



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

**Diseño de máquina sembradora innovadora para la producción
agrícola de maíz amarillo duro en Lambayeque**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Mecánico Electricista

AUTORES:

Luya Espinoza, Paul Edson (orcid.org/0000-0003-1195-9762)

Cordova Echevarría, Jose Cudelio (orcid.org/0000-0002-9946-3325)

ASESOR:

Dr. Salazar Mendoza, Aníbal Jesús (orcid.org/0000-0003-4412-8789)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

CHICLAYO — PERÚ

2023

DEDICATORIA

A Dios

Por habernos permitido llegar junto al grupo hasta este punto y habernos dado salud, fortaleza y valor para poder lograr este objetivo que todos los jóvenes buscamos, el cual es ser profesionales, agregando una infinita bondad y amor.

A nuestras familias

Por enseñarnos el camino de la educación, por las cosas que uno tiene que valorar, trabajarlas y luchar para lograr las metas que nos proponemos en el lapso de nuestra vida con el apoyo mutuo de ellos.

A mi madre

Por todo su apoyo, amor incondicional y sus enseñanzas. Aprecio mucho los sacrificios que hiciste para que a mis hermanos y a mí nunca nos falte nada. Siempre has demostrado que eres una mujer valiente y me siento muy orgulloso de ser tu hijo.

A nuestro Magister asesor del curso

A nuestro asesor por aarnos guiado en el transcurso del ciclo, por brindarnos sus conocimientos, Por su dedicación en el transcurso del semestre y paciencia para la elaboración de esta investigación

AGRADECIMIENTO

En este momento tan significativo, queremos expresar nuestro profundo agradecimiento a todas las personas que han contribuido de manera especial en la realización de esta tesis.

En primer lugar, agradecemos a nuestro asesor de tesis, Dr. Aníbal Salazar, por su invaluable orientación, sabiduría y apoyo a lo largo de todo este proceso. Su compromiso y experiencia han sido fundamentales para el desarrollo y la calidad de este trabajo. Gracias por compartir su conocimiento y por brindarme la oportunidad de crecer académicamente.

También deseamos expresar nuestra gratitud a todos los profesores y profesionales que nos han guiado y enseñado a lo largo de nuestra formación académica. Sus conocimientos y experiencias compartidas han enriquecido nuestro aprendizaje y han dejado una huella duradera en nuestro desarrollo como profesionales.

Un agradecimiento especial va dirigido a nuestra familia, quienes han sido la principal fuente de apoyo, amor y comprensión. A nuestros padres les agradecemos por inculcarnos valores de perseverancia y dedicación, y por su constante aliento en cada paso que hemos dado

Agradecemos también a nuestros amigos y seres queridos, quienes me han brindado su apoyo emocional, su paciencia y su alegría durante esta etapa. Su amistad y cariño han sido un bálsamo en los momentos de estrés y han hecho que este viaje sea más significativo y memorable.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula
Dedicatoria.....	i
Agradecimiento.....	ii
Índice de contenidos.....	iii
Índice de tablas	vi
Índice de figuras	vii
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	6
III. METODOLOGÍA	21
3.1. Tipo y diseño de investigación	21
3.2. Variables y operacionalización.....	21
3.3. Población, muestra y muestreo.....	21
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	22
3.5. Procedimientos	23
3.6. Método de análisis de datos	23
3.7. Aspectos éticos	24
IV. RESULTADOS	25
4.1. Objetivo N°1: Describir los aspectos generales de los procesos del cultivo de maíz, el manejo integrado de cultivo, sus capacidades, tecnologías enfocadas al aumento de rendimiento.	25
4.1.1. Aspectos generales del cultivo.....	25
4.1.2. Manejo integrado de cultivo.....	28
4.1.3. Labranza primaria (preparación inicial y básica).....	29
4.1.4. La labranza secundaria.....	30
4.2. Objetivo N°2: Detallar las innovaciones tecnológicas en el proceso productivo y acondicionamiento de maíz amarillo duro mediante la siembra mecanizada, con el fin de mejorar su sostenibilidad, rentabilidad y competitividad.	33
4.2.1. Tecnología agrícola.	33
4.2.2. Semillas mejoradas.	35
4.2.3. Abonos orgánicos.....	37

4.2.4.	Riego por goteo.....	39
4.3.	Objetivo 3: Precisar las contribuciones al marco referencial para futuros proyectos de diseño y construcción de una máquina sembradora, y su importancia en el desarrollo de las innovaciones y tendencias de la máquina del futuro.	40
4.3.1.	Sembradora de precisión	40
4.3.2.	Sistema de riego.....	41
4.3.3.	Sistema de monitoreo.....	43
4.3.4.	Innovaciones en empaques de maíz amarillo duro.	44
4.3.5.	Beneficios de la innovación tecnológica	48
4.3.6.	Agricultura de precisión	49
4.3.7.	Mapas de Rendimiento	51
4.3.8.	La uniformidad espacial en el cultivo de maíz	52
4.3.9.	Ciclo completo de la Agricultura de Precisión	53
4.3.10.	Sembradoras del futuro	53
4.3.11.	El rol de la electrónica en las sembradoras de precisión.....	54
4.3.12.	Aplicaciones electrónicas / Tecnológicas.....	55
4.4.	Objetivo 4: Obtener información precisa para el desarrollo de un diseño eficaz que permita elaborar un prototipo que satisfaga en su totalidad las necesidades requeridas para la siembra de maíz amarillo duro, aplicando la metodología de diseño VDI 2221.	62
4.4.1.	Lista de exigencias.....	62
4.4.2.	Estructura de funciones	64
4.4.3.	Matriz morfológica.....	67
4.4.4.	Conceptos de Solución.....	68
4.4.5.	Evaluación técnica.....	72
4.4.6.	Evaluación económica.....	73
4.4.7.	Valoración definitiva de los conceptos de solución	74
4.5.	Objetivo 5: Selección y diseño de elementos de una máquina sembradora de maíz amarillo duro con la elaboración del circuito de automatización, planos electromecánicos y el presupuesto de dicho diseño.	75
4.5.1.	Cálculos para la selección y diseño de elementos	75
4.5.2.	Elaboración del circuito de automatización.....	108
4.5.3.	Análisis económico.....	114
4.5.4.	Beneficio económico.....	114
4.5.5.	Evaluación del costo de implementación (inversión)	115

4.5.6.	Cálculo valor actual neto (VAN):	117
4.5.7.	Tasa interna de retorno (TIR):.....	118
4.5.8.	Periodo de recuperación del capital	118
4.5.9.	Resumen de la evaluación económica	119
V.	Discusión	121
VI.	Conclusiones	126
VII.	Recomendaciones	128
	REFERENCIAS.....	129
	ANEXOS	138

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 01. Etapas del proceso de diseño.....	19
Tabla N° 02. Clases de plagas.....	31
Tabla N° 03. Lista de exigencias	64
Tabla N° 04. Matriz Morfológica	68
Tabla N° 05. Valor técnico.....	73
Tabla N° 06. Valor económico.....	73
Tabla N° 07. Evaluación de los conceptos solución	74
Tabla N° 08. Estándar de piñones ANSI 40.	83
Tabla N° 09. Estándar de piñones ANSI 35.	83
Tabla N° 10. Valores probables de aceleración	98
Tabla N° 11. Parámetros para evaluación económica.....	114
Tabla N° 12. Costo de fabricación de alarma	115
Tabla N° 13. Costo de insumos y materiales.....	116
Tabla N° 14. Costo de piezas de fabricación de elementos	117
Tabla N° 15. Costo total	117
Tabla N° 16. Consideraciones para el cálculo	119
Tabla N° 17. VAN/TIR	120

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 01. Siembra Manual	06
Figura N° 02. Siembra Mecanizada	07
Figura N° 03. Maquina Sembradora.....	10
Figura N° 04. Chasis, estructura, bastidor o armazón.....	13
Figura N° 05. Ruedas de máquina sembradora	14
Figura N° 06. Tolda de máquina sembradora	14
Figura N° 07. Surcador y tapador	14
Figura N° 08. Composición del suelo, situación ideal / suelo compactado	18
Figura N° 09. Etapas y pasos de la norma de diseño VDI 2221.....	20
Figura N° 10. Proceso de siembra.....	25
Figura N° 11. Formación de un híbrido	32
Figura N° 12. Fenología del cultivo de maíz amarillo duro	32
Figura N° 13. Fenología del maíz.....	32
Figura N° 14. Tecnología Agrícola (Tractor)	33
Figura N° 15. Semilla Inía 619	36
Figura N° 16. Uso de abonos orgánicos	38
Figura N° 17. Sembradora de precisión John Deere LA.	41
Figura N° 18. Riego por goteo	42
Figura N° 19. Cosechadora de maíz de dos hileras	44
Figura N° 20. Cosechadora de maíz autopropulsada.....	45
Figura N° 21. Secadora de lecho fluidizado	46
Figura N° 22. Secador de microondas.....	46
Figura N° 23. Mapas de rendimientos de cosecha	50
Figura N° 24. Elementos que integran la agricultura de precisión (AP).....	50
Figura N° 25. Proceso para generar mapas de rendimiento.....	51
Figura N° 26. Aplicación de dosis variable.	52

Figura N° 27. Ciclo completo de la siembra de precisión	53
Figura N° 28 Sembradoras de precisión.....	55
Figura N° 29. Sistema de posicionamiento global (GPS).....	56
Figura N° 30. Partes del tractor.....	59
Figura N° 31. Sistema de información geográfica.....	60
Figura N° 32. Banderillero satelital	62
Figura N° 33. Estructura de funciones (entradas y salidas)	65
Figura N° 34. Estructura de Funciones (proceso).....	66
Figura N° 35. Concepto de solución 1	69
Figura N° 36. Concepto de solución 2	70
Figura N° 37. Concepto de solución 3	72
Figura N° 38. Toma de desiciones.....	74
Figura N° 39. Terreno de 1 Ha.....	75
Figura N° 40. Características de la semilla de maíz.....	77
Figura N° 41. Medidas principales de la tolva.....	80
Figura N° 42. Mecanismo de la máquina sembradora.....	82
Figura N° 43. Mecanismo 1	83
Figura N° 44. Mecanismo 2	85
Figura N° 45. Mecanismo 3	86
Figura N° 46. Eje del rodillo.....	87
Figura N° 47. Plano XY Ejes	87
Figura N° 48. Diagrama de fuerzas y momentos	88
Figura N° 49. Plano YZ ejes.....	88
Figura N° 50. Diagrama de fuerza y momentos YZ	89
Figura N° 51. Eje.....	91
Figura N° 52. Diagrama de fuerza y momento de eje.....	92
Figura N° 53. Esparcimiento de semillas por el dosificador.....	93
Figura N° 54. Esparcimiento de semillas por el dosificador.....	93
Figura N° 55. DCL del dosificador.....	97
Figura N° 56. Relación de transmisión	100
Figura N° 57. Especificaciones para las cadenas de rodillos	103
Figura N° 58. Capacidad en las cadenas de rodillos.....	103

Figura N° 59. Eje de transmisión	104
Figura N° 60. Esquema de árbol de transmisión.....	104
Figura N° 61. Diagrama de cuerpo libre del árbol de la transmisión	105
Figura N° 62. Diagrama de cuerpo libre de Sprocket.....	105
Figura N° 63. Diagrama de cuerpo libre el dosificador	106
Figura N° 64. Sensor ultrasónico HC-SR04	109
Figura N° 65. Buzzer	109
Figura N° 66. Cables electrónicos	110
Figura N° 67. Arduino UNO R3	110
Figura N° 68. Modulo LCD 1602	111
Figura N° 69. Sensor de aproximación	111
Figura N° 70. Switch ON/OFF	112
Figura N° 71. Programación Arduino	113

RESUMEN

El estudio presentado se enfoca en el desarrollo del diseño de una máquina sembradora específicamente ideada para los agricultores de maíz amarillo duro en la región de Lambayeque, quienes se dedican a la siembra del maíz de forma manual. La sembradora diseñada tiene como objetivo satisfacer las necesidades de los agricultores lambayecanos, como evitar la contratación de personal para la siembra de sus tierras, aumentar el rendimiento de su cosecha, lograr una distribución equitativa de las semillas, reducir la fatiga física requerida durante la siembra y acortar el tiempo necesario para sembrar 1 hectárea (aproximadamente 22 horas de trabajo).

En este proyecto se utilizó una metodología de origen alemán llamada “metodología VDI 2221”, el cual consta de cuatro fases fundamentales: definición del producto, diseño conceptual, diseño de materialización y diseño de detalle. Además, se utilizaron herramientas informáticas de ingeniería como Excel, Arduino y el software AutoCAD e Invento de Autodesk. Como resultado, se crearon los componentes esenciales de la máquina, como el dosificador, estructura de la máquina, surcador, tapador de surcos, ejes de transmisión y la tolva, teniendo en cuenta los aspectos particulares del cultivo de maíz en la zona de Lambayeque. El resultado fue un prototipo de fácil uso que permite sembrar 1 hectárea de maíz en aproximadamente 30 min, con un solo operario, ya que la máquina está diseñada para ser acoplada al tractor. Además, el costo de construcción resultó accesible para los agricultores. Es importante mencionar que se recomienda desarrollar un primer prototipo para verificar su rendimiento real y realizar los ajustes necesarios antes de pasar a la producción en masa.

Palabras clave: Sembradora de maíz, VDI 2221, diseño mecánico, dosificador de semillas, surcador, ergonomía.

ABSTRACT

The study presented focuses on the development of the design of a sowing machine specifically designed for farmers of hard yellow corn in the Lambayeque region, who are dedicated to sowing corn manually. The designed seeder aims to meet the needs of Lambayeque farmers, such as avoiding the hiring of personnel to sow their land, increase the yield of their harvest, achieve an equitable distribution of seeds, reduce the physical fatigue required during sowing. and shorten the time needed to sow 1 hectare (approximately 22 hours of work).

In this project, a methodology of German origin called "VDI 2221 methodology" was used, which consists of four fundamental phases: product definition, conceptual design, materialization design and detail design. In addition, engineering computer tools such as Excel, Arduino and Autodesk AutoCAD and Invento software were used. As a result, the essential components of the machine were created, such as the dispenser, machine structure, furrower, furrow filler, transmission shafts and the hopper, taking into account the particular aspects of corn cultivation in the Lambayeque area. The result was an easy-to-use prototype that allows 1 hectare of corn to be planted in approximately 30 min, with a single operator, since the machine is designed to be coupled to the tractor. In addition, the cost of construction was affordable for farmers. It is important to mention that it is recommended to develop a first prototype to verify its real performance and make the necessary adjustments before going into mass production.

Keywords: Corn planter, VDI 2221, mechanical design, seed dispenser, - furrow opener, ergonomics

I. INTRODUCCIÓN

A lo largo de los años, muchas culturas han basado su alimentación en un solo grano: el maíz, originario de América Central y del Sur y uno de los primeros cereales domesticados por el ser humano; en el Perú, el maíz surgió alrededor de 4492-5763 a.C., superando así los 6.300 años de antigüedad, el cual fue encontrado en la región de Guilá Naquitz (Oxapampa, México). Se ha descubierto una especie de maíz silvestre en México, mientras que en el Perú se han descubierto tres especies (Proto Confite, Confite Chavinense y Proto Kculli), y se considera que son los ancestros de más de 50 especies que existen actualmente en Japón. (Nalvarte, 2017).

Según datos del Sistema Integrado de Estadísticas Agropecuarias - SIEA (2019), en el Perú se siembran anualmente 555.515 hectáreas de maíz (*Zea mays*L.), de las cuales la mitad (49,53%) se siembra con maíz amarillo duro, el cual obtuvo un rendimiento promedio de 5 ton/ha. Los lugares donde se obtiene el mayor rendimiento por la siembra de maíz amarillo duro son en los valles costeros andinos, y también están presentes en la selva peruana. Este maíz es de gran importancia en las industrias de transformación, ya sea en forma de cereales, comidas preparadas, aceites y en su mayoría alimentación animal, además tiene un bajo costo y un alto valor nutritivo. (López Morales, Chura Chuquiya, & García Pando, 2019).

El crecimiento en la sustentabilidad de la industria del maíz y las mejoras ambientales, económicas y sociales registradas en las últimas décadas dan testimonio de la voluntad de los agricultores de aceptar el cambio. En particular, significa adoptar muchos avances tecnológicos durante varias décadas. La tecnología finalmente ha dado a los agricultores la capacidad de cultivar más con menos. Como la industria más grande de los Estados Unidos, los productores de maíz crean cientos de miles de puestos de trabajo, inyectan miles de millones de dólares en la economía y cuidan los recursos más importantes, todo mientras observa una mejora significativa en la producción. (Linder, 2020).

Una de las preocupaciones medioambientales que deterioran los suelos agrícolas es la salinización, lo cual conlleva a una recuperación costosa. Este desafío se enfrenta en numerosos países a nivel global, y tiene un impacto en las bases económicas y sociales. En nuestra nación, la degradación de los terrenos en las zonas costeras se debe principalmente a la salinidad del suelo debido a su cercanía con el mar. Aproximadamente el 50% del área total de cultivo se ve afectada por la sal en diferentes grados, siendo la costa norte la más perjudicada, como las regiones de Lambayeque, Piura y La Libertad. Estas áreas son de gran importancia para la producción agrícola destinada a la exportación. (Sigueñas, Ocola, & Guerrero, 2019).

El incremento en la necesidad de alimentos por parte de la población ha resultado en una explotación cada vez más intensiva de los terrenos agrícolas. En muchas ocasiones, esta explotación se basa en el uso de maquinaria agrícola, como tractores y arados, que no son adecuados para las condiciones específicas del suelo. Esto conlleva a un proceso severo de degradación, que se manifiesta en la pérdida de nutrientes y suelo debido a la acción de las precipitaciones y los escurrimientos. Esta pérdida subyacente de capacidad productiva de las tierras cultivables es una consecuencia directa de esta problemática. (Damian Suclupe, Gonzáles Veintimilla, Quiñones Paredes, & Terán Iparraguirre, 2018).

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (1994) (según lo mencionado en García, Lucena & Criado, 2009) señala que una de las principales razones del deterioro de los suelos en América Latina es, sin lugar a dudas, la implementación de técnicas agrícolas de vanguardia. Estas técnicas conllevan una disminución de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, resultando en una reducción de la productividad agrícola y, sobre todo, en la degradación del entorno natural.

En el Perú, la agricultura de pequeña y mediana escala se caracteriza por ser un sistema de producción desorganizado y desordenado, con niveles tecnológicos bajos. Los agricultores manejan deficientemente la tierra, principalmente debido a la falta de conocimiento, lo cual se refleja en un uso imprudente y excesivo de los

sistemas de riego, fertilizantes y pesticidas (que son altamente tóxicos y de lenta descomposición). Esto conlleva altos niveles de contaminación y degradación del suelo, causando daños al medio ambiente, a la salud humana y a los productos agrícolas. Por lo tanto, la implementación de prácticas de recuperación orgánica se convierte en una tecnología sostenible que puede contribuir a aprovechar de manera efectiva los abundantes subproductos de los cultivos, al incorporarlos al suelo y mejorar su fertilidad, al mismo tiempo que se minimiza la degradación de la tierra. (Damian Suclupe, Gonzáles Veintimilla, Quiñones Paredes, & Terán Iparraguirre, 2018).

La creciente escasez de personal (las labores se retrasan debido a la falta de trabajadores agrícolas disponibles), ha llevado a los productores a buscar la mecanización de las tareas agrícolas para garantizar la realización oportuna de las labores y reducir los costos de producción. En el departamento de Lambayeque, el cultivo de maíz amarillo duro ocupa una posición prominente, posicionándose en el tercer puesto de la producción agrícola regional. A nivel nacional, Lambayeque se sitúa en el cuarto lugar en términos de producción de maíz amarillo duro. Sin embargo, la región se enfrenta a restricciones en términos de la adopción de tecnología en la gestión de los cultivos, ya que únicamente las grandes empresas agrícolas disponen de una sólida competencia técnica y profesional, así como servicios de mecanización que les permiten atender de manera constante las demandas de su proceso productivo. Por otro lado, la situación es diferente para los pequeños y medianos productores, ya que no tienen acceso directo al uso de maquinaria debido a los altos costos económicos asociados al alquiler de estos servicios. (Sigueñas, Ocola, & Guerrero, 2019).

El presente proyecto de tesis tiene como justificación general que la siembra mecanizada suministra a las semillas las condiciones apropiadas para lograr su germinación de manera inmediata y de buen crecimiento; es por esto que, la obtención de cultivos depende de las herramientas usadas como la maquina sembradora, ya que mediante esta podemos sembrar con mayor precisión,

determinar la cantidad necesaria de semillas por cada hectárea, además de poder hacerlo con precisión a cierta profundidad, temperatura y humedad; logrando de esta forma el correcto crecimiento de las plantas y mejorar la eficiencia del cultivo. En esta investigación, se revisará los últimos avances en la fabricación de una máquina sembradora de maíz para poder diseñar una de estas máquinas a bajo costo, y que permita aumentar la eficiencia de la siembra, reducir la mano de obra y el tiempo de producción en el cultivo. De igual modo, con esta investigación se impulsará el avance de la tecnología en el sector agrícola de la región de Lambayeque, y servirá como base para futuros proyectos.

Asimismo, se justifica Económica - financieramente que a través de esta investigación se va optimizar el proceso de sembrado de maíz, mejorando así los rendimientos, generando mayores ingresos y los agricultores tendrán productos a precios más bajos. Como justificación social - comunal tenemos que con esta investigación se beneficiará a los trabajadores, que ya no estarán en estos puestos de trabajo enfrentando los riesgos que presenta su desempeño, como enfermedades relacionadas con la ergonomía debido a la mala postura al sembrar a mano.

Para la presente investigación se planteó la siguiente interrogante como problema general ¿Como diseñar un prototipo de una máquina sembradora de maíz amarillo duro que satisfaga las necesidades de los agricultores en el departamento de Lambayeque? Por tal motivo se evaluaron diferentes diseños y para esto se planteó los siguientes objetivos de investigación, donde se define como objetivo general brindar una revisión sobre el tema de los últimos avances en el diseño de una maquina sembradora de maíz que satisfaga las necesidades del agricultor y reduzca el tiempo de siembra del maíz de acuerdo a las necesidades del agricultor, durante los últimos siete años, a través del desarrollo de los siguientes objetivos específicos, describir los aspectos generales de los procesos del cultivo de maíz, el manejo integrado de cultivo, sus capacidades, tecnologías enfocadas al aumento de rendimiento; detallar las innovaciones tecnológicas en el proceso productivo y acondicionamiento de maíz amarillo duro mediante la siembra mecanizada, con el

fin de mejorar su sostenibilidad, rentabilidad y competitividad; precisar las contribuciones al marco referencial para futuros proyectos de diseño y construcción de una máquina sembradora, y su importancia en el desarrollo de las innovaciones y tendencias de la máquina del futuro; obtener información precisa para el desarrollo de un diseño eficaz que permita elaborar un prototipo que satisfaga en su totalidad las necesidades requeridas para la siembra de maíz amarillo duro, aplicando la metodología de diseño VDI 2221; y por último la selección y diseño de elementos de una maquina sembradora de maíz amarillo duro con la elaboración de el circuito de automatización, planos electromecánicos y el presupuesto de dicho diseño.

II. MARCO TEÓRICO

Como antecedentes científicos encontramos a (Maigua Mendoza & Paredes Fierro, 2020), quien realizó su investigación en la eficiencia de una maquina sembradora en Jalisco – México, el cual nos habla acerca de la siembra manual y las desventajas que esta presenta, la siembra manual emplea una azada, un arado o surcadores para formar una hendidura en el suelo. Coloca el fertilizante en la base de la hendidura y posteriormente siembra la semilla, asegurándose de cubrirla con tierra. En la siembra a mano, las semillas se esparcen sobre el terreno utilizando una lámina de agua, ya sea caminando en un campo de arroz o montado a caballo. Este método ha enfrentado los siguientes desafíos.

- Ineficiencia en términos de tiempo y mano de obra
- Mayor probabilidad de errores
- Menor precisión en la profundidad de siembra
- Mayor costo de mano de obra
- Fatiga y riesgos de salud al trabajador por malas posturas



Figura N° 01. Siembra Manual.

Fuente: (Maigua Mendoza & Paredes Fierro, 2020)

La siembra mecanizada, ya sea de forma automática o semiautomática, acondiciona el suelo, coloca las semillas y en ocasiones aplica fertilizantes, culminando con el cubrimiento de las semillas. Las sembradoras semiautomáticas presentan menores

costos y complejidad en comparación con las completamente automáticas, lo que las convierte en una opción viable en situaciones donde se busca cierto nivel de destreza en lugar de la siembra manual. (Homer & Villa, 2016).



Figura N° 02. Siembra Mecanizada.

Fuente: (Homer & Villa, 2016).

Según (López, 2018) en el su tema de tesis “Factores de riesgo ergonómico vinculados a la salud ocupacional de los trabajadores agrícolas desarrollado en la ciudad de Abanto – Ecuador” nos habla sobre la ergonomía en el uso de la maquinaria agrícola es muy importante debido a que los operadores de maquinaria agrícola e industrial como tractores, cosechadoras y montacargas son trabajadores que conducen, operan y mantienen estos vehículos para la producción agrícola. Para que esto funcione, es necesario utilizar un vehículo que proporcione el impulso necesario para tirar, operar y empujar varias herramientas o equipos. El tractor agrícola es la máquina más utilizada en la industria, y por ello se producen un gran número de accidentes con él debido a su uso inadecuado. Una postura de trabajo cómoda previene enfermedades musculares y óseas.

Existen diversas definiciones que han sido atribuidas a esta disciplina desde que fue oficialmente reconocida, sin embargo, la definición más ampliamente aceptada es la proporcionada por la Asociación Internacional de Ergonomía. Según esta definición, la ergonomía se refiere a la ciencia encargada de estudiar las interacciones entre las

personas y otros elementos de un sistema, así como la profesión que aplica teorías, principios, datos y métodos para diseñar sistemas que optimicen la salud humana y el rendimiento en general. Basándose en este enfoque, la ergonomía utiliza este conocimiento para mejorar la adaptación entre las personas y otros elementos del sistema (Jaramillo Giraldo, 2016).

La postura se define como la posición espacial que aceptan las diferentes partes del cuerpo o la posición de todo el cuerpo. La mala postura de los operadores de máquinas agrícolas puede conducir a los riesgos para la salud que corremos. La posición ideal debe lograr un equilibrio entre la fatiga del operador, el desempeño de las funciones y el desarrollo de energía requerido por el operador. Como regla general, los diseños deben evitar posiciones difíciles en las que el cuerpo esté torcido o doblado para reducir la fatiga del operador durante el uso. (Expósito Gallardo & Pérez Rodríguez, 2017).

A lo largo de los años, a pesar de los avances tecnológicos, muchos tipos de trabajo agrícola se han mantenido prácticamente sin cambios. Parte del trabajo agrícola se sigue realizando en una posición encorvada, con trabajadores que transportan cargas pesadas en una posición poco natural, a menudo de rodillas, trabajando con los brazos por encima de los hombros o moviendo las manos y el cuello de forma repetitiva. En otros momentos, los trabajadores mantienen un ritmo de trabajo rápido y constante, por lo que la sobreactividad en estas situaciones potencia todos los demás factores de riesgo. (Arce Vindas, 2017).

Las actividades agrícolas en el viñedo, por sus características, obligan a menudo a los trabajadores a adoptar posturas forzadas, lo que puede dar lugar a la aparición de diversas patologías, especialmente en la columna vertebral. Asimismo, se detectan condiciones inseguras en las operaciones de movimiento, que pueden causar lesiones a quienes trabajan en el campo. El uso prolongado de picos, palas y otras herramientas para la labranza conduce a posiciones que no solo son incómodas, sino que también promueven la corrección de la escoliosis y la escoliosis, con consecuencias para la salud física de los trabajadores. (Tomassiello, 2018).

La dificultad con el enfoque convencional de cultivo reside en el elevado coste de la mano de obra, dado que actualmente implica un trabajo directo. Además, se suman 6 desafíos laborales para los trabajadores, quienes en la última década han presentado problemas estadísticamente significativos en las caderas, columna vertebral, manguito rotador y otras áreas. Mediante el método mecanizado de siembra, el objetivo es lograr mayores rendimientos por hectárea, lo cual se traduce en una reducción de costes, un aumento de la productividad y una mayor eficiencia en la germinación. Esto se debe a que, con este tipo de plantación, se utiliza una menor cantidad de tierra alrededor del tallo. (Vera Muñoz, 2021).

Según (Ramirez Flores, 2019), en su tema de tesis Diseño de una maquina sembradora de maíz realizada en Chiclayo Perú nos hace saber que existen diversos tipos de máquinas sembradoras y la función de cada uno de ella para así poder tener una noción al momento de diseñar nuestro prototipo. La sembradora cumple la función de depositar diferentes tipos de semillas en el suelo sin dañar ninguna de ellas. Dicho esto, la siembra se tiene que hacer en hileras o en surcos, por eso en este artículo solo hablaremos de los aspectos básicos de las sembradoras mono grano y las sembradoras de chorrillo. Las necesidades de la planta facilitan la semilla. Una máquina mono grano es una máquina que coloca las semillas a la misma distancia que se ha preestablecido en la ranura.

Las funciones que tienen que realizar estas máquinas son abrir el surco y colocar la semilla en ella, enterrar la semilla y compactar el suelo, de igual forma hay elementos básicos que se repiten entre los diferentes tipos de sembradoras. Por ejemplo, tolva, sistema de dosificación, sistema de ranurado, sistema de recubrimiento, etc. Su diferencia radica en el grupo de sembradoras que vemos, pueden ser dosificadoras o distribuidoras. (Diezma Iglesias, 2017).

Esta máquina agrícola permite realizar siembras uniformes en la superficie del suelo e incluso en profundidad en un menor tiempo, evitando que los agricultores tengan que trabajar directamente en el campo y limitando las enfermedades. (Narvaez Tituaña & Valles Yánes, 2021).

Hay dos categorías principales en las que se clasifica la maquinaria de siembra utilizada en la agricultura del maíz: las sembradoras en línea y las sembradoras de precisión (Cabrera Perochena, 2017). La denominación de "sembradora de precisión" se debe a que esta máquina permite controlar la distancia entre las filas de siembra, la profundidad de siembra y el espaciado entre las semillas. Normalmente, las sembradoras están compuestas por elementos individuales, cada uno con su propio depósito de semillas, mecanismo dispensador, ruedas, sistema de transmisión, surcadores, tapadores de surcos y estructura. (Cabrera Perochena, 2017).



Figura N° 03. Maquina Sembradora.

Fuente: (Ramirez Flores, 2019).

Los sistemas de cultivos que existen son numerosos, y se han elaborado las herramientas adecuadas para cada forma de cultivo; se las cuales podemos destacar 2 principales, la siembra al voleo y la siembra de precisión. Básicamente existen dos criterios para juzgar una siembra correcta en relación a la distribución de la distancia entre las semillas en la línea de siembra. Los que utilizan distancias medias o medianas y los que utilizan distancias teóricas. Distancias teóricas especificadas de fábrica y proporcionadas por el fabricante. El uso de cualquiera de los métodos implica obtener una gran cantidad de datos para que sea consistente para el análisis estadístico. Es conveniente utilizar el espacio entre hileras en lugar del espacio entre semillas. Esto se debe a que la germinación de semillas está en el rango de 90-95 % densidad de siembra (Ibarguren & Pessacq, 2018).

La sembradora al voleo tiene un gran inconveniente, ya que las semillas pueden quedar atrapadas en la superficie de contacto, desperdiciándose y bajando su eficiencia. Estos problemas se solucionan mediante su incorporación con rastrillo, y es por esto que las semillas pueden ser sembradas a diferentes niveles en el suelo, suficientemente superficiales o demasiado profundas. Para el cultivo de buenos granos como por ejemplo el de arroz y el pasto, normalmente se utilizan distribuidores centrífugos de semillas (Alvarez Callirgos, 2021).

Se refiere a la máquina que distribuye semillas al azar sobre un área de terreno. La forma de sembrar es colocar las semillas uniformemente en el área seleccionada para la siembra, luego enterrar las semillas, usar rastra de rodillos, rastra cuando estén asentadas, enterrar con rastra de púas, rastra de rodillos, etc. Existen dos modelos de este tipo: la sembradora libre y la sembradora centrífuga. (Espinoza Encalada & Padilla Salvador, 2021).

Este tipo de sembradoras puede ser de manejo manual o puede ser acoplado a un tractor, ambos sistemas operan mediante fuerza centrífuga o descarga libre, lo cual provoca la dispersión de las semillas sin control específico. Estas sembradoras son especialmente adecuadas para semillas que requieren un control mínimo, como en la siembra frecuente de pastizales. Se utilizan ampliamente en áreas de difícil acceso para maquinaria de gran tamaño, especialmente en campos de arroz o terrenos firmes como colinas. (Alanuca Yanchaguano & Jaque Lozada, 2021).

La sembradora de granos a precisión es un tipo de sembradoras se obtiene mayor eficiencia en el cultivo del maíz, ya que se ejecutan múltiples funciones en simultaneo con una sola máquina. Este proceso puede consistir en la apertura del surco en la tierra a una profundidad regulable, la colocación de la semilla con cierta precisión y disposición, el tapado de la siembra, la compactación de la tierra y adicionalmente algunas máquinas aplican fertilizantes u otros productos durante el proceso de sembrado. Se ha demostrado que estas máquinas son más eficientes en la siembra de granos gruesos como por ejemplo la soya, sorgo y las diferentes variedades del maíz (García León, Avendaño Quintero, & Suarez Castrillon, 2017).

También conocidas como sembradoras a golpe, suelen distinguirse por el hecho de que están formadas por diferentes órganos de siembra, uno para cada línea, fijados sobre un chasis común (varilla única o telescópica), aunque también existen modelos con concentrador de tolva. Según el sistema de distribución, se clasifican en mecánicos y neumáticos, dependiendo de si el plato de distribución (la parte principal en la que hay agujeros o celdas que alojan las semillas) estas se cargan por gravedad o por aire comprimido, respectivamente. (Blanco Roldán & Gil Ribes, 2019).

Las sembradoras en fila o por goteo son dispositivos que logran depositar una cantidad específica de semillas en cada surco. También se les conoce como sembradoras por goteo. Este es el término utilizado para describir el tipo de máquina que, al colocar las semillas en el suelo, lo hace en una o más líneas continuas y paralelas, ajustando la cantidad de semillas, la profundidad del surco y la separación entre las líneas. (Espinoza Encalada & Padilla Salvador, 2021).

Un componente primordial en toda máquina sembradora son los dosificadores ya que estos son el componente principal de una máquina sembradora es el dosificador, ya que es responsable de garantizar una siembra uniforme y puede adaptarse para trabajar con semillas de diferentes tamaños. Los dosificadores se dividen en tres tipos: neumáticos, de rodillos y centrífugos. (Mattana Ricardo, Del Castagner, Germán Garetto, & Oscar Bonacc, 2017).

Dentro de la categoría de los dosificadores de rodillos, existen diversas clasificaciones, entre ellas: los de rodillos acanalados, los de rodillos con dientes exteriores y los de rodillos con cucharillas o cangilones. Las máquinas sembradoras pueden estar equipadas con un solo dosificador de rodillos o pueden tener varios de ellos montados en un mismo eje giratorio. Para poder escoger u tipo de dosificador debemos saber cuáles los tipos que existen. El dosificador de rodillos acanalados es comúnmente utilizado en las máquinas sembradoras. Consiste de un cilindro ranurado en contacto con la parte inferior de la tolva, en estas ranuras es donde se alojan las semillas. Esta es una configuración segura y económica, ya que solo es accionado por un eje y logra retener las semillas requeridas de la tolva con una cantidad estable de semillas. Además, emplea

una cubierta protectora y flotante para prevenir el deterioro de las semillas. (Ospina Bayona & Sanchez Torres, 2017).

El dosificador de rodillo de dientes exteriores consta de un sistema de engranajes que arrastran las semillas de la tolva de forma constante y uniforme, los cuales para variar la cantidad de semillas para la siembra son reemplazables con otros de distintos tamaños (Torres Sandoval, 2017).

Las funciones de la maquina sembradora que diseñaremos empleara en el proceso de siembra tres tareas principales: Creación del surco, Deposición de semillas y Cobertura. Para tener una idea más precisa de una maquina sembradora debemos conocer las partes de dicha maquina según (Vega, Cárdenas, Ruiz, Jalomo, & Gudiño, 2019). Las cuales son la estructura o armazón es la base metálica que sostiene los componentes y dispositivos de trabajo, enganche y accionamiento.

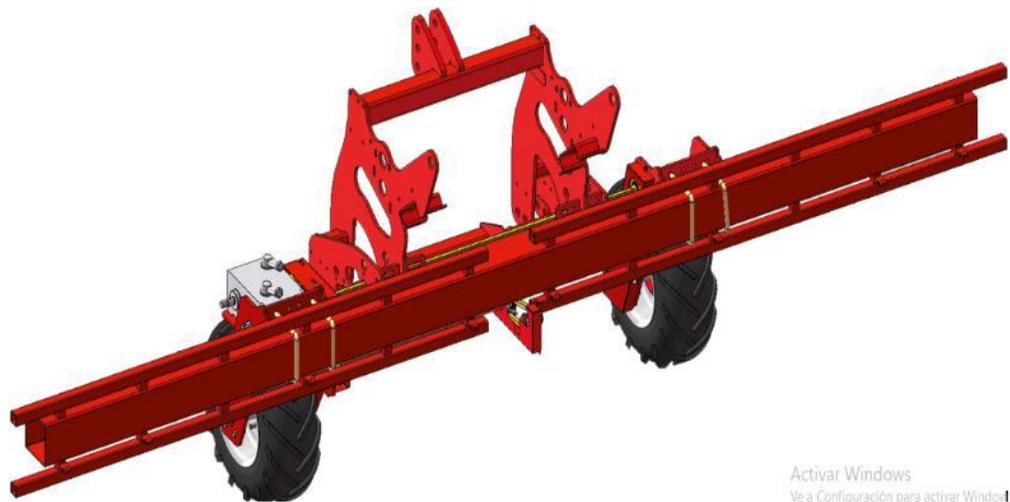


Figura N° 04. Chasis, estructura, bastidor o armazón.

Fuente: (Vega, Cárdenas, Ruiz, Jalomo, & Gudiño, 2019).

Las ruedas con neumáticos nos ayudan a mantener la posición, la estabilidad en el suelo y proporcionan movimiento al sistema de tracción.



Figura N° 05. Ruedas de máquina sembradora.

Fuente: (Vega, Cárdenas, Ruiz, Jalomo, & Gudiño, 2019).

La tolva o contenedor será donde se guarda la semilla y/o fertilizante.



Figura N° 06. Tolva de máquina sembradora.

Fuente: (Vega, Cárdenas, Ruiz, Jalomo, & Gudiño, 2019).

Y el surcador y tapador son dispositivos que realizan la apertura de un surco estrecho o cavidad donde se depositan las semillas para luego ser cubiertas por el mismo mecanismo.

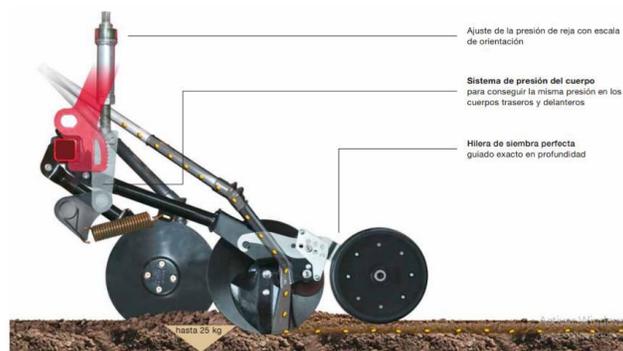


Figura N° 07. Surcador y tapador.

Fuente: (Vega, Cárdenas, Ruiz, Jalomo, & Gudiño, 2019).

En nuestra región el análisis del agua y la mejora del suelo para la siembra es muy importante debido a la disponibilidad de agua es comúnmente el factor primordial que restringe el crecimiento y desempeño de las plantas en diversas condiciones. En particular, el maíz exhibe distintas sensibilidades a la escasez de agua según la etapa del ciclo considerada. Existen diversos mecanismos fisiológicos y adaptaciones morfológicas que los cultivos pueden emplear para mitigar los efectos de la sequía. Uno de estos últimos aspectos es la extensión de las raíces en el suelo (Camacho Lazaro, 2019).

La condición elemental del agua empleada en los sistemas hidropónicos radica en sus cualidades potables. Su procedencia puede ser de fuentes como pozos, precipitaciones o suministro público. En caso de que la calidad del agua no resulte idónea, es crucial efectuar un análisis químico exhaustivo. Al emplear agua en la hidroponía, se establecen normativas relacionadas con: en primer lugar, la salinidad y la presencia de elementos fitotóxicos (sodio, cloro, boro); en segundo lugar, el contenido de microorganismos patógenos; en tercer lugar, la concentración de metales pesados; y en cuarto lugar, la concentración de nutrientes y compuestos orgánicos. El pH del agua debe situarse entre 5,2 y 7, salvo excepciones puntuales como las plantas leguminosas, que pueden desarrollarse adecuadamente en un pH cercano a 7,5. En cambio, la mayoría de las semillas, especialmente los cereales, crecen eficientemente por encima de 7,0 (Quise Altamirano, 2017).

Las plantas de maíz logran sus máximos rendimientos cuando cuentan con una cantidad suficiente de agua, dado que son sumamente exigentes en cuanto a sus necesidades hídricas, además de requerir una adecuada irrigación en el momento oportuno. Las variedades de maíz amarillo duro presentes en la zona demandan un rango de agua que oscila entre 550 y 650 mm. No obstante, las precipitaciones en la región se caracterizan por su irregularidad, y las sequías prolongadas afectan de manera significativa los rendimientos. El maíz precisa de humedad durante etapas como la germinación (3-8 días posteriores a la siembra), el crecimiento vegetativo (30-35 días posteriores a la siembra),

la floración (45-50 días posteriores a la siembra) y el llenado de granos (60-70 días posteriores a la siembra) (Hidalgo Meléndez, 2018).

En las regiones áridas y semiáridas de las costas peruanas se encuentran extensas áreas no productivas debido a la salinidad y sodicidad presentes en los suelos, donde la transpiración de las plantas supera la cantidad de precipitaciones. Estos suelos exhiben altas concentraciones de sales solubles y un elevado porcentaje de sodio intercambiable. Se pueden identificar dos categorías principales de suelo, siendo denominados como suelos salinos aquellos que presentan una conductividad superior a 4 dS/m, y suelos sódicos aquellos que contienen un porcentaje de sodio intercambiable superior al 15%. El exceso de salinidad en los suelos afecta la presión osmótica y disminuye la absorción de agua por parte de las plantas, lo cual afecta su crecimiento adecuado. Por otro lado, el exceso de sodio en los suelos incrementa el tamaño del sistema coloidal, reduciendo o eliminando la porosidad del suelo y, consecuentemente, disminuyendo la dinámica del agua y la ventilación. Esta situación representa un obstáculo que afecta a los cultivos en mayor o menor medida, dependiendo de la especie (Pasache Chapoñan, 2021).

Existen dos categorías de suelos, denominados como suelos salinos primarios y secundarios. Los suelos salinos primarios se caracterizan por la presencia de sales en la matriz del suelo. Esto puede ser debido a que las rocas de origen contienen sales o a la deposición de objetos en ambientes acuáticos salinos. Por otro lado, la salinización secundaria se produce como resultado de un desequilibrio entre el agua y la sal en el suelo. Esto ocurre con frecuencia cuando se cambia el método de cultivo de secano a riego. La salinización secundaria se debe principalmente a la redistribución de las sales como resultado de la introducción del riego y un aumento en la percolación. En áreas con mayor elevación y un buen drenaje, la sal tiende a ser arrastrada y se acumula en áreas de menor elevación donde el drenaje es limitado. Sin embargo, existen otras dos causas principales de salinización secundaria en suelos irrigados. Estas son el suministro de sales provenientes del agua de riego y la acumulación de sal en las capas superficiales del suelo debido al ascenso capilar de las aguas subterráneas, las cuales suelen tener alta salinidad en regiones áridas y semiáridas (Ramos Guevara, 2021).

La salinización de los suelos es una amenaza ambiental que conduce a la degradación de las tierras agrícolas y su recuperación implica costos elevados. Constituye uno de los desafíos principales a nivel mundial y afecta significativamente las bases económicas y sociales de numerosos países alrededor del globo. En el caso de Perú, la degradación de las tierras costeras se atribuye principalmente a la salinización del suelo debido a su cercanía al océano. Aproximadamente el 50% del área total de cultivo se ve afectada por diferentes niveles de salinidad, siendo la costa norte, que incluye las zonas de Lambayeque, Piura y La Libertad, la más perjudicada. Estas regiones desempeñan un papel crucial en la producción agrícola destinada a la exportación (Sigueñas, Ocola, & Guerrero, Vigilancia de la salinidad del suelo en cultivos de arroz en Lambayeque, periodo 2001-2014 utilizando imágenes de satélite y conductividad eléctrica, 2019).

La estructura del suelo tiene una relación directa con la cantidad de agua y oxígeno que se puede retener en el suelo y afecta la actividad microbiana. La composición del suelo y la historia agrícola son los principales factores que afectan la porosidad del suelo. Sin embargo, el flujo de la máquina y la presión ejercida por el cuerpo de partículas también son factores clave en la estructura de poros y microporos (Haack Calderón, 2022).

Los suelos comprimidos tienen baja porosidad. A medida que aumenta la densificación, se reduce el espacio poroso, especialmente la categoría de poros de gran diámetro ocupados por el aire y el agua conveniente. Las raíces necesitan agua y oxígeno para crecer, y debe haber suficiente espacio entre las partículas del suelo para permitir que las raíces crezcan. El principal obstáculo que pueden encontrar las raíces es el fallo mecánico por la presencia de capas solidificadas o compactación en suelos densos (Haack Calderón, 2022).



Figura N° 08. Composición del suelo, situación ideal / suelo compactado.

Fuente: (Haack Calderón, 2022).

A medida que aumenta la densidad del suelo, se requiere más energía para el crecimiento de las raíces y su crecimiento se ve afectado hasta el punto de ser completamente impedido si se compacta demasiado (Haack Calderón, 2022).

Los niveles de producción de maíz son especialmente susceptibles a las variaciones en las poblaciones de plantas. En condiciones óptimas de riego y fertilización, una reducción del 75% en la densidad adecuada provoca una disminución de casi el 50% en el rendimiento, mientras que duplicar la densidad original reduce el rendimiento en un 20%. Además, se observa un aumento significativo en el aborto de granos y en la presencia de plantas estériles cuando las densidades son excesivas, así como una capacidad de compensación tanto vegetativa (cobertura por planta) como reproductiva (rendimiento por planta) reducida en densidades bajas (Chumpitaz Quevedo, 2018).

De acuerdo a (Alvarez Callirgos, 2021), en su trabajo de investigación llamado Diseño de una maquina sembradora de maíz, realizado en la universidad Pedro Ruiz Gallo – Lambayeque nos dice que la metodología VDI 2221 es un enfoque proviene de Alemania y se emplea en los procedimientos de investigación. Está oficialmente documentado como una directriz de diseño VDI 2221, titulada "procedimientos para el desarrollo y diseño de sistemas técnicos y productos". En este proyecto, seguiremos este método de planificación para el diseño de nuestra máquina, cumpliendo con las directrices

establecidas por dicha norma. este modelo se divide en 4 etapas (Ver Tabla 01), y a la vez estas etapas divididas en subetapas para cada fase del proceso de diseño.

La primera y más crucial de estas fases secundarias son los requisitos de diseño. Durante este periodo, se llevan a cabo múltiples modificaciones a lo largo del proceso de diseño y se repite el análisis posteriormente. La segunda etapa se enfoca en la creación de un esquema de las funciones y subfunciones del sistema. La tercera etapa busca desarrollar una matriz morfológica que contenga todas las posibles soluciones a las características mencionadas en la segunda etapa. Es importante tener en cuenta que no se debe exceder el número de soluciones, ya que esto complicaría el análisis. La cuarta etapa requiere que el diseñador descomponga el proceso de diseño en módulos realizables. En este caso, estamos hablando de diseño mecánico, por lo que se divide en tres estructuras fundamentales: diseño mecánico y diseño eléctrico. La quinta etapa se limita a crear bosquejos o bocetos preliminares de los módulos descompuestos y se completan en la sexta etapa. El nivel 7 se relaciona con la documentación del producto, la ingeniería y los dibujos detallados.

En la Tabla N°1 se puede observar los siete pasos de la metodología de diseño VDI 2221.

Etapas	Resultados
Etapa 1: Definición del producto	Especificación.
Etapa 2: Diseño Conceptual	Principios de solución.
	Estructura funcional.
	Estructura modular.
Etapa 3: Diseño de materialización	Planos de conjunto.
Etapa 4: Diseño de detalle	Planos de pieza.
	Documentos de fabricación

Tabla N° 01. Etapas del proceso de diseño.

Fuente: (Alvarez Callirgos, 2021).

La Norma VDI es una guía genérica para analizar inicialmente el problema con el objetivo de comprenderlo en su totalidad, posteriormente dividirlo en subproblemas, encontrar soluciones parciales apropiadas y combinarlas para formar una solución integral. (Alvarez Callirgos, 2021).

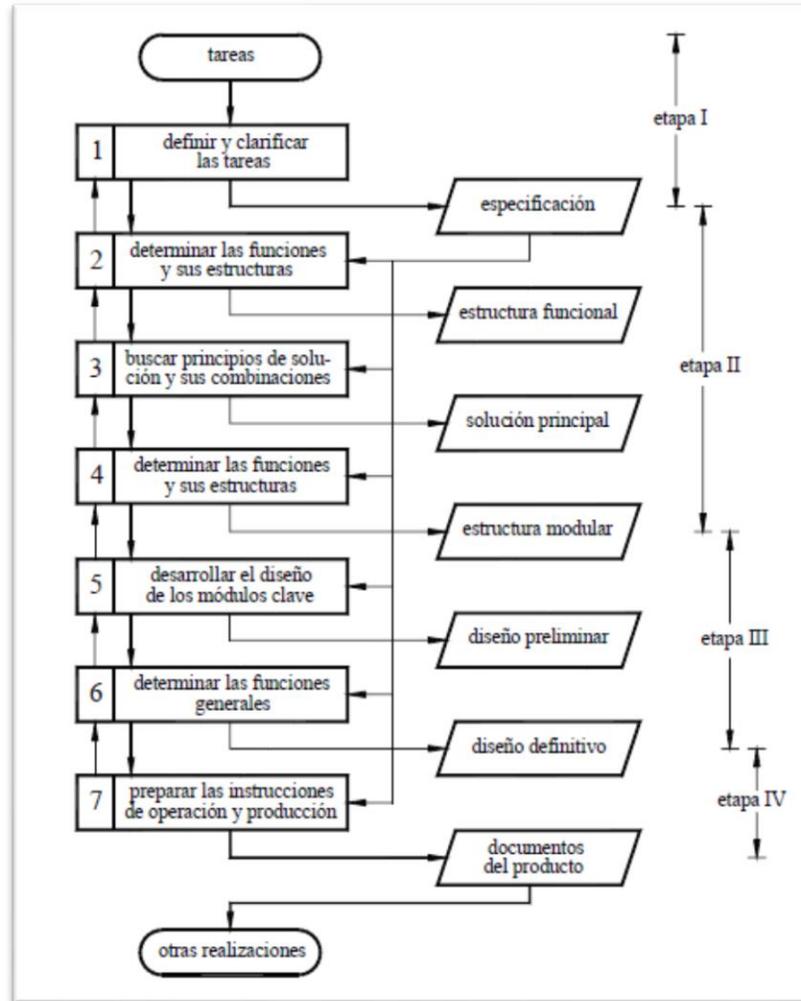


Figura N° 09. Etapas y pasos de la norma de diseño VDI 2221.

Fuente: (Alvarez Callirgos, 2021).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es aplicada, porque es aquella que permite emplear los conceptos y teorías del diseño mecánico para poder realizar diseño de un prototipo de maquina sembradora de maíz amarillo duro. Una investigación es de enfoque cuantitativo por su forma estructurada de recopilar y analizar datos haciendo uso de herramientas informáticas, estadísticas y matemáticas para obtener resultados (Alán & Cortez, 2018, p. 69)

El diseño que logramos utilizar para la investigación es No Experimental transversal, porque no habrá manipulación en las variables. Los datos se obtuvieron según su desarrolló en un momento dado, su alcance es de nivel descriptivo ya que se basa en la indagación, definición, registro y análisis de las variables sin establecer relación causa-efecto.

3.2. Variables y operacionalización.

Variable Independiente

Diseño de máquina sembradora innovadora.

Variable Dependiente

Producción agrícola de Maíz Amarillo Duro.

3.3. Población, muestra y muestreo.

Población:

Las diversas variedades de sembradoras mecánicas utilizadas para sembrar semillas de maíz amarillo duro en el departamento de Lambayeque.

Muestra:

Una máquina sembradora de precisión automatizada para maíz amarillo duro en el departamento de Lambayeque.

Muestreo:

En este caso la muestra es no probabilística, está dirigida y orientada por conveniencia de acuerdo a lo que necesitábamos investigar.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

Las técnicas que se usaron para la presente investigación y su aplicación en campo es la observación.

Observación

Aplicamos la observación simple de tal manera que el observador y el observado participaron de forma más natural y viable, usando instrumentos para la recolección de toda la información de nuestra muestra.

Revisión bibliográfica

En el proceso de búsqueda de información de investigación, se seleccionó solo información relevante y coherente con la realidad problemática.

Análisis documental

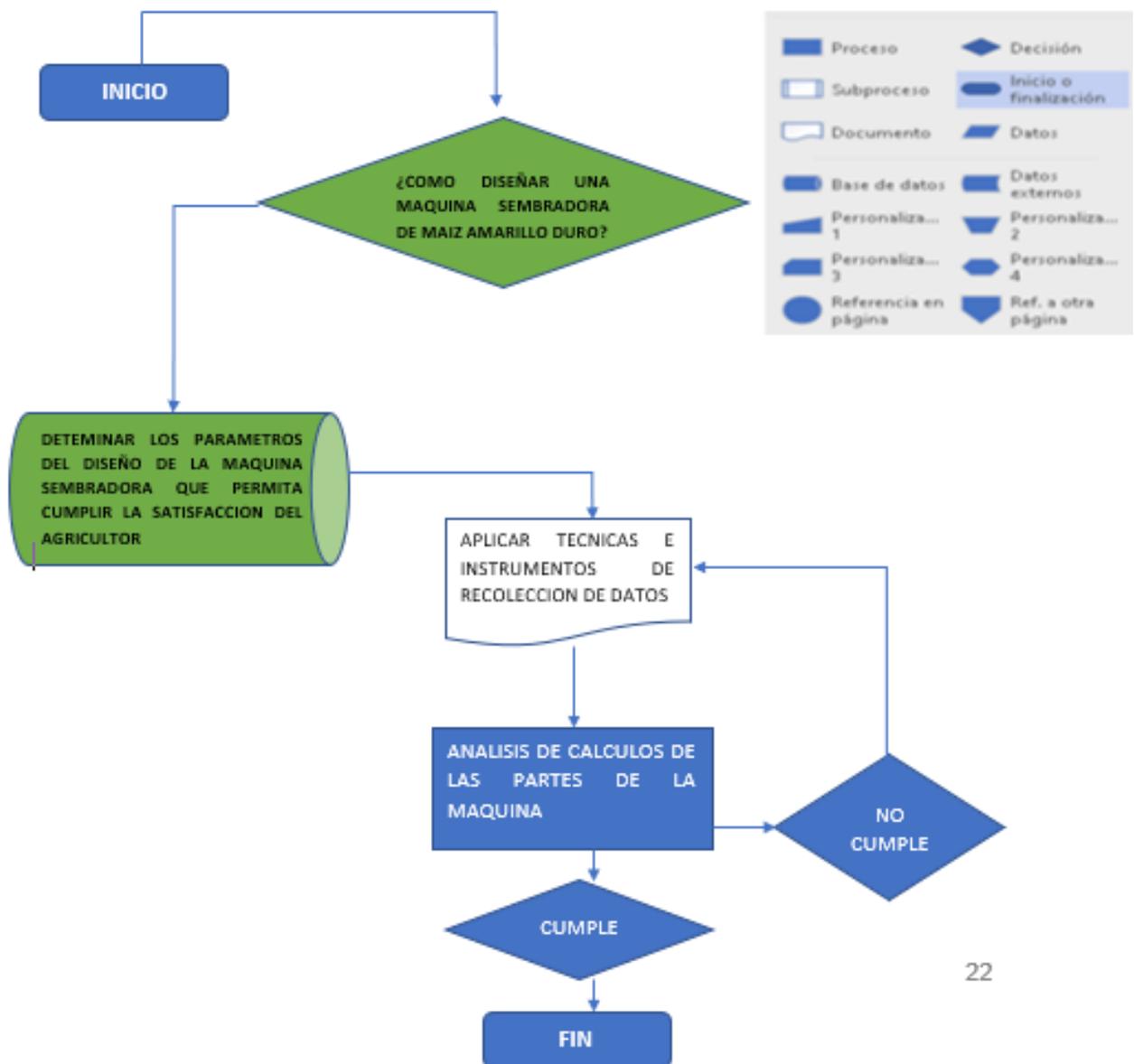
Para esta técnica se aplicó una evaluación exigente a los antecedentes y artículos con la finalidad de contar con información idónea y específica para este proyecto de investigación, la naturaleza de las fuentes de información proviene de proyectos de investigación, artículos, libros, revistas indexadas y páginas web. Todo este proceso de análisis nos sirvió para diseñar y determinar adecuadamente el bombeo con ariete hidráulico.

Instrumento de recolección de datos

Son los procedimientos o actividades, que sirvieron para conseguir la información suficiente para resolver los principales objetivos de la investigación, en este caso como instrumento utilizamos la ficha de apuntes.

3.5. Procedimientos

El procedimiento que empleamos lo detallaremos a continuación



22

3.6. Método de análisis de datos

Los cálculos obtenidos para este proyecto se procesaron manualmente, pero todos los parámetros necesarios se determinaron utilizando un programa informático como, software de diseño de dibujo Inventor para el diseño de las piezas de la

23

maquina sembradora de maíz, el software Microsoft Excel para desarrollar nuestro presupuesto que nos levara a poder implementar el proyecto.

3.7. Aspectos éticos

En la investigación propuesta, se tomarán medidas para evitar herir cualquier susceptibilidad a los participantes durante la aplicación de los instrumentos de recolección de datos. Además, los datos a adquirir provendrán de fuentes confiables y sitios público, respetando los diferentes derechos de autor, protegiendo la salud y el medio ambiente.

Al realizar esta investigación, se respetarán las normas de la guía para la elaboración de trabajos de investigación de la UCV, no existirá dolo o intención de causar daño a lugares y/o personas, al mismo tiempo que se asegurará que la información no sea utilizada para fines particulares, llevando un manejo imparcial de la misma, para actuar de manera justa y equitativa.

IV. RESULTADOS

4.1. Objetivo N°1: Describir los aspectos generales de los procesos del cultivo de maíz, el manejo integrado de cultivo, sus capacidades, tecnologías enfocadas al aumento de rendimiento.

4.1.1. Aspectos generales del cultivo.

El cultivo de maíz en Lambayeque, se desarrolla en un clima tropical seco, que favorece su crecimiento y desarrollo y a su nivel de conductividad en los suelos.

En términos generales, en la región, el cultivo del maíz pasa por las siguientes fases:

a) Preparación del terreno.

Se lleva a cabo una labor de arado con el propósito de remover la capa superficial del suelo, permitiendo una mejor aireación y facilitando la absorción de nutrientes por parte de las plantas.

b) Siembra.

La siembra se realiza en surcos o hileras, generalmente durante el mes de septiembre. Se emplea una densidad de siembra que oscila entre 75,000 y 85,000 plantas por hectárea.



Figura N° 10. Proceso de siembra.

Fuente: (INEI).

c) Nutrición

Se suministra tanto abono orgánico como químico para proporcionar los nutrientes necesarios para el crecimiento óptimo del cultivo.

d) Manejo de malezas

Se llevan a cabo labores de deshierbe con el fin de prevenir la competencia de las malezas con las plantas de maíz por los nutrientes presentes en el suelo.

e) Riego

Se realiza un riego regular y adecuado, adaptado a las necesidades de agua de las plantas de maíz.

f) Control de plagas y enfermedades

Se aplican pesticidas y fungicidas para controlar los insectos y enfermedades que puedan afectar negativamente el desarrollo saludable del cultivo.

g) Cosecha

La recolección del maíz se realiza en enero o febrero, cuando las mazorcas alcanzan su madurez fisiológica y están listas para ser cosechadas.

El amarillo duro, también conocido como sorgo granífero, es un cultivo perteneciente a la familia de las Poaceae, originario de África, pero cultivado a nivel mundial. Es una planta de ciclo vegetativo corto, que puede ser cosechada en un período aproximado de 100 a 130 días.

Después de la siembra, el cultivo de amarillo duro muestra una buena adaptabilidad a diferentes tipos de suelos y condiciones climáticas.

El maíz amarillo duro presenta las siguientes características principales respecto a:

a) Clima y suelo

El amarillo duro se adapta a una amplia gama de condiciones climáticas, desde áreas tropicales hasta áreas templadas. Prefiere suelos bien drenados y profundos, con un pH que varía entre 5,5 y 7,5.

b) Cosecha

La recolección del amarillo duro se realiza cuando los granos alcanzan la madurez fisiológica, que se puede determinar mediante la observación de la humedad del grano y el color de la panoja. Es esencial realizar una cosecha adecuada para evitar pérdidas de rendimiento y calidad.

c) Variedades

Existen diferentes variedades de amarillo duro, algunas con mayor resistencia a condiciones climáticas adversas, plagas y enfermedades, así como con un mejor rendimiento y calidad de granos.

d) Usos

El amarillo duro se utiliza principalmente como alimento para ganado y aves de corral, además de ser empleado en la producción de etanol y otros productos bioenergéticos. También se usa en la alimentación humana, en forma de harina y otros derivados.

e) Beneficios

El cultivo de amarillo duro tiene beneficios medioambientales, ya que puede servir como cultivo de cobertura para mejorar la calidad del suelo y reducir la erosión. Además, requiere menos agua en comparación con otros cultivos, como el maíz.

f) Comercialización

El mercado del amarillo duro es principalmente local, aunque también se exporta a algunos países. El precio del amarillo duro varía según la oferta y la demanda, así como la calidad del grano.

g) Desafíos

A pesar de su adaptabilidad y resistencia, el amarillo duro enfrenta desafíos como el cambio climático, plagas, enfermedades y la competencia con otros cultivos. Es importante que los agricultores estén preparados para enfrentar estos desafíos y adopten prácticas sostenibles para mejorar la calidad y el rendimiento de sus cultivos.

Además de los aspectos generales del cultivo, es importante destacar que en la región de Lambayeque se cultivan diversas variedades de maíz, como el amarillo duro, el morado, el blanco y el gigante. También se debe mencionar que existen prácticas ancestrales transmitidas de generación en generación relacionadas con el cultivo de maíz en Lambayeque, como la selección de semillas, la rotación de cultivos y el uso de abonos orgánicos, las cuales forman parte de la cultura local.

4.1.2. Manejo integrado de cultivo.

El manejo integrado de cultivos de maíz duro en Lambayeque, Perú, es un enfoque que busca optimizar la producción del cultivo mediante la combinación de diversas técnicas y prácticas que permiten minimizar el impacto de las plagas y enfermedades en el rendimiento y calidad del maíz, a la vez que se reducen los costos de La producción de cultivos de maíz duro en Lambayeque se lleva a cabo de manera sostenible, teniendo en cuenta la protección del medio ambiente. El manejo integrado de estos cultivos implica seguir ciertas prácticas, entre las cuales se destaca: Utilización de semillas certificadas, ya que emplean semillas certificadas que poseen un alto potencial de germinación y son capaces de generar plantas vigorosas. Esto permite obtener un rendimiento más elevado en la producción.

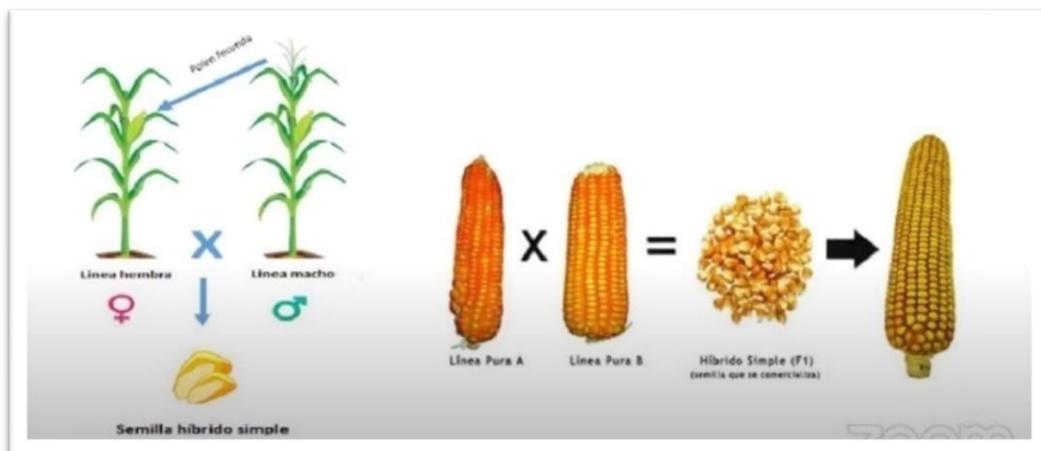


Figura N° 11. Formación de un híbrido.

Fuente: (INEI).

Se debe preparar el suelo adecuadamente para la siembra del maíz, incluyendo la remoción de malezas y la incorporación de abonos orgánicos.

4.1.3. Labranza primaria (preparación inicial y básica).

Se realiza al inicio de la temporada, generalmente después de la cosecha del cultivo previo o aproximadamente 1 o 2 meses antes de sembrar el maíz. En ese momento, el agricultor tiene la alternativa de incorporar una cierta cantidad de fertilizante al suelo. No obstante, se sugiere evitar la labranza temprana en zonas con una pendiente superior al 8%, ya que esto puede favorecer la erosión del suelo debido a las lluvias invernales y los vientos fuertes.

El laboreo en la estación primaveral es una acción sumamente eficaz para gestionar las hierbas adventicias. Asimismo, contribuye a eliminar el exceso de humedad del suelo, mejorar su oxigenación y promover el calentamiento del lecho de siembra. En caso de contar con un cultivo de cobertura, como la alfalfa, en el terreno, se pueden integrar las plantas al suelo durante el laboreo inicial.

De acuerdo con la estructura del suelo, el agricultor puede necesitar el siguiente equipamiento para el laboreo inicial:

- Cultivador de vertedera (se debe evitar en suelos arenosos).
- Cultivadores de discos (eficaces en suelos secos y compactos, pero no recomendados para suelos arenosos).
- Cultivadores de púas (logran mejores resultados en suelos relativamente secos).
- Escarificadores (utilizados para romper la capa superficial del suelo).

4.1.4. La labranza secundaria

Se lleva a cabo unos días antes de la siembra y se pueden emplear los siguientes implementos:

- Cultivadores de brazos (retiran plántulas de malezas y rompen la superficie compacta del suelo, pero requieren cierta humedad para ser eficaces).
- Rastras o gradas de discos (desmenuzan terrones y la superficie compacta del suelo).
- En suelos secos y arenosos, los agricultores deben tener precaución de no alterar la estructura del suelo y evitar un exceso de labranza que cause una remoción excesiva.

Los agricultores que siguen prácticas orgánicas pueden elegir realizar una preparación del suelo más próxima a la siembra. Si las condiciones climáticas son adecuadas, pueden optar por sembrar de inmediato después de la segunda preparación del suelo. En caso de lluvias cercanas a la fecha de siembra, puede ser necesaria una preparación adicional del suelo, ya que las malezas pueden germinar más rápidamente que las plántulas de maíz y afectar su desarrollo.

Con los sistemas de siembra directa, donde se mantienen los residuos del cultivo previo en la superficie del suelo, la preparación se limita a la siembra en una sola pasada y la aplicación de fertilizantes para reducir la perturbación del suelo. En

este caso, el agricultor puede necesitar crear surcos estrechos de 2 a 3 cm de ancho o realizar pequeñas aberturas en el suelo para insertar las semillas. En algunos casos, puede ser necesario utilizar sembradoras sin laboreo para obtener mejores resultados.

Insecto Plaga	Clase	Época De Daño
Cogollero	C	<V5-V6>
Gusano Picador	C	G-V5
Gusanos Cortadores	O	G-V5
Cañero	O	V1-R4
Lorito Verde	O	<V5-V6>
Chinche de Maíz	P	VT
Pulgones	P	V6>
Polilla de La Mazorca	P	R2>
Mosca de la Mazorca	P	R2>
Cigarrita	P	<V5-V6>
Mazorquero	P	VT>
Trips	P	G-V5

C: PLAGA CLAVE

P: PLAGA POTENCIAL

O: PLAGA OCASIONAL

Tabla N° 02. Clases de plagas.

Fuente: (INEI).

Uso de fertilizantes de manera adecuada: se debe aplicar la cantidad adecuada de fertilizantes, en el momento y forma adecuados, para evitar la contaminación del suelo y del agua, y para reducir los costos de producción.

FENOLOGÍA DEL CULTIVO DE MAÍZ AMARILLO DURO

VE	El coleóptero emerge de la superficie del suelo
V1	Se ve el cuello de la primera hoja (la primera hoja siempre tiene la punta redondeada)
V2	Se ve el cuello de la segunda hoja
Vn	Se ve el cuello de la hoja "n" ("n" es igual al número final de hojas de la planta y está usualmente entre 16 y 22; sin embargo, al momento de la floración las cuatro o cinco hojas inferiores se pueden haber perdido)
VT	Se ve completamente la última rama de la panoja; debe tenerse en cuenta que no es lo mismo que la floración masculina, la cual ocurre cuando comienza a derramarse el polen, o sea la antesis.
R1	Se ven los estambres en el 50% de las plantas
R2	Se ven los granos hinchados llenos de un fluido claro y el embrión
R3	Estado lechoso: los granos están llenos de un fluido blanco lechoso
R4	Estado pastoso; los granos están llenos de una pasta blanca; el embrión tiene la mitad del ancho del grano
R5	Estado de diente: la parte superior de los granos está llena de almidón sólido y si el genotipo del maíz es de tipo dentado, los granos son típicamente dentados; en una vista lateral del grano se nota una "línea lechosa", tanto en los granos de maíz duro como en los dentados
R6	Madurez fisiológica: en la base del grano se ve la capa negra; la humedad del grano es de cerca de 35%

Figura N° 12. Fenología del cultivo de maíz amarillo duro.

Fuente: (INEI).

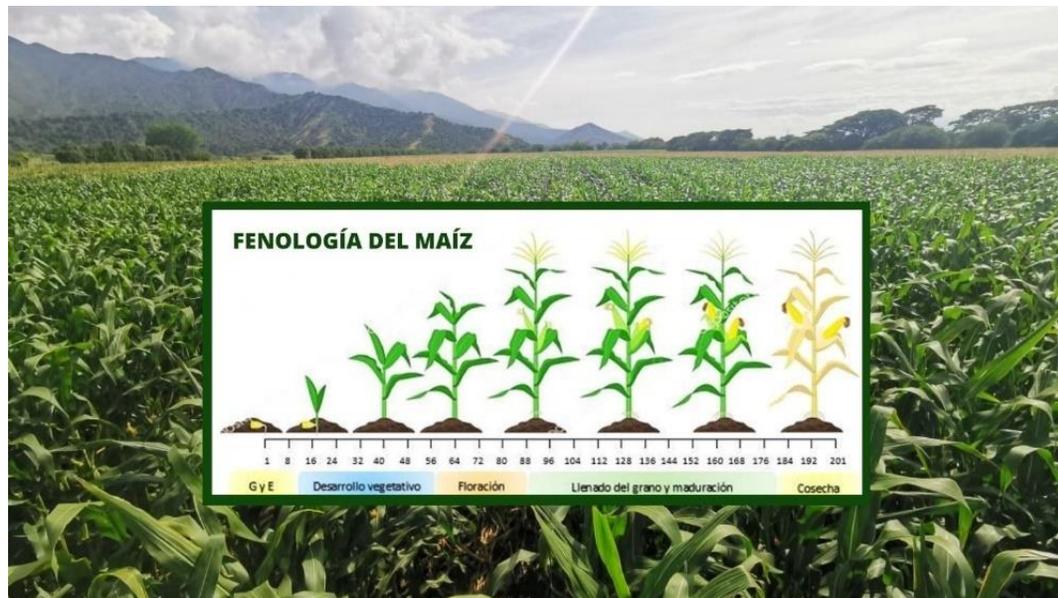


Figura N° 13. Fenología del maíz.

Fuente: INEI.

4.2. Objetivo N°2: Detallar las innovaciones tecnológicas en el proceso productivo y acondicionamiento de maíz amarillo duro mediante la siembra mecanizada, con el fin de mejorar su sostenibilidad, rentabilidad y competitividad.

4.2.1. Tecnología agrícola.

Existen diversas tecnologías disponibles para incrementar la productividad del cultivo de maíz amarillo duro en Lambayeque. Una de estas tecnologías es el uso de maquinaria agrícola, como tractores, sembradoras, cosechadoras y otros equipos. La implementación de maquinaria agrícola brinda ventajas significativas, como mejorar la eficiencia y reducir los costos de producción en diferentes etapas del cultivo. Además, el uso de maquinaria permite llevar a cabo las labores de manera más rápida y eficiente, lo cual puede contribuir a aumentar el rendimiento del cultivo.



Figura N° 14. Tecnología Agrícola (Tractor).

Fuente: (Alvarez Callirgos, 2021).

El uso de maquinaria agrícola en el proceso de siembra de maíz presenta múltiples beneficios en comparación con el método manual. Hay varias razones clave por las cuales utilizar maquinaria agrícola es preferible para el sembrado de maíz:

a) Mayor eficiencia.

Las máquinas agrícolas son mucho más rápidas y eficientes que el proceso de siembra manual. Con una máquina de siembra, se puede sembrar una mayor cantidad de semillas en menos tiempo del que se necesitaría para hacerlo manualmente. Esto permite a los agricultores sembrar grandes extensiones de terreno en un período más corto.

b) Mayor precisión.

Las máquinas de siembra están diseñadas para sembrar las semillas de manera uniforme y precisa. Esto ayuda a reducir la pérdida de semillas y la falta de germinación, lo que a su vez disminuye los costos y aumenta el rendimiento del cultivo.

c) Ahorro de tiempo y dinero.

Al utilizar maquinaria agrícola, se reduce la necesidad de mano de obra, lo que puede resultar en una disminución de los costos laborales y un ahorro de tiempo para los agricultores.

d) Mejora en la calidad del cultivo.

El uso de maquinaria agrícola para la siembra de maíz permite una siembra más uniforme y profunda, lo que promueve un crecimiento más homogéneo de las plantas y una mayor resistencia a enfermedades y plagas.

e) Mayor seguridad.

El uso de maquinaria agrícola disminuye la exposición de los trabajadores a situaciones de riesgo, ya que las tareas manuales pueden implicar el contacto con herramientas y maquinaria que pueden causar lesiones.

4.2.2. Semillas mejoradas.

Además del uso de maquinaria agrícola, otra práctica que contribuye al éxito del cultivo de maíz es el uso de semillas mejoradas. Estas semillas tienen características específicas que las hacen más resistentes a enfermedades y plagas, y les permiten adaptarse mejor a diversas condiciones ambientales. Algunos tipos comunes de semillas híbridas de maíz amarillo duro son:

- **Híbridos de ciclo corto.**

Estas semillas híbridas se adaptan a regiones con veranos cortos y suelos fríos. Son resistentes a enfermedades y plagas, y su tiempo de crecimiento se ajusta a los periodos de cultivo más breves.

- **Híbridos de ciclo medio.**

Estas semillas híbridas son adecuadas para regiones con clima moderado y suelos de fertilidad media. Tienen un crecimiento vigoroso y mayor capacidad para resistir enfermedades y plagas.

- **Híbridos de ciclo largo.**

Estas semillas híbridas se adaptan a regiones con veranos prolongados y suelos altamente fértiles. Tienen un mayor crecimiento y un rendimiento de grano superior.

- **Híbridos de alta densidad.**

Estas semillas híbridas se plantan en una densidad mayor que las variedades tradicionales, lo que permite una mayor producción de grano por hectárea.

- **Híbridos resistentes a enfermedades.**

Estas semillas híbridas han sido desarrolladas para resistir enfermedades específicas que afectan al cultivo de maíz. Estos híbridos son una opción ideal

para los agricultores que desean reducir los costos asociados con la prevención y el tratamiento de enfermedades.

En resumen, el uso de maquinaria agrícola en el sembrado de maíz ofrece ventajas significativas en términos de eficiencia, precisión, ahorro de tiempo y dinero, calidad del cultivo y seguridad laboral. Complementando esta práctica, el uso de semillas mejoradas, como los híbridos de ciclo corto, ciclo medio, ciclo largo, alta densidad y resistencia a enfermedades, brinda a los agricultores la oportunidad de maximizar el rendimiento y la resistencia de sus cultivos de maíz.

Es importante destacar que estas recomendaciones están basadas en prácticas y conocimientos generales relacionados con la agricultura y el cultivo de maíz. Los agricultores deben considerar las condiciones específicas de su región, así como buscar asesoramiento local y actualizado para obtener los mejores resultados en su cultivo.

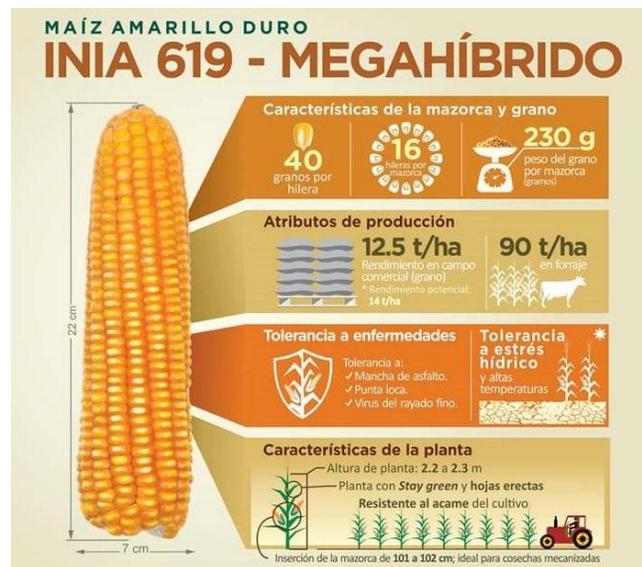


Figura N° 15. Semilla Inía 619.

Fuente: (INEI).

En términos generales, la elección del tipo de semilla híbrida de maíz amarillo duro dependerá de las condiciones específicas de cultivo y de las necesidades y objetivos del agricultor.

4.2.3. Abonos orgánicos.

Una práctica recomendada es el uso de abonos orgánicos, como estiércol, compost y abonos verdes, los cuales ofrecen numerosos beneficios para el cultivo de maíz. Al utilizar abonos orgánicos durante la siembra, se pueden obtener mejoras significativas en la calidad del suelo, lo que a su vez se traduce en un mayor crecimiento y desarrollo de las plantas y un mayor rendimiento del cultivo. Algunas ventajas importantes de utilizar abonos orgánicos incluyen:

a) Aportan nutrientes esenciales.

Los abonos orgánicos constituyen una valiosa fuente de nutrientes indispensables para el crecimiento de las plantas de maíz, tales como el nitrógeno, el fósforo y el potasio. Estos elementos nutricionales desempeñan una función primordial en el desarrollo saludable de las plantas y en la obtención de cosechas de calidad sobresaliente.

b) Mejoran la estructura del suelo.

Los fertilizantes orgánicos colaboran en la mejora de la composición del suelo al incrementar su aptitud para retener tanto agua como nutrientes. Este proceso conlleva a un suelo más fértil y adecuadamente drenado, lo cual propicia el desarrollo de las raíces y la eficiente absorción de nutrientes por parte de las plantas de maíz.

c) Estimulan la actividad microbiana.

Los abonos orgánicos fomentan la actividad microbiana en el suelo. Los microorganismos beneficiosos descomponen la materia orgánica, liberando nutrientes y mejorando su disponibilidad para las plantas. Esta actividad

microbiana también contribuye a mantener la salud del suelo y a prevenir enfermedades.

Son más seguros para el medio ambiente y la salud: Los abonos orgánicos son productos naturales y no contienen químicos sintéticos dañinos. Al utilizar abonos orgánicos, se reduce el riesgo de contaminación ambiental y se protege la salud de los agricultores y consumidores.

d) Posibilidad de producción local.

Los abonos orgánicos pueden ser producidos localmente a partir de residuos orgánicos, como restos de cultivos, estiércol animal y materia vegetal en descomposición. Esto reduce la dependencia de productos químicos y contribuye a la sostenibilidad del sistema agrícola al reducir los costos de transporte y almacenamiento.

En conclusión, el uso de abonos orgánicos durante la siembra de maíz brinda una serie de beneficios, incluyendo la provisión de nutrientes esenciales, la mejora de la estructura del suelo, el estímulo de la actividad microbiana, la seguridad ambiental y la posibilidad de producción local. Los agricultores deben evaluar las condiciones específicas de su cultivo y considerar la viabilidad y los beneficios de utilizar abonos orgánicos en su sistema de producción de maíz.



Figura N° 16. Uso de abonos orgánicos.

Fuente: (INEI).

4.2.4. Riego por goteo.

El riego por goteo es una técnica precisa y eficiente que se puede emplear en el cultivo de maíz. En este método, el agua se suministra directamente al suelo mediante tubos porosos que gotean lentamente cerca de las raíces de las plantas. Esta técnica presenta varias ventajas para la siembra de maíz:

a) Ahorro de agua.

El riego por goteo permite un uso más eficiente del agua, reduciendo las pérdidas por evaporación y escorrentía superficial.

b) Precisión:

El riego por goteo posibilita una aplicación precisa del agua, suministrando la cantidad adecuada directamente en la zona de las raíces de las plantas.

c) Mejora del rendimiento

Al proporcionar a las plantas de maíz la cantidad adecuada de agua y nutrientes, el riego por goteo puede contribuir a mejorar el rendimiento del cultivo.

d) Menor impacto ambiental

Esta técnica de riego es más sostenible, ya que reduce el uso de agua y los riesgos de contaminación del agua y el suelo.

Es importante tener en cuenta que el riego por goteo también puede presentar algunos inconvenientes, como el costo inicial y la necesidad de una infraestructura adecuada. Sin embargo, a largo plazo, los beneficios suelen superar los costos. Además, al decidir qué técnica de riego utilizar, es esencial considerar el clima y la calidad del suelo.

En resumen, el uso de tecnologías como el riego por goteo puede ser una contribución significativa para aumentar el rendimiento del cultivo de maíz

amarillo duro en Lambayeque, Perú. Además del riego por goteo, otras prácticas como la siembra directa, el uso de semillas mejoradas, la aplicación de abonos orgánicos y el control integrado de plagas y enfermedades también pueden ser beneficiosas para el éxito del cultivo.

4.3. Objetivo 3: Precisar las contribuciones al marco referencial para futuros proyectos de diseño y construcción de una máquina sembradora, y su importancia en el desarrollo de las innovaciones y tendencias de la máquina del futuro.

4.3.1. Sembradora de precisión

Las sembradoras de precisión son herramientas agrícolas que permiten una siembra más precisa y uniforme que las sembradoras convencionales. Algunos de los cultivadores más populares se describen a continuación:

- **Sembradoras neumáticas de precisión.**

Son máquinas que utilizan aire comprimido para transportar las semillas desde los tanques de almacenamiento hasta el suelo. Estas sembradoras pueden cuantificar el número de semillas sembradas por metro cuadrado y ajustar la profundidad de siembra para garantizar una germinación uniforme.

- **Sembradoras mecánicas de precisión.**

Estas son máquinas que utilizan un mecanismo de entrega de semillas, generalmente a través de una tolva y un sistema de entrega. Estas sembradoras son menos precisas que las neumáticas, pero son más económicas y adecuadas para pequeñas parcelas.

- **Sembradoras de precisión GPS.**

Son máquinas que utilizan el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) para orientar los cultivos. Estas sembradoras están equipadas con sensores que detectan la velocidad y la posición de la máquina, lo que permite el ajuste

automático de la dosis de semillas para garantizar una siembra uniforme y eficiente.



Figura N° 17. Sembradora de precisión John Deere LA.

Fuente: (John Deere).

Cada tipo de sembradora tiene sus propias características y ventajas, por lo que es necesario elegir la máquina adecuada en función de las necesidades específicas del cultivo y del terreno.

4.3.2. Sistema de riego.

Permiten el aporte de agua de forma controlada y en la cantidad adecuada para el cultivo.

Hay diferentes sistemas de riego utilizados en el cultivo de maíz, cada uno con sus propias ventajas y desventajas. Estos son algunos de los sistemas de riego más comunes para el cultivo de maíz:

- **Riego por goteo:**

Este es un sistema de riego que utiliza tubos con pequeños orificios para llevar agua directamente a las raíces de las plantas. Este sistema es muy eficiente en el uso del agua y reduce la evaporación y la escorrentía. Además, el riego por goteo te permite fertilizar junto con el agua. La desventaja es que la instalación

y el mantenimiento pueden ser costosos y las tuberías pueden obstruirse con el tiempo.



Figura N° 18. Riego por goteo.

Fuente: (Alvarez Callirgos, 2021).

- **Riego por aspersión:**

Es un sistema de riego que utiliza aspersores para distribuir el agua uniformemente sobre el suelo. Este sistema puede cubrir grandes áreas de manera efectiva y precisa, y la tasa de uso de agua se puede ajustar. Además, el riego por aspersión puede reducir la temperatura del aire y aumentar la humedad, lo que puede ser beneficioso en climas cálidos y secos. La desventaja es que es un sistema costoso y su uso puede aumentar la humedad del aire, lo que puede promover el crecimiento de hongos en los cultivos.

- **Centro de Riego de Pivote:**

Es un sistema de riego que utiliza un eje central para distribuir el agua en círculo alrededor de un punto central. Este sistema es muy eficiente en el uso del agua y cubre grandes áreas de manera uniforme. Además, el sistema de riego del eje central puede fertilizar con agua, lo cual es fácil de operar y mantener. La desventaja es que es un sistema costoso de instalar y requiere energía para operar la batería King.

En general, el monitoreo y la gestión de datos en las granjas de maíz pueden mejorar la eficiencia, la productividad y la sostenibilidad de los cultivos. Al proporcionar información valiosa sobre el clima, la humedad del suelo, los nutrientes y las plagas, los agricultores pueden tomar decisiones informadas para maximizar el rendimiento de los cultivos y minimizar los costos y el impacto en el medio ambiente.

4.3.3. Sistema de monitoreo.

4.3.3.1 Monitoreo del clima.

El monitoreo del clima puede proporcionar información valiosa sobre la temperatura, la humedad, la precipitación y la velocidad del viento. Esta información puede ayudar a los agricultores a tomar decisiones informadas sobre cuándo plantar, regar, fertilizar y cosechar sus cultivos. Además, el monitoreo del clima puede ayudar a prevenir daños por heladas, sequías, inundaciones y otros eventos climáticos extremos.

4.3.3.2 Monitoreo de humedad del suelo.

El monitoreo de la humedad del suelo puede ayudar a los agricultores a determinar cuándo regar los cultivos y cuánto regar. Puede reducir el desperdicio de agua y mejorar la eficiencia del riego. Además, monitorear la humedad del suelo puede ayudar a prevenir la escasez de agua en los cultivos y mejorar el rendimiento de los cultivos.

4.3.3.3 Monitoreo de plagas.

El monitoreo de plagas puede ayudar a los agricultores a detectar y prevenir brotes de plagas en los cultivos de maíz. Esto puede reducir las pérdidas de cultivos y minimizar la necesidad de pesticidas y otros productos químicos. Además, el monitoreo de plagas puede ayudar a los agricultores a tomar medidas preventivas, como la rotación de cultivos y la reproducción de variedades resistentes.

4.3.4. Innovaciones en empaques de maíz amarillo duro.

4.3.4.1 Cosechadoras.

Hay diferentes tipos de cosechadoras.



Figura N° 19. Cosechadora de maíz de dos hileras.

Fuente: (Alvarez Callirgos, 2021).

- **Cosechadora de maíz de tres hileras.**

Esta cosechadora está diseñada para cosechar tres hileras de maíz a la vez. Este tipo de máquina es más adecuada para grandes explotaciones.

- **Cosechadora de maíz de 4 hileras**

Esta cosechadora está diseñada para cosechar cuatro hileras de maíz a la vez. Este tipo de máquina es más adecuada para grandes explotaciones.

- **Cosechadora de maíz autopropulsada.**

Esta cosechadora tiene su propia fuente de alimentación y está diseñada para cosechar grandes áreas de tierra. La máquina recoge las mazorcas de las plantas y las recoge en el contenedor. Este tipo de máquina es más adecuada para granjas grandes y granjas comerciales.



Figura N° 20. Cosechadora de maíz autopropulsada.

Fuente: (Díaz, 2019).

4.3.4.2 Secadores de grano de maíz

- **Secador de aire caliente.**

Este tipo de secadora utiliza aire caliente para secar los granos de maíz. El aire caliente se mueve a través de los granos de maíz, eliminando la humedad y reduciendo la humedad del grano. Los secadores de aire caliente son muy eficientes, pero también pueden ser costosos y requieren una fuente de combustible para producir aire caliente.

- **Secador de lecho fluidizado.**

Este tipo de secadora utiliza aire caliente para diluir una capa de granos de maíz. Los gránulos se mueven a través de la secadora en una corriente de aire caliente, eliminando la humedad del grano. El secador de lecho fluidizado es eficiente y puede secar granos a gran velocidad.

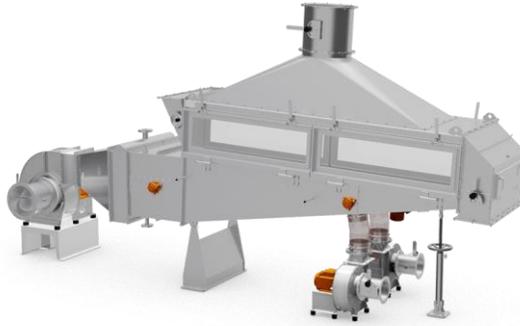


Figura N° 21. Secadora de lecho fluidizado.

Fuente: (Espinoza Encalada & Padilla Salvador, 2021).

- **Secador de microondas.**

Este tipo de secador utiliza microondas para secar los granos de maíz. Los granos se colocan en un contenedor que se coloca dentro del secador de microondas, donde se eliminan la humedad de los granos. Los secadores de microondas son eficientes y rápidos, pero también pueden ser costosos.



Figura N° 22. Secador de microondas.

Fuente: (Espinoza Encalada & Padilla Salvador, 2021).

El principal beneficio de usar secadores mecánicos al cosechar maíz es que reducen el contenido de humedad del grano, lo que ayuda a prevenir el crecimiento de moho en el grano almacenado. Además, los secadores mecánicos son eficientes y pueden secar grandes cantidades de maíz en poco tiempo, lo que permite a los agricultores procesar sus cultivos de manera más rápida y eficiente. Sin embargo, los secadores mecánicos también pueden ser costosos de comprar y mantener, y requieren electricidad para funcionar.

4.3.4.3 Sistema de almacenamiento de maíz.

- **Silos**

Los silos son grandes contenedores cilíndricos de acero o concreto que se utilizan para almacenar grandes cantidades de granos, incluido el maíz. Los silos pueden ser de diferentes tamaños y capacidades, y pueden ser tanto verticales como horizontales. La principal ventaja de los silos es que permiten el almacenamiento seguro y eficiente de grandes cantidades de maíz. Además, los silos pueden equiparse con tecnología de control de temperatura y humedad para mantener las semillas en óptimas condiciones.

- **Depósito**

Un cobertizo es una estructura cerrada que se utiliza para almacenar maíz y otros granos. Los almacenes pueden variar en tamaño y capacidad y pueden estar hechos de materiales como madera, metal u hormigón. La principal ventaja de los graneros es que brindan un almacenamiento seguro que está protegido de plagas, roedores y otros factores ambientales que pueden afectar la calidad del maíz almacenado.

La pila a granel es una forma común de almacenamiento de maíz en la que las semillas se apilan en grandes montones al aire libre. Las pilas grandes

pueden ser una opción económica y versátil para el almacenamiento de maíz, pero también conllevan la posibilidad de pérdida de calidad debido a la exposición a factores ambientales como la humedad y la lluvia.

Las principales ventajas de los sistemas de almacenamiento de maíz son su capacidad para almacenar grandes cantidades de maíz de manera segura y eficiente, la protección contra plagas y factores ambientales, y la flexibilidad para adaptarse a diferentes volúmenes y tamaños de almacenamiento. Además, los sistemas de almacenamiento pueden ayudar a los agricultores a mantener el grano en condiciones óptimas para su comercialización y uso posterior.

4.3.5. Beneficios de la innovación tecnológica

Reducir el uso de insumos en el maíz es una práctica cada vez más común entre los agricultores, ya que no solo reduce los costos de producción, sino que también puede brindar beneficios ambientales y mejorar la calidad de los cultivos.

- **Reducir el uso de pesticidas.**

La reducción del uso de pesticidas en el cultivo del maíz se logra mediante el uso de técnicas de control biológico y cultural, que previenen y controlan plagas sin el uso de químicos nocivos.

- **Reducir el uso de fertilizantes.**

La reducción del uso de fertilizantes en las plantaciones de maíz se puede lograr mediante el uso de técnicas de manejo del suelo, como la rotación de cultivos y la siembra directa, que naturalmente mantienen la fertilidad del suelo. Los fertilizantes orgánicos también se pueden usar en lugar de los fertilizantes químicos convencionales para reducir la cantidad de productos químicos utilizados.

- **Reducir el consumo de agua.**

La reducción del consumo de agua en el cultivo del maíz se puede lograr mediante el uso de técnicas de riego eficientes, como el riego por goteo y el riego programado según las necesidades de los cultivos. Esto no solo reduce el consumo de agua, sino que también mejora la calidad de los cultivos.

- **Mejorar la calidad del grano.**

El uso de tecnologías de acondicionamiento reduce la pérdida de calidad del grano durante la cosecha, el secado y el almacenamiento, aumentando así su valor de mercado.

4.3.6. Agricultura de precisión

La agricultura de precisión se trata de utilizar la cantidad correcta de insumos en el momento y lugar correctos. La agricultura de precisión (AP) utiliza el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y otros medios electrónicos para obtener datos de cultivos. Esta tecnología cumple con uno de los requisitos de la agricultura moderna.

Cuidado óptimo de grandes superficies. En esta forma de agricultura se pueden crear mapas de rendimiento de acuerdo a sectores específicos, ya que las inspecciones se realizan en diferentes sectores en un mismo terreno, y se pueden dibujar diferencias en la topografía o calidad del suelo incluso en el mismo terreno. Esto debe corregirse mediante la gestión diferencial. De la misma manera, se puede mejorar la eficiencia al obtener información importante como el mejor fertilizante o la capacidad adecuada de uso, densidad de semillas, distancia entre hileras, riego, fecha de siembra, etc. Utilizar los recursos y reducir el impacto de la contaminación.

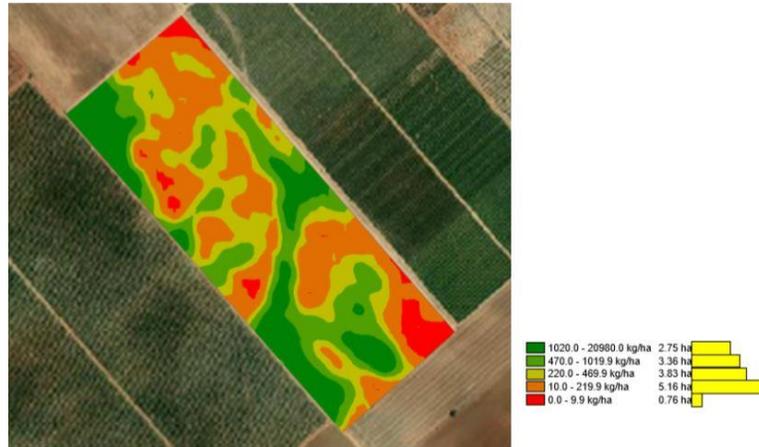


Figura N° 23. Mapas de rendimientos de cosecha.

Fuente: (Espinoza Encalada & Padilla Salvador, 2021).

En la siguiente figura se puede observar los elementos que forman parte de la agricultura de precisión (AP), así como los resultados esperados.

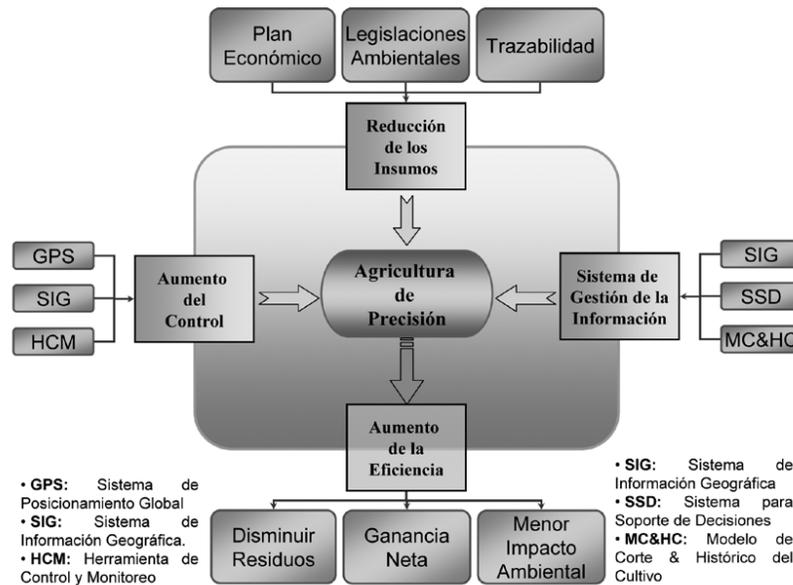


Figura N° 24. Elementos que integran la agricultura de precisión (AP).

Fuente: (Emiliano Garcia & Fernando Flego, 2016).

Para las máquinas sembradoras de grano grueso, la tendencia actual es utilizar dispensadores, pantallas de precisión y sistemas para ayudar a estabilizar el trabajo de la máquina perforadora. Son mecanismos de control esenciales

porque no solo monitorean el flujo de semillas y fertilizantes, sino que también aseguran que las poblaciones de semillas de maíz no experimenten fallas en la siembra. Por esta razón, el control total de la variación espacial es un aspecto importante para lograr la uniformidad y es esencial al estudiar el potencial de rendimiento de todos los cultivos.

4.3.7. Mapas de Rendimiento

Un mapa de rendimiento (MR) es una imagen georreferenciada con una escala de colores que muestra el rendimiento en un punto específico. Suele ser desarrollado por científicos y expertos agrícolas por quienes las partes interesadas (agricultores, recolectores y fabricantes) deben pagar un alto precio para obtenerlo. MR es el aporte de los diversos químicos requeridos por el cultivo (fertilizantes, herbicidas, riego, etc.) en un proceso de fertilización de proporción variable (VD). Las cosechadoras, fertilizantes y otra maquinaria deben estar equipadas con computadoras de a bordo para el control y monitoreo, y también es válido el uso de sensores de flujo para medir y registrar oportunamente el rendimiento (Figura N°25).

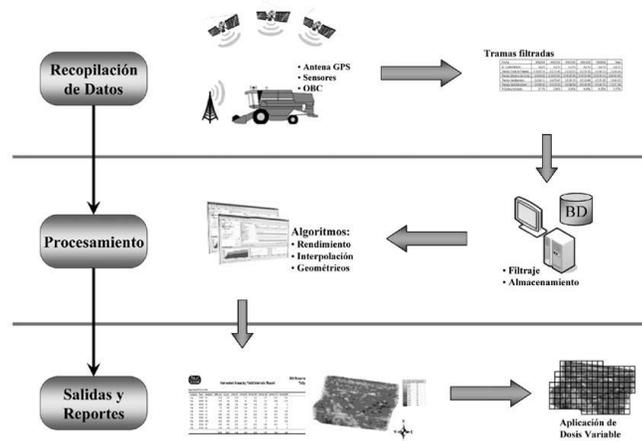


Figura N° 25. Proceso para generar mapas de rendimiento.

Fuente: (Emiliano Garcia & Fernando Flego, 2016).

La siguiente figura muestra el proceso de adquisición de RM y su impacto en el desarrollo de aplicaciones de dosis variable (DV).

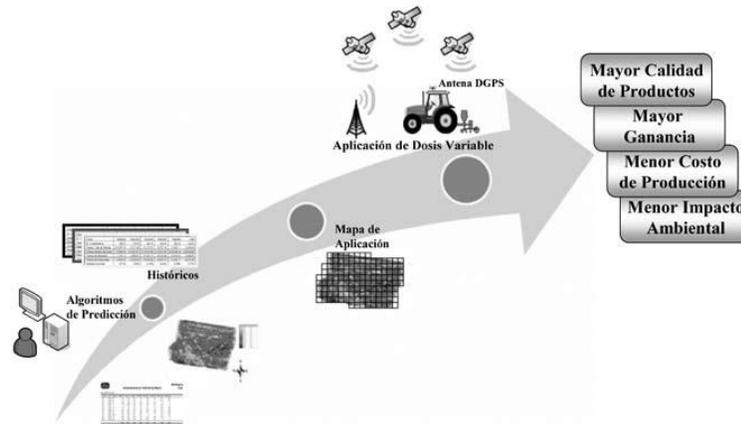


Figura N° 26. Aplicación de dosis variable.

Fuente: (Emiliano Garcia & Fernando Flego, 2016).

4.3.8. La uniformidad espacial en el cultivo de maíz

La uniformidad transitoria es una variable esencial para el rendimiento de los cultivos. Esto se logra con una buena sembradora, que puede mantener una profundidad de siembra uniforme en todo el campo. Siempre consistente en el tiempo, esto también significa que la sembradora y el tallo están diseñados para ser estables en el campo y en el trabajo, teniendo en cuenta la longitud, el peso, el paralelismo, los resortes y el diseño de la máquina. Una tecnología actual utilizada en sembradoras como la Baratec, Agrometal y probada por INTA Manfredi es Twin Force, una innovación que permite prepresurizar el cuerpo de la semilla a pulmón, desde la cabina del tractor, y así mantener constante el trabajo-mantenimiento de la máquina a pesar de vibraciones del suelo. Twin Force logra la estabilidad gracias a un amortiguador para cada semillero, lo que significa que, a pesar de los desniveles repentinos o normales en el suelo, el cuerpo de la semilla no salta, rebota y, por lo tanto, la profundidad permanece constante. El amortiguador también ayuda a aumentar las tasas de siembra sin el riesgo de saltos de los cuerpos, lo que es perjudicial para optimizar la uniformidad del tiempo de siembra. Otro detalle de Twin Force es que es un sistema de sencilla instalación y no requiere de la fuerza hidráulica del tractor para funcionar, como sí ocurre con otros sistemas.

4.3.9. Ciclo completo de la Agricultura de Precisión

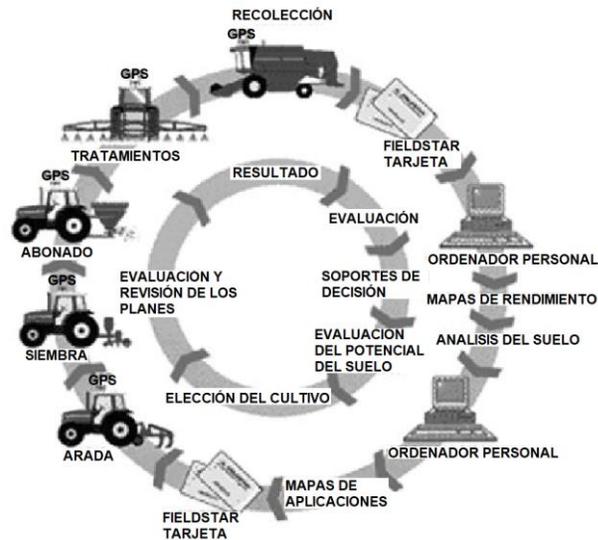


Figura N° 27. Ciclo completo de la siembra de precisión.

Fuente: (Emiliano Garcia & Fernando Flego, 2016).

La agricultura de precisión brinda la capacidad de recopilar, interpretar y utilizar información específica de la granja, transformando datos e información en conocimiento y ganancias. El sistema no solo proporciona una gestión agrícola más eficiente, sino que también mejora la precisión del trabajo y la eficiencia del equipo.

4.3.10. Sembradoras del futuro

Los avances en agricultura de precisión y todas sus herramientas han ido transformando la cabina del tractor en un entorno inhóspito para el conductor. En vista, las principales empresas de siembra han estado trabajando en opciones de dosificadores que se conectan al protocolo ISOBUS. ISOBUS es un lenguaje único a través del cual los tractores, el software y las herramientas se pueden ver en una sola pantalla en la cabina, simplificando las operaciones de trabajo. Al mismo tiempo, evita la duplicidad de pantallas, cableados, creando un espacio más relajado, armonioso y de fácil uso para el conductor.

ISOBUS es un protocolo de comunicación estandarizado internacionalmente que permite que diferentes equipos agrícolas se comuniquen entre sí a través de un único lenguaje común. Con este término nos referimos tradicionalmente a la norma ISO 11783 "Tractores y máquinas agrícolas y forestales - Datos de control y redes de comunicación en serie". Este estándar nació a mediados de la década de 1990 debido a la necesidad de estandarizar y centralizar el control y la interfaz hombre-máquina en sistemas que incluyen tractores y grupos de trabajo, como es el caso de las sembradoras o pulverizadoras. Más concretamente, el sistema ISOBUS permite al operador conectar y controlar varios dispositivos a través de un único terminal gráfico, denominado Terminal Universal (UT), para gestionar que todos los dispositivos ISOBUS sean compatibles, independientemente del fabricante, en lugar de tener un terminal diferente para cada tipo de maquinaria de agricultura. Este protocolo ISOBUS es, por tanto, el resultado de un acuerdo entre los principales fabricantes de maquinaria y equipos agrícolas para solucionar los problemas de compatibilidad, estandarizar y normalizar la comunicación entre otras máquinas, independientemente del fabricante seleccionado.

4.3.11. El rol de la electrónica en las sembradoras de precisión

Además de apuntar a un trabajo más preciso, el nuevo diseño de sembradoras también tiene como objetivo reducir la cantidad de piezas móviles, como actuadores, ruedas motrices, engranajes y cadenas. Esto, con el objetivo de lograr una mayor vida útil de las distintas partes que componen la máquina. Junto con mayores velocidades de siembra, que en algunos modelos y en algunos ambientes pueden alcanzar hasta 14 km/h, la incorporación de un motor eléctrico también mejora la eficiencia de siembra.



Figura N° 28 Sembradoras de precisión.

Fuente: (Emiliano García & Fernando Flego, 2016).

La inclusión de la electrónica en los equipos agrícolas se ha convertido en un paso importante para mejorar la calidad del trabajo. Especialmente en el caso de la siembra, la adaptación del sistema para controlar todos los parámetros que intervienen en el proceso es una ventaja práctica a tener en cuenta. Un ejemplo, aunque no el único, es el sistema Electronic Crop Control (ESC) integrado en el cultivador Kverneland Accord. Este pequeño “cerebro” puede controlar en tiempo real aspectos importantes como la tasa de alimentación real, la capacidad dosificada real y su relación con la teoría deseada, el rendimiento de la máquina y la cantidad de superficie de trabajo. Además, con información sobre la velocidad de rotación del ventilador, el nivel de llenado del tanque y la velocidad de rotación del dosificador, prácticamente todas las funciones pueden controlarse durante la operación.

4.3.12. Aplicaciones electrónicas / Tecnológicas

La agricultura de precisión consiste en adaptar la gestión del suelo y de los cultivos a los distintos cambios que se producen en el terreno utilizando tecnologías de la información. La agricultura de precisión implica la obtención de datos de cultivos utilizando el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y otros medios electrónicos. La información obtenida se puede utilizar para implementar un plan de gestión de la variabilidad. Las tecnologías de agricultura de precisión más utilizadas son los monitores de rendimiento y los sistemas de guía GPS

(marcadores satelitales), pero la agricultura de precisión incluye diferentes densidades de siembra, diferentes aplicaciones de fertilizantes, manejo local de plagas, sensores remotos y muchas otras aplicaciones. Uno de los requisitos de la agricultura moderna puede cumplirse con técnicas de agricultura de precisión: gestión óptima de grandes superficies. El uso de técnicas de agricultura de precisión puede ayudar a aumentar los rendimientos aumentando el valor de los cultivos (cantidad o calidad) o reduciendo los insumos.

4.3.12.1 Sistema de posicionamiento global (GPS)

La tecnología satelital permite calcular las rutas locales y luego informarlas en la pantalla de la máquina. Entre otras cosas, el GPS mide la altitud de cada waypoint en relación con el nivel del mar. Algunos modelos tienen un barómetro incorporado que puede brindar lecturas de altitud más precisas. Estos valores se utilizan para dibujar líneas de lavado, canales, etc. Los cálculos de área requieren un mínimo de 3 puntos circundantes. El error que normalmente se encuentra en este tipo de medición tiende a disminuir a medida que se seleccionan más puntos de referencia.

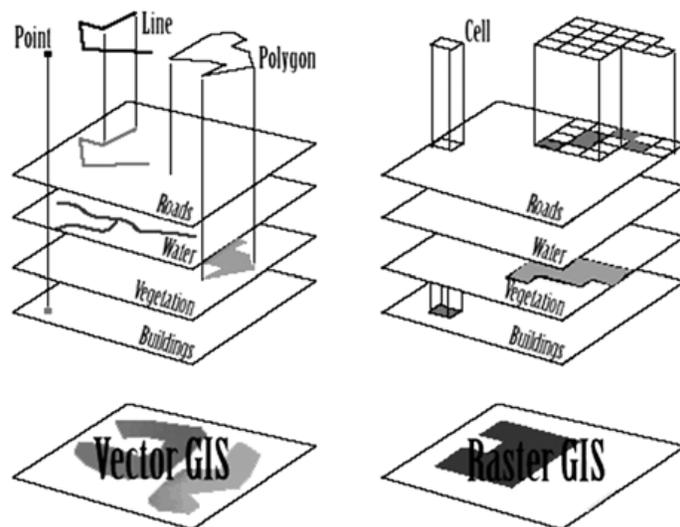


Figura N° 29. Sistema de posicionamiento global (GPS).

Fuente: (Emiliano Garcia & Fernando Flego, 2016).

4.3.12.2 Monitoreo de rendimiento y mapeo

El mapeo de rendimiento sirve para investigar las causas de los altos rendimiento en cada área o zona del campo de siembra, donde se brinda la información detallada sobre el rendimiento total del campo por cada zona específica, de igual forma se brindan parámetros para diagnosticar y corregir las causas donde se originen bajos niveles de rendimiento.

Un monitor de rendimiento trabaja con un software y sensores, los cuales permiten recopilar información y realizar cálculos de rendimiento en el cultivo en función del tiempo y espacio para cada zona o parcela definido en el software de posicionamiento satelital GPS. Los resultados obtenidos se muestran mediante un mapa gráfico detallado. El monitor grafico también es capaz de estimar y registrar la cantidad de humedad en las semillas sembradas, como la cantidad sembrada en cada lugar. El tipo de rendimiento se clasifica en rendimiento “seco” y “húmedo”, el cual se calcula con la división entre la cantidad de semillas en cada ubicación específica y el área de cosecha de la misma. El monitor de rendimiento cuenta cómo mínimo con los siguientes componentes:

1. Sensor de velocidad de avance de la máquina.
2. Sensor de flujo de semilla (Contador de semilla).
3. Sensor de humedad de la semilla.
4. Antena GPS.

4.3.12.3 Monitoreo de rendimiento y mapeo

El mapeo de rendimiento sirve para investigar las causas de los altos rendimiento en cada área o zona del campo de siembra, donde se brinda la información detallada sobre el rendimiento total del campo por cada zona específica, de igual forma se brindan parámetros para diagnosticar y corregir las causas donde se originen bajos niveles de rendimiento.

(sensores remotos) que no entran en contacto físico con el objeto, área o fenómeno que se esté estudiando. Los sensores remotos pueden estar a varios centímetros o kilómetros de distancia según el sistema utilizado y la información deseada. Por ejemplo: Sensor de nitrógeno, fotografía aérea, imagen de satélite, etc.

Los Sensores.

Un sensor es conocido como cualquier dispositivo que puede convertir una cantidad física en una señal eléctrica para proporcionar información o convertirla en una señal eléctrica que puede ser procesada directamente por una computadora. Los sensores son sensores que se utilizan para determinar la posición, la velocidad, la temperatura de una máquina, el estado de un mecanismo o la cantidad de grano cosechado en un momento dado. La máquina, la fertilidad del suelo en el sitio, el grado de crecimiento: plantas vegetativas.

Cualquier máquina agrícola o electrodoméstico contiene muchos sensores que brindan información al usuario en un sistema de medición electrónica de cantidades mecánicas. Una innovación en agricultura de precisión es el uso de dispositivos que pueden determinar en tiempo real algunas características agronómicas de campos microscópicos a medida que las máquinas se mueven a través de ellos. Los sensores agrícolas más expertos y confiables son aquellos encargados de calcular el flujo inmediato de granos que llegan al depósito de una cosechadora operando en condiciones estándar. Estos sensores deben realizar la medición considerando la temperatura y la humedad del grano trillado, y deben ser capaces de determinar con precisión la cantidad de grano recolectado.

Sensores para monitorear el rendimiento instantáneo o en tiempo real.

Este monitor evalúa y registra de manera ágil el desempeño. Los datos indispensables para el correcto funcionamiento del monitor son:

1. Ritmo de avance de la máquina sembradora.
2. Amplitud de trabajo del cabezal de la máquina sembradora.
3. Caudal de grano por unidad de tiempo.
4. Humedad del grano por unidad de tiempo.

Sensores requeridos para el monitoreo del rendimiento:

1. Sensor de caudal de grano.
2. Sensor de humedad de los granos.
3. Sensor de velocidad de desplazamiento.
4. Interruptor de posición del cabezal.
5. Panel de control del monitor.
6. Receptor de posicionamiento global diferencial (DGPS).

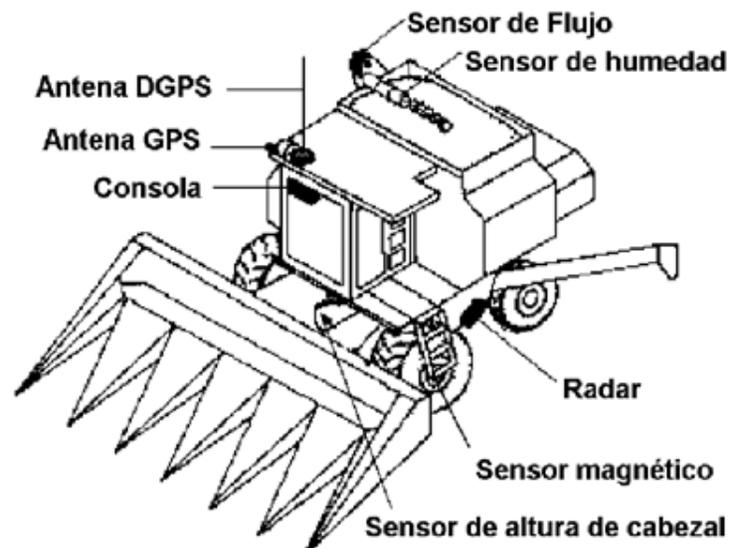


Figura N° 30. Partes del tractor.

Fuente: (Emiliano Garcia & Fernando Flego, 2016).

4.3.12.4 Dispositivos electrónicos.

Estas son computadoras portátiles pequeñas, que están instaladas en la máquina. Y permite almacenar los datos proporcionados por los sensores, el procesamiento básico de los mismos y su posterior presentación en

pantalla. También tienen funciones de control, lo que les permite comandar la máquina para que la máquina pueda cambiar la velocidad o controlar la cantidad de productos a aplicar.

4.3.12.5 Sistema de información geográfica (GIS).

Un Sistema de Información Geográfica (GIS) es en realidad un software diseñado para almacenar, recuperar, analizar y visualizar datos cartográficos. En un SIG, los datos relacionados con la superficie de la Tierra no se representan como un dibujo convencional, como sucede en los mapas tradicionales, sino como información o datos. Estos datos de GIS contienen toda la información espacial de un mapa convencional, pero con la ventaja de ser mucho más flexibles en su representación. Además, permiten generar nuevos mapas a partir de los datos existentes.

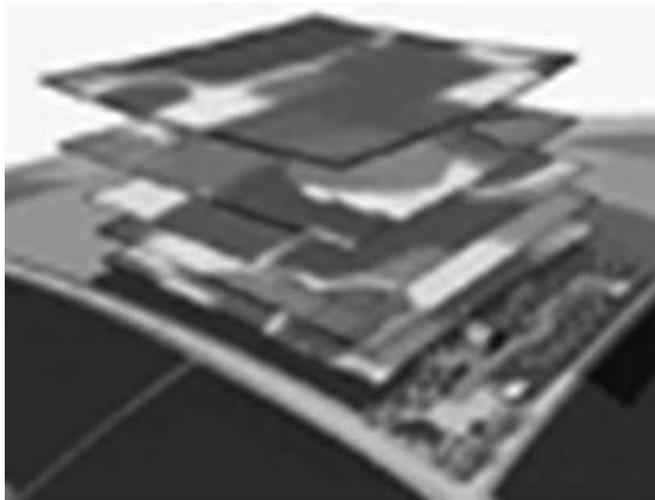


Figura N° 31. Sistema de información geográfica.

Fuente: (Emiliano Garcia & Fernando Flego, 2016).

Hasta el momento, se ha mencionado el uso del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) en la agricultura, pero por sí solo no constituye la Agricultura de Precisión. Es necesario contar con un sistema que permita el acceso organizado a toda la información recopilada, el manejo y análisis de los datos, facilitando su interpretación y la toma de

decisiones. En este contexto, el Sistema de Información Geográfica (GIS) desempeña un papel fundamental debido a todas las características mencionadas anteriormente. A medida que la agricultura de precisión se expande, el GIS también se expande para acompañarla en su desarrollo.

4.3.12.6 Banderillero satelital

Es un sistema de guiado por GPS utilizado para que los equipos sigan una trayectoria específica en el mapa de aplicación. Se utiliza principalmente en pulverizadoras autopropulsadas y aviones aplicadores. Una evolución de este sistema es el piloto automático o auto guía, así como el volante automático, que permite que el implemento siga una trayectoria predeterminada. Permite trabajar en líneas rectas o curvas. Orienta al operador para mantenerse en una línea de aplicación predefinida mediante alertas sonoras e indicaciones en la pantalla. Cuando el operador se desvía de la línea predefinida, la pantalla muestra el error y emite un sonido específico para indicar el desvío hacia cada lado de la línea. Se puede instalar en cualquier unidad con cabina que tenga una alimentación de 12 voltios, ya sea un tractor, pulverizador o cosechadora.

Principales aplicaciones del sistema de navegación por satélite (banderillero satelital):

- Pulverización de cultivos
- Apertura de surcos para siembra
- Aplicación precisa de fertilizantes
- Manejo de cultivos en general
- Marcado de líneas para plantaciones en áreas extensas
- Conteo y seguimiento de líneas durante maniobras en cultivos establecidos
- Preparación de suelos para siembra



Figura N° 32. Banderillero satelital.

Fuente: (Emiliano Garcia & Fernando Flego, 2016).

4.4. Objetivo 4: Obtener información precisa para el desarrollo de un diseño eficaz que permita elaborar un prototipo que satisfaga en su totalidad las necesidades requeridas para la siembra de maíz amarillo duro, aplicando la metodología de diseño VDI 2221.

4.4.1. Lista de exigencias

LISTA DE EXIGENCIAS			
PROYECTO		DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE MÁQUINA SEMBRADORA DE MAIZ	Fecha: 08/06/23
CLIENTE:		UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	Elaborado: P.E.L.E. J.C.C.E.
Características	Deseo o Exigencia	Descripción	Responsable
Función	E	Plantar semillas de maíz de manera ágil y efectiva, cumpliendo con los requisitos específicos del agricultor según sus necesidades.	J.C.C.E.
Geometría	E	Las medidas deben ser las necesarias para poder ser operada por un tractor y poder conseguir una siembra uniforme por el terreno.	J.C.C.E.
Geometría	E	Debe estar equipado con un sistema de dosificación preciso, un implemento para abrir el surco en el suelo, un dispositivo para tapan el surco, ruedas para el	J.C.C.E.

		desplazamiento, un sistema de transmisión eficiente y un chasis resistente.	
Cinemática	E	La velocidad de la máquina estará determinada por la velocidad de avance del tractor, lo cual garantizará una distribución uniforme de los granos, evitando posibles obstrucciones en la salida del dosificador.	J.C.C.E.
Fuerzas	E	La máquina debe soportar la fuerza ejercida por la máxima carga de trabajo, manteniendo un peso ligero y sin sufrir deformación en sus elementos.	P.E.L.E.
Energía	E	La energía motriz de la sembradora la proporcionará la fuerza ejercida por el tractor.	P.E.L.E.
Energía	E	La batería del tractor será la fuente de energía para los componentes electrónicos y automatización.	P.E.L.E.
Energía	D	La energía usada no debe dañar al medio ambiente	P.E.L.E.
Materiales	E	El insumo usado para la sembradora será el maíz amarillo duro	J.C.C.E.
Señales	E	Contará con un sistema automatizado que permitirá el conteo preciso de las semillas, mostrando esta información en una pantalla ubicada dentro de la cabina del operador. Esto facilitará el monitoreo y control de la cantidad de semillas sembradas en tiempo real.	P.E.L.E.
Señales	E	Se mostrará una alarma en la pantalla por bajo nivel de semillas en la tolva.	P.E.L.E.
Seguridad	E	La máquina debe ser segura para el operador tanto durante su operación o durante su mantenimiento.	J.C.C.E.
Ergonomía	E	Debe ser de fácil acoplamiento al tractor, evitando al máximo el desgaste físico por parte del operador.	J.C.C.E.
Ergonomía	E	La máquina debe contar con elementos que al ser operados no debe afectar la ergonomía del operador.	J.C.C.E.
Fabricación	D	Los materiales utilizados en la fabricación de la máquina deben ser de origen local, específicamente de la región de Lambayeque. Esto garantiza una producción más sostenible, fomentando el uso de recursos locales y apoyando la economía regional.	J.C.C.E.

Fabricación	D	Las piezas de la máquina deben de ser de fácil fabricación en cualquier taller.	J.C.C.E.
Montaje	E	Debe ser de fácil montaje y desmontaje, sin la necesidad de herramientas especiales.	P.E.L.E.
Transporte	E	Debe poder ser transportado de forma sencilla por cualquier tractor encontrado en el mercado.	P.E.L.E.
Mantenimiento	E	Debe contar con tareas de limpieza, lubricación e inspección fáciles de realizar (cuando se requiera).	P.E.L.E.
Mantenimiento	E	Los repuestos deben ser de fácil adquisición y reemplazo.	P.E.L.E.
Terreno	E	La máquina operará en un suelo previamente labrado.	J.C.C.E.
Operación	E	Solo un operador podrá operar la máquina, el cual debe estar capacitado y certificado para su manejo.	J.C.C.E.
Costo	D	Debe ser accesible para cualquier agricultor pueda fabricarlo e implementarlo.	J.C.C.E.
Plazos	E	El informe técnico del diseño se entregará antes del 1 de julio de 2023.	J.C.C.E.

Tabla N° 03. Lista de exigencias.

Fuente: (Elaboración propia).

4.4.2. Estructura de funciones

En la Figura N° 33 observamos el funcionamiento general de la máquina sembradora de maíz, donde nuestra materia prima son las semillas de maíz amarillo duro con lo que se obtendrá una siembra con un rendimiento alto de producción. La energía que se utiliza es energía cinética y eléctrica suministrado por el tractor, el cual será accionado y manejado por un operador.

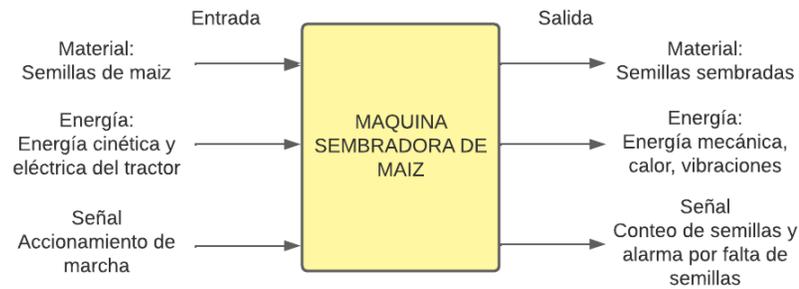


Figura N° 33. Estructura de funciones (entradas y salidas).

Fuente: (Elaboración propia).

- **ENTRADA:**

Señal: Accionamiento de marcha en el tractor.

Energía: El tractor proporciona fuerza cinética y eléctrica

Material: Granos de maíz amarillo duro.

- **SALIDA:**

Señal: Conteo de semillas y alarma por falta de semillas en la tolva.

Energía: Energía mecánica, calor y vibraciones.

Material: Semillas sembradas y tapadas.

4.4.2.1 Orden de operaciones.

- Sustentar la tolva con semillas de maíz.
- Comienzo del recorrido de la máquina sobre la parcela.
- Transmisión de energía al mecanismo dosificador
- Realización del surco mediante el surcador
- Controlar la cantidad de semillas mediante el dosificador
- Colocar semillas en el terreno surcado.
- Cubrir la semilla con una capa de tierra.
- Comprimir el terreno.
- Ejecutar los pasos previos (b, c, d, e, f, g, h) hasta que una señal indique regresar al paso a.

4.4.2.2 Aplicaciones técnicas y limitaciones

La dirección de la máquina va a ser controlada por un operario, el empuje por acción de un tractor y se utilizarán un sistema de cadenas como transmisión de potencia debido a la baja velocidad de trabajo.

Se instalará en la tolva un sistema de alarma electrónica que nos alerte de inmediato cuando sea necesario cargarla para garantizar su correcto funcionamiento, evitar áreas sin sembrar y ahorrar tiempo al no requerir verificación visual

La hondura de siembra debe estar entre los 5 o 8 centímetros.

Dado que la tarea de la sembradora será plantar maíz destinado a forraje verde, la cantidad de semillas por golpe aproximada será de 1 semilla ya que se utilizará con mega híbridos para lograr una adecuada densidad de siembra.

El espaciado entre golpes será de 25 cm y la velocidad de desplazamiento del tractor se evalúa en 8 Km/h.

4.4.2.3 Estructura de funciones

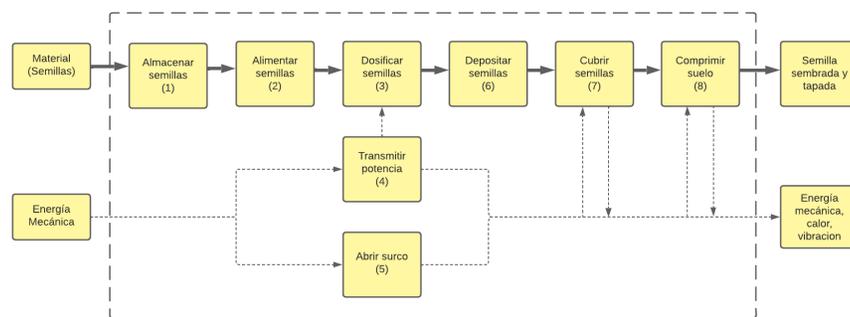
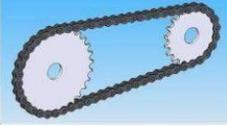
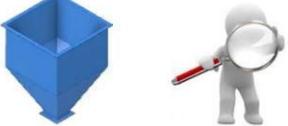
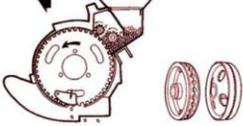


Figura N° 34. Estructura de Funciones (proceso).

Fuente: (Elaboración propia).

4.4.3. Matriz morfológica

Función	A	B	C
Energía motriz	Tractor 		
Desplazamiento de la máquina	Rueda con neumático 	Rueda de metal 	Anclado al tractor 
Transmitir potencia	Cadena 	Poleas y fajas 	Engranajes 
Almacenar	Tolva + control electrónico (alarma) 		Tolva + inspección visual 
Abrir surcos	Surcador de patín o azadón 	Surcador de disco doble cóncavo 	Surcador combinado Azadón + disco doble 
Dosificar semillas (Dosificador)	Mecánico de plato vertical 	Mecánico de plato inclinado 	Neumático 

Depositar	 <p>Tubo de bajada flexible + control electrónico (conteo de semillas)</p>	 <p>Tubo de bajada telescópico + control electrónico (conteo de semillas)</p>	 <p>Canal</p>
	 <p>Rodillo</p>	 <p>Cadena de arrastre</p>	 <p>Disco tapador doble inclinado</p>
Solución:	S1	S2	S3

Tabla N° 04. Matriz Morfológica.

Fuente: (Elaboración propia).

4.4.4. Conceptos de Solución

Concepto de Solución 1 (CS1): Rueda neumática - Sistema de cadenas - Tolva + control electrónico - Surcador de patín - Dosificador mecánico de plato vertical - Tubo de bajada flexible + control electrónico - Rodillo.

En el primer enfoque de solución nos inclinamos por las llantas con neumáticos, dado que estas ofrecen movilidad y tracción al equipo en terrenos accidentados. Para el sistema de transmisión, es más conveniente utilizar un sistema de cadenas, ya que brinda estabilidad y tracción adicional en terrenos difíciles. La Tolva con mayor control electrónico nos permitirá almacenar y regular la distribución de semillas. Gracias al sistema electrónico, podremos conocer la cantidad de semillas restantes sin interrumpir el trabajo para una inspección visual. El Subsolador de patín nos permite preparar el terreno agrícola para la siembra y ajustar la profundidad de trabajo según las necesidades. El dosificador mecánico de plato vertical nos permite distribuir las semillas de manera controlada y

precisa en los surcos preparados. Para dirigir el flujo de semillas desde la tolva al punto de dosificación, el Tubo de bajada flexible es ideal, ya que es flexible y resistente a la abrasión, adaptándose a diferentes ángulos y terrenos. Por último, el rodillo nos ayudará a compactar y nivelar el suelo después de la distribución de semillas, y el diseño del rodillo será seleccionado de acuerdo con el tipo de terreno y el grado de compactación deseado.

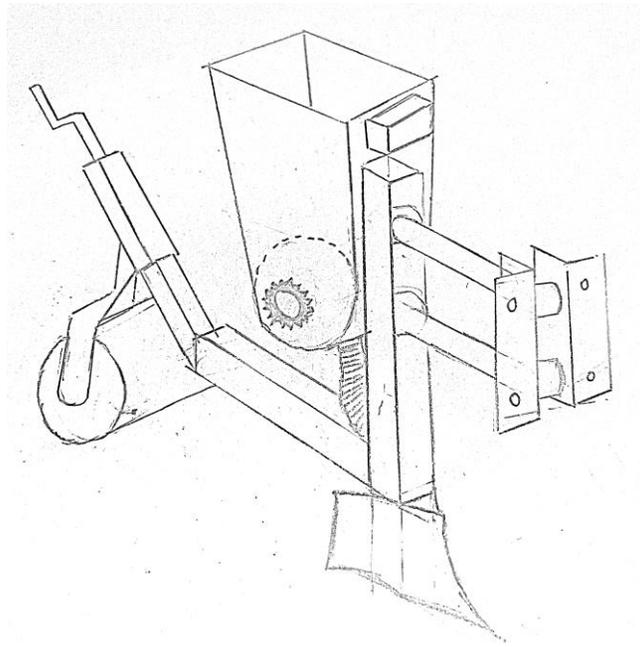


Figura N° 35. Concepto de solución 1.

Fuente: (Elaboración propia).

Concepto de solución 2 (CS2): Rueda metálica - Sistema de poleas - Tolva + inspección visual - Surcador de disco doble cóncavo - Dosificador mecánico de plato inclinado - Canal de bajada - Cadena de arrastre.

Para la movilidad de la sembradora, la rueda metálica brindará tracción y estabilidad al equipo, pero conlleva un desgaste considerable debido a la fricción. En cuanto a nuestro sistema de transmisión, no es recomendable utilizar poleas, ya que estas se desgastan más rápidamente que las

cadena o los engranajes. En cuanto al almacenamiento de las semillas, la combinación de la tolva y la inspección visual no resulta muy viable, ya que podría ocasionar que la máquina avance sin depositar semillas cuando se quede vacía, lo cual afectaría la siembra y prolongaría las horas de trabajo. En cuanto a la dosificación, el dosificador mecánico de plato inclinado nos permite distribuir las semillas de manera uniforme sobre el terreno, dado que es ajustable según los requisitos de cobertura. El canal nos permite dirigir el flujo de semillas desde la tolva hasta el punto de dispensación en los surcos, aunque este no es muy recomendable, ya que por la vibración se podrían salir de su carril. Por otro lado, descartamos el uso de la cadena de arrastre, ya que atraparía las piedras y algunas semillas al pasar sobre ellas, lo cual impediría que estas queden a la profundidad adecuada. En consecuencia, rechazamos este enfoque.

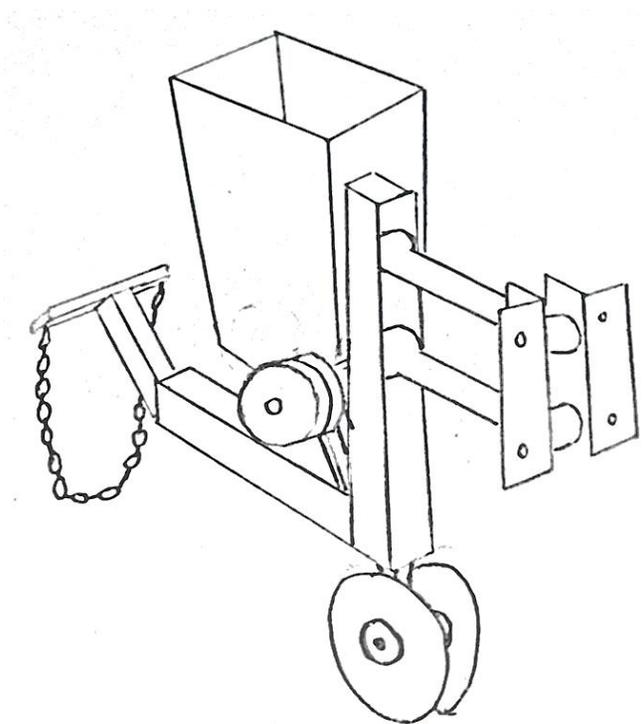


Figura N° 36. Concepto de solución 2.

Fuente: (Elaboración propia).

Concepto de solución 3 (CS3): Anclado al tractor - Sistema de engranajes - Tolva + control electrónico - Surcador combinado (azadón + disco doble) - Dosificador neumático - Tubo de bajada telescópico + control electrónico - Disco tapador doble inclinado

En el tercer enfoque de solución, el tractor nos servirá como punto de anclaje para la máquina sembradora, ya que este se encargará de suministrar energía y movimiento, lo cual nos proporciona una conexión segura y estable entre el equipo y el tractor. Para el sistema de transmisión, el empleo de engranajes nos permitirá transmitir energía y movimiento entre diferentes componentes del equipo. La combinación de la tolva y el control electrónico nos permitirá almacenar y regular la distribución de semillas. Gracias al sistema electrónico, podremos conocer la cantidad de semillas restantes sin interrumpir el trabajo para realizar una inspección visual. Para preparar surcos en el suelo antes de la siembra de semillas, se utilizará un surcador combinado que integra un azadón y un disco doble, lo cual proporcionará un mejor rendimiento en la preparación del suelo. El dosificador neumático nos permitirá distribuir las semillas de manera controlada y precisa en los surcos, ya que utiliza aire comprimido para transportar y dosificar las semillas. El uso de un tubo de bajada telescópico junto con el control electrónico permitirá ajustar la longitud para adaptarse a diferentes anchos de trabajo, aunque no proporciona un cierre de flujo de semillas preciso. Para cubrir y cerrar los surcos después de la dosificación de los materiales, el disco tapador doble inclinado resulta ideal, ya que permite un sellado y cobertura óptimos de los surcos. Sin embargo, cada componente de esta solución tiene un costo muy elevado y aumentaría excesivamente el costo total, por lo que descartamos este concepto.

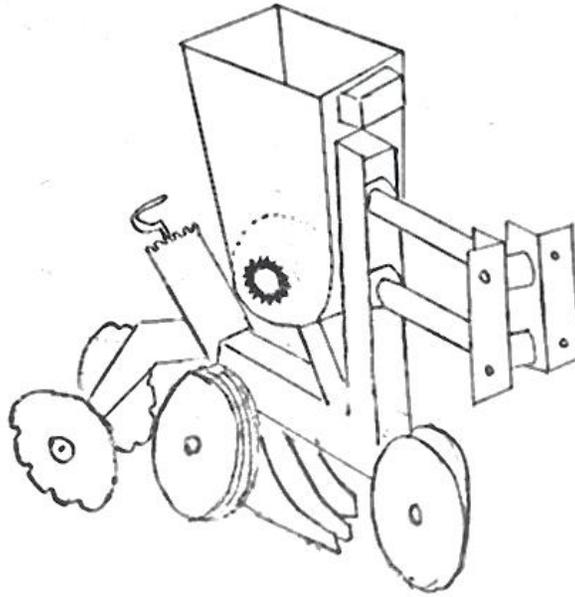


Figura N° 37. Concepto de solución 3.

Fuente: (Elaboración propia).

4.4.5. Evaluación técnica.

Se toman en cuenta los siguientes criterios:

Criterio 1 (C1): Facilidad de fabricación, se asigna una puntuación más alta cuando los componentes de la sembradora son de fácil fabricación o adquisición.

Criterio 2 (C2): Facilidad de operación, se aprecia con una puntuación más alta cuando la máquina ofrece una mayor comodidad al operador y su funcionamiento resulta sencillo.

Criterio 3 (C3): Consumo de energía, se asigna una puntuación más alta cuando el sistema es capaz de aprovechar la energía suministrada con las mínimas pérdidas.

Criterio 4 (C4): Facilidad de transporte, se aprecia con una puntuación más alta cuando se cuenta con mayor facilidad de ensamblaje y desensamblaje para su transporte.

Criterio 5 (C5): Intensidad sonora, recibirá una puntuación más alta la solución con menor nivel de ruido.

Criterio 6 (C6): Requerimiento de mantenimiento, recibirá una puntuación más alta el concepto cuyo mantenimiento sea lo más elemental posible.

Los criterios están calificados con un mínimo de 1 y un máximo ideal de 4.

Valor Técnico = Suma ponderada / Puntuación máxima.

		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Suma ponderada	Puntaje ideal	Valor técnico
	PESO	0.25	0.15	0.15	0.25	0.15	0.05			
S1	Valor	3	4	3	3	3	3			
	calificación	0.75	0.6	0.45	0.75	0.45	0.15	3.15	4	0.79
S2	Valor	3	2	2	3	2	3			
	calificación	0.75	0.3	0.3	0.75	0.3	0.15	2.55	4	0.64
S3	Valor	2	2	3	2	2	2			
	calificación	0.5	0.3	0.45	0.5	0.3	0.1	2.15	4	0.54

Tabla N° 05. Valor técnico.

Fuente: (Elaboración Propia).

4.4.6. Evaluación económica

Costo aceptable de fabricación = S/. 15000

Costo Optimo = 0,7 x Costo aceptable = S/. 10500

Valor Económico = Costo optimo / Costo aproximado

	S1	S2	S3
Costo aproximado	13000	12500	26000
Valor económico	0.86	0.90	0.43

Tabla N° 06. Valor económico.

Fuente: (Elaboración Propia).

4.4.7. Valoración definitiva de los conceptos de solución

	S1	S2	S3
Costo Aproximado	0.79	0.64	0.54
Valor económico	0.86	0.90	0.43

Tabla N° 07. Evaluación de los conceptos solución

Fuente: (Elaboración propia).

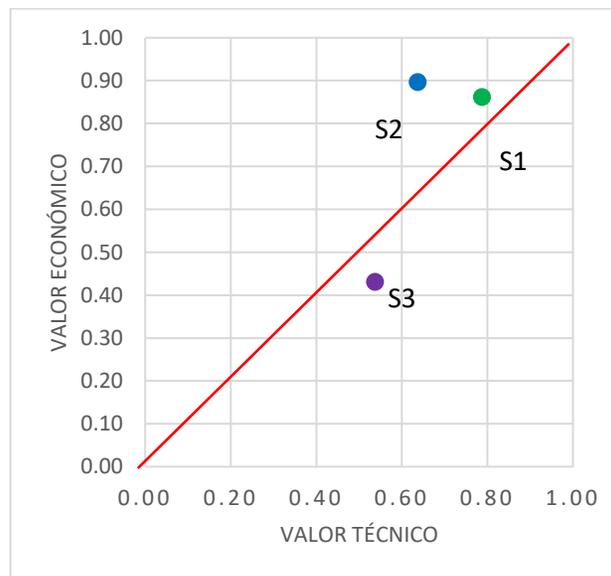


Figura N° 38. Toma de decisiones.

Fuente: (Elaboración Propia).

Según el diagrama de toma de decisiones, se observa que el concepto solución 1 se considera la opción ideal.

4.5. Objetivo 5: Selección y diseño de elementos de una maquina sembradora de maíz amarillo duro con la elaboración del circuito de automatización, planos electromecánicos y el presupuesto de dicho diseño.

4.5.1. Cálculos para la selección y diseño de elementos

4.5.1.1 Densidad poblacional

Para poder determinar la cantidad de semillas sembradas por hectáreas debemos considerar lo siguiente:

Un terreno de 1 Hectárea equivale a una distancia de 100m x 100m.

Debemos tener en cuenta las siguientes consideraciones técnicas:

Espaciamiento entre surcos: 0.80 m (Esto depende la sembradora a utilizar)

Distancia entre semillas: 0.25 m o 25 cm

Nº de surcos en 100 m: $\frac{100}{0.8} = 125 \text{ surcos}$

Nº de semillas sembradas cada 0.25 m: 2 semilla

Velocidad del Tractor: 8 Km/h o 2.22m/s

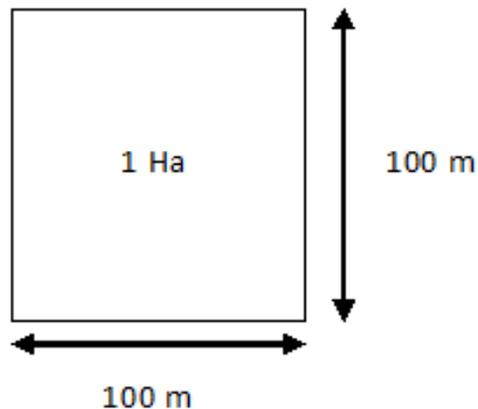


Figura N° 39. Terreno de 1 Ha.

Fuente: (Elaboración propia).

- Cálculo de la cantidad de semillas por metro:

$$\text{Semillas por metro} = \left(\frac{\text{N}^\circ \text{ de semillas sembradas cada } 0.25 \text{ m}}{\text{Distancia entre semillas}} \right)$$

$$\text{Semillas por metro} = \left(\frac{2}{0.25} \right) = 8 \frac{\text{semillas}}{\text{m}}$$

- Cálculo de N° de surcos en 100m:

$$\text{N}^\circ \text{ de surcos} = \frac{\text{Ancho de Parcela}}{\text{Ancho de surcos}}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de surcos} = \frac{100}{0.80} = 125 \text{ surcos}$$

- Cálculo de la cantidad de semillas por Hectárea:

$$\text{Semilla por Hectarea} = \text{Semillas por metro} \times \text{Ancho d parcela} \times \text{N}^\circ \text{ de surcos}$$

$$\text{Semilla por Hectarea} = 8 \times 100 \times 125 = 100\ 000 \text{ semillas/ha}$$

Considerando el 100% en la germinación de las semillas la densidad poblacional será de 100 000 plantas/ha.

- Cálculo para el tiempo aproximado para sembrar 1 ha:

$$\text{Longitud total recorrida} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de surcos}}{4} \times \text{Ancho de parcela}$$

$$\text{Longitud total recorrida} = \frac{125}{4} \times 100 = 3125 \text{ m}$$

Se divide el N° de surcos entre 4 debido a que estamos considerando una sembradora de 4 hileras.

Hallando la longitud total recorrida, continuamos con la siguiente formula:

$$Tiempo = \frac{LT.recorrida}{Velocidad\ del\ tractor} = \frac{3125m}{2.22m/s} \times \frac{1h}{3600\ s} = 0.39\ horas$$

Considerando la recarga de granos de maíz, la operación propia de la máquina y el descanso del tractorista daremos un factor igual a 1.25, dándonos así el tiempo aproximado de siembra.

$$Tiempo\ aprox.\ de\ siembra = 0.39 \times 1.25 = 0.48 \cong 0.5\ horas$$

Por consiguiente 1 ha de maíz es sembrada en 30 minutos.

4.5.1.2 Tolva

La tolva es el recipiente de los granos de maíz, es el componente que posibilitará la entrada de semillas de manera gravitacional al mecanismo dosificador. El depósito adopta la forma de una pirámide truncada invertida con el propósito de obtener una mayor área para cargar las semillas en la parte superior y una menor área en la descarga del depósito. Para su construcción se emplearán láminas de acero de calidad ASTM A-36 con un espesor de 1,5 mm (1/16 de pulgada). Incluye una cubierta fabricada con el mismo acero y cuenta con una señal de advertencia cuya finalidad será alertar con antelación cuando las semillas estén próximas a agotarse.

	PESO DE 1.000 SEMILLAS g.	DENSIDAD g./litro	CAPACIDAD DEL DEPOSITO DE LA SEMBRADORA SEGUN LA POSICION DE LA RUEDA DISTRIBUIDORA			SUPERFICIE CUBIERTA POR CADA LLENADA Y LINEA		
			Vertical Kg.	Inclinada Kg.	Horizontal Kg.	Vertical Ha.	Inclinada Ha.	Horizontal Ha.
Semilla monogermen calibrada.	11-16	370-380	1,5-3,0	3,0- 5,6	5,6- 8,0	0,29-0,58	0,58-1,08	1,08-1,30
Semilla monogermen en píldoras	28	560	2,2-4,5	4,5- 8,4	8,4-10,1	0,20-0,40	0,40-0,76	0,76-0,91
Semilla de maíz.	Ca. 300	700-800	3,0-6,0	6,0-11,2	11,2-13,5	0,11-0,22	0,22-0,42	0,42-0,51

Figura N° 40. Características de la semilla de maíz.

Fuente: (Narvaez Tituaña & Valles Yánes, 2021).

Considerando la Figura N°40:

La masa de 1000 semillas es de 300 g, por ende, la masa individual de cada semilla de maíz es:

$$300 * 1000 = 0.3 \frac{g}{semilla}$$

La densidad de semillas (g/L) oscila entre 700 y 800, si tomamos un valor promedio tenemos:

$$\delta = 750 \frac{g}{L} = 0.75g/cm^3$$

A continuación, procederemos a diseñar la tolva con las dimensiones requeridas para almacenar una cantidad de semillas que resulte en una carga liviana.

El tamaño del depósito se calculará utilizando las siguientes fórmulas:

Para el prisma rectangular.

$$V_1 = Ab \times Hc$$

Donde:

V₁: Volumen del prisma rectangular

Hc: Altura del cuerpo = 30 cm

Ab: Área de la base = 1 110 cm²

Para el volumen del tronco de pirámide cuadrangular.

$$V_2 = \frac{H}{3} (A_{BM} + A_{Bm} + \sqrt{A_{BM} * A_{Bm}})$$

Donde:

V: Volumen de la tolva

H: Altura = 20 cm

ABM: Área de base mayor = 1 110 cm²

ABm: Área de base menor = 28.175 cm²

Al resolver las fórmulas, obtenemos como resultado:

$$V_1 = 1\ 110 \times 30$$

$$V_1 = 33\ 300\ \text{cm}^3$$

$$V_1 = 33.3\ \text{L}$$

$$V_2 = \frac{20}{3} (1\ 110 + 28.175 + \sqrt{1\ 110 * 28.175})$$

$$V_2 = 8\ 766.8\ \text{cm}^3$$

$$V_2 = 8.77\ \text{L}$$

Para calcular el volumen total de la tolva sumamos ambos volúmenes.

$$V_T = V_1 + V_2 = 33\ 300 + 8\ 766.8 = 42\ 066.8\ \text{cm}^3$$

Por lo tanto, las semillas en la tolva llena pesarán:

$$\text{Peso de las semillas en la tolva llena} = \delta * V$$

Donde:

δ : Densidad de semilla de maíz = 0.75 g/cm³

V_T : Volumen de tolva = 42 066.8 cm³

$$\text{Peso de la tolva} = 0.75 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} * 42\ 066\ \text{cm}^3 * 0.001 \frac{\text{Kg}}{\text{g}}$$

$$\text{Peso de las semillas en la tolva llena} = 31.55\ \text{Kg}$$

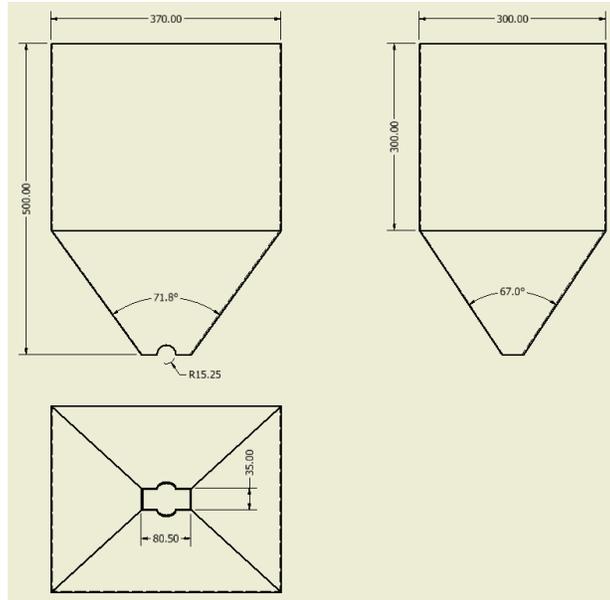


Figura N° 41. Medidas principales de la tolva.

Fuente: (Elaboración propia).

Procedemos a calcular la capacidad de sembrado de nuestra máquina.

Sabemos que en una bolsa de 22 Kg de maíz amarillo duro vienen aproximadamente 60 000 semillas. Además, contamos con 4 tolvas, de las cuales cada una tiene una capacidad de aproximadamente 30 Kg, por lo que sumarían un total de 120 Kg.

Por lo tanto, la cantidad total de semillas entre las 4 tolvas serían:

$$Sm = \frac{60\,000 \text{ semillas}}{22 \text{ Kg}} \times 120 \text{ Kg}$$

$$Sm = 327\,272.73 \text{ semillas}$$

Considerando ahora que nuestra máquina cuenta con 4 líneas de sembrado en su recorrido, procedemos a calcular la cantidad de semillas por línea.

$$C_{sm/L} = \frac{327\,272.73}{4\, líneas} = 81818\, semillas/líneas$$

Una vez obtenida la cantidad de semillas por línea, procedemos a calcular la distancia de siembra en línea real. De acuerdo con las especificaciones técnicas de siembra, se requiere una separación de 0.25 metros por semilla. Por lo tanto:

$$Distancia.S.R = 81818 \times 0.25 = 20454.5\, m$$

Posteriormente, realizamos el cálculo del área de siembra considerando el espacio necesario para que la cosechadora de maíz pueda transitar entre las filas sembradas.

Tomando en cuenta:

d1=1,40 m separación para la cosechadora de maíz

d2= 3.2 m distancia entre 4 hileras de siembra

$$dt=1,40+ 3.2 = 4.6\, m$$

Por lo tanto, el área de siembra será:

Área de siembra

$$A_{sm} = D_{As} \times dt$$

$$A_{sm} = 20454.5\, m \times 4,6m$$

$$A_{sm} = 94090.7\, m^2$$

Área de sembrado = 94090.7 m² o 9.4091 ha.

4.5.1.3 Cálculo de velocidades

El equipo está conformado por 4 sembradoras (4 unidades) de las cuales cada par de ellas es operado por una rueda.

Para evaluar y calcular los sistemas que interactúan en el equipo, se ha dividido en 3 sistemas.

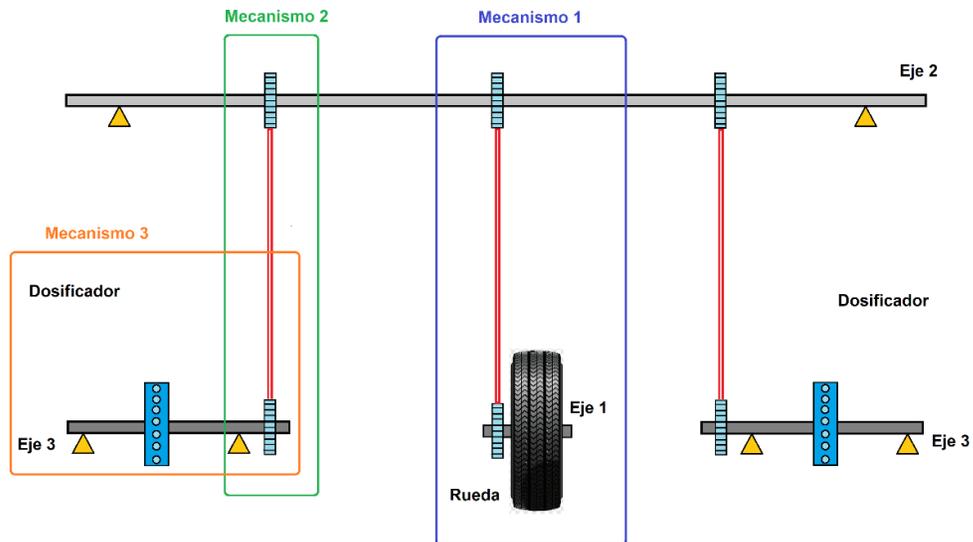


Figura N°42. Mecanismo de la máquina sembradora.

Fuente: (Elaboración Propia).

- **Descripción:**

Al ser arrastrada la máquina y al tener la rueda en contacto con el terreno, se inicia la transferencia de energía desde el eje 1 al eje 2 mediante una cadena. A través de engranajes, se activan los dispositivos de dispensación que permiten el paso de las semillas almacenadas en la tolva hacia el surco, el cual es previamente abierto por los elementos de apertura. Una vez que la semilla cae en el surco, es depositada y posteriormente cubierta, finalizando así el proceso de siembra.

CALCULO DE VELOCIDADES

Analizamos las velocidades de los sistemas propuestos:

MECANISMO 1

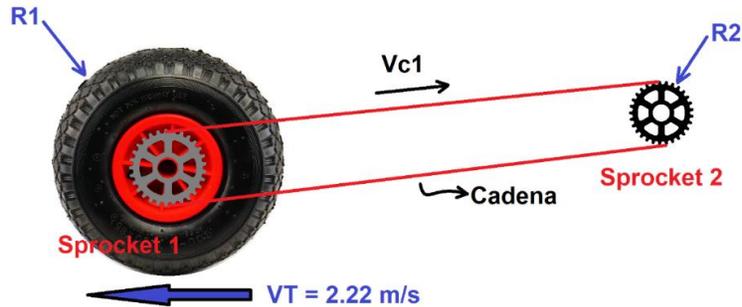


Figura N° 43. Mecanismo 1

Fuente: (Elaboración Propia).

V_T : Velocidad Tangencial (tractor)

W_1 : Velocidad angular en el eje 1

V_{c1} : Velocidad de la cadena 1

D_1 : 0,84 m Diámetro de la llanta

- Considerando una cadena de 1/2" de paso, seleccionamos previamente los siguientes piñones del estándar ANSI 40.

Piñón 1	Z1:	15 dientes	Dp1:	61.08 mm
Piñón 2	Z2:	23 dientes	Dp2:	93.27 mm

Tabla N° 08. Estándar de piñones ANSI 40.

Fuente: (Elaboración Propia).

- Considerando una cadena de 3/8" de paso, seleccionamos previamente los siguientes piñones del estándar ANSI 35.

Piñón 3	Z3:	18 dientes	Dp3:	61.0 mm
Piñón 4	Z4:	18 dientes	Dp4:	61.0 mm

Tabla N° 09. Estándar de piñones ANSI 35.

Fuente: (Elaboración Propia).

VELOCIDAD TRANSMITIDA

Calculando la velocidad angular en el eje 1, siendo:

$$W_1 = \frac{V_T}{D_1/2} = \frac{2.22}{0.42}$$

$$W_1 = 5.286 \text{ rad/s} \quad \text{Solución 01}$$

$$W_1 = 50.48 \text{ rpm} \quad \text{Solución 02}$$

Una vez obtenida la velocidad angular, calculamos la velocidad lineal de la cadena V_{C1} .

$$5.286 = \frac{V_{C1}}{D_{P1}/2}$$

$$5.286 = \frac{V_{C1}}{0.03054}$$

$$V_{C1} = 0.1614 \text{ m/s} \quad \text{Solución 03}$$

Posteriormente, procedemos a calcular la Velocidad angular en el eje 2.

$$W_2 = \frac{V_{C1}}{D_{p2}/2}$$

$$W_2 = \frac{0.1614}{0.09327/2}$$

$$W_2 = 3.4609 \text{ rad/s} \quad \text{Solución 04}$$

$$W_2 = 33.05 \text{ rpm} \quad \text{Solución 05}$$

MECANISMO 2

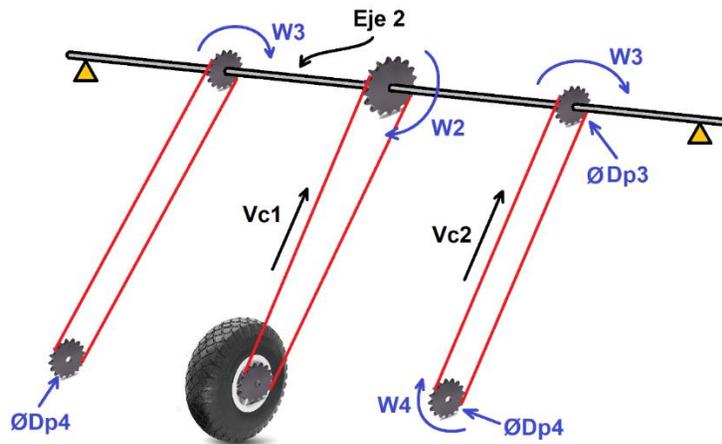


Figura N° 44. Mecanismo 2.

Fuente: (Elaboración Propia).

Se considera los siguientes datos:

$$D_{P3} = D_{P4} = 61 \text{ mm}$$

$$W_2 = W_3 \quad \text{por estar ubicados en el mismo eje.}$$

$$W_2 = 3.4609 \text{ rad/s} \quad \text{(De la Solución 4).}$$

$$W_3 = 3.4609 \text{ rad/s} \quad \text{Solución 06}$$

$$W_3 = 33.05 \text{ rpm}$$

Se calcula la velocidad tangencial de la cadena 2:

$$W_2 = \frac{V_{C2}}{D_{P3}/2}$$

$$3.4609 = \frac{V_{C2}}{D_{P3}/2}$$

$$V_{C2} = 3.4609 * 0.0305$$

$$V_{C2} = 0.1056 \text{ m/s} \quad \text{Solución 07}$$

MECANISMO 3

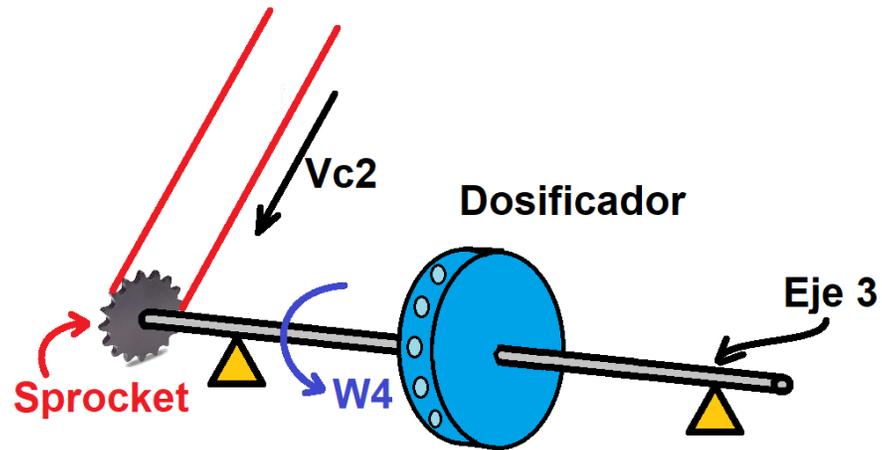


Figura N° 45. Mecanismo 3.

Fuente: (Elaboración Propia).

Como los piñones 03 y 04 tienen el mismo diámetro primitivos entonces

$$W_3 = W_4.$$

$$W_3 = 3.4609 \text{ rad/s}$$

$$W_4 = 3.4609 \text{ rad/s} \quad \text{Solución 08}$$

Se procede a calcular la velocidad tangencial V_{T3} .

$$W_4 = \frac{V_{T3}}{D_{p4}/2}$$

$$W_4 = \frac{V_{T3}}{0.061/2}$$

$$V_{T3} = 0.1056 \text{ m/s} \quad \text{Solución 09}$$

4.5.1.4 Cálculo del eje.

EJE DEL RODILLO

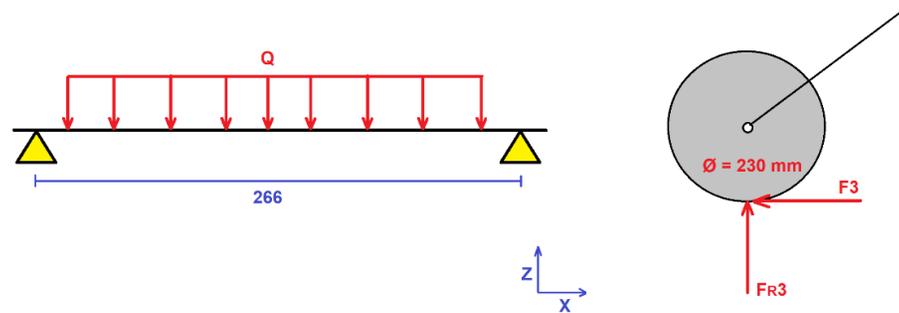


Figura N° 46. Eje del rodillo.

Fuente: (Elaboración Propia).

$$F_3 = 322.22 \text{ N} = 72.438 \text{ lbf}$$

$$F_{R4} = 82.634 \text{ lbf}$$

- Plano XY

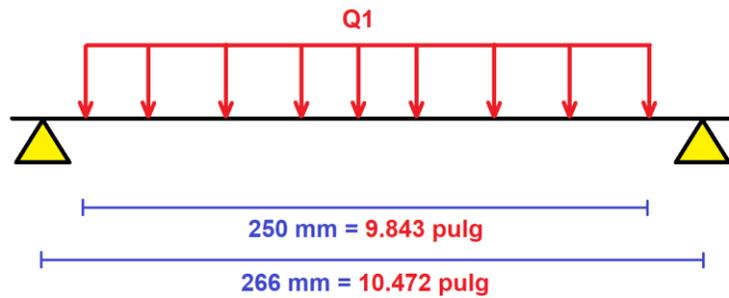


Gráfico N° 47. Plano XY ejes.

Fuente: (Elaboración Propia)

$$0.0254 * \frac{R3}{0.25} = Q1$$
$$Q1 = \frac{72.438 * 0.0254}{0.25} \text{ lbf/pulg}$$
$$Q1 = 7.36 \text{ lbf/pulg}$$

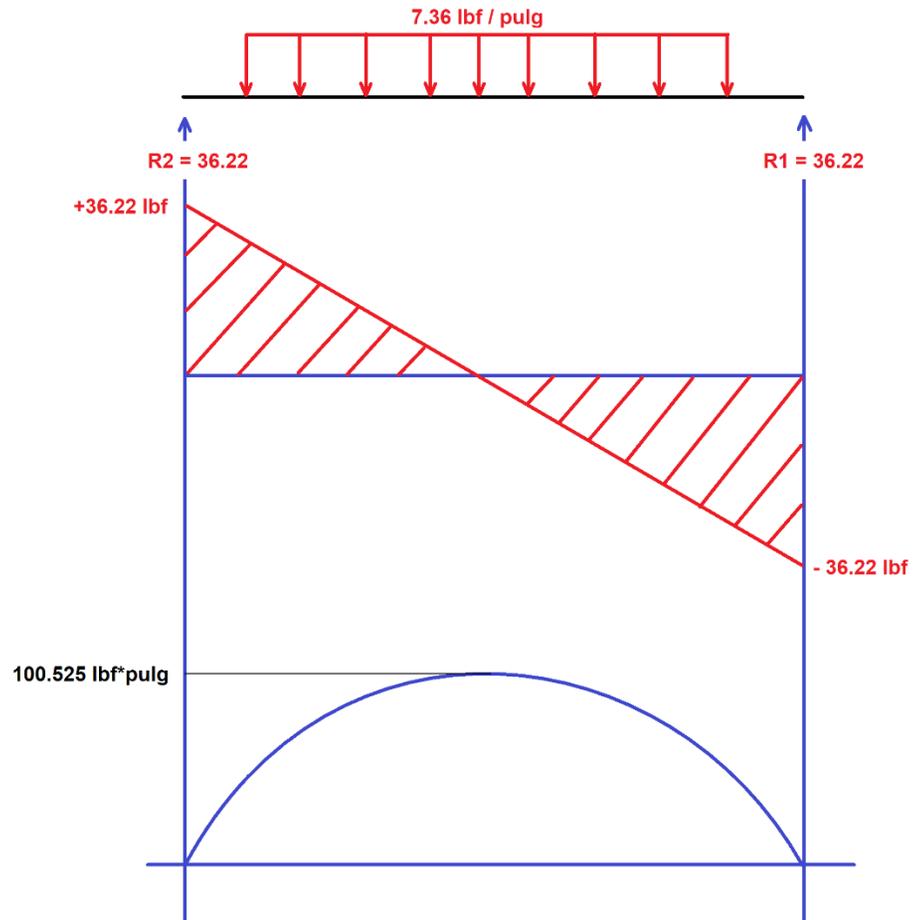


Figura N° 48. Diagrama de fuerzas y momentos.

Fuente: (Elaboración Propia).

- **Plano YZ**

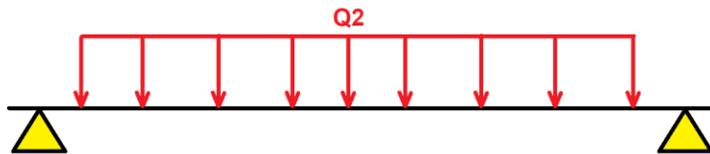


Figura N° 49. Plano YZ ejes.

Fuente: (Elaboración Propia).

$$Q_2 = \frac{F_{R3}}{9.843}$$

$$Q_2 = \frac{82.634}{9.843}$$

$$Q_2 = 8.395 \text{ lbf/pulg}$$

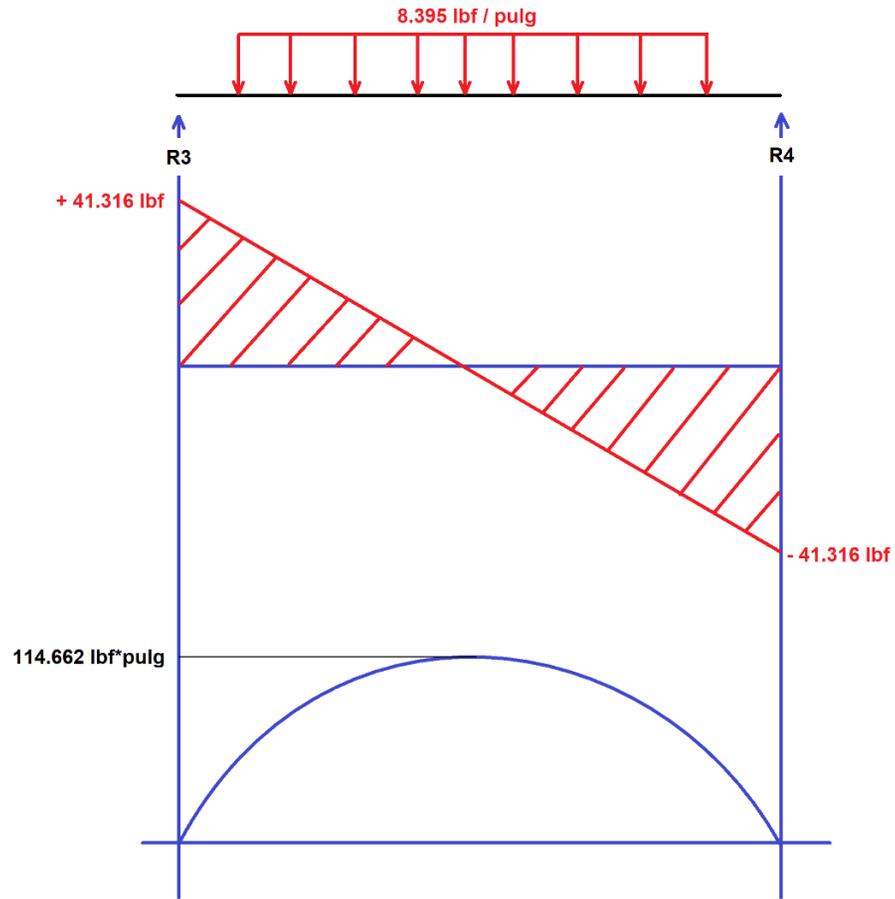


Figura N° 50. Diagrama de fuerzas y momentos YZ.

Fuente: (Elaboración Propia).

➤ **Por resistencia**

Punto crítico:

$$M_r = \sqrt{(114.662)^2 + (100.525)^2}$$

$$M_r = 152.49 \text{ lbf} * \text{pulg}$$

$$T = F_3 * \frac{0.23}{2 * 0.0254} = 72.438 * \frac{9.055}{2} = 327.96 \text{ lbf} * \text{pulg}$$

$$S_{sd} = 8000 \text{ psi (Para SAE 1040)}$$

$K_m = K_t = 1.5 \rightarrow$ Carga cortante

Formula ASME:

$$\frac{16}{\pi * D^3} \sqrt{(K_m * M)^2 + K_t * T)^2} \leq S_{sd}$$

$D \geq 0.70$ pulg $\rightarrow 3/4"$

Eje de $3/4"$

➤ **Por fatiga:**

$$N_S = \frac{\pi * D^3}{32 * \sqrt{\left(\frac{M}{S_y}\right)^2 + \left(\frac{T}{S_e}\right)^2}}$$

$$S_y = 30\,000 \text{ psi}$$

$$S_e = 8\,750 \text{ psi}$$

Con $N_s=1,1$, lo cual representa un margen de seguridad del 10%.

$D = 0,42$ pulgadas, lo cual corresponde a un eje de $1/2$ pulgada.

Respuesta: Utilizamos el eje de $3/4$ de pulgada.

Eje:

Determinamos el eje

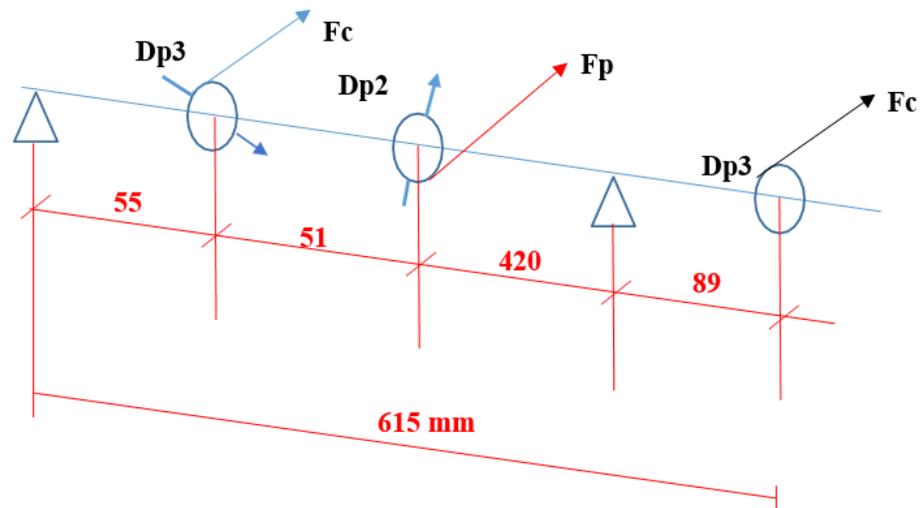


Figura N° 51. Eje.

Fuente: (Elaboración Propia).

$$F_p = 625.85 \text{ lbf}$$

$$F_p * \frac{D_{p2}}{2} = 2 F_c * \frac{D_{p3}}{2}$$

$$625.85 * \frac{3.67}{2} = 2 F_c * \frac{2.88}{2}$$

$$F_c = 398.76 \text{ lbf}$$

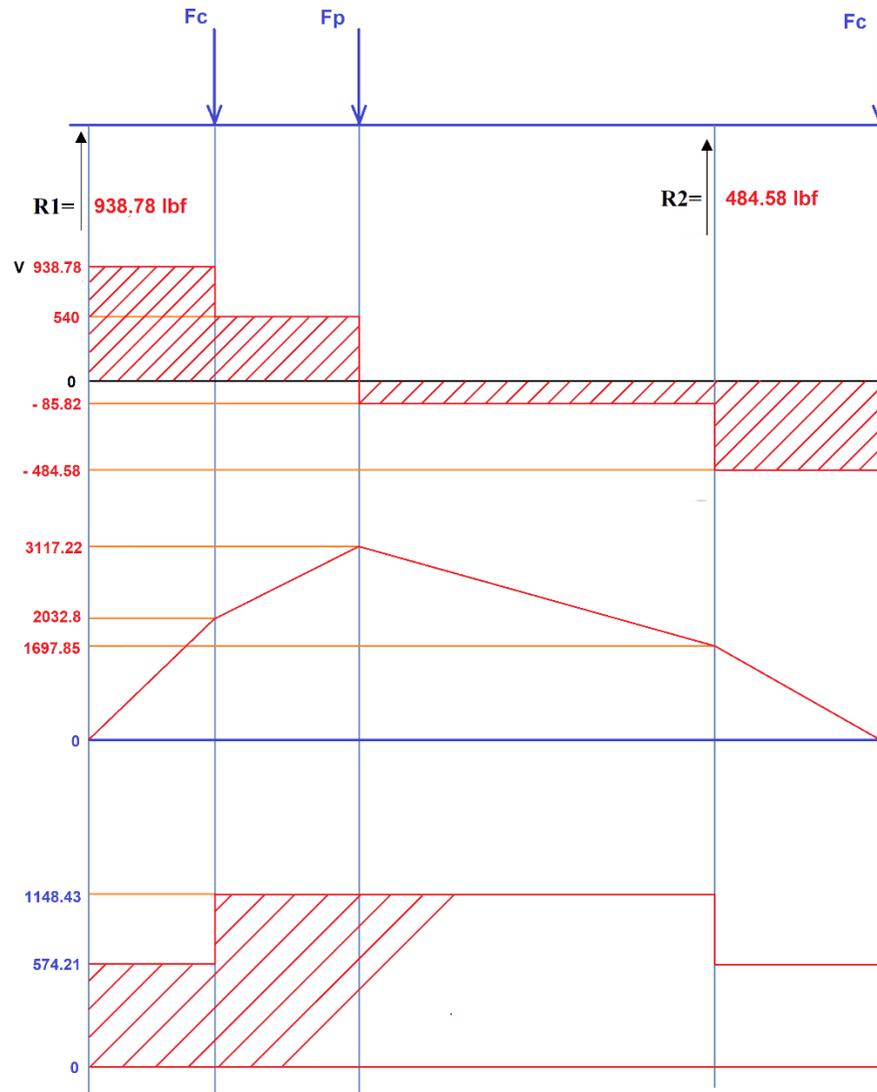


Figura N° 52. Diagrama de fuerza y momento de eje.

Fuente: (Elaboración Propia).

➤ **Por resistencia:**

$$M = 3117.22 \text{ lbf} \cdot \text{pulg}$$

$$T = 1148.43 \text{ lbf} \cdot \text{pulg}$$

$$S_{sd} = 8000 \text{ psi (SAE 1040)}$$

$$K_m = K_t = 1.5$$

$$\frac{16}{\pi \cdot D^3} \sqrt{(K_m \cdot M)^2 + K_t \cdot T^2} \leq S_{sd}$$

$$D \geq 1.467$$

$$D = 1.5 \text{ pulg}$$

$$1.1 \rightarrow N_s = \frac{\pi * D^3}{32 * \sqrt{\left(\frac{M}{S_y}\right)^2 + \left(\frac{T}{S_e}\right)^2}}$$

$$D = 1.875 \rightarrow 2 \text{ pulg}$$

4.5.1.5 Cálculo del espaciamiento del sembrado

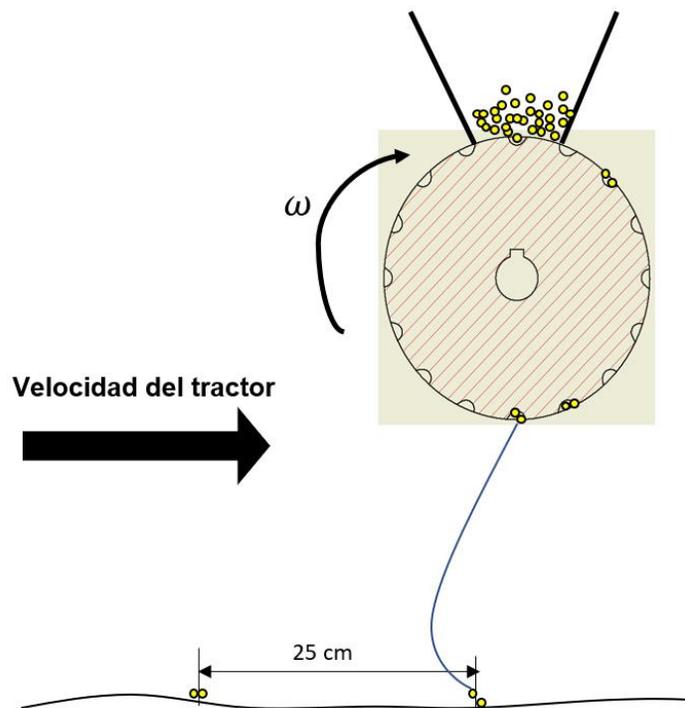


Figura N° 53. Esparcimiento de semillas por el dosificador.

Fuente: (Elaboración Propia).

Se plantea que el tiempo que existe entre caída de semillas es igual al tiempo entre una ranura y la siguiente ranura.

Número de ranuras

$$t. \text{ entre golpes} = t. \text{ alveolo y alveolo}$$

$$t. \text{ entre golpes} = \frac{D. \text{ entre golpes}}{V. \text{ operario}} = \frac{0.25}{2.22} = 0.1126 \text{ seg}$$

$$t. \text{ alveolo y alveolo} = \frac{Paso}{\omega. \text{ rodillo acanalado}}$$

Asumiendo:

$$\omega. \text{ rodillo acanalado} = \omega. \text{ rueda motriz} = 3.4609 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Para una relación de transmisión $i = 1$, tenemos:

$$Paso = t. \text{ alviolo y alveolo} \times \omega. \text{ rodillo acanalado}$$

$$Paso = 0.11261261 \times 3.4609 = 0.38974099 = 0.4 \text{ rad} \cong 22.92^\circ$$

Por lo tanto:

$$\text{Número de alveolos} = \frac{360^\circ}{Paso} = \frac{360^\circ}{22.92} = 15.708 \cong 16 \text{ alvéolos}$$

$$Paso = \frac{360^\circ}{16} = 22.5 = 0.3927 \text{ rad}$$

Recalculando la velocidad angular y RPM del rodillo acanalado con la configuración de 16 ranuras:

$$\omega. \text{ acanalado} = \frac{Paso}{t. \text{ alvéolo y alvéolo}} = \frac{0.3927}{0.1126} = 3.49 \text{ rad/s}$$

$$n. \text{ rodillo} = \frac{60\omega}{2\pi} = \frac{60(3.49)}{2\pi} = 33.3 \text{ rpm}$$

4.5.1.6 Volumen de las ranuras

Propiedad que se ajusta para lograr la cantidad de semillas por dosis. El autor (Alex Fabrizio, 2021) presenta la siguiente ecuación para comprobar que el tamaño de la ranura cumple con el mínimo necesario para contener el volumen de las semillas a ser dosificadas.

$$D = 0.6 \frac{\delta \cdot V \cdot \eta_r \cdot \eta_v \cdot Z}{a \cdot v} \text{ kg/Ha}$$

Donde:

D : Requerimiento de semilla = 30 kg/Ha

δ : Densidad de semilla (g/cm³) = $0,75 \text{ g/cm}^3$

V : Volumen de las ranuras en la posición escogida (cm^3/rev)

nr : Velocidad rotativa del dosificador, el valor oscila entre 30 y 50 RPM = 33,3 rpm

nv : Valor de llenado que varía entre 0,6 y 0,85 = 0,85

Z : Número de dosificadores = 1

v : Velocidad de operación (km/h) = $2.22 \text{ m/s} = 7.992 \text{ km/h}$

a : Anchura de trabajo = 0,8m

Reemplazando los valores en la fórmula obtenemos: $V = 15.0588 \text{ cm}^3/\text{rev}$

Entonces:

$$\text{Volumen de 1 ranura} = \frac{V}{\text{Número de ranuras}}$$

$$\text{Volumen de 1 ranura} = \frac{15.0588 \text{ cm}^3/\text{rev}}{16 \text{ ranura/rev}} = 0.9412 \text{ cm}^3$$

Verificando que el volumen cumpla con el mínimo requerido para contener 2 granos.

El peso individual de cada semilla de maíz es: 0,3 g/semilla

Por lo tanto, el peso total de 2 semillas sería: $2 \times 0,3 \text{ g/semilla} = 0,6 \text{ g}$.

Utilizando la densidad de las semillas de maíz (δ), podemos obtener el volumen de las 2 semillas:

$$\text{Volumen de 2 semillas} = \frac{0.6 \text{ g}}{0.75 \text{ g/cm}^3} = 0.8 \text{ cm}^3$$

Comparando ambas cifras, se puede comprobar que cumple con el volumen requerido para las 2 semillas.

4.5.1.7 Torque en el rodillo acanalado

El dosificador requiere de un Momento Torsor M que le proporcione el giro necesario. Para calcularlo, se considera que el peso de las semillas se encuentra en el centro del eje del rodillo estriado.

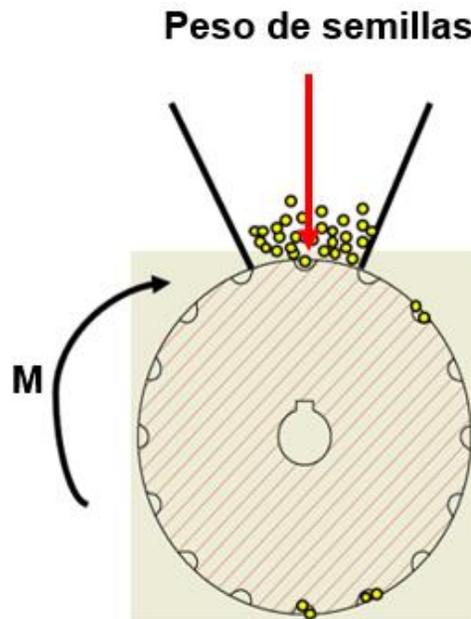


Figura N° 54. Esparcimiento de semillas por el dosificador.

Fuente: (Elaboración Propia).

Al analizar el dosificador, obtenemos el siguiente Diagrama de Cuerpo Libre (DCL).

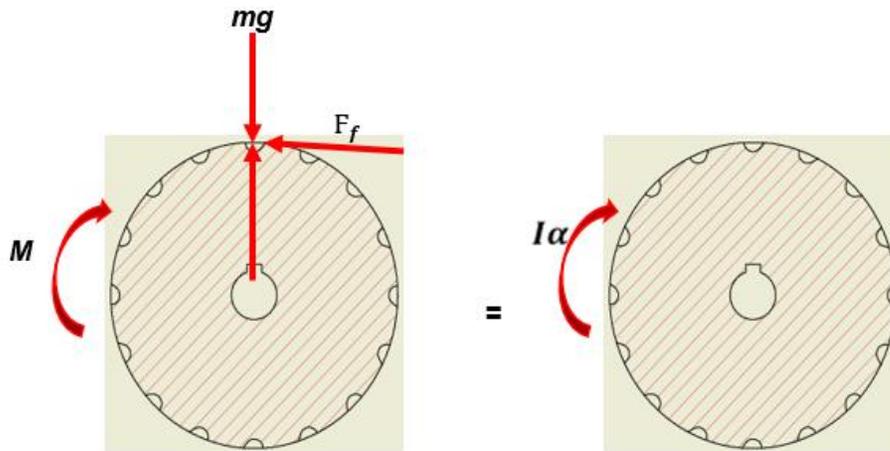


Figura N° 55. DCL del dosificador.

Fuente: (Elaboración Propia).

Aplicando la suma de fuerzas en el eje Y, donde la suma de fuerzas es igual a cero, obtenemos lo siguiente:

$$\Sigma F_y = 0$$

$$N - mg = 0$$

$$N = mg$$

Aplicando la sumatoria de momentos en el punto de origen, obtenemos el siguiente resultado:

$$\Sigma M_o = I\alpha$$

$$M - F_f \times R = I\alpha$$

$$M = I\alpha + F_f \times R$$

Donde:

El radio del rodillo (r): 0.04 m

El Momento de Inercia del rodillo (I): Para calcular este valor, consideramos el dosificador como un cilindro sólido.

$$I = \frac{1}{2} m \times r^2 = \frac{1}{2} \times 3.11 \times 0.04^2 = 2.48 \times 10^{-3} \text{kg.m}^2$$

Aceleración angular (α): Suponemos que en un lapso de tiempo (ΔT), el rodillo logra alcanzar una velocidad angular de 3,5 rad/s.

$$\Delta\omega = \alpha\Delta T$$

Punto	Variaciones del tiempo ΔT	Aceleración angular $(\text{rad}/\text{s}^2)\alpha$
1	0.5	7
2	1.0	3.5
3	1.5	2.33
4	2.0	7.75
5	2.5	1.4

Tabla N° 10. Valores probables de aceleración.

Fuente: (Elaboración propia).

Se elige un valor aproximado $\Delta T = 1\text{s}$ cuando se alcanza la velocidad de 3,5 rad/s, por lo tanto: $\alpha = 3,5 \text{ rad/s}^2$

La fuerza de fricción (F_f): Es la fuerza que actúa en dirección opuesta al movimiento. Este valor se obtiene mediante la siguiente fórmula.

$$F_f = \mu \times N$$

Donde:

F_f : Fuerza de fricción (N)

μ : Coeficiente de fricción entre las semillas de maíz y el acero = 0,35
(Alvarez Callirgos, 2021).

N : Normal (N): Es igual al peso de las semillas

$$N = mg = 3.11Kg \times 9.81 \frac{m}{s^2} = 30.51 N$$

Por lo tanto, la fuerza de fricción da como resultado:

$$F_f = 10.67 N$$

Reemplazando los valores en la fórmula, obtenemos el valor del Momento Torsor (M).

$$M = 2.48 \times 10^{-3} \times 3.5 + 10.67 \times 0.04$$

$$M = 0.435 N.m$$

4.5.1.8 Potencia en el Dosificador

La potencia se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$P_{dosificador} = M \times \omega_{dosificador} = (0.435 Nm) \left(3.5 \frac{rad}{s} \right)$$

$$P_{dosificador} = 1.54 W$$

4.5.1.9 Selección de la cadena

Paso 01: Relación de transmisión

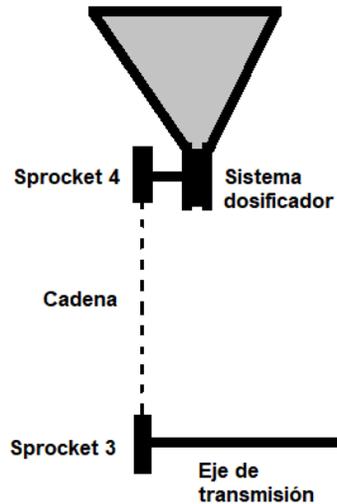


Figura N° 56. Relación de transmisión.

Fuente: (Elaboración propia).

$$i = \frac{n1}{n2} = \frac{N \text{ sprocket 1}}{N \text{ sprocket 2}} = \frac{33.3}{33.3} = 1$$

Paso 02: Numero de dientes de los Sprocket

Asumiendo $Z_1 = 18$ dientes, entonces el Sprocket conducido tendrá:

$$Z_2 = 18 \times 1 = 18$$

Paso 03: Potencia del diseño

$$\text{Potencia de transmision} = 1.54 \text{ W} \times \frac{1\text{Hp}}{746\text{W}} = 0.002 \text{ Hp}$$

Dado que la potencia calculada es inferior a la potencia mínima requerida en la Figura N°57, seleccionaremos una potencia de 0,1 HP como valor de diseño. Esta elección proporcionará un margen de tolerancia necesario para el diseño.

Paso 04: Selección de la cadena

Según la Figura N°57, para una velocidad de 33.3 rpm y una potencia de 0.1 HP, se recomienda utilizar una cadena ANSI N° 35 - 1. Además, según la figura 56, el paso (p) correspondiente para esta cadena es de 3/8 pulgadas.

Paso 05: Diámetro de paso de los Sprockets

$$d_p = \frac{p}{\text{sen}\left(\frac{180}{Z1}\right)}$$

d_p : Diámetro de paso del piñón

p : Paso de la cadena = 0,375" pulg.

Reemplazando todos los datos obtenemos:

$$d_p = \frac{0.375}{\text{sen}\left(\frac{180}{18}\right)} = 2.16 \text{ pulg} = 55\text{mm}$$

Paso 06: Velocidad tangencial de cadena

$$v = \frac{\pi dxZ1}{12}$$

Reemplazamos:

$$v = \frac{\pi x 2.16 x 33.3}{12} = 19 \text{ pies/min}$$

Esto cumple con el requisito de velocidad mínima establecido en la figura N°56 para una lubricación realizada de forma manual.

Paso 07: Longitud total de la cadena

La longitud estimada de la cadena se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$L_p = 2C_p + 0,53(z_1 + z_2)$$

La longitud estimada de la cadena se determina mediante la siguiente ecuación:

$$L_p = 2C_p + 0,53(z_1 + z_2)$$

Considerando una separación entre centros de $C_p = 68.664$ pasos, obtenemos la longitud aproximada de la cadena en pasos:

$$L_p = 2(68.664) + 0,53(18 + 18)$$

$$L_p = 156.408$$

Redondeando al valor par más cercano, obtenemos:

$$L_p = 156 \text{ pasos}$$

Por lo tanto, la distancia correcta entre centros será:

$$C_p = \frac{1}{4} \left[L_p - \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \sqrt{\left(L_p - \frac{Z_1 + Z_2}{2} \right)^2 - \frac{8(Z_1 + Z_2)^2}{4\pi^2}} \right]$$

$$C_p = 68.664$$

Posteriormente, la separación entre centros será:

$$C = C_p \times p = 68.664 \times 0.375 = 25.749 \text{ pulg} = 654.0246 \text{ mm}$$

Paso 08: Recomendación

Se sugiere emplear una cadena ANSI N° 35

ANSI N°	PASO Pulgs	CARGA DE ROTURA Lbs.	PESO PROMEDIO EN lbs/pie.	VELOCIDAD MAXIMA, PIES/MIN		
				TIPO DE LUBRICACION		
				MANUAL	GOTEO	SALPICADURA
25	1/4	875	0,09	500	2 500	3 500
35	3/8	2 100	0,21	370	1 700	2 800
40	1/2	3 700	0,42	300	1 300	2 300
50	5/8	6 100	0,68	250	1 000	2 000
60	3/4	8 500	1,00	220	850	1 800
80	1	14 500	1,73	170	650	1 500
100	1 1/4	24 000	2,50	150	520	1 300
120	1 1/2	34 000	3,69	130	430	1 200
140	1 3/4	46 000	5,00	115	370	1 100
160	2	58 000	6,50	100	330	1 000
180	2 1/4	76 000	9,06	95	300	950
200	2 1/2	95 000	10,65	85	260	900

Figura N° 57. Especificaciones para las cadenas de rodillos.

Fuente: (Alvarez Callirgos, 2021).

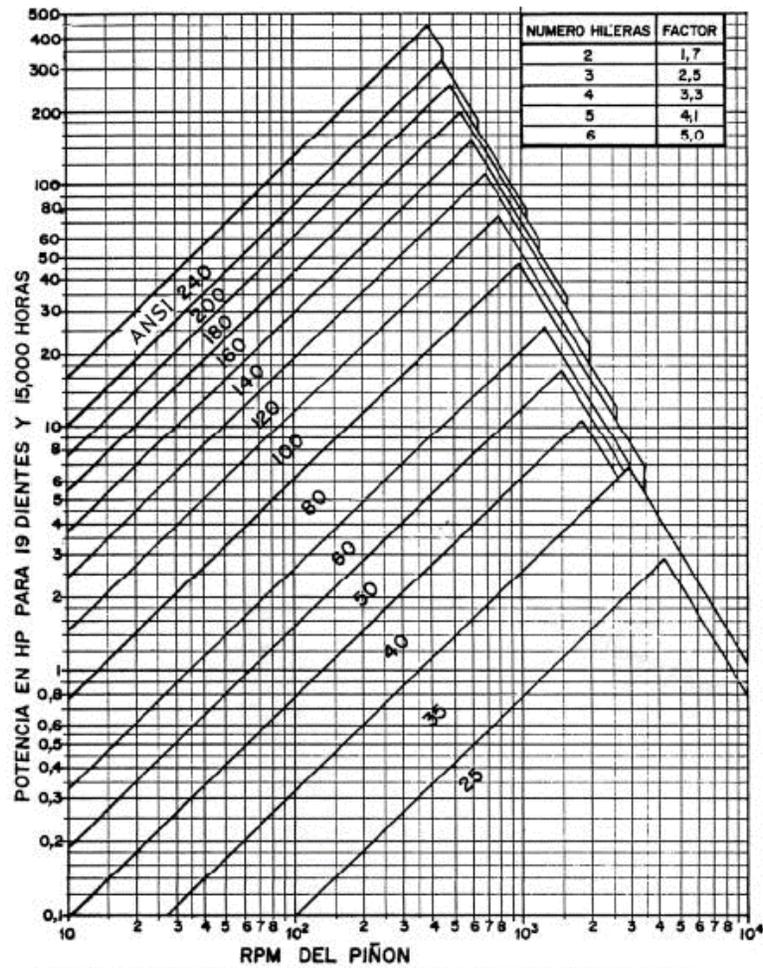


FIG. I: CAPACIDADES DE LAS CADENAS DE RODILLOS

Figura N° 58. Capacidad en las cadenas de rodillos.

Fuente: (Alvarez Callirgos, 2021).

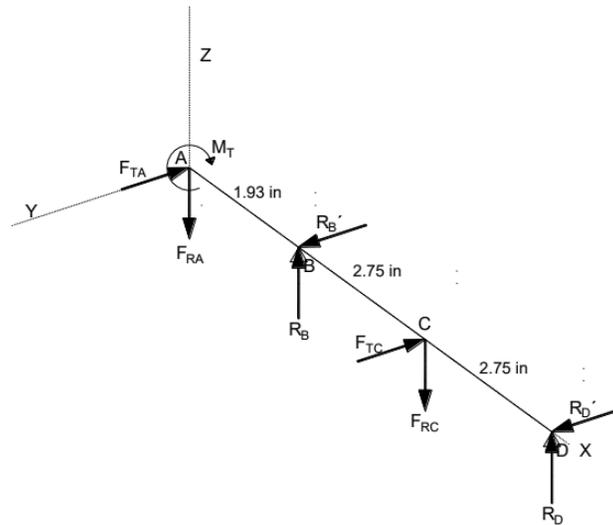


Figura N° 61. Diagrama de cuerpo libre del árbol de la transmisión.

Fuente: (Elaboración propia).

Cálculo de Fuerzas

Punto A: Sprocket 2

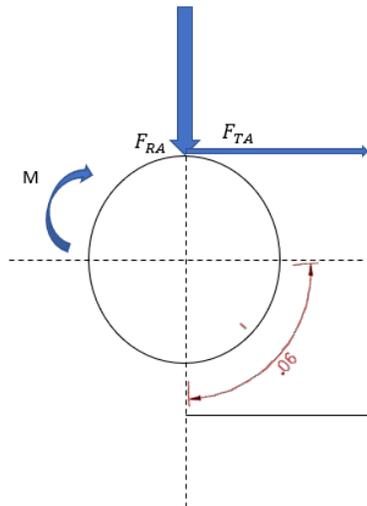


Figura N° 62. Diagrama de cuerpo libre de Sprocket.

Fuente: (Elaboración propia).

Despreciando el peso del Sprocket y con la cadena en una orientación horizontal, tenemos:

La fuerza radial despreciable: $F_{RA} = 0$

La fuerza tangencial en la catalina se determina utilizando la siguiente fórmula

$$F_{TA} = \frac{2M}{D_p}$$

Donde:

M: Momento Torsor = 0,435 Nm = 3,85 lb. Pulg

D_p : Diámetro de paso de la catalina = 2,16 pulg

Sustituyendo los valores, obtenemos:

$$F_{TA} = \frac{2(3.85)}{2.16}$$

$$F_{TA} = 3.56 \text{ lb}$$

Punto C: DOSIFICADOR

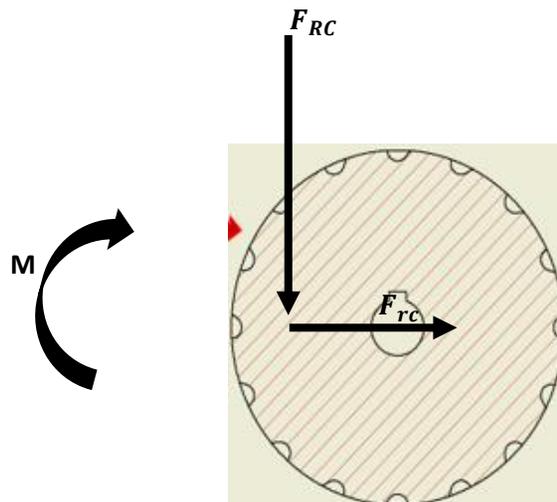


Figura N°63. Diagrama de cuerpo libre el dosificador

Fuente: (Elaboración propia).

La fuerza tangencial en el dosificador se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$F_{rc} = \frac{2M}{D. dosificador}$$

Donde:

M: Momento Torsor = 0,435 Nm = 3,85 lb. Pulg

D. dosificador: Diámetro del dosificador = 80 mm = 3,15 pulgadas

Sustituyendo los valores, obtenemos:

$$F_{TC} = \frac{2(3.85)}{3.15}$$

$$F_{TC} = 2.44 \text{ lb}$$

La fuerza radial en el punto C es la suma del peso del maíz con el peso del elemento dosificador.

Para calcular el peso del maíz, multiplicamos la masa de maíz en la tolva por la aceleración de la gravedad.

$$W_{maíz} = m * g = 3,11 * 9,81 = 30,51 \text{ N}$$

Aplicando un factor de 1,15 para tener en cuenta posibles variaciones en el peso de las semillas en la tolva, obtenemos:

$$W_{maíz} = 30,51 * 1,15 = 35 \text{ N}$$

Para calcular el peso del dosificador, multiplicamos la densidad del material del dosificador (acero ASTM A-36) por el volumen del rodillo acanalado y luego por la aceleración debido a la gravedad.

$$W_{dosificador} = \rho_{acero} * V_{dosificador} * g$$

Donde:

ρ . *acero*: Densidad del acero = 0,00786 kg/cm³

g: Aceleración de la gravedad = 9,81 m/s²

Volumen del dosificador:

$$V.\text{dosificador} = \frac{\pi x^2}{4} x 3.5 = 175.93 \text{ cm}^3$$

Luego:

$$W.\text{dosificador} = 0,00786 * 175,93 * 9,81$$

$$W.\text{dosificador} = 13,56 \text{ N}$$

Por consiguiente, la fuerza radial en el dosificador es:

$$FRC = W.\text{maíz} + W.\text{dosificador} = 35 + 13,56$$

$$FRC = 48,6 \text{ N} = 11 \text{ lb}$$

4.5.2. Elaboración del circuito de automatización

4.5.2.1 Alarma

El dispositivo de advertencia está configurado en una placa electrónica cuya finalidad será notificar el momento en que se requiere cargar la tolva con semillas para evitar áreas no sembradas y ahorrar tiempo, ya que no se necesitará la supervisión visual del operario.

Los componentes que la conforman son:

a) Sensor ultrasónico HC-SR04:

Los sensores de ultrasonido calculan la distancia utilizando ondas ultrasónicas. El transductor emite una onda ultrasónica y recibe la

onda reflejada que vuelve desde el objeto. Los sensores ultrasónicos miden la distancia al objeto registrando el tiempo entre la emisión y la recepción. En este caso, el sensor ultrasónico se empleará para medir la distancia entre el sensor y los granos de maíz. Cuando el nivel de maíz disminuya y la distancia ya no sea la misma, el sensor dejará de detectarla y emitirá una señal de alarma al operador.



Figura N° 64. Sensor ultrasónico HC-SR04.

b) Buzzer

Es un dispositivo actuador económico y simple que emite un sonido cuando recibe una señal de 5V. Su función principal es activarse cuando la tolva presente escasez de granos, notificando así al operador.



Figura N° 65. Buzzer.

c) Cables

Se utilizarán cables AWG 26, los cuales tienen una sección transversal de 0,13 mm². Estos cables son comúnmente utilizados en aplicaciones electrónicas.



Figura N° 66. Cables electrónicos.

d) Arduino UNO R3 ATMEGA 16U2

El ATmega16U2 en el Arduino Uno R3 desempeña un rol crucial en la interacción entre la placa y la computadora mediante el puerto USB. Cumple la función de un enlace que posibilita la programación y la transferencia de datos, simplificando la creación de proyectos utilizando la placa Arduino Uno R3.



Figura N° 67. Arduino UNO R3.

e) Modulo LCD 1602

El display LCD 1602 es un componente que emplea la tecnología de cristal líquido para exhibir caracteres alfanuméricos. Se conecta a un microcontrolador mediante un bus de comunicación paralelo y se maneja mediante el envío de comandos y datos. Este módulo se utiliza extensamente en proyectos con el fin de ofrecer una interfaz visual elemental y de fácil lectura.



Figura N° 68. Modulo LCD 1602.

f) Sensor de aproximación MH-B

Los sensores de obstáculos infrarrojos generalmente proporcionan una salida digital o analógica que indica la presencia o ausencia de un objeto. Dependiendo del modelo y la configuración del sensor, es posible ajustar la sensibilidad y la distancia de detección para adaptarse a las necesidades específicas de la aplicación.



Figura N° 69. Sensor de aproximación.

e) Switch ON/OFF

Es un interruptor de posición fija que permanece en la misma posición en la que se deja, ya sea abriendo o cerrando el circuito. Para que la alarma funcione, el operario debe cerrar el circuito utilizando el interruptor.

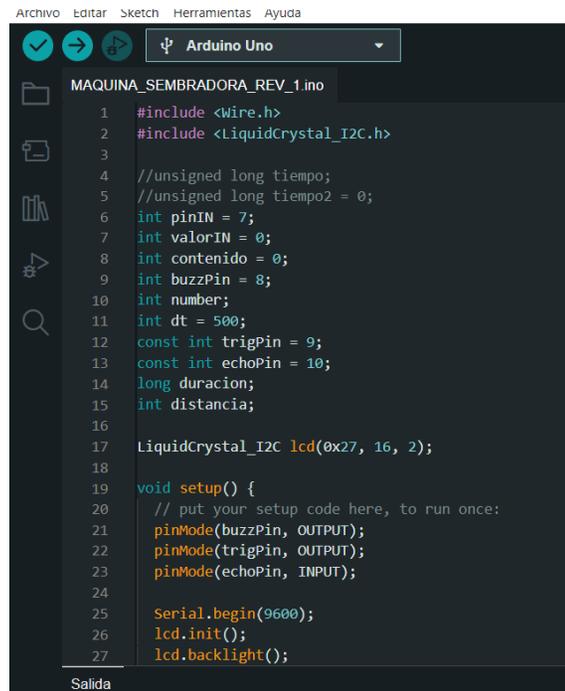


Figura N° 70. Switch ON/OFF.

4.5.2.2 Funcionamiento del dispositivo electrónico

Al iniciar el trabajo, se llena la tolva y se activa la placa electrónica mediante el interruptor de encendido (ON). El trabajo continúa de manera normal, y cuando el nivel de las semillas descienda por debajo de la posición del sensor, este enviará una señal al microcontrolador. A su vez, el microcontrolador enviará una señal digital al zumbador (Buzzer), alertando al operador de que el nivel de las semillas ha alcanzado el mínimo requerido. El zumbador dejará de sonar cuando la tolva se vuelva a cargar con semillas o cuando el operario apague el interruptor.

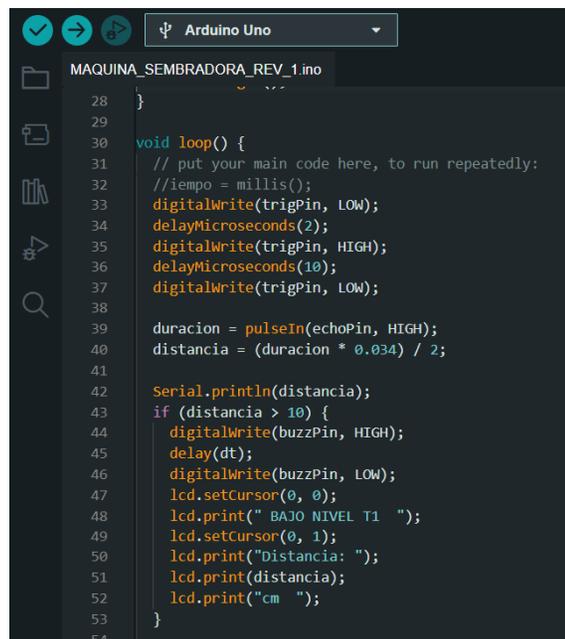
4.5.2.3 Programación del Arduino uno R3



```
Archivo  Editar  Sketch  Herramientas  Ayuda
ψ  Arduino Uno
MAQUINA_SEMBRADORA_REV_1.ino
1  #include <Wire.h>
2  #include <LiquidCrystal_I2C.h>
3
4  //unsigned long tiempo;
5  //unsigned long tiempo2 = 0;
6  int pinIN = 7;
7  int valorIN = 0;
8  int contenido = 0;
9  int buzzPin = 8;
10 int number;
11 int dt = 500;
12 const int trigPin = 9;
13 const int echoPin = 10;
14 long duracion;
15 int distancia;
16
17 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
18
19 void setup() {
20   // put your setup code here, to run once:
21   pinMode(buzzPin, OUTPUT);
22   pinMode(trigPin, OUTPUT);
23   pinMode(echoPin, INPUT);
24
25   Serial.begin(9600);
26   lcd.init();
27   lcd.backlight();
28
29   Salida
```

Figura N° 71. Programación Arduino.

Fuente: (Elaboración propia).



```
ψ  Arduino Uno
MAQUINA_SEMBRADORA_REV_1.ino
28 }
29
30 void loop() {
31   // put your main code here, to run repeatedly:
32   //iempo = millis();
33   digitalWrite(trigPin, LOW);
34   delayMicroseconds(2);
35   digitalWrite(trigPin, HIGH);
36   delayMicroseconds(10);
37   digitalWrite(trigPin, LOW);
38
39   duracion = pulseIn(echoPin, HIGH);
40   distancia = (duracion * 0.034) / 2;
41
42   Serial.println(distancia);
43   if (distancia > 10) {
44     digitalWrite(buzzPin, HIGH);
45     delay(dt);
46     digitalWrite(buzzPin, LOW);
47     lcd.setCursor(0, 0);
48     lcd.print(" BAJO NIVEL T1 ");
49     lcd.setCursor(0, 1);
50     lcd.print("Distancia: ");
51     lcd.print(distancia);
52     lcd.print("cm ");
53   }
54 }
```

Figura N° 72. Programación Arduino.

Fuente: (Elaboración propia).

```

46     digitalWrite(buzzPin, LOW);
47     lcd.setCursor(0, 0);
48     lcd.print(" BAJO NIVEL T1 ");
49     lcd.setCursor(0, 1);
50     lcd.print("Distancia: ");
51     lcd.print(distancia);
52     lcd.print("cm ");
53 }
54
55 valorIN=digitalRead(pinIN);
56
57 if (distancia <= 10) {
58     //lcd.clear();
59     lcd.setCursor(0, 0);
60     lcd.print("CUENTA SEMILLAS ");
61     lcd.setCursor(0, 1);
62     lcd.print("CANTIDAD: ");
63     lcd.print(contenido);
64     lcd.print(" ");
65 }
66
67 if(valorIN!=1){
68     contenido++;
69     while(digitalRead(pinIN)!=1);
70 }
71 }
72

```

Figura N° 73. Programación Arduino.

Fuente: (Elaboración propia).

4.5.3. Análisis económico.

4.5.3.1 Parámetros para evaluación económica

Descripción	Datos financieros
Tasa de interés	10 %
Vida útil del proyecto	03 años

Tabla N° 11. Parámetros para evaluación económica

Fuente: (Elaboración propia).

4.5.4. Beneficio económico

El beneficio económico deberá estar expresado en el mismo período para el cual se ha efectuado el cálculo del ahorro económico (mensual o anual). En el presente caso el

beneficio económico por año ya está calculado. El beneficio económico (BE) calculado es el siguiente:

$$BE = S/. 116,901.82 / \text{año}$$

4.5.5. Evaluación del costo de implementación (inversión)

Para implementar la mejora se hizo una inversión de S/. 23 703.50, tal como muestra en la tabla 15.

COMPONENTES	COSTO UNITARIO (S/.)	CANTIDAD	COSTO TOTAL (S/.)
Caja oficial UNO R3 ATMEGA 16U2	S/ 35.00	S/ 4.00	S/ 140.00
UNO R3 caja transparente de acrílico	S/ 5.00	S/ 4.00	S/ 20.00
Sensor Ultrasónico HC-SR04	S/ 3.50	S/ 4.00	S/ 14.00
Modulo LCD 1602	S/ 10.00	S/ 4.00	S/ 40.00
Sensor de aproximación de evitación MH-B	S/ 2.50	S/ 4.00	S/ 10.00
Cable conector PC-ARDUINO UNO	S/ 5.00	S/ 1.00	S/ 5.00
Buzzer	S/ 4.00	S/ 1.00	S/ 4.00
Cables	S/ 2.00	S/ 10.00	S/ 20.00
TOTAL			S/ 253.00

Tabla N° 12. Costo de fabricación de alarma

Fuente: (Elaboración propia).

Item	Descripción	Número de parte	Cantidad total	Unidad	Costo unitario (S/.)	Costo Total (S/.)
1	Ángulo de acero	AISC - L 2 x 2 x 1/4 - 14.567	1.48	m	36	53.28
2	Ángulo de acero	AISC - L 2 x 2 x 1/4 - 7.087	0.72	m	36	25.92
3	Ángulo de acero	AISC - L 2 x 2 x 1/4 - 14.567	1.48	m	36	53.28
4	Ángulo de acero	AISC - L 2 x 2 x 1/4 - 7.087	0.72	m	36	25.92
5	Arandela de presión	ASME B18.21.1 - 1/4	48	EA	0.3	14.4
6	Arandela de presión	ASME B18.21.1 - 5/8	16	EA	0.5	8
7	Arandela de presión	ASME B18.21.1 - No.10	8	EA	0.5	4
8	Arandela de presión	ASME B18.21.1 - 1/2	4	EA	0.3	1.2
9	Arandela de presión	ASME B18.21.1 - 1/2	8	EA	0.3	2.4
10	Arandela de presión	ASME B18.21.1 - 3/8	10	EA	0.5	5
11	Arandela de presión	ASME B18.21.1 - 5/8	8	EA	0.5	4
12	Arandela plana	ANSI B18.22.1 - 1/4 - narrow - Type A	48	EA	0.3	14.4
13	Arandela plana	ANSI B18.22.1 - 5/8 - wide - Type A	16	EA	0.5	8
14	Arandela plana	ANSI B18.22.1 - No. 10 - Type A	8	EA	0.3	2.4
15	Arandela plana	ANSI B18.22.1 - 1/2 - wide - Type A	4	EA	0.3	1.2
16	Arandela plana	ANSI B18.22.1 - 1/2 - wide - Type A	8	EA	0.3	2.4
17	Arandela plana	ANSI B18.22.1 - 3/8 - wide - Type B	10	EA	0.5	5
18	Arandela plana	ANSI B18.22.1 - 5/8 - wide - Type A	8	EA	0.5	4
19	Arandela plana	ANSI B18.22.1 - 3/4 - narrow - Type A	2	EA	0.8	1.6
20	Chumacera	SKF_F2B 010-FM	12	EA	25	300
21	Chumacera	SKF_F2B 107-FM	4	EA	25	100
22	Pasadores de horquilla con cabeza	ISO 2341 - B - 12 x 65	4	EA	2	8
23	Perno cabeza allen	ANSI B18.3 - No. 10 - 24 UNC - 3/4 HS HCS	8	EA	0.5	4

24	Perno cabeza hexagonal	ANSI/ASME B18.2.1 - 1/4-20 UNC - 0.625	8	EA	0.3	2.4
25	Perno cabeza hexagonal	ANSI B18.2.1 - 5/8-11 UNC - 4.25	4	EA	1.2	4.8
26	Perno cabeza hexagonal	ANSI B18.2.1 - 5/8-11 UNC - 4	12	EA	1.2	14.4
27	Perno cabeza hexagonal	ANSI/ASME B18.2.1 - 1/4-20 UNC - 1	32	EA	0.3	9.6
28	Perno cabeza hexagonal	ANSI B18.2.1 - 1/2-13 UNC - 4	4	EA	0.3	1.2
29	Perno cabeza hexagonal	ANSI/ASME B18.2.1 - 1/4-20 UNC - 1.25	8	EA	0.3	2.4
30	Perno cabeza hexagonal	ANSI B18.2.1 - 1/2-13 UNC - 1.75	8	EA	0.3	2.4
31	Perno cabeza hexagonal	ANSI/ASME B18.2.1 - 3/8-16 UNC - 5.5	10	EA	0.5	5
32	Perno cabeza hexagonal	ANSI B18.2.1 - 5/8-11 UNC - 5	8	EA	1.2	9.6
33	Rodamiento 6001-2Z	BS 290 SKF - SKF 6001-2Z	8	EA	18	144
34	Sprocket 1	40BS15 1 1/4 FINISHED BORE MARTIN SPROCKET	2	EA	220	440
35	Sprocket 2	40BS23 5/8 FINISHED BORED MARTIN SPROCKET	2	EA	200	400
36	Sprocket 3	35BS15 5/8 FINISHED BORED MARTIN SPROCKET	4	EA	170	680
37	Sprocket 4	35BS18 1/2 FINISHED BORE MARTIN SPROCKET	4	EA	120	480
38	Tubo de acero circular Extra Fuerte	ANSI/AISC Rolled Steel - 1 1/2-2.375	0.2413	m	28	6.7564
39	Tubo de acero circular Extra Fuerte	ANSI/AISC Rolled Steel - 1 1/2-18.819	1.912	m	28	53.536
40	Tubo de acero circular Extra Fuerte	ANSI/AISC Rolled Steel - 1 1/2-2.375	0.2413	m	28	6.7564
41	Tubo de acero cuadrado	AISC - 2 x 2 x 1/4 - 14.173	1.44	m	30	43.2
42	Tubo de acero cuadrado	AISC - 3 x 3 x 1/4 - 21.654	2.2	m	50	110
43	Tubo de acero cuadrado	AISC - 2 x 2 x 1/8 - 6.693	0.68	m	25	17
44	Tubo de acero cuadrado	AISC - 2 1/2 x 2 1/2 x 1/8 - 11.811	1.2	m	40	48
45	Tubo de acero cuadrado	AISC - 3 x 3 x 1/4 - 119.961	3.047	m	50	152.35
46	Tubo de acero cuadrado	AISC - 2 x 2 x 1/4 - 21.26	1.08	m	30	32.4
47	Tubo de acero cuadrado	AISC HSS - (1 1/2x1 1/2x1/8) - 25.787	1.31	m	30	39.3
48	Tuerca hexagonal	ANSI B18.2.2 - 1/4 - 20	48	EA	0.3	14.4
49	Tuerca hexagonal	ANSI B18.2.2 - 5/8 - 11	12	EA	1	12
50	Tuerca hexagonal	IFI - 10.19 - 24	8	EA	0.5	4
51	Tuerca hexagonal	ANSI B18.2.2 - 1/2 - 13	4	EA	0.3	1.2
52	Tuerca hexagonal	ANSI B18.2.2 - 1/2 - 13	8	EA	0.3	2.4
53	Tuerca hexagonal	ANSI B18.2.2 - 3/8 - 16	10	EA	0.5	5
54	Tuerca hexagonal	ANSI B18.2.2 - 5/8 - 11	8	EA	1	8
55	Tuerca hexagonal	ANSI B18.2.2 - 3/4 - 10	2	EA	0.5	1
56	Tuerca hexagonal cónico	IFI 100/107 - 5/8 - 11Metal Type	16	EA	1	16
57	Barra de acero	Acero ASTM A-36, 1 1/2" x 1 1/2"	0.6	m	40	24
58	Lámina de acero	ASTM A-36, espesor de 1/16"	0.5	m	30	15
59	Lámina de acero	ASTM A-36, espesor de 1/8" (2)	1	m	35	35
60	Lámina de acero	ASTM A-36, espesor de 3/8"	0.5	m	40	20
61	Barra circular	Acero AISI 1015, d=15.88 mm	1	m	30	30
62	Lámina de acero	ASTM A-36, espesor de 1/4" (5)	2.5	m	50	125
63	Resorte		4	EA	20	80
64	Rueda		2	EA	200	400
65	Soldadura E-70XX		60	Kg	12	720
TOTAL						S/ 4,866.50

Tabla N° 13. Costo de Insumos y materiales.

Fuente: (Elaboración propia).

Item	Descripción	Material	Cantidad unitaria	Cantidad total	Unidad	Costo unitario (S/.)	Costo Total (S/.)
1	Tolva	Lámina de acero ASTM A-36, espesor de 1/16"	1	4	EA	120	480
2	Dosificador de semillas	Acero ASTM A-36	1	4	EA	200	800
4	Cubo porta rodillo	Acero ASTM A-36	1	4	EA	20	80
5	Eje dosificador	Acero AISI 1015, barra circular de 12.7 mm	1	4	EA	120	480
6	Porta rodamiento dosificador	Acero ASTM A-36	2	8	EA	100	800
7	Tapa inferior dosificador	Lámina de acero ASTM A-36, espesor de 1/16"	1	4	EA	80	320
9	Manilla	Barra de acero circular ASTM A-36, diámetro de 3/4"	1	4	EA	30	120
11	Eje rodillo	Acero AISI 1015, barra circular de 19.05 mm	1	4	EA	150	600
12	Rodillo	Lámina de acero ASTM A-36, espesor de 1/4"	1	4	EA	150	600
14	Bocina de brazo	Acero ASTM A-36	8	32	EA	15	480
19	Eje rueda	Acero AISI 1015, barra circular de 45 mm	1	2	EA	200	400
21	Eje transmisión	Acero AISI 1015, barra circular de 15.88 mm	2	2	EA	15	30
25	Pin rueda delineador	Acero ASTM A-36	1	2	EA	15	30
26	Rueda delineador	Acero ASTM A-36	1	2	EA	50	100
27	Sistema automatizado con Arduino		1	4	EA	253	1012
TOTAL							S/ 6,332.00

Tabla N° 14. Costo de piezas de fabricación de elementos.

Fuente: (Elaboración propia).

PRECIO DE MANUFACTURA (S/.)	
PRECIO DE MATERIALES	S/ 4,866.50
PRECIO DE FABRICACION DE ELEMENTOS	S/ 6,332.00
PRECIO DE ENSAMBLE	S/ 2,000.00
COSTO TOTAL (S/.)	S/ 13,198.50

Tabla N° 15. Costo total.

Fuente: (Elaboración propia).

4.5.6. Cálculo valor actual neto (VAN):

Para el cálculo del valor actual neto se utiliza la siguiente formula:

$$VAN = -I_0 + \sum_{n=1}^N \frac{Qn}{(1+i)^n}$$

Donde:

I_0 = valor de la inversión inicial
 Qn = Flujo de caja en el periodo n
 i = tasa de interés

$n = \text{periodo o vida util del proyecto}$

El valor actual neto del proyecto, con una tasa de interés de 10 %, es S/.17,389.86 generando beneficios después de haber logrado cubrir todos los costos, esto significa que es viable el proyecto.

4.5.7. Tasa interna de retorno (TIR):

Para el cálculo del valor actual neto se utiliza la siguiente formula:

$$0 = -I_0 + \sum_{n=1}^N \frac{Q_n}{(1 + TIR)^n}$$

Donde:

$I_0 = \text{valor de la inversión inicial}$
 $Q_n = \text{Flujo de caja en el periodo } n$
 $n = \text{periodo o vida util del proyecto}$

Para el presente proyecto la tasa interna de retorno, con una tasa de interés de 10 %, es 39 % por lo tanto, el diseño de esta máquina sembradora genera beneficios, mayores al costo, lo cual va a significar un aumento de la rentabilidad.

4.5.8. Periodo de recuperación del capital

Para el cálculo del valor actual neto se utiliza la siguiente formula:

$$PRC = \text{Año último flujo acumulado negativo} + \frac{\text{Ultimo flujo acumulado negativo}}{\text{Flujo no acumulado del año siguiente}}$$

El capital será recuperado aproximadamente en 1 año y 8 meses.

4.5.9. Resumen de la evaluación económica

A continuación, se presenta un cuadro resumen de valores de los indicadores económicos, la inversión y el ahorro anual del proyecto.

Cantidad de cosechas al año	2	Cosechas al año
Área de sembrado	9.4	Hectáreas
Precio de la semilla de maíz amarillo	1.2	s/. / Kg
Precio de la semilla de maíz amarillo	1200	s/. / tn
Rendimiento del maíz	12	tn/ha
Rendimiento de la maquina	95.00%	
Cantidad de cosecha	107.16	tn
Cantidad de cosecha	128592	Kg

Tabla N° 16. Consideraciones para el cálculo.

Fuente: (Elaboración propia).

FLUJO DE CAJA ECONÓMICO				
	2020	2021	2022	2023
Ingresos por ventas u otros		S/ 128,592.00	S/ 133,349.90	S/ 138,283.85
COSTOS DE PRODUCCIÓN				
Abono		S/ 1,180.45	S/ 1,215.87	S/ 1,252.34
Fertilizantes		S/ 14,402.49	S/ 14,834.57	S/ 15,279.60
Plaguicidas		S/ 6,531.12	S/ 6,727.05	S/ 6,928.87
Semillas		S/ 3,775.98	S/ 3,889.26	S/ 4,005.94
Arrendamiento de tierras		S/ 9,069.68	S/ 9,341.77	S/ 9,622.03
Jornales		S/ 22,218.40	S/ 22,884.96	S/ 23,571.50
Riego		S/ 2,612.64	S/ 2,691.02	S/ 2,771.75
Asistencia técnica		-	-	-
Alquiler o reparación de equipos		S/ 3,279.85	S/ 3,378.24	S/ 3,479.59
Combustible		S/ 5,056.64	S/ 5,208.34	S/ 5,364.59
Mantenimiento		S/ 10,000.00	S/ 10,300.00	S/ 10,609.00
Otros		S/ 4,883.11	S/ 5,029.61	S/ 5,180.49
TOTAL COSTOS DE PRODUCCIÓN		S/ 83,010.36	S/ 85,500.67	S/ 88,065.70
UTILIDAD BRUTA O MARGEN BRUTO		S/ 45,581.64	S/ 47,849.23	S/ 50,218.16
(*) gastos administrativos		S/ 10,000.00	S/ 10,500.00	S/ 11,025.00
(*) gastos de ventas		S/ 15,000.00	S/ 15,450.00	S/ 15,913.50
UTILIDAD OPERATIVA		S/ 20,581.64	S/ 21,899.23	S/ 23,279.66
impuestos		S/ 1,928.88	S/ 2,000.25	S/ 2,074.26
UTILIDAD NETA		S/ 18,652.76	S/ 19,898.98	S/ 21,205.40
Depreciación y/o Amortización		S/ 300.00	S/ 300.00	S/ 300.00
FLUJO DE CAJA OPERATIVO		S/ 18,352.76	S/ 19,598.98	S/ 20,905.40
Inversión capital de trabajo (-)	S/ 18,000.00			
Inversión en activo fijo (-)	S/ 13,198.50			
Inversión total (-)	S/ 31,198.50			
FLUJO DE CAJA ECONOMICO	-S/ 31,198.50	S/ 18,352.76	S/ 19,598.98	S/ 20,905.40
ROI		-S/ 12,845.74	S/ 6,753.24	S/ 27,658.64

TASA		10.00%				
AÑO	INGRESOS	COSTOS	FLUJO DE EFECTIVO	TASA (1+T)-N	INGRESOS ACTUALIZADOS	EGRESOS ACTUALIZADOS
0		S/ 31,198.50	-S/ 31,198.50	S/ 1.00	S/ 0.00	S/ 31,198.50
1	S/ 128,592.00	S/ 110,239.24	S/ 18,352.76	S/ 0.91	S/ 116,901.82	S/ 100,217.49
2	S/ 133,349.90	S/ 113,750.92	S/ 19,598.98	S/ 0.83	S/ 110,206.53	S/ 94,009.03
3	S/ 138,283.85	S/ 117,378.45	S/ 20,905.40	S/ 0.75	S/ 103,894.70	S/ 88,188.17
	S/ 400,225.75	S/ 372,567.12	S/ 27,658.64		S/ 331,003.05	S/ 313,613.19

VAN	S/ 17,389.86
TIR	39%
C/B	1.06

Tabla N° 17. VAN/TIR.

Fuente: (Elaboración propia).

V. Discusión

Como primer objetivo específico se planteó describir los aspectos generales de los procesos del cultivo de maíz, el manejo integrado de cultivo, sus capacidades, tecnologías enfocadas al aumento de rendimiento. De acuerdo con (E. Triadani, M. Hecker, & López, 2016), al abordar aspectos generales en la descripción, se establece el contexto necesario para que los lectores comprendan la importancia de la investigación. Esto contribuye a aclarar por qué el estudio sobre el diseño de una máquina sembradora de maíz es relevante en el contexto de la producción de maíz amarillo duro.

La comprensión de los procedimientos de cultivo, la gestión integral, las aptitudes y las tecnologías disponibles posibilita la identificación de áreas que requieren mejoras o presentan deficiencias. Este enfoque puede guiar el desarrollo de la máquina sembradora y destacar su capacidad para abordar las restricciones presentes en la producción de maíz, los métodos agrícolas y las prácticas recomendadas. Asimismo, la aplicación de tecnologías avanzadas puede desempeñar un papel importante en la optimización de la producción agrícola.

Este escenario puede generar un aumento en la eficiencia, calidad de los cultivos y rentabilidad de los agricultores, dado que la divulgación de información sobre prácticas de cultivo, gestión integral, habilidades y tecnologías estimula la transferencia de conocimientos. Tanto agricultores como profesionales del ámbito agrícola pueden beneficiarse de la difusión de las mejores prácticas y la incorporación de tecnologías innovadoras.

El segundo objetivo fue detallar las innovaciones tecnológicas en el proceso productivo y acondicionamiento de maíz amarillo duro mediante la siembra mecanizada, con el fin de mejorar su sostenibilidad, rentabilidad y competitividad. Según (Ramirez Flores, 2019), las mejoras tecnológicas tienen el potencial de aumentar significativamente la eficiencia en el proceso de siembra, lo que conlleva a una reducción en el tiempo y los recursos requeridos. Esto, a su vez, puede resultar

en un aumento en la producción y en una disminución de los costos operativos, lo que se traduce en una mayor rentabilidad. La adopción de la siembra mecanizada, respaldada por innovaciones tecnológicas, puede garantizar una distribución más uniforme de las semillas y una profundidad de siembra precisa. Estos factores contribuyen a la mejora de la calidad de los cultivos y, en última instancia, a una mayor competitividad en el mercado. Dado que el maíz amarillo duro es un cultivo de alto valor, la mecanización puede reducir la dependencia de mano de obra y minimizar la compactación del suelo, lo que resulta beneficioso para la sostenibilidad a largo plazo. La eficiencia en el uso de la energía y la preservación de los recursos son elementos clave de la sostenibilidad que pueden ser abordados mediante innovaciones tecnológicas.

Los avances tecnológicos en la agricultura pueden contribuir a la competitividad de los agricultores en el mercado global. La mejora en la eficiencia y calidad de la producción puede abrir oportunidades de exportación y fortalecer la posición de un país en la industria agrícola a nivel internacional. En muchas áreas, la disponibilidad de mano de obra para actividades agrícolas es limitada. La mecanización reduce esta dependencia y habilita a los agricultores para enfrentar los desafíos asociados a la escasez de mano de obra.

La promoción de la investigación y la innovación tecnológica en la agricultura es esencial para mantenerse al día con las cambiantes demandas del mercado y los desafíos ambientales. Esto conduce a mejoras continuas en la producción de maíz amarillo duro y, al mismo tiempo, ayuda a los agricultores a enfrentar los desafíos climáticos, como sequías e inundaciones. Estos objetivos se logran mediante una gestión más precisa de los recursos y una respuesta más rápida a las condiciones cambiantes.

El tercer objetivo específico es precisar las contribuciones al marco referencial para futuros proyectos de diseño y construcción de una máquina sembradora, y su importancia en el desarrollo de las innovaciones y tendencias de la máquina del futuro. Para (Gil Emilio, 2017) destaca la creciente incorporación de sistemas de

posición, como el GPS, en las máquinas de siembra, a pesar de que aún no constituyan una parte significativa del mercado de sembradoras. Además, señala que la integración de estos dispositivos, junto con el uso de mapas que reflejan el rendimiento de las parcelas, posibilita la realización de una dosificación precisa de las semillas, considerando la variabilidad dentro de la misma parcela, lo que hace que la dosificación constante por hectárea deje de ser apropiada. También hace hincapié en la importancia de considerar diversos factores, tanto técnicos como socioeconómicos, al decidir la compra de un tipo específico de sembradora. La adopción de un sistema de posicionamiento global podría ser evaluada en nuestro proyecto a futuro, ya que a través de esta tecnología se podría obtener información en tiempo real, como niveles de humedad, fertilidad, conductividad eléctrica, entre otros, y combinarla con datos de geoposicionamiento. Esto permitiría un análisis y gestión eficiente de una gran cantidad de datos espaciales. (Centurion Cancino, 2015) diseñó una máquina sembradora de quinua semiautomática que incorpora un módulo GPS LS20031 con el MediaTek MT3339, un GPS de 66 canales y antena cerámica, lo que le permite rastrear hasta 66 satélites GPS simultáneamente. Esta estrategia condujo a una solución que mejora la precisión en la siembra de semillas de quinua en un terreno de un tercio de hectárea. Además, destacó la capacidad de la máquina para adaptarse a las necesidades específicas de la zona de cultivo gracias a sus subsistemas ajustables. Según la observación de (Gil Emilio, 2017), se evaluó la factibilidad de integrar tecnologías más avanzadas, como el sistema de posicionamiento global (GPS) o la utilización de mapas de rendimiento, en este proyecto. No obstante, se determinó que no era económicamente viable en base a los requerimientos actuales de los agricultores en la región de Lambayeque.

Diversos investigadores coinciden en que los mapas de rendimiento desempeñan un rol esencial en la delimitación de zonas de gestión en la agricultura, ya que el rendimiento de los cultivos se considera un indicador confiable que refleja la productividad del suelo en diversas áreas de una parcela. Sin embargo, surgen preocupaciones sobre la dependencia exclusiva de esta información debido a la estabilidad temporal de las zonas de alto y bajo rendimiento, el tiempo requerido para

generar mapas que reduzcan la incertidumbre y la influencia de factores como el tipo de cultivo y las prácticas de manejo del agricultor. A pesar de que la variabilidad espacial es un componente esencial de la agricultura de precisión y la delimitación de zonas de gestión, la persistencia a lo largo del tiempo de los patrones de rendimiento en las parcelas es crucial para establecer áreas de gestión basadas únicamente en mapas de rendimiento. Ya sea que se utilicen o no en el proceso de definición de zonas de gestión, los mapas de rendimiento siguen siendo herramientas esenciales para evaluar la eficacia de estas áreas y para detectar diferencias en la productividad (Fraisse et al., 2021).

El cuarto objetivo específico fue obtener información precisa para el desarrollo de un diseño eficaz que permita elaborar un prototipo que satisfaga en su totalidad las necesidades requeridas para la siembra de maíz amarillo duro, aplicando la metodología de diseño VDI 2221. (Alvarez Callirgos, 2021) resalta la necesidad de comprender a fondo las necesidades y requisitos de los usuarios, en este caso, agricultores y técnicos agrícolas, como un paso fundamental para lograr un diseño efectivo de la máquina sembradora. La obtención de información precisa sobre sus necesidades y preferencias resulta esencial para garantizar que el prototipo sea funcional y cumpla con sus expectativas.

La obtención de información precisa acerca de los métodos de siembra, las condiciones del suelo, los patrones de cultivo y las variedades de maíz utilizadas es de suma importancia para el desarrollo de una máquina que sea eficiente y mejore el rendimiento. El diseño de la máquina debe ajustarse a las particularidades de la siembra de maíz amarillo duro con el objetivo de maximizar la producción. Además, es esencial tener un conocimiento detallado de las tecnologías agrícolas existentes y de los sistemas empleados en la agricultura de maíz amarillo duro. Un diseño efectivo debe ser compatible con las prácticas y los equipos agrícolas ya en uso, lo que facilitará su adopción por parte de los agricultores.

Como quinto objetivo específico tenemos la selección y diseño de elementos de una maquina sembradora de maíz amarillo duro con la elaboración del circuito de

automatización, planos electromecánicos y el presupuesto de dicho diseño. (Cabrera Perochena, 2017) en su tesis de “Diseño y construcción de maquina sembradora para la producción de maíz en terrenos pedregosos en la irrigación majes” planteó el desarrollo de una máquina sembradora de maíz con el objetivo de asegurar una eficiencia mínima del 97% en la colocación de las semillas en la línea de siembra, con un máximo del 3% de fallos. Para evaluar la eficiencia de esta tecnología agrícola, se analizaron diversos aspectos de la sembradora, incluyendo el sistema de apertura de las líneas de siembra, la consistencia en la colocación de las semillas en la línea de siembra, el costo operativo y la capacidad efectiva del equipo. Los resultados de estas evaluaciones indicaron que la máquina sembradora logró una eficiencia del 99.2% en la colocación de las semillas en la línea de siembra, con un máximo del 0.8% de fallos. A través de la aplicación de tecnología de siembra, es factible regular la densidad poblacional y la plantación de otros cultivos de grano luego de una evaluación previa, logrando así una densidad de población de 125,833 semillas por hectárea. El dispositivo de siembra en cuestión incluye un sistema de automatización que presenta en su pantalla la cantidad de semillas distribuidas en cada componente de la sembradora. En caso de que no se detecte la caída de semillas, el sistema emite una alerta por error en la siembra. Esta máquina garantiza una densidad poblacional de 100,000 semillas por hectárea y se caracteriza por su economía y su uso eficiente de los recursos disponibles. Es importante mencionar que no fue factible llevar a cabo una evaluación de la eficacia de la máquina debido a la naturaleza de la investigación, que se basó en un diseño no experimental y transversal. El trabajo de (Alex Fabrizio, 2021) demuestra la capacidad de sembrar 1 hectárea de maíz en un período de 6 horas, con un solo operario encargado de la siembra. Además, el costo de construcción de la máquina resultó ser accesible para los agricultores. En contraste, nuestra investigación ha culminado en el diseño de una máquina que puede sembrar 1 hectárea de maíz en un tiempo notablemente reducido de 30 minutos.

VI. Conclusiones

1. Conocer los aspectos generales del cultivo del maíz amarillo duro nos ayuda a poder diseñar y proponer correctamente una máquina sembradora enfocada al aumento de rendimiento. El diseño de nuestra máquina está diseñado en base al manejo integrado del cultivo, y está diseñada de tal forma que se pueda mejorar en un futuro, donde se le pueda adaptar otros dosificadores para distintos tipos de granos, así como también implementar un sistema de abonado o un sistema de dosificación neumático.
2. Existen otras tecnologías aplicadas a la siembra mecanizada que aumentan el rendimiento de nuestro cultivo, tales como el sistema de riego, sistema de monitoreo, uso de cosechadoras, secadoras y sistemas de almacenamiento. Los nuevos diseños de sembradoras tienen como objetivo realizar trabajos con mayor precisión, por ende, intentan reducir al máximo la cantidad de piezas móviles, como actuadores, ruedas motrices, engranajes y cadenas.
3. La electrónica juega un rol fundamental en la tendencia de las máquinas del futuro, actualmente se vienen desarrollando sistemas de monitoreo de rendimiento y mapeo satelital, así como también sistemas de posicionamiento global mediante GPS. Esta tecnología requiere el uso de muchos sensores, los cuales trabajan con un software especializado.
4. La guía de diseño VDI 2221 de origen alemán facilitó la obtención de un modelo preliminar de sembradora que cumple con la función primordial de disminuir el tiempo de siembra y ser operada por un solo trabajador en un tiempo total de 30 minutos por hectárea. Asimismo, posibilita lograr una distribución homogénea y precisa, estos favorecerán un rendimiento óptimo de las cosechas. En consecuencia, se puede concluir que esta opción resulta recomendable para un productor de maíz como el agricultor de Lambayeque.
5. Se realizaron cálculos y se eligieron elementos y partes de la máquina, como el dosificador, rodillo, el eje de transmisión, la tolva, la alarma y la elección de la

cadena. Además, es factible fabricar y replicar el prototipo en un taller de producción mecánica. El periodo de recuperación notamos que recuperamos la inversión aproximadamente en 1 año y 8 meses, obteniéndose un TIR de 39 %, el VAN estimado es de S/ 17 389.86. Por lo tanto, podemos concluir y afirmar que la propuesta es factible económicamente.

VII. Recomendaciones

1. Es fundamental llevar a cabo el desarrollo de la máquina para verificar los resultados reales. Una vez que se haya producido y probado experimentalmente el prototipo, se deben corregir cualquier posible fallo antes de iniciar su fabricación en masa.
2. Emplear semillas de tamaño homogéneo para evitar fluctuaciones significativas en la cantidad de siembra.
3. Realizar análisis y en caso necesario, llevar a cabo investigaciones con el fin de mejorar la uniformidad de la distribución en la línea de siembra.
4. Para llevar a cabo la siembra Mecanizada, es necesario inspeccionar la sembradora con anticipación a la fecha de siembra y llevar a cabo las tareas de mantenimiento y ajustes necesarios.
5. Algunas tareas de mantenimiento a llevar a cabo son:
 - Realizar la limpieza de las tolvas después de finalizar la siembra, eliminando todas las semillas para prevenir enfermedades o la aparición de animales no deseados.
 - Ajustar los tornillos al finalizar cada temporada.
 - Aplicar lubricante a los rodamientos de los mecanismos de dosificación, transmisión, entre otros.
 - Sustituir las piezas desgastadas, principalmente las de los dispositivos de apertura del surco y de cierre.

VIII. REFERENCIAS

Bibliografía

- Alanuca Yanchaguano, B. P., & Jaque Lozada, A. S. (2021). *Diseño e Implementación de una máquina electromecánica automatizada para el sembrío de semillas para la empresa agrónoma Patricia Pinto*. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Alderete Fernández, N. M. (2022). *Situación actual de las importaciones y producción nacional del maíz amarillo duro (Zea mays L.)*. Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Álvarez Bravo, A., Vidal Martínez, V. A., Bojorquez Serrano, J. I., & García Paredes, D. (2016). *Respuesta del maíz al impacto ambiental ocurrido en las etapas de floración y ciclo vegetativo*. Nayarit: Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.
- Alvarez Callirgos, A. F. (2021). *Diseño de prototipo de una máquina sembradora de semillas de maíz para los agricultores en el distrito de Pucalá*. Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Arce Vindas, K. (2017). *Propuesta de análisis y control de riesgos ergonómicos, para el proceso productivo de piña en la Corporación de Desarrollo Agrícola del Monte División Piña, finca San Peter*. Cartago: Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Aredanan, J. (2022). *Efficiency enhancement in energy production of photovoltaic modules through green roof installation under tropical climates*. SINGAPUR: CASUJALTI.
- Arenandan, , V. (2022). *Optimizacion por altura de los Paneles Solares* . MEXICO: UNESCO.
- Arista. (2014). *Metodología de la Investigacion*. Lima: EDUSMP.
- Aristizabal, R. (2020). *Feasibility analysis for the integration of solar photovoltaic technology to the Colombian residential sector through system dynamics modeling*. BOGOTA: JAVERIANA.
- Basset, H. (2021). *Spatiotemporal variations of global solar radiation: Case Study Egypt*. EL CAIRO: ALEJANDRIA.
- Blanco Roldán, G. L., & Gil Ribes, J. A. (2019). *Especificaciones técnicas de la maquinaria para siembra convencional y directa*. Córdoba: Universidad de Córdoba.

- Bossmann, E. (2020). *Identification of target market transformation efforts for solar energy adoption*. BOSTON: MIT.
- Cabrera Perochena, G. R. (2017). *Diseño y Construcción de Máquina Sembradora para la Producción de Maíz en Terrenos Pedregosos en la Irrigación Majes*. Arequipa: Universidad Católica de Santa María.
- Cabrera Perochena, G. R. (2017). *Diseño y construcción de máquina sembradora para la producción de maíz en terrenos pedregosos en la irrigación MAJES*. Arequipa: Universidad Católica de Santa María.
- Callegari, J. (2022). *Simulación de Baterías de Paneles Fotovoltaicos*. MEXICO: UNESCO.
- Camacho Lazaro, G. A. (2019). *Efecto de dos métodos de labranza y tres densidades de siembra sobre la producción de maíz amarillo duro (Zea mays L) en el Valle del Medio Piura*. Piura: Universidad Nacional de Piura.
- Cava Suárez, T., & Ramos Arévalo, F. (2016). *Caracterización físico – química y microbiológica de agua para consumo humano de la localidad Las Juntas del distrito Pacora – Lambayeque, y propuesta de tratamiento*. Pacora: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Chang, H. (2021). *Shared community energy storage allocation and optimization*. ONTARIO: NEWS.
- Chen, J. (2021). *Optimization planning method of distributed generation based on steady-state security region of distribution network*. shanghai: CULTURAL.
- Chouiekh, M. (2021). *La diversificación de los usos productivos de la Energía Eléctrica en el Mundo*. BOGOTA: OCHOASA.
- Chumpitaz Quevedo, D. J. (2018). *Densidades de siembra y dos variedades de maíz amarillo duro (Zea mays L.) con abono foliar en la localidad de la Molina*. Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Cordovez, M. (2022). *Geolocation of photovoltaic farms using Geographic Information Systems (GIS) with Multiple-criteria decision-making (MCDM) methods: Case of the Ecuadorian energy regulation*. GUAYAQUIL: ESPOL.
- Cruz Delgado, D., & Leos Rodríguez, J. A. (2018). *La producción de maíz en Sinaloa, México, y sus implicaciones para el medio ambiente*. Sinaloa: Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales.

- Damian Suclupe, M. J., Gonzáles Veintimilla, F., Quiñones Paredes, P., & Terán Iparraguirre, J. R. (2018). *Plan de enmiendas, yeso agrícola, compost mejorado y enriquecido con EM y humus de lombriz, para mejorar el suelo*. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.
- Damian Suclupe, M., Gonzáles Veintimilla, F., Quiñones Paredes, P., & Terán Iparraguirre, J. (2018). *Plan de enmiendas, yeso agrícola, compost mejorado y enriquecido con EM y humus de lombriz, para mejorar el suelo*. La libertad: Arnaldoa.
- Diaz, A. (2019). *El cultivo del maíz y sus consecuencias*. España: Revista de Contaminacion Europea.
- Diezma Iglesias, J. (2017). *Diseño de una maquina sembradora para los pequeños agricultores de querocoto*. Cajamarca: Universidad Tecnologica de Cajamarca.
- E. Triadani, C. O., M. Hecker, L., & López, C. A. (2016). *Las condiciones ambientales y su impacto en la producción de maíz Evaluación de cuatro campañas en el Dpto. Río Primero, en siembras tardías*. Argentina: Instituto Nacional Tecnologica Agropecuaria.
- Espinoza Encalada, I. P., & Padilla Salvador, M. (2021). *Propuesta de mejora del proceso de siembra de maíz para aumentar la productividad en mano de obra en una empresa agroindustrial*. Piura: Universidad Cesar Vallejo.
- Expósito Gallardo, F., & Pérez Rodríguez, R. (2017). *Herramienta de diseño ergonómico para el puesto de trabajo del operador de máquinas agrícolas*. Maracay: Universidad de Carabobo.
- Fergarni, P. (2021). *Photovoltaic energy generation systems monitoring and performance optimization using wireless sensors network and metaheuristics*. Tobruck: Libia.
- Fernandez Toro, A. (2018). *Evaluación del endimientto de tres variedades de maíz amarillo duro (Zea mays L.) bajo tres densidades de siembra en el centro poblado ñunya jalca, distrito Bagua Grande - Amazonas*. Amazonas: Uuniversidad Nacional Toribio Rodriguez de Amazonas.
- Gamarra, M. Á. (2020). *Manual técnico del cultivo de maíz amarillo duro*. Lima: INIA.
- García León, R. A., Avendaño Quintero, A., & Suarez Castrillon, A. (2017). *Diseño de un prototipo de sembrador mecánica de granos, alternativa agrícola*. Ocaña: Revista Ingenio.

- García Mendoza, P. J. (2017). *El cultivo del maíz en el mundo y en Perú*. Lima: Universidad Le Cordon Bleu.
- Garfias, A. (2017). *Modernas técnicas de mantenimiento y su prospectiva*. Lima: UNI.
- Geng,, S. (2019). *Optimización de los macro objetivos de Pico de Carbono y Carbono Neutralidad*. SANTIAGO: PUCCH.
- Gong, Y. (2021). *Energy management of intelligent solar parking lot with EV charging and FCEV refueling based on deep reinforcement learning*. CHINA: MAO.
- Gusmant, R. (2022). *Reconsideration of solar array simulator based on Thévenin equivalent circuit for low-power applications*. RECIFE: PAULISTA.
- Haack Calderón, N. (2022). *Impacto de la carga aplicada sobre el tren de siembra en los parámetros de rendimiento en el cultivo de maíz*. Buenos Aires: Universidad Nacional del Sur.
- Henríquez Salvo, R. E., & Henríquez Salvo, G. A. (2018). *Manual de manejos bajo el sistema de siembra directa con taipas de arroz en Chile*. Santiago de Chile: Fundación para la Innovación Agraria – Ministerio de Agricultura.
- Herrera Vera, O. E., & Peña Enriquez, M. (2016). *Evaluación de 20 híbridos comerciales de maíz amarillo duro (Zea mays L.) en rendimiento de grano, bajo condiciones de la parte baja del valle Chancay - Lambayeque 2015*. Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Hidalgo Meléndez, E. (2018). *Paquete tecnológico maíz amarillo duro*. Tarapoto: Instituto nacional de Innovación Agraria.
- Homer, I., & Villa, R. (2016). *Desarrollo y evaluación de una unidad sembradora de maíz*. Chile: Universidad Austral de Chile.
- Ibarguren, F., & Pessacq, D. (2018). *Efecto de la velocidad de avance sobre la densidad y la distribución de semilla en la siembra de maíz*. La Pampa: Universidad Nacional de La Pampa.
- Ignacio Rotundo, J. (2016). *Uniformidad de siembra en maíz. Incidencia de la velocidad de siembra en diferentes sistemas dosificadores*. Argentina: Universidad Nacional de la Plata.
- Jaimes Rolón, R. A., Arenas Landinez, A. L., Zárata Colmenares, J. E., & Villamizar Rivera, C. A. (2016). *Diseño y construcción de un equipo de subsolado profundo*

- para la empresa Palmas Oleaginosas Bucarelia S.A. Santander: Universidad Industrial de Santander.*
- Jaramillo Giraldo, J. D. (2016). *Estudio ergonómico de las prácticas agrícolas durante el crecimiento y trasplante de plantas de café.* México, D.F.: Instituto Politécnico Nacional Secretaría de Investigación y Posgrado.
- Juarez Alvarez, J. M. (2022). *APLICACIÓN DE METODOLOGIA VDI 2221 PARA ELABORAR PROCEDIMIENTO OPTIMO DE MONTAJE DE MOLINO SAG DE 40'x26.* Arequipa: Universidad Católica de Santa María.
- Katherine Arias, M. S. (2017). *Estudio de las actividades relevantes en el diseño de productos. Modelo VDI 2221 frente al modelo metodológico.* Bogota: Artículo de revisión. Revista Espacios.
- Lee, H. (2021). *Investigation on Optimal Electric Energy Storage Capacity to Maximize Self-Consumption of Photovoltaic System.* Correa del Sur: PARALELO38.
- Lilane, A. (2020). *Control of a Photovoltaic Pumping System Using the ABC Algorithm in EL Jadida Climate.* LIBERIA: ADAMS.
- Linder, J. (2020). *NCGA's Sustainability Report.* Chesterfield: National Corn Growers Association.
- López Gaona, I. A. (2017). *Evaluación de tres densidades de siembra con siete híbridos del cultivo de maíz amarillo duro (Zea mays L.), en un sistema de siembra bajo riego.* Tarapoto: Universidad Nacional de San Martín.
- López López, A. P. (2017). *Factores de riesgo ergonómico vinculados a la salud ocupacional de los trabajadores agrícolas de la ASOFRUT.* Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- López Morales, F., Chura Chuquiya, J., & García Pando, G. (2019). *Interacción genotipo porambiente del rendimiento de maíz amarillo en híbridos trilineales, Perú.* Montesillo: Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.
- López, A. P. (2017). *Factores de riesgo ergonómico vinculados a la salud ocupacional de los trabajadores agrícolas de la asofrut.* Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Lovati, M. (2019). *Prespectivas y Prospectivas de utilización de la Energía eléctrica fotovoltaica .* MEXICO: UTHEA.

- Lovati, R. (2021). *Investigation of the Peer-to-Peer energy trading performances in a local community under the future climate change scenario in Sweden*. . HELSINKI: LAPON.
- Mago, P. (2021). *Design and Optimization of Integrated Distributed Energy Systems for Off-Grid Buildings*. HOUSTON: NASA.
- Maigua Mendoza, J. P., & Paredes Fierro, D. B. (2020). *Repotenciación de una máquina sembradora de maíz de cuatro hileras con dosificador de fertilizante*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Mattana Ricardo, R., Del Castagner, R. J., Germán Garetto, E., & Oscar Bonacc, A. (2017). *Desempeño de Distintos Dosificadores de Semilla de Maiz (ZeamaysL.) a distintas velocidades de siembra*. Argentina: Revista de la Facultad de Agronomía UNLP.
- Meza, G. &. (2019). *Diseño de una máquina roladora para el Distrito de Pichanaki*. Pichanaki.
- Munguía Aldama, J., Sánchez Plata, F., Vizcarra Bordi, I., & Rivas Guevara, M. (2016). *Estrategias para la producción de maíz frente a los impactos del cambio climático*. México: Universidad de Zulia.
- Nalvarte, F. S. (2017). *Selección masal estratificada en maíz (Zea mays L. amilácea) en Macachacra 3050 msnm, Ayacucho*. Huamanga: Universidad Nacional San Cristobal de Huamanga.
- Narvaez Tituaña, S. A., & Valles Yánes, B. D. (2021). *Diseño de una sembradora de disco de tracción automotriz*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Ñaupas, P. (2016). *Metodología de la investigación científica en Ingeniería* . Bogota: Limusa.
- Ospina Bayona, H. E., & Sanchez Torres, C. C. (2017). *Diseño de un Prototipo de Sembradora Mecánica de Semillas de Maiz y Frijol Para la Granja de la Universidad Francisco de Paula Santander*. Santander: Universidad Francisco de Paula Santander.
- Pallao, H. A. (2019). *La ergonomía en el uso de maquinarias agrícolas*. Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Parra, S. (2019). *El cultivo de maíz contamina el aire hasta tal punto que es responsable de la muerte de miles de personas al año*. Estados Unidos: Ataka Ciencia.

- Pasache Chapoñan, R. P. (2021). *Rehabilitación de suelos salinos - sódicos con dos mejoradores químicos en la parte baja del Valle Chancay* . Lambayeque: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Porras Jimenez, G. F. (2018). *Diseño y construcción de una sembradora de papas de dos hileras con un sistema de dosificación de fertilizante*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Pupiales Cacuango, A. (2021). *Maíz: Una tradición Andina*. Quito: Universidad San Francisco de Quito USFQ.
- Quise Altamirano, J. N. (2017). *Densidad Optima de Siembra para el germinado hidropónico de maiz amarillo duro en cuatro niveles de siembra en Cutervo*. Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Quispe Altamarino, J. N. (2017). *Densidad óptima de siembra para el germinado de Maiz Amarillo Duro (Zea mays) en cuatro niveles de siembra en Cutervo*. Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Ramazan, K. (2021). *Determining the Pareto front of distributed generator and static VAR compensator units placement in distribution networks*. ANKARA: TURQUIA.
- Ramirez Flores, W. (2019). *El Diseño de una maquina semiautomática sembradora de maíz para optimizar el tiempo de sembrado*. Chiclayo: Universidad Cesar Vallejo.
- Ramos Guevara, K. E. (2021). *Condiciones de salinidad y recuperación de los suelos salinos en un área representativa de la zona de Cayalti, Zaña - Lambayeque*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Reynaldo. (2018). Mantenimiento en Sub Estaciones Electricas. *Ingenieria del Mantenimiento*, 45, 61.
- Rivera, P. (2016). *Optimizacion del despacho economica, caso subestaciones electricas de Potencia* . Miami: Willey.
- Saldaña Saldaña, V. A. (2019). *Análisis de los cambios de cobertura y uso del suelo con imágenes satelitales del distrito de Chancay años 2001 y 2018*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Salem, H. (2022). *Deep Learning model and Classification Explainability of Renewable energy-driven Membrane Desalination System using Evaporative Cooler*. TEBAS: PIRAMIDE.

- Sánchez, H. (2020). *El maíz es el cultivo más importante en extensión para el Perú*. Perú: Noticias Hortus.
- Shiao, C. (2020). *Optimization planning method of distributed generation based on steady-state security region of distribution network*. PEKIN: SHOLING.
- Shinder, K. (2020). *Review on high penetration of rooftop solar energy with secondary distribution networks using smart inverter*. CALCUTA: HINDUISMO.
- Shitao, Z. (2021). *Bi-level framework for microgrid capacity planning under dynamic wireless charging of electric vehicles*. MACAO: PORTUGUESA.
- Sigueñas, R., Ocola, L., & Guerrero, J. (2019). *Vigilancia de la salinidad del suelo en cultivos de arroz en Lambayeque*. Lambayeque: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Sigueñas, R., Ocola, L., & Guerrero, J. (2019). *Vigilancia de la salinidad del suelo en cultivos de arroz en Lambayeque, periodo 2001-2014 utilizando imágenes de satélite y conductividad eléctrica*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Sigueñas, R., Ocola, L., & Guerrero, J. (2019). *Vigilancia de la salinidad del suelo en cultivos de arroz en Lambayeque, periodo 2001-2014 utilizando imágenes de satélite y conductividad eléctrica*. Lambayeque: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Sousa, F. (2021). *Value chain in distributed generation of photovoltaic energy and factors for competitiveness: A systematic review*. BOSTON: MIT.
- Tao, M. (2021). *Solar energy harvesting pavements on the road: comparative study and performance assessment*. HONG KONG: MAOSTE.
- Tomassiello, R. (2018). *Riesgo Ergonómico en Trabajo Agrícola. Diagnóstico y propuestas para labores vitivinícolas*. Cuyo: Universidad Nacional de Cuyo.
- Torres Sandoval, J. (2017). *Desarrollo de un sistema mecatrónico para el control de los dosificadores de semilla, fertilizante y pesticida de una sembradora - fertilizadora*. Chapingo: Repositorio Universidad Autónoma Chapingo.
- Ugarriza, N. (2016). *Instrumentos para la investigación Educativa*. Lima: UNMSM.
- Vega, E., Cárdenas, J., Ruiz, G., Jalomo, J., & Gudiño, J. (2019). *Análisis y diseño de arado como una nueva alternativa para tractores agrícolas*. Mexico: Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez.

Vera Muñoz, D. F. (2021). *Evaluación de la germinación de dos métodos de siembra (manual y mecanizado) en cultivos de caña de azúcar*. Palmira: Universidad Nacional Abierta y a Distancia.

Villasante, M. (2013). *Diseño de un proyecto de Investigación*. Cuzco: IIUR.

Xiankui, W. (2021). *An adaptive control for supporting village power grid integrating residential PV power generation*. SHANGAI: MIR.

Xue, B. (2021). *A novel PET model based volt/var control of AC–DC hybrid distribution network*. WUHAN: COVID19.

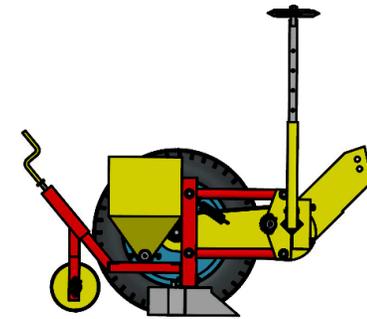
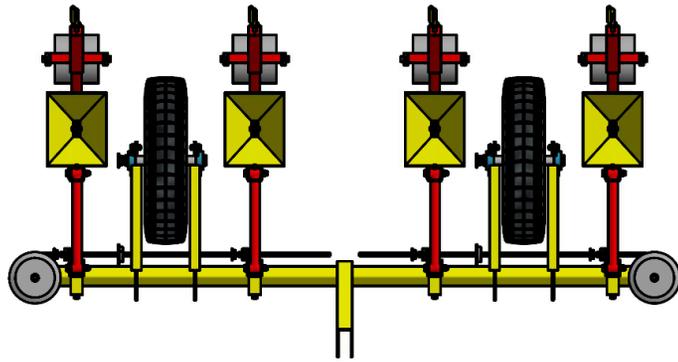
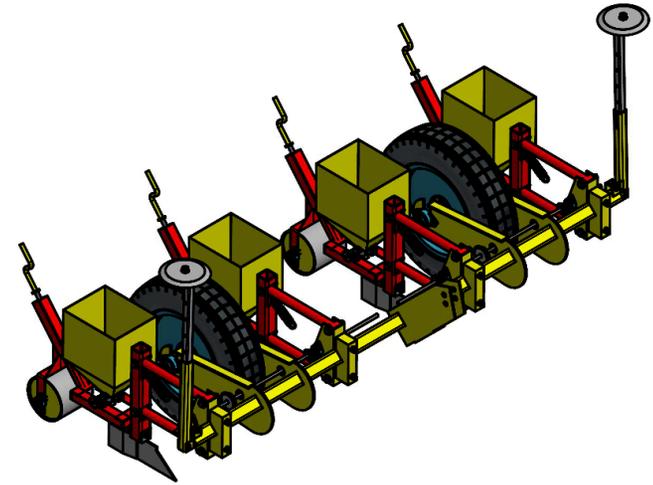
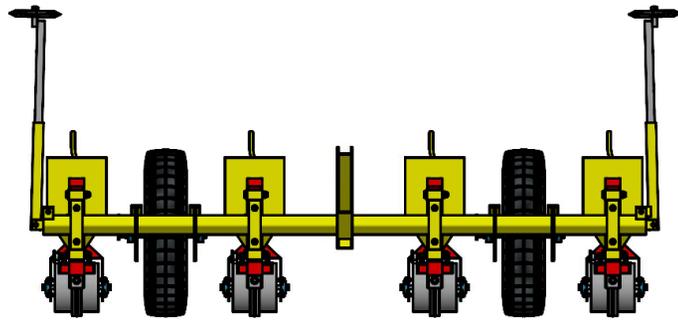
Yarra, P. (2020). *Impact of optimal sized pump storage unit on microgrid operating cost and bidding in electricity market*. CALCUTA: PUNJAB.

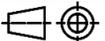
IX. ANEXOS

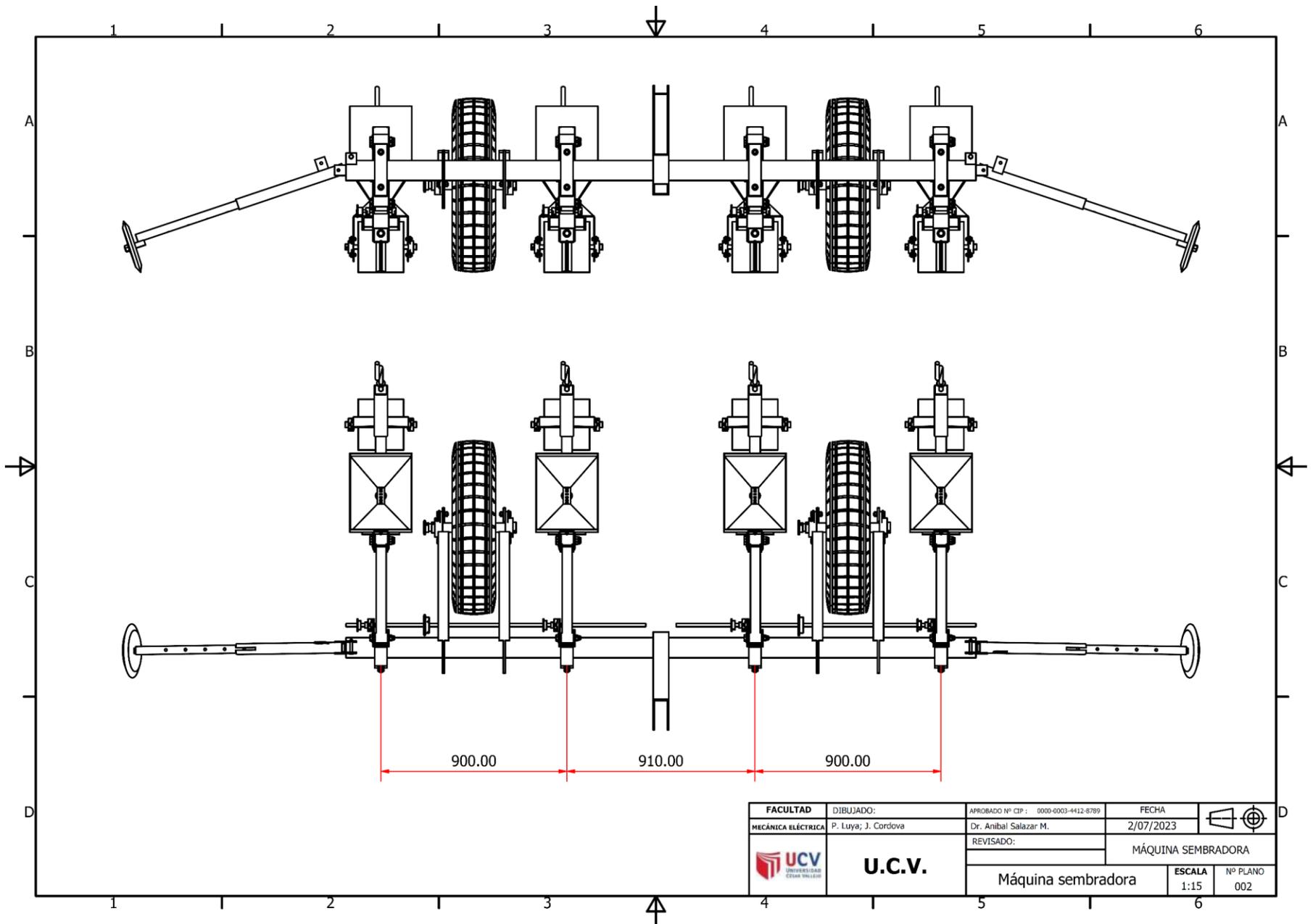
ANEXO 1. Tabla de operacionalización de variables.

Variable		Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de Medición
Independiente	Diseño de una maquina sembradora de maíz amarillo duro	La sembradora es una máquina que permite la siembra regular, bien sobre toda la superficie o en líneas equidistantes y a una profundidad uniforme, de todas las semillas en los cultivos	Maquina encargada específicamente de realizar la operación agrícola de manera mecánica, reduciendo el esfuerzo ejercido por el agricultor	Potencia	W	De Razón
				Torque	N.m	
				Rendimiento	Kg/H	
Dependiente	Producción agrícola de maíz amarillo duro	La producción agrícola de maíz amarillo duro se refiere a la cantidad total de maíz amarillo duro Sembrado en una ubicación geográfica específica durante un período de tiempo determinado.	Reducir costos y tiempo por exceso de personal de siembra manual, aumentar la velocidad del sembrado y las ganancias	Rendimiento de la maquina sembradora	Área cultivada	De Razón
				Estado físico	valoración	
				Rapidez de sembrado	m/s	

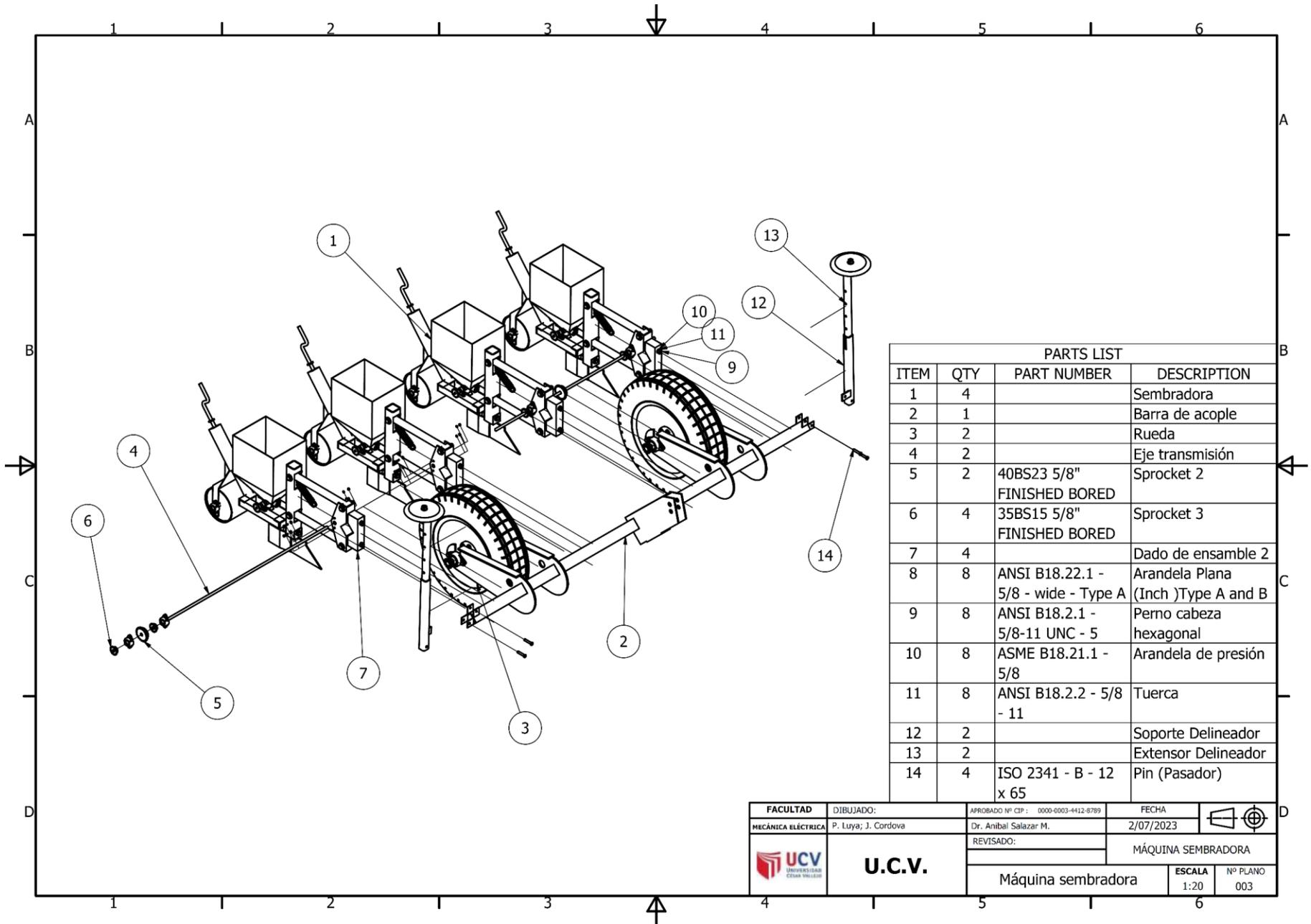
ANEXO 2. Planos.



FACULTAD	DIBUJADO:	APROBADO Nº CIP: 0000-0003-4412-8789	FECHA	
MECÁNICA ELÉCTRICA	P. Luya; J. Cordova	Dr. Anibal Salazar M.	2/07/2023	
	U.C.V. Universidad Central de Venezuela	REVISADO:	MÁQUINA SEMBRADORA	
		Máquina sembradora	ESCALA 1:25	Nº PLANO 001

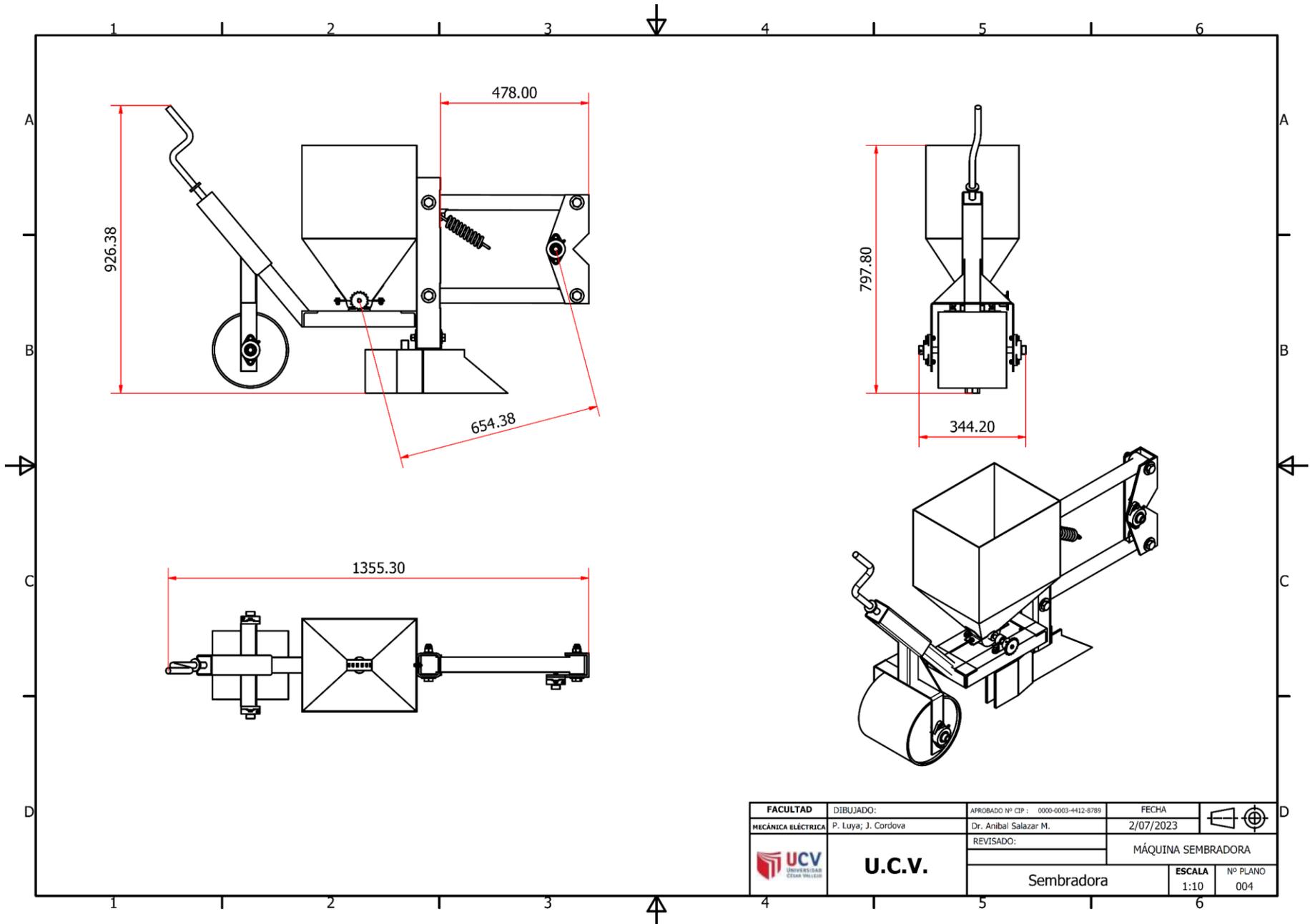


FACULTAD	DIBUJADO:	APROBADO Nº CIP : 0000-0003-4412-8789	FECHA	
MECÁNICA ELÉCTRICA	P. Luya; J. Córdova	Dr. Anibal Salazar M.	2/07/2023	
	REVISADO:		MÁQUINA SEMBRADORA	
 U.C.V. UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO			Máquina sembradora	ESCALA 1:15
				Nº PLANO 002

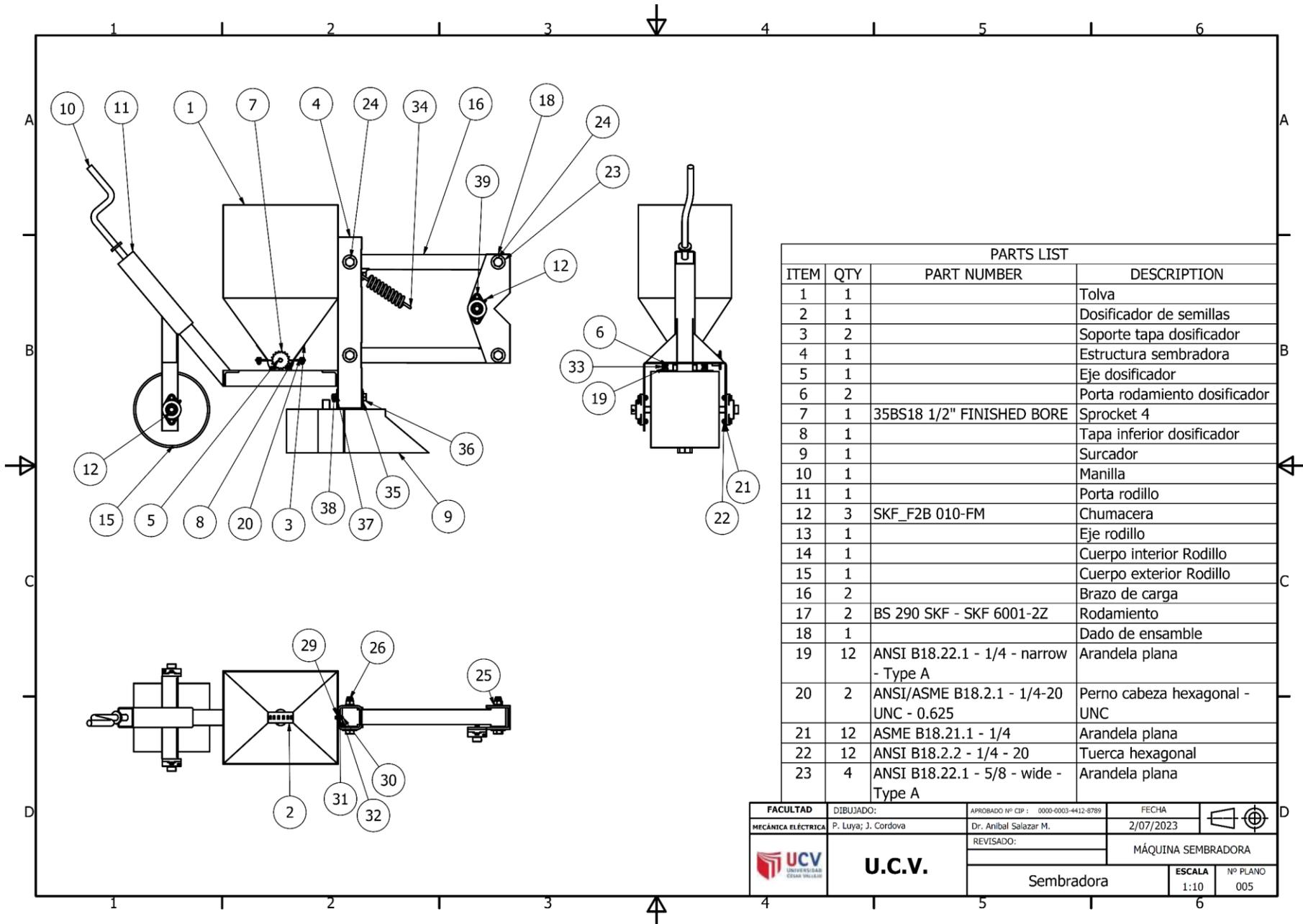


PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	4		Sembradora
2	1		Barra de acople
3	2		Rueda
4	2		Eje transmisión
5	2	40BS23 5/8" FINISHED BORED	Sprocket 2
6	4	35BS15 5/8" FINISHED BORED	Sprocket 3
7	4		Dado de ensamble 2
8	8	ANSI B18.22.1 - 5/8 - wide - Type A (Inch)Type A and B	Arandela Plana
9	8	ANSI B18.2.1 - 5/8-11 UNC - 5	Perno cabeza hexagonal
10	8	ASME B18.21.1 - 5/8	Arandela de presión
11	8	ANSI B18.2.2 - 5/8 - 11	Tuerca
12	2		Soporte Delineador
13	2		Extensor Delineador
14	4	ISO 2341 - B - 12 x 65	Pin (Pasador)

FACULTAD MECÁNICA ELÉCTRICA	DIBUJADO: P. Luya; J. Cordova	APROBADO Nº CP: 0000-0003-4412-8789 Dr. Anibal Salazar M.	FECHA 2/07/2023	
		U.C.V.		MÁQUINA SEMBRADORA
Máquina sembradora			ESCALA 1:20	Nº PLANO 003



FACULTAD	DIBUJADO:	APROBADO Nº CIP: 0000-0003-412-8789	FECHA	
MECÁNICA ELÉCTRICA	P. Luya; J. Cordova	Dr. Anibal Salazar M.	2/07/2023	
	U.C.V.	REVISADO:	MÁQUINA SEMBRADORA	
		Sembradora	ESCALA 1:10	Nº PLANO 004

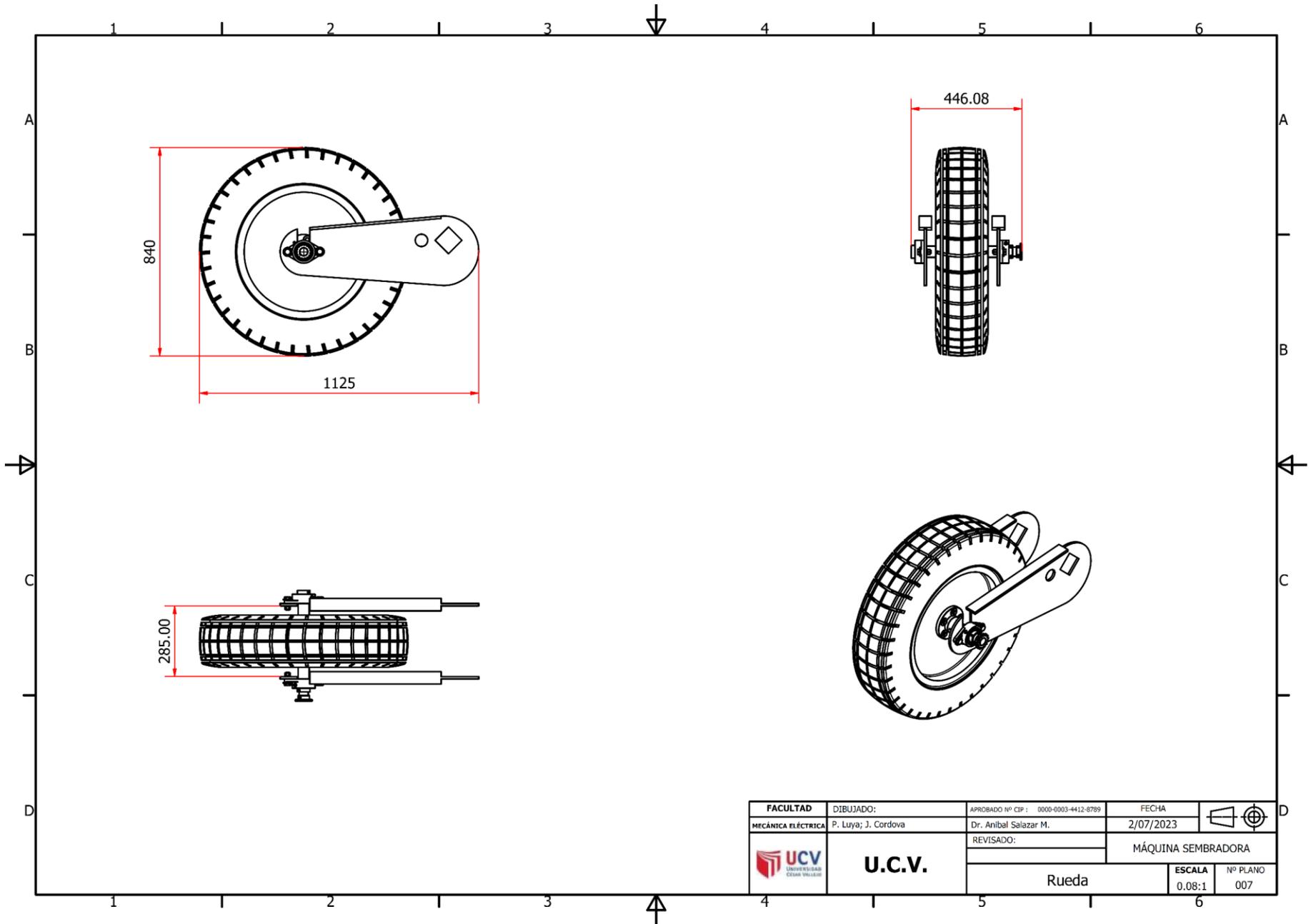


PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1		Tolva
2	1		Dosificador de semillas
3	2		Soporte tapa dosificador
4	1		Estructura sembradora
5	1		Eje dosificador
6	2		Porta rodamiento dosificador
7	1	35BS18 1/2" FINISHED BORE	Sprocket 4
8	1		Tapa inferior dosificador
9	1		Surcador
10	1		Manilla
11	1		Porta rodillo
12	3	SKF_F2B 010-FM	Chumacera
13	1		Eje rodillo
14	1		Cuerpo interior Rodillo
15	1		Cuerpo exterior Rodillo
16	2		Brazo de carga
17	2	BS 290 SKF - SKF 6001-2Z	Rodamiento
18	1		Dado de ensamble
19	12	ANSI B18.22.1 - 1/4 - narrow - Type A	Arandela plana
20	2	ANSI/ASME B18.2.1 - 1/4-20 UNC - 0.625	Perno cabeza hexagonal - UNC
21	12	ASME B18.21.1 - 1/4	Arandela plana
22	12	ANSI B18.2.2 - 1/4 - 20	Tuerca hexagonal
23	4	ANSI B18.22.1 - 5/8 - wide - Type A	Arandela plana

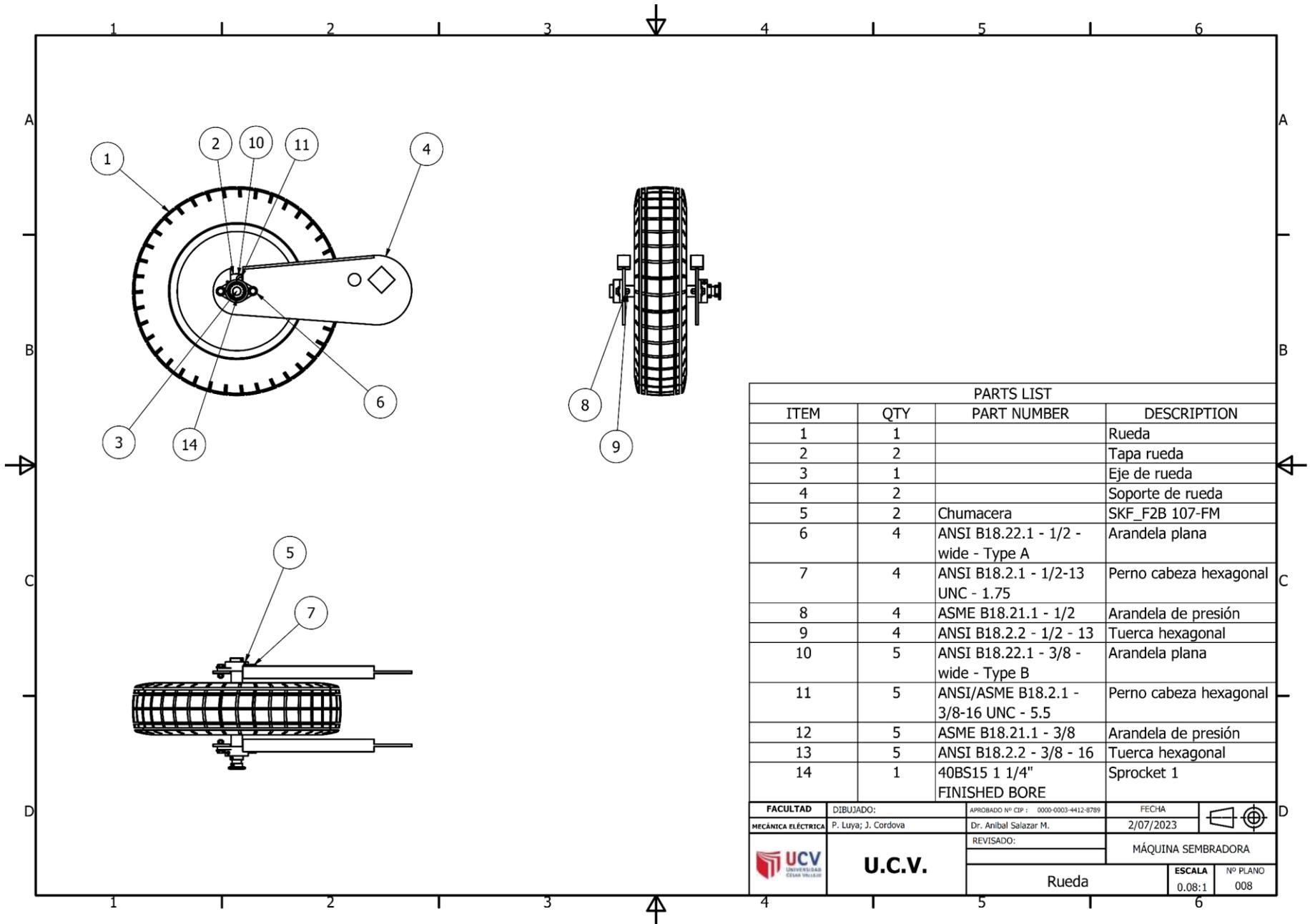
FACULTAD	DIBUJADO:	APROBADO Nº CIP :	FECHA	
MECÁNICA ELÉCTRICA	P. Luya; J. Cordova	0000-0003-4412-8789	2/07/2023	
	U.C.V.	REVISADO:	MÁQUINA SEMBRADORA	
		Sembradora		ESCALA
			1:10	005

PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
24	4	ANSI B18.2.1 - 5/8-11 UNC - 4.25	Perno cabeza heagonal UNC - 4.25
25	4	ASME B18.21.1 - 5/8	Arandela de presión
26	4	IFI 100/107 - 5/8 - 11Metal Type	Tuerca hexagonal cónico
29	2	ANSI B18.22.1 - No. 10 - Type A	Arandela plana
30	2	ANSI B18.3 - No. 10 - 24 UNC - 3/4 HS HCS	Tornillo cabeza allen
31	2	ASME B18.21.1 - No.10	Arandela de presión
32	2	IFI - IO.19 - 24	Cuerca hexagonal
33	8	ANSI/ASME B18.2.1 - 1/4-20 UNC - 1	Perno cabeza hexagonal - UNC
34	1	Extension Spring1	
35	1	ANSI B18.22.1 - 1/2 - wide - Type A	Arandela plana
36	1	ANSI B18.2.1 - 1/2-13 UNC - 4	Perno cabeza hexagonal UNC - 4
37	1	ASME B18.21.1 - 1/2	Arandela de presión
38	1	ANSI B18.2.2 - 1/2 - 13	Tueca hexagonal
39	2	ANSI/ASME B18.2.1 - 1/4-20 UNC - 1.25	Perno cabeza hexagonal - UNC

FACULTAD	DIBUJADO:	APROBADO Nº CIP : 0000-0003-4412-8789	FECHA	
MECÁNICA ELÉCTRICA	P. Luya; J. Cordova	Dr. Anibal Salazar M.	2/07/2023	
	U.C.V.	REVISADO:	MÁQUINA SEMBRADORA	
		Sembradora	ESCALA 1:10	Nº PLANO 006

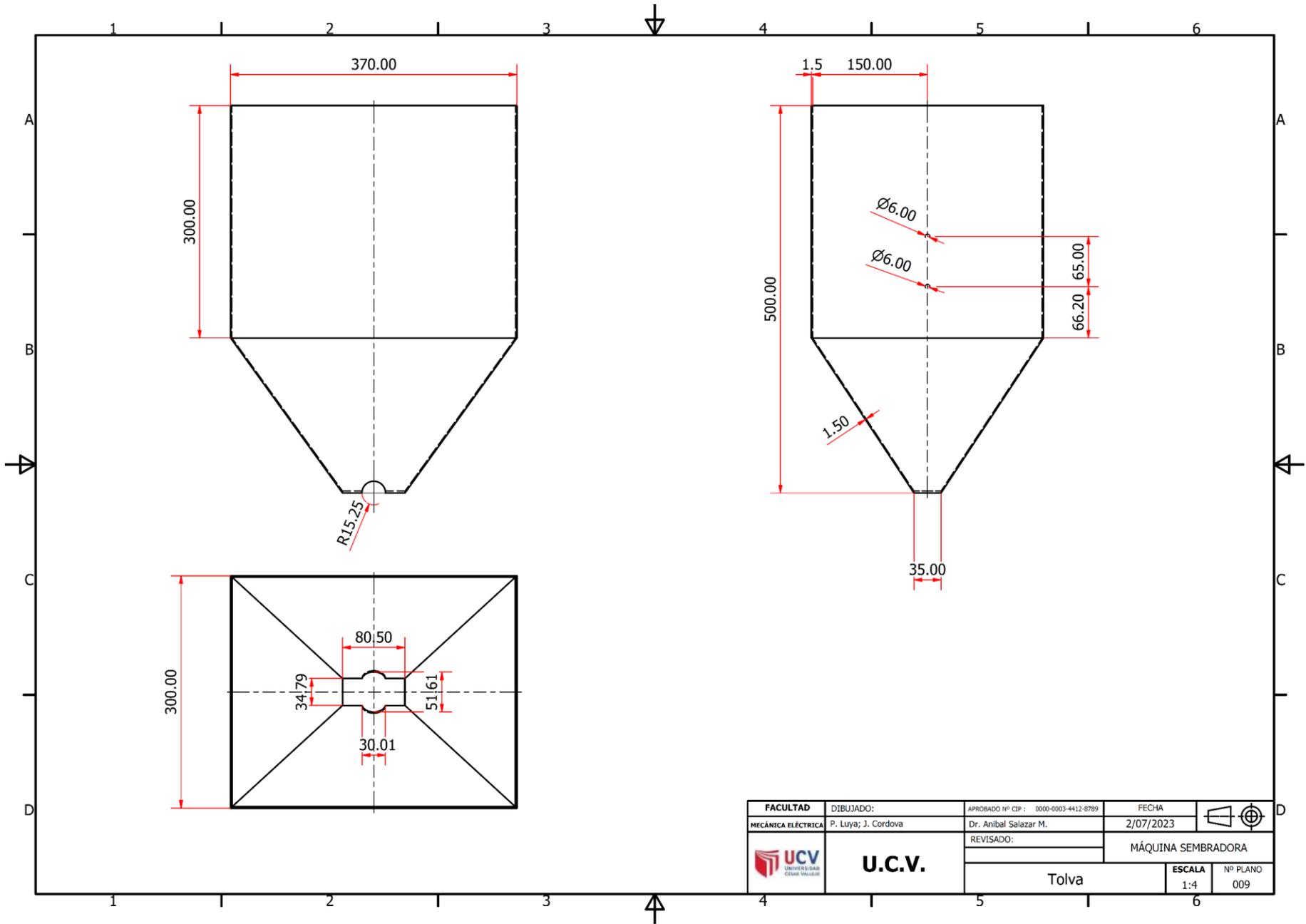


FACULTAD	DIBUJADO:	APROBADO Nº CIP: 9000-0003-4412-8789	FECHA	
MECÁNICA ELÉCTRICA	P. Luya; J. Cordova	Dr. Anibal Salazar M.	2/07/2023	
	U.C.V.	REVISADO:	MÁQUINA SEMBRADORA	
Rueda			ESCALA	Nº PLANO
			0.08:1	007

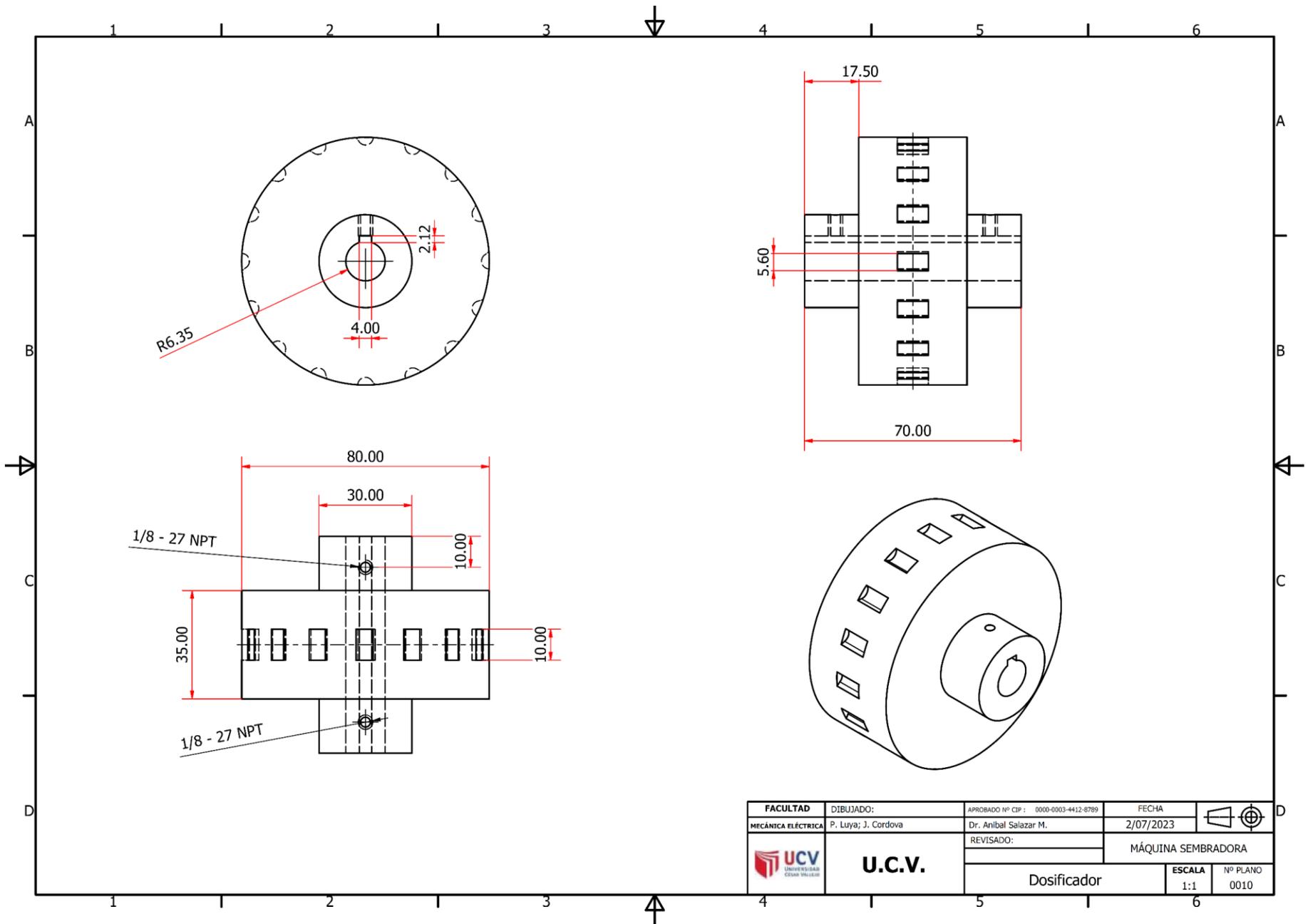


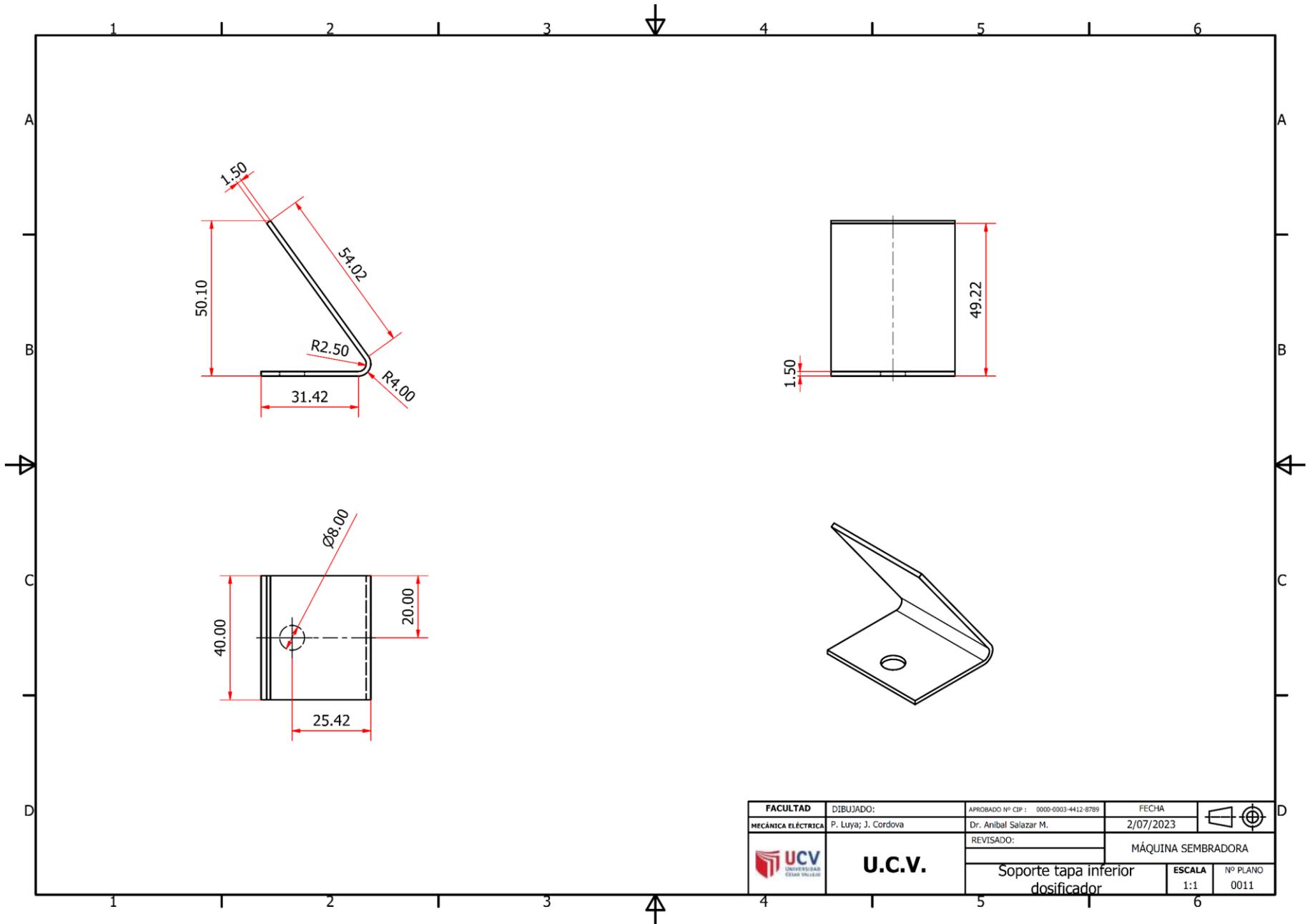
PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1		Rueda
2	2		Tapa rueda
3	1		Eje de rueda
4	2		Soporte de rueda
5	2	Chumacera	SKF_F2B 107-FM
6	4	ANSI B18.22.1 - 1/2 - wide - Type A	Arandela plana
7	4	ANSI B18.2.1 - 1/2-13 UNC - 1.75	Perno cabeza hexagonal
8	4	ASME B18.21.1 - 1/2	Arandela de presión
9	4	ANSI B18.2.2 - 1/2 - 13	Tuerca hexagonal
10	5	ANSI B18.22.1 - 3/8 - wide - Type B	Arandela plana
11	5	ANSI/ASME B18.2.1 - 3/8-16 UNC - 5.5	Perno cabeza hexagonal
12	5	ASME B18.21.1 - 3/8	Arandela de presión
13	5	ANSI B18.2.2 - 3/8 - 16	Tuerca hexagonal
14	1	40BS15 1 1/4" FINISHED BORE	Sprocket 1

FACULTAD	DIBUJADO:	APROBADO Nº CIP: 0000-0003-4412-8789	FECHA	
MECÁNICA ELÉCTRICA	P. Luya; J. Cordova	Dr. Anibal Salazar M.	2/07/2023	
REVISADO:			MÁQUINA SEMBRADORA	
			U.C.V.	
Rueda			ESCALA 0.08:1	Nº PLANO 008

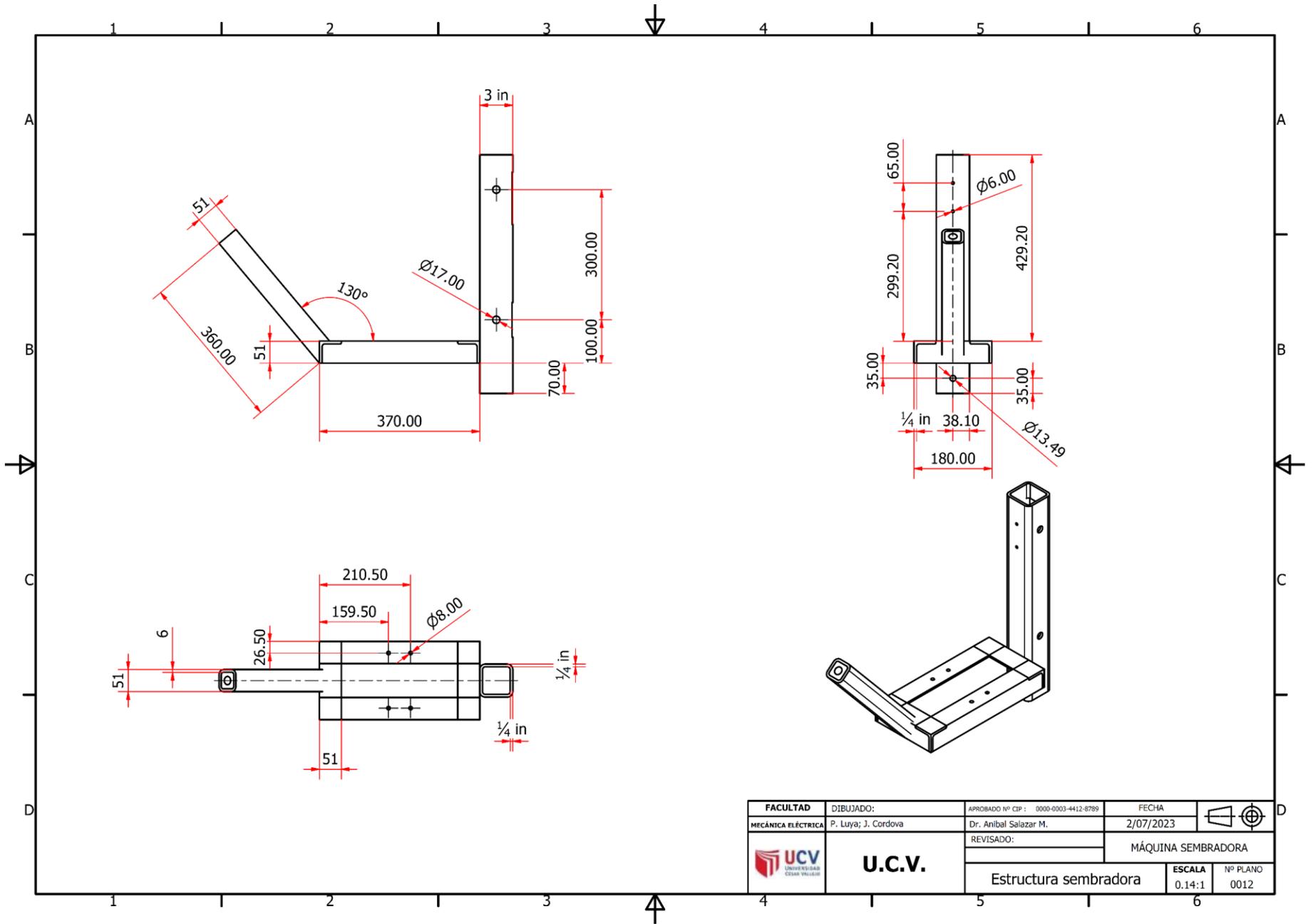


FACULTAD	DIBUJADO:	APROBADO Nº CIP: 0000-0003-4412-8789	FECHA	
MECÁNICA ELÉCTRICA	P. Luya; J. Córdova	Dr. Anibal Salazar M.	2/07/2023	
REVISADO:			MÁQUINA SEMBRADORA	
 U.C.V.			Tolva	
			ESCALA	Nº PLANO
			1:4	009

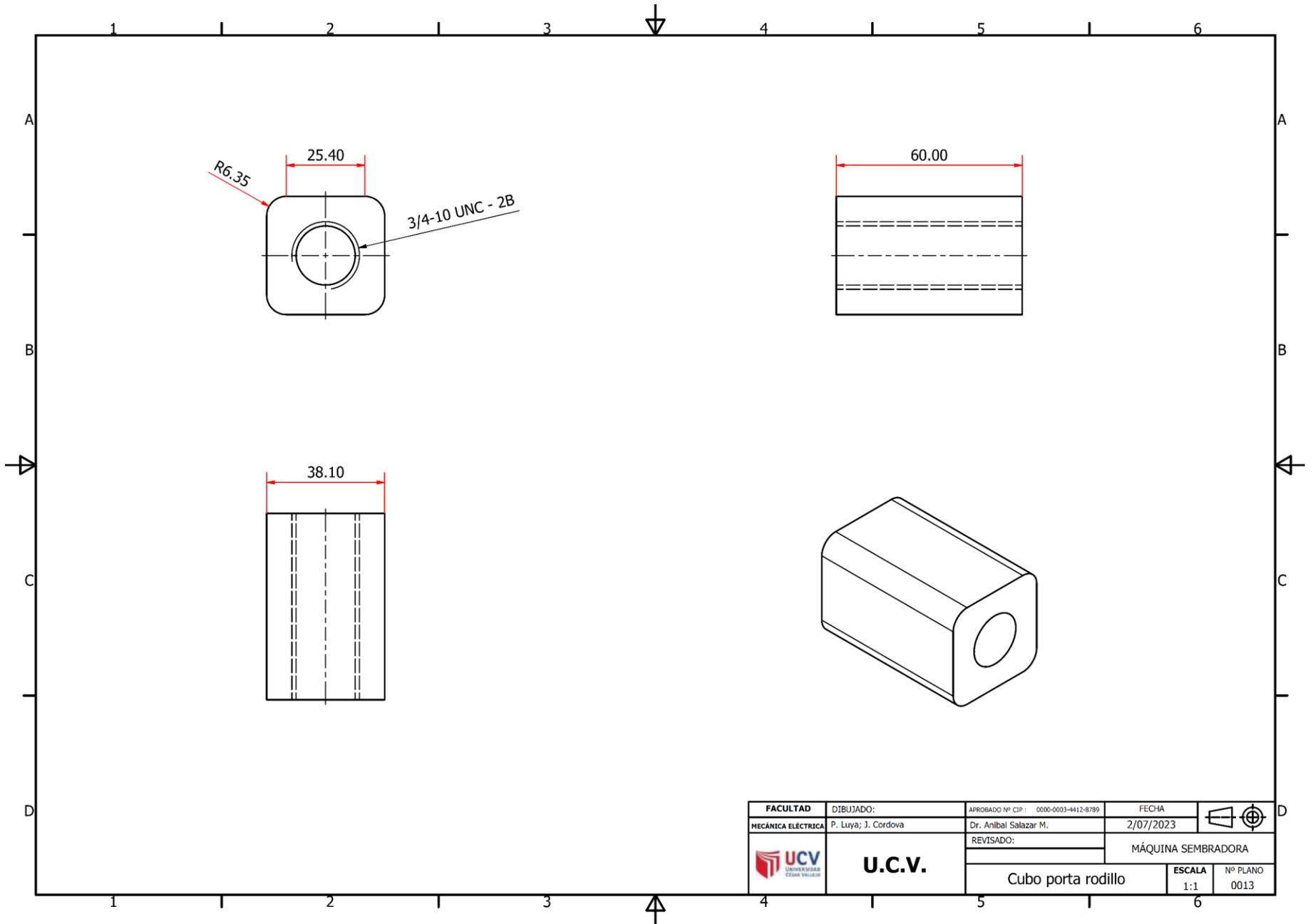




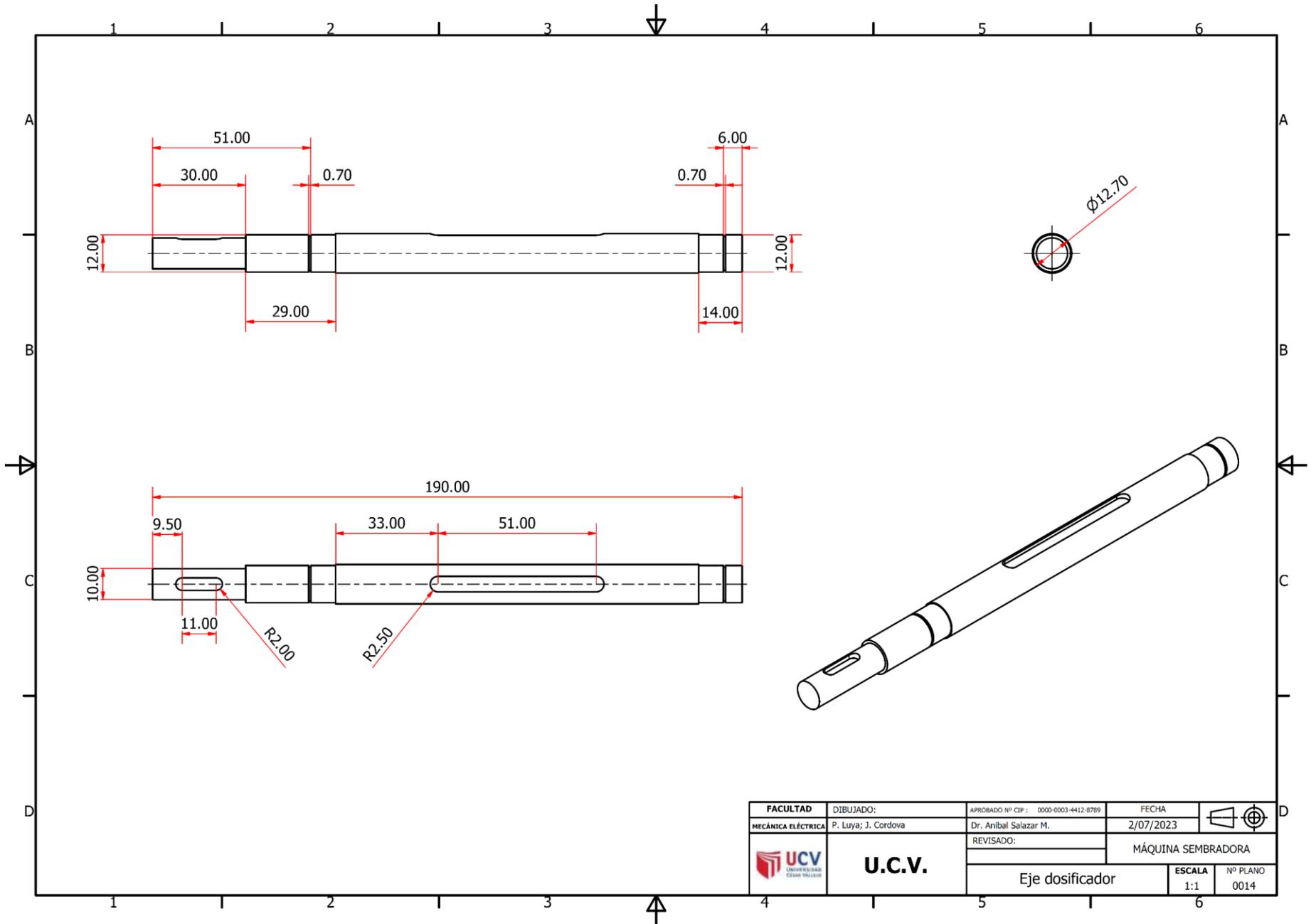
FACULTAD	DIBUJADO:	APROBADO Nº CIP : 0000-0003-4412-8789	FECHA	
MECÁNICA ELÉCTRICA	P. Luya; J. Cordova	Dr. Anibal Salazar M.	2/07/2023	
	U.C.V.	REVISADO:	MÁQUINA SEMBRADORA	
		Soporte tapa inferior dosificador		
		ESCALA	Nº PLANO	
1:1	0011			



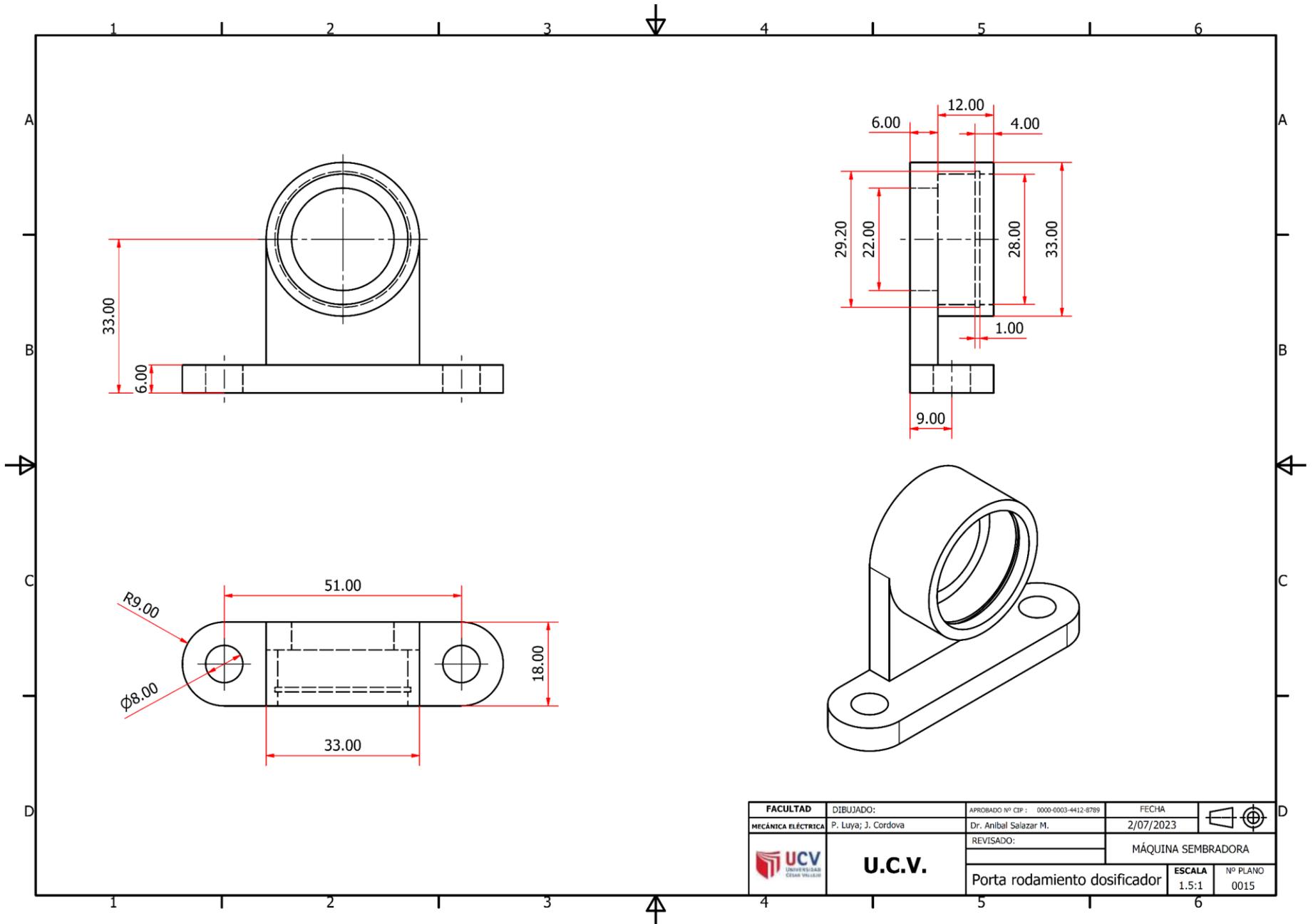
FACULTAD	DIBUJADO:	APROBADO Nº CP: 0000-0903-4412-8789	FECHA	
MECÁNICA ELÉCTRICA	P. Luya; J. Cordova	Dr. Anibal Salazar M.	2/07/2023	
REVISADO:		MÁQUINA SEMBRADORA		
		Estructura sembradora		ESCALA 0.14:1
U.C.V.				Nº PLANO 0012

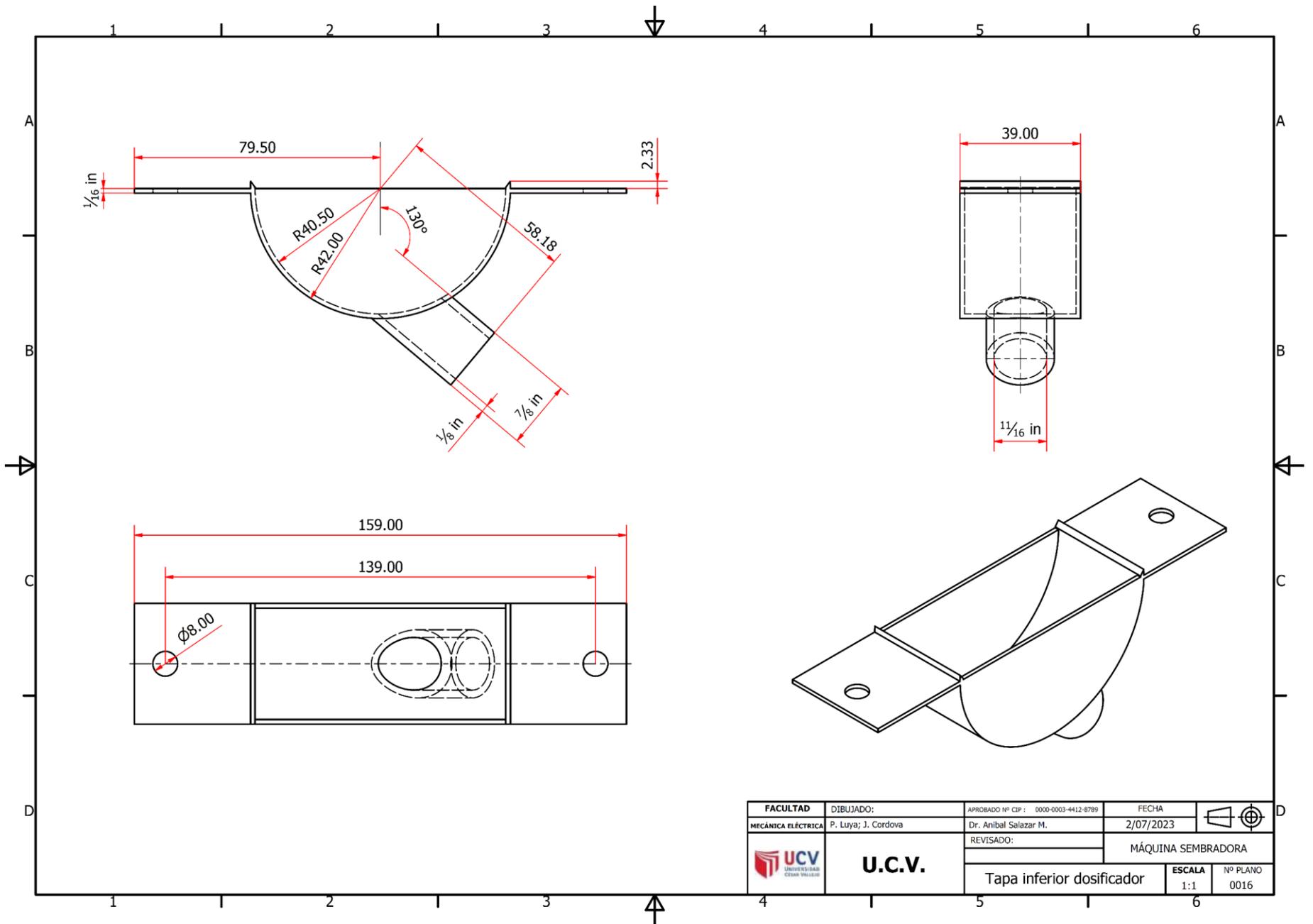


FACULTAD	DIBUJADO:	APROBADO Nº CIP: 0000-0003-4412-8789	FECHA	
MECÁNICA ELÉCTRICA	P. Luya; J. Cordova	Dr. Anibal Salazar M.	2/07/2023	
REVISADO:			MÁQUINA SEMBRADORA	
 U.C.V.			Cubo porta rodillo	ESCALA 1:1
				Nº PLANO 0013

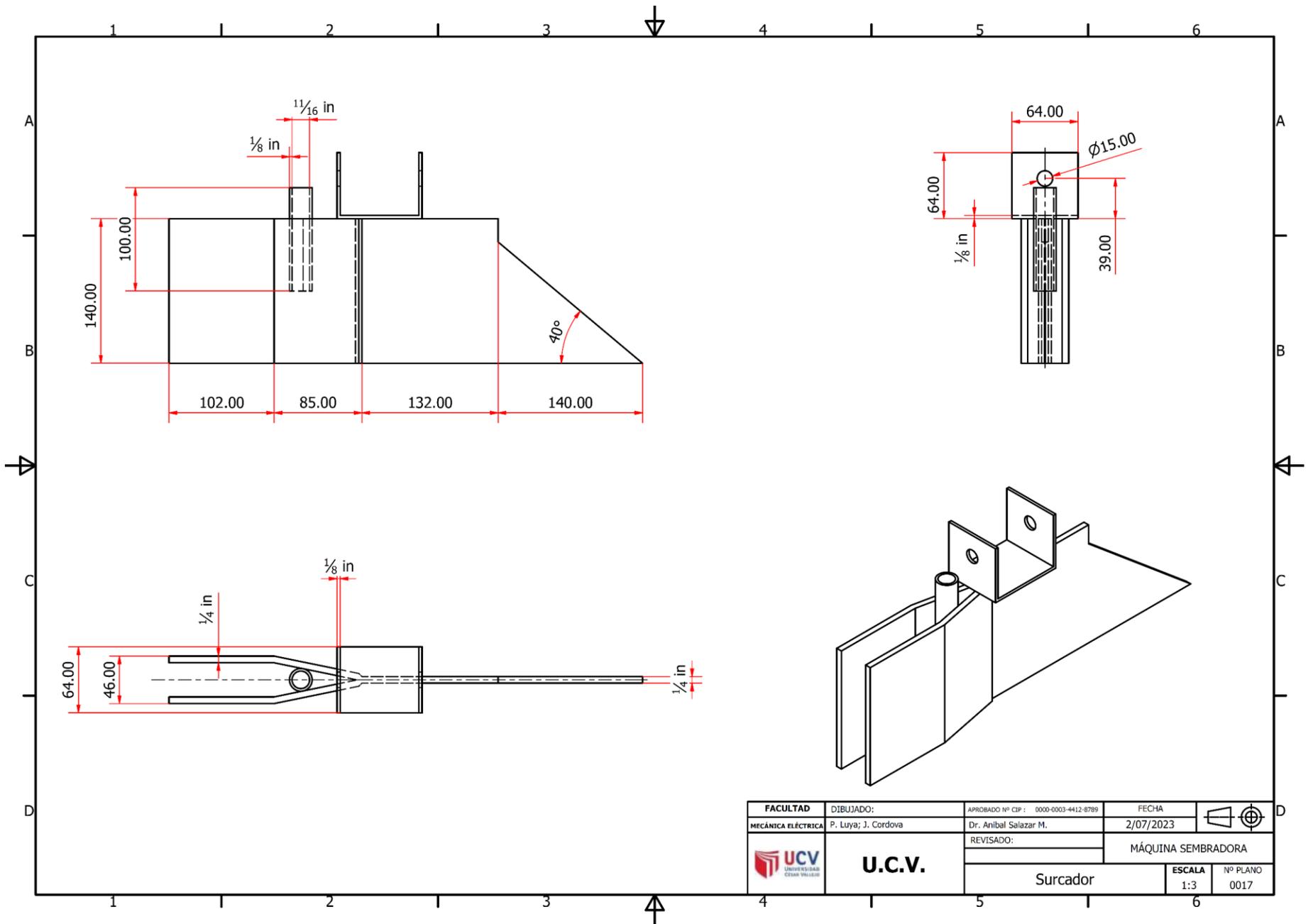


FACULTAD	DIBUJADO:	APROBADO N° CIP: 0000-0003-4412-8789	FECHA	
MECÁNICA ELÉCTRICA	P. Luya; J. Cordova	Dr. Anibal Salazar M.	2/07/2023	
	U.C.V.	REVISADO:	MÁQUINA SEMBRADORA	
		Eje dosificador	ESCALA	N° PLANO
		1:1	0014	

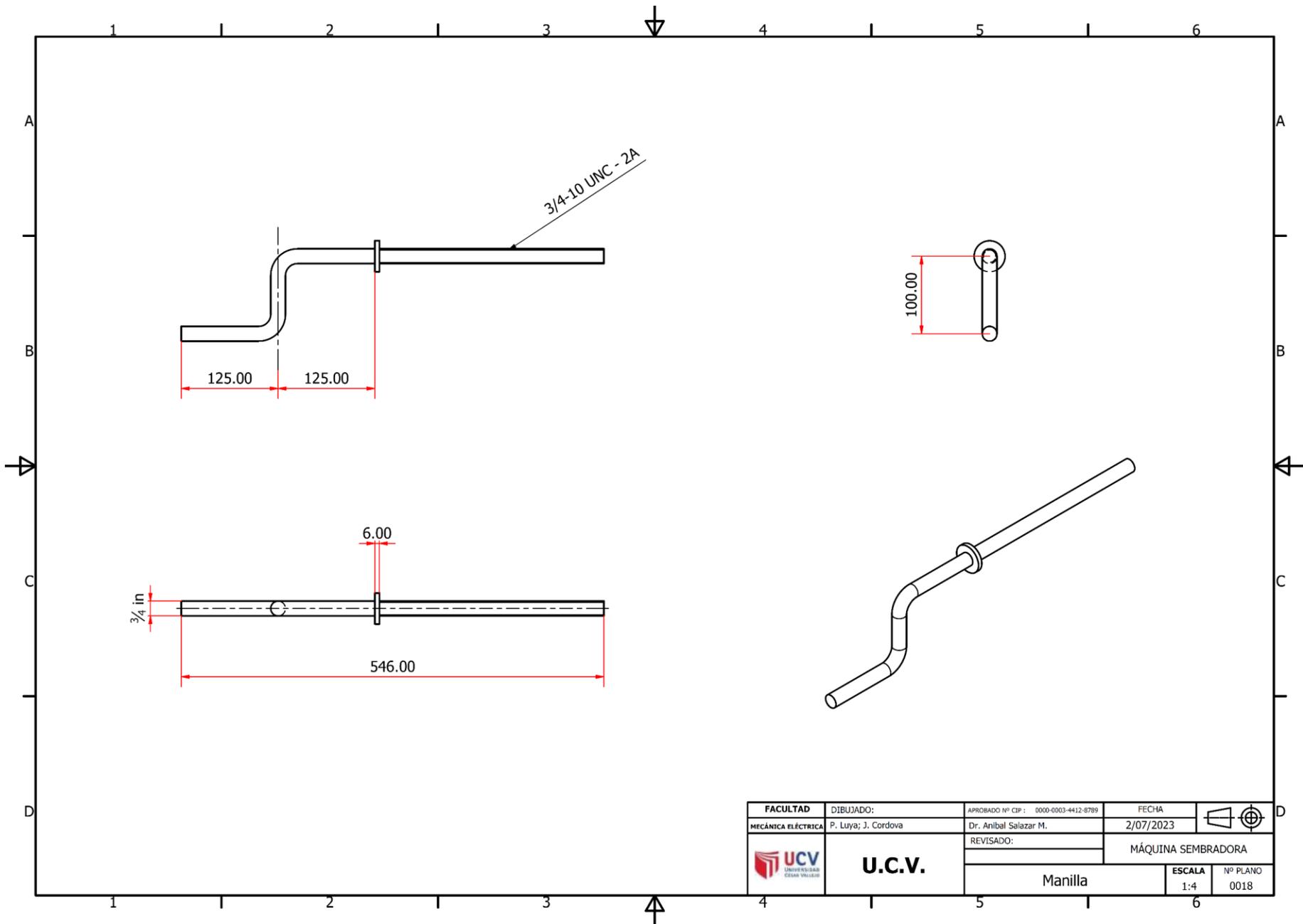




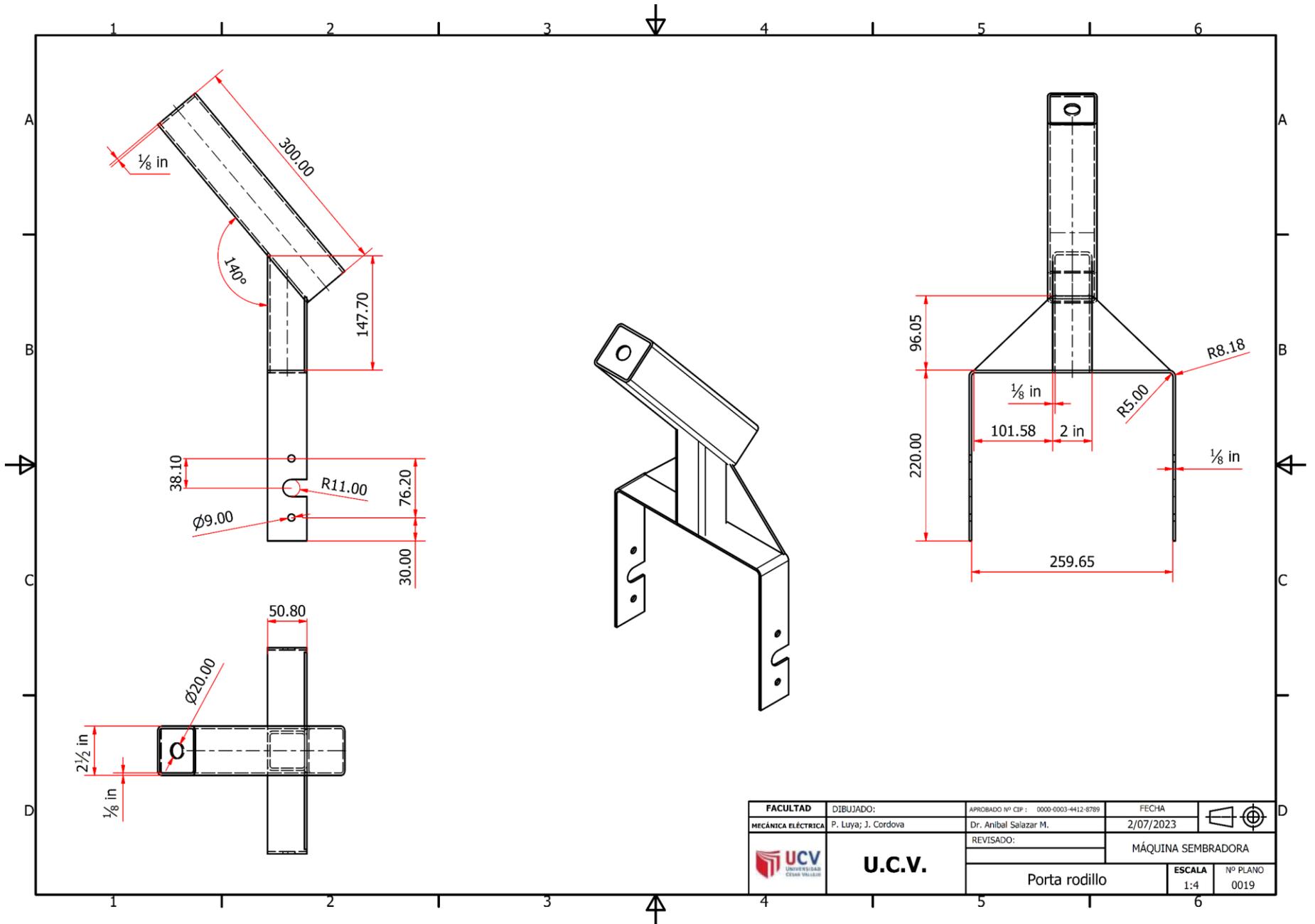
FACULTAD	DIBUJADO:	APROBADO Nº CIP: 0000-0003-4412-8789	FECHA	
MECÁNICA ELÉCTRICA	P. Luya; J. Cordova	Dr. Anibal Salazar M.	2/07/2023	
	U.C.V.	REVISADO:	MÁQUINA SEMBRADORA	
		Tapa inferior dosificador	ESCALA	Nº PLANO
		1:1	0016	

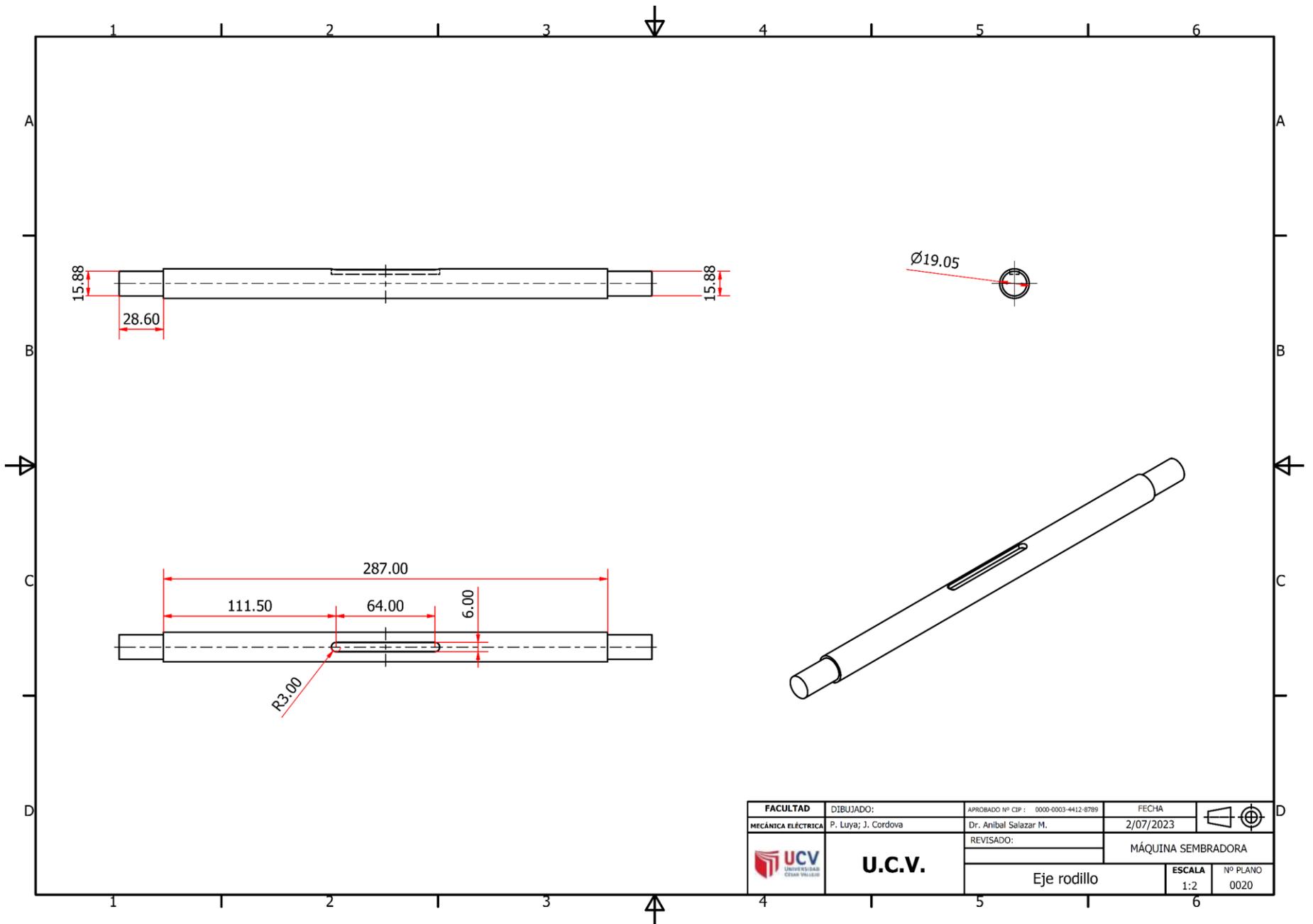


FACULTAD	DIBUJADO:	APROBADO N° CIP: 0000-0003-4412-8789	FECHA	
MECÁNICA ELÉCTRICA	P. Luya; J. Cordova	Dr. Anibal Salazar M.	2/07/2023	
	U.C.V.	REVISADO:	MÁQUINA SEMBRADORA	
		Surcador	ESCALA 1:3	N° PLANO 0017

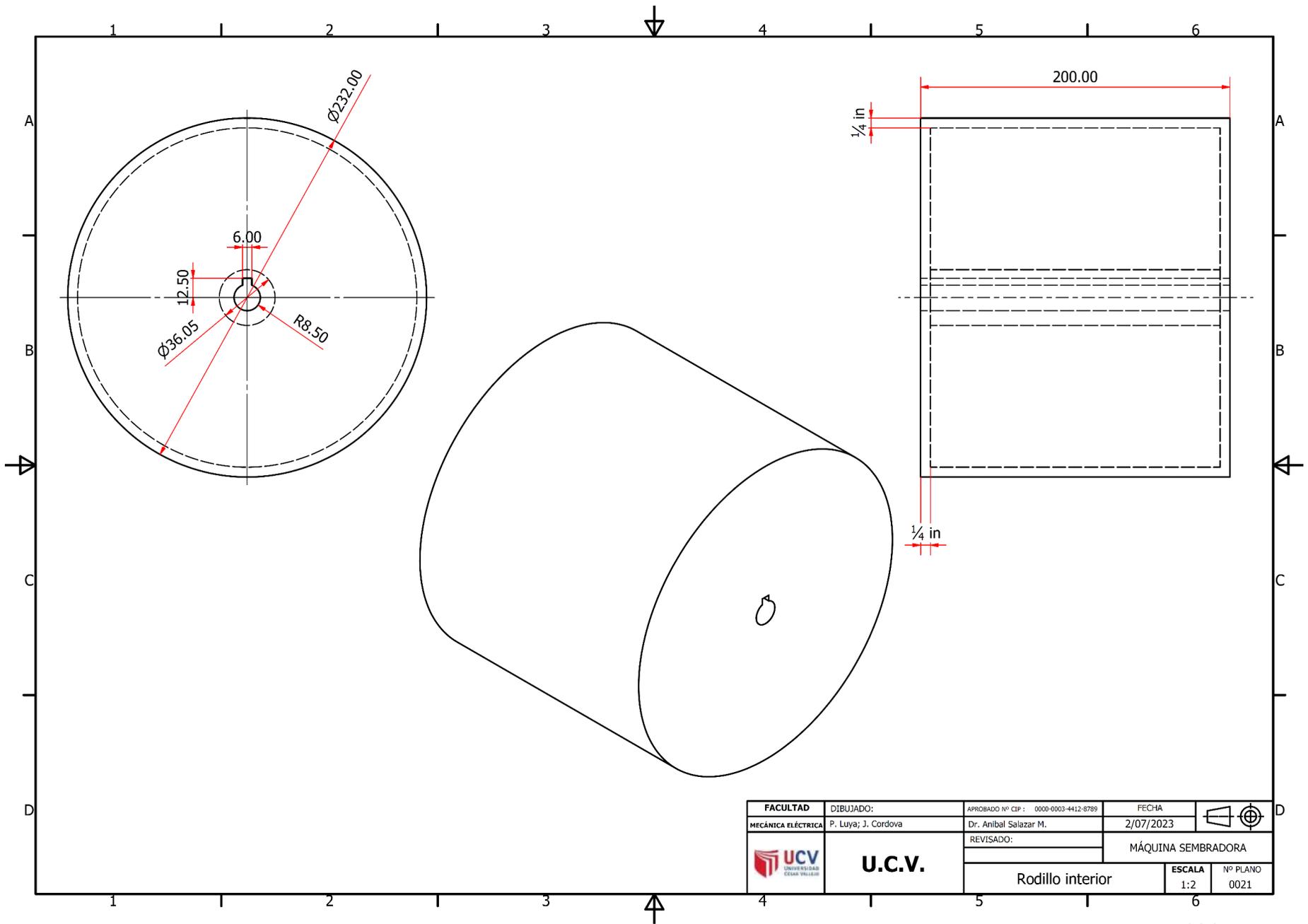


FACULTAD	DIBUJADO:	APROBADO Nº CIP: 0000-0003-4412-8789	FECHA	
MECÁNICA ELÉCTRICA	P. Luya; J. Cordova	Dr. Anibal Salazar M.	2/07/2023	
		REVISADO:	MÁQUINA SEMBRADORA	
U.C.V.			Manilla	ESCALA 1:4
				Nº PLANO 0018

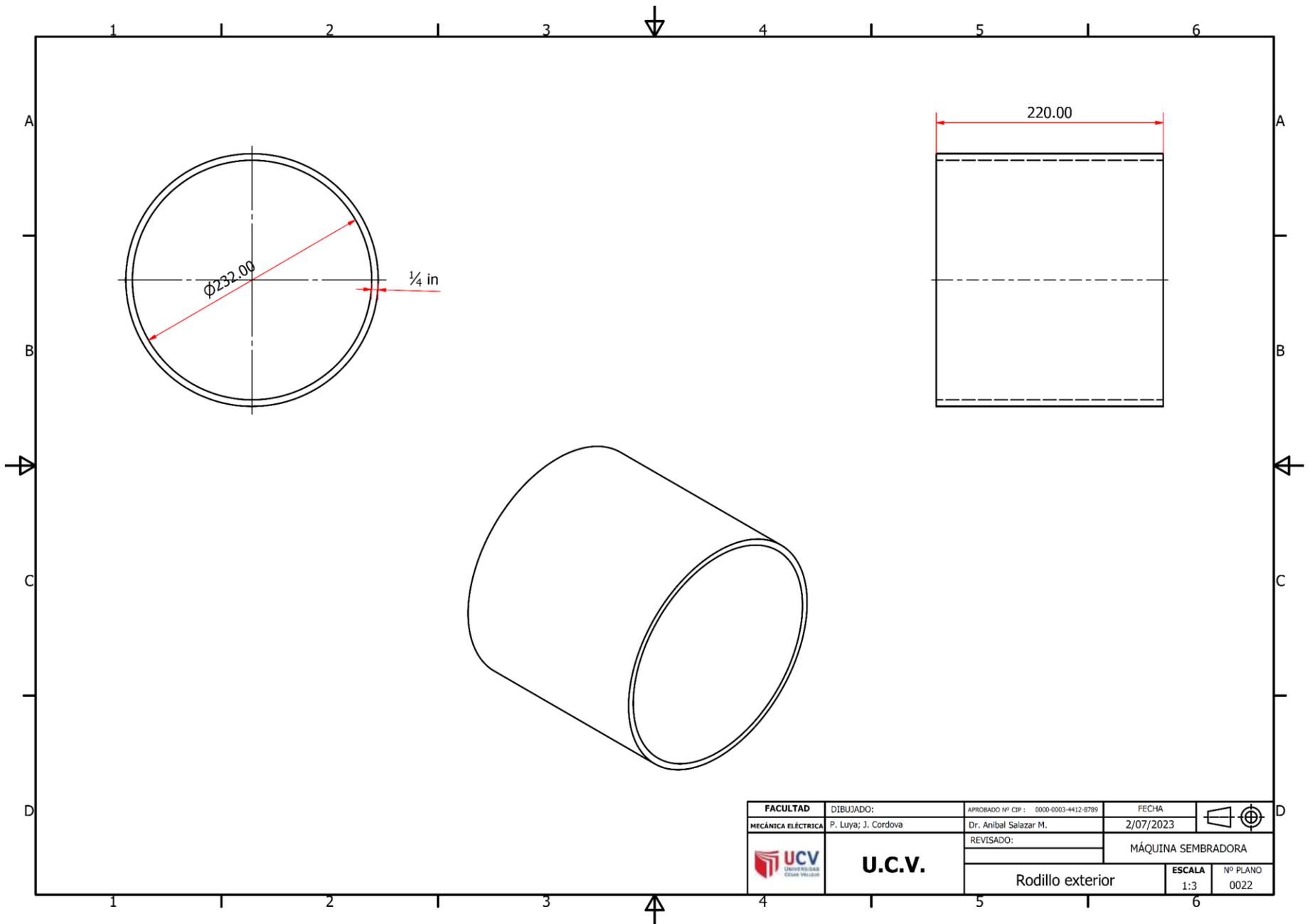




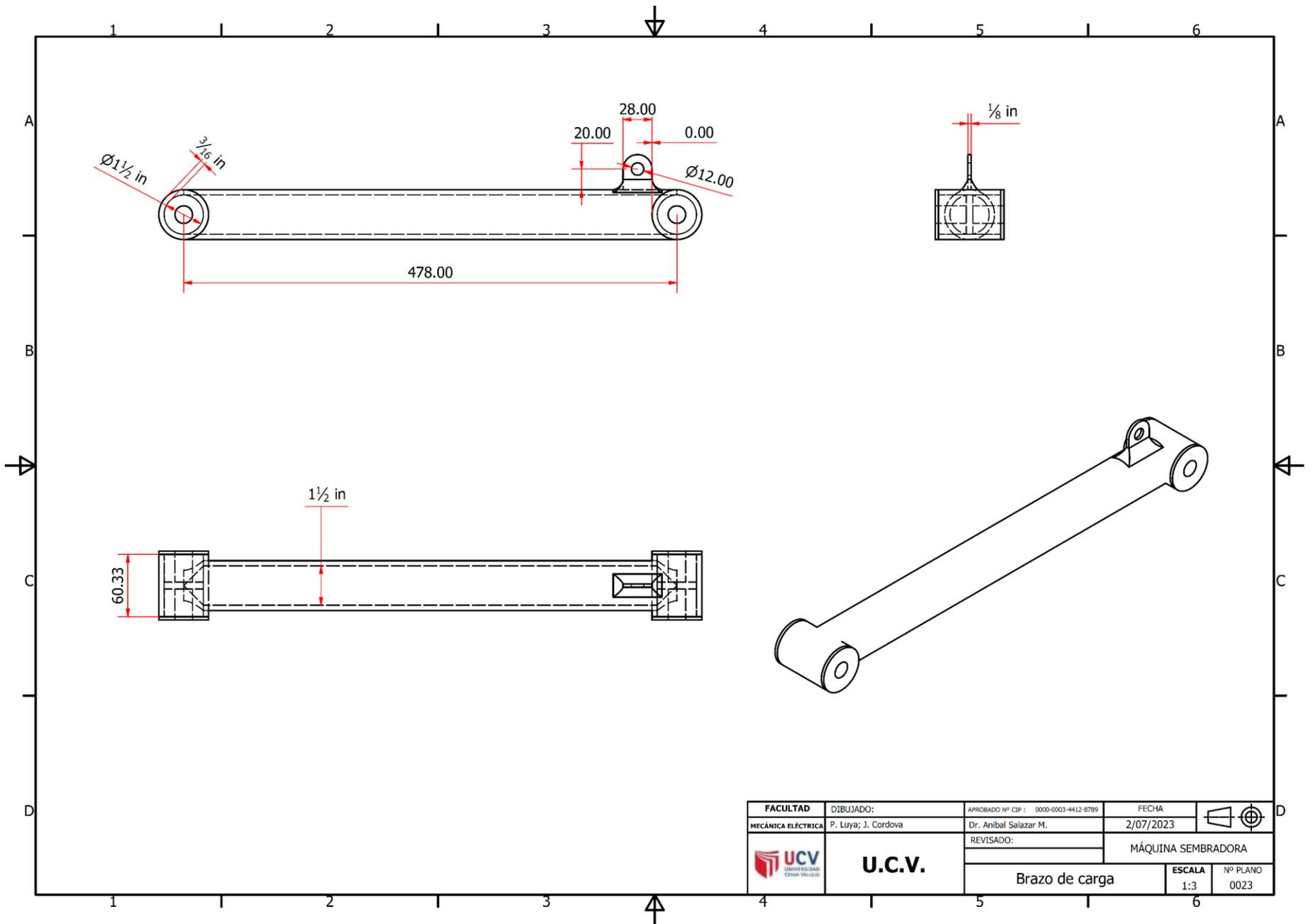
FACULTAD	DIBUJADO:	APROBADO Nº CIP: 0000-0003-4412-8789	FECHA	
MECÁNICA ELÉCTRICA	P. Luya; J. Cordova	Dr. Anibal Salazar M.	2/07/2023	
	U.C.V.	REVISADO:	MÁQUINA SEMBRADORA	
		Eje rodillo	ESCALA 1:2	Nº PLANO 0020

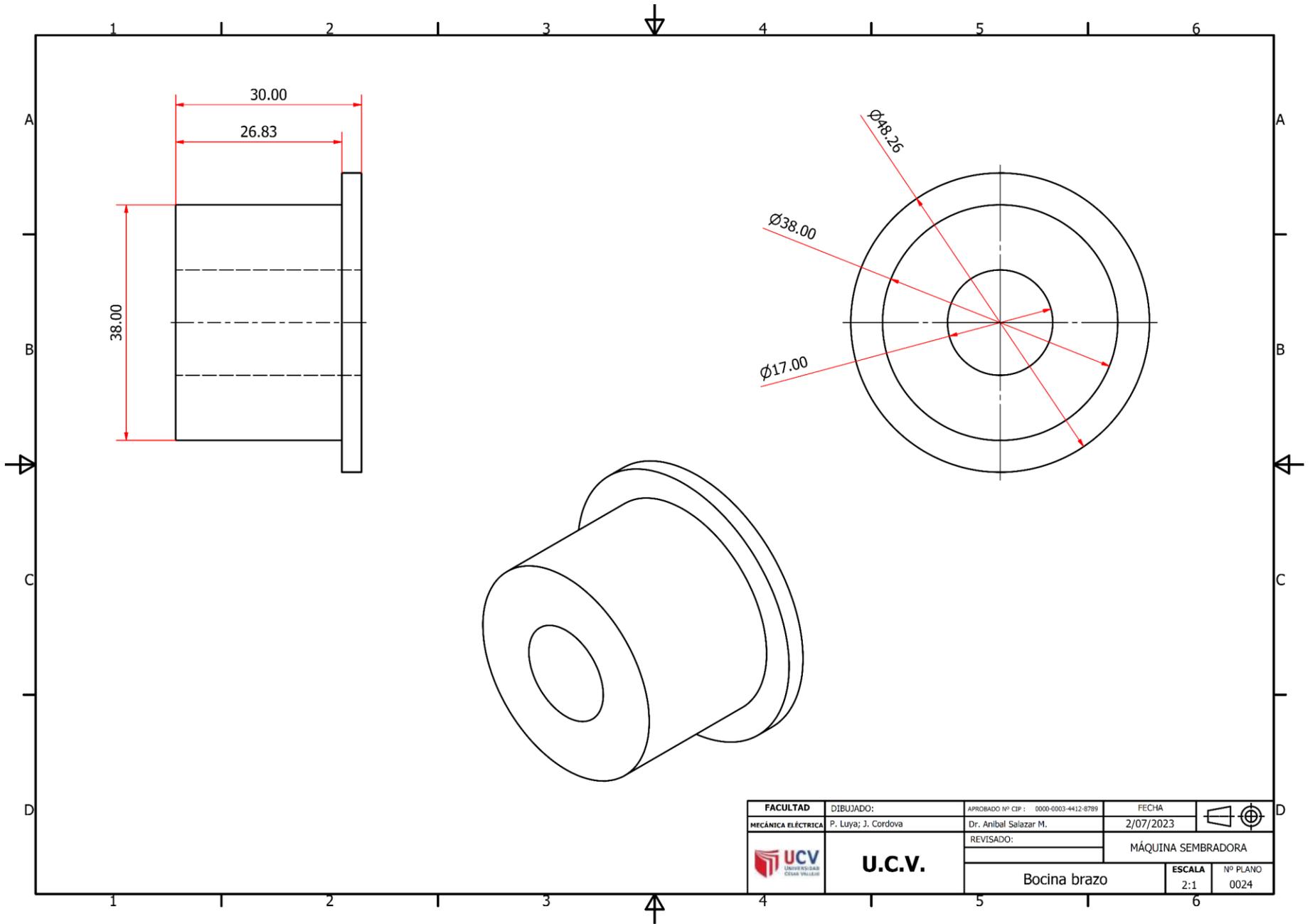


FACULTAD	DIBUJADO:	APROBADO Nº CIP :	FECHA		
MECÁNICA ELÉCTRICA	P. Luya; J. Cordova	Dr. Anibal Salazar M.	2/07/2023		
	U.C.V. <small>UNIVERSIDAD CERRO VILLAGUANO</small>	REVISADO:	MÁQUINA SEMBRADORA		
		Rodillo interior		ESCALA	Nº PLANO
				1:2	0021

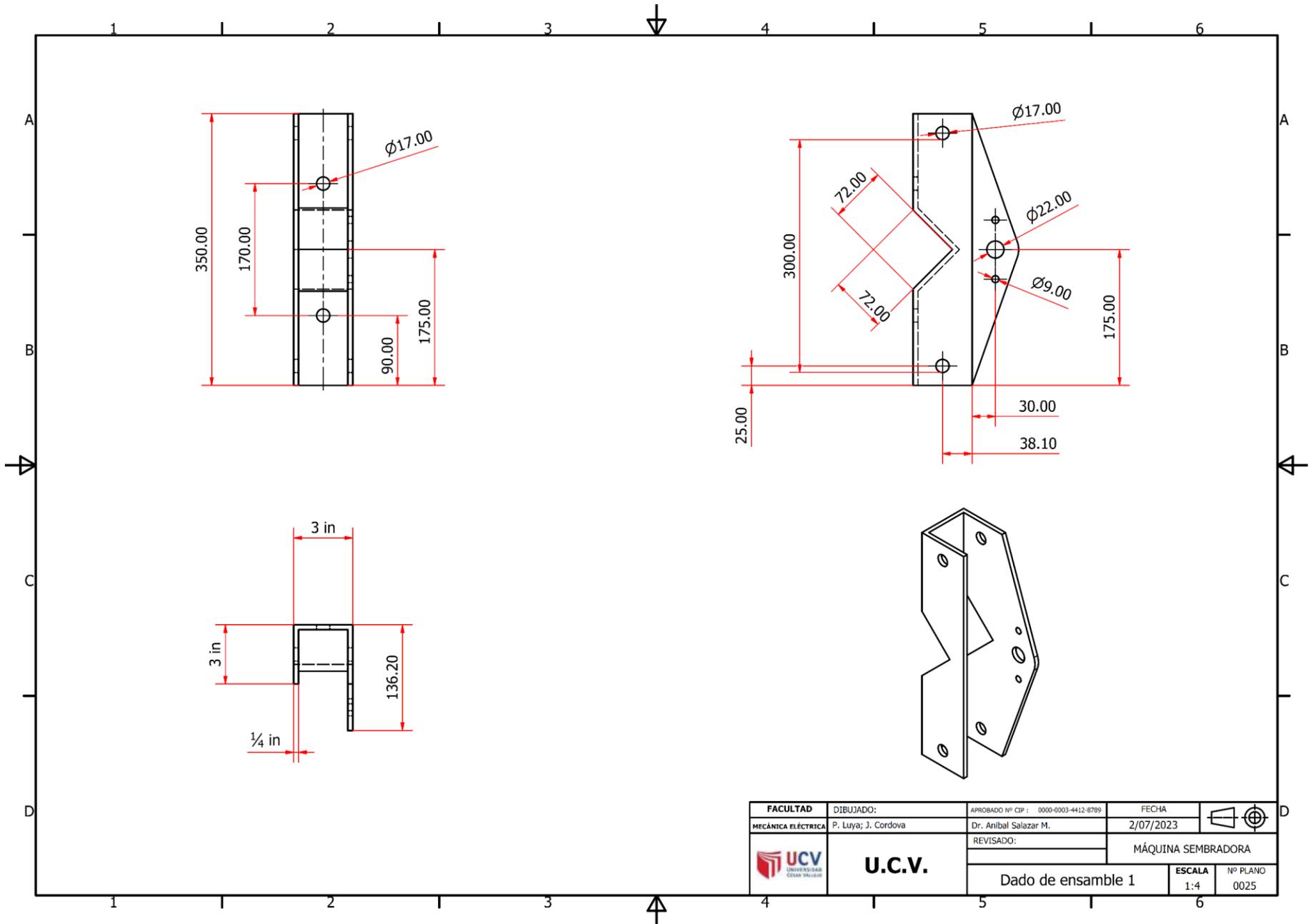


FACULTAD	DIBUJADO:	APROBADO N° CIP: 0000-0003-4412-8789	FECHA	
MECÁNICA ELÉCTRICA	P. Luyá; J. Cordova	Dr. Anibal Salazar M.	2/07/2023	
REVISADO:			MÁQUINA SEMBRADORA	
			U.C.V.	
Rodillo exterior			ESCALA 1:3	N° PLANO 0022

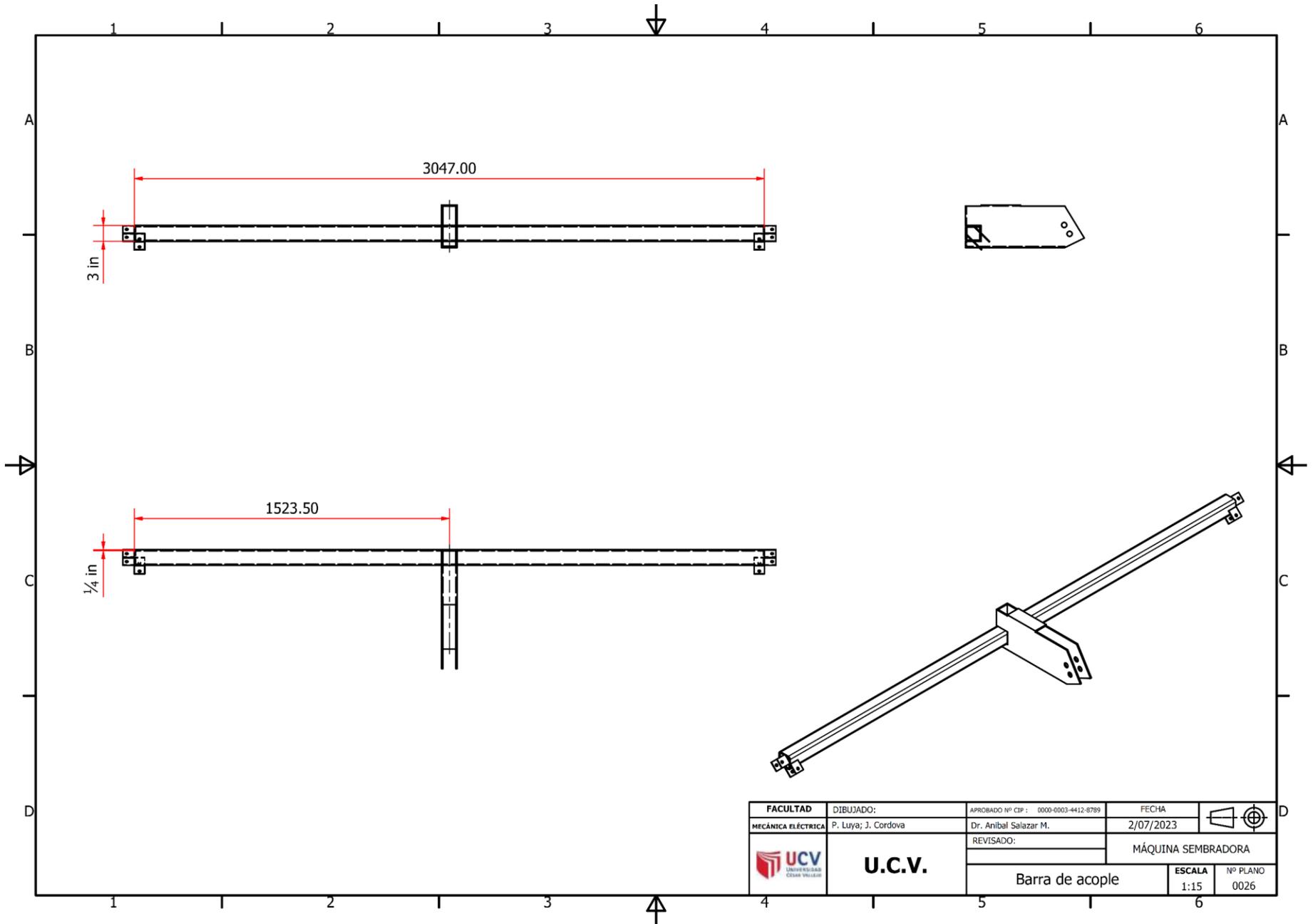




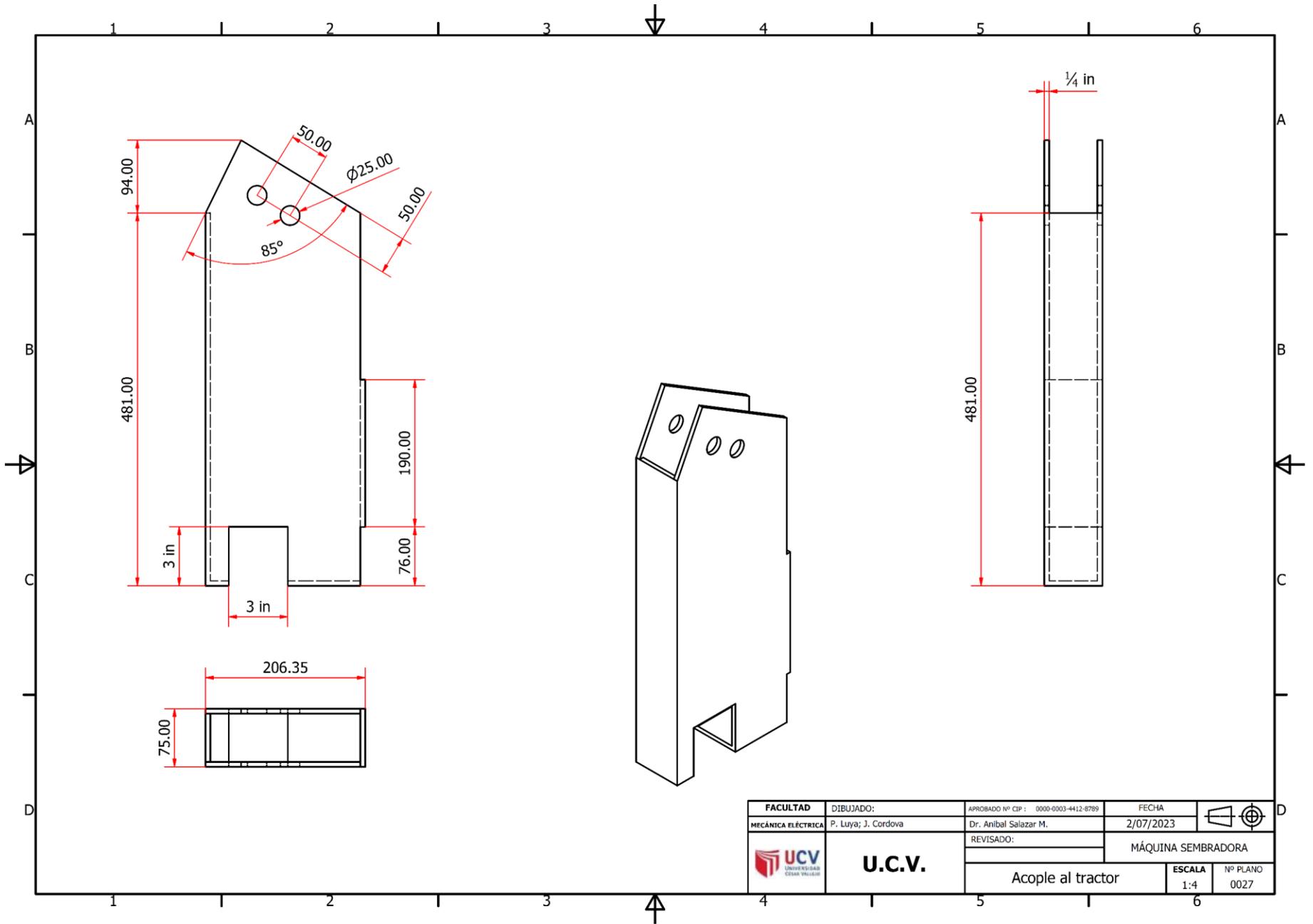
FACULTAD	DIBUJADO:	APROBADO Nº CIP: 0000-0003-4412-8789	FECHA	
MECÁNICA ELÉCTRICA	P. Luya; J. Cordova	Dr. Anibal Salazar M.	2/07/2023	
	U.C.V.	REVISADO:	MÁQUINA SEMBRADORA	
		Bocina brazo	ESCALA	Nº PLANO
		2:1	0024	



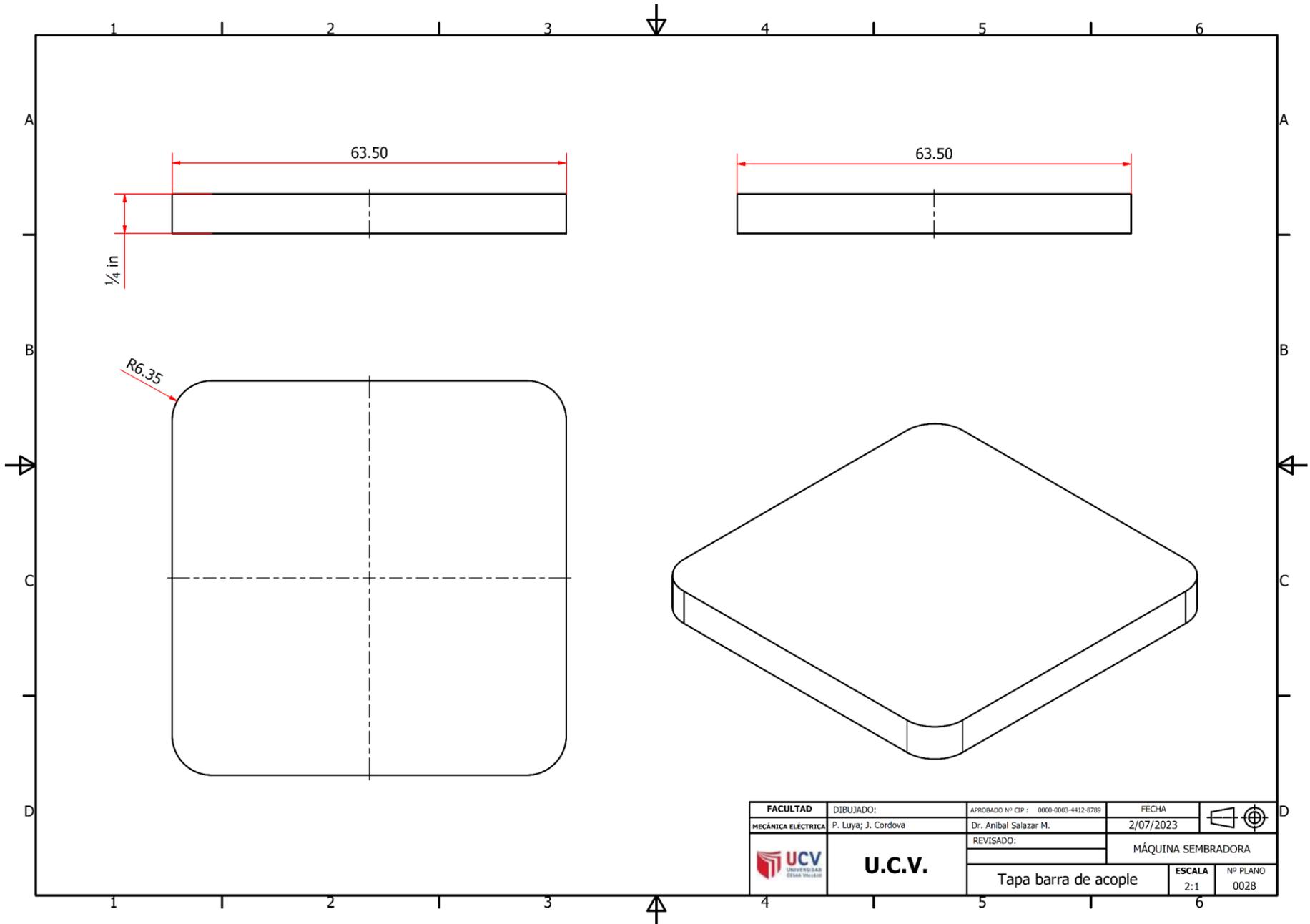
FACULTAD	DIBUJADO:	APROBADO Nº CP: 0000-0903-4412-8789	FECHA	
MECÁNICA ELÉCTRICA	P. Luya; J. Córdova	Dr. Anibal Salazar M.	2/07/2023	
	U.C.V. <small>UNIVERSIDAD CÉSAR VELLEJO</small>	REVISADO:	MÁQUINA SEMBRADORA	
		Dado de ensamble 1	ESCALA 1:4	Nº PLANO 0025



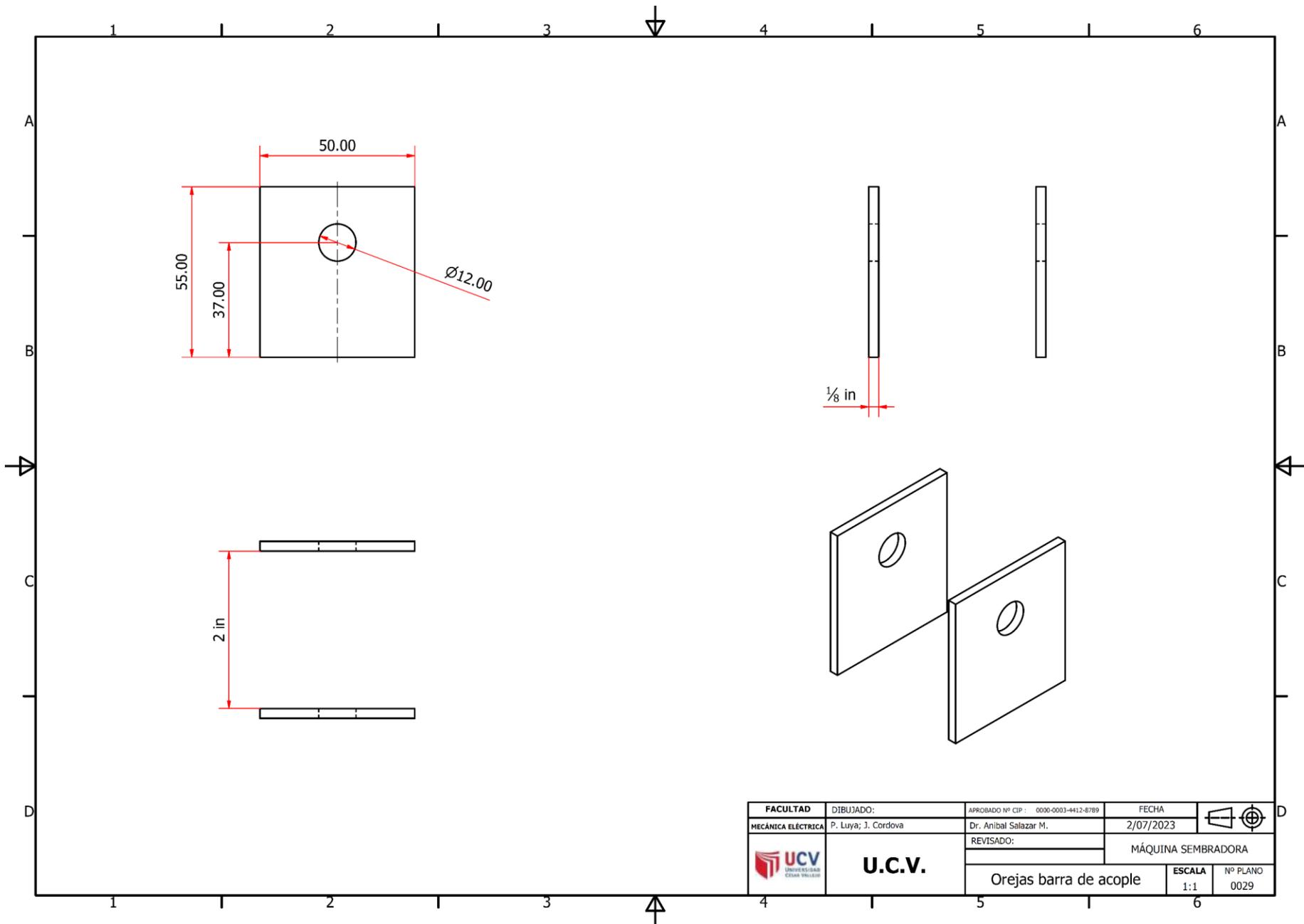
FACULTAD	DIBUJADO:	APROBADO Nº CIP: 0000-0003-4412-8789	FECHA	
MECÁNICA ELÉCTRICA	P. Luya; J. Cordova	Dr. Anibal Salazar M.	2/07/2023	
REVISADO:			MÁQUINA SEMBRADORA	
 U.C.V.			Barra de acople	ESCALA 1:15 Nº PLANO 0026



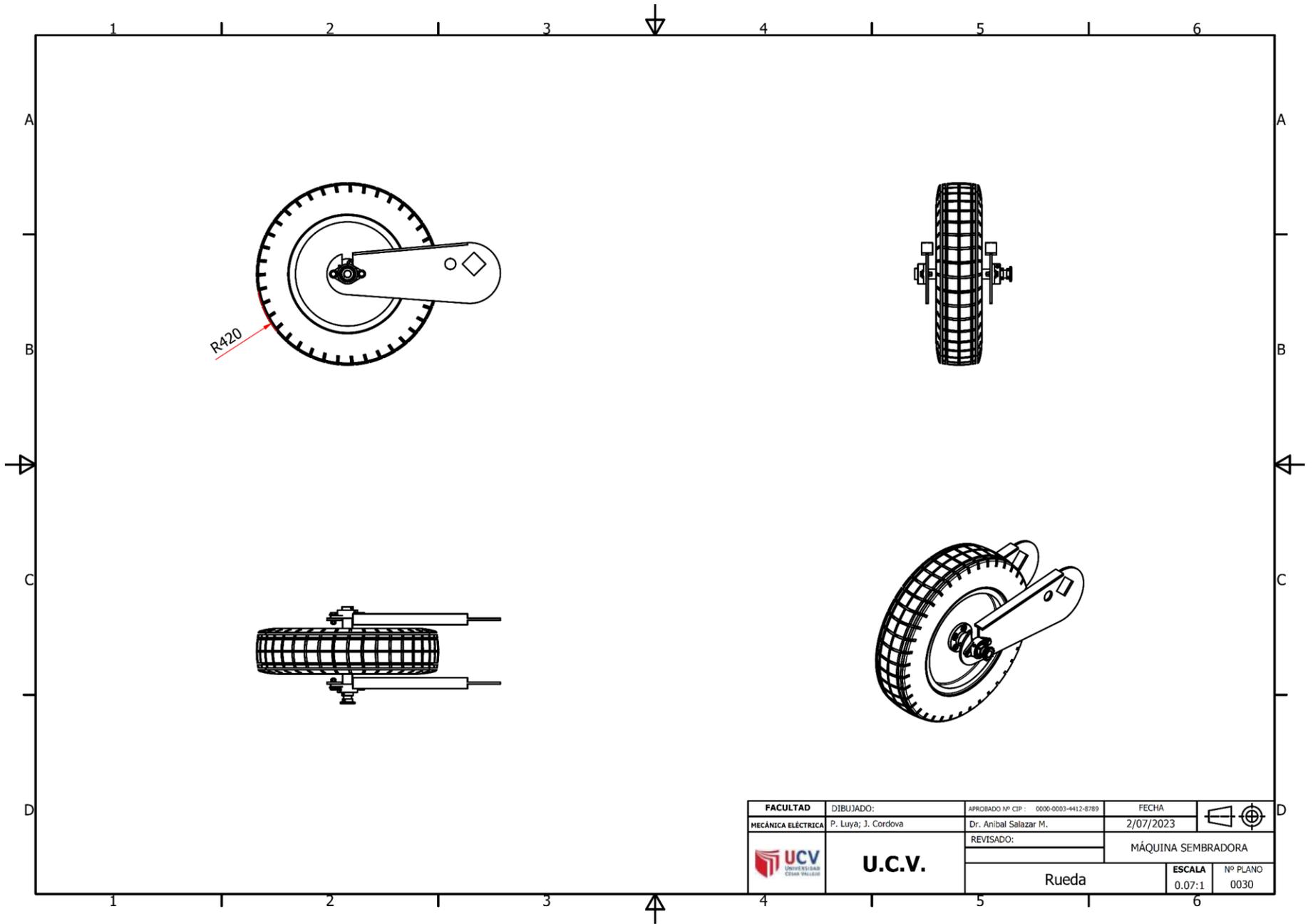
FACULTAD	DIBUJADO:	APROBADO Nº CP: 0000-0903-4412-8789	FECHA	
MECÁNICA ELÉCTRICA	P. Luya; J. Cordova	Dr. Anibal Salazar M.	2/07/2023	
		REVISADO:	MÁQUINA SEMBRADORA	
		Acople al tractor		ESCALA 1:4



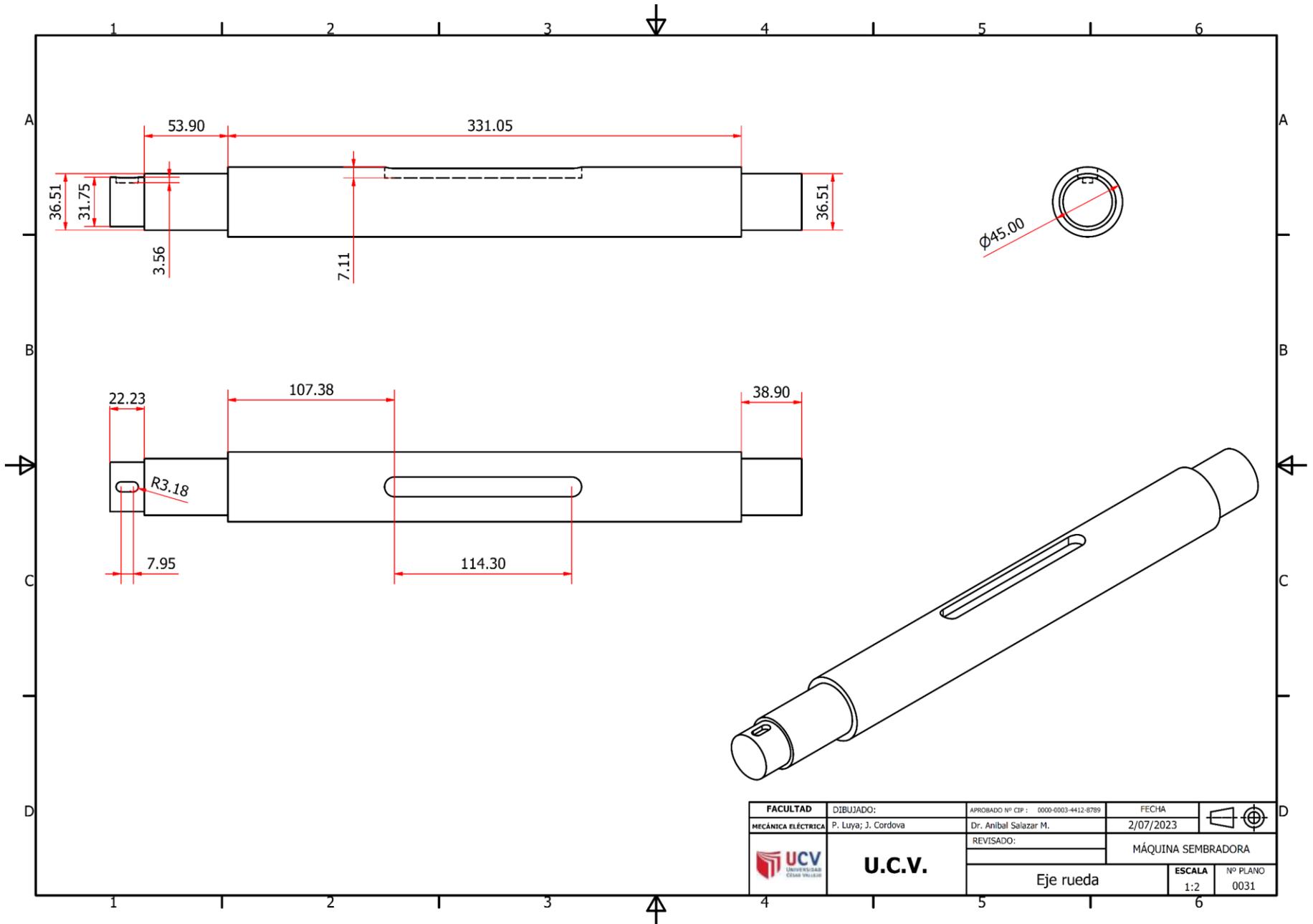
FACULTAD	DIBUJADO:	APROBADO Nº CIP: 0000-0003-4412-8789	FECHA	
MECÁNICA ELÉCTRICA	P. Luya; J. Cordova	Dr. Anibal Salazar M.	2/07/2023	
	U.C.V.	REVISADO:	MÁQUINA SEMBRADORA	
		Tapa barra de acople	ESCALA 2:1	Nº PLANO 0028

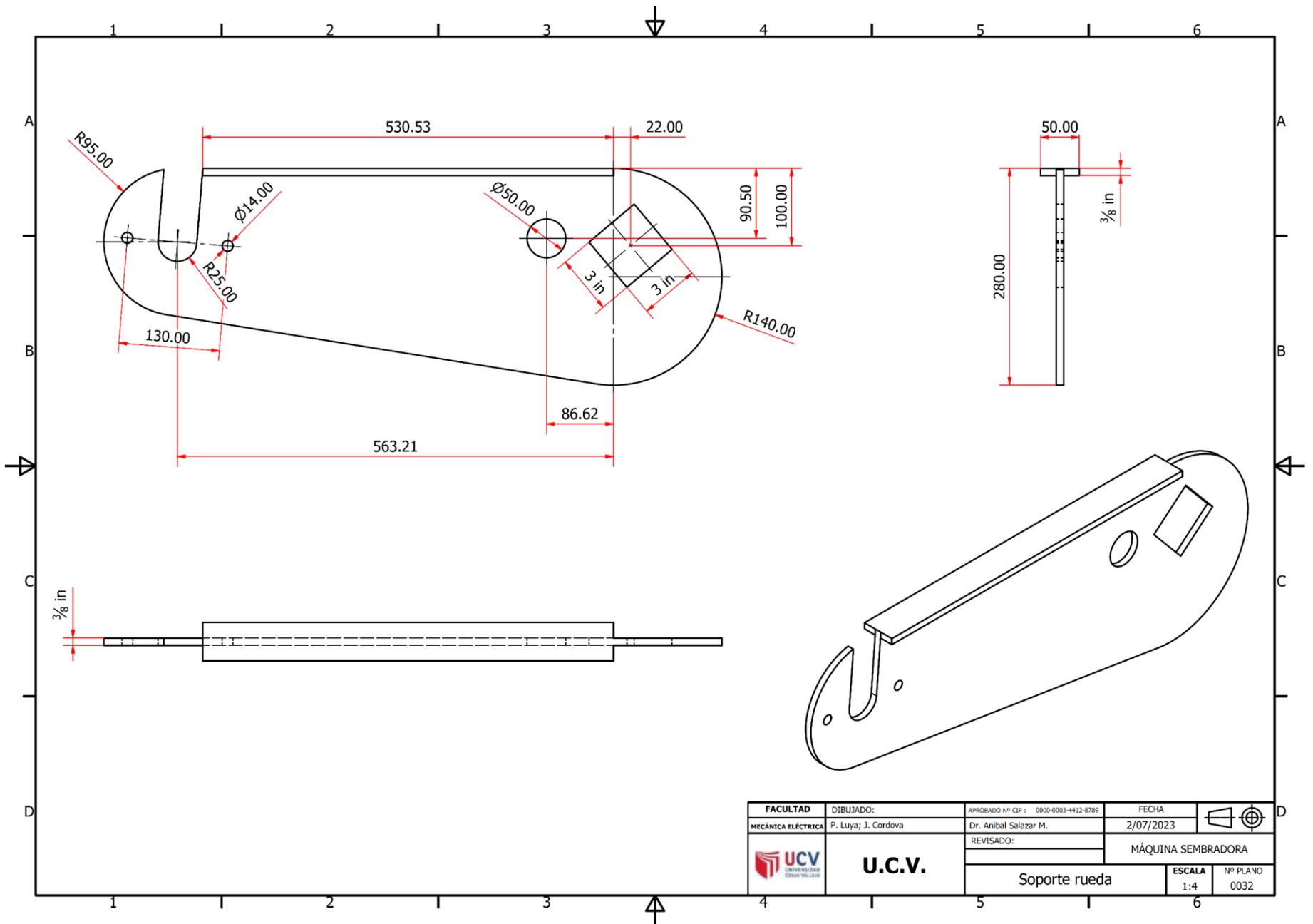


FACULTAD	DIBUJADO:	APROBADO Nº CIP: 0000-0093-4412-6789	FECHA	
MECÁNICA ELÉCTRICA	P. Luyá; J. Cordova	Dr. Anibal Salazar M.	2/07/2023	
	U.C.V.	REVISADO:	MÁQUINA SEMBRADORA	
		Orejas barra de acople	ESCALA 1:1	Nº PLANO 0029

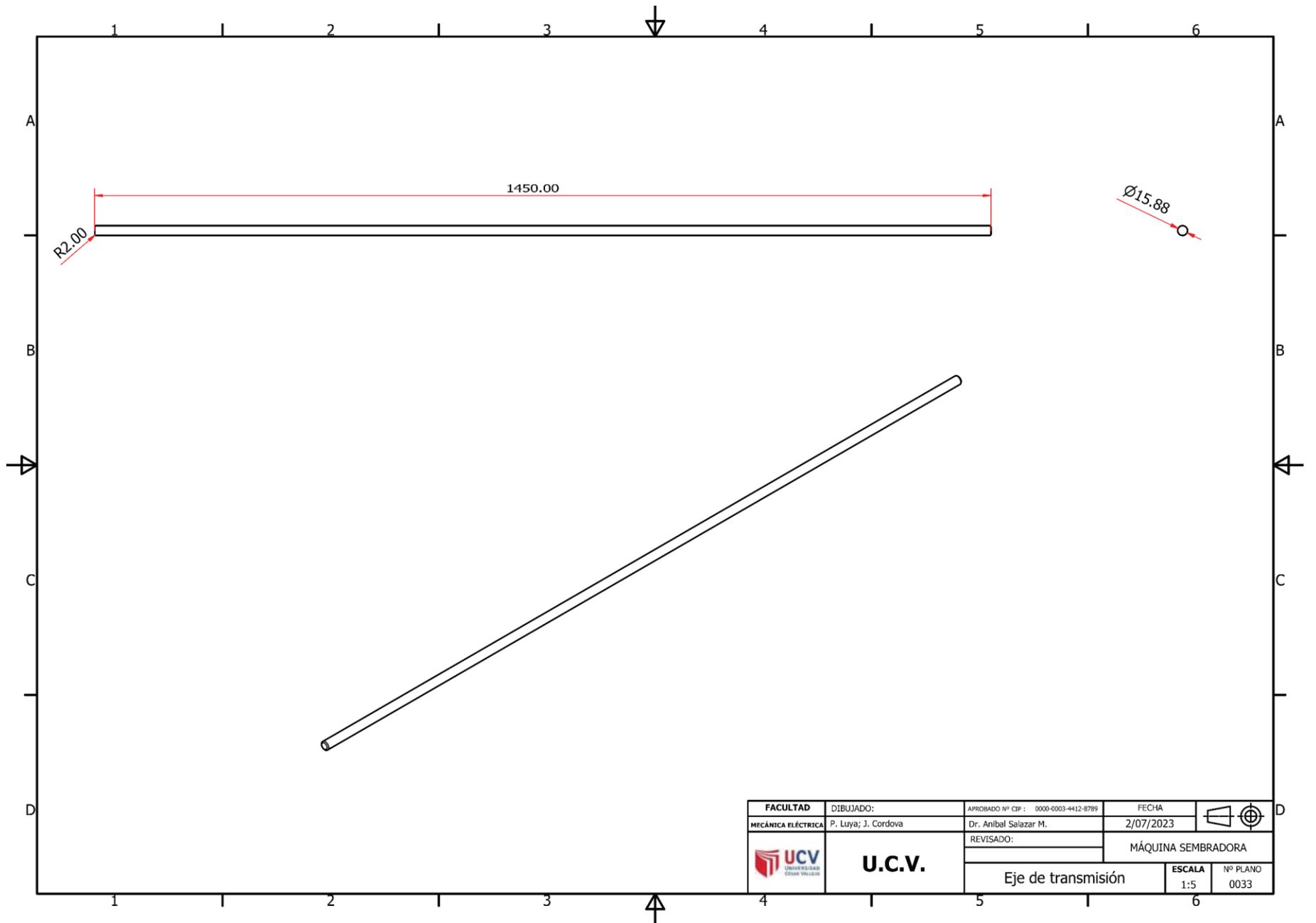


FACULTAD	DIBUJADO:	APROBADO Nº CIP - 0000-0003-4412-8789	FECHA	
MECÁNICA ELÉCTRICA	P. Luya; J. Córdova	Dr. Anibal Salazar M.	2/07/2023	
	U.C.V. <small>UNIVERSIDAD CECILIA URRUTIA</small>	REVISADO:	MÁQUINA SEMBRADORA	
		Rueda		ESCALA 0.07:1

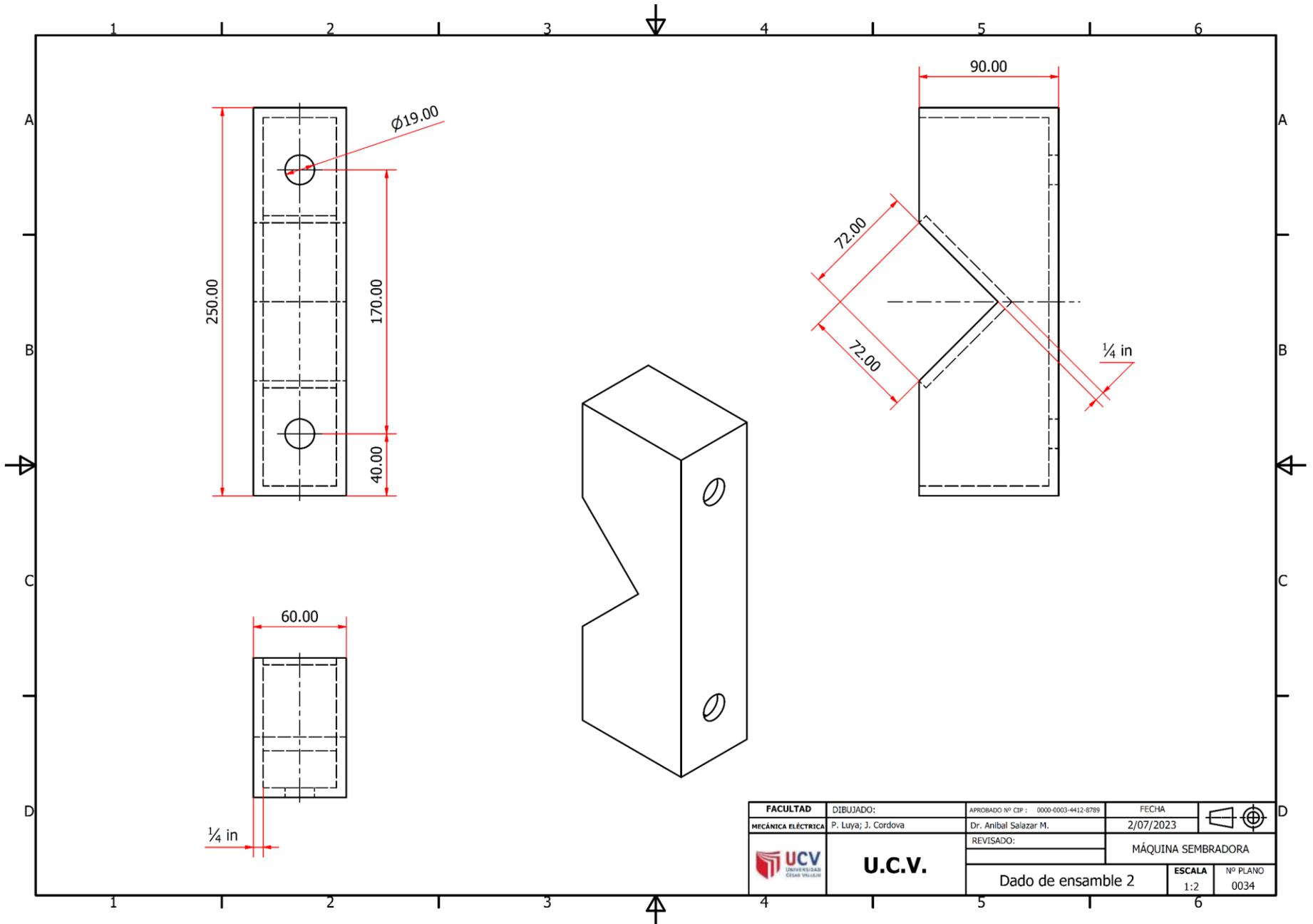


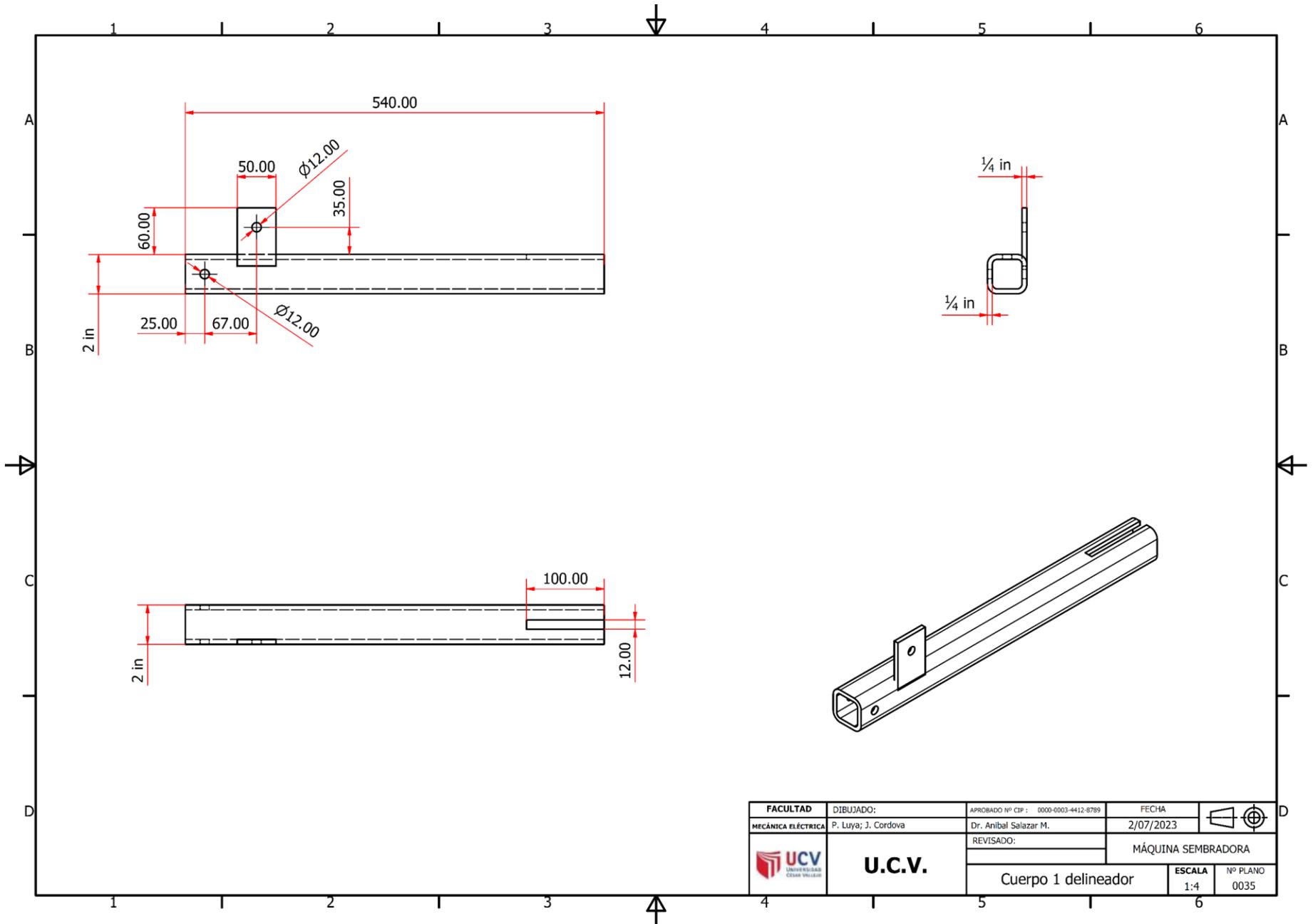


FACULTAD	DIBUJADO:	APROBADO Nº CP: 0000-0903-4412-8789	FECHA	
MECÁNICA ELÉCTRICA	P. Luya; J. Cordova	Dr. Anibal Salazar M.	2/07/2023	
REVISADO:		MÁQUINA SEMBRADORA		
Soporte rueda			ESCALA 1:4	Nº PLANO 0032

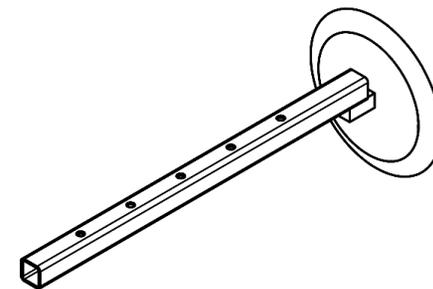
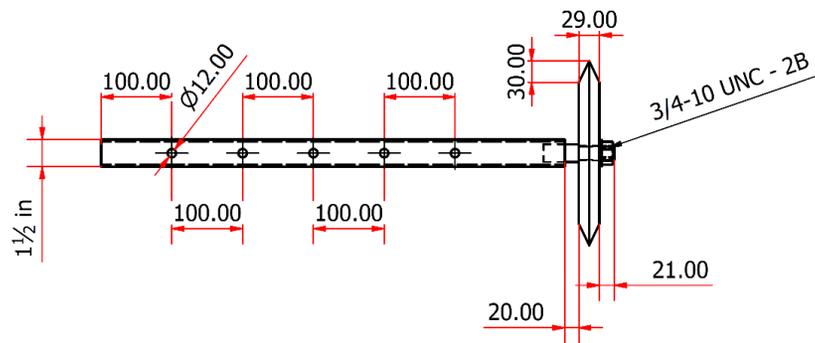
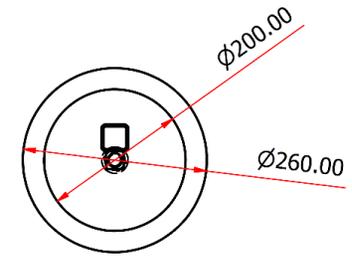
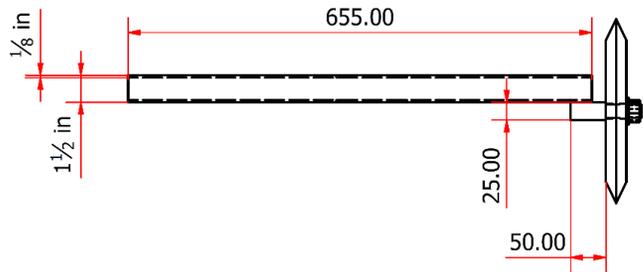


FACULTAD	DIBUJADO:	APROBADO Nº CIF: 0000-0003-4412-8789	FECHA	
MECÁNICA ELÉCTRICA	P. Luya; J. Cordova	Dr. Anibal Salazar M.	2/07/2023	
REVISADO:			MÁQUINA SEMBRADORA	
 U.C.V.			Eje de transmisión	ESCALA 1:5
				Nº PLANO 0033





FACULTAD	DIBUJADO:	APROBADO N° CIP: 0000-0003-4412-8789	FECHA	
MECÁNICA ELÉCTRICA	P. Luya; J. Cordova	Dr. Anibal Salazar M.	2/07/2023	
	U.C.V.	REVISADO:	MÁQUINA SEMBRADORA	
		Cuerpo 1 delineador	ESCALA 1:4	Nº PLANO 0035



FACULTAD	DIBUJADO:	APROBADO Nº CIP :	FECHA	
MECÁNICA ELÉCTRICA	P. Luya; J. Cordova	0000-0003-4412-8789	2/07/2023	
	U.C.V.	REVISADO:	MÁQUINA SEMBRADORA	
		Cuerpo 2 delineador	ESCALA	Nº PLANO
		0.15:1	0036	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, SALAZAR MENDOZA ANIBAL JESUS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis titulada: "Diseño de maquina sembradora innovadora para la producción agrícola de maíz amarillo duro en Lambayeque", cuyos autores son CORDOVA ECHEVARRIA JOSE CUDELIO, LUYA ESPINOZA PAUL EDSON, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHICLAYO, 03 de Julio del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
SALAZAR MENDOZA ANIBAL JESUS DNI: 16720249 ORCID: 0000-0003-4412-8789	Firmado electrónicamente por: AJSALAZARM el 03- 07-2023 10:36:05

Código documento Trilce: TRI - 0565867