

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**“IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA ELECTROMECAÁNICA
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”**

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingenieros en
Electromecánica

AUTORES:

Alanuca Yanchaguano Byron Paul
Jaque Lozada Alex Santiago

TUTOR:

Ing. Ms.C. Verónica Paulina Freire Andrade

LATACUNGA – ECUADOR

Marzo 2021



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Nosotros, **Byron Paul Alanuca Yanchaguano** y **Alex Santiago Jaque Lozada** declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **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**, siendo Ing. Ms.C. Verónica Paulina Freire Andrade, tutor del presente trabajo y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Byron Paul Alanuca Yanchaguano

C.I. 050376930-9

Alex Santiago Jaque Lozada

C.I. 180491472-7



Aval del tutor de proyecto de titulación

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“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” de Byron Paul Alanuca Yanchaguano y Alex Santiago Jaque Lozada, de la carrera de Ingeniera Electromecánica, considero que dicho informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicada de la Universidad de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga Febrero del 2021

Ms.C. Ing. Verónica Paulina Freire Andrade

C.I. 050205622-9



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicada; por cuanto, los postulantes: **Byron Paul Alanuca Yanchaguano** y **Alex Santiago Jaque Lozada** con el título de Proyecto de titulación: **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** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, marzo 2021

Para constancia firman:

Lector 1 (presidente)

Nombre: Edwin Homero Moreano
Martínez

CC: 0502607500

Lector 2

Nombre: Byron Paul Corrales Bastidas

CC:

Lector 3

Nombre: Luis Miguel Navarrete López

CC:



AVAL DE IMPLEMENTACIÓN



P.p. PROVEEDOR DE INSUMOS ORGANICOS

OFRECEMOS: PLANTULAS Y PRODUCTOS DE HORTALIZAS, FRESAS, MORA, TOMATE RIÑÓN, TOMATE DE ARBOL, UVILLA, PIMIENTO, PLANTAS ORNAMENTALES Y MEDICINALES, ETC. CONSTRUCCION DE INVERNADEROS Y ABONOS ORGANICOS.

DIRECCIÓN: Francisco de Becerras entre Abel Barona y Augusto Salazar (Izamba) TELF: 032522601 CEL: 0984444214

Email: patyjpinto@yahoo.es RUC: 1802031698001

CERTIFICACION

La empresa P.p Insumo Orgánicos con la representante Ing. Agrónomo Patricia Leonor Pinto Chico con CI 1802031698 y con licencia 1046-04-529248 abaliza el trabajo realizado por los señores Jaque Lozada Alex Santiago CI 1804914727 y Alanuca Yanchaguano Byron Paul CI 0503769309 en la construcción de una sembradora automática para facilitar las labores del campo en la Universidad Técnica de Cotopaxi facultad Ingeniería Electromecánica

En donde la maquinaria funciona satisfactoriamente el 100% para el uso agrícola.

Es todo lo que puedo decir en honor a la verdad pudiendo los interesados hacer uso de esta certificación como crean conveniente.


ING Patricia Pinto



AGRADECIMIENTO

Quiero dar las gracias a todas las persona que permitieron lograr este objetivo, principalmente a mi madre que mediante su trabajo y esfuerzo diario, ha forjado en mí, un carácter que me permita lograr todo lo que me proponga en la vida, a su compañía y a sus palabras de ánimo que fueron muy necesarias en todo este trayecto, también quiero agradecer a Dios por brindarme salud y la fortaleza para afrontar cada adversidad, a los profesores que desinteresadamente compartieron sus conocimientos hacia mí, eh hicieron que el procesos aprendizaje forme una persona y un profesional que aporte de forma constructiva a la sociedad.

Byron Alanuca



AGRADECIMIENTO

Primero quiero agradecer de forma muy especial a las personas que hicieron que esto sea posible, a mis padres como eje fundamental por apoyarme en cada sueño y de esta forma guiar mis pasos para conseguir mis metas, también a Dios por brindarme salud, agradezco también profundamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme las puertas y por la confianza que otorga a todos los estudiantes con deseos de aprender, a la carrera de Ingeniería Electromecánica la cual me ha permitido crecer como persona, no solo en lo personal si, no también en lo profesional permitiéndome recorrer el arduo camino que esta conlleva, enseñándome al mismo tiempo que cada día hay algo nuevo por aprender, de igual manera a cada uno de los docentes que han sabido guiarme y compartir su conocimiento y experiencia para la formación profesional de sus estudiantes.

Alex Jaque



DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico con mucho cariño a mi madre, por brindare su apoyo incondicional en cada proyecto, por estar a mi lado en los buenos y malos momentos, por siempre creer en mí y por ser mi motivación para alcanzar mis metas y anhelos. A mi Dios quien me supo encaminar por el camino del bien, cuidarme en cada momento y brindarme la fuerza para afrontar cada adversidad. A mi familia quién estuvo presente en todo este trayecto brindándome su apoyo y demostrándome lo cuán importante soy para ellos.

Byron Alanuca



DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico con mucho cariño a mis padres, por ser el pilar fundamental de cada logro que he conseguido en la vida, por siempre creer en mí y por ser mi motivación para alcanzar mis metas y anhelos. A mi familia por siempre brindarme el apoyo cuando se ha necesitado, a su vez a los amigos por hacer amena esta trayectoria donde las sonrisas no han faltado y a los profesores por compartir sus conocimientos hacia mí, los cuales forma parte de mi construcción como profesional.

Alex Jaque



ÍNDICE GENERAL

1. INFORMACIÓN BÁSICA	1
2. DISEÑO INVESTIGACIÓN DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	2
2.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	2
2.2. TIPO DE PROPUESTA ALCANCE.....	2
2.3. ÁREA DEL CONOCIMIENTO	2
2.4. SINOPSIS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	3
2.5. OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN	3
2.5.1. Objeto de estudio	3
2.5.2. Campo de acción	3
2.6. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA Y PROBLEMA	4
2.6.1. Situación problemática	4
2.6.2. Problema	5
2.7. HIPÓTESIS O FORMULACIÓN DE PREGUNTA CIENTÍFICA	5
2.8. OBJETIVOS	6
2.8.1. Objetivo general	6
2.8.2. Objetivos específicos	6
2.9. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS.....	6
3. MARCO TEÓRICO	8
3.1. ANTECEDENTES	8
3.2. MÁQUINA SEMBRADORA	9
3.2.1. Tipos de sembradoras	9
3.2.2. Sembradoras a voleo	10
3.2.3. Sembradoras en línea o a chorrillo	10
3.2.4 Sembradoras a golpe y mono-grano	10
3.3. DIMENSIONES DE LA MÁQUINA	12
3.3.1. Dimensiones de surcos	12
3.3.2. Rastras	12
3.4. DESPLAZAMIENTO DE LA MÁQUINA.....	13
3.4.1 Chasis	13
3.5. DOSIFICACIÓN DE SEMILLAS	14
3.5.1. Sistema de tolva.....	14



3.5.2. Dosificador	15
3.6. SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO	15
3.6.1. Microcontroladores.....	16
3.6.2. Arduino.....	16
3.6.3 Lenguaje de programación de Arduino.....	16
3.6.4. Puente-H.....	17
3.6.5. Radio Control (Radio Frecuencia).....	18
3.6.6. Sistema de visualización por medio de FPV (Pilotaje con visión remota).....	19
3.7. ACTUADORES.....	20
3.7.1. Actuador por Limitados a pasos de 180°	20
3.7.2 Actuador rotatorio continuo o de 360°	21
3.8. ALIMENTACIÓN ENERGÉTICA.....	21
3.8.1. Batería.....	21
3.8.2 Batería de Plomo – ácido.....	22
3.9. FACTORES DE OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS AGRÍCOLAS	22
3.9.1. Trabajo Humano	22
3.9.2. El tiempo	23
3.9.3. Materia Prima	23
3.9.4. Costo.....	24
4. METODOLOGÍA.....	24
4.1. SELECCIÓN DEL CHASIS.....	27
4.1.1. Procedimiento para la selección del bastidor proveniente del cuadrón.....	28
4.1.2 Realizar una comparación de las dimensiones de modelos de chasis	28
4.1.3 Verificar cuál de las opciones cumple con los requerimientos asignados por la empresa	28
4.1.4. Factor de seguridad.....	28
4.1.5. Análisis del bastidor seleccionado.....	29
4.2 DISEÑO DE LA TOLVA.....	29
4.2.1 Selección del tipo de tolva.....	30
4.2.2 Dimensiones de la tolva.....	30
4.2.3. Cálculo de volumen	31
4.2.4. Volumen del Cono Trunco	31



4.2.5. Volumen Total	32
4.2.6. Cálculo de la capacidad	32
4.2.7. Grosor de las placas de tolva	33
4.2.8. Cálculo de la longitud media de la tolva	34
4.2.9. Esfuerzos a los que la tolva está sometida.....	34
4.2.10. Cálculo del esfuerzo tangencial de la tolva	35
4.2.11. Cálculo del esfuerzo longitudinal de la tolva	35
4.2.12. Esfuerzo cortante máximo	35
4.3 DISEÑO DEL SISTEMA DOSIFICADOR	36
4.3.1 Eje principal de acople a la tolva.....	36
4.3.2 Selección del eje dosificador	36
4.3.3 Mecanismo de compuerta.....	37
4.3.4 Diseño de la compuerta	37
4.3.5 Diseño de la base de la compuerta	37
4.3.6. Selección del actuador.....	37
4.3.7. Tubería flexible	38
4.4. DISEÑO DE LA RASTRA	38
4.4.1. Selección del mecanismo abre surco	38
4.4.2. Selección de mecanismo sierra surco	38
4.4.3. Diseño del mecanismo.....	39
4.4.4 Cálculo de la fuerza de corte	39
4.4.5. Cálculo de la resistencia del suelo a la cuchilla	40
4.4.6. Fuerza requerida para arrastrar la sembradora	40
4.4.7. Cálculo de la normal.....	41
4.4.8. Cálculo de potencia de arrastre.....	42
4.5. DISEÑO DEL SISTEMA DE MOVIMIENTO	42
4.5.1. Selección del motorreductor.....	42
4.5.2 Fuerza de carga del motorreductor sobre el eje	43
4.6. SISTEMA DE CONTROL	43
4.6.1. Criterio de selección del microcontrolador	43
4.6.2. Reductores de voltaje	44
4.6.3. Puente H	45



4.6.4. Diseño electrónico en PBC.....	46
4.6.5. Control del sistema de dosificación.....	47
4.6.6. Control de los motores DC.....	48
4.6.7. Radio Control.....	49
4.6.8. Sistema FPV.....	49
4.7. FUENTE DE ENERGÍA.....	50
4.7.2 Elección de la Batería.....	50
4.7.3 Autonomía de la batería.....	51
4.8. VARIABLES DE SALIDA.....	51
4.8.1. Pruebas realizadas de factibilidad de semillas.....	51
4.8.2. Requerimientos para la medición de siembra manual.....	52
4.8.3. Requerimientos para la medición de siembra semiautomática (Prototipo).....	53
4.8.4. Cálculo de la materia prima utilizado en el método de siembra manual para determinar el número de surcos.....	53
4.8.5. Cálculo de la materia prima utilizado en el método de siembra semiautomática (prototipo).....	54
4.8.6. Cálculo del tiempo utilizado en el método de siembra manual.....	55
4.8.7. Cálculo del tiempo utilizado en el método de siembra semiautomático (Prototipo).....	56
4.8.8. Costo de mano de obra.....	56
4.8.9. Costo de materia prima.....	57
4.8.10. Cálculo del costo total del proceso en el método manual vs método semiautomático (Prototipo).....	57
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	57
5.1. CONSIDERACIONES PREVIAS A TOMAR.....	58
5.2. DISEÑO DEL CHASIS.....	58
5.3. DISEÑO DE LA TOLVA.....	58
5.4. DISEÑO DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN.....	59
5.5. DISEÑO DE LA RASTRA.....	59
5.6. DISEÑO DEL SISTEMA DE MOVIMIENTO.....	59
5.7. SISTEMA DE CONTROL.....	60
5.7.1 Control del sistema de dosificación y control de los motores DC.....	61
5.8 FUENTE DE ENERGÍA.....	61



5.9. VARIABLES DE SALIDA	61
6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS	62
6.1. PRESUPUESTO	62
6.2. ANALISIS VAN Y TIR	64
6.2. ANÁLISIS DE IMPACTOS.....	65
6.2.1. Impacto económico	65
6.2.2. Impacto tecnológico	66
6.2.3. Impacto ambiental	66
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	66
7.1. Conclusiones.....	66
7.2. Recomendaciones	68
8. REFERENCIAS	70
9. ANEXOS:.....	75
.....	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1 Diagrama causa efecto de la problemática dentro de la empresa.....	5
Figura 3. 1 Sembradora a voleo Kuhn	10
Figura 3. 2 Sembradora en líneas Gil Airsem	10
Figura 3. 3 Sembradora a Golpe	11
Figura 3. 4 Referencia de Chasis	14
Figura 3. 5 Modelo de tolva referencial	15
Figura 3. 6 Sistema de tolva y dosificación.....	15
Figura 3. 7 Arduino Uno.....	16
Figura 3. 8 Arduino y Processing	17
Figura 3. 9 Esquemático Puente-H	17
Figura 3. 10 Radio control (RC - FLYSKY).....	18
Figura 3. 11 Sistema FPV	19
Figura 3. 12 Servomotor	20
Figura 3. 13 Motorreductor	21
Figura 3. 14 Batería plomo - ácido	22
Figura 4. 1 Diagrama de flujo del proceso de siembra	25
Figura 4. 2 Diagrama de elementos de la máquina sembradora	27



Análisis del bastidor seleccionado	29
Figura 4. 4 Imagen referencial del sistema de Tolva.....	30
Figura 4. 5 Dimensiones del diseño de tolva.....	31
Figura 4. 6 Diseño de tolva en 3D	31
Figura 4. 7 Tubería del dosificador	36
Figura 4. 8 Distancia de la tubería del dosificador.....	36
Figura 4. 9 Diseño del dosificador.....	37
Figura 4. 10 Diseño del sistema de Rastra.....	39
Figura 4. 11 Características técnicas desuelo	39
Figura 4. 12 Fuerzas aplicadas en la chuchilla de la rastra.....	40
Figura 4. 13 Diagrama de cuerpo libre	41
Figura 4. 14 Diseño del sistema de dirección	42
Figura 4. 15 Imagen referencial de placa de características del motorreductor	42
Figura 4. 16 Diagrama electrónico para PBC	47
Figura 4. 17 Uso de la librería EEPROM.....	48
Figura 4. 18 Programación del sistema de dosificación	48
Figura 4. 19 Programación control de motores	49
ANEXO 1 Estudio de peso y balanza de la máquina	75
ANEXO 2 Vista general en digital de la máquina sembradora.....	76
ANEXO 3 Diseño de la Tolva.....	77
ANEXO 4 Diseño digital de la rastra.....	78
ANEXO 5 Control de motor DC mediante Relevadores y TIP	79
ANEXO 6 Diseño electrónico para los componentes seleccionados.....	80
ANEXO 7 Factor de seguridad la con capacidad máxima que soporta el bastidor	81
ANEXO 8 Factor de seguridad con 224.26kg de capacidad aplicada	81
ANEXO 9 Cuadrón donante	81
ANEXO 10 Desmontaje del cuadrón.....	82
ANEXO 11 Construcción del sistema de dirección	82
ANEXO 12 Estructura de cuadrón donante	82
ANEXO 13 Construcción del sistema de sujeción de la batería	82
ANEXO 14 Soldadura por método TIG.....	82
ANEXO 15 Construcción del sistema de Rastra.....	84



ANEXO 16	Construcción del sistema de Tolva.....	84
ANEXO 17	Ensamblaje del sistema mecánico	84
ANEXO 18	Ensamblaje del sistema de dosificación	85
ANEXO 19	Ensamblaje del sistema electrónico.....	85
ANEXO 20	Máquina ensamblada.....	86
ANEXO 21	Pruebas de campo.....	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4. 1	Variables Independientes.....	26
Tabla 4. 2	Variables Dependientes	26
Tabla 4. 3	Selección del chasis	27
Tabla 4. 4	Requerimientos a cumplir por parte de las estructuras	28
Tabla 4. 5	Características principales de los cuadros.....	28
Tabla 4. 6	Selección del Actuador.....	37
Tabla 4. 7	Sistemas de mecanismos abre surco	38
Tabla 4. 8	Requerimiento del sistema.....	43
Tabla 4. 9	Características de los microcontroladores	44
Tabla 4. 10	Carga del sistema	44
Tabla 4. 11	Reductores de voltaje.....	45
Tabla 4. 12	Características Motorreductores	46
Tabla 4. 13	Puente H.....	46
Tabla 4. 14	Comparativa Radio control.....	49
Tabla 4. 15	Comparativa de sistema FPV.....	49
Tabla 4. 16	Número de cargas totales.....	50
Tabla 4. 17	Selección de Batería	50
Tabla 4. 18	Factibilidad de semillas	51
Tabla 4. 19	Determina el número de unidades de semillas en un intervalo de tiempo de 90 seg.	52
Tabla 4. 20	Matriz de kilogramos utilizados en el método de siembra manual	54
Tabla 4. 21	Matriz de kilogramos utilizados en el método de siembra semiautomática (prototipo).....	55
Tabla 4. 22	Matriz de tiempo utilizado en el método de siembra manual	55
Tabla 4. 23	Matriz de tiempo utilizado en el método de siembra semiautomática (prototipo).....	56



Tabla 4. 24 Matriz de costo total de la producción por el método manual vs método semiautomático	57
Tabla 5 1 Selección de los elementos de control	60
Tabla 6. 1 Materia prima directa	62
Tabla 6. 2 Mano de obra directa	62
Tabla 6. 3 Total de costos directos	63
Tabla 6. 4 Mano de obra indirecta	63
Tabla 6. 5 Otros CIF	63
Tabla 6. 6 Tabla de costos indirectos	63
Tabla 6. 7 Costo de Producción	63
Tabla 6. 8 Tabla de Utilidades	64
Tabla 6. 9 Depreciación de Maquinaria	64
Tabla 6. 10 Flujo neto del efectivo	64
Tabla 6. 11 VAN.....	65
Tabla 6. 12 TIR.....	65
Tabla 6. 13 Periodo de recuperación de la inversión	65
Tabla 6. 14 Costos	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE ECUACIONES

(1).....	31
(2).....	31
(3).....	32
(4).....	32
(5).....	33
(6).....	33
(7).....	34
(8).....	34
(9).....	34
(10).....	35
(11).....	35
(12).....	39
(13).....	40
(14).....	40



(15).....	41
(16).....	42
(17).....	43
(18).....	43
(19).....	51
(20).....	53
(21).....	55
(22).....	55
(23).....	64
(24).....	65



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: “IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA ELECTROMECAÁNICA 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”

Autores:

Alanuca Yanchaguano Byron Paul

Jaque Lozada Alex Santiago

RESUMEN

En el presente trabajo se describen las técnicas y los elementos utilizados en la Implementación de una máquina electromecánica automatizada para el sembrío de semillas en la empresa agrónoma “Patricia Pinto” ubicada en la parroquia de Izamba, del cantón Ambato de la provincia de Tungurahua, prototipo que se encargara de optimizar el proceso de siembra, en el cual intervienen factores como el ahorro de la mano de obra, el tiempo y el coste de producción. La implementación del prototipo cuenta con etapas como la selección de elementos a partir de los requerimientos de la empresa, el diseño y la construcción de los elementos mecánicos como el dosificador, encargado del paso correcto del número de semillas en tiempos determinados, esto mediante un mecanismo tipo compuerta accionado por un servomotor, otra etapa que destaca en el prototipo es la construcción del mecanismo tipo rastra, pues es el encargado de recibir las semillas de la salida del dosificador, la apertura del surco, el depósito de la semilla y el recubrimiento del suelo, acciones que están directamente relacionadas a la velocidad de 11m/min que el motor-reductor brinda para el desplazamiento del prototipo, mismo que cuenta con un dispositivo de visualización situado en la parte frontal superior, que permite el monitoreo del terreno a sembrar. Con la implementación del prototipo de siembra semiautomático en el proceso de siembra se logró alcanzar una reducción del 53% de tiempo, un 33% de materia prima, que como consecuencia da como resultado el 66% reducción del costo de producción, frente al método de siembra manual.

Palabras clave: máquina, optimización, ahorro, servomotor, automatización.



COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY

ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES FACULTY

THEME: "IMPLEMENTATION OF AN AUTOMATED ELECTROMECHANICAL MACHINE FOR SEED SOWING FOR THE AGRONOMIST PATRICIA PINTO COMPANY, LOCATED IN IZAMBA PARISH, AMBATO CANTON TUNGURAHUA PROVINCE".

Authors: Alanuca Yanchaguano Byron Paul

Jaque Lozada Alex Santiago

ABSTRACT

. This paper describes the techniques and elements used in the implementation of an automated electromechanical machine for sowing seeds in the agricultural company "Patricia Pinto" located in Izamba parish, Ambato canton Tungurahua province, prototype that will optimize the planting process, which involves factors such as saving labor, time and cost of production. The implementation of the prototype has stages such as the selection of elements from the requirements of the company, the design and construction of the mechanical elements such as the dispenser, responsible for the correct passage of the number of seeds at certain times, this through a gate type mechanism driven by a servomotor, another stage that stands out in the prototype is the construction of the harrow type mechanism, Another outstanding stage in the prototype is the construction of the harrow type mechanism, since it is in charge of receiving the seeds from the output of the metering unit, opening the furrow, depositing the seed and covering the soil, actions that are directly related to the speed of 11 m/min that the motor reducer provides for the displacement of the prototype, which has a display device located in the upper front part, which allows the monitoring of the land to be sown. With the implementation of the semi-automatic seeding prototype in the seeding process, a reduction of 53% in time and 33% in raw material was achieved, resulting in a 66% reduction of the production cost compared to the manual seeding method.

Keywords: machine, optimization, saving, servomotor, automation.



AVAL DE TRADUCCIÓN



AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por los señores Egresados de la Carrera de **Ingeniería Electromecánica** de la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, **ALANUCA YANCHAGUANO BYRON PAUL** y **JAQUE LOZADA ALEX SANTIAGO** cuyo título versa “**IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA ELECTROMECAÁNICA 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**”, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, marzo del 2021

Atentamente,

MSc. Vladimir Sandoval V.
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 0502104219

1803027935 Firmado
VICTOR digitalmente por
HUGO 1803027935
ROMERO VICTOR HUGO
GARCIA ROMERO GARCIA
Fecha: 2021.03.10
09:28:42 -05'00'



1. INFORMACIÓN BÁSICA

PROPUESTO POR:

Sr. Byron Paul Alanuca Yanchaguano

Sr. Alex Santiago Jaque Lozada

TEMA APROBADO:

“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”

CARRERA:

Ingeniería Electromecánica

DIRECTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA:

Ing. Verónica Paulina Freire Andrade

EQUIPO DE TRABAJO:

Ing. Ms.C. Verónica Paulina Freire Andrade

Sr. Byron Paul Alanuca Yanchaguano

Sr. Alex Santiago Jaque Lozada

LUGAR DE EJECUCIÓN:

Tungurahua - Ambato - Izamba

TIEMPO DE DURACIÓN DE LA PROPUESTA:

El tiempo estimado será de cinco meses a partir de su fecha de iniciación.

FECHA DE ENTREGA:

Marzo del 2021



LÍNEAS Y SUBLÍNEAS DE INVESTIGACIÓN A LAS QUE SE ASOCIA EL PROYECTO:

Línea de investigación de la Universidad Técnica de Cotopaxi enfocada en “Procesos Industriales”, y en la carrera de Ingeniería Electromecánica de la segunda sublínea de investigación que es “Automatización, control y protecciones de sistemas electromecánicos”

TIPO DE PROPUESTA TECNOLÓGICA:

La propuesta tecnológica tiene como fin la 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, el cual tiene como objetivo optimizar los recursos en el momento del sembrío.

2. DISEÑO INVESTIGACIÓN DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

• 2.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

“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”

• 2.2. TIPO DE PROPUESTA ALCANCE

La propuesta tecnológica muestra un alcance multipropósito permitiendo a la empresa agrónoma Patricia Pinto ser provisto de un prototipo que pretende alcanzar diversos objetivos, como el realizar la apertura del surco, el depósito de semillas y el recubrimiento del suelo mediante un mecanismo mecánico en una trayectoria determinada, factores que provocan un sembrío de precisión, como resultado de esta actividad se obtendrá una disminución significativa en el tiempo de sembrío y un ahorro en la materia prima a consecuencia de una mejor distribución de semilla en el área a sembrar a si volviéndose un sistemas más rentable.

• 2.3. ÁREA DEL CONOCIMIENTO

De acuerdo a la normativa vigente de UNESCO del SENESCYT sobre las áreas y subáreas del conocimiento [1], la siguiente propuesta tecnológica se encuentra en el área de ingeniería, industria y construcción, en la subárea de conocimiento 54, la cual es Industria y Producción, que abordan temas como: de alimentación y bebidas, textiles, confección, calzado, cuero, materiales (madera, papel, plástico, vidrio, etc.), minería e industrias extractivas.



• 2.4. SINOPSIS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

El desarrollo que ha logrado la tecnología a través de los años es la responsable de la calidad de vida de las personas en muchas áreas, esto debido a su estructura, pues es un conjunto de conocimientos y técnicas, que aplicadas de forma adecuada permiten satisfacer necesidades. Uno de los campos que ha presentado un destacado crecimiento, es la Industria Agrícola pues está enfocado en darle prioridad a la optimización de los procesos de producción, que permitan obtener una mejor calidad en sus productos.

La falta de un mecanismo automático de siembra dentro de la empresa da como resultado el uso de una gran cantidad de semillas, pues al momento de realizar la siembra de forma manual no se establece la correcta la distancia y el número de semilla alojadas dentro de un orificio razón por la cual el costo de inversión en esta actividad se incrementa sin dejar de lado que tal actividad requiere de un mayor esfuerzo humano, producto de las largas jornadas de trabajo a las que está sujeta el agricultor, razón por la cual se ha visto la necesidad de crear un prototipo semiautomático de siembra con el fin de lograr optimizar el proceso.

La propuesta tecnológica permite sustituir a la presencia humana en el traslado y depósito de semillas en el suelo previamente preparado y de esa forma incrementar el rendimiento de la cantidad de la materia prima utilizadas en una determinada área como también la reducción de tiempo necesario para realizar la actividad. La implementación de este prototipo reúne los conocimientos adquiridos a lo largo de la vida académica con el fin de brindar una automatización en el proceso de sembrío en “La Empresa Agrónoma Patricia Pinto” ubicada en la parroquia de Izamba cantón Ambato.

• 2.5. OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.5.1. Objeto de estudio

Máquina electromecánica automatizada para el sembrío de semillas.

2.5.2. Campo de acción

La presente propuesta tecnológica está sujeta principalmente al campo de acción de las “Ciencias Tecnológicas” y su apartada subdisciplina “Tecnología de la Automatización” con su respectivo código 331101, nomenclatura internacional establecida por la UNESCO para definir los campos de Ciencia y Tecnología, la investigación se enfoca en mejorar los tiempos del proceso de sembrío y disminuir esfuerzos físicos del obrero, por medio de un prototipo

automatizado (tipo tractor), característica que también le permite pertenecer a otras subdisciplinas como “Mecanización Agrícola” con código 310201, y “Diseño de Circuitos” con código 330703 ya que posee un sistema de control mediante radio frecuencia que interactúa con un ESC Brushed como sistema de control, el cual facilitara el control de la distancia permitiéndonos tener una visualización en tiempo real. [2]

Tabla 2. 1 Campos de acción y disciplinas de la propuesta

Campo: Ciencias Tecnológicas			
Disciplina		Subdisciplina	
3311	Tecnología de la Instrumentación	331101	Tecnología de la Automatización
3307	Tecnología Electrónica	330703	Diseño de Circuitos
Campo: Ciencias Agrarias			
Disciplina		Subdisciplina	
3102	Ingeniería Agrícola	310201	Mecanización Agrícola

Fuente: [2]

- **2.6. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA Y PROBLEMA**

2.6.1. Situación problemática

El objetivo de la presente propuesta tecnológica busca dar solución a la problemática que enfrenta la empresa agrónoma “Patricia Pinto”, donde el proceso de sembrío carece de tecnología de automatización provocando tareas con rendimientos poco deseables, un pronunciado esfuerzo físico en los obreros debido a las largas jornadas de trabajo, materia prima con bajos índices de aprovechamiento, que emiten como resultado gastos económicos al agricultor, a esto sumarle, que la adquisición de una máquina de sembrío automatizada nueva del mercado mundial no es factible pues no cumplen los requerimientos del agricultor y para la inversión del productor debido a las ganancias que se obtengan del producto final.

En la región central andina del Ecuador se encuentra la provincia de Tungurahua caracterizada como uno de los principales sectores productivos agrícolas del país, un gran sector se dedica a la producción de leguminosas a base de semillas con un método de sembrío tradicional el cual cuenta con el requerimiento de más un empleado para realizar la labor.

Para esta actividad es muy importante tener un equipo de trabajo que tenga amplias habilidades en la siembra de semillas principalmente para obtener un buen desarrollo del cultivo y para que el proceso no pueda resultar lento, ya que en la toma de decisiones de las distancias adecuadas y el número de semillas correctos, está inmerso una cantidad de tiempo y al ser un procesos repetitivo a la larga representa una sumatoria considerable en la jornada laboral, la mayoría de procesos alimenticios contienen robots o prototipos de maquinaria encargados de realizar

actividades repetitivas representando un alto rendimiento a las grandes industrias lamentablemente es poco común ver prototipos dedicados al sector agrícola esto, bien por factores económicos, al poco dominio y carencias en conocimiento tecnológicos de automatización, por lo cual se ha visto necesario realizar un prototipo que permita dar solución los requerimientos del obrero, principalmente en aspectos de incrementar la producción con una inversión adecuada y garantizada, mediante técnicas, conocimientos algebraicos y técnicas investigativas que permitan el desarrollo de la producción en la empresa.

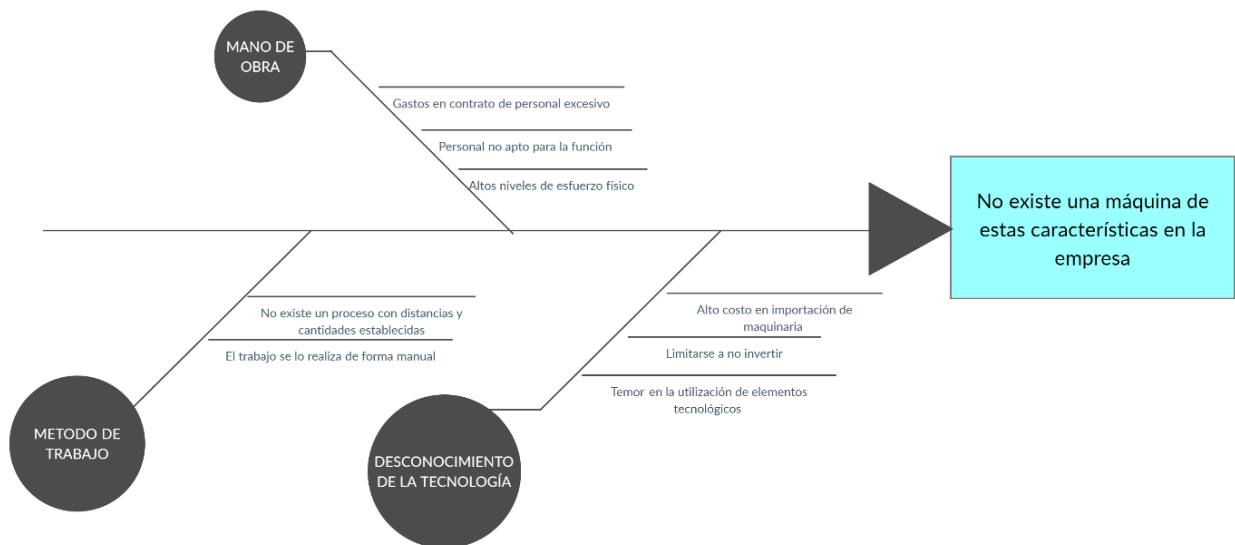


Figura 2. 1 Diagrama causa efecto de la problemática dentro de la empresa
Fuente: Autores

2.6.2. Problema

La falta de una máquina electromecánica automatizada, impide optimizar el proceso de sembrío de semillas en la empresa agrónoma “Patricia Pinto”, ubicada en la parroquia de Izamba del cantón Ambato de la provincia de Tungurahua”.

- **2.7. HIPÓTESIS O FORMULACIÓN DE PREGUNTA CIENTÍFICA**

La implementación de una máquina electromecánica automatizada permitirá optimizar el proceso de sembrío de semillas en la empresa Agrónoma Patricia Pinto, ubicada en la parroquia de Izamba del cantón Ambato de la provincia de Tungurahua.

- **2.8. OBJETIVOS**

2.8.1. Objetivo general

Implementar una máquina Electromecánica automatizada para el sembrío de semillas mediante el uso de un sistema electrónico en la Empresa Agrónoma Patricia Pinto, ubicada en la parroquia de Izamba del cantón Ambato de la provincia de Tungurahua.

2.8.2. Objetivos específicos

- Realizar una investigación bibliográfica relacionada con los sistemas electromecánicos dedicados al área de sembrío existente en la agroindustria.
- Diseñar el prototipo electromecánico automatizado dedicado al sembrío de semillas, mediante la determinación de las variables necesarias.
- Construir el prototipo electromecánico automatizado dedicado al sembrío de semillas.
- Validar el rendimiento del prototipo de sembrío electromecánico automatizado para verificar el cumplimiento de la hipótesis.

- **2.9. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS**

Objetivo	Tareas por objetivo	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad
Realizar una investigación bibliográfica relacionada con los sistemas electromecánicos dedicados al área de sembrío existente en la agroindustria.	Recopilar información referente a los distintos tipos de sembradoras automáticas existentes en el mercado.	Obtención de datos para llevar a cabo el diseño del sistema de sembrío electromecánico.	Investigación documental y bibliográfica
	Buscar las normativas nacionales o internacionales que respalden el proyecto	Normativa que avale sistema dosificador de semillas y que justifique el proceso de automatización utilizado para su diseño	Investigación documental y bibliográfica
	Elaborar la matriz de Variables	Conocer las variables a controlar	Tabla de variables de entrada y salida del sistema.

Diseñar el prototipo electromecánico automatizado dedicado al sembrío de semillas, mediante la determinación de las variables necesarias.	Identificar los modelos existentes de sembradoras automáticas	Determinación de un modelo que se ajuste a las necesidades requeridas por el agricultor	Investigación documental y bibliográfica
	Selección de elementos que conforman el prototipo.	Identificar la función de cada elemento dentro del prototipo.	Identificar el funcionamiento de cada elemento.
	Diseño en digital del prototipo sembrador de semillas.	Resultado del funcionamiento en conjunto de todos los elementos ensamblados. Elaboración de los planos estructurales y electrónicos.	Diseño mediante software.
Construir el prototipo electromecánico automatizado dedicado al sembrío de semillas.	Adquisición de elementos destinados al prototipo.	Verificación de requerimientos necesarios en cada elemento.	Verificación de ficha técnica
	Fabricación de las partes mecánicas.	Verificación de la funcionalidad de las partes fabricadas.	Comprobación de medidas.
	Ensamblaje de los componentes mecánicos y del sistema de control	Prototipo físico	Comparación y verificación de los planos diseñados.
	Automatización del sistema de sembrío	El control de los elementos del prototipo.	Programación y recepción de señales de control.
Analizar el rendimiento del prototipo de sembrío electromecánico automatizado para verificar el cumplimiento de la hipótesis	Realizar pruebas con el prototipo.	Verificar la funcionalidad del prototipo	Verificación de la correcta actuación de cada elemento.
	Comprobación de la eficiencia en el sembrío	Identificar el rendimiento de la materia prima	Comparación de recursos entre un sembrío tradicional y el automatizado implementado.
	Cuantificar los resultados obtenidos para demostrar la eficiencia del sistema.	Generación de una tabla de resultados con los datos obtenidos en las pruebas de campo.	Evaluación de los parámetros de eficiencia del prototipo.



3. MARCO TEÓRICO

3.1. ANTECEDENTES

Se debe entender que la agricultura es el arte de cultivar la tierra y por ende está ligado con el ser humano, desde tiempos ancestrales la agricultura ha sido una de las mayores prioridades para la supervivencia de la humanidad desde que dejaron de ser nómadas y empezaron a crear pequeñas aldeas, lo cual desde sus inicios ha conllevado a tener una invención de herramientas desde las más rudimentarias para labrar la tierra y de esta forma más simple poder sembrar para esto cuya técnica que fue utilizada es el tallado de piedra para generar herramientas, así mismo con el descubrimiento de los metales han pasado por varias técnicas que han ayudado al mejoramiento de la calidad del trabajo en la tierra, han usado como fuerza de empuje a animales para labrar la tierra y poder sembrar, pasando a técnicas más modernas como máquinas de vapor y así poco a poco han ido mejorando los sistemas de sembrío hasta llegar a tener máquinas, semiautónomas y autónomas totalmente en la actualidad, cuyo trabajo simplifica los grandes esfuerzos que se tenían que realizar por parte de las personas antiguamente.

Incurсионando en el mundo con la automatización, podemos concluir que todas sus ventajas aun no llegan a su auge total, por varios factores de cada país aún no han llegado a su máximo esplendor, podemos nombrar en el campo internacional una investigación que es relevante en el país de España que fue realizada por las personas J. A. García V, L. A. Vásquez A. de la Universidad Politécnica de Madrid con el tema “Los Robots en el Sector Agrícola” [3] donde se manifiesta que el uso de robots en la siembra deja de manifiesto el gran potencial de esta tecnología y el impacto que tendría en los campos, ya que haría una siembra más precisa al igual que daría solución a la creciente baja en la mano de obra de esta actividad. También de la Universidad Politécnica de Madrid “Desarrollo de un robot para la caracterización y el tratamiento de las plantas en la agricultura de precisión” desarrollado por el señor Alejandro Manchano Rubio donde se analiza el comportamiento entre la simulación y el robot real donde se encuentra algunos inconvenientes para comandar mediante coordenadas ROS. [4]

En el ámbito de Ecuador el cual es un país dedicado a la industria agrícola en su mayoría, cubriendo todas sus regiones. Hay que considerar por la situación económica del país no todos tienen un poder adquisitivo tan grande, por lo cual la tecnología solo la tienen grandes industrias que necesitan procesar grandes extensiones de tierra para cultivar. Por dichos argumentos se rezagan los pequeños productores de tecnología que faciliten su trabajo, por lo cual varias personas han diseñado pequeños prototipos de maquinarias agrícolas que permitan cumplir

funciones similares de las grandes maquinarias mundiales pero a pequeña escala como podemos nombrar en la siguiente investigación: “Diseño y construcción de una máquina sembradora con dosificación automática para semilla de quinua y abono con una capacidad de 20 kg/h”, realizado por Darío Xavier Aragón Cuichán y Luis Fernando Manyá Galarza en modalidad en la Universidad Politécnica Salesiana de tesis el cual tiene como resultados que es una máquina con fácil mantenimiento por el acople de sus elementos y su estructura, lo cual hace que sea fácil la revisión y su mantenimiento periódico, el cual es un gran paso para que los pequeños productores puedan soñar con esta tecnología. [5]

También en la Universidad Tecnológica Equinoccial se ha desarrollado un modelo de máquina sembradora en modalidad de tesis con el tema “Diseño, simulación, estudio de factibilidad de un robot sembrador de maíz por surcos”, desarrollado por Christian Bolívar Castro Blacio en el cual, mediante el diseño, simulación, estudio de factibilidad de un robot sembrador de maíz. Para lo cual se realizó un estudio de la actualidad de este tipo de robots que se utilizan en la agricultura y sus resultados obtenidos son que el método óptimo para la siembra del maíz es: con una distancia entre surcos de 1 metro, distancia entre plantas de 0.40 metros y con una profundidad máxima de 5 cm y como mínimo de 2 cm. También debido al sobredimensionamiento que se produce entre el cálculo teórico y la comercialización de las partes del mismo, el diseñador no debe exagerar al momento de escoger un elemento, se escoge el que este más próximo al cálculo teórico. [6]

• 3.2. MÁQUINA SEMBRADORA

Las máquinas sembradoras son todas aquellas que están diseñadas para poder colocar una o varias semillas sin importar el tipo que sea, a la misma vez teniendo en cuenta las distancias y la profundidad las cuales deben ser controladas para obtener un sembrío correcto. Por lo cual existen varias alternativas de tipos sembrados al momento de realizar la siembra de semillas, por eso es necesario escoger la que más se acople al tipo de trabajo que se va a realizar.

3.2.1. Tipos de sembradoras

El tipo de sembradora que se debe utilizar en cada sembrío depende de la forma de los cultivos que se vaya a realizar, estos pueden ser en masa o de escarda (eliminación de malas hierbas), existen tres diseños de máquinas, que pueden clasificarse en:

- Sembradoras a voleo

- Sembradoras en línea o a chorrillo
- Sembradoras a golpe o monograno

3.2.2. Sembradoras a voleo

Este tipo de sembradoras pueden ser de tipo manual o pueden ser montados en un tractor siendo sistemas análogos, lo cual provoca que su funcionamiento sea por fuerza centrífuga o descarga libre, lo cual provoca que se esparza semillas sin control alguno, lo cual hace que se utilicen para semillas que necesiten poco control de sembrado regularmente para pastos, son muy utilizadas en lugares de difícil acceso para grandes maquinarias por lo general en sembríos de arroz o donde existan niveles considerables del terreno como en taludes. [7]



Figura 3. 1 Sembradora a voleo Kuhn
Fuente: [8]

3.2.3. Sembradoras en línea o a chorrillo

Es un sistema de sembrío que consiste en la colocación de semillas en forma aleatoria dentro de surcos, este tipo se utiliza principalmente para la siembra de cereales de invierno, para ser considerada una máquina sembradora lineal deben cumplir las siguientes funciones: abrir surcos, dosificador, enterrar y comprimir la semilla. Para la apertura de los surcos se debe realizar por medio de rejas asurcadoras o cuchillas circulares las cuales deben lograr sembrar las semillas entre anchuras de 1 cm o en bandas de 6 – 8 cm. [7]



Figura 3. 2 Sembradora en líneas Gil Airsem
Fuente: [8]

3.2.4 Sembradoras a golpe y mono-grano

Las sembradoras de golpe y mono-grano su función final entre los dos no tienen una gran diferencia, utilizadas para la siembra de cultivos de granos principalmente, este tipo de máquinas funciona siendo arrastrado por un tractor mientras el sistema de dosificación está

dado por unos platos que permite sembrar un número de semillas predeterminadas o una por una a distancias pre establecidas. [7]



Figura 3. 3 Sembradora a Golpe
Fuente: [8]

Para tener claro el concepto de que máquina sembradora es la más acorde a nuestros requerimientos es necesario conocer los datos técnicos del producto que se va a sembrar. Para poder obtener un sembrado que sea consistente es necesario tomar en cuenta algunos aspectos que son primordiales los cuales se refieren que independientemente de las semillas que se siembren, estas estén a una distancia a una profundidad y adecuada para que su desarrollo sea el más prolijo y adecuado, a continuación, se detalla las propiedades que se necesita en cada semilla.

Tabla 3. 1 Propiedades físicas y agrotécnicas de las semillas (Las máquinas sembradoras)

PROPIEDADES FÍSICAS Y AGROTÉCNICAS DE LAS SEMILLAS						
Tipo de semilla	Longitud (mm)	Anchura (mm)	Espesor (mm)	Número de granos por litro	Distancia en la línea (cm)	Profundidad De Siembra (Cm)
Trigo	5 - 8,6 (6,8)	1,6 - 4,6 (3,1)	1,5 - 3,5 (2,6)	17400 - 22200 (20000)	10 - 15	2,5 - 5
Cebada	7,0 - 13,5 (10,2)	2,5 - 5,0 (3,8)	1,5 - 3,0 (2,3)	14500 - 17800 (16000)	10 - 15	3 - 5
Avena	8,5 - 20 (14,3)	2,0 - 3,5 (2,8)	1,0 - 2,6 (1,8)	17000 - 20000 (18500)	10 - 15	3 - 5
Centeno	5,0 - 10 (7,5)	1,5 - 3,5 (2,5)	1,5 - 3 (2,3)	17700 - 22800 (21000)	10 - 15	2 - 3
Judías	10 - 18	8 - 12	5 - 12			2 - 3
Guisantes	6,8 - 8,6	5,6 - 7,9	4,7 - 7,3	8000 - 12000	20 - 35	3 - 8
Maíz	10 - 20	5 - 12	2 - 5	4300	60 - 70	4 - 8
Alfalfa	1,7 - 2,8	1,2 - 2,0	0,8 - 2,8	430000	15 - 30	1 - 2
Glómérulos de Remolacha	6,5 - 8,5	5,5 - 8,0	5 - 7	5000-1000	40 - 50	1,5 - 4

Fuente: [7]

Después de obtener los datos necesarios, el tipo de máquina sembradora que se utilizara es el de tipo lineal por sus ventajas que representan en el tipo de suelo que se encuentra en su mayor parte del Ecuador. Por lo cual para su desarrollo necesitaremos considerar los siguientes elementos que se describen a continuación.

- **3.3. DIMENSIONES DE LA MÁQUINA**

Las dimensiones de la maquinaria en el caso de las máquinas agrarias esta dado en base a varios factores como el tipo de terreno que se va a trabajar, la necesidad de recubrimiento que se quiera dar por cada paso que haga la máquina en un determinado tiempo. En base a estos datos se puede adquirir en el mercado o construir la máquina que uno se desee.

Por lo cual es necesario conocer aquellos datos necesarios, que requieran la empresa cuyos datos nos serán útiles en el momento de la construcción o elección de la máquina sembradora. Hay que saber las dimensiones relacionadas a la realización de surcos, tipo de sembrío.

3.3.1. Dimensiones de surcos

La distancia entre surcos está determinada por: la topografía del terreno; la costumbre local; los implementos disponibles; y el hábito de crecimiento de la variedad sembrada. En terrenos inclinados se debe seguir las curvas de nivel o trazarlos perpendiculares a la pendiente. Los surcos deben tener una gradiente del 2% y su profundidad puede ser de 10 a 15 cm. Como regla general las variedades nativas requieren de surcos más anchos que otras variedades. [9]

Es decir que la máquina sembradora debe cumplir con las exigencias ya mencionadas, pero previamente para que la sembradora pueda realizar los surcos el terreno debe estar removido la tierra dura mediante un sistema de rastras las cuales deben cumplir algunas exigencias.

3.3.2. Rastras

Existen muchos diseños de rastras comerciales para distintos requerimientos por lo general las rastras se deben involucrar a pases cruzados del campo para desmenuzar los terrones del suelo, a fin de obtener una cama superficial suelta, de 10 a 20 cm de profundidad. [9]

En este caso, para la selección del sistema de rastras, que se adapte a nuestro proceso, es necesario tomar en consideración los requerimientos deseados por la empresa. Entonces para que la máquina pueda realizar el trabajo de sembrío directo en el suelo (surco), se necesita un sistema de rastras dedicadas a abrir y cerrar el surco.

Tipos de rastras comerciales:

- Arado de Discos
- Arado de vertedera Reversible
- Arado de vertedera fijo [10]
- **3.4. DESPLAZAMIENTO DE LA MÁQUINA**

La energía mecánica es indispensable para poner en funcionamiento los diferentes tipos de máquinas, uno de los sistemas de desplazamiento más utilizados en maquinaria agraria está dado por motores a combustión interna ya que es uno de los más utilizados en la actualidad por millones de personas, por su facilidad de obtención en el mercado, su fácil mantenimiento y su rentabilidad, pero a lo largo del tiempo se ha ido mejorando los sistemas de desplazamiento por sistemas eléctricos de corriente continua, lo cual va cogiendo gran acogida en el mercado para pequeñas máquinas agrícolas por su fácil control mediante la utilización de la electrónica. Es necesario conocer si existen alternativas entre los motores eléctricos de corriente continua.

- Motores de corriente continua dos fases (Brushed)
- Motores de corriente continua de tres fases (Brushless)

Este tipo de motores son los más utilizados en sistemas de coches eléctricos, pero en nuestro caso requerimos sistemas de bajo consumo y alto torque por lo cual es necesario que nuestros motores tengan un sistema de cajas reductoras. Para complementar el desplazamiento de la máquina sembradora es necesario la utilización de una estructura mecánica conocida como chasis la cual nos permitirá transmitir el movimiento.

3.4.1 Chasis

El chasis es un marco metálico conocido como bastidor, sobre el cual se montan todos los componentes del vehículo en este caso se lo utilizara para la utilización de una máquina sembradora. La carrocería se instala sobre el chasis una vez se haya determinado su aplicación. La instalación se efectúa empernando o soldando la carrocería al bastidor; si es empernada se conoce como "carrocería independiente". Si es soldada se conoce como "autoportante". [11]

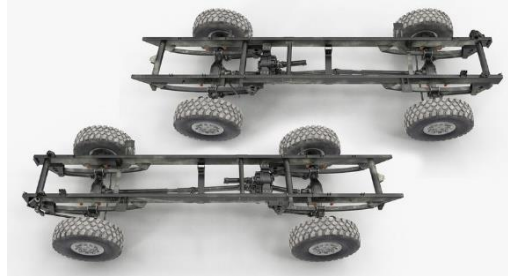


Figura 3. 4 Referencia de Chasis
Fuente: [12]

• 3.5. DOSIFICACIÓN DE SEMILLAS

Los sistemas de dosificación de semillas, en maquinaria agrícola dedicada al sembrío de las mismas, están dados por varios sistemas en conjunto que permiten llegar al objetivo, por lo cual es necesario disponer de un sistema de almacenamiento de semillas conocido como el sistema de tolva y un conducto que permita llevar las semillas hacia el sistema de rastra el cual será el causante de abrir el orificio y de cerrarlo directamente en el terreno.

3.5.1. Sistema de tolva

La función principal es de almacenamiento, indistintamente de cuál sea el producto, pero para nuestra máquina sembradora será la de contener las semillas que posteriormente serán dosificadas hacia el suelo.

El tamaño de las tolvas es primordial para que la autonomía de la máquina agrícola no se vea comprometida y a sí mismo la disposición de un diseño angular el cual debe estar dado a conjunto de la normativa CPE INEN 008:2013 (Código de práctica para silos cilíndricos de metal para almacenamiento de granos forrajeros) [13] para que su funcionamiento se pueda realizar por medio de la gravedad y no se vea comprometido por ningún otro factor. El diseño de la tolva puede ser de tipo:

- Rectangular
- Circular
- Cuadrado

El diseño se realiza mediante los requerimientos de almacenamiento necesarios, de la misma forma van de la mano con la selección del material del cual van a estar contruidos.



Figura 3. 5 Modelo de tolva referencial

Fuente: [14]

Para nuestro caso final de nuestro sistema de tolva será para un sistema de almacenamiento y distribución de granos, y para que pueda administrar granos cuando se lo desee es necesario tener un sistema de dosificación.

3.5.2. Dosificador

La dosificación de semillas, está dado por medio de un conjunto de componentes los cuales se componen por un sistema de tuberías o ductos, el cual es causante de llevar las semillas hasta su lugar de deposición, para tener un control en el proceso es necesario poseer una serie de actuadores que intervienen en el proceso.

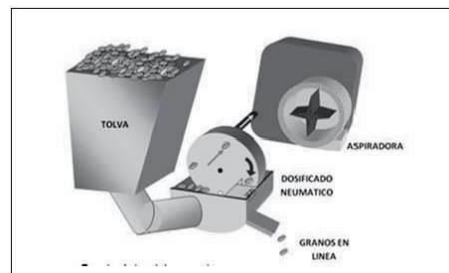


Figura 3. 6 Sistema de tolva y dosificación

Fuente: [15]

Este sistema es la unión de todo el sistema de almacenamiento el cual se complementa con el sistema de rastras dedicadas al sembrío.

• 3.6. SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO

Los sistemas de control automático, tienen como función la de gestionar procesos o regular la forma en que se comportan otros sistemas para así evitar fallas con la unión de varios sistemas que funcionan en conjunto. Cuyos procesos se realizan por dos partes las cuales son:

- Sección de control
- Sección de potencia

Para cumplir con el control en el mercado actual existen varias alternativas las cuales nos permiten llegar a nuestro objetivo final, cuyas opciones comerciales están gobernadas por microcontroladores.

3.6.1. Microcontroladores

Los controladores son todos aquellos dispositivos que nos permiten realizar el gobierno de uno o varios procesos, y estos dispositivos por sí solos no pueden controlar grandes potencias por lo que es necesario de otros elementos que acoplados a ellos nos permitan hacerlo. [16]

Para el caso de la máquina sembradora es necesario poder controlar los motores eléctricos que permiten el funcionamiento, para el control de los procesos se utilizar microcontroladores, hay que decir que en el mercado actual existen algunas alternativas como:

- Arduino
- PIC
- Raspberry, entre otros.

En nuestro caso utilizaremos a Arduino por su fácil adquisición en el mercado y fácil control de procesos sin importar cual sea.

3.6.2. Arduino

Arduino es una plataforma de desarrollo basada en una placa electrónica de hardware libre que incorpora un microcontrolador reprogramable y una serie de pines hembra. Estos permiten establecer conexiones entre el microcontrolador y los diferentes sensores y actuadores de una manera muy sencilla (principalmente con cables DuPont). [17]

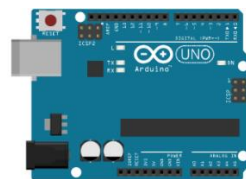


Figura 3.7 Arduino Uno
Fuente: [17]

3.6.3 Lenguaje de programación de Arduino

El lenguaje de programación de Arduino está basado en un lenguaje libre de programación Processing el cual es una modificación del lenguaje de programación C++, el cual con lleva a ser un lenguaje de fácil aprendizaje y multifuncional en el ámbito de la programación.



Figura 3. 8 Arduino y Processing
Fuente: [18]

Para cumplir con la sección de control es necesario complementarlo con una sección de potencia, lo cual en conjunto nos permitirá controlar los procesos que necesitemos con llevar por lo cual existe algunos métodos comerciales que nos permitirán tener el control de motores DC.

- Puente-H
- Relevadores electromecánicos
- Relevadores de estado sólido
- Dispositivos de potencia de estado sólido
- Esc Brushed

Utilizaremos el diseño de puente H por el fácil dominio de los motores eléctricos DC.

3.6.4. Puente-H

Un Puente-H es un mecanismo que permite variar el sentido de giro a un motor de corriente continua, cuyo sistema por lo general está dominado por un microcontrolador. El término “Puente-H” se deriva de la representación gráfica típica del circuito. Un Puente-H, se construye con interruptores mecánicos o de estado sólido, uno en cada “rama lateral” ascendente y descendente y en la barra central, se encuentran las salidas para el motor, si se ocupa interruptores de estado sólido hay que decir que se puede variar la velocidad del motor, utilizando un sistema de control con PWM. [19]

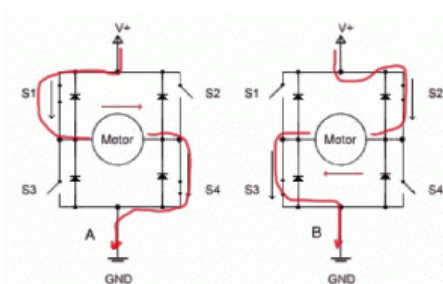


Figura 3. 9 Esquemático Puente-H
Fuente: [19]

Para que el sistema de control funcione en nuestro caso hay que tener un mando de inicio el cual será dado a distancia. Existen varias opciones que nos permiten tener un control a distancia cuyas opciones son:

- Señal Bluetooth
- Señal Wifi
- Señal de radio frecuencia

Por los beneficios que nos presenta la radio frecuencia en el trabajo que se realiza utilizaremos este sistema, cuyo método comercial más común son las emisoras de radio frecuencia (Radio Control).

3.6.5. Radio Control (Radio Frecuencia)

El Radio Control por radio frecuencia es una de las técnicas más confiables de control a distancia que nos permite tener el control del movimiento de algún objeto en particular a una larga distancia. Esto se consigue con la utilización de sistemas electrónicos y la radio frecuencia unida con un sistema de control, el cual nos permite dar movimiento por ejemplo como autos a control remoto, drones, robots, etc.

Por lo general los sistemas de Radio Control son sistemas amigables con el usuario, con rangos de control variables a los requerimientos que se necesitan, estos incluyen distancia de control, límite de aparatos a control, entre otras.



Figura 3. 10 Radio control (RC - FLYSKY)

Fuente: [20]

Este tipo de elemento nos facilita tener el control de nuestra máquina por medio de una emisora y un receptor, que en conjunto con todos los demás componentes mecánicos permitirá dar movimiento de una forma correcta con una distancia considerable, pero para tener un mayor ángulo de visión a distancia es necesario tener un sistema de visualización remota (cámara). El

mercado actual nos brinda una opción viable de fácil adquisición como son las cámaras FPV cuya calidad es que trabajan en radio frecuencia.

3.6.6. Sistema de visualización por medio de FPV (Pilotaje con visión remota)

También conocido como vista remota en primera persona (FPV), es un método muy utilizado para controlar drones desde un punto de vista lejano del piloto, pero también con el paso de los años se han empezado a utilizar en otras aplicaciones destinadas como a los robots de búsqueda y rescate. Los tres componentes básicos del sistema FPV son:

- La cámara
- El transmisor de vídeo (VTX)
- El receptor de vídeo (VRX)

La cámara se conecta al transmisor, que envía la señal en una longitud de onda de radio determinada por el fabricante y que luego es captada por el receptor. Cómo se puede visualizar se basa en la configuración del sistema. A veces puede ser a través de gafas, otras van a ser desde un teléfono. Mientras que algunos sistemas se pueden transmitir vía señal analógica, otras veces es en forma de señal WiFi, como es el caso del DJI Phantom. [21]

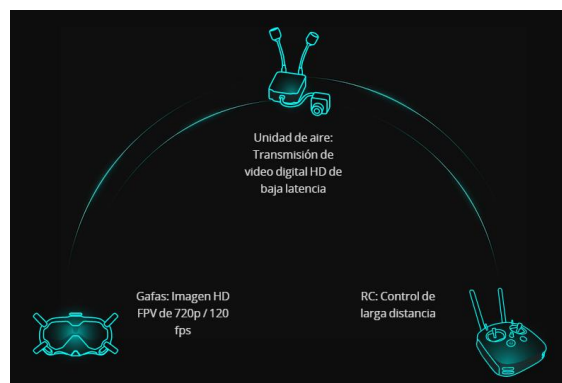


Figura 3. 11 Sistema FPV

Fuente: [22]

Este tipo de sistemas es idóneo para nuestra máquina sembradora, por sus grandes ventajas representa, ya que permitirá saber si estamos operando correctamente o si necesitamos corregir nuestros comandos o a su vez detener la máquina por algún percance que se presente en el terreno, en puntos donde el operador se ha mantenido fijo desde un lugar operando la máquina sembradora.

• 3.7. ACTUADORES

Un actuador es un componente electrónico capaz de realizar una acción sobre el entorno. Por ejemplo, un motor que mueve una rueda, un LED que indica que un aparato está encendido, un altavoz que emite un sonido de alerta, etc. [23] En el mercado existen varios tipos de actuadores los cuales están diseñados para cumplir con nuestros requerimientos. Para el caso de nuestra máquina sembradora necesitaremos actuadores de movimiento rotatorio los cuales serán de dos tipos: de rotación estándar (180°) y de rotación continua (360°).

3.7.1. Actuador por Limitados a pasos de 180°

Este tipo de actuadores cumplen con un ciclo de media vuelta los cuales están controlados en dos de 90° . Este tipo de actuadores son muy utilizados en sistemas de precisión ya que nos permiten hacer trabajos súper delicados, como en sistemas robóticos, sistemas de aeromodelismo, autos de control remoto, etc. Este tipo de actuadores rotatorios en el mercado obtienen el nombre de servomotores. [24]

En el caso de la máquina sembradora utilizaremos los servomotores, por su ventaja de ser modelos pequeños, con una fuerza considerable gracias a su caja reductora y que nos permite tener el control de movimiento en una apertura angular de 0 a 180° , los mismos que serán empleados en la parte de dosificación de semillas y en el control de la máquina en la aceleración del motor a combustión.



Figura 3. 12 Servomotor
Fuente: [25]

Otro de los actuadores que emplea la máquina sembradora es el de tipo rotatorio continuo o de 360° , el cual su función será de alzar o bajar las rastras que realizarán los surcos.

3.7.2 Actuador rotatorio continuo o de 360°

En este tipo de actuadores de 360°, cumplen con la función de una vuelta completa o de cuatro ciclos de 90°, este tipo de movimiento lo tenemos en los motores eléctricos ya indistintamente de cuál sea su construcción, tiene un movimiento giratorio infinito.

Para el uso en maquinaria agrícola es necesario que tenga la fuerza necesaria para levantar o jalar lo que se necesite. Para este caso se utilizan motores eléctricos con cajas reductoras los cuales toman el nombre de motorreductores y a su vez para obtener la potencia deseada es necesario hacer varios calculados que nos permitan seleccionar el mejor que se nos acople para nuestros requerimientos, los cuales serán empleados para el sistema de dirección y a su vez en el sistema de dosificación de las semillas.



Figura 3. 13 Motorreductor
Fuente: [26]

Para poder dar funcionamiento a todos los sistemas de control como a sus actuadores es necesario tener una fuente de energía.

• 3. 8. ALIMENTACIÓN ENERGÉTICA

Es uno de los puntos fundamentales que nos permitirá alimentar tanto al sistema de control como al sistema de actuadores que están implicados dentro de la máquina sembradora. Existen varias alternativas de fuentes de energía en el mercado que pueden ser una opción para ser utilizadas, como fuentes de energía solar (paneles solares) o fuentes químicas (baterías), en este caso utilizaremos baterías por los beneficios de autonomía que nos brindara.

3.8.1. Batería

Las baterías son tipo electromagnético capaces de acumular energía eléctrica continua, su voltaje de entrega depende de sus materiales de construcción por lo general están compuestas por una o varias celdas químicas, que estas están configuradas a las preferencias deseadas para

el usuario final. Existen varios tipos de baterías destinados a distintos usos, las más usadas son las siguientes:

- Plomo-ácido (Pb-ácido)
- Níquel-cadmio (Ni Cd)
- Celdas de combustible [27]

Por las ventajas que presenta las baterías de tipo polímero de litio son propicias para ser utilizadas para el sistema de control el cual tiene un funcionamiento de 5v, el tipo de batería de plomo – ácido es propicio para el sistema de potencia el cual será utilizado para el sistema de dirección por sus ventajas de alta potencia.

3.8.2 Batería de Plomo – ácido

Las baterías de plomo-ácido están constituidas de seis celdas conectadas en serie inundadas de electrolitos, cada celda produce 2.1 voltios aproximada mente, una de sus grandes ventajas es que se las puede encontrar con una capacidad de almacenamiento alto en sus corrientes, pero su gran desventaja es sus altos pesos. [28]



Figura 3. 14 Batería plomo - ácido
Fuente: [28]

• 3.9. FACTORES DE OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS AGRÍCOLAS

3.9.1. Trabajo Humano

Los factores ergonómicos existentes en las actividades agrícolas tienen alto impacto en la salud de los trabajadores, si bien no se hacen presentes en el momento, con el pasar del tiempo se va evidenciándolos, en consecuencia, factores como; las características físicas del ambiente del trabajo, las características propias del trabajador y las tecnologías aplicadas a las tareas requeridas, son los responsables de un buen ambiente laboral. [29]

Las tareas arduas o sedentarias, dan como resultado que el obrero agrícola adopte posiciones físicas en periodos prolongados, las más comunes son el encorvamiento de la espalda, los brazos extendidos, o la adopción de una inadecuada posición del cuerpo al realizar una tarea. Hoy en día, la idea o el pensamiento de que este tipo de tareas repetitivas, los esguinces y las dislocaciones son inevitables en la agricultura, aún se hacen presentes por un numeroso grupo, que desconoce los desafíos de la salud que hacen los investigadores, un hecho trascendental es el realizado por NIOSH (Instituto Nacional de Salud y Seguridad) que mediante el trabajo de sus investigadores caracterizados por sus extensos conocimientos ergonómicos y la colaboración de los agricultores, determinaran como tener garantías en la seguridad y salud del trabajador en el campo. Durante el pasar de los años los avances tecnológicos en el aspecto agrónomo, ha evolucionado de manera que permiten generar y gestionar la mayor parte de las actividades agrícolas esto a favor de obtener un mejor resultado en la producción.

3.9.2. El tiempo

La adopción de maquinarias agrícolas es muy evidente en empresas industriales esto debido a un número de factores, pero el principal es el factor monetario que contiene la empresa, la gran inversión que hacen, es proporcional al resultado de mejores réditos económicos de la actividad. Las maquinarias en la agricultura, y este caso la robótica en la agricultura, tiene como característica, el uso eficiente del tiempo en la tarea planteada, en este caso la siembra de semillas, que al ser una tarea repetitiva con la incursión de una máquina electromecánica automática se puede obtener muchas ventajas, una siembra de una amplia cantidad de área en un tiempo determinado, y que comparado con la presencia humana disminuye en un buen porcentaje debido a que el proceso se lo realiza de una forma simétrica y la toma de decisiones es realizada por una tarjeta de control.

3.9.3. Materia Prima

Los procesos agrícolas giran en torno a la materia prima, con el aporte de la tecnología se busca un mejor aprovechamiento en la siembra, etapa inicial del proceso, la distribución de semillas en una determinada distancia y la cantidad de las mismas optimizan la actividad, con la implementación de una máquina automática que contenga elementos electromecánicos se obtiene un proceso simétrico en la siembra.

3.9.4. Costo

Los factores anteriormente mencionados, son los responsables de la economía de la industria, ya que ellos desencadenan las ganancias y la inversión, en cada etapa de sembrío. La rentabilidad de esta actividad agrícola depende principalmente de esta etapa inicial, para el pequeño productor no se encuentra viable la opción de importar una máquina automática del extranjero debido a que las ganancias que genera la actividad no dan para su hecho, y también la condición del desconocimiento del manejo de la tecnología, es por esto que viendo esta condiciones se opta por la implementación de un prototipo amigable tanto en el aspecto del dominio y del económico del dueño de la empresa que solviente las necesidades de una máquina sembradora. [30]

4. METODOLOGÍA

En este apartado se especifica la manera en la que se desarrollan cada uno de los pasos para llevar a cabo el proceso del sembrío automatizado mediante una máquina electromecánica, la cual se debe acoplar a las necesidades que se presenta la Empresa Patricia Pinto, tomando en consideración las distancias entre surcos y la distancia presente que debe existir entre cada grano depositado.

Mediante la Investigación bibliográfica, se compiló la información necesaria, de libros y artículos científicos para determinar cada uno de los parámetros necesarios para puesta en marcha de nuestro diseño, además con la investigación de campo se realizó la visita in situ para obtener aun mayor información de las necesidades de la empresa.

Con el método científico permitió dar la solución a la inexistencia de una máquina electromecánica automatizada para el sembrío de semillas de forma directa dentro de la empresa, debido a estos factores y conjuntamente con el método inductivo se controló las variables necesarias para reducir el tiempo de productividad. El cálculo y diseño permitió la obtención de los datos necesarios para su construcción permitiéndonos así de esta manera tener la información necesaria para el dimensionamiento del sistema de almacenamiento de granos, el sistema de dosificación de los mismos, el diseño del sistema de sembrío y la potencia necesaria para puesta en movimiento.

Para la selección de materiales y métodos para el diseño, y construcción se presenta la siguiente tabla donde se especifica el proceso necesario para llevar a cabo con el objetivo:

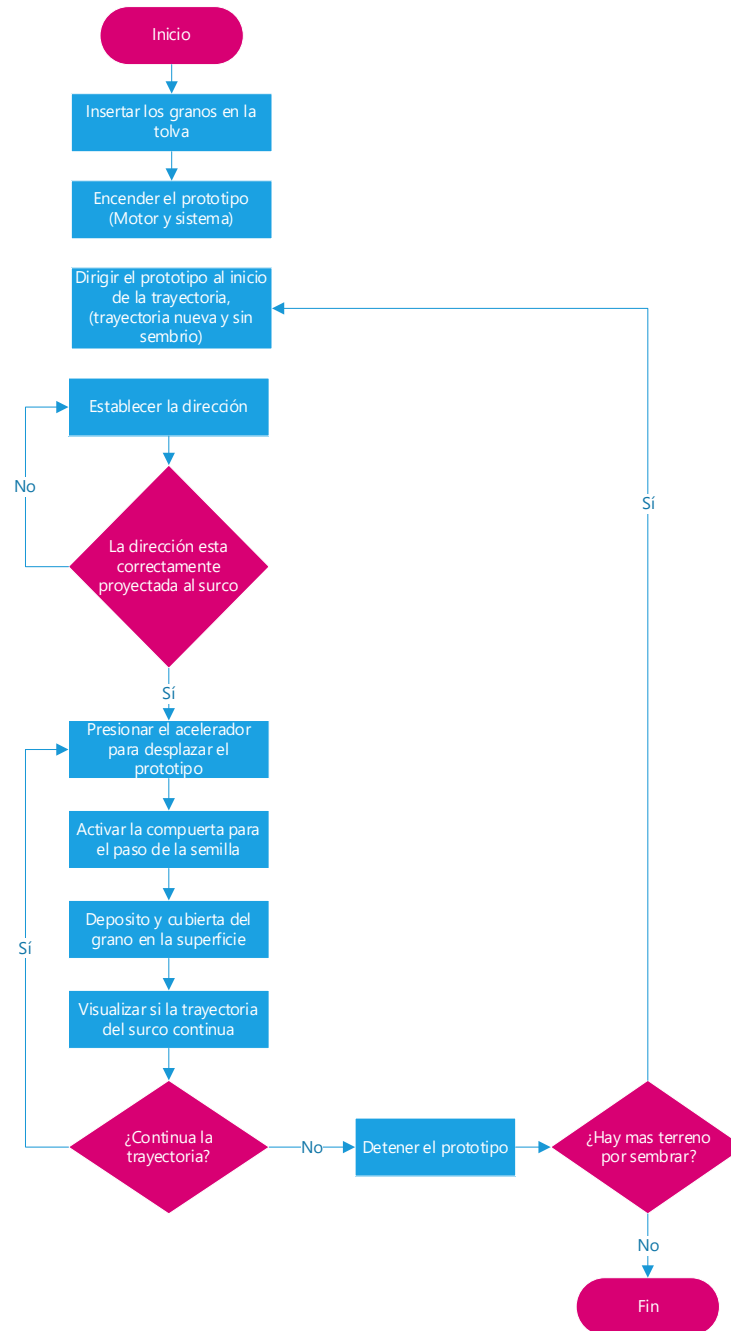


Figura 4. 1 Diagrama de flujo del proceso de siembra
Fuente: Autores

Antes de partir con la elaboración es necesario conocer las variables independientes y dependientes a la que va a estar sujeta la máquina electromecánica.

Tabla 4. 1 Variables Independientes

VARIABLE INDEPENDIENTE: Máquina electromecánica automatizada para el sembrío de semillas						
Concepto	Categoría	Tipo	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Es una máquina diseñada por un sistema de control mecánico y electrónico para el proceso de siembra de semillas directa en el suelo	Desplazamiento de la máquina	Mecánico	Desplazamiento de la máquina (motor eléctrico)	km/h	Medición y observación	Cronometro y Cinta métrica
		Mecánico	Torque	Nm	Cálculo	Ficha técnica
		Mecánico	Arrastre	N	Cálculo	Ficha técnica
	Dosificación	Mecánico	Almacenamiento de semillas	Kg	Medición	Balanza
	Visualización mediante sistema FPV	Electrónico	Capacidad de descarga de la batería	kW/h	Medición	Medidor eléctrico kW/h
	Alimentación energética	Eléctrico	Estabilidad de voltaje de la batería	Voltios	Medición	Voltímetro
		Eléctrico	Consumo de motores	Amperaje	Medición	Amperímetro
	Control	Electrónico	Señal de comunicación del control RC	Hz	Medición	Software
Electrónico		Sistema autónomo recepción y emisión de señales eléctricas	Frecuencia	Medición	Osciloscopio	
Dimensión del prototipo	Mecánico	Área del prototipo	m ²	Medición	Cinta métrica	

Fuente: Autores

Tabla 4. 2 Variables Dependientes

VARIABLE DEPENDIENTE: Optimización del proceso de sembrío					
Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Búsqueda de la eficiencia del proceso mediante la utilización de métodos y herramientas tecnológicas.	Tiempo	Reducción de tiempos en el proceso que con lleva el sembrado	Horas	Medición y observación	Cronometro
	Materia Prima	Disminución de la materia prima	Kg	Medición y observación	Balanza
	Costo	Rendimiento en el proceso de sembrío	\$	Anotación y observación	Ficha de Observación

Fuente: Autores

Los elementos que conforman el prototipo se presentan en la siguiente figura, esto como detalle de los tres campos de trabajo que el prototipo contiene, como la electrónica, la mecánica y la electricidad.

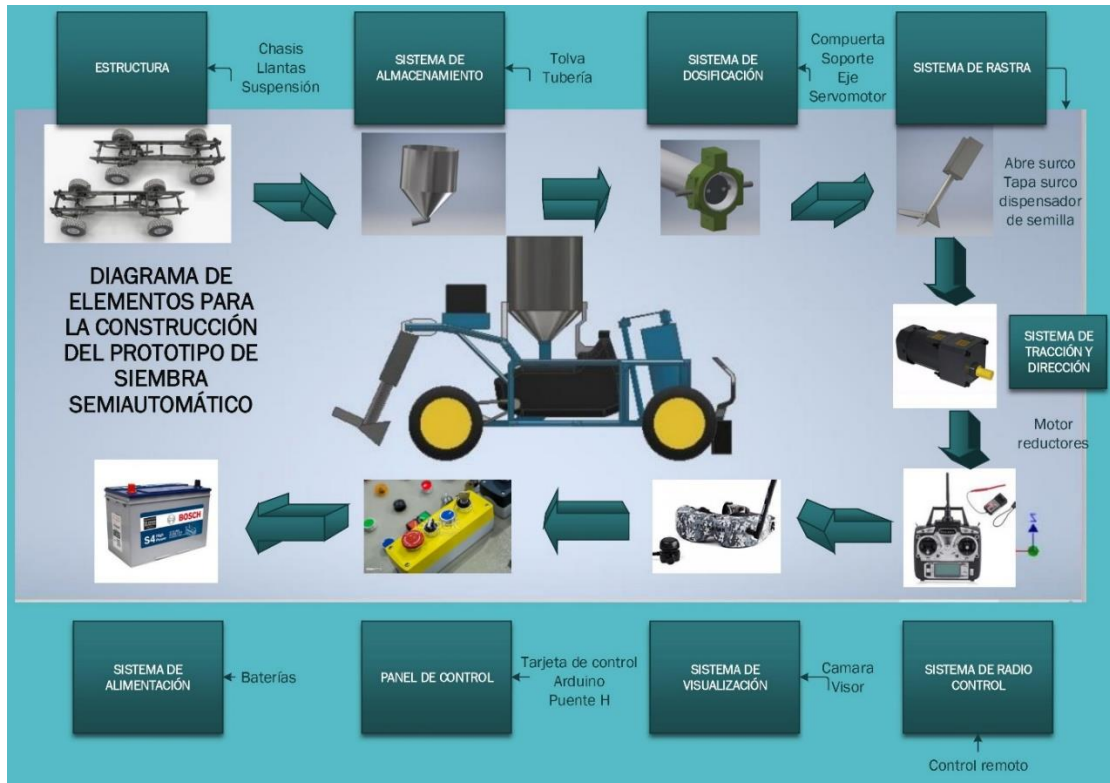




Figura 4. 2 Diagrama de elementos de la máquina sembradora

Fuente: Autores

• 4.1. SELECCIÓN DEL CHASIS

Para establecer la selección del bastidor o chasis se ha considerado necesario la utilización de uno disponible en el mercado actual por lo cual se realiza una comparativa entre los bastidores de las principales estructuras automovilísticas y de una estructura de siembra manual, para la verificación de cual cumple los parámetros requeridos dentro de la empresa.

Tabla 4. 3 Selección del chasis

SELECCIÓN DEL CHASIS			
Características	Motocicleta	Cuadrón	Estructura de siembra manual
			
Comodidad	Baja	Alta	Media
Movilidad	Baja	Alta	Baja
Capacidad de carga	Media	Alta	Media

Fuente: Autores

El bastidor de un cuadrón ofrece las mejores garantías en el trabajo por las cuales nos permitirán modificarlas para la siembra, puesto que su estructura cuenta con el apoyo de cuatro ruedas que permiten el mejor auto posicionamiento en la superficie.

La estructura mecánica o chasis debe cumplir con las características requeridas por la empresa, las cuales se apoyan de parámetros técnicos agrícolas ya establecidos, como la profundidad en la que se debe sembrar las semillas y la distancia entre un surco, los factores que permiten elegir la estructura esta dado en base a sus dimensiones.

4.1.1. Procedimiento para la selección del bastidor proveniente del cuadrón

Para este tipo de prototipo se consideran de dos tipos de cuadros que permiten la movilidad entre surco y la optimización del terreno destinado a sembrar.

4.1.2 Realizar una comparación de las dimensiones de modelos de chasis

Tabla 4. 4 Requerimientos a cumplir por parte de las estructuras

REQUERIMIENTOS A CUMPLIR	TIPOS DE ESTRUCTURAS METÁLICAS O CHASIS	
	Cuadrón 49cc	Cuadrón 200cc
Altura de surco 10 cm	Despeje del suelo 10 cm	Despeje del suelo 30 cm
Ancho entre surcos 65 cm	Distancia entre ejes 67 cm	Distancia entre ejes 109 cm

Fuente: [31]

Tabla 4. 5 Características principales de los cuadros

Características	Cuadrón 49cc	Cuadrón 200cc
Tamaño de la rueda	Delantero: 4.10 – 6; Trasero 13 * 5 – 6	Delantero: 10"; Trasero: 10"
Max. Carga	95kg	136,36 kg
Tamaño del producto	1180x670x710mm	1850x1070 x1210 mm
Altura del asiento	500 mm	900 mm

Fuente: [31]

4.1.3 Verificar cuál de las opciones cumple con los requerimientos asignados por la empresa

La estructura proveniente del cuadrón de 49cc cumple con el requerimiento de despeje del suelo a su vez su distancia entre ejes de 67cm permite su movilidad y el establecimiento la mayor cantidad surcos en una determinada área.

4.1.4. Factor de seguridad

El valor del coeficiente de seguridad, es el aquel que permite reconocer la seguridad ante el fallo de la estructura, en tanto que, sí el valor encontrado es superior a la unidad, se establece que el mecanismo es seguro y si el valor es inferior a la unidad indica inseguridad o probabilidad elevada de que ocurra el fallo.

Partiendo de esto se establece que:

Fs.= 3 – 6 para el diseño de estructuras estáticas o elementos de cargas.

4.1.5. Análisis del bastidor seleccionado.

El bastidor seleccionado del cuadrón de 49cc tiene como característica la capacidad máxima que soporta la estructura, este valor es de 95kg, dato que será utilizado en el análisis de estrés el cual permitirá conocer el factor de seguridad de la estructura seleccionada a partir del diseño de la misma.

Pasos para el análisis en el software Inventor

- **Realizar el diseño del bastidor.**

A partir de las medidas de los tubos, planchas y ángulos metálicos existentes en la estructura.

- **Llevar el modelado al entorno de análisis de estrés.**
- **Fijar el modelo al plano cartesiano**
- **Aplicarle una carga**

En este caso se le aplicara el valor de la capacidad máxima que soporta la estructura, siendo los 95Kg.

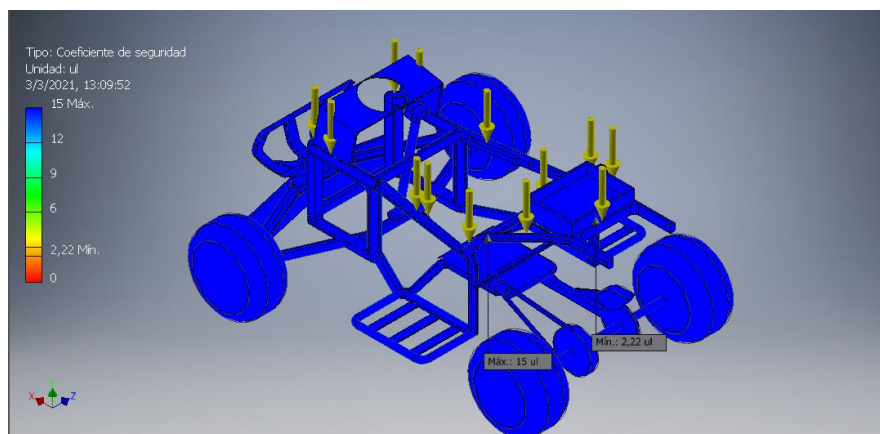


Figura 4. 3 Análisis del bastidor seleccionado

Fuente: Autor

- **Determinar el factor de seguridad**

En la figura anterior se determina que el factor de seguridad tiene un valor de 2.22, por lo que se puede establecer que este valor está comprendido en el rango de 3 a 6, concluyendo que el chasis cumple con el factor de seguridad para el diseño de estructuras estáticas o elementos de cargas. 30

Al tener un valor inferior de 6 no quiere decir que el prototipo se encuentre en la zona de fallo, pues el prototipo no trabajará en su capacidad máxima por lo cual su factor de seguridad puede tender a incrementarse al realizar un análisis con las fuerzas reales.

4.2 DISEÑO DE LA TOLVA

4.2.1 Selección del tipo de tolva

Para la selección del tipo de tolva, se tomó en cuenta la normativa, que hace referencia a al uso de tolvas circulares en la agroindustria. El criterio de la selección la forma de la tolva, está dada a la utilización que se desee otorgar a la misma, en este caso la tolva tendrá una forma de pirámide trunca invertida llamada también tolva de finos, característica de la industria alimenticia, este modelo permite que la superficie de carga sea mayor a la superficie de descarga.



Figura 4. 4 Imagen referencial del sistema de Tolva

Fuente: Autores

4.2.2 Dimensiones de la tolva

Para el diseño de la tolva se tomó como referencia las dimensiones del cuadrón y la capacidad máxima de carga del cuadrón que debe ser mayor a la capacidad de la tolva. [32]

Capacidad de carga cuadrón = 95kg

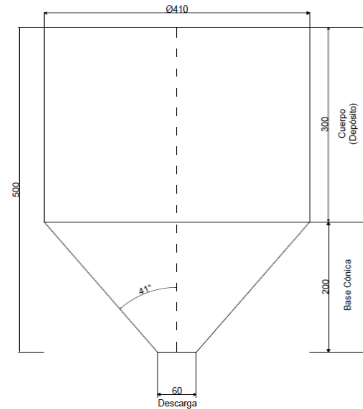


Figura 4. 5 Dimensiones del diseño de tolva
Fuente: Autores

4.2.3. Cálculo de volumen

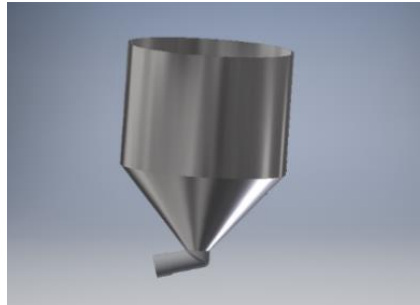


Figura 4. 6 Diseño de tolva en 3D
Fuente: Autores

$$V1 = \pi * r_1^2 * h \text{ [m}^3 \text{]} \quad (1)$$

Donde:

V1 = Volumen del cilindro [m³]

r₁ = Radio superior [m]

h = Altura [m]

$$V1 = \pi * (0.205)^2 * (0.3) \text{ [m}^3 \text{]}$$

$$V1 = 0.0396 \text{ [m}^3 \text{]}$$

4.2.4. Volumen del Cono Trunco

$$V2 = \frac{h\pi}{3} * [r_1^2 + r_2^2 + (r_1 * r_2)] \text{ [m}^3 \text{]} \quad (2)$$

Donde:

V2 = Volumen cono trunco [m³]

$r_2 =$ Radio Inferior [m]

$r_1 =$ Radio Superior [m]

$h =$ Altura [m]

$$V_2 = \frac{(0.2)\pi}{3} * [(0.205)^2 + (0.03)^2 + (0.205 * 0.03)] \text{ [m}^3\text{]}$$

$$V_2 = 0.0103 \text{ [m}^3\text{]}$$

4.2.5. Volumen Total

$$V_T = V_1 + V_2$$

(3)

$$V_T = 0.0396 + 0.0103$$

$$V_T = 0.0499 \text{ [m}^3\text{]}$$

4.2.6. Cálculo de la capacidad

El cálculo de la capacidad de la tolva contiene aspectos importantes como lo son:

- **El volumen total**

Previamente se obtiene de las dimensiones de la estructura.

- **La densidad del material**

En este caso se tomó como referencia la densidad de la semilla del maíz, que su valor comprende de (700 -820)

$$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad (4)$$

- **Porcentaje de solidos**

El porcentaje de solidos es una medida de la masa de sólidos presentes de un material y está definida como la relación entre el peso del sólido y el peso total del material, se obtiene de restar el porcentaje de humedad y se expresada en porcentaje, en este caso el maíz tiene el 13% de humedad. [33]

- **Factor de espacios vacíos**

El factor de espacios vacíos se establece mediante las características del material, para tolva de gruesos se considera el 40% y para la tolva de finos se considera el 20%, en este caso el maíz al ser un material de dimensiones considerables, se establece en el grupo de los gruesos. [34]

Datos:

$$MT = VT * \rho * \%Solido * (1 - fv) \quad (5)$$

Donde:

MT = Capacidad de la tolva

VT = Volumen total

ρ = Densidad del material

%Solido = Porcentaje de solido

fv = Factor de espacios vacíos

$$MT = 0.0499m^3 * 820 \frac{kg}{m^3} * 0.87 * (1 - 0.4)$$
$$MT = 21.35kg$$

4.2.7. Grosor de las placas de tolva

La tolva percibe esfuerzos relativamente bajos debido a su almacenamiento para obtener el grosor adecuado se presenta el siguiente cálculo.

$$p = \frac{m * g * h}{V_T} \left[\frac{N}{m^2} \right] \quad (6)$$

Donde:

p = Presión interna $\left[\frac{N}{m^2} \right]$

m = Masa de semillas en tolva llena, 21.35kg (máximo)

g = Gravedad, $9.8 \left[\frac{m}{s^2} \right]$

h = Altura de tolva [m]

V_T = Volumen de tolva [m³]

$$p = \frac{21.35\text{kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 0.5\text{m}}{0.0499\text{m}^3}$$

$$p = 2096.49 \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right]$$

4.2.8. Cálculo de la longitud media de la tolva

$$l_i = \frac{L+l}{2} \text{ [m]} \quad (7)$$

Donde:

l_i = Longitud media [m]

l = Longitud inferior [m]

L = Longitud superior [m]

$$l_i = \frac{0.41 + 0.06}{2}$$

$$l_i = 0.2350 \text{ [m]}$$

4.2.9. Esfuerzos a los que la tolva está sometida

$$\sigma_t = \frac{p * l_i}{2t} \quad (8)$$

$$\sigma_t = \frac{p * l_i}{4t} \quad (9)$$

Donde:

p = Presión interna $\left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right]$

l_i = Longitud media [m]

t = Espesor de la placa [m]

σ_t = Esfuerzo tangencial $\left[\frac{N}{m^2}\right]$

σ_L = Esfuerzo longitudinal $\left[\frac{N}{m^2}\right]$

4.2.10. Cálculo del esfuerzo tangencial de la tolva

$$\sigma_t = \frac{2096.49 \frac{N}{m^2} * 0.2350m}{2t}$$
$$\sigma_t = \frac{246.34}{t} * \frac{N}{m^2}$$

4.2.11. Cálculo del esfuerzo longitudinal de la tolva

$$\sigma_t = \frac{2096.49 \frac{N}{m^2} * 0.2350m}{4t}$$
$$\sigma_t = \frac{123.17}{t} * \frac{N}{m^2}$$

4.2.12. Esfuerzo cortante máximo

Mediante el siguiente cálculo se obtiene el espesor del material de construcción de la tolva que permita que el valor del esfuerzo cortante sea el adecuado.

Resistencia a la tracción del acero inoxidable **460MPa**

$$\sigma_t = \sigma_1 \text{ y } \sigma_1 = \sigma_2 \quad (10)$$

$$\sigma_e = \sigma_1 + \sigma_2 \leq S_y \quad (11)$$

$$\frac{246.34}{t} + \frac{123.17}{t} = 460 * 10^6$$

$$t = \frac{369.51}{460 * 10^6}$$

$$t = 0$$

El resultado emite un grosor muy pequeño, pero por características de manufactura y disposición del material se eligió una tolva de 1mm.

• 4.3 DISEÑO DEL SISTEMA DOSIFICADOR

Es el conducto dosificador de semillas que se comprende de cuatro elementos de distintos materiales y dimensiones, todas ellas tienen un factor en común proveniente del diámetro inferior de la tolva. A continuación, se detalla cada uno de los mismos:

4.3.1 Eje principal de acople a la tolva

Es el elemento que primero se conecta a la tolva, encargado de la admisión de las semillas al mecanismo dosificador, por características de la tolva y ensamble se eligió una barra de acero AISI 304 de 50.8mm y 3 mm de espesor en las siguientes longitudes.

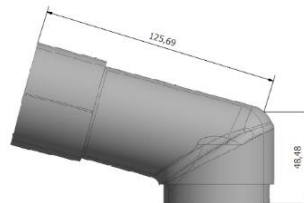


Figura 4. 7 Tubería del dosificador

Fuente: Autores

El eje debe tener una inclinación próxima a los 35° este ángulo se obtuvo de la experimentación realizada, pues el requerimiento es que los granos descendan por propio efecto de la gravedad.

4.3.2 Selección del eje dosificador

El sistema dosificador contiene un elemento en tubería PVC de 50.8 mm y una longitud de 301.50mm, pues este tipo de material permite una mejor maniobrabilidad e implementación del mecanismo de compuerta y así también se evita las pérdidas por fricción, además permite un acople y extracción del mecanismo en cuanto se requiera hacer correcciones al funcionamiento del actuador.



Figura 4. 8 Distancia de la tubería del dosificador

Fuente: Autores

4.3.3 Mecanismo de compuerta

Es el elemento encargado de permitir el paso de semillas de la forma correcta, es un mecanismo de compuerta cuyos parámetros para su diseño se toman en consideración datos como, el diámetro interior, el punto de eje de giro y la cantidad de presión que tendrá que soportar.

4.3.4 Diseño de la compuerta

La compuerta se compone de dos elementos, un eje de acero dulce tipo eje de 8mm que soporte el torque transmitido por el servomotor y una compuerta de material PLA impresa en 3D la que será responsable del control de sellado de la caída de las semillas.

4.3.5 Diseño de la base de la compuerta

Es el elemento perteneciente al mecanismo encargado de dosificar las semillas y su diseño está pensando para que se pueda sostener en la tubería PVC y la base de soporte del actuador.

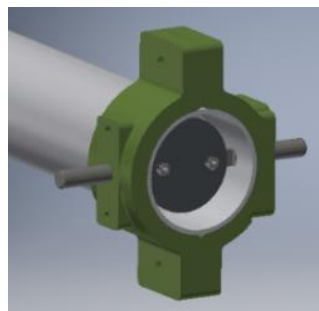


Figura 4. 9 Diseño del dosificador

Fuente: Autores

4.3.6. Selección del actuador

Para la selección de actuador tipo servomotor es necesario verificar cual es el de mayor torque, cuyo modelo sea comercial para tener los mejores beneficios en el control del sistema dosificación.

Tabla 4. 6 Selección del Actuador

SELECCIÓN DEL ACTUADOR			
REQUERIMIENTOS	MG995r	MG996r	MS-S4315M
Tipo de rotación	180 grados	180 grados	180 grados
Tipo de interfaz	Analógica	Analógica	Analógica
Torque	8.5kg/cm (4.8V), 10kg/cm (6V)	12kg/cm (6V)	15Kg/cm (6V)
Voltaje de operación	4.8 – 7.2V	4.8 – 7.2V	4.5 - 6.0 V
Velocidad de operación	(4.8V sin carga): 0.2seg/60 grados	0.22sec/60grados (4.8V), 0.19sec/60 grados(6V)	0.16sec/60 a 6.0 V
Consumo con carga	1200mA	900 mA	1500 mA

Fuente: [35]

4.3.7. Tubería flexible

Este es el último elemento que comprende al sistema de dosificación, es el conducto que permite a la semilla seguir una trayectoria hasta el mecanismo de rastra para así de esta forma ser sembrada.

- **4.4. DISEÑO DE LA RASTRA**

Es el elemento encargado de recibir las semillas provenientes del dosificador, la apertura del surco posteriormente el depósito de las semillas y al final el recubrimiento de la misma, el mecanismo está sujeto a la parte trasera del bastidor.

4.4.1. Selección del mecanismo abre surco

Para el diseño de la rastra se consideró investigaciones anteriores que emiten tipos de mecanismo, en este caso se detallaran las características de los tres principales.

Tabla 4. 7 Sistemas de mecanismos abre surco

Características	Tipo bota	Tipo reja	Disco
			
Descarga	Parte trasera	Parte interna	Parte cóncava
Montaje	Brazo articulado	Brazo articulado	Brazo articulado
Profundidad	Regular	Irregular	Irregular
Adaptación a suelo	Preparado	Preparado	Desmenuzado

Fuente: [36]

Al revisar las características y tomando en cuenta los requerimientos de la empresa, el mecanismo tipo bota tiene la cualidad de siembra con profundidad regular, que es una de las necesidades para cumplir con el objetivo de una siembra automatizada

4.4.2. Selección de mecanismo sierra surco

El requerimiento de este mecanismo en la presente propuesta es su alojamiento, pues debe estar junto a la propia estructura abre surco, en investigaciones anteriores hay la existencia de tres tipos “disco doble inclinado”, doble rueda compactadora” y dedos flexibles, cada uno aporta características geométricas para el diseño el mecanismo

4.4.3. Diseño del mecanismo

La altura del bastidor es primordial para el diseño del mecanismo, este dato permite tener una tolerancia en las dimensiones de la rastra, dado que el mecanismo debe ser regulable en condiciones de profundidad de sembrío y de movilidad del mecanismo.

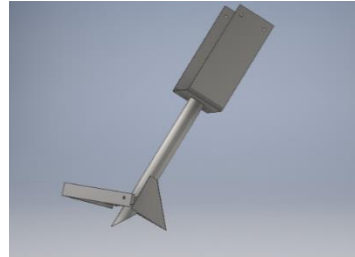


Figura 4. 10 Diseño del sistema de Rastra
Fuente: Autores

La selección de la cuchilla de corte requiere de un cálculo que permita obtener la fuerza a la que está sometida la misma en el momento de trabajo. El consumo de energía presente en la cuchilla depende del valor de resistencia específica que contiene el suelo a trabajar.

Arcilla – limoso	$\mu = 7 + 0.049 \cdot v^2$ (N/cm ²)
Franco – arcilloso	$\mu = 6 + 0.053 \cdot v^2$ (N/cm ²)
Franco – arcilloso – limoso	$\mu = 4.8 + 0.024 \cdot v^2$ (N/cm ²)
Franco	$\mu = 3 + 0.020 \cdot v^2$ (N/cm ²)
Limo – arenoso	$\mu = 3 + 0.032 \cdot v^2$ (N/cm ²)
Franco - arenoso	$\mu = 2.8 + 0.013 \cdot v^2$ (N/cm ²)
Arenoso	$\mu = 2 + 0.013 \cdot v^2$ (N/cm ²)

Figura 4. 11 Características técnicas desuelo
Fuente: [37]

$$\mu = 7 + 0.049 \cdot 0.66 \frac{km}{h} \left[\frac{N}{cm^2} \right]$$

$$\mu = 7.0323 \left[\frac{N}{cm^2} \right]$$

4.4.4 Cálculo de la fuerza de corte

$$F_c = \mu * S [N] \quad (12)$$

Donde:

μ = Factor característico del suelo

S = Dimensiones del elemento de corte

F_c = Fuerza de corte de tierra

$$F_c = 7.0323 \frac{N}{cm^2} * 45.6 cm^2$$

$$F_c = 320.67 [N]$$

4.4.5. Cálculo de la resistencia del suelo a la cuchilla

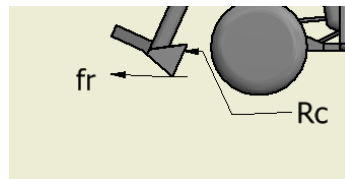


Figura 4. 12 Fuerzas aplicadas en la chuchilla de la rastra

$$R_c = F_c + fr \quad (13)$$

$$R_c = F_c * + (\mu * N) \quad (14)$$

Fuente: Autores

Donde:

R_c = Resistencia del suelo a la cuchilla

fr = Fuerza de fricción, entre acero y tierra

F_c = Fuerza de corte de tierra

μ = Coeficiente de fricción

$$R_c = 320.67 [N] + (0.7 * 578.79N)$$

$$R_c = 725.82 [N]$$

4.4.6. Fuerza requerida para arrastrar la sembradora

El diagrama de cuerpo libre permite reconocer las fuerzas que interactúan en el prototipo para cumplir la función de arrastre del mecanismo de siembra.

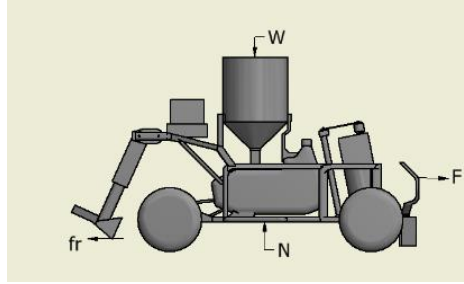


Figura 4. 13 Diagrama de cuerpo libre
Fuente: Autores

4.4.7. Cálculo de la normal

$$N = m * g [N] \quad (15)$$

Donde:

$N = Normal$

$m = Masa$

$g = Gravedad$

$$N = 59kg * 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$N = 578.79 [N]$$

Cálculo de la fuerza requerida

$$\sum F_Y = 0 + \uparrow$$

$$N - W = 0$$

$$N = W$$

$$\sum F_Y = 0 + \uparrow$$

$$F - R_C - fr = 0$$

$$F = 725.82 + (0.7 * 578.79)$$

$$F = 1130.97 [N]$$

4.4.8. Cálculo de potencia de arrastre

$$P = F * V \text{ [HP]} \quad (16)$$

Donde:

P = Potencia

F = Fuerza

V = Velocidad

$$P = 1130.97\text{N} * 0.1833 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$P = 207.31\text{W}/4$$

$$P = 51.82\text{W}$$

$$P = 0.07\text{HP}$$

- **4.5. DISEÑO DEL SISTEMA DE MOVIMIENTO**



Figura 4. 14 Diseño del sistema de dirección

Fuente: Autores

En la dirección se utiliza un motorreductor pues es la fuente motriz que se adapta al torque necesario para mover las ruedas, y permite un mejor control, mediante un control electrónico.

4.5.1. Selección del motorreductor

El siguiente motorreductor mostrado en la figura es el que nos brinda los requerimientos necesarios.

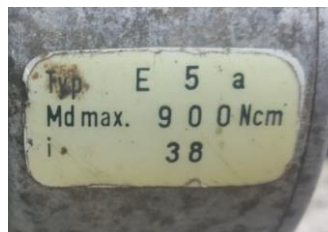


Figura 4. 15 Imagen referencial de placa de características del motorreductor

Fuente: Autores

A continuación, se justifica la selección del motor mediante una serie de cálculos necesarios que permiten el movimiento de la máquina.

4.5.2 Fuerza de carga del motorreductor sobre el eje

Torque de motorreductor = 900Ncm = 9Nm

$r_{\text{piñon}} = 124 \text{ mm} = 0.062 \text{ m}$

Donde la fuerza producida por el motorreductor será:

$$FMR = \frac{T}{r_{\text{piñon}}} \quad (17)$$

$$FMR = \frac{9 \text{ Nm}}{0.062 \text{ m}}$$

$$FMR = 145.16 \text{ N}$$

La fuerza requería para el movimiento de la máquina será:

Peso de la máquina con carga: 80.5 Kg

Fricción dinámica = 0.3

$$F = \mu N \quad (18)$$

$$F = 0.3 * \frac{80.5}{2.2} * 9.81$$

$$F = 107.68 \text{ N}$$

Así de esta manera se concluye que el motorreductor seleccionado será capaz de mover a la máquina sembradora.

- **4.6. SISTEMA DE CONTROL**

En esta sección se detalla todos los sistemas que se involucran para el control de la máquina sembradora, y de esta forma poder llegar a su objetivo final.

4.6.1. Criterio de selección del microcontrolador

Para la selección del sistema del microcontrolador que se va a utilizar se toma en consideración los requerimientos del sistema que se va a controlar, para lo cual se tienen los siguientes datos:

Tabla 4. 8 Requerimiento del sistema




SISTEMA

Requerimientos	Requerimiento del sistema
Voltaje de trabajo	5v - 12v
Número de salidas digitales control motor DC	4
Número de PWM control motor DC	2
Número de salidas digitales control servomotor	2
Número de PWM control servomotor	1
Dimensiones	18x45mm

Fuente: Autores

Para lo cual se han comparado algunos modelos de la familia Arduino los cuales son los más comerciales en el mercado actual, tomando en consideración todos los requerimientos que se necesitan para llevar a cabo el trabajo.

Tabla 4. 9 Características de los microcontroladores

CARACTERÍSTICAS DE LOS MICROCONTROLADORES ARDUINO			
Característica	Arduino Nano	Arduino UNO	Arduino Mega
			
Microcontrolador Arduino	ATmega328	ATmega328P	ATmega2560
Voltaje de operación	5v	5v	5v
Corriente continua por pin entrada salida	40mA	50mA	40mA
Voltaje de entrada	7-12v	6-20v	6-20v
Pines de E/S digitales	22	14	54
Salida PWM	6	6	15
Consumo de energía	19 mA	20mA	20mA
Tamaño de la placa de circuito impreso	18x45mm	53,4x68,4mm	53,3x101,52mm

Fuente: [17]





El microcontrolador que se selecciona es el siguiente que lleva con el nombre de ARDUINO NANO, el cual nos brinda los beneficios que requerimos.

4.6.2. Reductores de voltaje

Para la selección del sistema de reductores de voltaje se ha tomado en consideración los parámetros que requiere el sistema a trabajar en nuestro caso en el bajo voltaje, en la siguiente tabla se presenta los elementos con los cuales se trabaja y su valor de voltaje.

Tabla 4. 10 Carga del sistema

Carga del sistema - Voltaje nominal del sistema 12V
--



Tipo	Número de carga	Imagen referencial	Voltaje de funcionamiento	Carga
Receptor RC	1		5 -7v	20mA
Arduino	3		5v	47mA
Servomotor	1		6v	1500mA
Cámara FPV	1		5v	1000mA

Fuente: Autores

El sistema principal de voltaje funciona a 12v por lo cual para que el sistema de control y varios elementos de bajo voltaje sean funcionales es necesario de la utilización de reductores de voltaje y para mantener una estabilidad es preferible la utilización de varios reductores de voltaje, a continuación, se realiza una tabla de los que son de fácil acceso en el mercado.

Se realiza una comparativa de los modelos comerciales las cuales se detallan a continuación.

Tabla 4. 11 Reductores de voltaje

Reductores de voltaje		
Características	LM2596	XL4015
		
Voltaje de entrada	4,75 - 30V	4 - 38V
Voltaje de salida	1,25 - 26V	1,25 - 36V
Corriente máxima de entrega	3000mA	5000mA
Rendimiento	95%	96%

Fuente: Autores



Se selecciona los dos modelos mencionados por ser sistemas ya comprobados por varios años en el mercado y tener un factor de rendimiento hasta del 96%, estos reductores de tensión serán usados de la siguiente forma, el de menor valor de corriente se destinará para la parte de control y el de mayor valor de corriente será destinado para control de elementos de alto consumo.

4.6.3. Puente H

Para el diseño o selección del sistema de control de motores el elemento que facilite el trabajo es el denominado Puente H, para lo cual es necesario conocer las características a controlar

como: tipo de motor, para lo cual se muestra la siguiente tabla los datos requeridos para el control.


Tabla 4. 12 Características Motorreductores

Características Motorreductores				
Modelo	Imagen	Voltaje	Consumo Nominal	Consumo Pico
Fractional horsepower gear motor nsh -1 1d3		12v	5300mA	17000mA
Groschopp & co 4060 viersen		12v	5000mA	7000mA

Fuente: Autores

Se considera el uso de dos controladores uno para cada motor de esta manera será un sistema tipo ya ensamblado el cual cuenta con la confiabilidad de ser probado cientos de veces y con un alto porcentaje de fiabilidad hasta del 95% cuyo sistema comercial de un puente H que se ha seleccionado teniendo en cuenta las características requeridas, cuyo modelo es el Puente H BTS7960 cuyo rango máximo es de amperaje es de 43 A.

Tabla 4. 13 Puente H
PUENTE H 43A BTS7960

CARACTERÍSTICAS	
Modelo: BTS7960	
Chip: Buffer Schmitt-trigger 74AHC244	
Voltaje de operación Motor: 5.5~27V	
Voltaje de Control: 5V	
Corriente de operación máxima: 43A	
Protección: Sobre corriente	
Baja corriente de reposo: 7uA a 25°C	
Entradas lógicas: Si	
Tasa de respuesta ajustable: EMI	
Señal PWM: Dos canales	
Frecuencia de reloj: 25KHz	
Dimensiones: 5.5x5x4cm	

Fuente: Autores

4.6.4. Diseño electrónico en PBC

El diseño electrónico en PBC es la unión de todos los elementos previamente ya seleccionados que en conjunto serán el sistema de control de la máquina electromecánica. Para su diseño se ha utilizado un software de libre uso cuyo nombre comercial es EasyEDA, que nos permitirá simular el circuito previamente mencionado y de esta forma evitar los errores para su construcción. A continuación, se muestra los esquemáticos del sistema simulado.

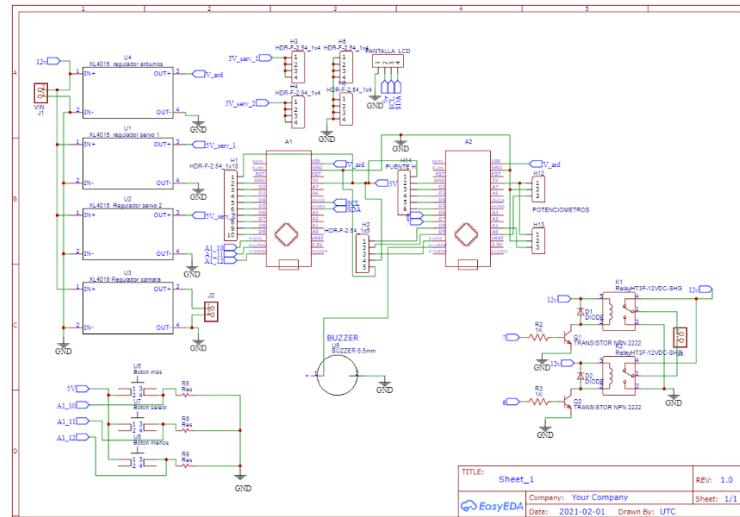


Figura 4. 16 Diagrama electrónico para PBC

Fuente: Autores

El sistema simulado utiliza 4 reductores de voltaje para los distintos dispositivos que estarán conectados y de esta forma mantener la estabilidad del sistema, se utiliza un sistema de dos Arduino destinados al sistema de control uno para el sistema de dirección el cual se acompaña con una sección de relevadores para el encendido o apagado de las bobinas del estator de motorreductor, el segundo para la sección de control de la dosificación de granos, cuyo control será mediante una sección de pulsadores que nos permitirán interactuar con el sistema y una alarma sonora para saber que se encuentra en el modo selección.

4.6.5. Control del sistema de dosificación

Para el control del sistema de dosificación se utiliza un servomotor el cual nos permite abrir o cerrar la compuerta de una forma controlada, para la cual se utiliza un sistema programable usando un Arduino Nano el cual nos brinda salidas PWM para su control, un display LCD y un teclado de tres teclas que nos permite variar el tiempo de control y los grados de posición del servomotor. Para cuya programación se utiliza el lenguaje C utilizando las siguientes librerías que nos sirven para cumplir las siguientes funciones:

- **#include <Servo.h>** Permite a placas Arduino tener el control de servomotores, para nosotros nos permitirá poder tener el control de los grados que serán aplicados al sistema de dosificación.
- **#include <EEPROM.h>** - Proporciona una interfaz fácil de usar para interactuar con el almacenamiento interno, y de esta forma poder insertar valores desde el teclado exterior.

```
/*Variables*/  
int addr1=4;//direccion memoria EEPROM 4  
int addr2=5;//direccion memoria EEPROM 5  
int addr3=6;//direccion memoria EEPROM 6  
int addr4=7;//direccion memoria EEPROM 7
```

Figura 4. 17 Uso de la librería EEPROM

Fuente: Autor

Esta librería nos permite guardar la información que se le aplique de forma externa y de esta manera tener el control de las funciones que cumpliría el sistema, sin importa si el sistema se apaga y prende cientos de veces.

- **#include <LiquidCrystal_I2C.h>** - Permite controlar pantallas I2C con funciones extremadamente similares a la biblioteca LiquidCrystal. El cuál será la parte de interacción de maquina hombre con el sistema de dosificación y de esta manera se podrá visualizar los valores que se necesiten cambiar.
- **#include <Chrono.h>** - Permite tener cronómetros que cuentan el tiempo transcurrido desde que comenzó el proceso. De esta manera permitirá tener las variables de control de tiempo que necesitaremos modificar a las necesidades requeridas.

```
#include <Servo.h>  
#include <EEPROM.h>  
#include <LiquidCrystal_I2C.h>  
#include <Chrono.h>  
  
Chrono servoChrono(Chrono::SECONDS);  
//Chrono servoChrono;  
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);  
  
/*caracteres especiales*/  
byte flecha[8] = {
```

Figura 4. 18 Programación del sistema de dosificación

Fuente: Autores

4.6.6. Control de los motores DC

Como en el caso del sistema de dosificación se utiliza un sistema mediante Arduino, pero en este caso la configuración será la siguiente, el Arduino receipta la señal de entrada proveniente del receptor y está la convierte en una señal de salida que controla en Puente H y así de esta forma se podrá girar el motor de derecha a izquierda. Para lo cual se ha declarado variables de control de la siguiente manera.

```
int chl;

int rele_1=12;
int rele_2=9;

int R_EN=2;
int R_PWM=10;

int L_EN=3;
int L_PWM=10;

void setup()
{
  pinMode(8, INPUT);

  pinMode(R_EN, OUTPUT);
  pinMode(R_PWM, OUTPUT);
  pinMode(L_EN, OUTPUT);
  pinMode(L_PWM, OUTPUT);
}
```

Figura 4. 19 Programación control de motores

Fuente: Autores

4.6.7. Radio Control

Para la selección del Radio Control es necesario saber el número de elementos que deberá controlar y de esta forma se podrá seleccionar el que mejor se acople a las necesidades requeridas. A continuación, se detalla los tipos mediante una tabla.

Tabla 4. 14 Comparativa Radio control

Comparativa		
Requerimientos	FLYSKY I6	GoolRC-transmisor
		
PMW	SI	Si
Número de canales necesarios 4	6 canales	3 canales

Fuente: [20]

Se selecciona el modelo de radio control FlySky I6 el cual cubre el número de canales que requerimos para el control de la máquina y de esta manera nos brinda un mejor control de la misma.

4.6.8. Sistema FPV

Para la selección del sistema FPV se considera a las condiciones de terreno que va a estar expuesto las cuales son las siguientes: polvo y calor, por lo cual el sistema debe está diseñado para soportar todas estas condiciones climáticas, también debe tener un gran ángulo de visibilidad.

Tabla 4. 15 Comparativa de sistema FPV

SISTEMA FPV

CARACTERISTICAS	HobbyKing - FAT SHARK	Run Cam - Racer2
		
Campo de visión	25 ° en diagonal	25 ° en diagonal
Consumo de energía	500 mA	200 mA
Grado IP	ALTO	MEDIO

Fuente: Autores

Para lo cual se ha seleccionado un sistema sellado y compacto de la marca HobbyKing del modelo FAT SHARK RC VISION SYSTEMS, el cual cumplen con los requerimientos deseados.

• 4.7. FUENTE DE ENERGÍA

Para la selección de la batería es necesario tomar en cuenta el consumo de cada elemento que se dispone y que autonomía deseamos obtener.

Tabla 4. 16 Número de cargas totales

Dimensionamiento de Batería						
Cantidad	Carga de control	Consumo (A)	Cantidad	Carga de potencia	Consumo (A)	Corriente pico (A)
2	Arduino	0,015A	2	Motorreductor	5A	20A
1	Cámara FPV	1A	1	Servomotor	0,900A	2,5A
	TOTAL	1,30A		TOTAL	10,9A	22,5A

Fuente: Autores

4.7.2 Elección de la Batería

Se ha seleccionado una batería de Plomo – Ácido la cual en el mercado actual es de fácil obtención y es la de mejores características para los requerimientos que se desean.

Tabla 4. 17 Selección de Batería

Requerimiento Del sistema			
Sistema		BOSH S3	
		Tipo de batería	Plomo Acido
Consumo	12,2 Ah	Capacidad (Ah)	36 Ah
Dimensiones máximas	210 * 137 mm	Dimensiones	210 * 137 mm
Polaridad	+ / -	Peso	10KG
		Tipo de descarga	450 a 27°C
		Polaridad	+ / -

Fuente: [38]

4.7.3 Autonomía de la batería

Para la autonomía de la batería se tiene los siguientes datos:

- **Carga** = 36Ah
- **I Carga** = 12.2 A
- **V flotante** = 13,2V
- **Voltaje mínimo** = 11 V

$$\frac{\text{Tiempo total}}{\text{Tiempo Autonomía}} = \frac{V \text{ flotación}}{V \text{ flotación} - \text{Voltaje mínimo}} \quad (19)$$

$$\text{Autonomía} = \frac{36\text{Ah}}{12.2\text{A}} * \frac{13.2\text{V} - 11\text{V}}{13.2\text{V}}$$

$$\text{Autonomía} = 0.49 \text{ h}$$

Se obtiene una autonomía de la batería de 0.49 de Hora

• 4.8. VARIABLES DE SALIDA

En este apartado se encuentran los resultados obtenidos del funcionamiento del prototipo de siembra semiautomática, partiendo de la premisa de datos existentes del método de siembra manual, se logra determinar el porcentaje de rendimiento de la propuesta en tres factores como lo son: tiempo, materia prima y el costo, siendo este último el producto de los dos anteriores.

El proceso de medición se lo realizó en el sector de Izamba en el cantón Ambato provincia de Tungurahua, el área del terreno es 200 m² dividido en 10 trayectorias de 20 metros de largo, el número de pruebas realizadas fueron 10 en un suelo previamente preparado con hileras de 25 a 30 cm de grosor aproximadamente.

4.8.1. Pruebas realizadas de factibilidad de semillas

Las pruebas realizadas están hechas con 5 distintos tipos de semillas y en la siguiente tabla se aprecia las semillas factibles y las que no lo son para el sembrío.

Tabla 4. 18 Factibilidad de semillas

#	Ilustración	Tipo	Dimensiones promedio de las semillas		Dimensiones establecidas		Resolución
			Largo (mm)	Ancho (mm)	Valor Mínimo > 5mm	Valor Máximo < 20mm	
1		Maíz	17	8	Si	Si	Aplica

2		Haba	30	5	Si	No	No aplica
3		zanahori a	4	3	No	Si	No aplica
4		Arveja	7	7	Si	Si	Aplica
5		Frejol	12	5	Si	Si	Aplica

Fuente: Autores

El sistema de siembra esta dado en una distancia lineal entre los factores de 20 a 30 cm.

Tabla 4. 19 Determina el número de unidades de semillas en un intervalo en cada apertura

#	Tipo	Grado de apertura	Tiempo de apertura de compuerta (milisegundos)	Tiempo de cierre compuerta (milisegundos)	Tiempo entre cada apertura (milisegundos)	Número de semillas total
1	Maíz	15	1000	2000	300	5 - 7
2	Arveja	10	500	1500	2000	4 - 6
3	Frejol	15	500	1500	2000	4- 6

Fuente: Autores

4.8.2. Requerimientos para la medición de siembra manual

La empresa agrónoma “Patricia Pinto” posee un protocolo de siembra manual, el cual requiere de dos personas para realizar esta actividad, para una distancia de 20 metros la duración aproximada es de 3 minutos, esto se pudo comprobar al ejecutar la siembra manual.

1. Identificar el número de semillas insertadas en cada orificio

El número es de 3 a 4 semillas en cada orificio

2. Identificar la distancia de separación entre orificio

La distancia de separación es de 30 centímetros (arveja)

3. Identificar la distancia de la hilera sembrada

La distancia de la hilera es de 20 metros

4. Identificar el número de veces que se recorre la trayectoria de siembra

2 pasos = 2 personas

5. Determinar el peso de la semilla

1 semillas = 0.4 (arveja)

6. Tiempo utilizado en la siembra

Aproximadamente 3 minutos

4.8.3. Requerimientos para la medición de siembra semiautomática (Prototipo)

Este método se caracteriza por el empleo de motorreductores y servomotores para cumplir la función de la siembra, entonces la medición de las variables está basada en el funcionamiento de estos elementos.

1. Identificar el número de semillas insertadas en cada orificio

4 semillas en cada orificio

2. Identificar la distancia de separación entre orificio

30 centímetros (arveja)

3. Identificar la distancia de la hilera sembrada

20 metros

4. Identificar el tiempo que se tarda el prototipo en recorrer la trayectoria

90 segundos

5. Identificar el número de veces que se recorre la trayectoria de siembra

1 paso = una persona

6. Determinar el peso de la semilla

1 semilla = 0.4 gramos (arveja)

7. Determinar cada que tiempo se abre la compuerta

2 segundos

4.8.4. Cálculo de la materia prima utilizado en el método de siembra manual para determinar el número de surcos

$$\text{N. de surcos} = \frac{\text{distancia de la hilera sembrada}}{\text{distancia de separación entre orificio}} \quad (20)$$

$$\text{N. de surcos} = \frac{20\text{m}}{0.3\text{m}}$$

N. de surcos = 67 surcos

Determinar el número de semillas utilizadas

El número de semillas utilizadas = 4

N. de semillas = N. de surcos * N. semillas insertadas en cada orificio

N. de semillas = 67 * 4

N. de semillas = 268 unidades

Determinar el peso de las semillas sembradas

Peso Total = 268 unidad * 0.4gramos

Peso Total = 0.1072

La materia prima en el proceso de siembra manual está sujeta, a la toma de decisiones de la persona que realiza la actividad, la siguiente matriz muestra kilogramos utilizados en la siembra de distintas longitudes.

Tabla 4. 20 Matriz de kilogramos utilizados en el método de siembra manual

N° de prueba	Longitud (m)	Personal	Materia Prima (kg)
1	20	2	0,107
2	40	2	0,214
3	60	2	0,321
4	80	2	0,428
5	100	2	0,535
6	120	2	0,642
7	140	2	0,749
8	160	2	0,856
9	180	2	0,963
10	200	2	1,07

Fuente: Autores

4.8.5. Cálculo de la materia prima utilizado en el método de siembra semiautomática (prototipo)

En 20 metros el prototipo utiliza 90 segundos en su desplazamiento, entonces en 30 centímetros utiliza:

Determinar el número de aperturas del mecanismo

$$\frac{90\text{seg}}{2\text{seg}} = 45 \text{ aperturas}$$

Determinar el número de semillas

$$N. \text{ Semillas Total} = N. \text{ Aperturas} * N \text{ de semillas} \quad (21)$$

$$N. \text{ Semillas Total} = 45 * 4$$

$$N. \text{ Semillas Total} = 180 \text{ Unidades}$$

Determinar el peso de las semillas sembradas

$$\text{Peso Total} = N. \text{ de Semillas Total} * \text{peso} \quad (22)$$

$$\text{Peso Total} = 180 \text{ unidad} * 0.4 \text{ gramos}$$

$$\text{Peso Total} = 0.072 \text{ kg}$$

La materia prima en el proceso de siembra semiautomático, depende de la regulación que tenga el paso del servomotor pues esto permite en el depósito correcto del número de semillas.

Tabla 4. 21 Matriz de kilogramos utilizados en el método de siembra semiautomática (prototipo)

Nº de prueba	Longitud (m)	Personal	Materia Prima (kg)
1	20	1	0,072
2	40	1	0,144
3	60	1	0,216
4	80	1	0,288
5	100	1	0,36
6	120	1	0,432
7	140	1	0,504
8	160	1	0,576
9	180	1	0,648
10	200	1	0,72

Fuente: Autores

4.8.6. Cálculo del tiempo utilizado en el método de siembra manual

En la siguiente tabla se aprecia la cantidad de tiempo utilizado en la actividad para diferentes longitudes de hilera, estas pruebas fueron realizadas en la propia Empresa “Patricia Pinto”

Tabla 4. 22 Matriz de tiempo utilizado en el método de siembra manual

Nº de prueba	Longitud (m)	Personal	Tiempo (min)
1	20	2	3,000
2	40	2	6
3	60	2	9
4	80	2	12
5	100	2	15
6	120	2	18

7	140	2	21
8	160	2	24
9	180	2	27
10	200	2	30

Fuente: Autores

4.8.7. Cálculo del tiempo utilizado en el método de siembra semiautomático (Prototipo)

Tabla 4. 23 Matriz de tiempo utilizado en el método de siembra semiautomática (prototipo)

Nº de prueba	Longitud (m)	Personal	Tiempo (min)	Nº de giro entre prueba	Tiempo de giros entre prueba (min)	Tiempo Total (min)
1	20	1	1,30			1,30
2	40	1	2,6	1	1	3,60
3	60	1	3,9	1	1	4,90
4	80	1	5,2	1	1	6,20
5	100	1	6,5	1	1	7,50
6	120	1	7,8	1	1	8,80
7	140	1	9,1	1	1	10,10
8	160	1	10,4	1	1	11,40
9	180	1	11,7	1	1	12,70
10	200	1	13	1	1	14,00

Fuente: Autores

4.8.8. Costo de mano de obra

Una persona percibe 2.5 dólares por cada hora de trabajo, mediante los datos obtenidos anteriormente el dinero que hay que pagar a los empleados por la siembra de semillas en un terreno de 200 m² dividido en 10 trayectorias de 20 metros de largo.

- **Siembra manual**

60 min = 2.50 dólares

30min= 1.25 dólares

1.25 * 2 personas = 2.5 dólares

- **Siembra semiautomática (Prototipo)**

60 min = 2.50 dólares

14 min= 0.58 dólares

0.58 dólares* 1 personas = 0.58 dólares

4.8.9. Costo de materia prima

Mediante los datos obtenidos en las tablas anteriores se puede determinar el gasto en la adquisición de semillas para sembrar 110 metros en la empresa. Partiendo del valor económico de cada kilogramo de semilla.

- **Siembra manual**

1kg de semillas = 5 dólares

Entonces el valor de 1.07 kg de semillas = 5.35 dólares

- **Siembra semiautomática (Prototipo)**

1kg de semillas = 5 dólares

Entonces el valor de 0.72kg de semillas = 3.06 dólares

4.8.10. Cálculo del costo total del proceso en el método manual vs método semiautomático (Prototipo)

Tabla 4. 24 Matriz de costo total de la producción por el método manual vs método semiautomático

Tipo de siembra	Personal	Longitud (m)	Tiempo (min)	Costo de mano de obra (\$)	Materia prima (Kg)	Costo de materia prima (\$)	Costo total (\$)
Manual	2	200	30	2.5	1.07	5.35	98,51
Semiautomática	1	200	14	0.58	0.72	3.07	33,05

Fuente: Autores

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En esta sección de la propuesta se describe los resultados de los procesos efectuados para la elaboración de la máquina electromecánica automatizada para el sembrío de semillas para la empresa “Patricia Pinto”. Se detalla a su vez las condiciones iniciales, que se tomaron para la realización del diseño y de esta forma poder tener el control de las variables, se muestra a su vez la toma de decisiones de diseño tanto como en la parte mecánica, como en la parte de automatización. La base de la propuesta tecnológica es llevarla a cabo por lo que todos los cálculos obtenidos se orientarán a ello, finalmente se revelan paso a paso su construcción y sus resultados obtenidos de su puesta en marcha.

- **5.1. CONSIDERACIONES PREVIAS A TOMAR**

El sistema diseñado que utiliza la máquina electromecánica para la empresa Patricia Pinto está basado en el sistema de sembrío lineal como se redacta en el apartado 3.2.3, también se considera las dimensiones de los surcos que se redactan en el apartado 3.3.1 del marco teórico.

- **5.2. DISEÑO DEL CHASIS**

De acuerdo a los requerimientos de la empresa se determina que el chasis del cuadrón de 49cc cumple con las características de movilidad dentro del terreno, pues es capaz de adaptarse a las dimensiones de las hileras sin que tenga un uso excesivo de terreno al momento del trabajo, el prototipo no tiene ningún inconveniente en realizar su recorrido, pues la distancia entre ejes internos es de 67cm y el ancho del surco es de 25cm aproximadamente, en cuestión al despeje del suelo que posee el chasis seleccionado se determinó que cumple con la altura máxima del surco siendo lo 10cm previamente establecidos.

Se determinó que el factor de seguridad del prototipo implementado es de 4.54 esto mediante el análisis realizado en los 46.35Kg que representan la capacidad total que soportara el prototipo, compuesta por la capacidad de la tolva de 21.35Kg más los 25Kg de capacidad que representan los elementos implementados en el chasis, lo cual indica que el prototipo se encuentra en condiciones normales y sin fallo.

- **5.3. DISEÑO DE LA TOLVA**

Con respecto a la selección de geometría de la tolva se determinó que el modelo cilíndrico de cono trunco se adapta al prototipo realizado, debido a sus características de manufactura y su aplicación al sector alimenticio, que si bien no alberga gran capacidad este tipo de tolva permite que el material almacenado obtenga una mayor velocidad el material al momento de descender al orificio. La densidad del material es un valor fundamental en el diseño del equipos de almacenamiento, pues permite obtener a manera de cálculos matemáticos el valor de la capacidad que soporta el elemento, con respecto a lo mencionado anteriormente se determina que la capacidad de la tolva es de 21.35kg de maíz, valor que genera un esfuerzo cortante muy bajo producto de la presión que ejerce por esta razón se seleccionó un espesor de 1 mm, en el tipo de material de la plancha y se eligió un acero inoxidable pues contiene un valor de 250MP de límite de elasticidad.

• 5.4. DISEÑO DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN

Mediante la comparación de sistemas dosificadores se determinó que el mecanismo que permite el control del paso de las semillas con la utilización de menor intervalo de segundos, es la compuerta con eje en movimiento, además su funcionamiento permite adaptarse a los 35^a grados que tiene el conducto, la presión generada dentro del conducto por los grados de inclinación requiere de un torque alto para lo cual se ha seleccionado el servomotor MS-S4315M que brinda un torque de 15Kg/cm y trabaja a (6V), el diseño 3D se lo realizó en material PLA pues permite generar estructuras de acuerdo al requerimiento de las geometrías de soporte y al mecanismo de compuerta encargado del paso de semillas sin generar esfuerzos en el servomotor.

• 5.5. DISEÑO DE LA RASTRA

De acuerdo a las investigaciones de elementos que permite la apertura de superficies se realizó una comparativa entre los que tiene mayor uso en la región, de esta manera se pudo determinar una comparativa la cual muestra que el elemento rígido vertical que recibe esfuerzos por contacto al suelo muy bajos, pues el terreno a trabajar debe estar previamente preparado, la geometría de sus estructura permite implementar un mecanismo que permita el cierre de surco, el material empleado en la construcción es acero inoxidable de 3mm ya que necesita de conformidad y un espesor de esa dimensión brinda esa característica.

• 5.6. DISEÑO DEL SISTEMA DE MOVIMIENTO

El mecanismo de rastra genera una reacción con el suelo que conjuntamente con el análisis de carga del prototipo permiten determinar un requerimiento 0.07hp de potencia para el motorreductor seleccionado y de esta forma permita el desplazamiento del prototipo en una velocidad constante de 11m/min.

Con respecto al elemento que permite el direccionamiento del prototipo se eligió un motorreductor 146.16 N, esto a partir de la relación 9 Nm que ofrece el motor y los 0.062 m de radio del piñón que permiten tener los grados de libertad del mecanismo de cuatro barras implementado.

- **5.7. SISTEMA DE CONTROL**

El sistema de control resume en un modelo de una placa impresa y es ahí donde se emplean todos los elementos electrónicos seleccionados en el apartado 4.6 los cuales se especifican su justificación a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 5 1 Selección de los elementos de control

SISTEMA DE CONTROL		
TIPO	SELECCIÓN	JUSTIFICACIÓN
Microcontrolador	Arduino Nano	La decisión de elección está basada por las siguientes razones las cuales se basan en sus características de entradas y salida, por ser un sistema de fácil reprogramación también dado por su tamaño reducido
Reductor de Voltaje	LM2596	Se seleccionó este elemento con la razón de mantener la estabilidad del sistema, el cual será destinado exclusivamente solo para la parte de control de baja potencia en el caso del Arduino y el sistema de Recepción del Radio control, ya que nos brinda un voltaje estable y ajustable a nuestras necesidades.
	XL4015	Se seleccionó para la parte de control de la parte de potencia de la cámara FPV y el sistema de dosificación que es comandado por un servomotor, el cual al ser un sistema independiente podremos garantizar una estabilidad del mismo ya que evitaremos que los picos del motor del servo afecten a los demás elementos.
Puente H	BTS7960	Este modelo de puente H tiene un funcionamiento máximo de 43 A y es de un solo canal de salida, puesto se lo ha seleccionado de este valor tomando en cuenta los valores picos máximo de 15 a 10 A, que produce cada motorreductor a si de esta manera se evita saturar y se evita posibles fallos o daños por saturación
Radio Control	FLYSKY I6	Como ya se explicó en el apartado 5.7 las necesidades del sistema que se va a controlar el modelo de Radio Control descrito se seleccionan por la razón de cumplir el rango mínimo en el número de canales y dejando un excedente para futuras mejoras que se puedan realizar.
Sistema FPV	HobbyKing - FAT SHARK	Para la elección del mejor sistema de visión FPV es necesario tomar en cuenta las condiciones que estará expuesta como polvo y calor. Por lo cual se ha tomado la decisión de elección del sistema ya descrito aquí, puesto es un sistema encapsulado el que permite tener un sistema ergonómico el cual evita que se malogre por condiciones ya descritas.

Fuente: **Autor**

5.7.1 Control del sistema de dosificación y control de los motores DC

Utilizando un sistema de control Arduino Nano para su programación se utiliza un sistema por lenguaje C y un software de la misma marca para cuyo propósito es necesario tomar en cuenta las variables de entrada y de salida que se desean controlar por lo cual se utiliza una serie de librerías y códigos de programación que se describen en el apartado de este postulado en el número 4.6.5 y 4.6.6.

- **5.8 FUENTE DE ENERGÍA**

Las razones de la selección están establecidas en el apartado 4.7 en los cuales se toman en consideración el consumo que se tendrá y el rendimiento que tendrá para el sistema, puesto para este punto se ha seleccionado un sistema de energía tipo DC de 12v a 36Ah del modelo BOSCH S3 el cual nos dará una autonomía de 49 minutos, tomando en consideración los tiempos de sembríos realizados nos encontramos en tiempos óptimos dentro de la empresa.

- **5.9. VARIABLES DE SALIDA**

Las variables de salida corresponden a la reducción del tiempo, materia prima y el costo de producción inicial, a continuación, se presenta los resultados de relevancia que se obtuvo al aplicar el método de siembra manual y el método de siembra semiautomática en 10 pruebas realizadas en un terreno de $200m^2$ con trayectorias de 20 metros cada una.

Con respecto al tiempo se obtiene como resultado que con la aplicación del método de siembra manual la actividad se demora 30 minutos, frente al mismo proceso realizado con la máquina sembradora semiautomática con un tiempo de sembrío de 14 minutos, para lo cual la implementación del prototipo en el proceso representa un ahorro del 53.33% de tiempo.

En cuestión a la materia prima se obtiene como resultado que con la aplicación del método de siembra manual la actividad utiliza 1.07kg de semilla, frente al mismo proceso realizado con el prototipo semiautomático se determinó la utilización de 0.72kg, entonces la implementación del prototipo representa el ahorro de 32.71 % de semillas.

En el tema del costo de la actividad se obtiene como resultado que con la aplicación del método de siembra manual la actividad en los $200m^2$ llega a costar 98.51\$, y la misma actividad realizada con el prototipo de sembrío semiautomático se obtiene un valor de 33.05\$ lo cual representa una disminución del 66% del costo con respecto al método manual.

Se cumple la hipótesis por el hecho de que a través de la toma de datos experimentales y su análisis se puede determinar que existe un ahorro del tiempo del 53%, de materia prima del 32.71% y un 66% de descuento en el costo de producción por lo que se ratifica que la hipótesis se ha llegado a cumplir.

6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS

• 6.1. PRESUPUESTO

En esta sección se detalla los gastos directos e indirectos que requiere la máquina electromecánica automatizada para el sembrío de semillas, entre los gastos directos se destacan los materiales y suministros que intervienen en el sistema, estos elementos constituyen un costo aplicable para el mercado actual, además de gastos indirectos como insumos y mano de obra.

Tabla 6. 1 Materia prima directa

MATERIA PRIMA			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. TOTAL
Chasis Cuadrón	1	\$600,00	\$600,00
Acero Inoxidable 250mpa	1	\$300,00	\$300,00
Tubería inoxidable	1	\$10,00	\$10,00
Tubería PVC	1	\$3,00	\$3,00
Pernos varios	30	\$0,20	\$6,00
Motorreductor	2	\$150,00	\$300,00
Servomotor	2	\$20,00	\$20,00
Batería	1	\$70,00	\$70,00
Arduino	3	\$9,00	\$27,00
Regulador de Voltaje	4	\$5,00	\$20,00
Placa impresa	1	\$76,00	\$76,00
Puente H	2	\$27,00	\$54,00
Pantalla LCD	1	\$8,00	\$8,00
Teclado	1	\$5,00	\$5,00
Radio Control FLYSKY	1	\$90,00	\$90,00
Cámara FPV Hobbyking	1	\$350,00	\$350,00
Cable #14	30	\$0,80	\$24,00
Luces tipo led	2	\$4,00	\$8,00
Impresión 3D	12	\$10,00	\$120,00
Pintura	2	\$7,50	\$15,00
Total			\$2.106,00

Tabla 6. 2 Mano de obra directa

MANO DE OBRA			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. TOTAL
Asesor	1	\$200,00	\$200,00
Técnico	1	\$200,00	\$200,00
Total			\$400,00

La siguiente tabla muestra en resumen los costos directos necesarios para la construcción de la máquina electromecánica automatizada, en la cual está el valor incluido como de controladores, batería, etc.

Tabla 6. 3 Total de costos directos

GASTOS DIRECTOS			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. TOTAL
Materia prima	1	\$2.106,00	\$2.106,00
Mano de obra	1	\$400,00	\$400,00
Total		\$2.506,00	

Los costos indirectos abarcan los gastos que no se realizan para la elaboración de la máquina electromecánica automatizada como son insumos de oficina, servicios básicos, entre otros.

Tabla 6. 4 Mano de obra indirecta

INSUMOS	
DESCRIPCIÓN	V. TOTAL
Mano De Obra Indirecta	\$200,00
TOTAL	\$200,00

Tabla 6. 5 Otros CIF

DESCRIPCIÓN	VALOR
Arriendos	\$0,00
Servicios Básicos	\$40,00
Material De Oficina	\$20,00
Otros Costos	\$15,00
Transporte	\$60,00
TOTAL	\$135,00

Tabla 6. 6 Tabla de costos indirectos

INSUMOS	
DESCRIPCIÓN	V. TOTAL
Mano De Obra Indirecta	\$200,00
Otros CIF	\$135,00
TOTAL	\$335,00

Se resume el costo de inversión total en la siguiente tabla.

Tabla 6. 7 Costo de Producción

Costo de Producción	
DESCRIPCIÓN	TOTAL
Directos	\$2.506,00

Indirectos	\$335,00
TOTAL (USD)	\$2841,00

Tabla 6. 8 Tabla de Utilidades

UTILIDAD	
DESCRIPCIÓN	TOTAL
Costo de Producción	\$2841.00
25% Utilidad	\$710.15
TOTAL (USD)	\$3551,15

• **6.2. ANALISIS VAN Y TIR**

Depreciación de Maquinaria

Tabla 6. 9 Depreciación de Maquinaria

Fecha compra	Detalle activo	Código	Valor compra	% Depreciación	Valor depreciación anual	Valor diario	Días a depreciar	Valor a depreciar
1/6/2021	Máquina Electromecánica Automatizada para el Sembrío	MEAS001	2.912,25	10	291,23	0,81	360	291,23

Cálculo de Índices Financieros

Tiempo máximo de recuperación permitido por la empresa	5 años
Tasa efectiva activa referencial del Banco del Ecuador	7,56%

Tabla 6. 10 Flujo neto del efectivo

Flujo neto del efectivo proyecto Máquina Electromecánica Automatizada para el Sembrío						
Año		2021	2022	2023	2024	2025
Resultado del ejercicio		1260,3	963,3	5230,5	895,6	2600
Depreciación		291,23	291,23	291,23	291,23	291,23
(-) Inversión inicial	-2912,25					
Flujo del efectivo de maquinaria	-2912,25	-1360,72	-106,19	5415,54	6602,37	9493,6

Valor actual neto (VAN)

$$VAN = \sum \frac{Fn}{(1+i)^n} \quad (23)$$

Donde:

Fn: Flujos netos

i: Tasa de descuento

n: Periodos

Tabla 6. 11 VAN

VAN	\$ 11.610,15
------------	--------------

Tasa interna de retorno (TIR)

Tabla 6. 12 TIR

TIR	53%
------------	-----

Periodo de recuperación de la inversión (PRI)

$$TIR = a \frac{(b - c)}{d} \quad (24)$$

Donde:

a = Año inmediato anterior en que se recupera la inversión.

b = Inversión Inicial.

c = Flujo de Efectivo Acumulado del año inmediato anterior en el que se recupera la inversión.

d = Flujo de efectivo del año en el que se recupera la inversión.

TIR	2,27
------------	------

Tabla 6. 13 Periodo de recuperación de la inversión

AÑOS	MESES	DÍAS
2	0,27*12	
	3,2	
	3	30*0,20
		6

La inversión se recuperará en un tiempo de 2 años, 3 meses, 6 días.

• 6.2. ANÁLISIS DE IMPACTOS

6.2.1. Impacto económico

La implementación de la máquina electromecánica automatizada para el sembrío de semillas provoca un impacto de ahorro del tiempo del 53%, de materia prima del 32.71% y un 66% de descuento en el costo de producción frente al método de sembrío manual, datos obtenidos a partir de la experimentación en un área de $200m^2$, lo cual es un indicador de aprovechamiento

que puede ser implementado en superficies de distintos valores, que al final generarían los mismos porcentajes de optimización.

6.2.2. Impacto tecnológico

La implementación de una máquina electromecánica automatizada para el sembrío de semillas elimina el trabajo repetitivo, haciendo que esta labor demande un menor esfuerzo gracias a los implementos tecnológicos utilizados en esta propuesta.

6.2.3. Impacto ambiental

Al ser un prototipo constituido principalmente por sistemas eléctricos se obtiene un sistema silencio que no provoca perturbaciones en el ambiente y a su vez nos permite tener un control de las variables que nos brinda un control de los recursos que se utilizan como las semillas, siendo beneficioso para el ecosistema que se desarrollara.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

Mediante el uso de un sistema electrónico se logró implementar una máquina electromecánica automatizada para el sembrío de semillas en la empresa agrónoma “Patricia Pinto” ubicada en la parroquia de Izamba cantón Ambato de la provincia de Tungurahua.

Con la implementación de la máquina electromecánica automatizada se logró el ahorro del tiempo en un 53.33%, la reducción de la materia prima en un 32.71% y una disminución del 66% en el costo de producción inicial, con lo cual se optimizó el proceso de sembrío de semillas en la empresa.

El prototipo posee un factor de seguridad de 4.54 que significa que la estructura no se encuentra en fallo, este valor se encuentra dentro del intervalo establecido en la selección del bastidor que define el valor adecuado en el diseño de estructuras estáticas o elementos de cargas.

La tolva posee una capacidad de 21.35kg valor que es proporcional al valor de la densidad del material, en el análisis propuesto el material almacenado son granos lo cual sus valores entre distintos tipos no poseen grandes diferencias, el cálculo y la simulación de escenarios con posibles cargas determinan que para el almacenamiento de esa capacidad de granos el espesor

de la tolva es por debajo del milímetro, en el mercado nacional no existe una plancha de esas características por lo que se eligió una de 1mm de espesor para evitar posibles deformaciones.

El dosificador posee un elemento de control tipo compuerta con la geometría modificada esto para que la semilla no colisione con el mecanismo, permitiendo un paso sin interrupción hacia la rastra que es el elemento encargado de depositar las semillas en el suelo, el valor del torque que permite el movimiento de la compuerta es de 15Kg/cm, fundamental para tener un mejor control de la tarjeta programable debido a que el servomotor soporta la fuerza concentrada de los granos salientes de la tolva.

El diseño de la rastra proviene de las técnicas de sembrío basado en los sembríos lineales, los cuales son métodos de sembrío continuo, por lo cual el diseño debe cumplir las siguientes funciones las cuales deben ser de abrir el orificio, a su vez realizar el depósito de semilla, y después de este proceso debe ir tapando el orificio realizado, lo que provoca que este diseño sea uno de los más factibles.

La utilización de un sistema eléctrico, permite tener un sistema silencioso, que es beneficioso para el medio ambiente y a su vez permite tener un fácil control de todas las variables presentes.

La velocidad de trabajo de la máquina electromecánica es de 11m/min la cual trata de simular la velocidad de un obrero, con la utilización de un sistema de Puente H el cual es comandado por un microcontrolador el cual utiliza salidas de PWM que permite la variación de velocidad y de esta forma se logra tener el control de movimiento de los motores, el cual nos permite en el caso de la dirección tener el control para poder girar de derecha a izquierda y de la misma forma en el motor del sistema de tracción nos permite tener el control en forma de avance y retroceso.

Gracias a la utilización de un sistema de comunicación por Radiofrecuencia con la utilización de una Emisora y un receptor, se logra tener el control del funcionamiento a distancia del motor principal de tracción y del sistema de dirección, de esta forma se tiene una distancia probada de 400 metros en línea recta y de una distancia teórica del fabricante de 1000 metros.

La utilización de un sistema de visualización FPV permite tener un monitoreo de la máquina a distancia dentro del terrero y de esta forma poder observar posibles anomalías y si es necesario la detención total para posibles correcciones.

Para el sistema de dosificación de semillas su funcionamiento esta dado gracias a la fuerza de gravedad ya que es el causante que las semillas puedan salir del sistema de almacenamiento tipo tolva, cuyo control de dosificación se compone de dos partes el sistema mecánico que está comprendido de un sistema tipo compuerta con un actuador tipo servomotor y el sistema electrónico permite comandar al actuador mediante la utilización de un microcontrolador y señales PWM las cuales gradúan la posición y cierre, mediante el control de tiempos de esta manera se logra la configuración según los requerimientos necesarios.

7.2. Recomendaciones

Antes de poner en marcha la máquina es necesario revisar los siguientes parámetros, los cuales son: primer paso un chequeo visual para verificar que no se encuentre algún objeto atascado en la máquina, siguiente una verificación de carga de las baterías tanto de la batería de la máquina, la batería del radio control y de las gafas del sistema FPV. Después de la revisión para la puesta en marcha es fundamental encender el radio control y llevar la palanca del acelerador al punto medio, luego encender la máquina y a continuación seleccionar en la interface el tiempo de dosificación de semillas y por último poner en marcha la máquina sembradora dentro de los surcos.

Cargar el sistema de baterías solo con los cargadores adecuados una vez terminado el proceso de sembrío y de esta forma es posible mantenerlas en un buen estado para evitar que se malogren en un periodo de tiempo corto, disminuyendo la vida útil que el fabricante establece.

Es recomendable realizar un mantenimiento de toda la estructura de la máquina ya que se encuentra en contacto directo con las condiciones climáticas por lo cual es factible realizarlo en un periodo de tiempo de seis meses o cada vez que lo requiera, se debe empezar por la limpieza y reajuste de la estructura, a su vez lubricación de las partes móviles, un chequeo del aire de los neumáticos y un mantenimiento al sistema de batería de plomo acido, es preferible no interactuar con el sistema de control para evitar averías.

Investigar nuevos procesos de siembra como los de tipo monograno, para los cuales son necesario la utilización de nuevos sistemas de control como sensores y actuadores en la parte de dosificación de semillas, por cuyo propósito en esta propuesta se deja planteada la placa de control de la electrónica para futuras actualizaciones que se deseen realizar.



Investigar nuevos mecanismos que se los pueda implementar al prototipo para hacerlo multifuncional y obtener un mejor aprovechamiento, que no aislé a la maquina a solo a cumplir la función de realizar un sembrío semiautomático de semillas.

8. REFERENCIAS

- [1] UNESCO, «Clasificación Internacional Normalizada de la Educación,» SENE CYT, Quito, 1997.
- [2] Ministerio de Ciencia e Innovación, 2020. [En línea]. Available: <https://www.ciencia.gob.es/portal/site/MICINN/menuitem.8ce192e94ba842bea3bc811001432ea0/?vgnnextoid=363ac9487fb02210VgnVCM1000001d04140aRCRD>. [Último acceso: 20 Enero 2021].
- [3] L. A. V. A. J. A. García V, «Los Robots en el Sector Agrícola,» Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- [4] A. Manchado, «Desarrollo de un robot para la caracterización y el tratamiento de las plantas en la agricultura de precisión,» Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 2019.
- [5] D. X. A. C. y. L. F. M. GALARZA, «“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA SEMBRADORA CON DOSIFICACIÓN AUTOMÁTICA PARA SEMILLA DE QUINUA Y ABONO CON UNA CAPACIDAD DE 20 KG/H”,» UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO, Quito, 2016.
- [6] C. B. C. BLACIO, «Diseño, simulación, estudio de factibilidad de un robot sembrador de maíz por surcos,» UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL, Quito, 2016.
- [7] C. V. y. J. Ortiz, «Las maquinas sembradoras,» España, 2003.
- [8] E. d. Ramos, «Tractores y Máquinas,» 3 3 2019. [En línea]. Available: <https://www.tractoresymaquinas.com/tipos-de-sembradoras-agricolas/>. [Último acceso: 22 12 2020].
- [9] 1. Naranjo, 1. Neira y 2. Pumisacho y Velásquez, «INVENTARIO DE TECNOLOGÍAS E INFORMACIÓN PARA EL CULTIVO DE PAPA EN ECUADOR,» 17 10 2017. [En línea]. Available: [https://cipotato.org/papaenecuador/2017/10/17/labores-de-siembra/#:~:text=Distancia%20de%20siembra.&text=Mu%C3%B1oz%20y%20Cruz%20\(1984\)%20recomiendan,a%201.20%20m%20entre%20surcos..](https://cipotato.org/papaenecuador/2017/10/17/labores-de-siembra/#:~:text=Distancia%20de%20siembra.&text=Mu%C3%B1oz%20y%20Cruz%20(1984)%20recomiendan,a%201.20%20m%20entre%20surcos..) [Último acceso: 22 12 2020].
- [10] Fedefruta, «Fedefruta,» 21 12 2017. [En línea]. Available: <https://fedefruta.cl/manual-tecnico-de-maquinar-ia-agricola-para-el-agricultor/>. [Último acceso: 16 2 2021].
- [11] G. A. J. M. ALEX FABIÁN ANDRADE ÁLVAREZ, «“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL CHASIS PARA UN VEHÍCULO TIPO BUGGY DE LA FÓRMULA AUTOMOVILÍSTICA UNIVERSITARIA (FAU)”,» Riobamba, 2009.

- [12] Free3D, «Free3D,» [En línea]. Available: <https://free3d.com/es/modelo-3d/vehicle-chassis-3d-models-collection-6598.html>. [Último acceso: 17 02 2021].
- [13] INEN, CÓDIGO DE PRÁCTICA PARA SILOS CILÍNDRICOS DE METAL PARA ALMACENAMIENTO DE GRANOS FORRAJEROS., QUITO: INEN, 2013.
- [14] TORO, «TORO,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.directindustry.es/prod/toro-equipment/product-102939-1495481.html>. [Último acceso: 22 12 2020].
- [15] A. P. Ilber Ruge, «Scielo,» 28 12 2012. [En línea]. Available: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-921X2012000400007. [Último acceso: 16 2 2021].
- [16] «Microcontroladores: Características y aplicaciones generales,» de *Sistema de desarrollo PIC18F452*, Quito, EPN, 2002.
- [17] ARDUINO, «ARDUINO,» 05 02 2018. [En línea]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>. [Último acceso: 16 12 2020].
- [18] Makers, «Makers,» [En línea]. Available: <http://diymakers.es/arduino-processing-primeros-pasos/>. [Último acceso: 16 02 2021].
- [19] V. Garcia, «EPA,» 19 03 2014. [En línea]. Available: <https://www.diarioelectronicohoy.com/blog/el-puente-h-h-bridge>. [Último acceso: 16 02 2021].
- [20] FLYSKY, «FLYSKY,» 2016. [En línea]. Available: <https://www.flysky-cn.com/fsi6>. [Último acceso: 22 12 2020].
- [21] K. M. -, DJI, «DRONES.MX,» 18 11 2019. [En línea]. Available: <https://drones.mx/blog/introduccion-los-sistemas-fpv-first-personal-view/>. [Último acceso: 22 12 2020].
- [22] DJI, «DJI,» DJI, 2 1 2020. [En línea]. Available: <https://www.dji.com/fpv>. [Último acceso: 22 12 2020].
- [23] DIWO, «DIWO,» 01 09 2015. [En línea]. Available: <http://diwo.bq.com/que-es-un-robot-conociendo-los-sensores-y-actuadores/>. [Último acceso: 22 12 2020].
- [24] E. V. C., 2018. [En línea]. Available: <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/actuadores.pdf>. [Último acceso: 22 12 2020].
- [25] Zambeca, «Zambeca,» 2019. [En línea]. Available: zambeca.cl/tiendaOficial/index.php?route=product/product&product_id=145. [Último acceso: 22 12 2020].

- [26] SEW EURODRIVE, 7 2006. [En línea]. Available: <https://download.sew-eurodrive.com/download/pdf/11358904.pdf>. [Último acceso: 22 12 2020].
- [27] M. Vergara, «Tecnología de Baterías,» Universidad Técnica Federico Santa María – Departamento de Electrónica, Chile.
- [28] G. Milton, 04 2008. [En línea]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/643/1/CD-1560%282008-06-18-01-05-30%29.pdf>. [Último acceso: 2021 02 07].
- [29] Q. L. J. J. Gaïbor Velasco Alvaro Eduardo, «<http://repositorio.utc.edu.ec>,» Julio 2018. [En línea]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/5411/1/PI-000764.pdf>. [Último acceso: 18 Diciembre 2020].
- [30] J. C. F. González, «[repositorio.udistrital](http://repositorio.udistrital.edu.co),» Agosto 2019. [En línea]. Available: <https://repositorio.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/16257/JuanCarlosFlorezGonzalez2019.pdf;jsessionid=5EACD44CF9BDDA1ACC5201F6AE3136C1?sequence=6>. [Último acceso: 18 Diciembre 2020].
- [31] «Mini Motors,» [En línea]. Available: <https://www.minimotorscompany.com/web/products/vehicle/1/dakar/cuadron200.php>. [Último acceso: 24 02 2021].
- [32] G. A. Chiriboga, «<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7483/1/04%20MEC%20101%20TRABAJO%20GRADO.pdf>,» <http://repositorio.utn.edu.ec/>, Diciembre 2015. [En línea]. Available: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7483/1/04%20MEC%20101%20TRABAJO%20GRADO.pdf>. [Último acceso: 19 Diciembre 2020].
- [33] E. R. Cabrera. [En línea]. Available: <https://ir.library.msstate.edu/bitstream/handle/11668/13219/K-40.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 20 Diciembre 2020].
- [34] A. S. Carmen, «repositorio.utmachala.edu.ec,» 2016. [En línea]. Available: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/7664/1/ARIALDE.pdf>. [Último acceso: 20 Diciembre 2020].
- [35] R. D. DÍAZ ARAQUE, «DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE ROBOT TETRÁPODO SEMBRADOR DE SEMILLAS PARA LEGUMINOSAS",» Sangolqui , 2018.
- [36] L. Marquez, Noviembre 2011. [En línea]. Available: https://www.miteco.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_Agrotec/Agrotec_2011_11_32_38.pdf. [Último acceso: 15 Enero 2021].

- [37] A. H. Bernal, 2 Abril 2015. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193239249005.pdf>. [Último acceso: 20 Enero 2021].
- [38] BOSH, «TECNOVA,» [En línea]. Available: <https://www.boshecuaador.com/shop/producto?id=2356>. [Último acceso: 24 02 2021].
- [39] M. L. Rifac. [En línea]. Available: <http://materias.fi.uba.ar/7299/PresentacionTPAbrMay08.pdf>. [Último acceso: 10 Febrero 2021].
- [40] Y. C. y. M. Boles, Termodinámica, México : McGrawHill, 2008.
- [41] M. Y. R. M. y. A. H. Guzmán, «CARACTERIZACIÓN DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA CON DOS TIPOS DE COMBUSTIBLE,» MEXICO, 2008.
- [42] Á. P. Amayo, «Autonocion.com,» 20 11 2018. [En línea]. Available: <https://www.autonocion.com/motores-dos-tiempos-funcionamiento/>. [Último acceso: 2020 12 22].
- [43] IEC, «IEC 61131-3 Programmable controllers – Part 3: Programming languages,» International Electrotechnical Commission, Suiza, 2003.
- [44] rcmaterial, «RC MATERIAL,» 2017. [En línea]. Available: <http://www.rchalcones.com/files/23-311-document/LipoManualPrintVersionES.pdf?go=3d7fa7fcaa728fb87803860365581feda2ce160c7b641d61d06b23199a6b43376de6843cc43aaca9b61527a6290b16e95b6165879633bee8>. [Último acceso: 22 12 2020].
- [45] Brinco Geek, «Brinco Geek,» 2019. [En línea]. Available: <https://tienda.bricogeek.com/baterias-lipo/939-bateria-lipo-500mah.html>. [Último acceso: 22 12 2020].
- [46] «Wikipedia,» 2 11 2020. [En línea]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Electronic_speed_control. [Último acceso: 19 1 2021].
- [47] «Amazon,» [En línea]. Available: <https://www.amazon.com/FPVKing-Bidirectional-Brushed-2S-3S-Control/dp/B081LBL42J>. [Último acceso: 19 1 2021].
- [48] TRITEC INTERVENTO, [En línea]. Available: <https://tritec-intervento.cl/que-es-el-ritmo-de-descarga-de-una-bateria/#:~:text=Para%20muchas%20bater%C3%ADas%20t%C3%ADpicas%20de,a%203%2C0V%2Fcelda..> [Último acceso: 07 02 2021].
- [49] LUFU TOYS, [En línea]. Available: <https://lufitoys.com/product/mini-cuadron-49cc/>. [Último acceso: 07 02 2021].

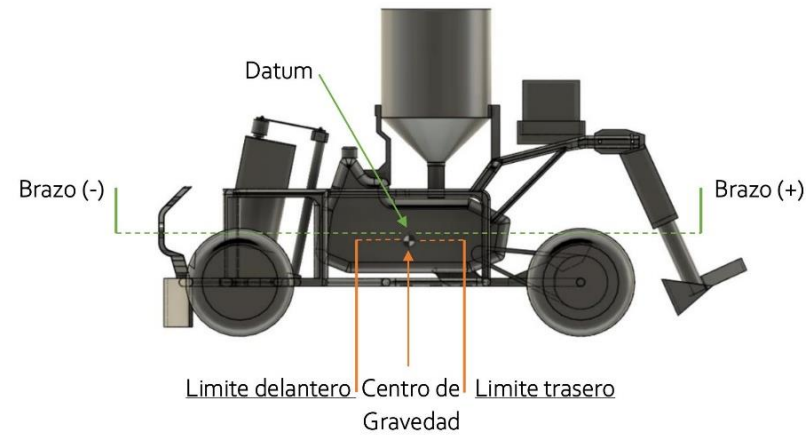


- [50] AliExpress, [En línea]. Available: <https://es.aliexpress.com/i/32586343118.html>. [Último acceso: 07 02 2021].
- [51] «Made in China,» [En línea]. Available: https://es.made-in-china.com/co_leisonmotor/product_High-Torque-40kg-200kg-Cm-DC-Gear-Motor-12V-24V-10rpm-30rpm-180rpm-for-Elevator_eiruhinuy.html. [Último acceso: 08 02 2021].
- [52] «Mini motors,» [En línea]. Available: <https://www.minimotorscompany.com/web/repuestos/>. [Último acceso: 18 02 2021].
- [53] E. O. y. R. FORSTER. [En línea]. Available: <http://www.fao.org/3/x5041s/x5041S09.htm>. [Último acceso: 20 Diciembre 2020].

9. ANEXOS:

ANEXO 1 Estudio de peso y balanza de la máquina

WEIGHT AND BALANCE



Definiciones generales:

Momento: es la resultante de multiplicar el Peso por el Brazo.

El Brazo: es la distancia que se tiene desde un punto de referencia, llamado Datum, hasta el punto donde se pondrá el peso.

Datum: Con ese punto establecido, se tomarán las distancias desde este punto hasta donde se pondrá un determinado peso (brazo), y luego de eso se podrá establecer qué importancia o injerencia tiene ese peso respecto a la estibad del equipo.

Peso = $\frac{\text{Momento}}{\text{Brazo}}$

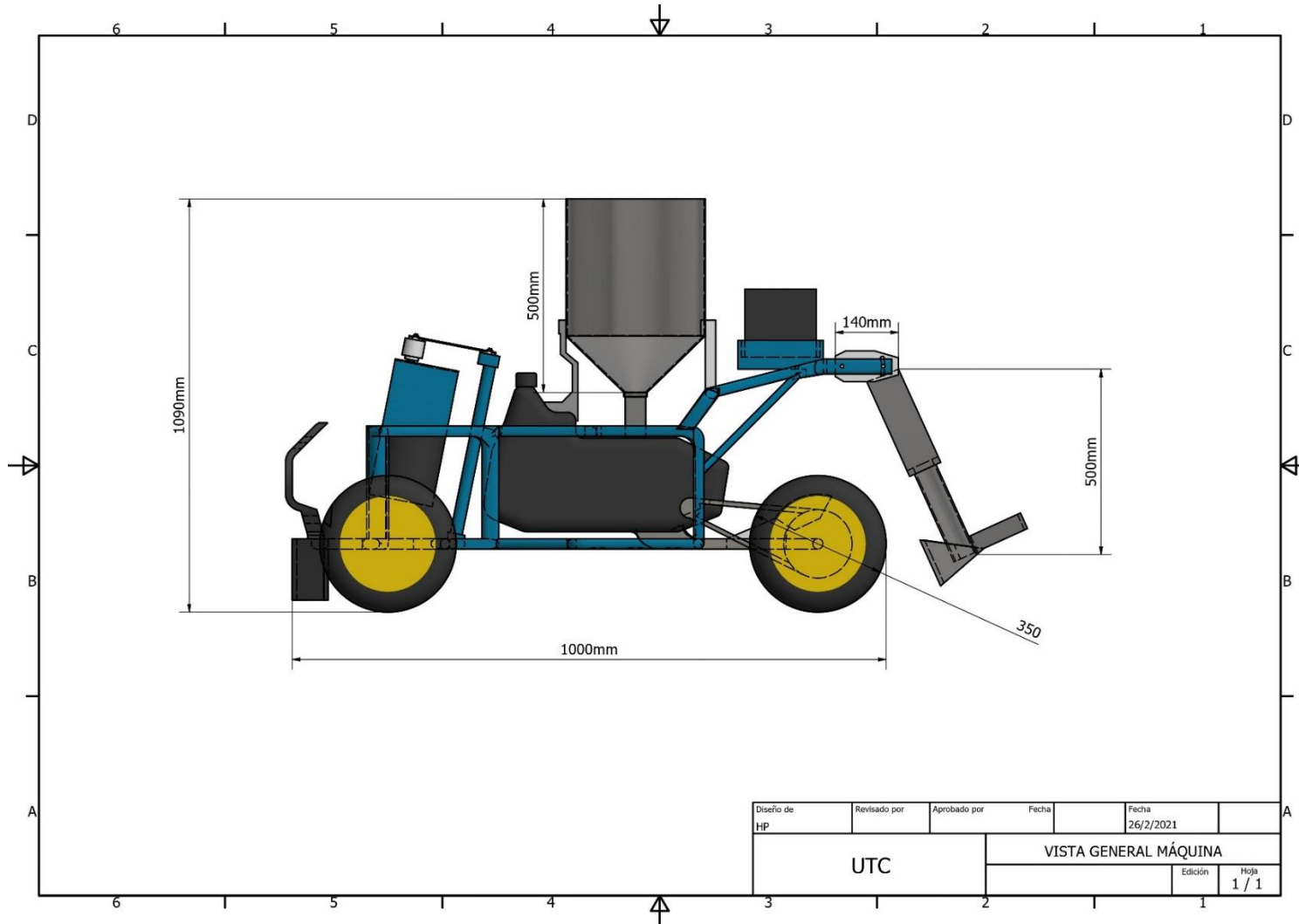
Límite delantero y trasero = 200mm (+,-)

Brazo (+,-) = aplicable en forma lineal (x)

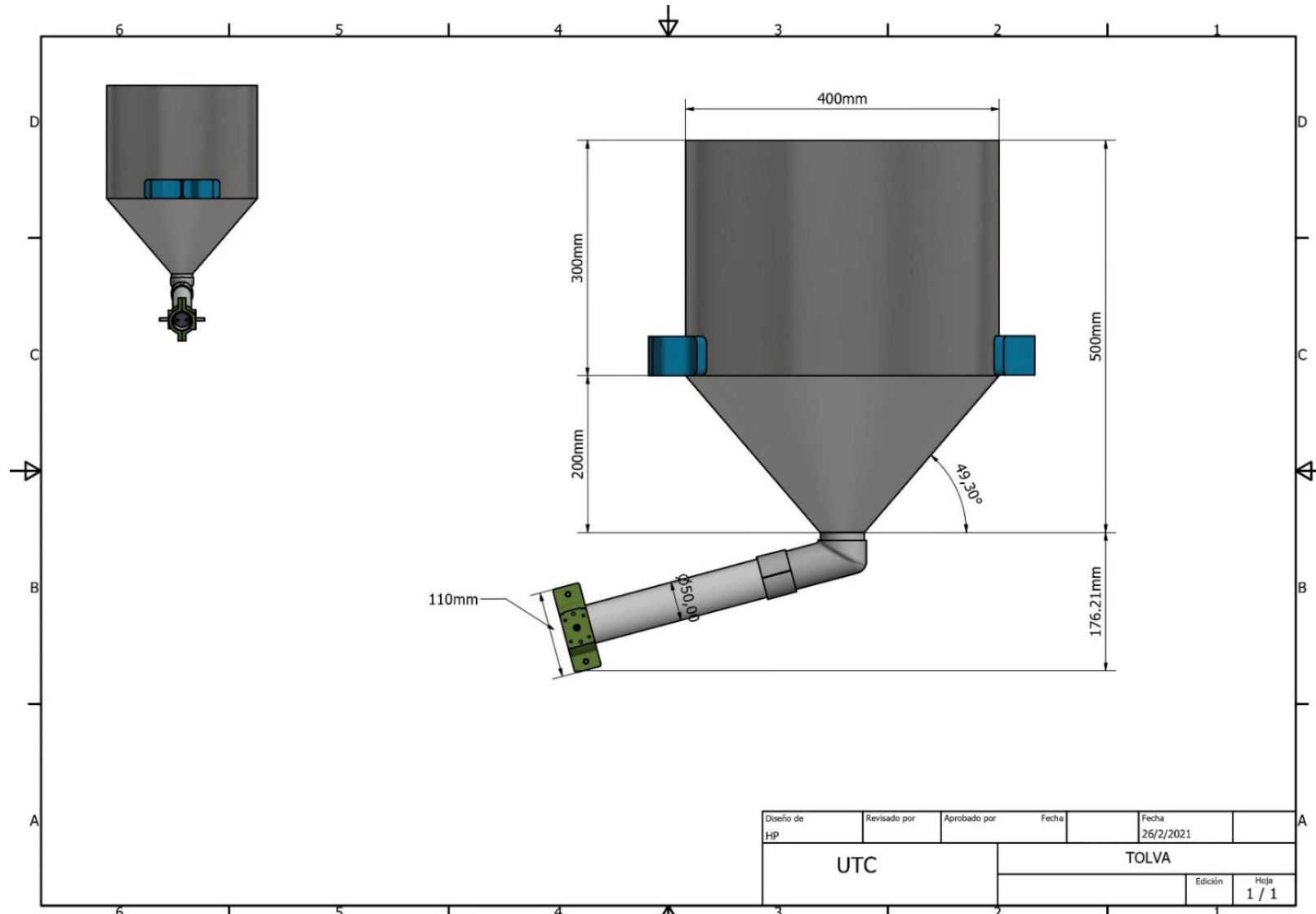

Operaciones Cap. Jhon Díaz


Mtto. Aeronáutico. Alex López

ANEXO 2 Vista general en digital de la máquina sembradora

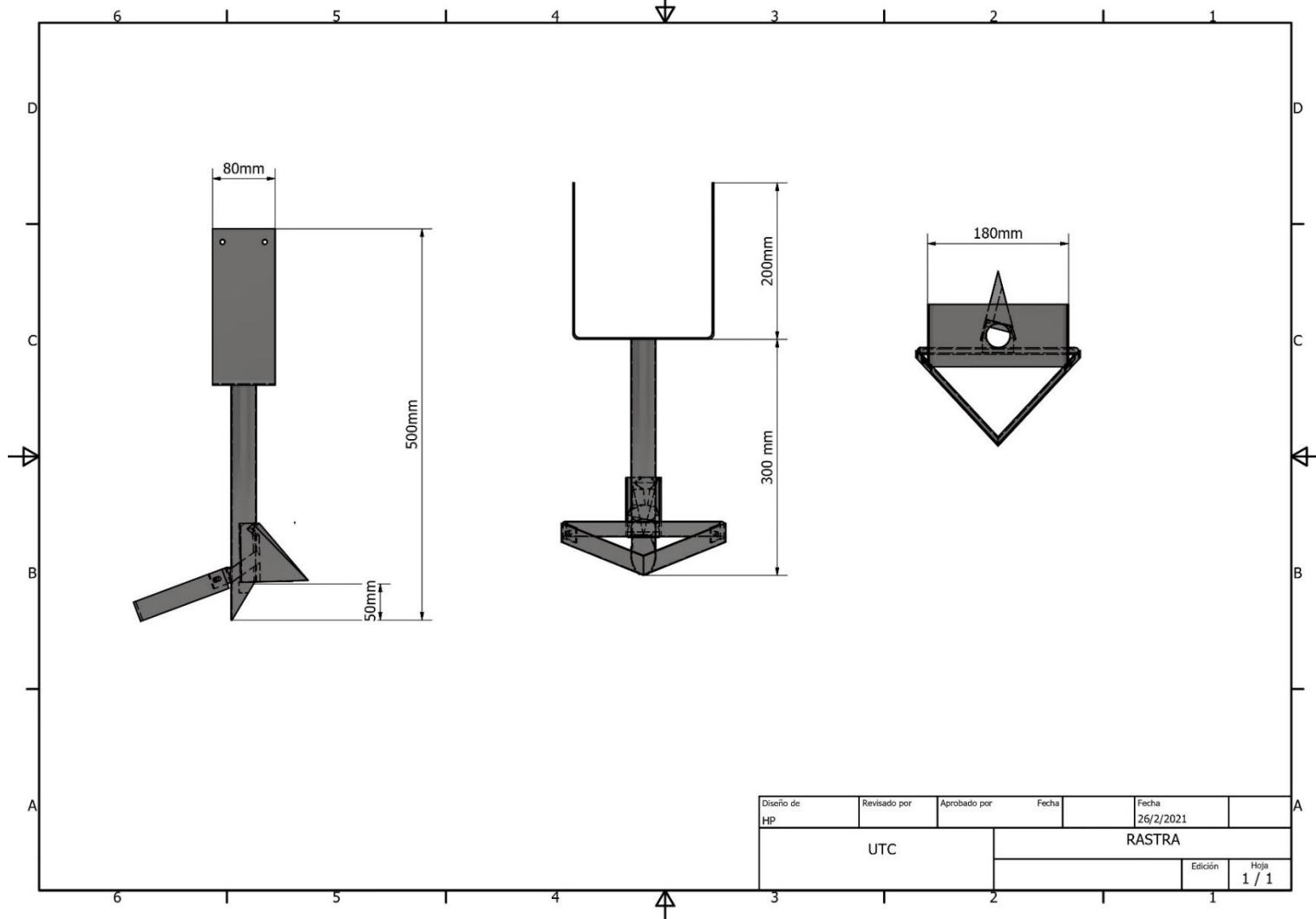


ANEXO 3 Diseño de la Tolva

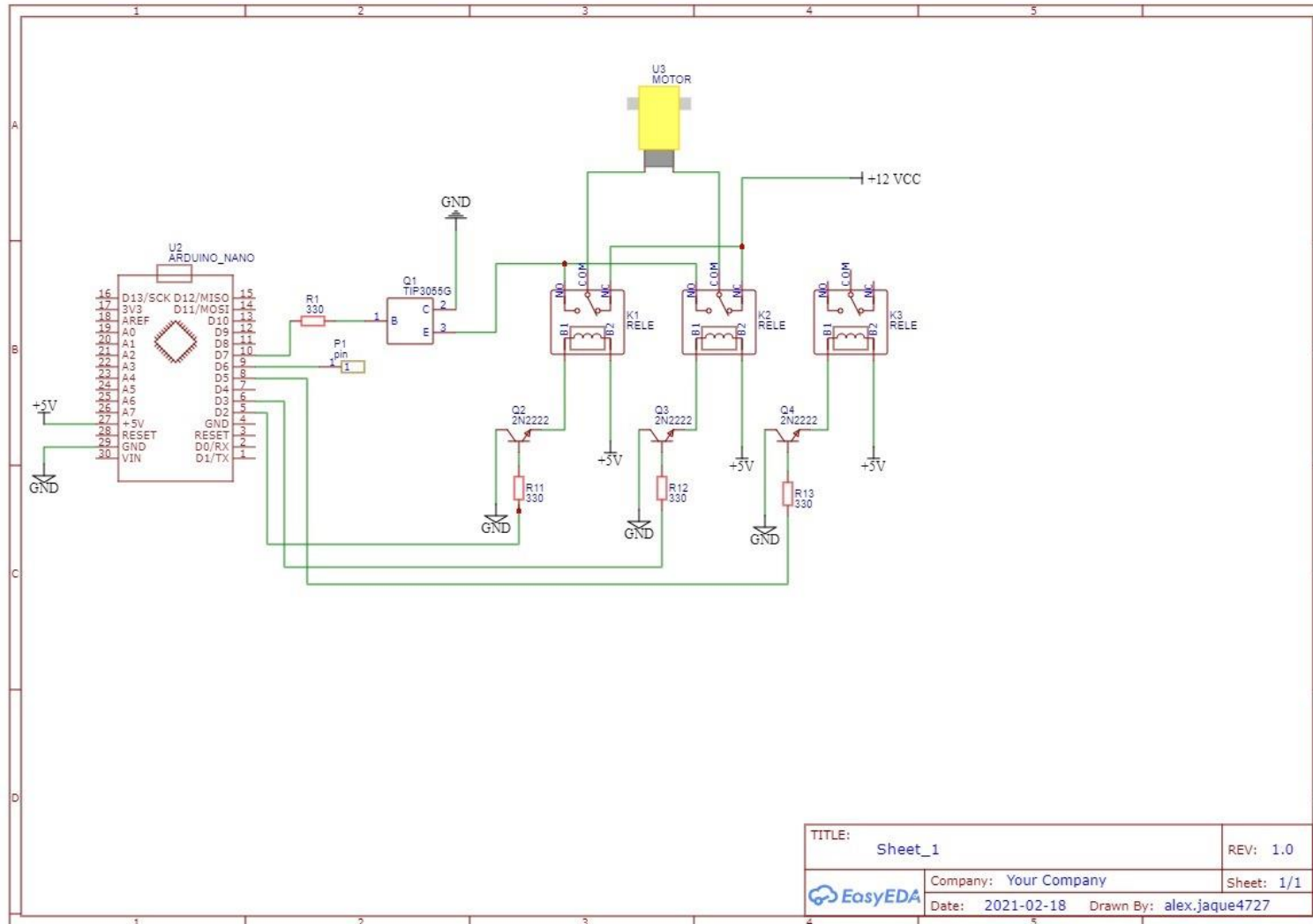


Diseño de HP	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha 26/2/2021	
UTC			TOLVA		
			Edición	Hoja 1 / 1	

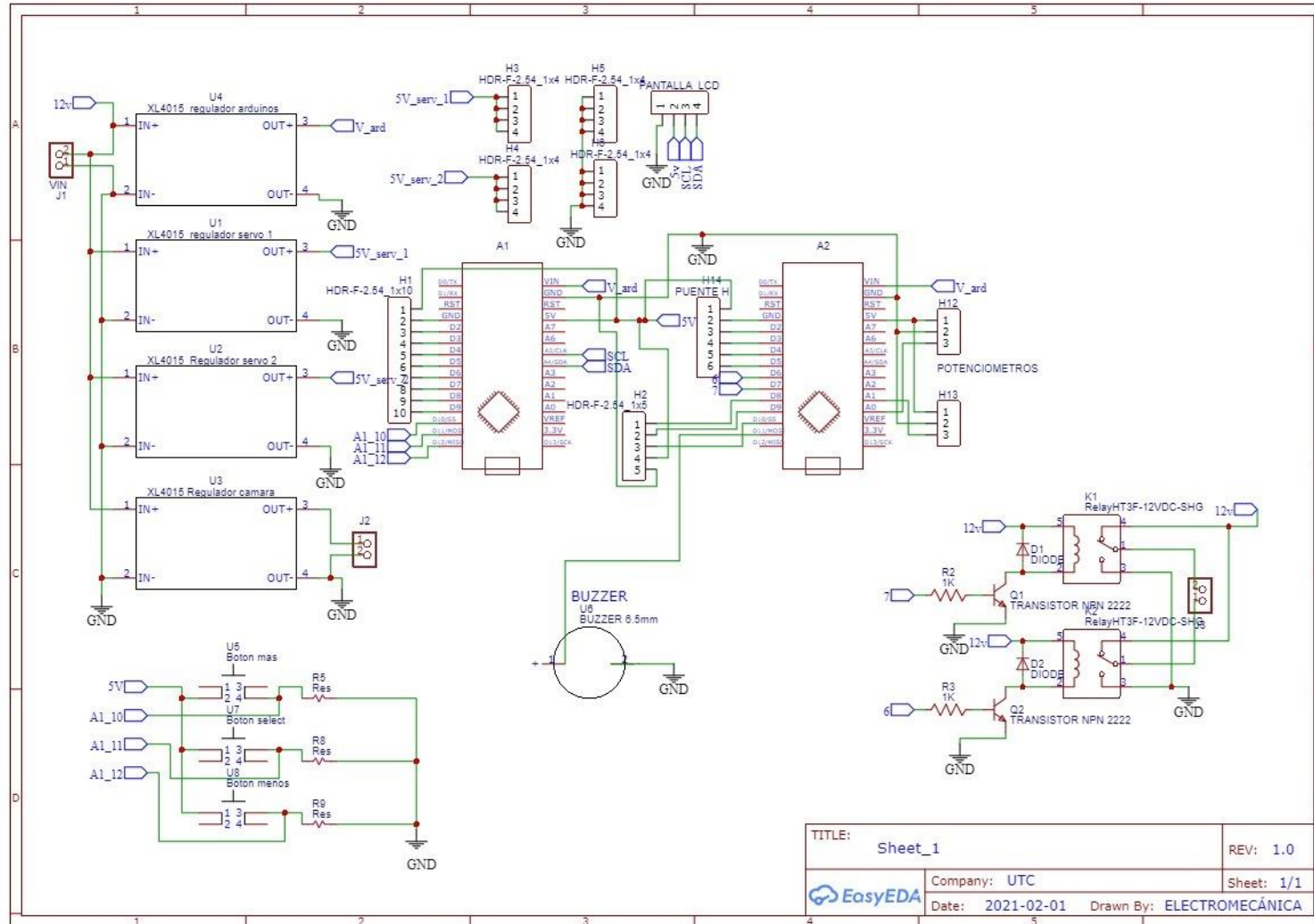
ANEXO 4 Diseño digital de la rastra



ANEXO 5 Control de motor DC mediante Relevadores y TIP

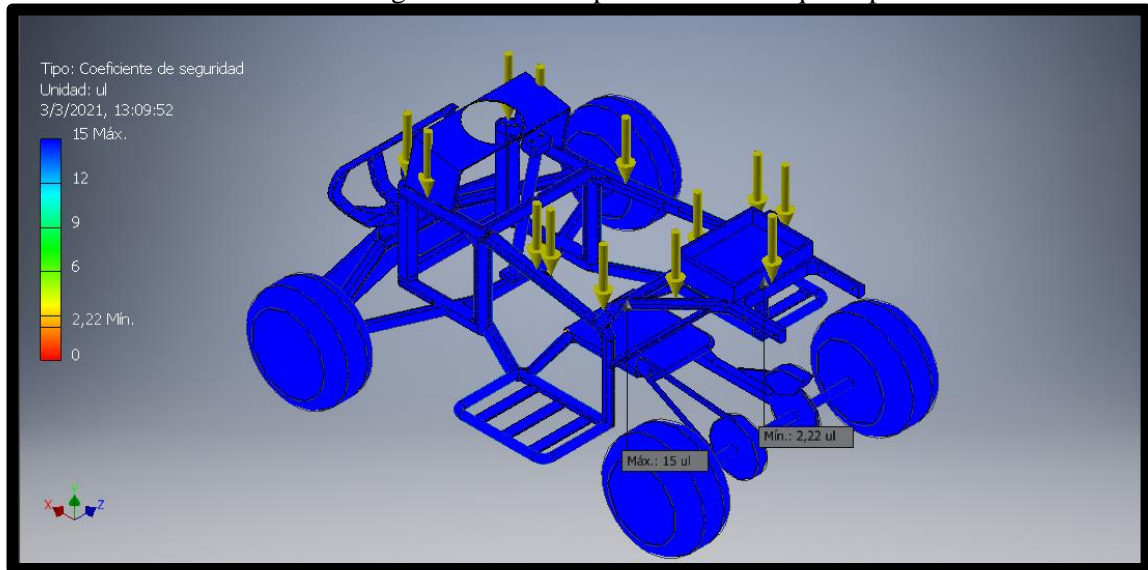


ANEXO 6 Diseño electrónico para los componentes seleccionados

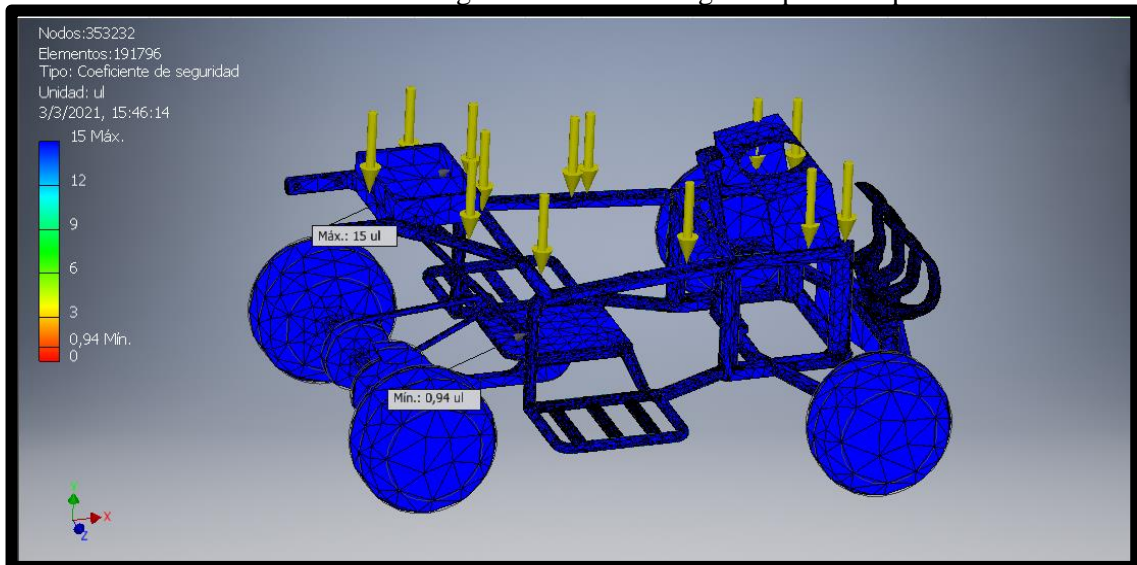


TITLE: Sheet_1		REV: 1.0
Company: UTC		Sheet: 1/1
Date: 2021-02-01		Drawn By: ELECTROMECÁNICA

ANEXO 7 Factor de seguridad la con capacidad máxima que soporta el bastidor



ANEXO 8 Factor de seguridad con 224.26kg de capacidad aplicada



ANEXO 9 Cuadrón donante



ANEXO 10 Desmontaje del cuadrón



ANEXO 11 Construcción del sistema de dirección



ANEXO 12 Estructura de cuadrón donante



ANEXO 13 Construcción del sistema de sujeción de la batería



ANEXO 14 Soldadura por método TIG



ANEXO 15 Construcción del sistema de
Rastra



ANEXO 16 Construcción del sistema de
Tolva



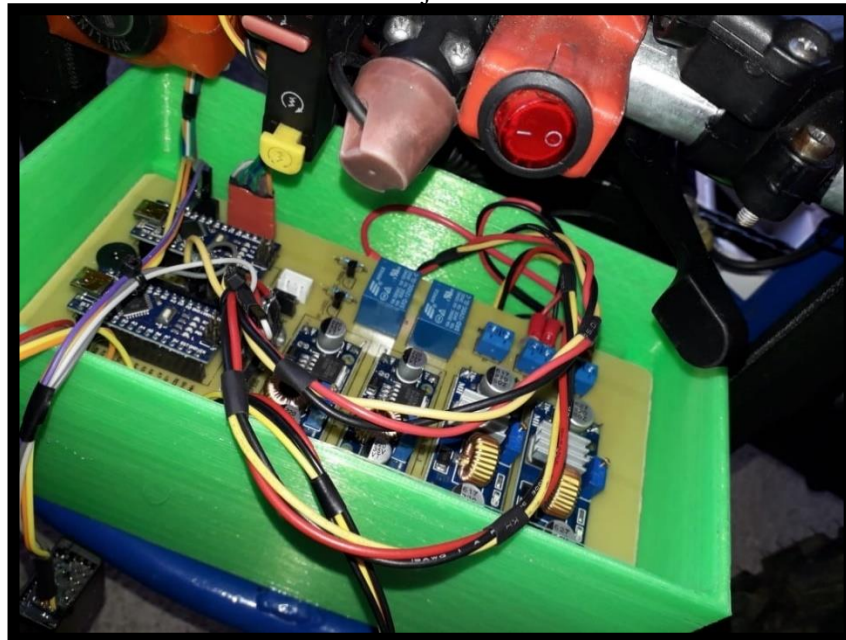
ANEXO 17 Ensamblaje del sistema mecánico



ANEXO 18 Ensamblaje del sistema de dosificación



ANEXO 19 Ensamblaje del sistema electrónico



ANEXO 20 Máquina ensamblada



ANEXO 21 Pruebas de campo





Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Electromecánica