolva, manubrio de empuje, y sistema dosificador, por lo que debe brindar soporte y rigidez al momento de ser sometida a diferentes cargas, fuerzas y vibraciones que produce su funcionamiento. En la Figura 4.12 se observa el diseño del chasis del modelo planteado, el cual es fabricado con platina de acero al carbono estructural 1” con un ancho de 40 cm y una longitud de 50 cm. Además, contiene dos bocinas para los rodamientos que sirven como soporte para el eje de transmisión del dosificador hacia el tubo sembrador.

Figura 4.12

Bastidor



4.4.2. Sistema de empuje

Instrumento que permite el manejo de la sembradora y a su vez regula su altura de siembra dependiendo del tamaño del surco. El elemento mostrado en la Figura 4.13, contiene un eslabón que mantiene el equilibrio de la sembradora al momento de operarla, de igual manera en la parte superior se coloca como manubrio 2 tubos $1\frac{1}{4}$ ” con longitud de 15 cm. Todo el sistema de empuje se fabrica en platina de acero al carbono estructural 1” a una altura de 90 cm.

Figura 4.13

Sistema de empuje

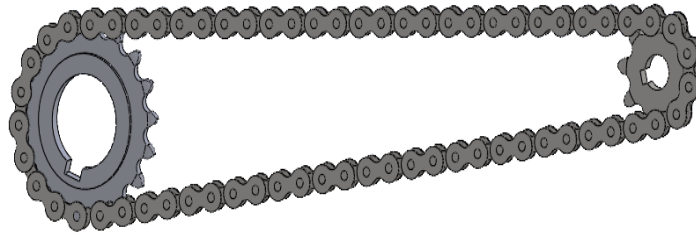


4.4.3. Sistema de transmisión de potencia

El sistema de transmisión entre la catalina y el piñón es uno de los mecanismo más utilizados en la ingeniería para transmitir movimiento de un eje a otro el mismo que se muestra en la Figura 4.14. Generalmente se utiliza para variar la velocidad de un artefacto, la cual depende proporcionalmente del número de dientes que estos tengan; si la catalina dispone de mayor cantidad de dientes entonces el piñón girará a una gran rapidez y si posee más dientes que la catalina ocurrirá todo lo contrario.

Figura 4. 14

Sistema catalina – piñón.

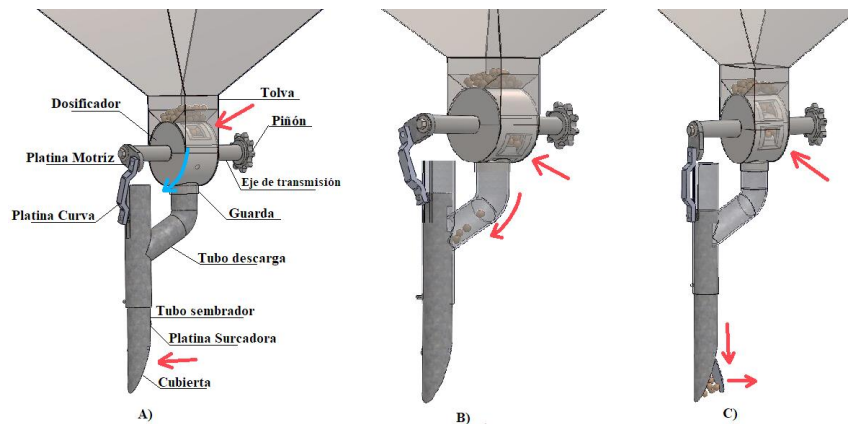


4.4.4. Sistema de siembra a precisión.

Constituido por una serie de elementos ensamblados perfectamente con el fin de generar una siembra que proporcione adecuadas condiciones de germinación. El sistema se encarga de dosificar la cantidad correcta de semillas y colocarlas en el suelo a una profundidad homogénea.

Figura 4.15

Sistema de siembra a precisión.



El funcionamiento es impulsado por un mecanismo de transmisión de potencia catalina - piñón descrito en el punto 4.4.3, que permite el movimiento de un eje cilíndrico que da movimiento al sistema dosificador y de siembra:

- El sistema dosificador es el encargado de distribuir la cantidad correcta de semillas, está conformado por un eje y un dosificador con una cavidad adecuada para tomar 8 semillas de la tolva girar 180° y soltarlas en el tubo de descarga que une este sistema con el de siembra.
- El sistema de siembra tiene la funcionalidad de recoger las semillas del tubo de descarga y depositarlas en el suelo a una cierta distancia. Este sistema se caracteriza por su sistema de 4 barras articuladas que dan movimiento a todos los elementos: la primera barra (eje) es la encargada de transmitir potencia juntamente con la segunda barra (platina motriz) que se encuentra empotrada a la primera y conjuntamente giran 360° , la tercera barra (platina curva) es la encargada de dar movimiento similar a una biela, y la cuarta barra (tubo sembrador) es la conducida que se mueve dentro de un eje fijo similar a un pistón. Dentro de la máquina el tubo sembrador recoge las

semillas en el punto alto y las introduce en la tierra en el punto más bajo, como se observa en la Figura 4.15.

4.5. Poblacion relativa.

Corroborando la información obtenida se puede estipular matemáticamente un promedio de la cantidad de semilla y tiempo invertido en una siembra de una hectárea, para lo cual se consideran los siguientes datos:

- Terreno de 1 ha (100 m x 100 m)
- Distancia entre cavidades 0,32 m
- Semillas por cavidad 8
- Distancia entre surcos 0,5 m

Considerando un terreno plano en donde los surcos tendran un largo de 100 m se calcula cuantas hoyos perforará la máquina en el surco.

$$\frac{100 \text{ m}}{0,32 \text{ m}} = 312,15 = 312 \text{ cavidades.} \quad (1)$$

La separación por surco es de 0.5 m considerando el ancho de 100 se obtiene cuantos surcos habrá en el terreno: $100/0.5 = 200$ surcos.

$$\frac{100 \text{ m}}{0,5 \text{ m}} = 200 \text{ surcos} \quad (2)$$

$$200 \times 312 = 62400 \text{ cavidades}$$

Entonces en un terreno de una hectárea habrá aproximadamente 62400 cavidades.

Obtenido este dato se calcula cuantas semillas se utilizará en el cultivo.

$$62400 \times 8 = 499200 \text{ semillas.} \quad (3)$$

El peso medio de la semilla de arveja es de 0,2 gramos por unidad al multiplicarle por la cantidad de semillas a sembrar se obtiene la cantidad de quintales de arveja que se debe comprar para poder cultivar una hectárea de terreno.

$$499200 \times 0.2 = 99840 \text{ gramos} \quad (4)$$

$$\frac{99840}{1000} = 99,84 \text{ kg}$$

Considerando que en un quintal de arvejas pesa 50 kg se estaría usando aproximadamente dos quintales de arvejas para la siembra.

4.5.1. Tiempo aproximado de siembra.

La velocidad estimada con la que se mueve el operario al momento de realizar la marcha es de 5 km/h que transformado es igual a 0,7 m/s.

$$5 \frac{\text{km}}{\text{h}} * \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} * \frac{1000}{1\text{km}} = 1,36 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (5)$$

La longitud recorrida se obtiene multiplicando el número de surcos por el largo del terreno:

$$200 \times 100 = 40000 \text{ m} \quad (6)$$

Aplicando la formula del tiempo:

$$\text{Tiempo} = \frac{\text{Longitud}}{\text{Velocidad}} = \frac{40000 \text{ m}}{1,36 \text{ m/s}} * \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} = 8,17 \text{ h} \quad (7)$$

Se toma en cuenta el tiempo en el cual el operario se toma un lapso para recargar la tolva, desayunar y descansar en el transcurso del día, abarcándolos en un factor de tiempo perdido de 1,2 en la siembra total de una hectárea. Obteniendo la duración real de la siembra mediante la multiplicación del tiempo de siembra por el factor de pérdida.

$$\text{Tiempo aproximado total} = 8,17 * 1,2 = 9,8 \text{ h} \quad (8)$$

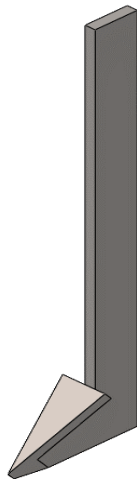
4.6. Cálculos y Análisis Estáticos

4.6.1. Diseño del surcador

La incorporación de un abridor de surcos a la máquina es esencial si se desea trabajar en diferentes tipos de suelos sin generar problemas en el funcionamiento del dispositivo. Por lo que se diseña un surcador utilizando los materiales existentes, en este caso una platina de acero estructural ASTM A36 de dimensiones 25 x 6 mm. En la Figura 4.16 se observa el prototipo del abre surcos que se utiliza en la máquina con el objetivo de perforar la tierra y quitar algún tipo de acumulación que pueda afectar al funcionamiento del sistema de siembra a precisión.

Figura 4. 16

Prototipo del abre surcos



4.6.1.1. Momento generado

Los cálculos que determinan la resistencia que tiene el surcador con la fuerza que opone el suelo son basados en la Tabla 4.13 que contiene los coeficientes de fricción con sus respectivas velocidades. En donde buscamos obtener el momento resultante, el esfuerzo generado y su respectivo factor de seguridad.

Tabla 4. 13

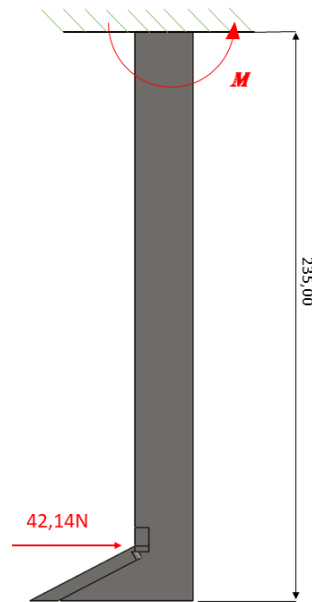
Fricción del suelo dependiendo de su tipo[28].

Tipo de suelo	Energía específica (N/mm^2)	Coefficiente de fricción
Arenoso	0,0205947 – 0,0411894	0,21 -0,42
Limoso	0,0343245 – 0,0617841	0,35 – 0,63
Arcilloso	0,0549192 – 0,0987	0,56 – 1,00

Tomando en cuenta estos datos, se determinó la fuerza que se va a utilizar para diseñar el elemento, obteniendo mediante diferentes cálculos la resistencia del suelo contra el material de 41,14 N [9].

Figura 4. 17

Surcador sometido a esfuerzos



$$M = F * d$$

(9)

Donde:

M: momento

F: fuerza

d: distancia

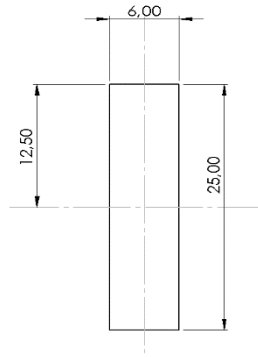
$$M = 42.14 \text{ N} * 235 \text{ mm}$$

$$M = 9902,9 \text{ N*mm.}$$

Primero se calcula la inercia del material con las dimensiones de la platina que se muestran en la Figura 4.18, una vez obtenido ese dato se procede a calcular el esfuerzo.

Figura 4. 18

Dimensiones fabricante.



(10)

$$I = \frac{b * h^3}{12}$$

Donde:

b = Base

h = altura

$$I = \frac{6 * 25^3}{12}$$

$$I = 7812,5 \text{ mm}^4$$

(11)

$$\sigma = \frac{M * c}{I}$$

Donde:

σ = Esfuerzo

M= Momento flector.

C= Centroide

I= Inercia de área.

$$I = 7812,5 \text{ mm}^4$$

$$\sigma = \frac{9902,9 \text{ N} * \text{mm} * 12,5 \text{ mm}}{7812,5 \text{ mm}^4}$$


$$\sigma = 15,84 \text{ MPa}$$

Finalmente, se obtiene el factor de seguridad para determinar si el diseño es fiable o no. Para conseguir el factor de seguridad sacamos el límite a la fluencia (S_y) del catálogo del fabricante que se observa en la Figura 4.19, en este caso posee una resistencia elástica de 250 MPa.

Figura 4. 19

Propiedades el acero ASTM A36 según su fabricante [29].

ASTM A36 Steel Plate Mechanical Properties



OCTAL
www.octalsteel.com

Mechanical Properties Tensile and Yield Strength	
Tensile strength, ksi [MPa]	58-80 [400-550]
Yield point, min, ksi [MPa]	36 [250]
Elongation in 8 in. [200 mm], min, %	20
Elongation in 2 in. [50 mm], min, %	23

$$n = \frac{S_y}{\sigma} \quad (12)$$

Donde:

n: factor de seguridad

S_y : resistencia elástica del material.

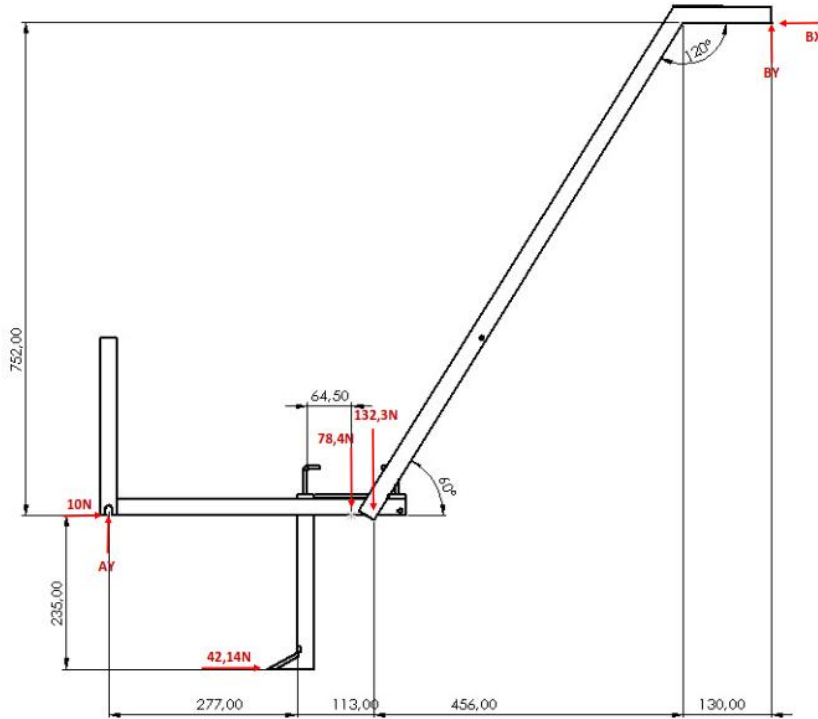
$$n = \frac{250 \text{ MPa}}{15,84 \text{ MPa}}$$

$$n = 15,78$$

4.6.2. Estudio del chasis

Figura 4. 20

Fuerzas en el plano X – Y.



$$\sum F_X = 0 \tag{13}$$

$$10N + 42,14N - BX = 0$$

$$BX = 52,14 N$$

$$\sum F_Y = 0 \tag{14}$$

$$A_Y - 78,4N - 132,3N + B_Y = 0$$

$$180,54N - 78,4N - 132,3N + B_Y = 0$$

$$B_Y = 30,16 N$$

$$\sum M_B = 0 \quad (15)$$

$$\sum M_B = -A_Y(976\text{mm}) + 14\text{N}(752\text{mm}) + 78,4\text{N}(634,5) + 132\text{N}(586\text{mm}) + 42,14\text{N}(987) = 0$$

$$A_Y = \frac{10528\text{N} * \text{mm} + 49744,8\text{N} * \text{mm} + 77352\text{N} * \text{mm} + 41592,18\text{N} * \text{mm}}{976\text{mm}}$$

$$A_Y = 180,54\text{N}$$

Figura 4. 21

Diagrama de Fuerzas cortantes plano X-Y.

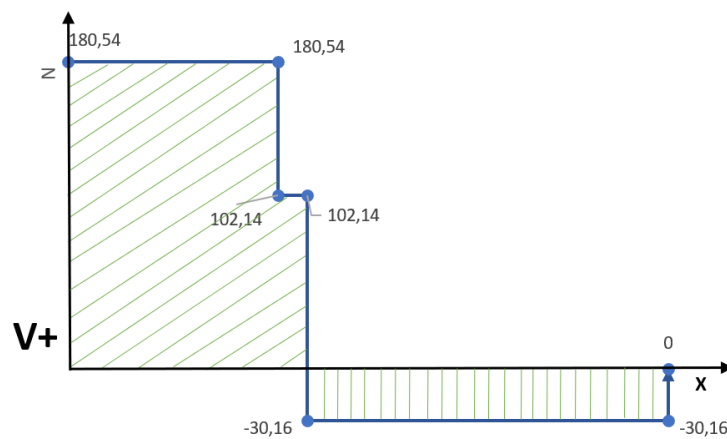
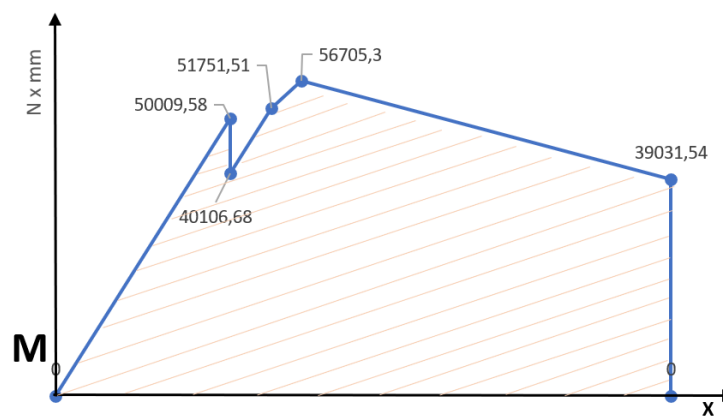


Figura 4. 22

Diagrama Momento flector plano X-Y.



Una vez calculado las fuerzas y los momentos que va a soportar la estructura, se identifica el punto más crítico (zona en donde probablemente la estructura comience a fallar), en este caso el momento con mayor valor como se muestra en la Figura 4.22. Para corroborar la información encontramos el esfuerzo al que está sometido y finalmente calcular el factor de seguridad.

(16)

$$\sigma = \frac{M * c}{I}$$

$$I = 7812,5 \text{ mm}^4$$

$$\sigma = \frac{56705,30 \text{ N} * \text{mm} * 12,5 \text{ mm}}{7812,5 \text{ mm}^4}$$

$$\sigma = 90,728 \text{ MPa}$$

Se debe tomar en cuenta que el esfuerzo obtenido es el que genera todo el chasis; en este estudio se utilizan 2 barras que soportan las fuerzas y momentos en la estructura, por lo cual se procede a dividir el resultado para obtener el factor de seguridad real.

$$n = \frac{S_Y}{\sigma} \quad (17)$$

$$n = \frac{250 \text{ MPa}}{90,728 \text{ Mpa}}$$

$$n = 2,75$$

4.7. Construcción y ensamble de la máquina

El desarrollo de la máquina sembradora de arvejas se realizó siguiendo la lista de actividades que se muestran en la Tabla 4.14, la cual nos presenta una matriz de seguimiento con las fechas en las que se debe de realizar cada actividad, de esta forma se logró concluir con la elaboración del aparato mecánico.

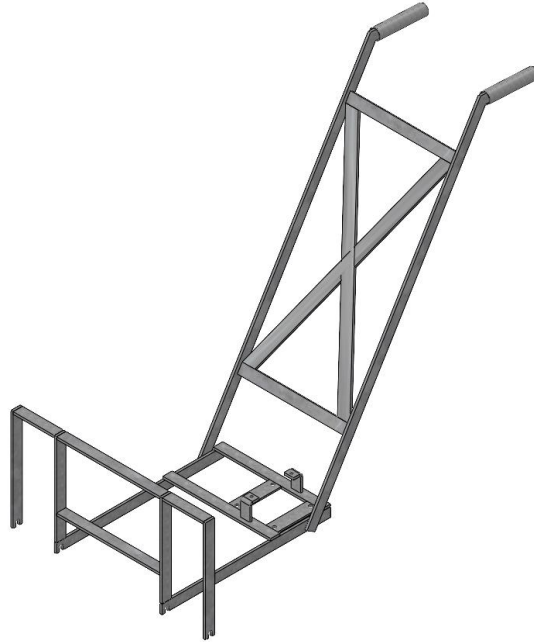
Tabla 4. 14
Matriz de seguimiento.

ACTIVIDADES	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES																											
	SEMANAS																											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Investigación en fuentes bibliográficas, las mejores condiciones para una buena germinación de la semilla de arveja, como su tamaño, cantidad, profundidad y distancia.	■	■																										
Consulta los agricultores de la parroquia La Paz sobre las mejores condiciones en un sembrado de arveja visto desde su punto profesional.			■	■																								
Diseño y elección del prototipo.					■	■																						
Desarrollo de análisis estáticos.							■	■																				
Elaboración de planos de partes y conjuntos.									■	■	■	■																
Construcción de la máquina.												■	■	■	■													
Uso del aparato mecánico en la parroquia La Paz para realizar pruebas de sembrado.																■	■											
Monitoreo de las semillas plantadas con la máquina.																			■	■	■	■						
Obtención de datos.																									■	■	■	■

4.7.1. Chasis

Figura 4. 23

Chasis de la máquina sembradora.



El chasis que se muestra en la Figura 4.23, es la unión del bastidor con el sistema de empuje, en conjunto forman una estructura metálica completa capaz de encajar y soportar los diferentes elementos que conforman la máquina. Los materiales que se usó para su construcción se encuentran detallados en la Tabla 4.15.

Tabla 4. 15

Materiales para la construcción del chasis

Material	Cantidad	Descripción
Platina estructural	2	ASTM A-36 h = 25 mm, e = 6 mm, l = 6m
Tubo redondo estructural	2	ASTM A-36 Φ = 32 mm, e = 1.5 mm, l = 15cm

La estructura fue soldada con electrodo E-6011.

4.7.2. Tolva

La tolva tiene un diseño que busca tener al dosificador siempre alimentado, el mismo que permite adecuar perfectamente la semilla en el sistema encargado de proporcionar la indicada cantidad de granos. En la elección del material para la construcción se toma en cuenta varios parámetros, entre los más importantes destacan: la capacidad del material para resistir 8 kg de semilla, la resistencia a la fricción con los granos y la imposibilidad de reaccionar químicamente con los agroquímicos ni las semillas. Tomando en cuenta todo lo propuesto se decide construir la tolva que se observa en la Figura 4.24, con una plancha de acero inoxidable AISI 304 de dimensiones (1120 x 2440 x 1) mm, el mismo que cumplía con todos los requerimientos planteados.

Figura 4. 24

Construcción de la tolva.



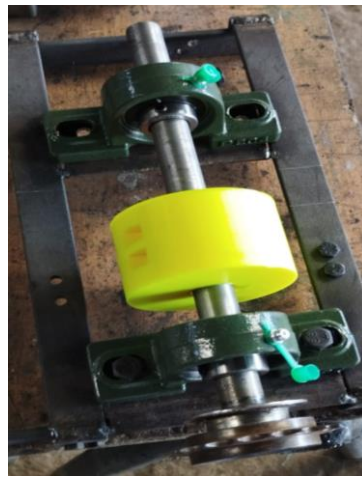
Para fijar las partes de la tolva se utilizó la soldadura por puntos con el electrodo para acero inoxidable E-308L-16.

4.7.3. Sistema dosificador.

Este sistema cuenta con un eje de Φ 19 mm de acero AISI 1020, ideal para caber en el dosificador y las chumaceras SY ¾ TF que permiten su movimiento como se muestra en la Figura 4.25, de igual forma en el extremo inferior esta soldada a un engranaje de 13 dientes encargado de transmitir potencia de la máquina.

Figura 4. 25

Construcción y ensamblaje del sistema dosificador.



Dosificador

Figura 4. 26

Dosificador.



La Figura 4.26, muestra el elemento encargado de distribuir la cantidad correcta de semillas por cada giro de 360°, fue elaborado en una impresora 3D “Artillery Genius pro” que se caracteriza por su mejor control del filamento flexible permitiéndole obtener mejores resultados de una forma más sencilla. Para laminar el dosificador se utilizó el software “SIMPLIFY 3D” dándole las siguientes configuraciones:

- El material usado fue el PETG debido a su excelente resistencia y flexibilidad en comparación con el PLA y el PET.
- La estructura manejada para el relleno es el full panal de abejas, debido a sus buenas referencias sobre las resistencias a los esfuerzos de compresión y torsión.
- Los parámetros de impresión dependen del material, en este caso se utilizó una temperatura de 235 °C a una velocidad de 17 mm/s para las primeras capas y para lo demás una temperatura de 230 °C a una velocidad de 35 mm/s, estos parámetros garantizan una mejor adherencia entre capa y capa.

4.7.4. Sistema siembra a precisión

Figura 4. 27

Sistema de siembra a precisión

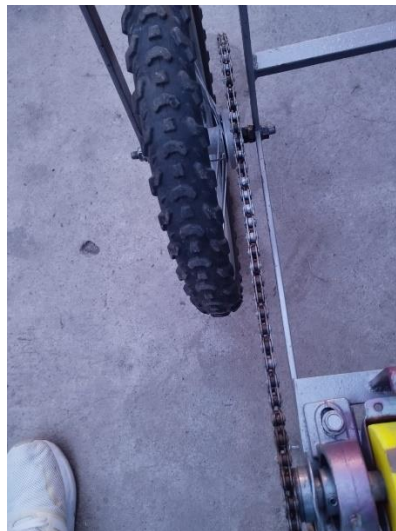


El órgano que se observa en la Figura 4.27 se encarga de colocar la semilla a una distancia y profundidad homogénea fue construido con tubos estructurales redondos de acero galvanizado de Φ 32 y 28 mm unidos a la guarda del dosificador. El mecanismo que permite el movimiento similar al sembrado manual de los tubos es un sistema de 2 barras conformado por 2 platinas de acero ASTM A36 las cuales van empernadas en su extremo superior con el extremo superior del eje, provocando el movimiento de sube y baja de los tubos.

4.7.5. Sistema de transmisión de potencia

Figura 4. 28

Sistema de transmisión catalina – Piñón.



Es una parte importante de la máquina encargada de transmitir movimiento y proporcionar la distancia del sembrado correcta. La Figura 4.28 muestra el sistema que está construido con dos ruedas de 16" de las cuales la rueda izquierda está soldada una catalina de acero inoxidable de 48 dientes y al eje de transmisión un piñón de 13 dientes del mismo material, estos elementos enlazados con una cadena transmiten potencia a la máquina y permiten que la máquina siembre a una distancia y profundidad homogénea.

4.7.6. Construcción total

Figura 4. 29

Máquina sembradora de semillas de arveja.



En la Figura 4.29 se observa todos los elementos ya ensamblados, adicionalmente se colocó una capa de pintura de color plateado a la estructura y otros materiales. Se decidió sombrear con pintura METALTEC de PINTUCO ya que otorgaba una buena protección contra las condiciones climáticas.

4.8. Pruebas y análisis

4.8.1. Pruebas de funcionamiento

Las pruebas de funcionamiento se realizaron en la parroquia La Paz provincia del Carchi, ubicada en la sierra norte del país, tal como se mostró en el capítulo 2, posee un clima frío que generalmente oscila entre los 8 y 18 °C.

Antes de hacer las pruebas pertinentes, se buscó un lote de terreno que esté apto para la siembra de arvejas; preparado con mínimo una mano de arado, dos manos de rastra y este surcado para su correcta plantación. Todo con el propósito de que el suelo tenga la menor cantidad de terrones que causen conflictos a la hora de poner en uso la máquina.

La prueba se realizó en el barrio Santa Clara en un terreno de *1 ha* con suelo mixto, por la suavidad del terreno la máquina trabajó perfectamente, sembrando la cantidad correcta de semillas a una distancia y profundidad uniforme. El desnivel del suelo en ciertas zonas no fue un problema, ya que el operador puede irlo acoplado al alto del surco como se muestra en la Figura 4.30.

Figura 4. 30

Pruebas de funcionamiento.



4.8.2. Análisis de resultados

En las pruebas realizadas en el terreno, se presentaron resultados satisfactorios; ya que la máquina era de muy fácil operación. Sin embargo, el sembrador expresó un ligero cansancio cuando se colocaron 8 kilogramos de semillas, caso contrario cuando el peso fue de 5 kg.

La máquina pudo ser trabajada a velocidades entre 2 a 5 km/h demostrando el mismo nivel de efectividad, al trabajarla a velocidades mayores provocó un problema, ya que no dosificaba la cantidad de 8 semillas sino 5, esto debido a la relación entre las velocidades de la catalina y el piñón causados por la velocidad de desplazamiento del operador; sin embargo, la distancia y la

profundidad de sembrado son las correctas. Al trabajar a velocidades óptimas la sembradora logró sembrar 1 ha en aproximadamente 10 horas, lo que antes se sembraba con 8 jornaleros ahora se puede hacer con 1 operador.

Finalmente, para evitar problemas de funcionamiento es imprescindible realizar mantenimientos preventivos, los cuales consisten en:

- Engrasar la cadena de transmisión los ejes de las llantas, y las chumaceras.
- Verificar si hay una buena compresión en las llantas.
- No colocar semillas que no estén escogidas o que no sea certificada, debido a que las semillas menores a los Φ 5 mm provocan atascos.

4.9. Costos

4.9.1. Costos de materiales

La Tabla 4.16 contiene el precio de los materiales utilizados durante la fabricación de la máquina.

Tabla 4. 16

Costos de Materia prima.

Descripción	Cantidad	Valor U.	Valor
Platina estructural	2	6,3	12,6
Tubo estructural Φ 32 mm	1	5,8	5,8
Tubo estructural Φ 28 mm	1	5,5	5,5
Electrodos 6011	12	0,2	2,4
Electrodos 308L-16	5	0,5	2,5
Cadena de transmisión	1	10	10
Cadena de arrastre	1	3	3
Chumacera	2	4	8
Dosificador	3	7	21
Piñón	2	5	10
Catalina	2	8	16
Ruedas	2	10	20
Plancha de acero inoxidable	1	26	26
Eje	1	28	28

Pernos M6	10	0,2	2
Pernos M5	10	0,2	2
Disco de corte	2	3	6
pintura anticorrosiva	2	4	8
disco de pulido	1	3	3
Pernos M10	5	0,25	1,25
Impresiones 3D	1	20	20
		Total	216,05

4.9.2. Costo de Fabricación

En la respectiva Tabla 4.17, se detalla las horas de diseño y construcción de la máquina. El valor unitario por hora se obtuvo del sueldo básico de un ingeniero (\$800,00) que va de los 700 a 900 dólares y el sueldo de un técnico mecánico (\$600,00).

Tabla 4. 17

Costos de fabricación

Total horas	Horas	Valor U.	Valor T.
Diseño	40	5,00	200
Construcción	96	3,75	360
		Total	560

El costo total de fabricación se obtiene sumando el total de los materiales invertidos y el costo de la mano de obra, en este caso se gastó un aproximado de 716 dólares en el proceso para obtener la máquina.

2. CONCLUSIONES

La investigación documental permitió determinar las diferentes características (zona, suelo, distancia, profundidad, clima) para lograr un buen proceso de sembrado de arveja permitiendo obtener una buena germinación beneficiando positivamente al agricultor.

La investigación de campo ayudó a recolectar suficiente información sobre el método de siembra y sus respectivas características, las cuales dependen de la zona (Parroquia La Paz) y tipo de semilla.

Indagar y conseguir diferentes materiales y repuestos en el mercado local permitió diseñar una máquina fácil de construir y de reparar, de igual forma contribuyó en su adecuado y sencillo uso, permitiendo realizar al agricultor los mantenimientos correctivos y preventivos sin tener que acudir a un especialista.

En las pruebas de validación se pudo constatar que la máquina se adecua al ancho del guacho lo cual le permite colocar el tubo sembrador en el centro del surco. Al tener un mecanismo similar al de una carretilla el operador puede controlar la altura de sembrado en el surco, siendo este siempre irregular por la zona del terreno, de esta manera, la máquina siembra a una distancia aproximada de 31 cm y una profundidad de 4 cm, dosificando 8 semillas por cavidad, recalando que puede ser utilizada para sembrar otro tipo de grano que se encuentre en los límites de la cavidad del dosificador, obteniendo características similares como el sembrado del fréjol.

3. RECOMENDACIONES

Se debe realizar un estudio para determinar las características óptimas del sembrado de arvejas, ya que dependen de la zona (clima, humedad, tipo de suelo, y criterio del agricultor.) en la cual se cultiva.

Es necesario brindar mantenimientos correctivos y preventivos a la máquina, engrasar las chumaceras y cadena, de esta manera se asegura un correcto funcionamiento al momento de sembrar, de la misma forma, es imprescindible desensamblar y dar una correcta limpieza a cada implemento que se encuentre dentro del sistema de distribución y siembra, ya que estos están expuestos a condiciones ambientales, por lo que se le acumula polvo que pueden ocasionar daños.

Es indispensable utilizar semilla escogida o certificada las cuales no sean menores a los 5 cm de diámetro debido a que estas provocan atascos dentro de la máquina y no permite tener un correcto funcionamiento.

REFERENCIAS

- [1] S. Zamora Boza, X. Espinoza Herrera, P. San Andrés Reyes, and A. Moreno Silva, “Sistemas de innovación agrícola: una mirada a la situación del sector agrícola ecuatoriano,” *REVISTA CIENTÍFICA ECOCIENCIA*, vol. 8, pp. 237–254, Dec. 2021, doi: 10.21855/ecociencia.80.647.
- [2] G. A. Chiriboga Ibujés, “UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO "MÁQUINA SEMBRADORA DE ZANAHORIA QUE OPTIMICE LA,” Tesis de Pregrado, Universidad Técnica del Norte, Ibarra, 2015. Accessed: Apr. 30, 2023. [Online]. Available: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7483>
- [3] M. F. Polanco Puerta, “Maquinaria y mecanización agrícola.” UNAD, 2007.
- [4] A. F. Alvarez, “Diseño de prototipo de una máquina sembradora de semillas de maíz para los agricultores en el distrito de Pucalá, Chiclayo, Lambayeque,” Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, 2021. Accessed: Apr. 18, 2023. [Online]. Available: <https://hdl.handle.net/20.500.12893/10157>
- [5] B. P. Alanuca Yanchaguano and A. S. Jaque Lozada, “Implementación de una máquina electromecánica automatizada para el sembrío de semillas para la empresa agrónoma Patricia Pinto, ubicada en la parroquia de Izamba del cantón Ambato de la provincia de Tungurahua,” Tesis, Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, 2021. Accessed: Apr. 23, 2023. [Online]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8137>
- [6] H. Guo *et al.*, “Design and Simulation of a Garlic Seed Metering Mechanism,” *Agriculture*, vol. 11, no. 12, 2021, doi: 10.3390/agriculture11121239.

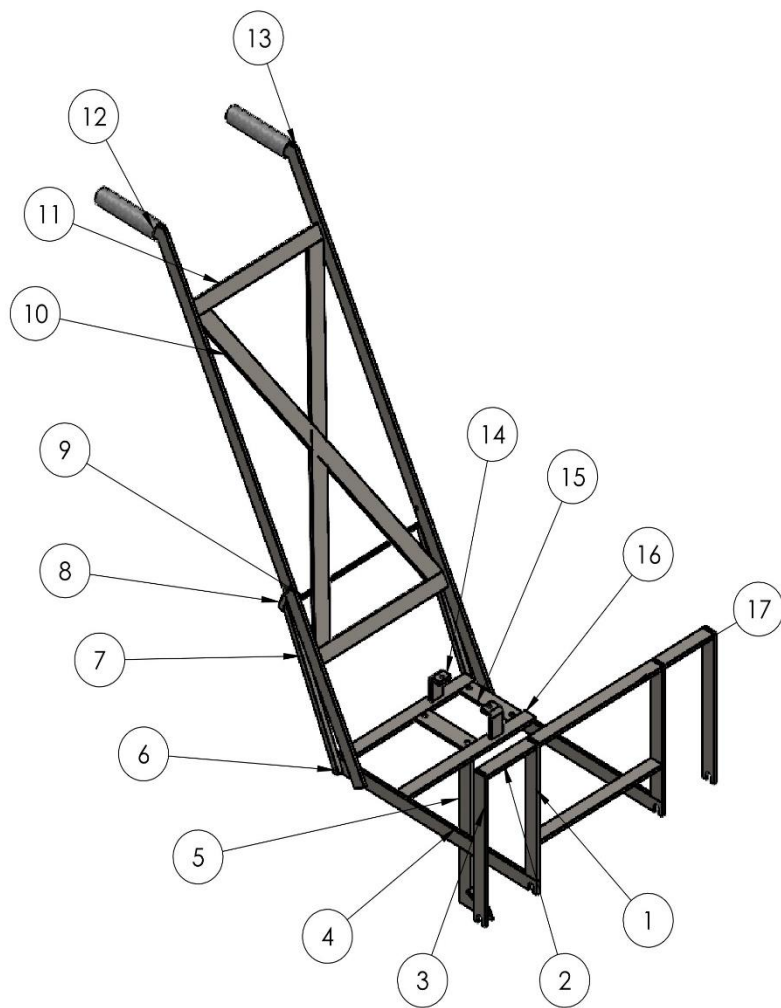
- [7] J. P. Maigua Mendoza and D. B. Paredes Fierro, "Repotenciación de una máquina sembradora de maíz de cuatro hileras con dosificador de fertilizante," Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2020. Accessed: Apr. 18, 2023. [Online]. Available: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/15570>
- [8] O. Arteaga *et al.*, "Automation of a seed on tray seeder machine," *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 872, no. 1, p. 012003, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/872/1/012003.
- [9] H. E. Ospina-Bayona, C. C. Sánchez-Torres, R. A. García-León, H. A. Ballesteros-Ruiz, and B. C. Pérez-Lozano, "Design of a mechanical seeder," *J Phys Conf Ser*, vol. 1388, no. 1, p. 012004, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1388/1/012004.
- [10] W. Ramírez Flores, "Diseño de una maquina semiautomática sembradora de maíz para optimizar el tiempo de sembrado," 2019.
- [11] R. P. Melo, D. Albiero, A. C. Praciano, L. de A. Monteiro, and A. P. Garcia, "Seed distribution by punch seeder in family farming," *REVISTA CIÊNCIA AGRONÔMICA*, vol. 50, no. 3, 2019, doi: 10.5935/1806-6690.20190059.
- [12] G. F. Porras Jiménez and R. C. Gavilanes Toapanta, "Diseño y construcción de una sembradora de papas de dos hileras con un sistema de dosificación de fertilizante," Pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2018. Accessed: Apr. 23, 2023. [Online]. Available: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/9700>
- [13] V. P. Astudillo Cortez, "Desarrollo de una máquina semiautomática para la colocación de semillas de 5 mm hasta 10 mm en almácigos de 28x28 cm.," Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2018. Accessed: Apr. 23, 2023. [Online]. Available: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/9244>

- [14] O. E. Checa Coral, D. M. Rodríguez Rodríguez, M. H. Ruiz Eraso, and J. E. Muriel Figueroa, “La Arveja-Investigación y Tecnología en el Sur de Colombia,” 2022.
- [15] H. L. Arévalo Alvear, “Evaluación de cinco variedades de arveja (*Pisum sativum*) bajo condiciones de invernadero en Tumbaco-Pichincha,” Tesis (Ingeniero en Agroempresa), Universidad San Francisco de Quito, Quito, 2013. Accessed: May 01, 2023. [Online]. Available: <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/2419>
- [16] D. Orbe and M. Cuichán, “Guía sobre el uso de bases de datos de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC),” INEN. Accessed: Apr. 30, 2023. [Online]. Available: <https://anda.inec.gob.ec/anda/index.php/catalog/912>
- [17] L. Guerrero Jiménez, L. A. Restrepo Henao, C. J. Rincón Cárdenas, and H. A. Camacho García, “Sembradoras: Uso y Calibración,” 1981. Accessed: May 09, 2023. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/23812>.
- [18] P. y A. Ministerio de Agricultura, “Maquinaria Agrícola,” Plataforma de conocimiento para el medio rural y pesquero. Accessed: May 09, 2023. [Online]. Available: <https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/plataforma-de-conocimiento-para-el-medio-rural-y-pesquero/observatorio-de-tecnologias-probadas/maquinaria-agricola/sembr-voleo.aspx>
- [19] R. A. García-León, Á. Avendaño-Quintero, and S. A. Suarez-Castrillón, “Diseño de un prototipo de sembrador mecánica de granos, alternativa agrícola,” *Revista Ingenio*, vol. 12, no. 1, pp. 33–40, Jan. 2017, doi: 10.22463/2011642X.2122.
- [20] B. Diezma and F. García, “Características técnicas de las sembradoras convencionales,” *Vida Rural (n.235)*, no. ISSN1133-8938, pp. 60–64, 2006.

- [21] boletinagrario.com, “Sembradoras monograno o de precisión,” May 2023, Accessed: May 12, 2023. [Online]. Available: <https://boletinagrario.com/f799,sembradoras-monograno-precision.html>
- [22] D. X. Aragón Cuichán and L. F. Many Galarza, “Diseño y construcción de una máquina sembradora con dosificación automática para semilla de quinua y abono con una capacidad de 20kg/h,” Tesis de Grado, Universidad Politécnica Salesiana, Quito, 2016. Accessed: May 06, 2023. [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/11999>
- [23] Reynolds Antonio, “DISEÑO DE UN SISTEMA INTELIGENTE DE DOSIFICACIÓN NEUMÁTICO DE SEMILLA,” *DISEÑO DE UN SISTEMA INTELIGENTE DE DOSIFICACIÓN NEUMÁTICO DE SEMILLA MARCO*, no. Ingeniería de Sistemas Agrícolas, 2006.
- [24] M. Garrido Izard, “Estudio de la profundidad de siembra en siembra directa de maíz mediante la sensorización de un brazo de una sembradora mecánica monograno,” *Agronomos*, 2010. [Online]. Available: <https://oa.upm.es/6314/>
- [25] M. Ruiz-Altisent, “Sembradoras de precisión,” *Mecanización Agraria*, vol. 5, no. 8–9, pp. 395–398, 1971.
- [26] D. L. Goetsch and S. B. Davis, “Quality management for organizational excellence.” Edisi X (New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2010), 2021.
- [27] R. Míreles Muñoz, “Implementación del despliegue de la función de calidad (QFD),” 2007.
- [28] O. S. Morales Zapata, “Diseño de un sistema de arado para la preparación del suelo en cultivos orgánicos dirigido a pequeños agricultores,” 2015.

[29] “ASTM A36 Steel Plate - Completely Specifications You Should Know.” Accessed: Nov. 21, 2023. [Online]. Available: <https://www.octalsteel.com/astm-a36-steel-plate-specification/>

5. ANEXOS



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	MATERIAL	CANTIDAD	ZONA	CÓDIGO	OBSERVACIÓN
1	HORQUILLA IZQUIERDA	ASTM A36	2	B5	UTN-CIME-MSA-00-00-07	
2	BASE HORQUILLA	ASTM A36	2	B5	UTN-CIME-MSA-00-00-08	
3	HORQUILLA DERECHA	ASTM A36	2	B6	UTN-CIME-MSA-00-00-06	
4	PLATINA SOPORTE DERECHO	ASTM A36	2	B6	UTN-CIME-MSA-00-00-04	
5	SURCADOR	ASTM A36	1	B7	UTN-CIME-MSA-00-00-01	
6	PASADOR DE ORQUILLA 1/4	AISI304	3	C7		
7	SOPORTE LATERAL	ASTM A36	2	C7	UTN-CIME-MSA-00-00-10	
8	SOPORTE TIPO GANCHO	ASTM A36	1	D7	UTN-CIME-MSA-00-00-13	
9	BASE SOPORTE	ASTM A36	1	D7	UTN-CIME-MSA-00-00-15	
10	BARRA TEMPLADORA	ASTM A36	2	D7	UTN-CIME-MSA-00-00-10	
11	SOPORTE	ASTM A36	2	E7	UTN-CIME-MSA-00-00-11	
12	MANUBRIOHOY	GALVANIZADO	2	E7	UTN-CIME-MSA-00-00-12	
13	SISTEMA DE EMPUJE	ASTM A36	2	E6	UTN-CIME-MSA-00-00-05	
14	ANGULO SOPORTE	ASTM A36	2	D6	UTN-CIME-MSA-00-00-03	
15	SOPORTE BOCINA	ASTM A36	2	D5	UTN-CIME-MSA-00-00-00	
16	PLATINA TRAVESAÑO	ASTM A36	2	C5	UTN-CIME-MSA-00-00-02	
17	PLATINA ESTABILIZADORA	ASTM A36	2	C5	UTN-CIME-MSA-00-00-09	



PROYECTO: MÁQUINA SEMBRADORA DE ARVEJAS

CONJUNTO: Chasis

CÓDIGO: UTN-CIME-MSA-00-00

PESO: 10322 g

DISEÑO: ORTIZ J.

25/5/2023

LARGO: 976 mm

DIBUJÓ: ORTIZ J.

25/5/2023

ANCHO: 522 mm

REVISÓ: OJEDA D.

6/11/2023

ALTO: 1042 mm

APROBÓ: OJEDA D.

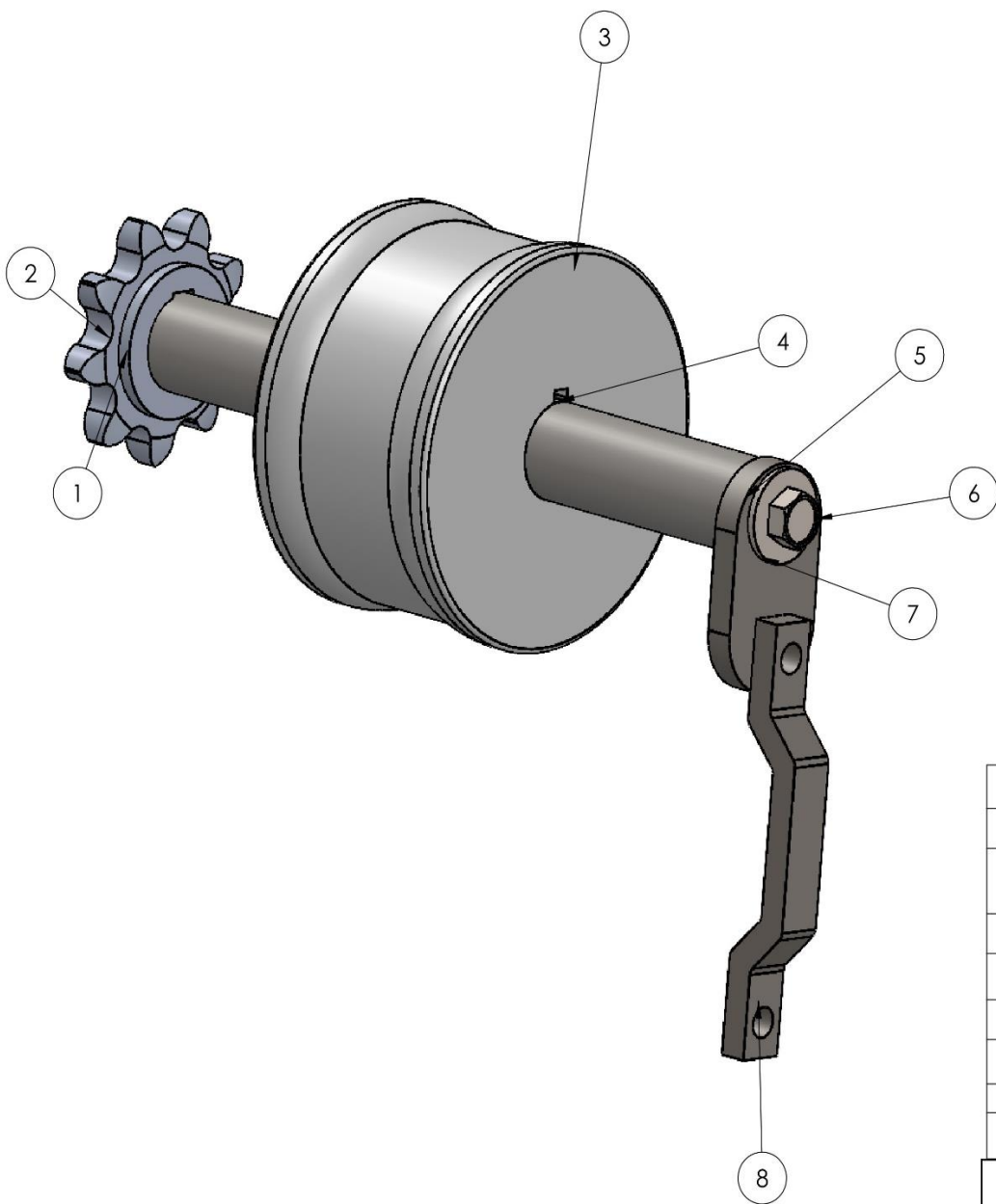
9/11/2023

ESCALA:
1:10

HOJA:
29/33
A3

UTN

CIME



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	MATERIAL	CANTIDAD	ZONA	CÓDIGO	OBSERVACIÓN
1	PIÑÓN 13D	ALEACIÓN 1060	1	E8		
2	ARBOL DE TRANSMISIÓN DOSIFICADOR	AISI 1020	1	E7	UTN-CIME-MSA-00-01-01	
3	DOSIFICADOR 1CV	PETG	1	D6	UTN-CIME-MSA-00-01-00	
4	CHAVETA 4X4X6 MM	SAE 1045	2	D5		
5	RUEDA MOTRIZ	ASTM A36	1	D5	UTN-CIME-MSA-00-01-02	
6	PERNO M6 X 1.0 X 8	AISI 304	1	D5		
7	RODELA 1/4	AISI 304	1	D5		
8	PLATINA DE TRANSMISIÓN-	ASTM A36	1	B5	UTN-CIME-MSA-00-01-03	



PROYECTO: MÁQUINA SEMBRADORA DE ARVEJAS

CONJUNTO: Eje de distribución

CÓDIGO: UTN-CIME-MSA-00-01

PESO: 831 g DISEÑO: ORTIZ J. 25/5/2023

LARGO: 185 mm DIBUJÓ: ORTIZ J. 25/5/2023

ANCHO: 79 mm REVISÓ: OJEDA D. 6/11/2023

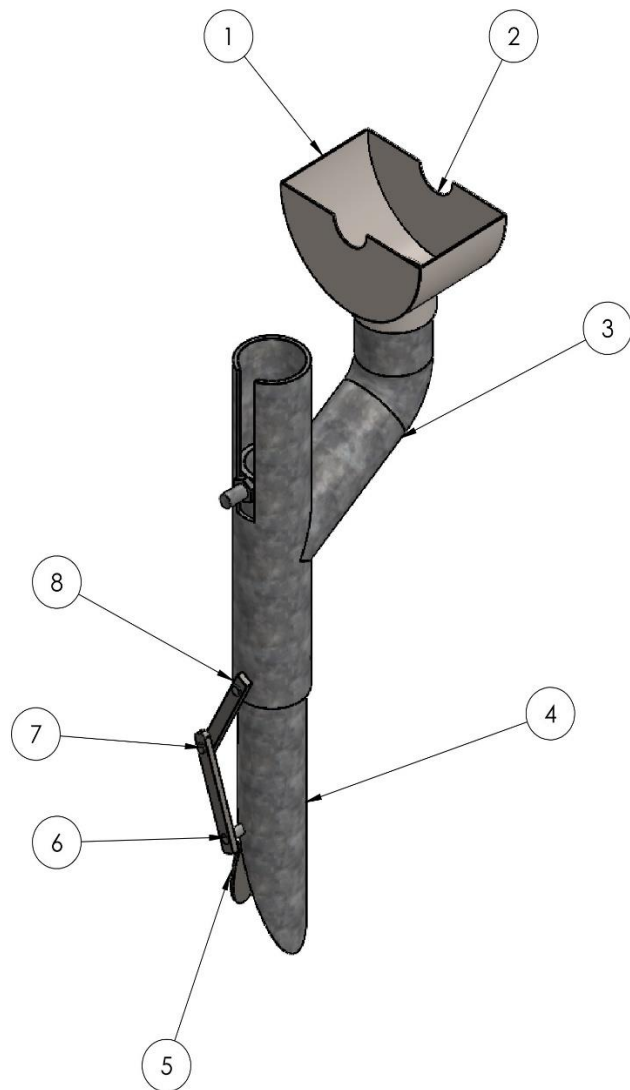
ALTO: 115 mm APROBÓ: OJEDA D. 9/11/2023

ESCALA:
1:2

HOJA:
30/33

A3

UTN CIME



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	MATERIAL	CANTIDAD	ZONA	CÓDIGO	OBSERVACIÓN
1	GUARDA DESCARGA	AISI 316	1	D6	UTN-CIME-MSA-00-02-02	
2	TAPA DE GUARDA	AISI 316	2	D6	UTN-CIME-MSA-00-02-00	
3	TUBO DE DESCARGA	ASTM A36	1	C6	UTN-CIME-MSA-00-02-03	
4	TUBO SEMBRADOR	GALVANIZADO	1	B6	UTN-CIME-MSA-00-02-01	
5	TAPA SEMBRADORA	ASTM A36	1	B6	UTN-CIME-MSA-00-02-05	
6	PASADOR	AISI 1020	1	B6		
7	PASADOR EJE	AISI 1020	1	B7		
8	EJE 2	ASTM A36	2	C6	UTN-CIME-MSA-00-02-05	



PROYECTO: MÁQUINA SEMBRADORA DE ARVEJAS

CONJUNTO: Sistema dosificador

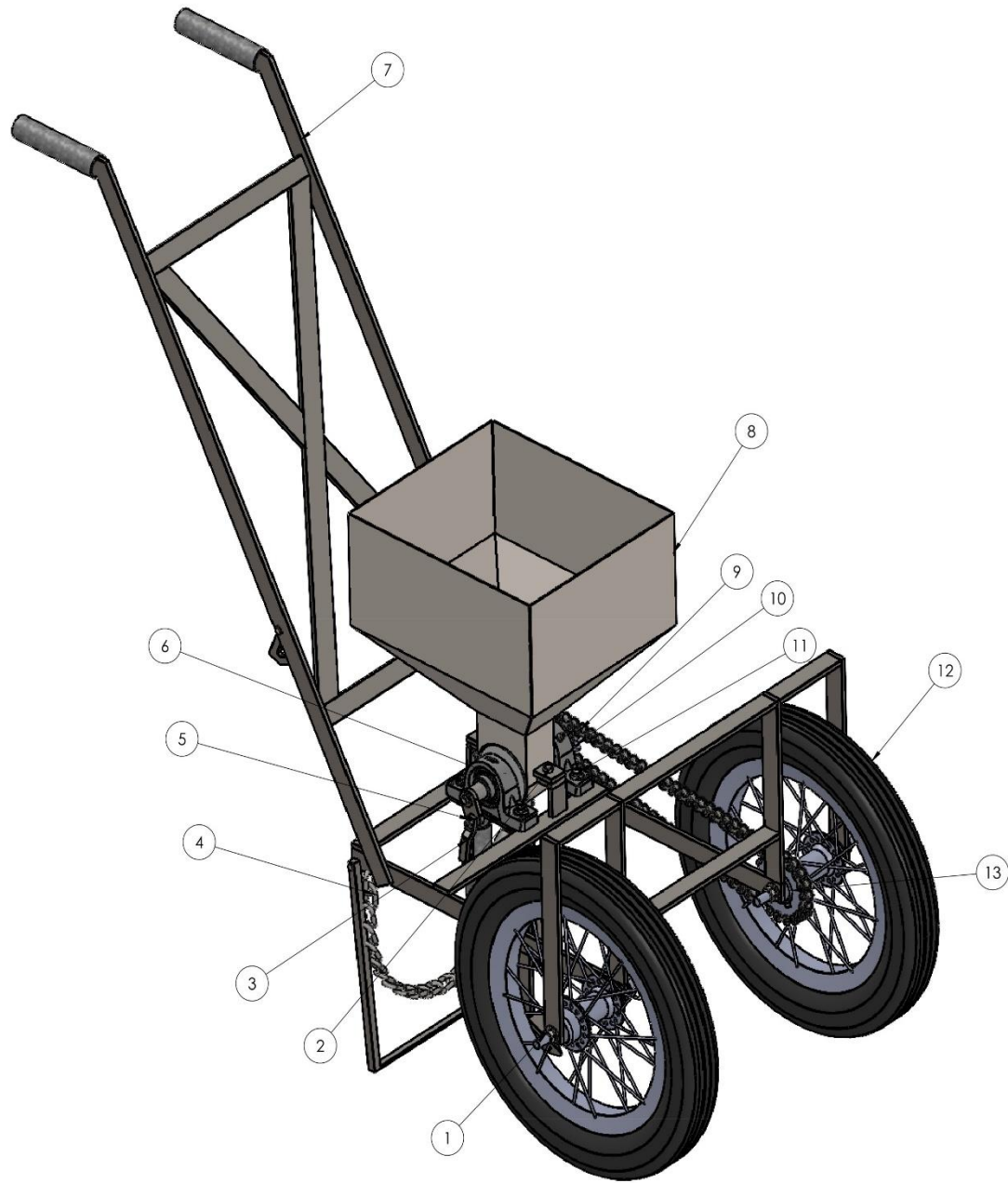
CÓDIGO: UTN-CIME-MSA-00-02

PESO:	741,48g	DISEÑO:	ORTIZ J.	25/5/2023
LARGO:	90 mm	DIBUJÓ:	ORTIZ J.	25/5/2023
ANCHO:	122 mm	REVISÓ:	OJEDA D.	6/11/2023
ALTO:	272 mm	APROBÓ:	OJEDA D.	9/11/2023

ESCALA:
1:5

HOJA:
31/33
A3

UTN CIME



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	MATERIAL	CANTIDAD	ZONA	CÓDIGO	OBSERVACIÓN
1	TUERCA HEX, M10X 1.5	AISI 304	4	B8		
2	PERNO M6 X 1.0 X 8		4	B9		
3	SISTEMA DOSIFICADOR	ASTM A36	1	C9	UTN-CIME-MSA-00-02	
4	CADENA	AISI 304	1	C10		
5	TUERCA HEX,M6X1	AISI 304	4	D10		
6	CHUMACERA 3/4 UCP 200	AISI 420	2	E10		
7	CHASIS	ASTM A36	1	H9	UTN-CIME-MSA-00-00	
8	TOLVA ARMADA	AISI 316	1	F5	UTN-CIME-MSA-00-03	
9	CADENA BICICLETA	ALEACIÓN 1060	1	E7		
10	EJE DE DISTRIBUCIÓN	ASTM A36	1	D7	UTN-CIME-MSA-00-01	
11	PERNO CABEZA DENTADA 8X25X22,5	AISI 304	4	D7		
12	NEUMÁTICO 16"		2	D6		
13	CATALINA 48D	ALEACIÓN 1060	1	C5		

	PROYECTO: MÁQUINA SEMBRADORA DE ARVEJAS			ESCALA: 1:10
	CONJUNTO: Máquina Sembradora2			
	CÓDIGO: UTN-CIME-MSA-00			HOJA: 33/33 A2
	PESO: 13460 g	DISEÑO: ORTIZ J.	25/5/2023	
LARGO: 1161 mm	DIBUJO: ORTIZ J.	25/5/2023		
ANCHO: 520 mm	REVISÓ: OJEDA D.	6/11/2023		
ALTO: 1042 mm	APROBÓ: OJEDA D.	9/11/2023		

UTN CIME