

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE UN PROTOTIPO
ARRANCADORA DE PAPA CON TRACCIÓN MECÁNICA, LA
MOLINA - 2018”**

Presentada por

LUIS ALBERTO GARRO SANTILLANA

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGÍSTER SCIENTIAE EN INGENIERÍA AGRÍCOLA**

Lima – Perú

2019

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN INGENIERÍA AGRÍCOLA

**DISEÑO, CONSTRUCCION Y EVALUACIÓN DE UN PROTOTIPO
ARRANCADORA DE PAPA CON TRACCIÓN MECANICA, LA
MOLINA – 2018**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGISTER SCIENTIAE**

Presentada por:

LUIS ALBERTO GARRO SANTILLANA

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dr. Jesús Abel Mejía Marcacuzco
PRESIDENTE

Mg.Dionisio Félix Salas Pinto
PATROCINADOR

Mg.Sc.Patricia Rodríguez Quispe
MIEMBRO

Ph.D.Néstor Montalvo Arquíñigo
MIEMBRO

DEDICATORIA

***A DIOS, A MIS PADRES, PADRES DE MI
ESPOSA POR DARNOS VALORES, VIRTUDES Y
EJEMPLOS PARA PROGRESAR COMO
FAMILIA, AMANDOLOS A ELLOS Y A
NUESTRO PROJIMO***

***A MI AMADA ESPOSA LEROY, HIJOS:
IVAN, SUSAN, ERICK Y NIETOS :
JHONATAN,FABRICIO,SEBASTIAN Y
MARCELO POR SU APOYO,AMOR Y
COMPRENSION EN LOS DIFERENTES
MOMENTOS DE NUESTRA VIDA***

AGRADECIMIENTOS

A Dios por ser mi fortaleza y guiarme este camino de la verdad porque la ciencia es la luz de Dios.

A todos los docentes que integraron y dieron vida a la Maestría de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional Agraria La Molina y que moldearon mi perfil profesional.

A mi patrocinador Mg.Sc. Dionisio Félix Salas Pinto, por guiarme y a los colegas por ser el soporte en la ejecución del presente trabajo de investigación: Fredy Cáceres.; Federico Quicaño S. y Manuel Obando V. con quien inicié la presente Tesis.

A los profesores: Dr. Jesús Abel Mejías Marcacuzco, Ph.D. Néstor Montalvo Arquíno Mg Sc Patricia Rodríguez Quispe y a mis profesores: Dr Hugo Vega C., Jaime Gilardi R. , Héctor Araujo R. que marcaron mi futura vida profesional.

A los Compañeros de la especialidad de Ingeniería Agrícola, con ellos tuvimos gratas experiencias durante mi estadía en la prestigiosa Universidad Nacional Agraria “La Molina”.

A los colegas de la facultad de ingeniería agrícola y a mis alumnos que me motivaron a seguir ascendiendo con el desarrollo profesional en forma integral, de las universidades: UNALM, UNASAM, Y UNSCH

A mis familiares por su paciencia y ánimo para culminar con mis metas académicas trazadas: Leroy Bedriñana Flores de Garro, Iván, Susan y Erick Garro Bedriñana.

Y a todas las personas que de alguna u otra manera apoyaron en la realización de mi trabajo de investigación.

INDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
	2.1 DISEÑO DE MAQUINAS AGRICOLAS	3
	2.1.1 Generalidades	3
	2.1.2 Proceso de diseño.....	5
	2.1.3 Diseño de maquinaria agrícola.....	20
	2.2 CULTIVO DE LA PAPA Y SU COSECHA	22
	2.2.1 Producción de la papa en el Perú y el mundo	22
	2.2.2 Importancia económica y social de la papa en el Perú.....	25
	2.2.3 Factores que influyen en la cosecha de papa	25
	2.3 TECNOLOGIAS DE LA COSECHA DE PAPA.....	30
	2.3.1 Tipos de arrancadoras de papa	31
	2.3.2 Bases agronómicas y principios mecánicos de la arrancadora de papa	32
	2.4 INVESTIGACIONES SOBRE DISEÑO DE ARRANCADORAS DE PAPA .	46
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	50
	3.1 Metodología del proyecto.	50
	3.2 Estructura, funciones y conceptos solución.....	52
	3.3 FASE 2: Diseño conceptual.	57
	3.3.1 Resumen de la tarea e identificación del problema esencial.....	57
	3.3.2 Establecer las estructuras funcionales	57
	3.3.3 Búsqueda de los principios de solución	58
	3.3.4 Combinar los principios de la solución en variantes conceptuales	58
	3.3.5 Evaluación del concepto variantes con criterios técnicos y económicos	58
	3.4 Matriz Morfológica.	59
	3.4.1 Solución de alternativas.	61
	3.4.3 Evaluación económica del proyecto considerando valores de ponderación.	66
	3.4.4 Definición de criterios de evaluación.....	67
	3.4.5 Selección de alternativas	69
	3.4.6 Evaluación Técnica-Económicas	69

IV RESULTADOS Y DISCUSION.....	71
4.1 COMPONENTES DE LA ARRANCADORA DE PAPA EN LA ALTERNATIVA SELECCIONADA.....	72
4.1.1 Eje principal de mando.....	72
4.1.2. Caja de transmisión.....	73
4.1.3. Cadena zarandeadora.....	74
4.1.4. Cadena de descarga lateral.....	74
4.1.5. Mecanismo de vibración de zaranda.....	74
4.1.6. Mecanismo templador de cadena de descarga lateral.....	76
4.1.7. Mando de cadena lateral.....	76
4.1.8. Soporte de enganche inferior de tres puntos.....	77
4.1.9. Soporte de enganche superior de tres puntos.....	77
4.1.10. Bastidor o chasis principal.....	78
4.1.11. Rejillas seleccionadoras.....	79
4.1.12. Planchas protectoras.....	80
4.1.13. Tensores del enganche tres puntos.....	80
4.1.14. Catalina de mando de eje principal.....	81
4.1.15. Faja de transmisión en v.....	82
4.1.16. Polea para faja de descarga lateral.....	82
4.1.17. Eje guía inferior de la cadena zarandeadora.....	83
4.1.18. Eje guía superior de la cadena zarandeadora.....	83
4.1.19. Rodillo guía de cadena zarandeadora.....	84
4.1.20. Cuchilla de corte.....	85
4.1.21. Eje y ruedas.....	85
4.2 PROCESO DE DISEÑO Y CONSTRUCCIONDE LOS COMPONENTES INNOVADOS	86
4.2.1 Acoples de los enganches en tres puntos al tractor agrícola	86
4.2.2 Rejillas seleccionadoras de papa	91
4.3 ENSAMBLAJE DE LOS COMPONENTES DE LA ARRANCADORA DE PAPA DISEÑADA	93
4.3.1 Descripción de la arrancadora de papa innovada.....	93
4.3.2. Montaje y puesta en funcionamiento de la arrancadora de papa innovada.....	96
4.4 EVALUACION DE LA ARRANCADORA DE PAPA INNOVADA	106
4.4.1 Rendimiento de la arrancadora de papa innovada.....	106

IV. CONCLUSIONES	111
V. RECOMENDACIONES	112
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	113
VII. ANEXOS	115

ÍNDICE DE CUADROS

Tabla 1: Cuadro 2.2.1 Superficie y rendimiento de papa en algunos países del Mundo (2010-2012).....	24
Tabla 2: Manifestaciones de los clientes.	56
Tabla 3: Evaluación técnica del proyecto considerando valores de ponderación	66
Tabla 4: Evaluación económica del proyecto considerando valores de ponderación	67
Tabla 5: Comparativos de Arrancadores de papa similares determinando S./Kg	108
Tabla 6: Resumen de costos totales de la arrancadora de papas (Esp).....	110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Superficie, producción y rendimiento por regiones en el Perú. Fuente: MINAGRI (Libro: La papa en el Perú, Egúsquiza B.R.).....	23
Figura 2: Producción (millones de toneladas) en algunos países del Mundo (promedio años 2010-2012) Fuente: Base de datos FAO (Libro: La papa en el Perú, Egúsquiza B.R.)	24
Figura 3: Ciclos de producción de la papa en el Perú.	25
Figura 4: Secuencia de las labores agronómicas de mantenimiento.	29
Figura 5: Proceso de desarrollo de la papa.	30
Figura 6: Fases de recolección de papa con la cadena en máxima vibración de zaranda.	32
Figura 7: Fases de recolección de papa con la cadena en mínima vibración de zaranda.	33
Figura 8: Principios del diseño basados en la metodología Pahl y Beitz. Fuente: (Cross, 2001).....	51
Figura 9: Función total de la arrancadora de papa.....	52
Figura 10: Disgregación de la función principal en funciones específicas.	53
Figura 11: Disgregación de la función principal en funciones específicas (A).....	53
Figura 12:Función total de la arrancadora de tubérculos.	54
Figura 13:Disgregación de la función principal en funciones específicas (B).....	54
Figura 14: Disgregación de las funciones específicas en sub funciones dentro del ciclo de operación.	54
Figura 15: Sub funciones relacionadas a la función de soporte principal.	55
Figura 16: Categorías de adoptantes basadas en la capacidad de innovar. Fuente: Everett M. Rogers & F. Floyd Shoemaker.	57
Figura 17: Matriz morfológica del proceso de cosecha de papa. FUENTE:Elaboración: Luis Garro.....	61
Figura 18: Arrancadora de papa del Fondo de la UNALM Figura 3.9 Matriz Figura 3.9 Matriz	62
Figura 19: Arrancadora de papa de fabricación China MODELO 4U-2.....	63
Figura 20: Arrancadora de papa de fabricación Española. Marca ZAGA.....	65
Figura 21: Evaluación Técnica - económica del proyecto considerando valores técnicos y valores económicos de cada alternativa.....	70
Figura 22: Eje principal de mando	73
Figura 23: Caja de transmisión.....	73
Figura 24: Cadena zarandeadora	74

Figura 25: Cadena de descarga lateral	74
Figura 26: Mecanismo de vibración de zaranda	75
Figura 27: Mecanismo templador de cadena de descarga lateral.	76
Figura 28: Mando de cadena lateral	77
Figura 29: Soporte de enganche inferior de tres puntos	77
Figura 30: Soporte de enganche superior de tres puntos	78
Figura 31: Bastidor o chasis principal	79
Figura 32: Rejillas seleccionadoras	79
Figura 33: Planchas protectoras.....	80
Figura 34: Tensores del enganche tres puntos.....	80
Figura 35: Catalina de mando de eje principal	81
Figura 36: Faja de transmisión en V.....	82
Figura 37: Polea para faja de descarga lateral.	82
Figura 38: Eje guía inferior de la cadena zarandeadora.	83
Figura 39: Eje guía superior de la cadena zarandeadora	84
Figura 40: Rodillo guía de la cadena zarandeadora.....	84
Figura 41: Cuchilla de corte.	85
Figura 42: Eje y ruedas.....	86
Figura 43: Acople del enganche inferior de 3 puntos (2 acoples).....	87
Figura 44: Acople de enganche superior de 3 puntos (1 acople).....	87
Figura 45: Acoplamiento de los enganches superiores e inferiores de 3 puntos, fijado al chasis de la arrancadora de papa y el acoplamiento de eje toma de fuerza para la transmisión	88
Figura 46: Acoplamiento de simétrico y asimétrico del tractor – implemento	89
Figura 47: Acoplamiento del enganche entre puntos tractor-implemento en vista lateral	90
Figura 48: Acoplamiento del enganche entre puntos tractor-implemento en vista de arriba .	90
Figura 49: Acoplamiento del enganche entre puntos tractor-implemento en posición de transporte.	91
Figura 50: Soporte derecho e izquierdo de la rejilla seleccionadora	92
Figura 51: Rejilla seleccionadora de tamaño 1	92
Figura 52: Rejilla seleccionadora de tamaño 2.....	92
Figura 53: Rejillas seleccionadoras montada al chasis de la máquina arrancadora de papa ..	93
Figura 54: Cuchilla de corte	94
Figura 55: Componentes de la arrancadora de papas	95

Figura 56: Arrancadora de papas fabricación Esp. en el taller del fundo-UNALAM.....	101
Figura 57: Chasis de arrancadora de papas con las planchas soporte para la cuchilla de corte	101
Figura 58: Vista de perfil chasis arrancadora de papas.	101
Figura 59: Arrancadora de papa con todos sus componentes desarmados en taller del fundo- UNALAM.....	102
Figura 60: Arrancadora de papas con todos sus componentes desarmados en el taller del fundo-UNALAM. Observándose las dos cadenas: la zarandeadora y la de descarga lateral.	102
Figura 61: Vista de perfil de la arrancadora de papas	103
Figura 62: Arrancadora de papas (Esp) con vista a las rejillas seleccionadoras de descarga lateral.	103
Figura 63: Arrancadora de papas (Esp) con rejillas de descarga lateral instaladas.	104
Figura 64: Vista frontal del soporte de cuchilla de corte.....	104
Figura 65: Arrancadora de papa (Esp) acoplada en el enganche de tres puntos y cardán con el tractor agrícola en una de sus alternativas de acople.....	105
Figura 66: Arrancadora de papas (Esp) suspendida en el enganche de tres puntos al tractor agrícola durante su traslación hacia el campo de cosecha.	105
Figura 67: Arrancadora de papas (Esp) cosechando camote. Se puede observar la caída de descarga lateral utilizando las rejillas seleccionadoras.	107
Figura 68: Arrancadora de papas (Esp) cosechando camote, se puede observar la descarga lateral y lineal en el campo del programa de tuberosas de la UNALAM.....	107
Figura 69: Arrancadora de papas (Esp) cosechando camote. Se observa la descarga del camote sobre el terreno y la franja lateral del suelo mullido que deja la cosechadora simultáneamente.	108

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Parámetros del suelo y especificaciones técnicas del tractor.....	115
Anexo 2: Selección del porta disco [17].....	120
Anexo 3: Selección de bandas y poleas.....	121
Anexo 4:Tablas de selección de parámetros para diseño del eje de transmisión de potencia. [6]	125
Anexo 5: Parámetros selección de rodamientos [20]	129
Anexo 6: Selección del cardán	134
Anexo 7: Diseño de pernos [6].....	138
Anexo 8: Memoria fotográfica.	140
Anexo 9: Manual de Operaciones y Mantenimiento.	144

RESUMEN

La mecanización en el Perú se vuelve importante en todos los campos de la agricultura, especialmente en la cosecha, siendo una de las actividades más caras y laboriosas en el proceso de producción de papas. En 2015, se obtuvo una producción anual de 4715, 9 toneladas y en 2014, según la FAO, la producción en Perú ocupó el puesto 14 en un grupo de 150 países que sembraron este cultivo (MINAGRI, 2017). Para desarrollar este proyecto con respecto al diseño, construcción y mejora tecnológica, se utilizó la técnica basada en el modelo de Pahl y Beitz. Llevando al diseño conceptual la descripción del iniciador, crítico de costos, comparación de alternativas a través de la matriz morfológica y definiendo los componentes más importantes del diseño para obtener la mejor alternativa. Para este propósito, tres arrancadores de papa de características similares, activados, en su tracción y movimiento, fueron comparados por el eje de la toma de fuerza del tractor y el enganche de tres puntos. Esta valoración nos permitió obtener la mejor alternativa entre tres iniciadores, y luego proceder a aumentar las ventajas tecnológicas: diseño, fabricación, prueba, el enganche de tres puntos con más variaciones de trabajo y agregar cuadrículas de selección de papa. Finalmente, el diseño se especifica con los detalles y planes correspondientes para la fabricación de la máquina con las innovaciones correspondientes. Esta tesis cumple con los objetivos: se recomienda el diseño, construcción y evaluación de un prototipo de iniciador de papa con tracción mecánica y su uso y difusión teniendo en cuenta la categorización de los adoptantes, llevar a cabo proyectos de investigación similares para otros cultivos cuyos productos rentables se encuentran dentro de los cultivos papa.

Palabras claves:<MECANIZACION><MODELOPAHL Y BEITZ><DISEÑO CONCEPTUAL><DISEÑO DE DETALLE><TRACTOR AGRICOLA>

ABSTRACT

Mechanization in Peru becomes important in all fields of agriculture, especially in harvesting, being one of the most expensive and laborious activities in the process of producing potatoes. In 2015, an annual production of 4715, 9 Tons was obtained and in 2014, according to FAO, production in Peru took 14th place in a group of 150 countries that sowed this crop (MINAGRI, 2017). To develop this project regarding the design, construction and technological improvement, the technique based on the Pahl and Beitz model was used. Taking to the conceptual design the description of the starter, cost critic, comparison of alternatives through the morphological matrix and defining the most important components of the design to obtain the best alternative. For this purpose, three potato starters of similar characteristics, activated, in their traction and movement, were compared by the tractor's power take-off axis and the three-point hitch. This valuation allowed us to obtain the best alternative among three starters, and then proceed to increase technological advantages: designing, manufacturing, testing, the three-point hitch with more work variations, and adding potato selection grids. Finally, the design is specified with the corresponding details and plans for the manufacture of the machine with the corresponding innovations. This thesis meets the objectives: Design, construction and evaluation of a prototype potato starter with mechanical traction and its use and dissemination is recommended taking into account the categorization of adopters, carry out similar research projects for other crops whose profitable products are found within the arable layer.

Keywords: <MECANIZATION><PAHL. AND BETTZ MODEL><CONCEPTUAL DESIGN><DETAIL DESIGN><HARVESTING APPLE>

I. INTRODUCCIÓN

La cosecha es una de las labores más costosas y laboriosas en el proceso de la producción de la papa porque requiere un alto número de personas y mejor organización que en cualquier otra labor del cultivo de papa. Corresponde el fin de la etapa del cultivo y el inicio de la preparación o acondicionamiento para la comercialización en el mercado.

La cosecha se efectúa cuando el cultivo alcanza su madurez fisiológica, caracterizada porque las plantas se ponen amarillentas y flácidas, los tallos se abren apoyándose sobre el suelo y los tubérculos se desprenden con facilidad de sus estolones. La cosecha corresponde a la separación de los tubérculos de la planta madre y contempla: remover el suelo; recolectar los tubérculos; separar los tubérculos del suelo, terrones y restos de plantas; transportar hasta el lugar de clasificación y empaque o almacenamiento. La cosecha es una labor de alto riesgo debido a los daños que se puedan ocasionar en los tubérculos. Por ello se debe tener especial atención y cuidado en esta actividad, especialmente considerando que los tubérculos son una estructura viva, succulenta y muy propensa a daños por golpes y magulladuras. Si las papas se destinan a almacenaje, se dejan enterradas en el suelo para que la piel se haga más gruesa, de esta manera se previenen las enfermedades que se producen durante el almacenamiento (Inostroza, 2011).

La incorporación de medios mecánicos a las faenas y labores de cosecha de papa permite la disminución de los costos, mejorar la calidad y la eficiencia de esta labor. Bajo nuestras condiciones productivas es recomendable el empleo de mecanización apropiada, es decir, adecuada a la situación económica y social particular de la región, manteniendo un adecuado equilibrio entre medios mecánicos complejos, en paralelo con medios simples adaptados a explotaciones agrícolas de pequeño y mediano tamaño. Independientemente del sistema de cosecha que se utilice, para que ésta sea exitosa se requiere: Cosechar en el momento adecuado, sacar las papas del campo lo más rápido posible, Evitar daño físico del producto y cosechar a un costo mínimo, (Inostroza, 2011).

La tesis se realizó en el Taller laboratorio de Maquinaria Agrícola y los campos de la Universidad Nacional Agrícola la Molina, con pruebas de campo, entre los meses de

Setiembre del 2018 a Agosto del 2019. Se desarrollaron pruebas encampo de tres arrancadoras de papa de diferentes fabricaciones, todas ellas accionados por un tractor agrícola en el tiro y la rotación de las cadenas zarandeadoras mediante la acción del eje toma de fuerza que activa todo el mecanismo cinemático de la máquina.

Después de las pruebas de campo de cada una de las máquinas, se desarrolló el proyecto de investigación utilizando la metodología basada en el modelo Pahl&Beitz. Pahl (2007) determinándose la mejor alternativa y la propuesta a la mejora tecnológica para desarrollar una mayor ventaja competitiva en la alternativa elegida.

La mejora consistiría en aumentar el rango de la posición de la cuchilla cosechadora relativa al ancho de surco, al ancho de trocha del tractor y la selección simultanea de la papa en el momento de su caída al suelo durante su descarga lateral del producto.

La arrancadora de papas se diseñó incorporando modificaciones a la máquina de fabricación española en sus acoples de enganche de tres puntos, ubicados en los acoples inferiores y superiores en un rango de 25 cm y unas rejillas seleccionadoras para dos tamaños de papas.

La arrancadora de papas modificada se probó en diferentes características de campo agrícola de cultivo normal y experimental referente a la separación de las hileras de cultivo con papa y camote. Siendo los objetivos del presente trabajo de investigación los siguientes:

- Diseñar un prototipo arrancador de papa innovada de tracción mecánica para el mediano productor del Perú mejorando la tecnología existente
- Construir un prototipo arrancador de papa innovada de tracción mecánica para productor del Perú
- Evaluar la eficiencia y costos de un prototipo arrancadora de papa innovada de tracción mecánica para el mediano productor del Perú

III. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 DISEÑO DE MAQUINAS AGRICOLAS

2.1.1 Generalidades

Villamil &García (2003), define el diseño de ingeniería con la concepción de sistemas, equipos, componentes o procesos con el fin de satisfacer una necesidad, y concluye con la documentación que define la forma de dar solución a dicha necesidad. Lo define al proceso de diseño como “un acto creativo dedicado a seleccionar, combinar, convertir restringir, modificar, manipular y conformar ideas, resultados científicos y leyes físicas en productos o procesos útiles”. Un concepto relacionado, pero distinto, es el de proyecto de ingeniería. En las normas ISO el proyecto de ingeniería es definido como: “Un proceso único consistente en un conjunto de actividades coordinadas y controladas, con fechas establecidas de inicio y finalización, desarrolladas con el fin de alcanzar un objetivo para conformar requerimientos específicos, incluyendo restricciones de tiempo, costo y recursos”.

Claramente surge que para la ISO un proyecto de ingeniería requiere que las tareas involucradas y su desarrollo reúnan las siguientes condiciones:

- Ser únicas: para que exista un proyecto tiene que existir incertidumbre en alguna tarea. Esto implica que, por no haberla realizado antes, no se conocen todas las dificultades que puede presentar su ejecución. Lo de único no implica que nadie las haya ejecutado antes, sólo indica que los proyectistas o en la empresa no se cuenta con experiencia anterior.
- Ser complejas: si son triviales no hay incertezas, y al no plantear ninguna dificultad no se puede hablar de proyecto. Es decir, si la solución es directa y obvia, u obtenible por cálculo directo, no hay un real problema de ingeniería.

- Responder a una organización temporaria, con duración preestablecida en un plan, y cuya ejecución, coordinada por un líder del proyecto, está sujeta a un control de progreso.
- Tener objetivos vinculados a satisfacer las necesidades del cliente, o
 - Algunos de estos objetivos podrán ser definidos en la ejecución, y alcanzados luego progresivamente durante la realización
 - Tener como resultado la creación de un prototipo o varias unidades del producto
 - Generar la documentación que permita entender el funcionamiento del producto objeto del proyecto y asegure su reproducción.
- Satisfacer requerimientos específicos:
 - De tiempo: Todos los productos tienen un ciclo de vida, y esto acota el tiempo de desarrollo. Si los objetivos se vuelven inalcanzables, en términos de tiempo compatibles con el ciclo de vida del producto, el proyecto pierde sentido.
 - De presupuesto, al cual deberá ajustarse el costo de desarrollo
 - De beneficio, lo cual es imprescindible para que la empresa sea sustentable en el tiempo, disponga de los recursos necesarios para la permanente mejora y pueda contribuir en el futuro a dar una mayor satisfacción a sus clientes
 - De recursos, buscando soluciones que: Sean manufacturables, es decir, que estén basadas en procesos y tecnologías cuyo dominio se posee o se puede acceder, aprovechen los conocimientos científicos y los avances tecnológicos y sean óptimas en cuanto al aprovechamiento y uso de recursos

En general el proceso de diseño tendrá muchas entradas y a lo sumo dos salidas: La documentación y un prototipo. Son entradas del diseño las exigencias y regulaciones aplicables al producto, las cuales deben estar documentadas desde su inicio. Requerimientos inconsistentes, ambiguos, o incompletos deben ser resueltos con los responsables de tales requerimientos antes del inicio del proyecto. Asimismo, deben ser

parte de las entradas del diseño los objetivos de fiabilidad, durabilidad y mantenibilidad planteados para el producto, y los criterios de aceptación.

La documentación es la salida del diseño más importante. Debe definir la configuración del equipo y los elementos necesarios para su fabricación, estableciendo cuales características son cruciales para el buen funcionamiento del producto, en cuanto a su operación, almacenamiento, manipuleo, mantenimiento y atender además la disposición final. Debe estar expresada en términos que permitan la verificación y validación contra los requerimientos de entrada. La salida debe resultar de un proceso de optimización del diseño, buscando simplificar, mejorar, innovar, y reducir desperdicios.

2.1.2 Proceso de diseño.

Según Karman, citado por Villamil & García (2003), indica que desde siempre se ha reconocido la necesidad de seguir una metodología para lograr una exitosa ejecución del desarrollo, y a ese fin se han propuesto diversos modelos; siendo lo más práctico los siguientes.

2.1.2.1 Determinación de la necesidad

El proceso de diseño parte del reconocimiento de una necesidad insatisfecha, mal satisfecha, o susceptible de mejorar en algún sentido. Las necesidades resultan o surgen por motivaciones muy variadas:

- *Investigaciones de mercado*, que muestran que los productos actuales han quedado obsoletos, o fuera de competencia.
- *Aparición de nuevas legislaciones, normativas o demandas.*
- *Complementos de productos*, por análisis de un mercado ya existente, desarrollado con anterioridad, y sobre el que se ven posibilidades de un mayor desarrollo futuro. Por ejemplo, las posibilidades de integración que surgen para el desarrollo de redes personales (PAN, *personal areanetwork*) debidas al empleo del protocolo *Bluetooth* para la interconexión mediante medio inalámbrico de computadoras, teléfonos, impresoras, y periféricos de baja potencia, como las PDA (*Personal Digital Assistant*).

- *Nuevas posibilidades* que surgen durante la ejecución de otro proyecto
- *Pedidos formales*, donde el cliente formula directamente el requerimiento.
- *Pedidos informales*, en donde un potencial cliente sugiere que una determinada propuesta, en un área de interés particular, tendría gran aceptación o grandes posibilidades futuras. Por ejemplo las necesidades que surgen a consecuencia del cambio en el valor de la tensión de batería de los automóviles, debido a que está previsto en un futuro próximo pasar de los +12V actuales a +42V.
- *Nichos de mercado insatisfechos* de productos existentes. Por ejemplo algunos fabricantes de monitores de PC han pensado que el formato del monitor estándar es poco adecuado para el diseño de documentos, entreviendo en ello una necesidad no atendida. Para este tipo de aplicación el monitor debería contener una página de documento completa por pantalla, y tener además la posibilidad de rotar 180° para tomar el formato tradicional.

En resumen, el proceso de diseño puede ser iniciado basándose en una idea para una solución a una necesidad existente, y aún no atendida, o en ideas pensadas para solucionar necesidades futuras. En muchos casos, la necesidad la “descubre” el departamento de marketing de la propia organización, o es el resultado de prospecciones realizadas por empresas especializadas.

2.1.2.2 Definición de Producto

Los proyectos arrancan y terminan siempre con documentos. El primero de estos documentos, y además elemento clave de cualquier proyecto, es el que define los requerimientos del producto. El último es la memoria del proyecto, documentación probatoria que sirve para validar los cálculos y decisiones asumidas en el desarrollo del producto. Para no arribar a la solución perfecta para el problema equivocado, el primer paso de cualquier proyecto debe ser entonces asegurarse de que el problema quede bien definido en un documento. La documentación para el desarrollo del proyecto podrá ser algo tan simple como una hoja en la cual se describen las características esenciales que requiere el producto, o ser algo tan complejo como todo un libro o varios tomos, en los que se declara exactamente las condiciones a cumplir, incluyendo los métodos de verificación. Esto significa definir a nivel de detalle características a cumplir, interfaces, detalles del

hardware y del software, y los métodos de verificación. Los requerimientos sirven para la definición de producto, describiendo brevemente lo que el producto es; responden básicamente a la cuestión: ¿para qué sirve? Los requerimientos funcionales definen lo que el producto debe hacer, y las especificaciones de ingeniería describen como se debe lograr satisfacer esos requerimientos; es decir condicionan el ¿Cómo hacerlo? Finalmente las especificaciones de ensayo describen como ha de ser probado el sistema para verificar que opera correctamente, los informes a emitir y certificaciones a obtener.

Cuando se trata de productos nuevos, o productos para el mercado abierto, las especificaciones a cumplir normalmente marcan el encuadre: Solo son exigencias de tipo general, con los lineamientos generales que debe satisfacer el producto, básicamente aquellos que el cliente puede apreciar y valorar. En tal caso, muchas de las características del producto son definidas durante el desarrollo.

2.1.2.2 Contenidos de una especificación

Establecer las *especificaciones de diseño* es una de las actividades más complicadas, difíciles e importantes, pues ellas determinan la capacidad final del producto y su costo. Deben fijarse en las etapas más tempranas del proceso de diseño, basándose en la definición de producto (PDD), o el MRD, y deben ser lo más específicas posibles. Son imprescindibles para el manejo y control del diseño, y las mismas deben contemplar gran diversidad de aspectos, tales como:

- ***Condiciones ambientales:*** temperatura, presión, humedad, presencia de polvo o agresivos químicos, resistencia a insectos, ruidos, vibración, y tipo de trato previsto por el usuario. Estas características deben ser vistas como la carga posible a la que puede estar sometido el producto dentro de su ciclo de vida. Es decir, las exigencias pueden darse sólo en manufactura, en transporte, en exhibiciones, en almacenamiento, o en el uso.
- ***Características operativas y funcionales,*** en las cuales se define el fin para el cual va a servir el producto, con detalle de los modos de operación del producto básico, y las previsiones para futuras opciones. Se especifican asimismo los factores que sirven para valorar la prestación del producto.

- **Interface con el operador**, donde se describe la interacción del operador con el producto.
- **Características estandarizadas**, en las cuales se contempla la compatibilidad con otros equipos del mercado, y las normas nacionales e internacionales que debe satisfacer.
- **Aprobaciones de seguridad** por parte de laboratorios externos para certificar que se satisfacen los requerimientos de alguna norma específica, como ser las normas emitidas por el UL(*Underwriter Laboratories*) , o el Comité Electrotécnico Internacional (IEC).
- **Tiempo operativo o ciclo de trabajo**: tiempo en el que se supone que el equipo va a estar en servicio, estimado en horas diarias.
- **Mantenimiento**: concepción del equipo en cuanto a su mantenimiento: ¿será reparable o descartable? Si fuera reparable, ¿qué consideraciones deberán tenerse en cuenta en el diseño? ¿Qué repuestos deben asegurarse y por cuánto tiempo?
- **Meta de Costo**, sea dentro del ciclo de vida o sólo de manufactura, o bajo el período de garantía
- **Competencia**, debe definirse un posicionado en tal sentido, de modo tener en claro las diferencias desde el comienzo del diseño.
- **Despacho al mercado**: tipo de embalaje, empaquetadura, etc. de modo tal que de existir mecanismos o partes que puedan verse dañados en el transporte, las mismas se encuentren protegidas o bloqueadas.
- **Cantidad**: volumen de fabricación esperado, lo cual hará convenientes ciertas técnicas de diseño sobre otras, y será además útil para definir procesos y herramental especial para la fabricación.
- **Instalaciones especiales para su manufactura**, en función de las cuales se determinará la conveniencia de subcontratar partes o todo a terceros, haciendo que el proyecto sea menos capital intensivo y reduciendo los costos fijos

- **Tamaño y forma**, básicamente buscando que no haya restricciones condicionantes
- **Peso y modo de fijación**
- **Apariencia y terminación**: estética del producto.
- **Tiempo de vida**: estimación del tiempo en el que va a permanecer en el mercado.
- **Aspectos ergonómicos**, vinculados con su interacción con las personas, disposición y tipos de controles y visualizaciones; cumplas y esfuerzos mecánicos mínimos y máximos de accionamiento, etc.
- **Caracterización del cliente o usuario**: preferencias, prejuicios, etc.
- **Calidad y fiabilidad** que debe alcanzarse para asegurar su inserción en el mercado.
- **Condiciones de almacenamiento**, para evitar efectos de desgaste o corrosión prematura.
- **Existencia de patentes** que limiten de algún modo las soluciones, u obliguen a obtener y pagar licencias.
- **Instalación**: accesorios necesarios y exigencias para que la instalación sea compatible con los demás equipos con los cuales debe interactuar.
- **Documentación**: manuales a generar: de usuario, de instalación, de mantenimiento.

Dado que las especificaciones sirven de guía para el equipo de proyectistas, es por ello esencial que los participantes del proceso de diseño posean un completo entendimiento de las mismas, y para que este sea común es fundamental una coordinación entre los distintos sectores. Para ello, se establecen grupos interdisciplinarios para discutir cómo se deben interpretar las especificaciones en las distintas áreas y cómo deben ser aplicadas. A pesar de que las especificaciones se establecen con carácter permanente e inviolable, deberían ser continuamente revisadas y revalidadas durante el proceso de diseño, para asegurar que siguen reflejando las metas y objetivos del proyecto.

Conceptualización

Para definir la solución hay dos caminos opuestos: el *ascendente* y el *descendente*. En el primer caso, se parte de componentes existentes, alrededor de los cuales se va construyendo la solución. En el segundo se hace un desglose en sub-problemas y así sucesivamente hasta llegar a componentes definidos a la medida de la necesidad, los cuales, de no existir, será necesario desarrollarlos. Rara vez se usa en exclusividad uno de estos métodos, sino más bien una combinación de ambos. La técnica ascendente busca usar elementos estándar, y la descendente requiere definir elementos dedicados, de una capacidad dimensionada a la medida de su carga. Tiene además la ventaja de que, siendo elementos dedicados, restringe el acceso de competidores a esos elementos. La desventaja es que el esfuerzo de diseño es mayor, y sólo redituable con suficiente volumen de mercado.

En cualquier caso no debe perderse la perspectiva del problema: La necesidad estará asociada a un sistema o equipo, y la tarea de proyecto es definir los componentes de la solución, pero teniendo claro a qué nivel de descenso debe llegarse para obtener las mayores ventajas competitivas y de beneficio, diferenciando aquellas partes que integran el *núcleo del producto*.

La complejidad del proyecto, y por ende el esfuerzo de diseño, depende del escalón al que se descienda: cuanto más bajo, mayor es el número de partes a definir y la complejidad tecnológica y menor el *valor agregado*. Algo que no debe perderse de vista: Siempre los mayores beneficios están por el lado de los sistemas. El problema de la ingeniería de desarrollo es como ubicarse en ambas pirámides. Con componentes cuyo valor se ubica por debajo de las milésimas de dólar la unidad, ¿cuantos miles son necesarios para que su diseño específico tenga sentido económico? La excepción son los componentes que forman el núcleo del sistema o equipo.

Definido el sistema, el paso siguiente será determinar qué cosas se van a resolver por Hardy que cosas por soft, y la manera más simple de decidirlo es, a partir de los requerimientos, generar especificaciones consistentes para el desarrollo de ambos. Bajo este esquema, el software y el hardware quedan definidos en una etapa temprana, haciendo que su desarrollo sea en gran medida independiente, y por tanto pueda hacerse en forma paralela. Esto, que supone que el diseño del software se reduce a escribir código alrededor

de un hardware definido, es posible en pequeños proyectos; en los grandes hay una interacción continua.

Evaluación de viabilidad

La evaluación de viabilidad se realiza usualmente como parte de la tarea de conceptualización en pequeños proyectos, pero es la acción principal en proyectos importantes, llevando en muchos casos varios años de estudios. El propósito de la evaluación de viabilidad es asegurar que el proyecto sea exitoso, sobre la base de que su realización será factible tanto técnica como económicamente. La manera en que se hagan estas evaluaciones dependerá del tamaño y la complejidad del proyecto. El período de evaluación es el momento para definir conceptos que el diseño seguirá para asegurar que el producto final cumpla el objetivo propuesto, basándose en los recursos disponibles. Primero se hace un análisis técnico, buscando determinar la disponibilidad de los componentes que integran el núcleo del proyecto, y luego el esfuerzo se concentra en la estimación de los costos, ya que éstos son, en general, los principales factores limitantes.

En el diseño de productos es necesario valorar los beneficios de cada alternativa. La tarea de predecir cuantitativamente el comportamiento de cada alternativa con respecto a cada uno de los criterios que se hayan fijado para el proyecto no es tarea sencilla. La mayoría de estas predicciones han de hacerse cuando el proyecto aún está en su etapa conceptual, debido a que la experimentación raramente es económica. Precisamente bajo estas condiciones es cuando no se puede predecir con exactitud el desempeño futuro ni los costos relacionados con cada alternativa, ya que es difícil poner en forma cuantitativa, en términos monetarios, todos los factores que inciden sobre el resultado, siendo aceptables aproximaciones del 20% al 30%, y aún mayores.

Integrando los estudios de viabilidad están los *análisis de fortalezas y debilidades*, con los cuales se busca determinar las oportunidades y las amenazas a las que está sujeto el proyecto. Estos análisis tratan de mostrar que acciones serán necesarias para llevar el proyecto hacia aquel horizonte donde se es fuerte, donde están las mayores oportunidades de éxito. Es decir, el análisis de fortaleza busca definir las áreas o puntos en los que se apoya el proyecto y donde la empresa es fuerte, y las amenazas a las que está sujeto por parte de los competidores y de los clientes.

Diseño preliminar

Durante el diseño preliminar se define la configuración total del sistema, el diagrama de bloques, y se hace la *selección de los componentes* que integran el núcleo del proyecto, teniendo en cuenta disponibilidad, costo, limitaciones y facilidades de manufactura, metas de fiabilidad, etc. y se desarrollan los diferentes planos, esquemas y/o documentos generales que asistirán a los proyectistas en la etapa del diseño detallado. Los requerimientos que se establezcan en esta fase del proceso serán la base de las especificaciones finales, aunque es importante tener en cuenta los siguientes conceptos:

1. Es imposible especificar correctamente al comienzo de un desarrollo todos los requerimientos del sistema, por lo que será necesario un refinamiento iterativo a medida que se avance en el proceso de desarrollo.
2. Se deben aceptar las frecuentes y sucesivas realimentaciones como una manera de ir refinando el diseño.
3. Es usual en la etapa del diseño preliminar apoyarse en paquetes de simulación específicos con la finalidad de validar conceptos de solución. Estos paquetes de CAD se basan en modelos que, aunque muy potentes, requieren normalmente una posterior comprobación experimental, que, de ser negativa, obligara al replanteo de la solución.

El diseño preliminar es, usualmente, llevado a cabo por un pequeño núcleo de profesionales que representan las distintas disciplinas involucradas en el proyecto, los cuales una vez finalizada la etapa preliminar continuarán trabajando en la fase siguiente (diseño detallado).

Diseño detallado

El propósito de esta etapa del proyecto es:

- *seleccionar los circuitos, establecer modelos para el cálculo* de los elementos, a fin de determinar la carga a la que se ven sometidos.
- *Seleccionar los componentes* estándar en función de la carga a la que están sometidos, indicando fabricante y número de parte correspondiente.
- *Establecer las especificaciones* que deben ser satisfechas por los componente a medida,

- realizar *análisis de valor* de cada elemento,
- *documentar los problemas detectados* en las etapas de verificación, y las acciones de corrección correspondientes.
- *documentar los resultados de los ensayos* de validación efectuados sobre prototipos
- *generar la documentación* y las especificaciones que describan completamente el diseño, etc.

En otras palabras, en esta etapa, diferentes grupos de profesionales y departamentos de la organización de diferentes disciplinas trabajan activamente en procesos de síntesis y análisis de las soluciones, realizando evaluaciones de componentes para validar los requerimientos establecidos previamente, especificando aquellos que hasta el momento habían permanecido indefinidos y estimando los efectos de los distintos componentes en el sistema. Las especificaciones son, en general, planos con detalles de terminación, con medidas y datos de los ensayos a los que está sujeta cada parte, y donde por lo general el número de plano se convierte en el *número de parte*.

Para los componentes y demás elementos dedicados del sistema se realizan los *planos de detalle*, que especifican las dimensiones necesarias, los materiales de construcción, técnicas de maquinado o ensamble, requerimientos para su ensayo, etc. Los planos de detalle deben incluir toda la información necesaria para producir y verificar el componente; además deben mostrarse las vistas de las piezas que serán necesarias para la manufactura.

La *selección de los componentes estándar* que giran alrededor de los componentes principales que integran el núcleo del proyecto deberá hacerse teniendo en cuenta:

- *Costo* (considerando el volumen)
- *Calidad y fiabilidad* (niveles de AQL y tasa de fallas)
- *Características funcionales* específicas (tolerancia, comportamiento térmico, etc.)
- *Disponibilidad* en el mercado (tiempo de entrega)
- *Exigencias de manufactura* (tipo de montaje y soldadura)
- *Racionalización* (gama preferida de valores)
- Etc.

Un punto débil de muchos diseños es la falta de un *análisis de valor* que justifique la necesidad de cada elemento y las razones de su elección, o haber descuidado las condiciones de validez de las características suministradas en las hojas de datos, o bien que se aproveche una funcionalidad de los dispositivos basada en características no documentadas. Otro punto a cuidarse da cuando se emplean dispositivos de un modo no convencional, en aplicaciones para las cuales no fue pensado. En tal caso, las hojas de datos seguramente no suministrarán toda la información necesaria para el diseño, por lo que el parámetro que se quiere aprovechar puede estar totalmente descontrolado. De Dos situaciones pueden darse, que el diseño se apoye en:

- características documentadas, pero con información insuficiente;
- comportamientos no documentados en las hojas de datos.

Solo en el primer caso se tiene la certeza de que se mantendrán esas características, y por tanto podrá ser usado sin restricción alguna, salvo las que resulten de los propios valores límites. El otro punto que no debe descuidarse en el análisis detallado de los circuitos es el correspondiente a las condiciones de sobrecarga, y los *transitorios de conexión y desconexión*. Es decir, el análisis de los circuitos no debe limitarse solo al análisis bajo condición normal y en régimen. Deberán considerarse también las condiciones anormales que pueden darse en el proceso de conexión o de desconexión del equipo, o las que resultan por condiciones anormales de carga.

Despliegue de la función de calidad (QFD)

La meta final de cualquier diseño es la satisfacción del cliente. Por ello, una de las tareas más importantes es conocer y considerar desde el comienzo del desarrollo quien va a ser el usuario, cuáles son sus expectativas y conque productos se debe competir, y relacionar esto con las características para el diseño. A este fin se han propuesto diversas herramientas, siendo la *casa de calidad* una de las más importantes surgidas en los últimos años. Con esta ayuda se busca:

- evaluar el producto bajo la percepción del usuario,
- realizar un análisis comparativo con respecto a la competencia bajo la óptica del usuario.
- realizar *análisis de competitividad* basado en las características técnicas.
- evaluar las dificultades para alcanzar las metas

- establecer el compromiso de los distintos sectores internos de la empresa en el logro de los metas del producto
- establecer la interrelación entre las características

La casa de calidad, cuya denominación se debe a la forma que toma, va más allá del usuario del producto: es una herramienta útil para la planificación, el desarrollo, la comunicación y la coordinación requerida entre los distintos sectores de la empresa, entendiendo que el principal objetivo de esta es dar satisfacción al cliente. Es decir, el QDF es una herramienta para ajustar la empresa al cumplimiento de su principal objetivo: la satisfacción del cliente. En vez de seguir siempre el mismo camino para dar solución a los problemas, se formula para cada caso uno, el cual, se concibe según los nuevos requerimientos del cliente. Esto lleva a que por un lado se omitan tareas que no son valoradas por el cliente, y por otro no se eluda la realización de aquellas que hacen a la bondad del producto tal como el cliente lo aprecia.

Para ponderar según la visión del cliente las características del producto deben considerarse, siguiendo el modelo propuesto por Kano (2015), tres tipos de atributos:

- los explícitamente formulados
- los implícitos, y normalmente esperados por el cliente, y considerados obvios.
- Los impensados y desconocidos por el usuario, pero cuya disponibilidad le entusiasma.

Para Kano, incumplir requerimientos explicitados genera *disconformidad*, pero incumplimientos de atributos implícitos causan siempre gran insatisfacción; por el contrario si el usuario es sorprendido con atributos o características adicionales que le agregan valor, esto provocara un fuerte entusiasmo con el producto, aun para un nivel de cumplimiento bajo.

El esquema de la casa de calidad se aplica en todas las etapas de proyecto, donde el cliente debe verse en su acepción más amplia: Son clientes de una etapa todos los que usan la salida de esa etapa. Es decir, se consideran usuarios a todas las etapas que siguen dentro del ciclo de vida del producto, y esto incluye a muchos sectores internos de la propia

empresa. Para cada uno de estos clientes, dentro de cada fase, debe ejecutarse la correspondiente casa de calidad.

Requerimientos Matriz de interrelación

Con la función de despliegue de calidad se pretende responder primero al QUE quiere el cliente, y recién luego considerar al COMO darle satisfacción. Todo el ciclo del producto puede verse como una sucesión de Que y Como, debiendo verse a la QFD como la base para definir las distintas acciones en el desarrollo del producto.

La casa de calidad puede verse simplemente como la reunión de distintas tablas, cada una con un enfoque definido. La primera tabla comienza en la fase conceptual: traduce los requerimientos del cliente en características internas de la empresa. Las características internas se traducen luego en requerimientos que deben ser volcados en las tablas (casas de calidad) propias de cada etapa. La idea es que cada componente de la empresa se vea a la vez como cliente y como proveedor. Como cliente recibe entradas y como proveedor debe considerar los requerimientos de su cliente, ejecutar un trabajo, y transferir como proveedor una salida a su cliente. Es decir, en esta cadena no es solo el usuario final el cliente, sino que cada unidad de la empresa debe ser considerada como tal, aunque todas actúen bajo la orientación del cliente final, que es el usuario del producto. Conocidos los requerimientos planteados para cada etapa del diseño se puede determinar en qué medida cada sector puede darles cumplimiento. Con esto es posible generar una segunda tabla en la cual se evalúa la posición propia frente a los competidores en relación a los requerimientos que plantea el usuario. Analizando el posicionamiento actual de la empresa, se determinará la meta propuesta para el proyecto, de lo cual resultara el futuro posicionamiento pretendido y la interrelación entre las diversas características, figuras 9 y 13, mostrando a la vez los sectores internos que deben cooperar y trabajar de un modo coordinado.

Ingeniería del valor (VE)

La ingeniería del valor busca identificar y eliminar los costos inútiles de un producto. La idea es aumentar el valor de los productos, suministrándolos a precios más bajos sin disminuir su calidad o fiabilidad. Si bien le cabe a la ingeniería de producto la mayor responsabilidad, en esta función deben participar todas las áreas.

Para llevar a cabo un análisis del valor es necesario considerar:

- *análisis de las funciones*
- *alternativas de diseño*
- *análisis de costos*

Lo primero tiende a asegurar que la función es necesaria, y este bien definida; se debe analizar luego si el modo de darle solución es el más adecuado. Para ello se deben generar alternativas que permitan por eliminación, sustitución o simplificación reducir la cantidad de partes y elementos inicialmente requeridos. Esto es especialmente importante cuando el diseño de los distintos bloques de circuitos corresponde a distintos responsables, y no está bien establecida la interface entre ambos.

Obviamente el análisis del valor debe enfocarse primeramente al análisis de las etapas con más influencia en los costos, reconociendo sus funciones básicas, aquellas sin las cuales el producto carecería de valor, y considerando a las demás funciones como secundarias. Las funciones secundarias apoyan a las funciones básicas, y son dependientes del tipo de solución adoptado para la función básica. Se debe determinar si estas son esenciales, o pueden ser eliminadas, o simplificadas. El costo del producto debería estar determinado por las funciones básicas, y no por las secundarias.

El desglose entre básico y secundario debe trasladarse a nivel de circuito. Cada circuito tiene una función específica, y ciertos componentes son esenciales para su funcionamiento, mientras que otros son solo necesarios en casos especiales, y en otros simplemente para simplificar el modelo de cálculo. Ciertas funciones pueden ser básicas cuando el equipo opera en determinados entornos, pero totalmente prescindibles en los demás casos. Por consecuencia, de este análisis surgirá si es necesario y conveniente incluir la función en todas las unidades, o tan solo hacerla específica para la operación en determinados entornos.

El análisis de costo debe ser completo, debiendo estar implicadas todas las etapas y sectores. Es decir, deben ser contemplados y revisados los métodos de fabricación, los procesos, los posibles proveedores, los acuerdos de compra, etc.

Diseño experimental

El esquema del proceso del diseño contempla tres pasos bien definidos:

- Saber qué es lo que se quiere (que es parte de las entradas del diseño)
- Definir la forma de darle solución (proceso de diseño propiamente dicho)
- Verificar que la solución propuesta satisface los requerimientos (validación)

Y para este último paso se requiere siempre efectuar pruebas experimentales. Los ensayos no son exclusivos de la etapa de validación, también son necesarios:

- Durante la concepción para verificar principios y hacer evaluaciones tempranas de desempeño, o caracterizaciones de entorno o de carga,
- Durante el desarrollo del producto, para confirmar cálculos o estimaciones de carga
- Durante la etapa de crecimiento de la fiabilidad, para aportar información sobre las fallas.
- Durante la producción, para la optimización de los procesos
- Después del lanzamiento del producto al mercado para hacer evaluaciones de campo con el fin de confirmar los objetivos de mantenibilidad, fiabilidad y operatividad.

Ahora bien: ¿Cuál es la mejor manera de experimentar? Un modo serio construir el sistema, ponerlo en marcha, y empezar a recolectar datos. Aunque es el modo más común, el mismo presenta problemas a la hora de tratar los datos. El diseño de experimentos busca, manipulando el sistema bajo estudio, obtener con menos datos, o sea menos volumen experimental, no solo más información, sino además de superior calidad (menor error).

Esto requiere formular un plan como paso previo a la ejecución del ensayo, donde conste:

1. **Planteo del problema**, definiendo los objetivos del ensayo
2. **Análisis teórico**, determinando las leyes y principios que rigen el proceso
3. **Plan de medición**, definiendo variables, métodos, y protocolos de medición

4. *Análisis de errores*, determinando las fuentes de error y formas de minimizarlas
5. *Capacidad de los instrumentos*, evaluando la adecuacidad del instrumental
6. *Datos* a obtener y su forma de presentación (tabular y grafica)
7. *Tratamiento de datos*, definiendo las herramientas apropiadas
8. *Conclusiones* que se esperan y en que análisis se fundamentaran.

Uno de los pasos más importantes será verificar que se está midiendo la variable correcta y en el punto adecuado, evitando fuentes de error debidas al método. Aquí debe mencionarse el peligro de tomar ciegamente las indicaciones de los instrumentos sin consideración adicional a sus valores. Las observaciones que sean totalmente inconsistentes, o se apartan de lo esperado deben rechazarse, o confirmarse repitiendo el ensayo. Es decir, aunque en ciertos casos podrá ser suficiente una sola experiencia, lo conveniente es siempre *repetir el ensayo* para saber si la medición es consistente y tener una idea de la variabilidad por factores que están fuera de control.

Usualmente convendrá *replicar el ensayo* para no dejar afuera errores debidos a falta de uniformidad del material bajo estudio y variabilidades de proceso, o bien cuando no sea posible repetir la experiencia. Pero, esto trae aparejado otro problema: Que las diferencias observadas sean consecuencia de otras diferencias entre las réplicas, y no solo del factor observado. Cuando existe la convicción de que una variable influye sobre la experiencia y puede ser controlada, esta debe ser incluida como un factor más. Cuando su influencia es menor, o no puede ser controlada, entonces lo conveniente es buscar la forma de que se manifieste de modo aleatorio.

Con la *aleatoriedad* se busca que la asignación de factores y niveles que no se pueden mantener bajo control se distribuya aleatoriamente entre todas las observaciones, de modo que sus efectos resulten compensados. Cuando la aleatoriedad no es posible, se recurre a la *bloquización*. Con la bloquizaciónse busca realizar los experimentos formando bloques como un modo de eliminar fuentes indeseadas de variación; es decir, evidenciando las diferencias entre las unidades bajo experimentación.

2.1.3 Diseño de maquinaria agrícola.

Busalacchi (2017); indica que los avances en tecnología de maquinaria agrícola exigen el trabajo de un profesional del diseño en Ingeniería mecánica agrícola que busque optimizar los tiempos y procesos de producción, manteniendo a la empresa a la vanguardia de la competencia. Explica que actualmente “se tiende a diseñar basándose en el aprovechamiento de materiales, en la estandarización de componentes y en la simplicidad de los procedimientos y montajes, para lograr producciones más grandes en menos tiempo y una mayor dinámica en la producción”. Resalta que “hoy en día cada fabricante tiene que tratar de estar a la vanguardia en cada detalle, porque la competencia es mucha y exige estar actualizado y seguir las tendencias”. Actualmente existen maquinarias con tecnologías avanzadas, que permiten automatizar mecanismos para facilitar muchas tareas al usuario. “Todas las posibilidades de diseño van de la mano de las necesidades y exigencias que el campo y el usuario demandan”

El proceso de diseño provee al agro algunas herramientas que pueden brindar soluciones a ciertas problemáticas que muchas veces no se tienen en cuenta y brinda algunos beneficios a los usuarios, no sólo desde el punto de vista productivo, sino también desde el ergonómico y funcional. De modo que el proceso de diseño, producción y puesta en marcha de la maquinaria, tiene su metodología, pero el proceso es similar en casi todos los casos y detalla:

Comenzamos con una investigación para conocer bien el campo en el que vamos a trabajar: ésta abarca las opiniones de los usuarios, un estudio de mercado y los funcionamientos de maquinarias ya existentes, con sus virtudes y defectos. Luego hacemos una tormenta de ideas en la que realizamos diferentes propuestas y finalmente, avanzamos sobre la más viable”.

Una vez que el producto está definido, realizan un análisis de costo y comienzan la producción del prototipo, que una vez fabricado, será testeado exigentemente. Según estas evaluaciones, definen si es necesario hacer ajustes para empezar con la producción del modelo definitivo.

Los Tips para tener en cuenta en el diseño de una máquina agrícola son los siguientes:

- Tener en claro la necesidad del agricultor o la problemática a solucionar.

- Mantener una comunicación clara con los usuarios que van a emplear la máquina: conocer sus opiniones y necesidades.
- Definir objetivos del diseño.
- Decidir qué materiales se van a utilizar y pensar en su aprovechamiento.
- Planificar los procesos de producción teniendo en cuenta los costos, los tiempos de fabricación, los accesorios que poseen, etc.
- Buscar que el diseño sea compatible con las posibilidades de la industria que lo va a fabricar.

El diseñador industrial se ha convertido hoy en un eslabón importante en la cadena que relaciona a las industrias fabricantes con los usuarios. “Cada diseñador aportará un valor agregado a cada producto, porque tiene las herramientas necesarias para lograr desarrollos que le sirvan tanto a la industria que lo fabrique como al operario que lo emplee”, Busalacchi (2017).

El diseño de maquinaria agrícola, está dedicado en su mayoría al cálculo de transmisiones y elementos mecánicos, aun cuando estos tópicos constituyen parte importante en el contexto general de la maquinaria agrícola, no dejan de ser un paso dentro del proceso total de diseño. La integración del proceso mediante un método general, permite al ingeniero tener una visión más exacta del diseño de maquinaria agrícola, integrar los conocimientos adquiridos y seguir un procedimiento más confiable. Para Shigley y Mischke, diseñar es “formular un plan para satisfacer una demanda humana”. Tesdechi afirma que “inventar es un don exclusivamente personal y exquisitamente profesional”. Christopher Jones lo define como: una actividad creativa, que supone la consecución de algo nuevo y útil sin existencia previa. Para un buen proyecto el diseñador debe tomar en cuenta:

1. Las cargas aplicadas a la máquina, los esfuerzos y deformaciones que estos producen.
2. Materiales a utilizar y proceso de conformación de las piezas y mecanismos.
3. Aspectos económicos de construcción.
4. El factor de seguridad para cada caso.
5. Las condiciones de trabajo.
6. Las características más recomendables para que los diferentes mecanismos cumplan con las condiciones específicas en la maquina: tamaño, peso, operación, automatización, etc.

Considerando la utilización de estos seis pasos en el diseño de cualquier proyecto, incluyendo maquinaria agrícola, tenemos la certeza que se cubrirán todas las necesidades requeridas por los humanos para el buen desempeño de sus labores agrícolas. Además de tener una mayor producción en el campo, por el hecho de dejar de hacer los trabajos manuales y utilizar la maquinaria y equipos, sobre todo si se diseña maquinaria para los pequeños productores, los cuales muchas veces no tienen el acceso a maquinaria agrícola moderna, y aun realizan actividades manualmente, y son los que representan a la mayoría de agricultores con extensiones de tierra menores a las 5 hectáreas. En la actualidad cuando una persona adquiere maquinaria o implementos agrícolas, tiene la seguridad de que lo que está comprando cumple con todas las características y especificaciones necesarias requeridas (de operación, de seguridad, etc.) para su óptimo funcionamiento, ya que precisamente su diseño y su construcción se basó en una metodología establecida, que evita que cualquier detalle por simple que sea, pase desapercibido, y además se hará énfasis en la fabricación de maquinaria e implementos agrícolas para pequeños productores, los cuales muchas veces no tienen acceso a estos equipos por sus altos costos.

2.2 CULTIVO DE LA PAPA Y SU COSECHA

2.2.1 Producción de la papa en el Perú y el mundo

La producción de papa en el país pasó de 1 364,3 a 4 527,6 mil toneladas entre 1950 y 2016, mostrando una tasa de crecimiento anual promedio de 1,8%. Sin embargo, en las dos últimas décadas (de 1997 al 2016), la producción de este tubérculo creció más rápidamente, a una tasa de 3,4% anual, llegándose a obtener en el año 2015, una producción histórica récord de 4 715,9 mil t, como resultado de la expansión de la superficie cosechada, que creció a una tasa anual promedio de 1,2% y, principalmente, de una mejora de los rendimientos por ha, que creció a una tasa anual promedio de 2,2%, (MINAGRI, 2017).

De acuerdo con las estadísticas de la FAO, la producción de Perú en el 2014 ocupó el lugar 14, dentro del conjunto de 150 países que siembran este cultivo; siendo el segundo país con mayor producción en América, después de Estados Unidos; y, el primero, en América del Sur. Ese mismo año el Perú ocupó el octavo lugar en el mundo respecto a la superficie cosechada, superando a países como Alemania, Francia, Polonia y Países Bajos, que se ubican dentro de los primeros 10 lugares como productores del mundo. No obstante, desde

la perspectiva de productividad por ha, la ubicación del Perú se vio relegada al puesto 122, con un rendimiento promedio de 14 778 kg/ha, inferior en 26,0%, respecto del promedio mundial, e inclusive menor que los rendimientos obtenidos por nuestros países vecinos, que oscilan entre 18, 449 Kg/ha (Ecuador), 20 042 Kg/ha (Colombia) ,27 941 Kg/ha (Brasil) y 21 675 Kg/ha (Chile). Los rendimientos en los países europeos como Francia, Alemania, Países Bajos; así como, de los Estados Unidos de América, superan las 45 mil Kg por ha.

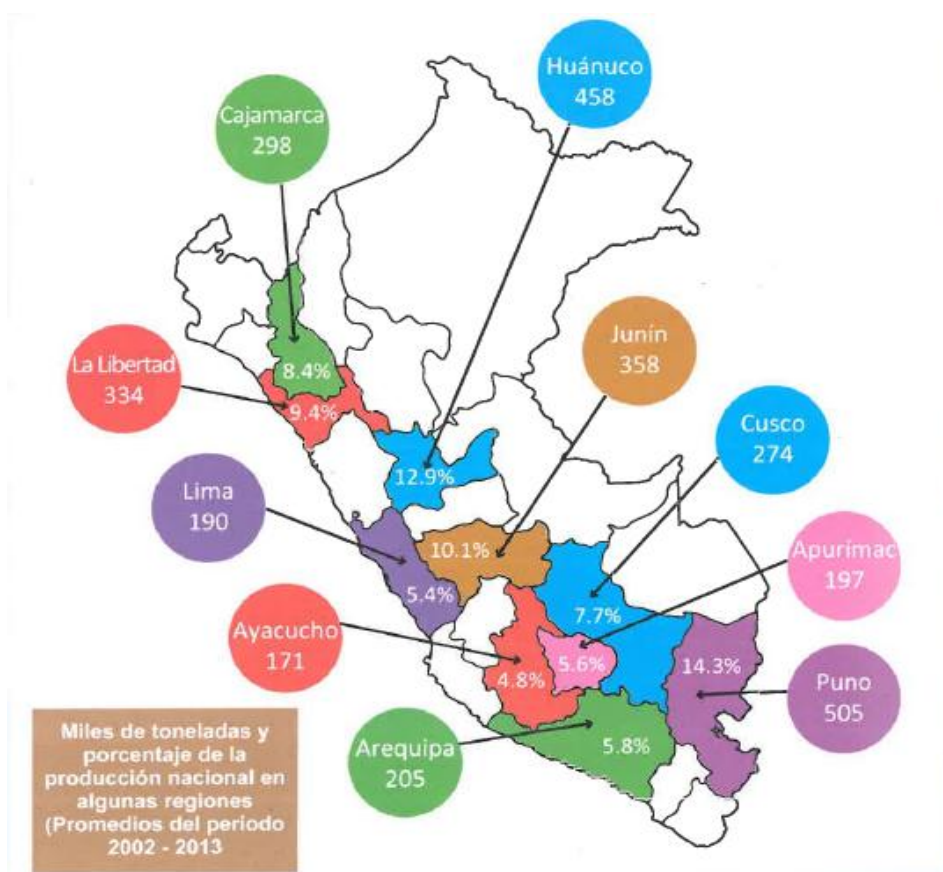


Figura 1: Superficie, producción y rendimiento por regiones en el Perú. Fuente: MINAGRI (Libro: La papa en el Perú, Egúsqiza B.R.)

Tabla 1: Cuadro 2.2.1 Superficie y rendimiento de papa en algunos países del Mundo (2010-2012)

Superficie y rendimiento de papa en algunos países del mundo (2010 - 2012)					
Países	Superficie	Rendimiento	Países	Superficie	Rendimiento
	(Miles de ha)	(t/ha)		(Miles de ha)	(t/ha)
América del Sur:			Europa:		
Perú	299.5	13.7	Rusia	2 169.6	12.7
Bolivia	179.4	5.2	Ucrania	1 433.0	15.3
Brasil	140.7	26.5	Polonia	421.4	20.8
Colombia	102.8	17.6	Alemania	250.7	43.4
Argentina	70.9	29.7	Holanda	155.3	45.6
Chile	48.6	26.3	Asia:		
Ecuador	40.7	8.2	China	5 352.6	15.9
Venezuela	25.7	20.3	India	1 866.1	22.1
Centro América:			África:		
México	59.0	26.9	Nigeria	260.6	28.9
Guatemala	19.4	25.2	Malawi	197.7	17.0
Norte América:			Oceania:		
Estados Unidos	433.1	43.9	Australia	34.6	36.1
Canadá	142.9	30.7	Nueva Zelanda	10.9	48.8

Producción y Superficie de los Principales Cultivos Anuales en el mundo (Promedios de los años 2010 - 2012)		
Cultivos	Producción (Millones de t)	Superficie (Millones de ha)
Maíz	870.41	171.24
Arroz	715.95	162.82
Trigo	673.29	217.59
Papa	357.49	19.04
Soya	256.48	103.73
Yuca	256.27	202.09

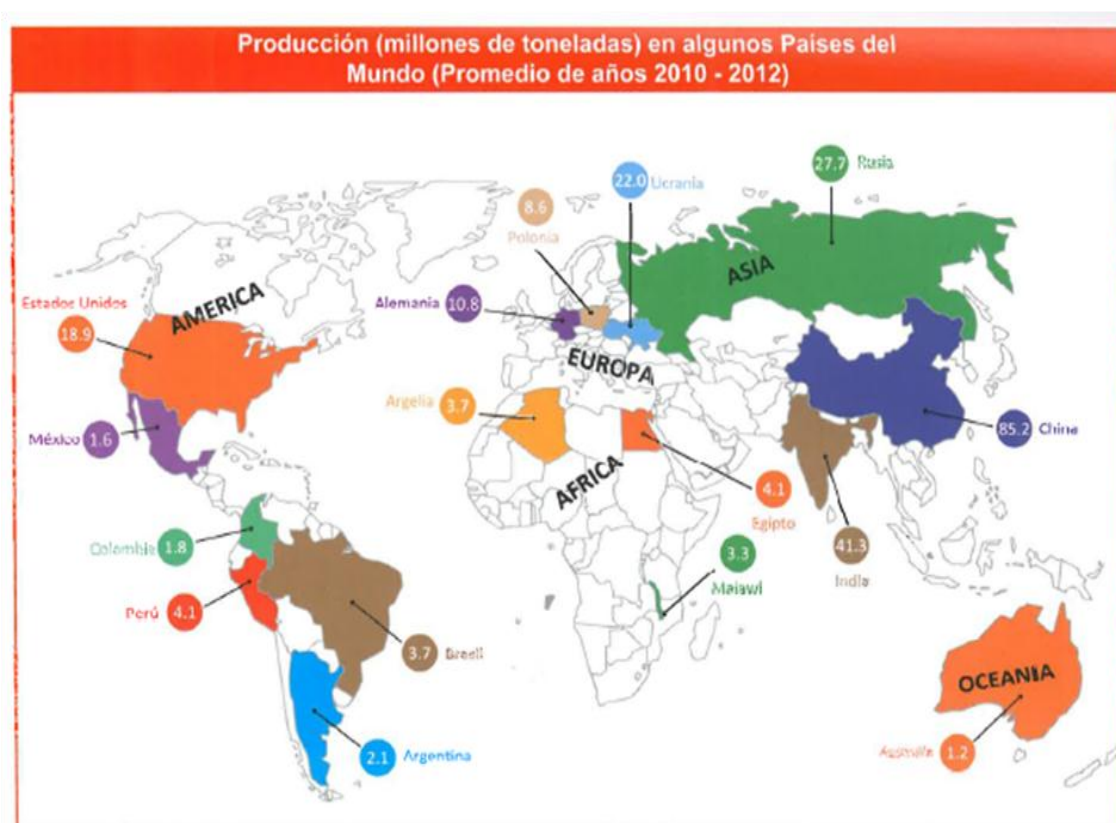


Figura 2: Producción (millones de toneladas) en algunos países del Mundo (promedio años 2010-2012) Fuente: Base de datos FAO (Libro: La papa en el Perú, Egúsqizua B.R.)

2.2.2 Importancia económica y social de la papa en el Perú

El Valor Bruto de la Producción (VBP) de Papa en el 2016, según MINAGRI (2017), llegó a representar el 10,6% del Valor Bruto del Sub sector agrícola, convirtiéndose en el segundo producto más importante de la agricultura del país, siendo solamente superado por el VBP correspondiente al arroz (13,4%). El cultivo de papa, asimismo, es el sustento de más de 710 mil familias, según el IV Censo nacional Agropecuario (2012), afincadas predominantemente en zonas andinas del país. Se estima que en el 2016 generó aproximadamente 33,4 millones de jornales, que representaron alrededor del 4,0% del PBI Agrícola.

Si bien en el país se produce este tubérculo todo el año, sin embargo existe una marcada concentración en los meses de abril y mayo, periodo en el que se cosecha un poco más del 40% de la producción nacional. Esta producción; así como la de los meses previos corresponde a áreas cultivadas que se ubican a lo largo de toda la Sierra y corresponden a agricultura bajo secano; mientras tanto, la producción disminuye en el segundo semestre, debido a que esta corresponde principalmente, a los valles costeros de las regiones de Lima, Ica y Arequipa; así como también a los valles interandinos de algunas partes de la Sierra.

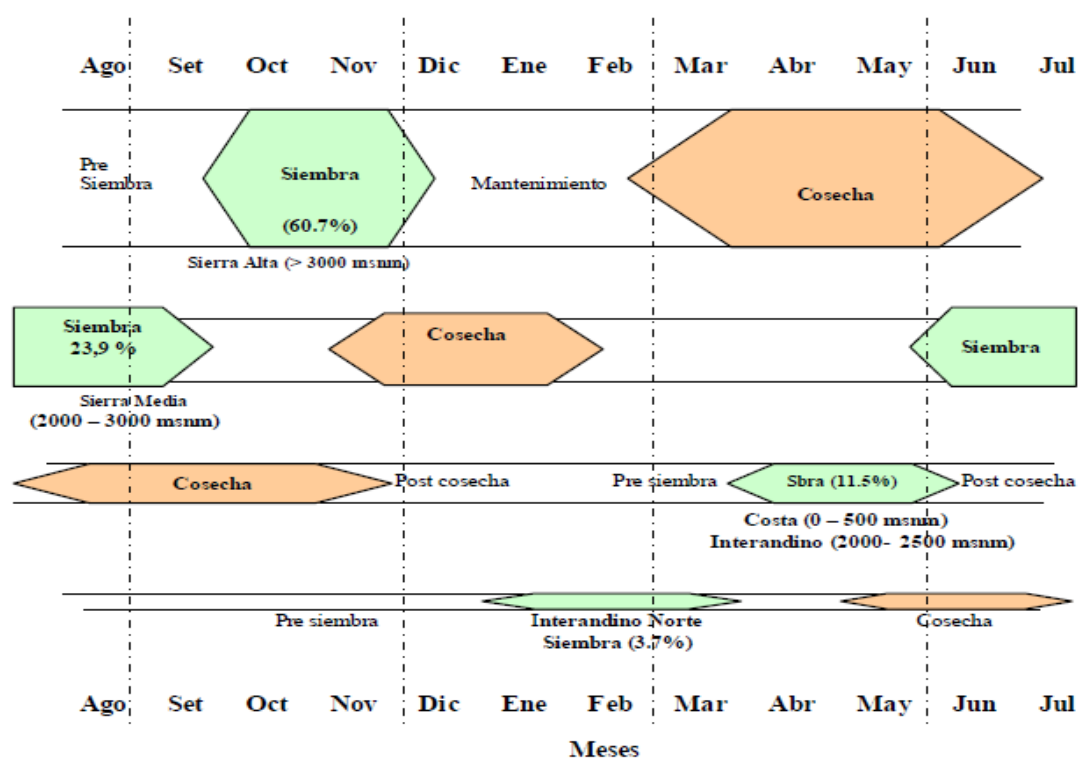


Figura 3: Ciclos de producción de la papa en el Perú.

2.2.3 Factores que influyen en la cosecha de papa

Según Inostroza (2009), los factores que influyen la cosecha de la papa son los siguientes:

2.2.3.1 Elección y preparación de suelo.

En la elección de suelos, la preparación de éste y en la siembra, debemos tener en cuenta el sistema de cosecha, sea manual, semimecanizada o mecanizada. Para sistemas de cosecha semimecanizada (máquina arrancadora, recoger y ensacar a mano) y sistemas de cosecha manuales (arrancar, recoger y envasar a mano), la textura del suelo, el grado de mullimiento y la profundidad de siembra influyen poco en la rapidez y calidad de la cosecha.

En cambio, para la cosecha mecanizada resulta muy determinante la preparación efectuada, así como las características del suelo. Aunque la mayoría de las máquinas modernas cuentan con dispositivos para separar de las papas el material contaminante como: suelo, champas, terrones, piedras, papas podridas y otros, éstos influyen enormemente en la rapidez y calidad de la cosecha. Si optamos por este sistema, la máquina debe ser capaz de tamizar el suelo suelto y limpiar el producto a cosechar de terrones, piedras y champas. A mayor profundidad de siembra, más suelo deberá ingresar a la máquina, mayor material a limpiar y por lo tanto, existe un riesgo de dañar el producto. Evitar sembrar en suelos con mal drenaje; para una buena cosecha mecanizada de la papa se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Evitar sembrar en suelos con piedras.
- Evitar sembrar en suelos con mal drenaje.
- Lograr un buen mullimiento del suelo: 10 a 12 centímetros, libre de champas y terrones.
- En suelos pesados (arcillosos o limosos) debemos evitar la compactación y la formación de terrones, por lo cual se debe sembrar y aporcar bajo condiciones friables (baja humedad).
- Sembrar menos profundo cuando la textura del suelo es pesada (suelos arcillosos y limosos).

2.2.3.2 Resistencia de la papa a daños (golpe) y al almacenamiento.

Aspectos que influyen fundamentalmente en la resistencia al golpe durante la cosecha y en la resistencia al almacenamiento son: textura y drenaje del suelo, fertilización del cultivo y variedad.

- Tipos de suelo. - En suelos bien drenados con una mayor densidad aparente y una mayor proporción de micro poros en relación a macro poros la extracción de agua es más gradual y al mismo tiempo la entrega de humedad es más pareja en el tiempo, condiciones bajo las cuales se forma un tubérculo con una mayor proporción de pared celular, lo cual mejora su resistencia al golpe y al almacenamiento.
- Fertilización. La fertilización influye igualmente de forma muy notoria en la sensibilidad al golpe y en la resistencia al almacenamiento. Los nutrientes de mayor influencia son:
 1. Potasio (K): Mayores dosis de potasio reducen la sensibilidad del golpe.
 2. Nitrógeno (N): Bajas dosis de nitrógeno aumentan la sensibilidad del golpe; altas dosis de nitrógeno reducen la resistencia al almacenamiento ya que aumentan la sensibilidad para enfermedades fungosas y bacterianas.
 3. Calcio (Ca): El calcio juega un rol fundamental en la formación de la pared celular. Una buena disponibilidad en el suelo contribuye a un tubérculo con mayor resistencia al almacenamiento, porque se reduce la sensibilidad a enfermedades fungosas y bacterianas. Existe además una relación entre calcio y los efectos del etileno.
 4. Cloro (Cl): Pequeñas dosis de cloro disminuyen la sensibilidad al golpe.
 5. Sodio (Na): En suelos salinos, con altos contenidos de Na, el tubérculo es muy sensible al golpe.
- **Diferencias varietales.** Algunas variedades presentan una buena resistencia al golpe por menor porcentaje de materia seca y por una mayor firmeza de pared celular. El largo del período de latencia influye fuertemente en la resistencia al almacenamiento. Las variedades de latencia corta presentan una menor resistencia al almacenamiento puesto que:

- Envejecen fisiológicamente con mayor rapidez, por lo cual la sensibilidad a *Fusarium* y *Phoma* crece.
- Presentan mayor deshidratación causada por brotación.

2.2.3.3 Sanidad.

La sanidad influye fuertemente en las pérdidas de tubérculos durante el almacenamiento, siendo las enfermedades de mayor importancia:

- Tizón tardío (*Phytophthora infestans*)
- Gotera (*Pythium* spp.)
- Pudrición rosada (*Phytophthora erythroseptica*)
- Pie negro (*Erwinia* spp.)
- Sarna plateada (*Helminthosporium solani*)
- Sarna común (*Streptomyces* spp.)
- Sarna o costra negra (*Rhizoctonia solani*)
- Enfermedades fungosas secundarias como *Fusarium* spp., *Phoma* spp., *Cylindrocarpum destructans* y otras.

A su vez, las enfermedades producen pérdidas de peso y de calidad del tubérculo durante el almacenaje por:

- Pudriciones húmedas (Tizón tardío, Gotera, Pudrición rosada y Pie negro)
- Pudriciones secas (*Fusarium* spp., *Phoma* spp., *Cylindrocarpum destructans*, *Polyscytalum pustulans*)
- Deshidratación incrementada (Sarna común, Sarna plateada)
- Decoloración de la piel (Sarna plateada)

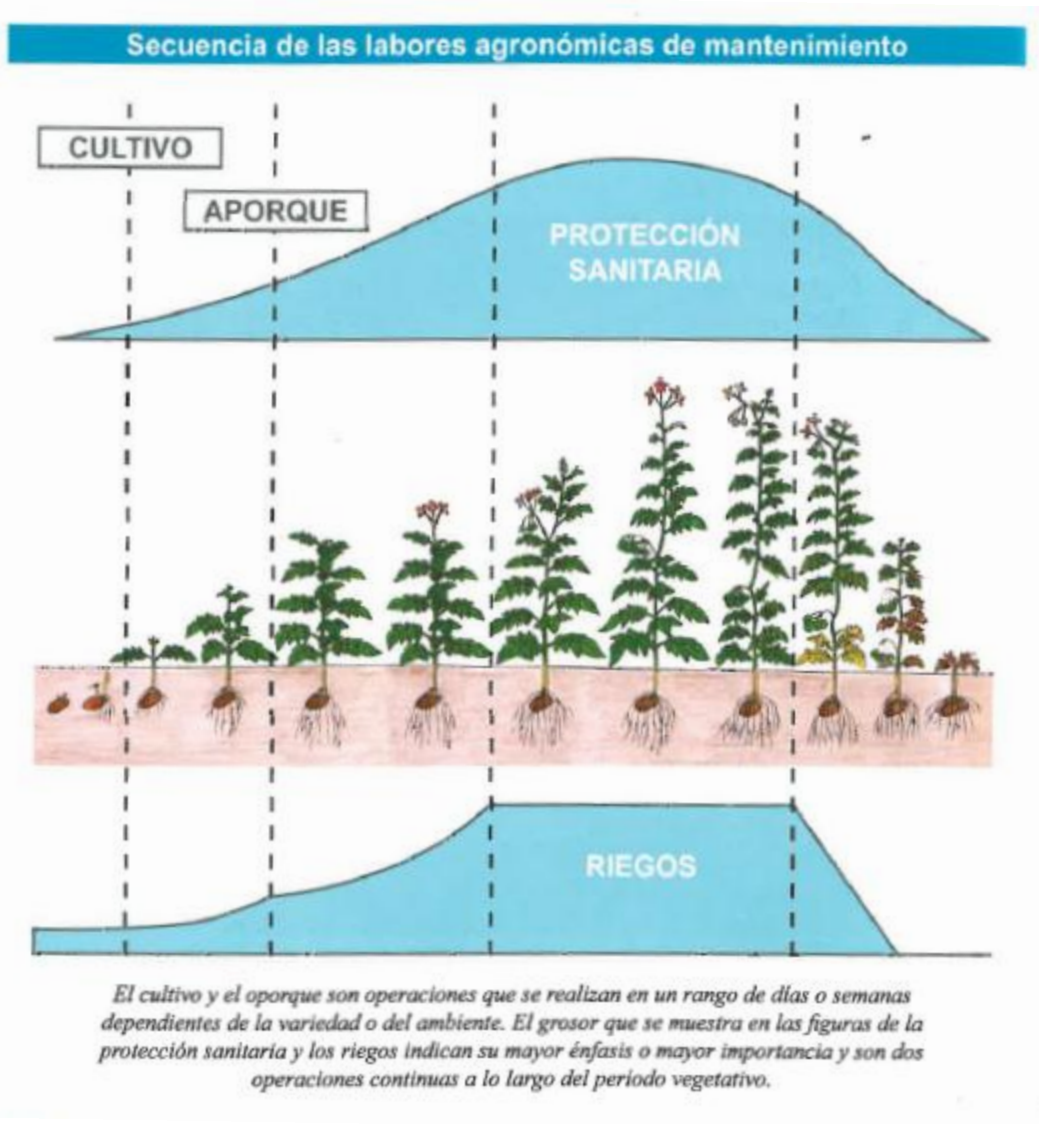


Figura 4: Secuencia de las labores agronómicas de mantenimiento.

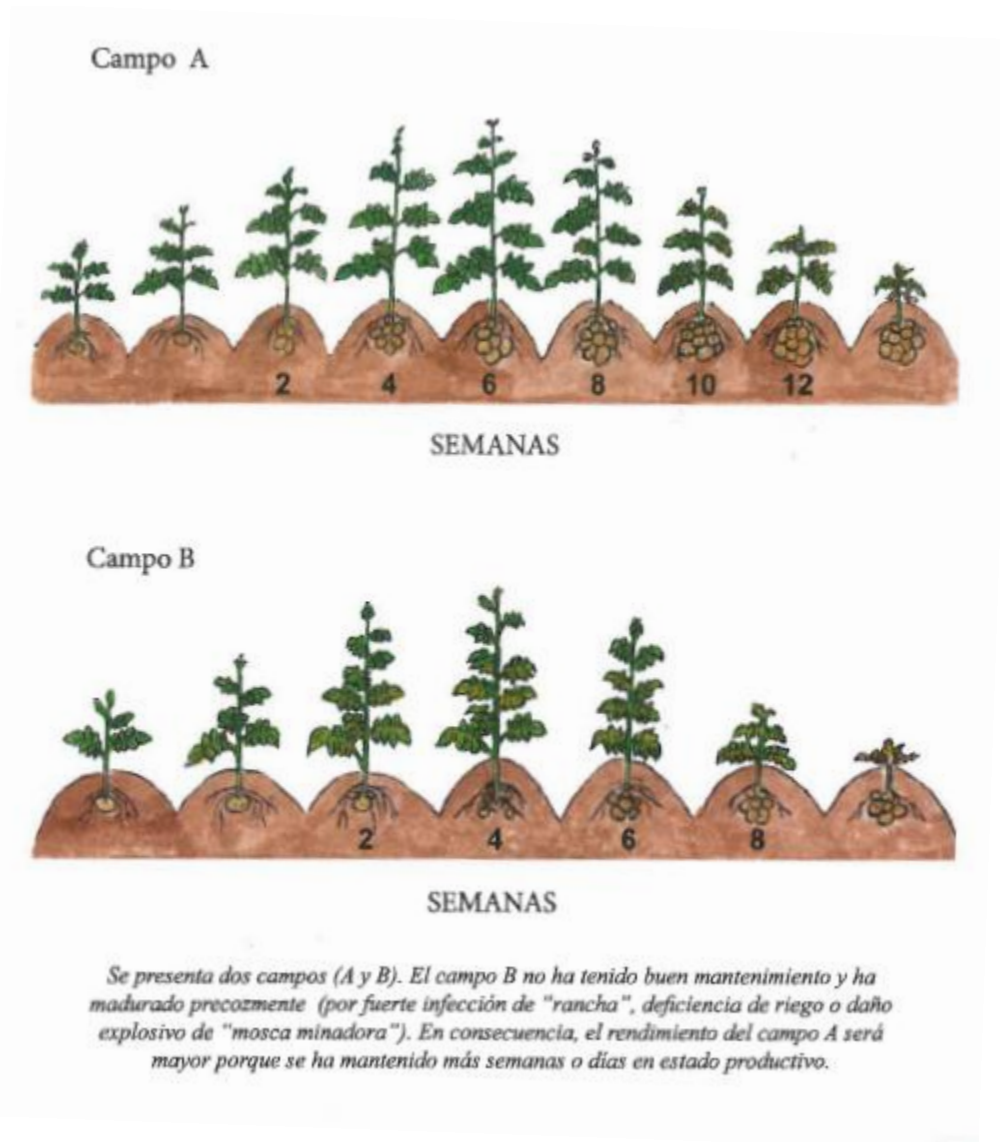


Figura 5: Proceso de desarrollo de la papa.

2.3 TECNOLOGIAS DE LA COSECHA DE PAPA

Porras y Soriano (2014); define la cosecha mecanizada de la papa como una operación importante por la calidad y el valor de los productos y también por la necesidad de realizarla rápidamente, pues es preciso evitar las heladas precoces y preparar la tierra para hacer las siembras de otoño. A todo esto hay que añadir las dificultades existentes hoy en día en todo el país, a la hora de contratar mano de obra en el campo. La principal dificultad en la cosecha de este tubérculo es que la cosecha está enterrada, dispersa en suelos de condiciones muy variables a una profundidad no uniforme, por lo que los sistemas desarrollados tanto para ayuda a la recolección manual, como aquellos de recolección

integral, buscan elevar con la ayuda de una reja apropiada, un volumen de tierra suficientemente importante como para contener todos los tubérculos y a continuación desagregar dicho volumen de tierra para separar las patatas.

Laguna (2015), indica que, para la recolección de las patatas se utilizan normalmente dos tipos de máquinas: las arrancadoras extraen los tubérculos del suelo, los separa y limpia de tierra, dejándolos de nuevo sobre el terreno, en superficie y en hileras, para facilitar su posterior recogida. Las arrancadoras recolectoras realizan el mismo trabajo, pero adicionalmente las transporta hasta un depósito o bien las introduce en el interior de sacos.

La parte aérea de las plantas de la patata y las malas hierbas suponen normalmente serios inconvenientes al buen funcionamiento de todas estas máquinas. Muchas arrancadoras van dotadas de mecanismos de eliminación de hierbas y matas. A pesar de ello es recomendable eliminar previamente toda la vegetación aérea en la medida de lo posible ya que el rendimiento de la maquina recolectora se verá considerablemente aumentado sostiene que, un tractor es una maquina dotada de motor para su desplazamiento, puede ser usada para tirar de equipos como arados, rastras, etc. o para accionar mecanismos de máquinas estacionarias trilladoras, etc. y de máquinas móviles como empacadoras y segadoras (Laguna, 1999).

2.3.1 Tipos de arrancadoras de papa

Porras y Soriano (2014), Según las características las máquinas para la cosecha de papa clasifica en:

- Máquinas simples, cuando realizan una sola de las faenas que componen la recolección.
- Máquinas combinadas, cuando realizan simultáneamente más de una de las faenas que componen la recolección.

Según el sistema de accionamiento se pueden clasificar en:

- **Máquinas semi suspendidas**, en este caso las máquinas están unidas a la barra de tiro o a al enganche en tres puntos con elevador hidráulico y reciben el accionamiento desde la toma de fuerza del tractor.

- **Máquinas suspendidas**, en este caso las máquinas son enteramente soportadas por el enganche en tres puntos y elevador hidráulico, y el accionamiento de los órganos móviles se hace desde la toma de fuerza del tractor.
- **Máquinas automotrices**, son máquinas complejas, de gran eficacia y alta eficiencia, concebidas para ser accionadas por un vehículo propio que permite características de funcionamiento difíciles de conseguir con otros modelos.

2.3.2 Bases agronómicas y principios mecánicos de la arrancadora de papa

2.3.2.1 Condicionantes del cultivo que afectan a la recolección

En el proceso de recogida de la cosecha mezclada con la tierra, un punto crítico es el del volumen de suelo que entra en la máquina, que ha tendido a minimizarse procurando el agrupamiento de los tubérculos en un camellón, aunque no todas las variedades de patata, y menos otras ‘especies’ del género *Solanum* que también se aprovechan por sus tubérculos, se adaptan al mismo modelo de agrupación. Para la plantación de la patata en España se utiliza una separación entre líneas entre 70 y 80cm, que se puede reducir en pequeñas plantaciones de huerta, con tubérculos (patata ‘de siembra’) separados a unos 25 cm, lo cual permite una densidad de 50a 55 000 plantas/ha. La profundidad de siembra con el suelo plano debe de ser la que permita en completo tapado de los tubérculos, y va unida a la formación de un primer camellón, mediante discos o rejas aporcadoras, que, la larga, delimitará la zona en la que se desarrollen los tubérculos.

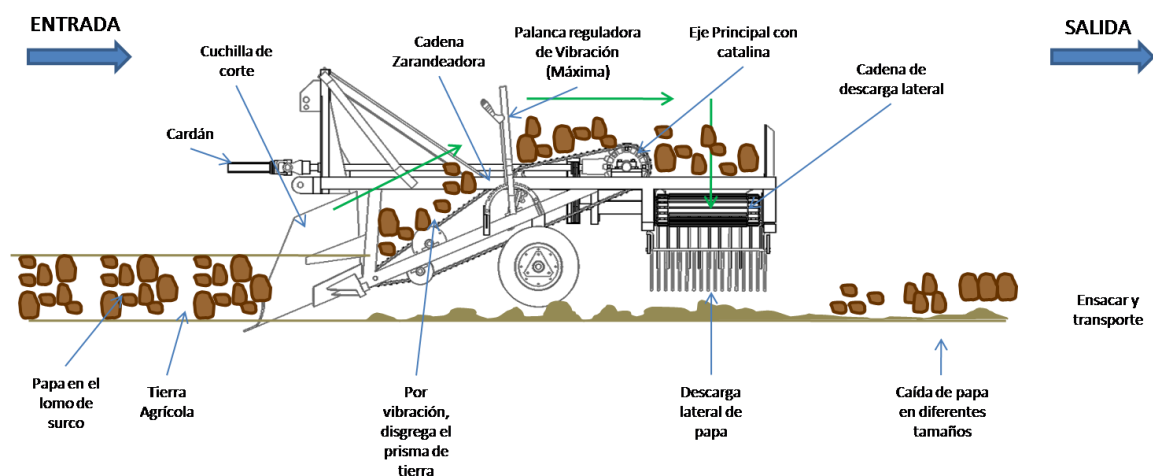


Figura 6: Fases de recolección de papa con la cadena en máxima vibración de zaranda.

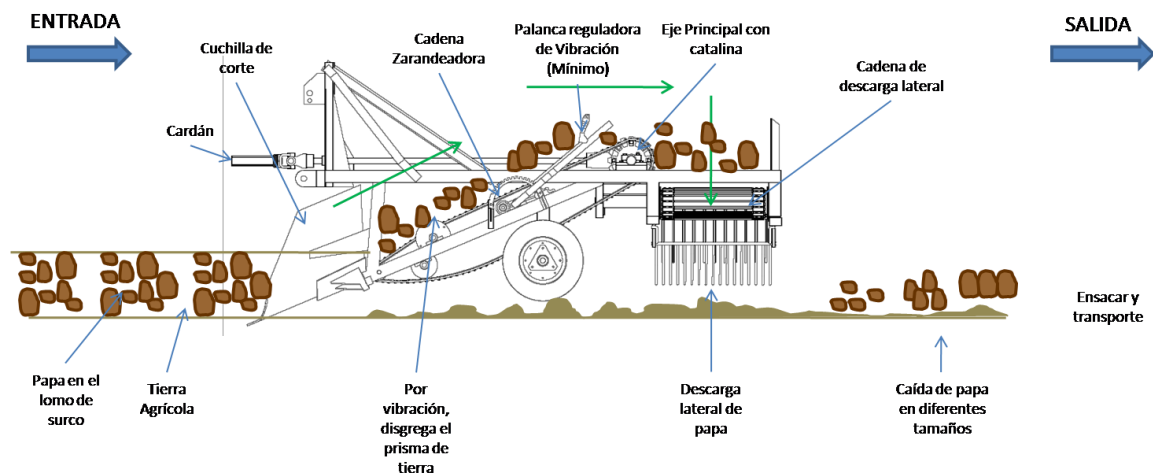


Figura 7: Fases de recolección de papa con la cadena en mínima vibración de zaranda.

Un segundo aporcado se realiza cuando los tallos superan los 15-20 cm de altura, para formar el camellón definitivo, sobre el que va a trabajar el equipo de recolección. El objetivo, que no siempre se consigue, es que los tubérculos se formen en el interior de un ‘tubo’ de sección elíptica con 26 cm de anchura y 10 de altura, en el centro de un camellón con una sección de 500 cm². En estas circunstancias, sobre la base de suelo seco, la cantidad de tierra que entra en la máquina en el comienzo del proceso de arranque varía en función de la profundidad de la reja.

La adaptación de la reja a la forma del camellón a la posición de las patatas puede reducir el contenido de tierra que entre en la máquina. Hay que tener en cuenta que, con producción de patata de 30t/ha, la cantidad de tierra recogida llegaría a ser, haciéndolo muy bien, más de 20 veces la cosecha, y posteriormente habrá que separarla.

Otro aspecto, que afectará al proceso de limpieza y eliminación de la tierra y de las impurezas que acompañan a las patatas, es el tamaño y las dimensiones de los tubérculos que se recogen. Utilizando el mismo criterio que se aplica cuando se ensayan las plantadoras de patata, las tres dimensiones principales del tubérculo permiten calcular su índice de forma ($f = \text{longitud} \times 2 \times 100 / [\text{anchura} \times \text{espesor}]$), que puede variar entre 100 (patata redonda) y patata muy alargada (más de 300).

Una función del factor de forma, las patatas modificarán sus trayectorias sobre los dispositivos limpiadores de la arrancadora, por lo que habrá que adaptarlos a cada

situación. También habrá que tener en cuenta el calibre de las patatas cosechadas; el calibre se verifica haciendo pasar la muestra representativa por una serie de tamices de malla cuadrada, cuyos pasos aumentan de 5 en 5mm a partir de 35 mm. La referenciase da con dos cifras que corresponden a las mallas que permiten el paso de ninguna y de todas las patatas de la muestra (min./máx.). Esto es particularmente importante en los almacenes de clasificación, en los que se recurre a la selección por cribado.

El proceso de destrucción de la parte aérea puede realizarse por métodos mecánicos, térmicos químicos. La opción más utilizada es la combinación de medios mecánicos y químicos; el primero, realizado con una desbrozadora a 15–20 cm por encima de de la superficie del suelo, que actúa como proceso de ‘rotura’, completado con una aplicación química utilizando un defoliante. Cuando la vegetación está muy verde, se recomiendan dos aplicaciones sucesivas de defoliante, en volumen reducido, espaciadas entre sí tres o cuatro días.

2.3.2.2 Fases en el proceso de recolección

Se pueden encontrar en el mercado equipos muy sencillos, como los arados ‘patateros’ y las arrancadoras de parrilla vibrante de cadena transportadora, que se limitan a sacar la patata y dejarla en la superficie, más o menos acordonada, hasta grandes arrancadoras arrastradas o autopropulsadas que, trabajando sobre dos o más líneas, se encargan de todo el proceso, incluida la limpieza y la colocación de la patata en contenedores adecuados.

En las máquinas más sencillas, el montaje sobre el enganche de tres puntos de un tractor, es lo más frecuente, generalmente trabajando sobre una línea, aunque a veces se diseñan para arrancar dos. Incluso se ofrecen equipos muy pequeños que se adaptan a un motocultor. El aumento del tamaño de las plantaciones, a medida que el cultivo de la patata sale de la ‘huerta’ y se convierte en un cultivo ‘extensivo’, de secano o de riego, hace que las máquinas aumenten de tamaño, por lo que se diseñan para integrarse en un tractor, o para ser arrastradas por él, normalmente actuando para recoger una o dos líneas de plantas, lo que condiciona la separación entre los elementos de arranque.

Siempre que la arrancadora realice la limpieza, aunque sea parcial, y la patata pase a un contenedor, las cadenas transportadoras intervienen como elementos constructivos de la máquina, a las que se asocian otros que aceleren la separación de la tierra adherida o en forma de terrones, e incluso de determinadas impurezas, como las matas o las piedras. A

algunas de estas cadenas transportadoras puede acceder el personal auxiliar, situado sobre plataformas, que interviene y complementa la separación.

En cualquier caso, tanto en máquinas simples como complejas, todas realizan una secuencia de operaciones bastante similar: primero el arranque, para que todas las patatas entren en la máquina acompañadas de la tierra que las rodea; después, un conjunto de elementos hacen progresivamente que la tierra y las impurezas se separen cayendo de nuevo al suelo, quedando las patatas limpias, momento en el que se depositan en un saco o contenedor, procurando minimizar los daños externos e internos que reducen la calidad de la patata. Esto permite analizar el proceso, y los dispositivos mecánicos que forman la máquina, de manera separada, para posteriormente volver sobre la estructura general de los equipos presentes en el mercado.

Elementos de arranque. El proceso se inicia a partir de un elemento de arranque, la reja, que se encarga de que todos los tubérculos pasen a la arrancadora, auxiliada, en máquinas más evolucionadas, por dos discos verticales situados a los lados y un apoyo superior en forma de diábolo. Sin embargo, las soluciones mecánicas que llegan al mercado no siguen siempre la misma pauta; incluso la forma de las rejas puede ser diferente.

Las rejas, que cortan el camellón por debajo del lugar que ocupan las patatas, pueden ser:

- De tipo triangular, con una parte central que en ocasiones llevan un refuerzo con el aspecto de un formón.
- Doble, con salientes en los costados y redondeada, o abierta, en el centro.
- Plana, formada por elementos independientes cada uno con su pequeña punta que ayuda a la penetración en el suelo.

Aunque es difícil establecer diferencias en su comportamiento, las de doble reja parece que ayudan mejor a que el camellón entre sin romperse en la máquina, ya que la tierra recibe presión de los costados hacia el centro. Las rejas triangulares pueden comportarse bien en suelos fuertes, cuando se intenta conseguir que estalle el camellón lo antes posible para comenzar la separación de las patatas. Las rejas planas frecuentemente se utilizan en máquinas que recogen varias líneas en la pasada, de manera que los dos camellones contiguos llegan al mismo elemento transportador; también se aconsejan cuando se utilizan

las máquinas en la recogida de cebollas, ya cortan con facilidad las raíces por debajo del bulbo, o para recoger las patatas previamente hileradas con una arrancadora.

Para ayudar a la reja en el proceso de arranque, es frecuente que se utilice sobre el camellón un rodillo en forma de diábolo, que aprieta la tierra e impide que el camellón se deshaga antes de entrar en la máquina; el rodillo unido al bastidor de la máquina permite controlar la profundidad de trabajo de la reja arrancadora. En los costados se pueden rotar dos discos verticales, de giro libre o accionados, que cortan el suelo para separar los tallos y raíces que quedan fuera de la zona ocupada por las patatas, evitando de esta manera que las arrastren hacia fuera dificultando su entrada en la máquina. Normalmente las rejas son fijas y van unidas al bastidor de la máquina para poder ajustar la profundidad de trabajo, dando paso al material hasta una cadena transportadora en la que empieza la separación, aunque en otros casos se combina una reja fija (la mitad de la reja doble) y un disco inclinado, accionado y frecuentemente dotado de paletas, que actúa desde el otro lado.

De esta manera se facilita la entrada de todo el material, a la vez que se empieza la separación aprovechando la fuerza centrífuga que ejerce el disco al girar. Esto permite aumentar la pendiente de los elementos de transporte y separación de las patatas, para diseñar máquinas más cortas, por lo que es frecuente que se monte en máquinas integradas en el tractor con transportador transversal. También, en máquinas sencillas con las que sólo se realiza el arranque para dejar las patatas acordonadas sobre el suelo, se utilizan rejas vibrantes, ya que van unidas a un sistema de varillas que se encarga del cribado de la tierra para dejar encima las patatas.

Elementos de transporte y separación

La elevación de la tierra que arranca la reja junto con las patatas se realiza mediante cadenas transportadoras de varillas o barras transversales, a veces recubiertas total o parcialmente de caucho, que forman ángulo con el suelo. Esta cadena transportadora accionada va elevando el material, a la vez que le produce sacudidas de diferente intensidad, reguladas mediante ruedas excéntricas o dispositivos equivalentes.

La separación entre barras del elevador favorece la eliminación de la tierra, que va cayendo progresivamente al suelo, por lo que esta separación debe de estar de acuerdo con el tamaño más pequeño de las patatas recogidas. Sobre el transportador se sitúan pantallas de material flexible, o dedos, que actúan de freno a la vez que impiden el retroceso del

material y ayudan en el proceso de separación de las patatas y en la eliminación de la tierra que a ellas se adhiere.

En ocasiones se utilizan transportadores flotantes de paletas, sobre la cadena transportadora inclinada, que ayudan en el proceso de separación, con un trato delicado de las patatas.

Para mejorar el grado de limpieza se pueden utilizar cadenas transportadoras en serie, lo que permite aprovechar la caída del material de una cadena a la otra para dar salida a material pesado, que rueda con más facilidad, como serían las piedras redondeadas y grandes terrones. En lugar de la segunda cadena de varillas, o bien después de ella, se pueden colocar tapices de goma con resaltes que permiten diferenciar el material según su adherencia al transportador, en combinación con la velocidad de la cinta y el grado de inclinación de la misma. También, en la parte final de la línea de transporte principal se pueden situar otra cadena, con fuerte pendiente y resaltes que enganchan los restos de tallos y raíces para descargarlos por detrás sin que esto afecte al recorrido de las patatas que tienden a caer. Algunos fabricantes prefieren, para no aumentar la longitud total de la máquina, ya que la pendiente de las cadenas transportadoras no puede ser muy elevada si se desea evitar que rueden hacia abajo las patatas, que la segunda cinta se sitúe transversalmente, o recurren a un elevador intermedio, generalmente de cangilones, con lo que ya se dispone de dos niveles de trabajo.

En el segundo nivel es en el que se suele colocar la mesa de selección, para poder utilizar mano de obra auxiliar que realiza la eliminación de las impurezas que acompañan a las patatas cuando pasan por delante sobre una cinta transportadora. El recorrido puede finalizar en una tolva de almacenamiento, un sistema de envasado, o bien con un dispositivo de descarga para situar las patatas en un remolque tolva que acompaña al equipo de recolección. Para minimizar la altura de caída se utiliza un descargador en cascada que reduce la altura de caída de las patatas a menos de 40cm.

Limpieza y selección

El grado de limpieza que se puede conseguir en una arrancadora depende en gran medida de las características y del estado del suelo sobre el que trabaja la máquina, pero también de la longitud del recorrido sobre el que se realiza la limpieza y de la eficacia de los sistemas utilizados.

El aumento de la ‘agresividad ‘en los elementos de limpieza, reduce el contenido de impurezas, pero también da lugar a un aumento de los daños sobre las patatas cosechadas. Para reducir estos daños se han desarrollado dispositivos, que ofrecen mayor eficacia para retirar determinados elementos extraños, como terrones y piedras, y que se incorporan a los equipos de recolección mediante módulos que se adaptan a demanda del usuario. Con ellos se consigue un grado de limpieza suficiente hasta que las patatas lleguen al almacén de clasificación y envasado, o bien reducir la carga de trabajo del personal auxiliar que ocupa la mesa de selección sobre la arrancadora.

Para eliminar cuerpos extraños aprovechando las diferencias de densidad se pueden utilizar:

- Cepillos cilíndricos de nylon en rotación, colocados por pares y girando de abajo a arriba, que reciben un flujo longitudinal de material, permitiendo el avance de las patatas apoyadas en las púas y descargando al suelo las pequeñas impurezas más densas (pequeñas piedras y terrones).
- Tapices de caucho, dotados de resaltes en forma de tetinas, cuya superficie se desplaza a contracorriente del material que le llega. Su inclinación, en oposición al movimiento de la superficie, y la presencia de los resaltes apropiados, permite que las patatas rueden, mientras que los cuerpos extraños, más densos y poco redondeados, quedan retenidos y se desplazan con la superficie del tapiz hasta el lugar de descarga.

Aprovechando las diferencias de resistencia a la rodadura y deforma entre los componentes, se pueden utilizar:

- Cilindros rotativos con discos de caucho y separación ajustable, situados perpendicularmente al paso del material, que retiene en la superficie las patatas descargando por la parte inferior las impurezas de menor tamaño. En ocasiones se mezclan con cilindros formados por elementos flexibles en forma de estrella o ‘erizo’.
- Cadenas barrotes con fuerte pendiente en los que quedan retenidos los cuerpos angulosos.
- Rascadores en forma de pantalla o de cepillo liso o giratorio, situados sobre un tapiz horizontal por el que pasa el material, inclinados con respecto a la dirección

de avance y ajustable en altura, lo cual permite desviar el material que supere un determinado tamaño, mientras que da paso a impurezas y patatas muy pequeñas. Se pueden situar varios rascadores para una preselección por tamaños (patata normal, pequeña e impurezas).

Características y dimensiones de las máquinas

La elección de la máquina apropiada depende de la superficie cultivada y del tiempo disponible para recogerla, de las condiciones del suelo en las que hay que trabajar, de la disponibilidad de mano de obra y del destino del producto recogido.

Arrancar patatas con herramientas de mano necesita entre 14 y 17 jornadas de trabajo por hectárea. En el proceso de amontonar, requiere de 2 a 3 h-hombre por tonelada (2 700–3 000 kg de patatas por jornada). Para la carga manual se necesitan de 1 a 2 hombre por tonelada (5 700–7 000 kg/día). Esto pone de manifiesto la necesidad de algún grado de mecanización, aunque sea elemental, para aumentar la productividad en la recolección, incluso en explotaciones marginales.

Cuando se inicia la mecanización de la recolección en España, comuna pequeño tractor de menos de 50 CV y un arado patatero de un cuerpo, cuyos requerimientos de tracción son muy bajos (135 a 180 daN), la capacidad de arranque aumenta hasta 4h/ha, y se necesitan entre 40 y 170 h-hombre/ha para recogerlas en función de la producción.

El proceso, que se utilizó durante muchos años en España, consistía en hacer trabajar el tractor, arrastrando un arado patatero sobre la parcela, en redondo, desde el exterior hacia el interior, desenterrando las patatas, que los obreros, separados entre sí unos 20 m, iban recogiendo en su tramo de acción y colocando en sacos, de manera que todos ellos quedaban alineados para facilitar la recogida posterior con tractor y remolque. El proceso de recogida y carga de los sacos requiere de 4 a 12 h/ha de tractor con remolque y 3 personas, con una demanda de trabajo de 40 y 50 h-hombre/ha según producción.

Progresivamente, y principalmente como consecuencia de la baja disponibilidad y del mayor coste de la mano de obra, se pasó a otros equipos también sencillos, aunque mejorando sus prestaciones, como las arrancadoras shileradoras, y a otros más complejos, como las arrancadoras semiautomáticas y automáticas. Con una arrancadora automática, que incorpora elementos complementarios para eliminar terrones y otras impurezas (no

sólo cadenas transportadoras), en las parcelas con suelo suelto y sin piedras, se puede prescindir de la mano de obra auxiliar, aumentando la capacidad de trabajo en campo, aunque posteriormente se deba de hacer en el almacén receptor una limpieza complementaria. Si no se dan estas circunstancias hay que contar con una mesa de selección para personal auxiliar sobre la propia máquina, en mayor o menor grado según las características de los dispositivos de limpieza que incorpora la arrancadora.

de trabajo queda limitada a 2 ha/día (0.20 a 0.30 ha/h) y necesita como complemento 10 h-hombre por tonelada para recoger posteriormente las patatas hileradas.

Se puede utilizar la arrancadora hileradora de varias líneas (2 a 4) en una primera etapa y, seguidamente una recogedora-limpiadora, con unas características bastante similares a las de las arrancadoras, salvo en lo que se refiere al conjunto de la reja que trabaja en el camellón. Generalmente son las mismas arrancadoras de patata en las que se modifica el sistema recogedor.

Las arrancadoras con rejas planas se adaptan bien a esta recogida de tubérculos hilerados en la superficie, en cuyo caso se complementa con un elemento auxiliar, como puede ser un 'molinete', que ayuda a las patatas a entrar en la cinta elevadora. La entrada de las patatas con menor cantidad de tierra y terrones permite trabajar a mayor velocidad, lo que hace aumentar la capacidad de trabajo de la máquina.

Si la arrancadora no dispone de elementos complementarios de separación, en máquinas de una línea avanzando a una velocidad de poco más de 1 km/h, tienen que trabajar seis personas para realizar la separación. A medida que han mejorado los elementos complementarios, como los cepillos de nylon, los cilindros rotativos, los rascadores, etc. el número de personas en la mesa de clasificación y limpieza se puede reducir a 3 ó 4, a la vez que se aumenta la velocidad de arranque hasta más de 2 km/h para llegar a capacidades de trabajo efectivas de 0.25 ha/h, en máquinas de una línea, y de 0.50 ha/h en las de dos, con valores de eficiencia en parcela entre 0.6 y 0.8. Con bajas producciones y en buenas condiciones de suelo la capacidad de trabajo aumenta.

Asimismo, un aumento de la velocidad de trabajo por encima de un nivel adecuado, incrementa los daños que se producen sobre las patatas. Se estima que en una mesa de selección de las que se utilizan en las instalaciones fijas, la velocidad de paso óptima puede

ser de 250-300 tubérculos por minuto y operador, lo que equivale a 1.5-1.8 t/h. En una instalación móvil, como lo es la arrancadora, y con menos calidad de iluminación, esta capacidad de trabajo se reduce considerablemente, o se incrementa el porcentaje de errores que se cometen al seleccionar.

En algunos casos, en la recogida de patata para venta directa, se prefiere situar sobre la arrancadora los elementos que permitan una limpieza final, incluidas personas que completen el trabajo en la mesa de selección y limpieza. Cuando el proceso de recogida se combina con un centro de clasificación y almacenamiento de las patatas, se puede reducir las intervenciones sobre la máquina para aumentarla productividad en campo, aunque posteriormente se completará el proceso en las mesas clasificadoras del almacén, con mayor eficacia y productividad de la mano de obra y menor coste.

En estos casos hay que tener en cuenta la capacidad de transporte necesaria, ya que con una cosecha de 50 t/ha se necesita una capacidad de transporte de más de 25 t/h, cuando se utiliza una arrancadora de dos líneas, para que ésta no pare. Si la distancia de transporte es mediana, se necesita la intervención, al menos, de dos o tres remolques de gran tamaño.

En España se utilizan habitualmente arrancadoras con tolva, mientras que en los países con grandes superficies agrupadas la arrancadora autopropulsada hace descargar sobre un remolque que circula en paralelo. En uno y otro caso, los remolques que circulan por las parcelas deben de disponer de neumáticos de baja presión para limitar en lo posible la compactación del suelo. Esto también se aplica a los tractores y los propios equipos de recolección, en los que las anchuras de vía deben de ajustarse a la separación de los camellones. Para evitar daños sobre las patatas antes de recogerlas, resulta interesante el empleo de los equipos monofila cuya reja arrancadora sobresale de la vía del tractor en el que se incorpora la máquina.

La baja capacidad horaria de estas máquinas hace que la superficie que puedan atender, salvo que se trabaje con variedades que permitan periodos de recolección desfasados en el tiempo, sea relativamente pequeña. Ampliar el plazo de utilización anticipándola recogida puede aumentar los daños en el tubérculo que no está suficiente maduro. Para conseguir un buen aprovechamiento de la inversión, se aconseja una arrancadora arrastrada de una línea cuando se tiene que trabajar una superficie de patata de 60-80 ha/año, y una de dos líneas

para 80 a 140 ha/año. El aumento de la superficie trabajada por año, si esto resulta posible, reduce los costes de recolección.

En la recolección en dos etapas(arrancadora+hileradoray recogedora+limpiadora+cargadora)se puede aumentar la productividad al hacerlo la capacidad de trabajo, a la vez que aparecen algunas ventajas complementarias, como la derivada del secado de la piel, lo que reduce la respiración del tubérculo y los daños en la manipulación durante el proceso de limpieza, por estarlas patatas menos frías y la piel más endurecida, aunque también se derivan algunos riesgos, como el verdeo y la aparición de brotes en condiciones soleadas y húmedas.

Los daños en la recolección

La resistencia mecánica de las patatas a los daños depende de la variedad, del grado de humedad, de la temperatura y del estado de madurez en el que se realice el proceso de recolección. Las fuerzas directas durante el proceso mecánico de recogida son la causa de estos daños.

El tipo de daños y su gravedad dependen de la naturaleza de la acción mecánica (choque, presión y vibración), de la velocidad, de la duración y de la frecuencia de la acción mecánica de las interacciones del tubérculo con la máquina (elasticidad, forma, etc.).

Los choques producen más daños que las vibraciones. Cuando los tubérculos alcanzan un cierto nivel de energía cinética, los choques relativamente lentos, como los que se producen al caer los grandes tubérculos desde cierta altura, producen esencialmente magulladuras, mientras que los choques rápidos, como el de los tubérculos pequeños cuando caen desde gran altura, lo que producen son fisuras.

Aunque no hay metodologías normalizadas para evaluar los daños en las patatas inducidos por el proceso de recolección, y la correspondiente pérdida de valor de la cosecha, se recomienda en la evaluación de una muestra significativa establecer 4 categorías:

- Patatas intactas.
- Patatas ligeramente dañadas (menos de 1.7 mm de profundidad del daño).
- Patatas moderadamente dañadas (entre 1.7 y 5 mm de profundidad).

- Patatas fuertemente dañadas (más de 5 mm de profundidad).

Los resultados de los registros a cada categoría se multiplican por un coeficiente de ponderación para obtener un índice de daños. Como alternativa, el ADAS (Reino Unido) aconseja valorarlos daños mediante un índice calculado a partir de los porcentajes de patatas rascadas (daños en la piel), peladas (daños en la carne que no superan una profundidad de 1.5 mm) y con daños graves (daños que superen los 1.5 mm de profundidad).

El índice total de daños será:

$$\text{Índice de daños [\%]} = \% \text{ rascadas} \times 1 + \% \text{ peladas} \times 3 + \% \text{ daños graves} \times 7$$

Estos métodos son bastante subjetivos y no tienen en cuenta los daños internos, sin que se pueda diferenciar si los daños son una consecuencia de la agresividad de la máquina o de la vulnerabilidad de los tubérculos.

Para facilitar la detección de los daños se mantiene la muestra en un recipiente durante 18 horas a una temperatura de 35°C para que se desarrollen las heridas. Otros procedimientos de evaluación de daños se basan en la medida de la respiración y de la evaporación de una muestra de la patata cosechada. En algunos casos, para evaluarlos efectos sobre los tubérculos, se están utilizando patatas ‘artificiales’ o ‘electrónicas’, al igual que se hace en las instalaciones de clasificación de frutas, que incluyen transductores de aceleración de presión, para poder registrarlas tensiones que recibe la patata en el recorrido a través de la máquina. Pueden resultar útiles para ajustar la máquina durante el trabajo de manera que se minimicen los daños, sin perder eficacia en el sistema de separación y limpieza de los tubérculos.

Como recomendaciones prácticas que evitan daños mecánicos se pueden dar las siguientes:

- Ajustar la anchura de vía en los tractores y en las máquinas para hacerlas coincidir con la separación real de los camellones, recurriendo a las ruedas estrechas para que no pisen la zona en la que se encuentran las patatas.
- Conviene asegurarse que la temperatura de los tubérculos es superior a 10°, ya que de esta manera soportan mejor los choques. Con un sistema de recolección de dos fases se puede conseguir aumentar la temperatura de las patatas antes de iniciar el

proceso de carga y limpieza, consiguiendo patatas de piel brillante y bajo nivel de daños.

- Se debe de trabajar a la velocidad máxima con la que se consigue una buena separación de la tierra. La velocidad de las cadenas transportadoras debe de reducirse en lo posible, para conseguir que tubérculos, terrones y piedras no tiendan a rodar.
- Hay que evitar que los tubérculos salten, utilizando los agitadores con prudencia. Las patatas sueltas, o en pequeñas cantidades, no deben de caer a una altura de más de 25 cm .Cuando la caída se hace desde un plano más alto, ésta debe de hacerse sobre una superficie que amortigüe los choques o sobre otras patatas.

Instalaciones de clasificación y envasado

Cada vez es más frecuente que el proceso de recolección se complemente con un proceso de limpieza y clasificación que se realiza en una instalación fija, tanto si se procede al almacenamiento, como al envasado para la comercialización de la patata.

Con independencia de las grandes instalaciones, en el mercado se ofrecen conjuntos modulares de inspección, clasificación y envasado que se utilizan en las grandes explotaciones o en las cooperativas. En estas pequeñas instalaciones se suelen utilizar mesas de selección-inspección que incluyen los mismos componentes que en las arrancadoras integrales para separar terrones y piedras, aunque aquí las condiciones de espacio y ambientales son más favorables. Además, en algunos casos se utilizan, junto con los separadores de impurezas por rodillos giratorios, los sistemas de separación por análisis de imagen, muy eficaces y precisos, que hacen que se pueda prescindir, casi totalmente de la mano de obra auxiliar. La selección manual en instalaciones fijas se realiza con mayor productividad que sobre las máquinas en movimiento.

Cuando se utilizan bancos de rodillos de goma sobre los que se realiza la selección, la velocidad óptima de paso debe de estar entre 0.10 y 0.15 m/s, con 1.5 a 2.0 revoluciones por cada 30 cm de avance. Sobre la mesa se necesita una buena iluminación (500-700 lux) y un espacio de maniobra de 51-55 cm por cada puesto de trabajo. Los operadores prefieren que el material avance de derecha a izquierda y que la plataforma les permita un ángulo visual de 45°.

Para aumentar la capacidad de selección manual se está recurriendo al marcado electromagnético luminoso de los elementos que se desea eliminar con un ‘lápiz’ manejado por el operador; así se consigue un incremento de un 30% en la capacidad de trabajo, pero exige un equipo más costoso, similar al que se utiliza en mesas de clasificación de fruta, que sólo se incluye en algunas instalaciones fijas de clasificación.

El calibrado se puede hacer, en una primera etapa, con una cinta transportadora de malla de cuadros (esteras), con tamaños de malla entre 20 y 85 mm .En una fase posterior, en las grandes instalaciones industriales, se utilizan cajas de cribas con orificios calibrados sometidas a vibración controlada. Hay grandes empresas industriales que fabrican maquinaria específica para el proceso de selección, limpieza, clasificación, rellenado de cajones, pesada automática, envasado y almacenamiento de la patata, que utilizando elementos modulares, se adaptan a la demanda del usuario grande y pequeño.

Costos de utilización

Los costes derivados de la recolección en cualquier cosecha son la suma de los correspondientes a la utilización de la maquinaria con la que se realiza, con los que son consecuencia de las pérdidas de cosecha que se producen en función de la tecnología utilizada, comparada con lo que sería una recolección manual.

Es muy difícil establecer de manera genérica las pérdidas de cosecha derivadas de la recolección mecánica de la patata, así como el porcentaje de pureza conseguido, ya que en ella influyen la variedad, el estado del cultivo del suelo, las condiciones ambientales, etc. En un suelo suelto y con la cosecha en buen estado, la arrancadora debe de conseguir un producto con un grado de pureza de más del 92%, incrementándose este nivel si se dispone de intervención manual sobre la mesa de selección.

Los costes derivados de la utilización de la máquina deben de incluir, tanto los que se consideran como ‘financieros’ por la inversión realizada (amortización intereses del capital invertido), como los derivados del funcionamiento de la máquina.

Utilizando la metodología del CEMAG (Bélgica), que considera una amortización combinada teniendo en cuenta el uso potencial de la máquina en horas y en años, y asignando costes de mantenimiento y reparaciones por hectárea trabajada, en el caso de las arrancadoras de patata se pueden dar los valores correspondientes, en e/ha, que aparecen en

la Tabla 1, considerando que una arrancadora de 1 fila dispone de una tolva de 3 000 kg y la de 2 filas de 5 000. En el primer caso habría que contar con un tractor de más de 70 CV de potencia para arrastrarla máquina, mientras que en el segundo se necesitaría un tractor con potencia de más de 90 CV, por lo que los costes calculados correspondientes a la arrancadora habrá que incrementarlos con los del tractor utilizado y de la mano de obra auxiliar, si se necesita. Los costes horarios se han calculado sobre un precio de adquisición de la máquina de 40 000 para máquinas de una fila y de 60 000 para las de dos.

Para ajustar los cálculos en función del precio real pagado por la arrancadora adquirida, se puede utilizar la siguiente expresión matemática:

$$\text{Coste propio } [\hat{U}/\text{ha}] = \text{coste tabla} + [(\text{precio real} - \text{precio indicado tabla}) / (5.5 \times \text{utilización anual})]$$

Así, para una arrancadora de una línea cuyo precio de adquisición haya sido 50.000 \hat{U} , para utilizarla 80 ha/año, el coste por hectárea previsto sería:

$$\text{Coste propio} = 152 + [(50\,000 - 40\,000) / (5.5 \times 80)] = 152 + 22.7 = 174.7 \text{ €/ha}$$

Por otra parte, además de la utilización de las arrancadoras, cada vez es más frecuente que los productores de patata dispongan de pequeñas instalaciones propias, o usada en común, para la limpieza y acabado final del producto antes de su puesta en el mercado. Se estima que la patata preparada tiene un valor comercial que supera en un 50% al de la patata según se cosecha, y que los costes de limpieza y clasificación pueden incrementar los costes en un 40%, por lo que hay un 10% de diferencia que puede interesar al productor de patata. Esto aconseja hacer el estudio económico y del mercado para aprovechar el valor añadido que se deriva de realizar en la propia explotación, o de manera agrupada, la preparación final del producto para la venta.

2.4 INVESTIGACIONES SOBRE DISEÑO DE ARRANCADORAS DE PAPA

Miranda, (2013); al hacer el análisis de la calidad de la cosecha de papa con la arrancadora Ariguanabo – 70; comprobó que el mayor porcentaje de la masa que entra por la cuchilla es tierra, representando el 95,03 y el 96,85%, de ello la máquina no es capaz de eliminar del 74...77%, las pérdidas totales en el proceso tecnológico de la máquina, poseen valores de 8,27... 9,32%. Los daños mecánicos permisibles están en un rango de 92,53...89,54%, los daños no permisibles poseen valores de 7,47...10,46%, los cuales rebasan el 5%

exigido por las normas en 2,47...5,47% respectivamente. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la cosecha de papas con la arrancadora ARIGUANABO- 70, se recomienda sustituirlas e introducir una nueva arrancadora con parámetros superiores.

Vijay et. Al (2016) luego del diseño y construcción de una arrancadora de papa precisa que, el objetivo de este estudio fue desarrollar una excavadora multipropósito para la cosecha de papa, así como para separar y transportar sobre la superficie del suelo con pérdidas mínimas, daños mecánicos. La arrancadora de papa se diseña agregando un mecanismo vibratorio de separación eficiente que debería basarse en la separación de las papas sin dañar. La excavadora desarrollada se prueba a tres niveles de velocidades hacia adelante (1,8, 2 y 2,6 km / h), para la papa, (1,4, 1,8 y 2,3 km / h), para el maní y tres ángulos de inclinación diferentes (12, 81 y 24). Los experimentos se realizaron en dos campañas agrícolas del 2007 para maní en El Assasin, El Sharkia y 2008 para papa en la ciudad de Manzala, gobernación de El Dekahlia. A partir de los resultados obtenidos, se logran que las condiciones de operación del excavador desarrollado son a 22 cm de profundidad de cosecha, 2,6 km / h velocidad de avance y 0,31 rad (18°) ángulo de inclinación para cultivo de papa y 15 cm de profundidad de cosecha, velocidad de avance de 2,3 km / h para el maní. Luego concluye en que: Es una máquina que separa las papas del suelo. La vibración alcanza la velocidad de separación relativa pero causa menos daño en la patata. La recolección mecánica de la papa tuvo una mayor influencia en las cosechas levantadas, desatendidas y dañadas los tubérculos que no fue favorecido para el uso de los cultivos. El efecto de la velocidad de avance y de la velocidad de la cadena fue los tubérculos levantados y desvelados. Los tubérculos levantados tendieron a ser aumentados con el aumento de la velocidad de avance hasta los 6,4 km / h. Mientras que, utilizando la velocidad de avance de 8,6 km / h se llevó a los tubérculos más bajos levantado en comparación con el otro delantero.

Azizi (2014); Indica que la papa tiene un papel importante en la alimentación humana. Fue el sexto producto alimenticio en el mundo después de la caña de azúcar, maíz, arroz, Papa y leche en 2011 año. Además, la papa es el tercer producto en Irán después del Papa y la caña de azúcar en el año 2011. Por lo tanto, cualquier intento en la mejora de la arrancadora de papa será valiosa. En este estudio, se diseñó y fabricó un nuevo sembrador de una hilera de excavadora de patatas con hoja rotativa en el taller de la Universidad de Shahrekord. Puede ser conectado a los graduadores rotativos de la patata. El sistema de transmisión era mecánico del tractor (PTO) a la hoja por la correa, la polea, la caja de

engranajes, la cadena y la rueda dentada. El diámetro de la lámina era 76 cm y la longitud era 10 cm que fue asignado por los investigadores. Para separar el suelo de la papa, se aplicó una hélice con barras de 2,6 cm de distancia y diámetro de 9 mm. El suelo introducido en el conjunto se calculó como 227 ton / h. La potencia requerida fue de 5,5 caballos de fuerza. El modelo computarizado del sistema fue preparado en el software mecánico del escritorio y el movimiento de la patata fue estudiado en software visual de Nastran. Finalmente concluye en que a velocidad de avance, la velocidad de rotación y la pendiente de la cuchilla se recomiendan de la siguiente manera según los estudios de simulación por ordenador y los resultados de campo: 1) La velocidad de avance fue de 1,5-3 km / h; 2) La velocidad de rotación de la cuchilla era de 20-25 rpm; 3) La pendiente de la cuchilla era 10-15. Se sugiere el uso de accionador hidráulico para la activación de la cuchilla porque se eliminan partes mecánicas del sistema de transmisión de potencia y ayuda a reducir el peso y aumentar la capacidad efectiva de la máquina en diferentes condiciones de campo. El diámetro de la hoja debe aumentar para

Hassan, (2015); Las patatas son los productos agrícolas que pueden desarrollarse en Sudán. En la cosecha, el método utilizado fue muy simple, sólo usar la azada. Los agricultores se quejan por la necesidad de tanto esfuerzo para la cosecha, mientras que los costos de mano de obra están aumentando, y el tiempo que pasan para el proceso de cosecha es demasiado largo. Incluso si hay una herramienta para arrancadoras de papa de fabricación extranjera son muy caros y no se adapta a las condiciones de cultivo de la papa en Sudán. La máquina consta de las dos partes principales, que son el excavador de patatas (raspador) para desechar las patatas del suelo, el elevador de patatas y el separador (separador) utilizado para separar las patatas del suelo. Este proyecto se centra en el diseño de las piezas de la arrancadora excavadora.

En este proyecto, identificamos y diseñamos la arrancadora de podadoras con especificación a continuación: La unidad de excavación tiene longitud 466,7 mm, anchura del excavador 900 mm, anchura de la muesca 80 mm, grosor 9 mm, ángulo de inclinación 40 °, número de muescas 9, ángulo obtuso de la muesca 136 ». La unidad de separación dividida en el primer separador tiene una longitud de 1,4 m, un ángulo de inclinación de 22 °, una velocidad de 2,5 m / s. El segundo separador tiene una longitud 1,2 m, ángulo de inclinación 15 °, velocidad 1,8 m / s. Piezas mecánicas del separador, diámetro de las cintas fiat poleas 180 mm, diámetro de las correas trapezoidales poleas 180mm para el primer separador. Y 230mm para el segundo separador. Engranajes tiene un módulo =

7mm, paso circular = 22mm, No. de dientes = 26. La anchura del neumático 180 mm, el diámetro del neumático 800 mm y las dimensiones y la velocidad de la máquina. Longitud = 3m, anchura = 1.1 m, velocidad de desplazamiento = 1.1 m / s y la potencia requerida para cortar y levantar los tubérculos de patata del suelo es 1072W y el requisito de poder para tamizar y extraer el suelo por los separadores es 1 1000 W.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Metodología del proyecto.

Para llegar a la innovación previa se observó y analizó en la UNALAM el trabajo en campo de tres arrancadoras de papas que tienen en común la unidad de tracción y el movimiento cinético activado por el eje de toma de fuerza del tractor agrícola, los implementos fueron:

- Arrancadora de papa de fabricación china modelo 4U-2 accionado por el tractor TAISHANG de 32HP de propiedad de la compañía importadora Mancha SAC:
- Arrancadora de papa de fabricación en Cañete similar al de la marca SERMI modelo CP1 categoría II accionado por el tractor John Deere 5090 de propiedad del fundo de la UNALAM.
- Arrancadora de papa de fabricación española marca ZAGA de propiedad particular, accionada por los tractores NEW HOLLAND modelo TD5 90 y TD5 100.

En el desarrollo del proyecto de investigación se utilizó la metodología basada en el modelo Pahl&Beitz.Pahl (2007), donde se considera la estructura de funciones, manifestaciones de los clientes, la matriz morfológica en el proceso de cosecha, evaluación técnico-económica con la aplicación de las normas VD12225 aplicados a este caso; determinándose en la figura 3.4 la mejor evaluación técnico-económica (ver fotografías en el anexo).

En la siguiente etapa se determinó el diseño e innovación de la mejor alternativa en los aspectos del enganche de 3 puntos y la rejilla seleccionadora en la arrancadora de papa marca ZAGA de fabricación española.

Se diseñó construyó y probó los avances tecnológicos mediante las pruebas de campo durante la cosecha de papas en el campo libre 1 del fundo San Juan 2 del huerto y en el lote del programa de leguminosas (Ver fotografías en el anexo).

Se explica las características de cada uno de los componentes con sus figuras correspondientes así como los detalles técnicos de los componentes construidos e innovados en el diseño (Los planos de cada uno de ellos se encuentran en anexos ,las láminas 1-13)

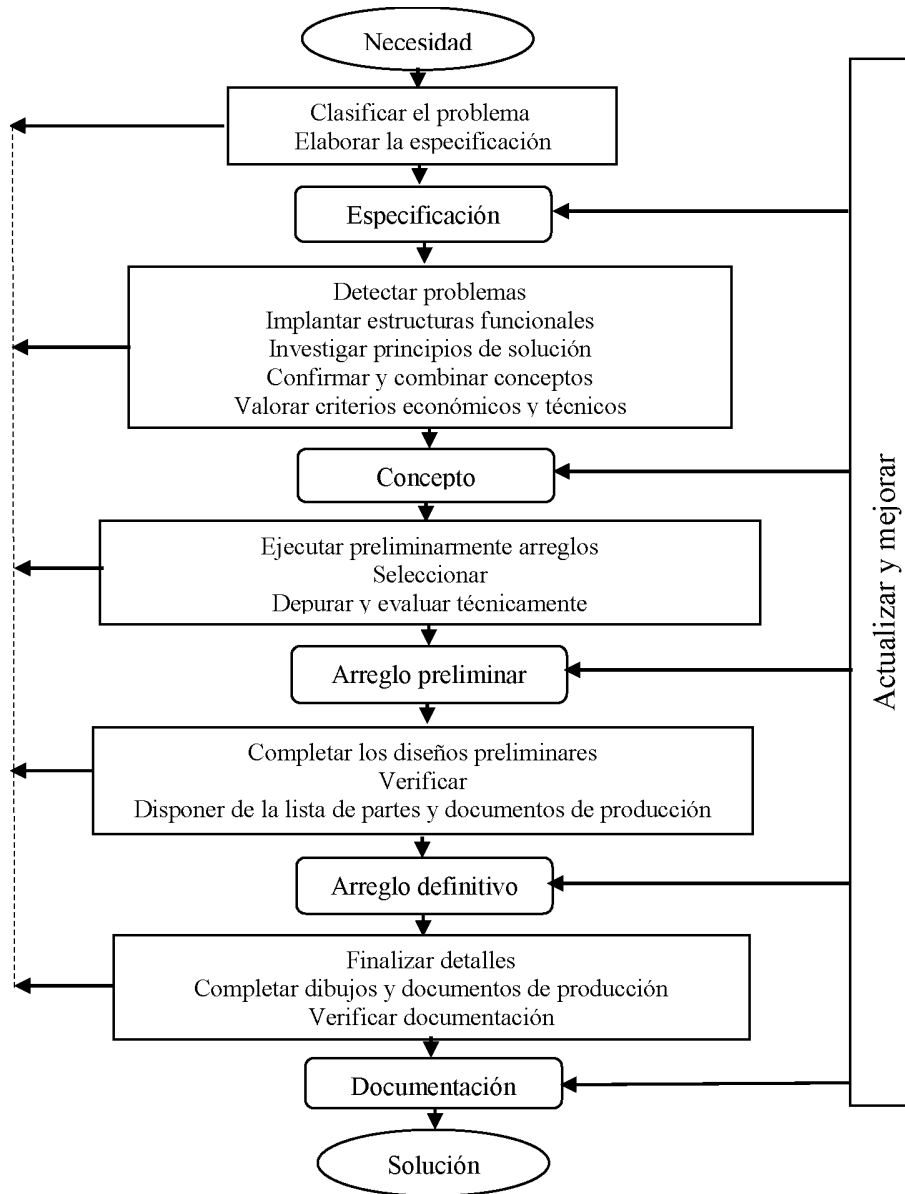


Figura 8: Principios del diseño basados en la metodología Pahl y Beitz. Fuente: (Cross, 2001)

3.2 Estructura, funciones y conceptos solución.

CAJA NEGRA.



Figura 9: Función total de la arrancadora de papa.

CAJA NEGRA

Máquina arrancadora de papas.

ENTRADA.

- Señal: Inicia el funcionamiento de la máquina.
- Energía: Mecánica suministrada por el tractor agrícola al mecanismo de transmisión y tiro.
- Material: Mezcla de tierra y tubérculo apta para el proceso.

SALIDA

- Señal: Señal indicadora del buen funcionamiento.
- Energía: Vibración, energía cinética, calor y tiro.
- Material: Tubérculos (papa y camote) y tierra molida, ambos sobre la superficie de la tierra.

PROCESOS TÉCNICOS.

Se han identificado 5 procesos básicos.

- 1 – Campo con el tubérculo en condiciones aptas para cosecha.
- 2 – Alimentar la mezcla hacia el arrancador de tubérculos.
- 3 – Acondicionar la mezcla de tubérculo y tierra para facilitar la separación.
- 4 – Separación del tubérculo de la tierra.
- 5 – Descargar el tubérculo y tierra sobre el terreno.
- 6 – Recolectar el tubérculo en el campo de cultivo.

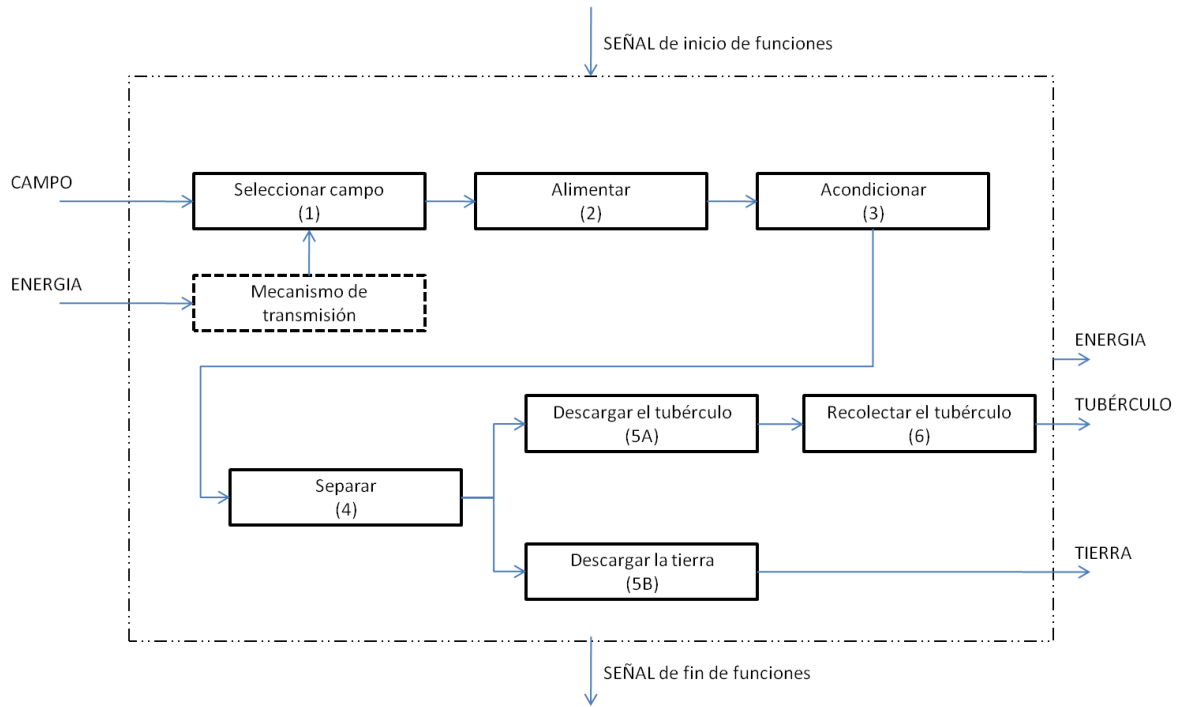


Figura 10: Disgregación de la función principal en funciones específicas.

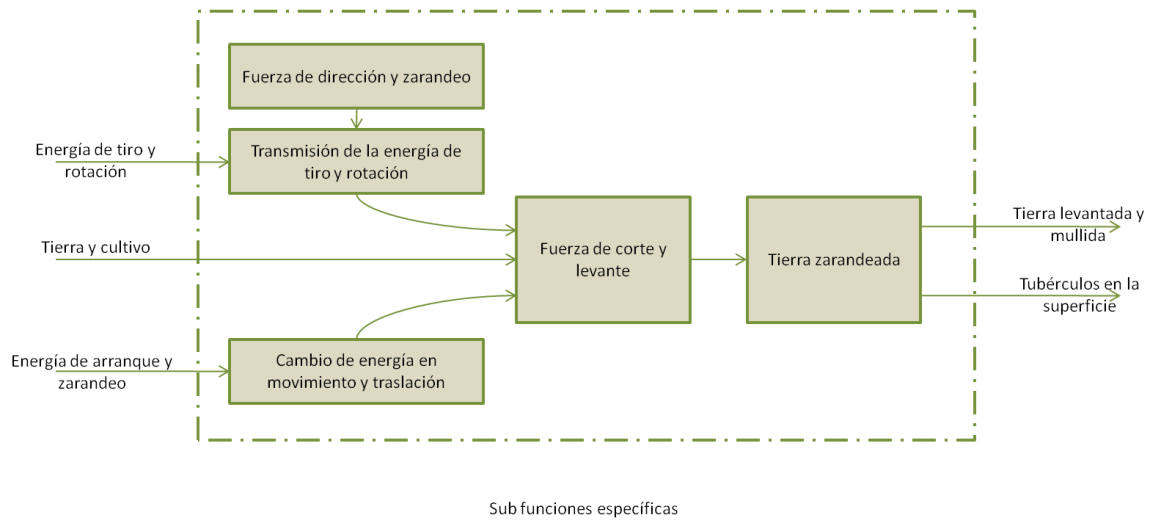


Figura 11: Disgregación de la función principal en funciones específicas (A).

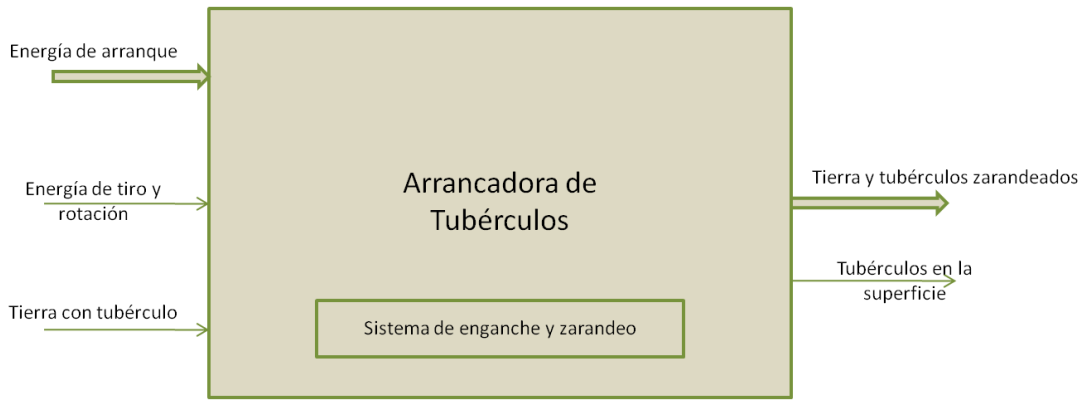


Figura 12: Función total de la arrancadora de tubérculos.

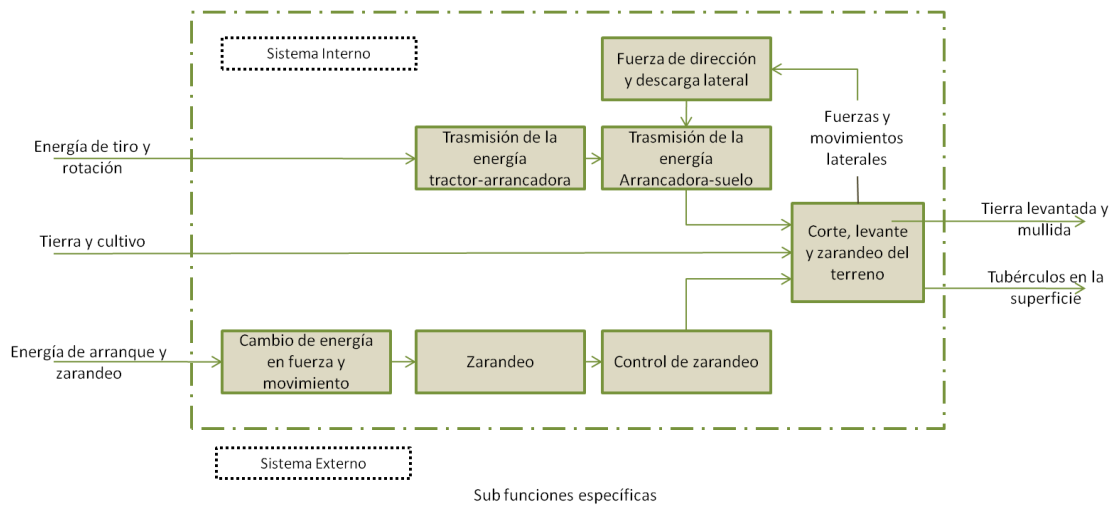


Figura 13: Disgregación de la función principal en funciones específicas (B).

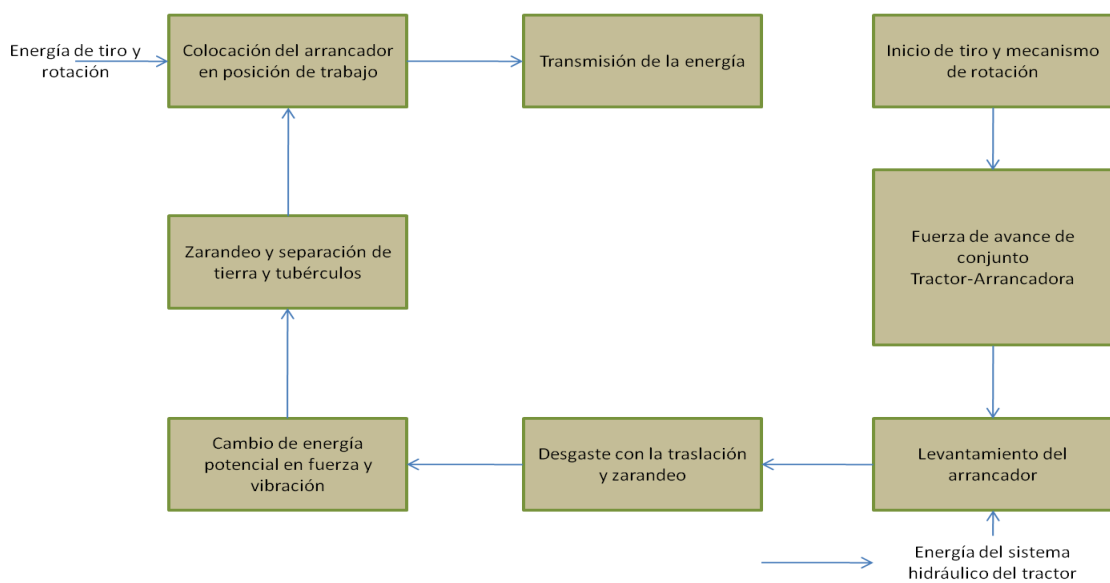


Figura 14: Disgregación de las funciones específicas en sub funciones dentro del ciclo de operación.

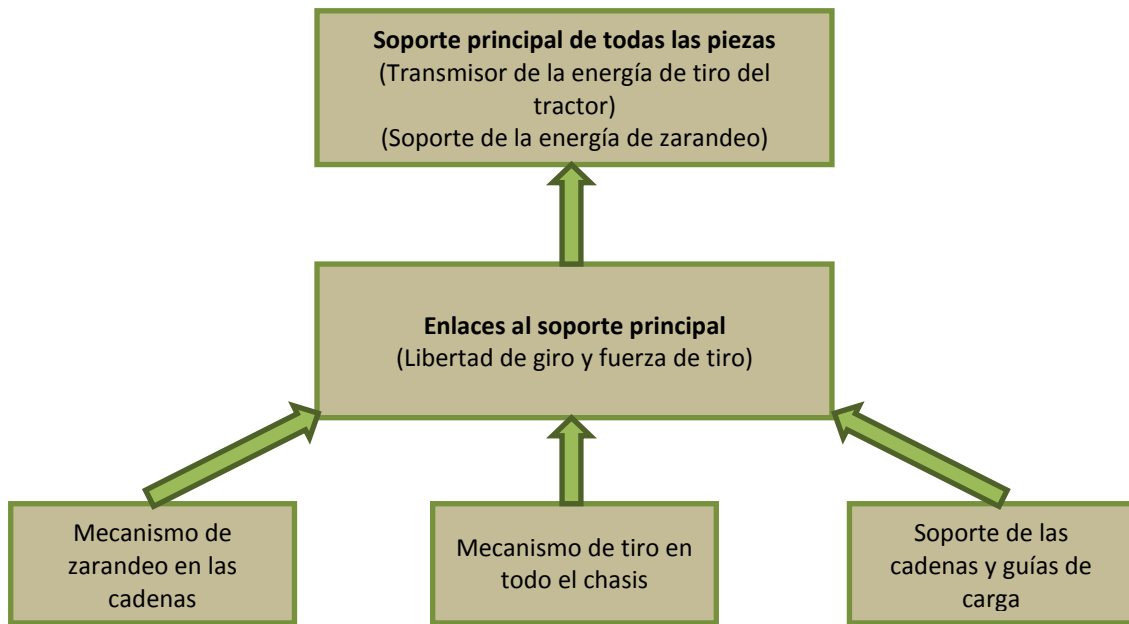


Figura 15: Sub funciones relacionadas a la función de soporte principal.

Para llevar a cabo el presente trabajo de investigación hasta la construcción y evaluación del prototipo en campo; basado en los principios del diseño en la metodología Pahl y Beitzse ha determinado una secuencia de cinco fases que son los siguientes:

- Fase 1. Especificaciones.
- Fase 2. Diseño Conceptual.
- Fase 3. Diseño del Detalle.
- Fase 4. Construcción del prototipo.
- Fase 5. Evaluación de campo

3.2 FASE 1: Especificaciones.

En esta fase se recopila la información acerca de los requerimientos y restricciones que deben incorporarse en el producto.

- a) Requerimientos del operario.

Tabla 2: Manifestaciones de los clientes.

PREGUNTA /	ENUNCIADO DEL CLIENTE	REQUERIMIENTO INTERPRETADO
1. ¿Cuáles son los objetivos de la cosecha?	Mayor rendimiento o productividad en la cosecha (Kg/hrs.)	Reducción de tiempo en la labor de cosecha de la papa
	Mejorar la calidad de cosecha	Disminuir los daños mecánicos en el proceso de la cosecha de papa
2. ¿Qué herramientas se utilizan en la Actualidad?	Allachus	Herramienta tradicional utilizada en la zona andina, tiene mango corto y produce fatiga
¿Cosecha manual?	Azadas y azadones	Herramienta mejorada de mango alargado para una mejor comodidad en el trabajo
	Tridente (rastrillo de tres puntas)	Herramienta mejorada de mango alargado para extraer el tubérculo.
3. ¿Cuál es la diferencia en el costo de cosecha manual y tracción mecánica?	Mayores costos en cosecha manual.	Para el proceso de cosecha es necesario disponer más personal
	La tracción mecánica ahorra tiempo y costos en la labor de cosecha.	Los costos y tiempo en la cosecha con el tractor agrícola se reducen respecto a la cosecha manual
4. ¿Cuál es la disponibilidad y costo de la mano de obra?	Hay escasez de mano de obra en épocas de cosecha	La población migra del campo a la ciudad y cada vez hay menor disponibilidad de mano de obra en el campo.
	Alto costo de los jornales agrícolas	En los últimos años se han incrementado el costo de los jornales agrícolas porque hay más demanda que la oferta.

FUENTE: LUIS GARRO S.

La manifestación de los clientes frente a encuestas e innovaciones tecnológicas son diferentes de acuerdo a como se encuentra en este cuadro de categorización de adoptantes, inclusive algunos frente a la presencia del encuestador se retiran y otros se acercan, generalmente se acercan los primeros adoptantes e innovadores porque tienen curiosidad e interés por saber de qué se trata, estas personas serán las que tomen y analicen las innovaciones tecnológicas que se están proyectando a desarrollar, los que se retiran generalmente son los de la mayoría tardía y los rezagados que esperan resultados concretos para utilizar las innovaciones. La figura 6 expresa mediante una curva de Gauss las reacciones de los diferentes comportamientos.

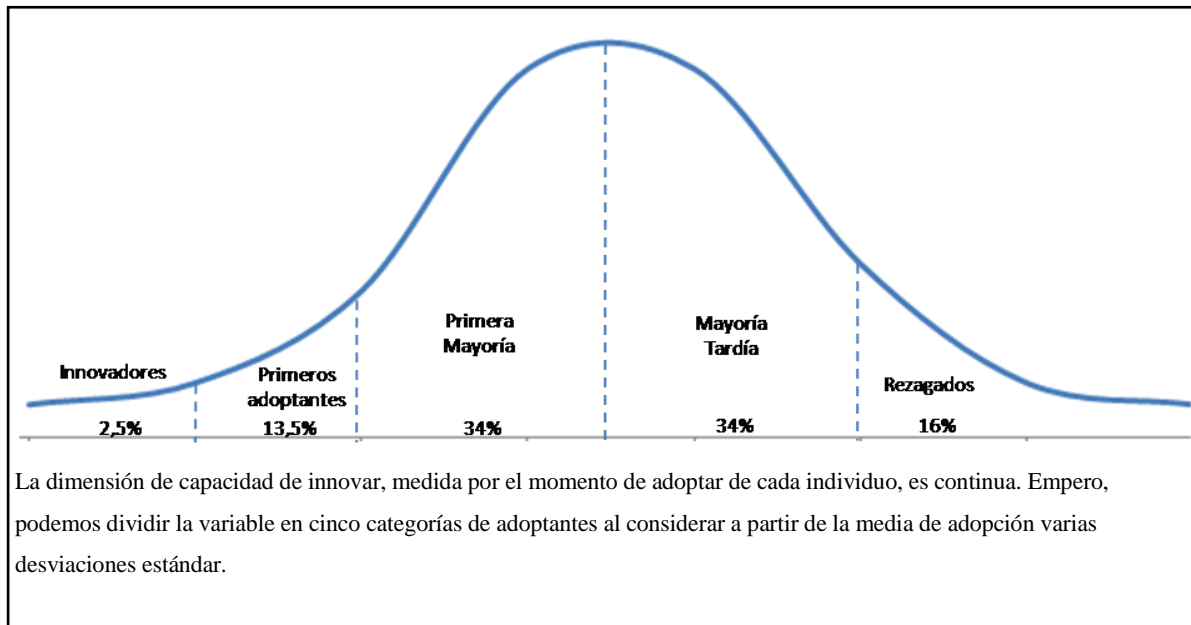


Figura 16: Categorías de adoptantes basadas en la capacidad de innovar. Fuente: Everett M. Rogers & F. Floyd Shoemaker.

3.3 FASE 2: Diseño conceptual.

Es muy importante que antes de desarrollar el diseño conceptual, analizar si es necesario hacer uso de un concepto, o si las soluciones que conoce, permitirán directamente llegar a las fases finales, sin el uso del concepto. Esta fase se divide en 5 puntos importantes

3.3.1 Resumen de la tarea e identificación del problema esencial.-Consiste en una observación amplia de cuál es la tarea y cual deberá ser la función general que deberá cumplir el producto.

Se puede concluir que a partir de la teoría sistemática propuesta por Pahl y Beitz, se crea un diseño íntegro y funcional ya que en el proceso todo se desarrolla como un sistema y no se deja nada al azar. Una estrategia para el desarrollo de soluciones, cuyo objetivo es aumentar la probabilidad del éxito técnico y económico en el diseño.

- Aclarar la idea inicial que se le da al diseñador.
- Obtener información adicional sobre la idea.
- Establecer los objetivos que tendrá la solución que se le dé al diseño.

3.3.2 Establecer las estructuras funcionales. -Se trata de romper la función general en subfunciones hasta que estas subfunciones se vuelven claras y simples.

3.3.3 Búsqueda de los principios de solución

3.3.4 Combinar los principios de la solución en variantes conceptuales. -Se trata de buscar no solo una solución técnica y económica, sino también buscar distintas soluciones generales que cubran todos los campos. Se trata de unir las pequeñas soluciones que se pensaron para el problema para obtener una solución general.

3.3.5 Evaluación del concepto variantes con criterios técnicos y económicos

El diseño conceptual se define como la fase o etapa del proceso de diseño que toma el planteamiento del problema, para posteriormente generar amplias soluciones de manera esquematizada.

Descripción de la Arrancadora.

El prototipo de arrancadora de papa que se desea diseñar y posteriormente analizar su funcionalidad empleando el método de los elementos finitos, dispondrá del elemento extractor de las papas de la tierra que permitirá luego transportar las papas a una criba la cual mediante la vibración generada por el tractor permitirá cernir en lo posible elementos sólidos que se encuentren en la tierra.

La criba constituye un elemento esencial de la máquina, este elemento ira dejando las papas sobre la superficie de la tierra.

La estructura de la maquina debe ser lo más simplificado posible debido a que será acoplada al motocultor y es preciso no generar demasiado peso extra.

Criterio de costos.

Partiendo del empirismo, que constituye el inicio de todo producto y dotar a los pequeños y medianos agricultores una nueva e importante funcionalidad la cual sería la cosecha de papas, el mercado primario lo constituirían los pequeños y medianos agricultores y que se encuentran involucrados en el cultivo de la papa.

Postulados.








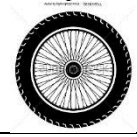
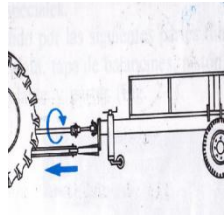

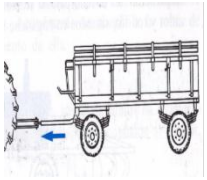





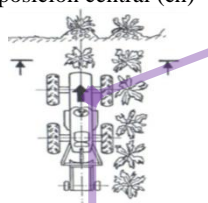
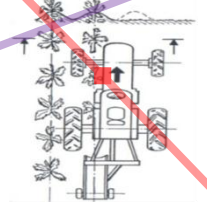






Eficacia, eficiencia, fácil manipulación, fácil acople al tractor agrícola, seguridad.

Personas involucradas.

Pequeños y medianos agricultores del país.

3.4 Matriz Morfológica.

La matriz morfológica compara opciones de diseños para las diferentes partes de las máquinas o productos. La comparación de soluciones es el motivo central del diseño, que agrupa y esquematiza las ideas, para lo cual se recurre al análisis morfológico.

FUNCIONES	SOLUCIONES			
	A	B	C	D
1. TIPOS DE CUCHILLA DE CORTE DE	Reja excavadora lateral 	Cuchilla punta triangular (fua) 	Rejas en línea (ch) 	Cuchilla cóncava (e) 
2.- SISTEMA DE RODADURA Y TRASLACIÓN	Rueda metálica (fua) 	Rueda neumática (ch,e) 	Rueda de Nylon con Fibra de vidrio 	Rueda de jebe compacto 
3.- ACOPLAMIENTO TRACTOR-IMPLEMENTO	Barra tiro y eje toma de fuerza 	Enganche en tres puntos y eje toma de fuerza (fua, ch, e) 	Barra de tiro y rueda de tierra 	Enganche en tres puntos y rueda de tierra 
4.- CADENA DE TRANSPORTE DE TIERRA Y TUBERCULO	Barras de acero forjado eslabonadas (fua) 	Barras de acero con eslabones de platina 	Barras acero remacha en bandas de jeve y lona (e) 	Barra de aceros con eslabones articulados y soldados (ch) 
5.- SISTEMA DE TRANSMISION DE FUERZA Y MOVIMIENTO	Eje toma de fuerza central a caja reductor de engranajes en posición central (ch) 	Eje toma de fuerza central a caja reductora en posición lateral (fua) 	Eje toma de fuerza lateral a caja reductora en posición lateral 	Eje toma de fuerza lateral a caja reductora en posición central (e) 
6.-REGULACION LATERAL DEL IMPLEMENTO A LA LINEA DE COSECHA	sin regulación (ch) 	con regulacion lateral en dos posiciones (e) 	con regulacion lateral limitada (fua) 	con regulacion lateral multiple 

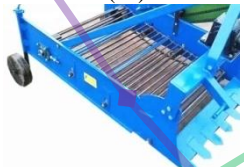



FUNCIONES	SOLUCIONES			
	A	B	C	D
7.- CARACTERISTIC A DE CHASIS	Fierro fundido 	Planchas de acero dulce con dobleces y separadores tubulares cilíndricos (ch) 	Estructuras con tubos rectangulares y plancha de acero desmontable (e) 	Planchas con perfiles encajonados y soldados (fua) 
8.- MECANISMO DEVIBRACION DE LA ZARANDA	Mediante levas dentadas y rodillos de contrapeso con regulaciones variable (e). 	Mediante levas dentadas excéntricas, si regulación (fua) 	Mediante oscilaciones por peso propio de la cadena (ch) 	Sin mecanismo de vibración 
9.- DESCARGA DEL TUBERCULO COSECHAD	Posición lineal y colineal al avance del implemento (fua, ch) 	Posición lateral al avance del implemento (e) 	Posición irregular	

Figura 17: Matriz morfológica del proceso de cosecha de papa.

FUENTE: Elaboración: Luis Garro

3.4.1 Solución de alternativas.

Para este caso se tomó la experiencia del funcionamiento de las tres máquinas arrancadoras de papas considerando sus ventajas y desventajas durante su operación y mantenimiento en los diferentes campos de cultivo de la UNALAM: Fundo, Huerto hortícola, programa de tuberosas y otras experiencias más observados en videos y demostraciones de campo.

Alternativa 1: Arrancadora de papa tomado del Fundo de la Universidad Nacional Agraria “La Molina”

Es una máquina de montaje integral al tractor, en el enganche de tres puntos y activado por el eje de toma de fuerzas que mueve todo el sistema de transmisión de la cadena de zarandeo. La estructura principal está construida con planchas y perfiles encajonados, unidos a una barra portaherramientas de sección cuadrada donde se acoplan las abrazaderas y soportes para los dos

puntos de enganche inferior y para el enganche superior del implemento al tractor. La cadena de zarandeo está formada por barras de acero forjados con eslabones en sus dos extremos, los mismos que sirven al unirse uno con el siguiente para formar la cadena con su articulación. Tiene una cuchilla con punta triangular soldada a la estructura general rígida compacta al chasis de un espesor aproximadamente de 1/2 pulgada. Los rodillos guías y catalinas del sistema de zarandeo son de fierro fundido con sistema de lubricación. La transmisión se logra mediante un cardán, embrague, catalinas y ejes unidos a la cadena zarandeadora de tierra y tubérculo. El peso de la máquina es de 480kg aproximadamente.



Figura 18: Arrancadora de papa del Fundo de la UNALM Figura 3.9 Matriz

Ventajas:

- Buena rigidez.
- Material de fácil adquisición.
- Fácil de construir con equipos especiales.
- Costos aceptables para la fabricación.

Desventajas:

- Cadena de corta duración.
- Sobredimensionado en la estructura.
- Desgaste de las cuchillas.

- Mayor peso y potencia para su operación.
- Requiere un mantenimiento constante.

Alternativa 2: Arrancadora de papa de fabricación China

La arrancadora de tubérculos consiste en una máquina de montaje integral al tractor, en el enganche de tres puntos y activado por el eje de toma de fuerzas que mueve todo el sistema de transmisión de la cadena de zarandeo. La estructura está construida con planchas de 3mm plegadas en sus bordes para darle mayor rigidez y en algunas partes con un contra placado de planchas de mayor espesor, es totalmente desmontable en todos sus componentes. El eje toma de fuerza activa una caja reductora de montaje en la parte central acoplada con ejes y catalina de mando que activa mediante una cadena de eslabones la catalina mandada, la que moviliza la cadena longitudinal de zarandeo. La cadena está formada por varillas redondas de acero de 10mm de diámetro unidas unas con otras mediante eslabones de platina con orificios que permiten el pasaje de las varillas, estas están unidas mediante dos arandelas de acero como tope, dejando libre la articulación en cada uno de sus eslabones. Cuenta con rodillos lisos y dentados de material sintético especial, los que sirven de alimentación y guía a la cadena durante su trabajo. La cuchilla es de forma lineal con puntas de acero soldadas a esta platina y se fijan al chasis principal. Su peso aproximado es de 200Kg.



Figura 19: Arrancadora de papa de fabricación China MODELO 4U-2

Ventajas:

- Material de fácil adquisición.
- Fácil de construir
- Costo aceptable para la fabricación.
- La cuchilla se ubica en la parte central.
- Sistema de transmisión de cardán ubicado en la parte central.

Desventajas:

- Menor peso y frágil.
- Requiere mantenimiento constante.
- No apta para superficies grandes.
- Sistema de transmisión de catalina y cardán expuesto a accidentes.

Alternativa 3: Arrancadora de papa de fabricación Española, Marca ZAGA.

Consiste en una máquina de montaje integral al tractor, en el enganche de tres puntos y activado por el eje de toma de fuerzas que mueve todo el sistema de transmisión de la cadena de zarandeo. La estructura está construida en su mayoría por tubos de acero rectangular de 40x60x3mm de espesor soldados en los diferentes componentes y las paredes protectoras cuentan con planchas de 3mm de espesor con los bordes pestañados para tener mayor rigidez, todos los componentes están unidos mediante tuercas y pernos especiales. La cadena para zarandear y la de descarga lateral está formada por varillas de acero remachadas en sus extremos a unas bandas de jebe y lona con vulcanizado especial, unidas mediante remaches y acople tipo bisagra en el extremo para unir los extremos de las cadenas. El eje toma de fuerza que activa el cardán, sistema de transmisión y las catalinas, se encuentra en la parte central del tool bar, dando mayor libertad para el montaje y regulación lateral de la cuchilla de excavación. La cuchilla de excavación está hecha de un acero forjado en forma ovalada y de punta semi circular fijada al chasis principal. Su peso aproximado es de 380Kg.



Figura 20: Arrancadora de papa de fabricación Española. Marca ZAGA.

Ventajas:

- Fácil de construir.
- Material disponible en el mercado.
- Piezas de mayor duración.
- Fácil de realizar mantenimiento periódico.
- Alternativas de ubicación de la cuchilla de excavación.
- Descarga lateral del tubérculo.
- Sistema de transmisión protegido.
- Cuchilla de fácil cambio y/o recalce.
- Menor peso.

Desventajas:

- Costo alto de fabricación en algunos componentes.
- Banda de cadena zarandeadora difícil de adquirir en el mercado local.

3.4.2 Evaluación técnica del proyecto considerando valores de ponderación.

Para la evaluación técnica, se utilizó los criterios de las normas VDI 2225 para la asignación de valores y la ponderación en los criterios de evaluación seleccionados para este sistema técnico, dando prioridad a los criterios del buen uso de la energía y a la facilidad en el mantenimiento de la máquina.

Tabla 3: Evaluación técnica del proyecto considerando valores de ponderación

DISEÑO MECÁNICO - EVALUACIÓN DE PROYECTOS											
Valor Técnico (Xi)											
Proyecto: Diseño, construcción y evaluación de un prototipo arrancadora de papa con tracción mecánica											
P: Puntaje de 0 a 4. Escala de valores según VDI 2225 0: no satisface 1: Limite de aceptabilidad 2: Aceptable 3: Bueno 4: Muy Bueno(Ideal)											
G: El peso ponderado está en función de los criterios de evaluación											
Criterios de evaluación para diseños en fase de conceptos o proyectos											
EVALUACIÓN TÉCNICA											
VARIANTES DE CONCEPTO/PROYECTOS			Solución 1 (Fua)			Solución 2 (Ch)		Solución 3 (Es)		Solución I (Ideal)	
Nº	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	g	p	gp	p	gp	p	gp	Pmax	gp	
1	Buen uso de la fuerza o energía	3	2	6	3	9	3	9	4	12	
2	Estabilidad	2	2	4	2	4	2	4	4	8	
3	Rigidez	2	3	6	2	4	3	6	4	8	
4	Manipulación (Enganche o desenganche al tractor)	2	3	6	3	6	3	6	4	8	
5	Confiabilidad	2	2	4	2	4	3	6	4	8	
6	Facilidad de manejo	2	2	4	2	4	2	4	4	8	
7	Confiabilidad del diseño (Nº pzas) (fabricación) (Ensamble)	2	2	4	2	4	3	6	4	8	
8	Mantenimiento	3	2	6	1	3	3	9	4	12	
9	Seguridad	1	2	2	2	2	3	3	4	4	
Puntaje máximo				42		40		53		76	
Valor técnico				0,553		0,526		0,697		1	
Orden				2		3		1			

$$Xi = \frac{G_1P_1 + G_2P_2 + G_3P_3 + \dots + G_nP_n}{(G_1 + G_2 + G_3 + \dots + G_n) * P_{max}} \leq 1$$

3.4.3 Evaluación económica del proyecto considerando valores de ponderación.

Para la evaluación de la parte económica, se utiliza los criterios de las normas VDI 2225 para la asignación de valores y la ponderación en los criterios de evaluación, dando prioridad a los criterios que involucran facilidad en la adquisición y/o fabricación de piezas así como su montaje en el sistema técnico, es muy importante la simplicidad del arado y su mantenimiento.

Tabla 4: Evaluación económica del proyecto considerando valores de ponderación

DISEÑO MECÁNICO - EVALUACIÓN DE PROYECTOS											
Valor Técnico (Xi)											
Proyecto: Diseño, construcción y evaluación de un prototipo arrancadora de papa con tracción mecánica											
P: Puntaje de 0 a 4. Escala de valores según VDI 2225 0: no satisface 1: Limite de aceptabilidad 2: Aceptable 3: Bueno 4: Muy Bueno(Ideal)											
G: El peso ponderado está en función de los criterios de evaluación											
Criterios de evaluación para diseños en fase de conceptos o proyectos											
EVALUACIÓN ECONÓMICA											
VARIANTES DE CONCEPTO/PROYECTOS			Solución 1 (Fua)			Solución 2 (Ch)		Solución 3 (Es)		Solución I (Ideal)	
Nº	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	g	p	gp	p	gp	p	gp	Pmax	gp	
1	Número de piezas	2	3	6	2	4	3	6	4	8	
2	Fácil adquisición de los materiales de	3	2	6	2	6	2	6	4	12	
3	Productividad	3	2	6	2	6	3	9	4	12	
4	Número de operarios	3	3	9	3	9	3	9	4	12	
5	Costo de la tecnología (Fundición y Torneado de piezas)	2	2	4	1	2	2	4	4	8	
6	Facilidad de montaje	3	2	6	3	9	3	9	4	12	
7	Mantenimiento	3	2	6	2	6	3	9	4	12	
8	Posibilidad de manufactura en propios talleres	3	3	9	3	9	2	6	4	12	
Puntaje máximo				52		51		58		88	
Valor técnico				0,591		0,58		0,659		1	
Orden				2		3		1			

$$Xi = \frac{G_1P_1 + G_2P_2 + G_3P_3 + \dots + G_nP_n}{(G_1 + G_2 + G_3 + \dots + G_n) * P_{max}} \leq 1$$

3.4.4 Definición de criterios de evaluación.

Buen uso de la fuerza o energía:

Estabilidad: Seguridad que ofrece el implemento durante el trabajo y transporte en su vida útil.

Rigidez: Resistencia que opone un cuerpo a las fuerzas que tienden a deformarlo.

Manipulación (Enganche o desenganche del tractor): Facilidad de acoplar tractor vs implemento en función a sus elementos de unión.

Confiabilidad: Seguridad que ofrece el implemento en sus diferentes componentes como reacción de sus esfuerzos y garantía al usuario.

Facilidad de manejo: Características ergonómicas que permiten una conducción con esfuerzos mínimos de los operadores.

Confiabilidad del diseño (Nº de piezas) (Fabricación) (Ensamble): Características de los implementos referentes al armado y desarmado de los componentes durante su mantenimiento y reparación.

Mantenimiento: Permite el cuidado regular de la máquina protegiéndolo contra las averías y desgaste demasiado pronto.

Seguridad: Toma en cuenta la disminución de las fallas frente a factores internos y externos del implemento agrícola.

Número de piezas: Considera el mínimo de componentes sin afectar su funcionalidad.

Fácil adquisición de los materiales: Se refiere a la existencia de materiales constructivos en el medio local y/o lugares cercanos.

Productividad: Relación entre el resultado en valor de la producción y los costes para su realización.

Número de operarios: Cantidad de operarios necesarios para el funcionamiento de la máquina.

Costo de la tecnología (Fundición y Torneado de piezas): Precio de los componentes en función al trabajo que realiza como parte del todo.

Facilidad de Montaje: Tiempo necesario para la instalación y desinstalación de los componentes.

Mantenimiento: Costo y tiempo de mantenimiento preventivo y correctivo de la máquina.

Posibilidad de manufactura en propios talleres: Facilidad para fabricar y/o reparar componentes en lugares cercanos a la operación de la máquina.

3.4.5 Selección de alternativas

La prioridad del diseño es la selección de la solución ventajosa que se dan mediante un conjunto de ideas, los cuales han sido esquematizados y representados en una matriz morfológica. El análisis de las soluciones, se realizó basándose en diferentes parámetros técnicos y económicos.

La solución más adecuada es donde los coeficientes tiene un mayor valor a nivel Económico y Técnico en una calificación de 0 a 1 de acuerdo a la norma VDI 2225. Analizando las Soluciones, se obtuvo como resultado, que la opción 3 tiene un coeficiente técnico del 0.697, mientras que la solución 2 tiene el 0.553 y finalmente la solución 1 posee el valor de 0.526. En lo referente a la Evaluación Económica la solución 3 ocupa el primer lugar con 0.659, luego en segundo lugar la solución 1 con 0.591 y finalmente la solución 2 con 0.580. Por lo que se concluye que la mejor alternativa a seguir y en la cual será basado el Proyecto es en la solución 1, o sea la arrancadora de papa modelo Español.

3.4.6 Evaluación Técnica-Económicas

Se puede visualizar en el diagrama de coordenadas ubicando en el eje X el valor técnico y en el eje Y el valor económico de cada alternativa de solución, según lo sugiere la norma VDI 2225.

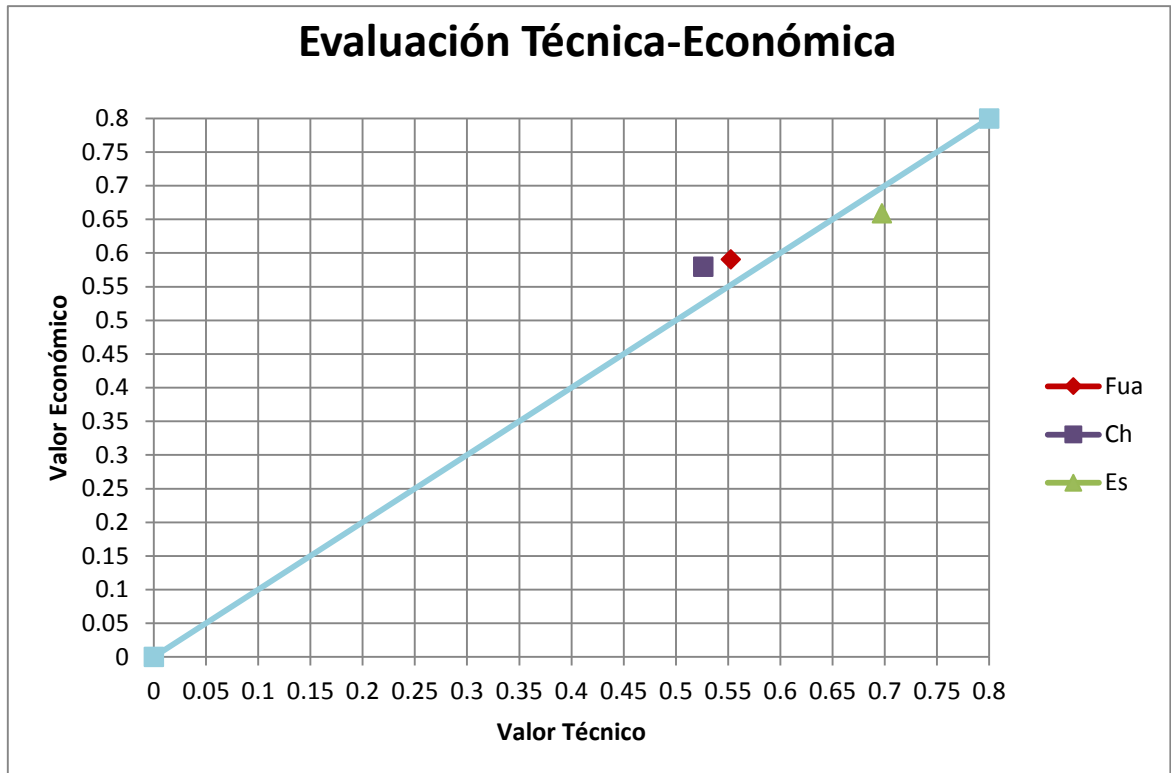


Figura 21: Evaluación Técnica - económica del proyecto considerando valores técnicos y valores económicos de cada alternativa.

El análisis de la necesidad, la estructura de funciones y la matriz morfológica, nos proporciona tres posibilidades de Concepto Solución representadas en las figuras 17,18,y 19

La decisión sobre cuál de estos conceptos solución se desarrollará en el cuerpo del diseño de la presente investigación tecnológica, se decidirá en una evaluación técnica, en una evaluación económica y en una evaluación técnica – económica (Cuadro 3.2, 3.3 y 3.4). Todas estas evaluaciones se han hecho utilizando valores de ponderación como se muestran en los cuadros anteriores y respecto a una solución ideal. La cual da como resultado que la “Solución 1” es la que más se acerca a la solución ideal, **como consecuencia se escogerá la “Solución 1”**.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Pruebas de arrancadores de papa en la universidad agraria.

Las tres arrancadoras de papas: de fabricación china, del fundo de la universidad y de fabricación española se probaron en los campos: liebre 1 del fundo, San Juan 2 del huerto y en el lote de programa de tubérculos que son franco arenosos cuya unidad de tracción requerida es aproximadamente entre 50 – 68 kg por decímetro cuadrado, y con diferentes porcentajes de humedad. Inicialmente cada una de las máquinas han presentado diferentes fallas en las pruebas iniciales, tales como rotura en los eslabones de la cadena, falta de lubricación en las catalinas, rodillos y ejes, chumaceras, lo que ocasionó paralizaciones en campo, los mismos que fueron solucionados en los talleres del departamento de mecanización del DMA, del fundo y talleres particulares. Reiniciándose las pruebas con cada una de las arrancadoras, los datos de campo y taller me llevaron a desarrollar y evaluar la matriz morfológica donde consideramos los tipos de cuchilla, sistema de rodadura y traslación, acoplamiento tractor- implemento, cadena de transporte de tierra y tubérculos, sistema de transmisión de fuerza y movimiento, regulación lateral del implemento a la línea de cosecha, característica del chasis, mecanismo de vibración de la zaranda, descarga del tubérculo cosechado.

Esta valoración nos permitió calificar las arrancadoras de papa como alternativa 1 (Fua), alternativa 2 (Ch) y alternativa 3 (Esp), considerando las ventajas y desventajas de cada una de ellas y el análisis técnico-económico, se determinó que la mejor alternativa corresponde a la alternativa 3 determinada en el tabla 5 para que luego se proceda a incrementar ventajas tecnológicas, diseñando fabricando y probando el enganche tres puntos con más variaciones de trabajo y la rejilla seleccionadora de papas.

Se presentan los planos detallados para la fabricación de la arrancadora Zaga de fabricación española con más ventajas en su diseño como anexo, la misma que puede ser usada por una empresa interesada en reproducirla a futuro.

En el Perú se requiere una capacitación para el buen uso de la máquina e implementos agrícolas, por este motivo se incluye en la presente tesis en acápite especial: El montaje y puesta en funcionamiento de la arrancadora de papa innovada en el punto 4.3.2 de la tesis.

El diseño y la construcción de la nueva máquina tiene una ampliación de alternativas en el acople a tres puntos tractor-implemento de 250mm adicionales, el cual se puede optimizar aún más variando el ancho de trocha del tractor, todo esto de acuerdo a la posición del lomo de surco a cosecharse. Las rejillas seleccionadoras de descarga lateral permiten la descarga seleccionada de las papas durante el desplazamiento en campo de la arrancadora, determinando un ahorro del 20% en el uso de mano de obra debido a: menor recorrido de los obreros que acopian y ensacan la papa debido a que la máquina durante su ida y regreso acopia la papa en la misma línea de descarga, menos tiempos muertos del tractor en la operación de arranque.

Las velocidades de desplazamiento del tractor durante las operaciones de cosecha y la frecuencia de vibración de la zaranda está en función a las características del suelo, para suelos pesados la velocidad será menor y la vibración será mayor; para suelos ligeros la velocidad será mayor y la vibración será menor, debido a que la cohesión entre papa y tierra varía de acuerdo a la densidad de la tierra.

4.1 COMPONENTES DE LA ARRANCADORA DE PAPA EN LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

Luego de haber seleccionada la alternativa técnica y económica que mejor se adecua a lo requerido; se procede al diseño de los componentes de la máquina arrancadora de papa innovada, que dará un mejor performance técnico y económico al pequeño y mediano agricultor del país. El diseño detallado de los componentes de la máquina arrancadora de papa innovada se presenta en los planos anexados y el mismo que está elaborado según la secuencia siguiente:

4.1.1 Eje principal de mando.

Establece la conexión desde el tractor hacia la arrancadora de papas, proporcionando el movimiento de rotación para todo los mecanismos de la máquina, utilizando el eje cardán, chumaceras con rodajes internos y un eje longitudinal con un tubo protector comunicando el movimiento hasta un piñón cónico, el movimiento de rotación está en función al comando del tractor y al eje toma de fuerza. (Figura 21)



Figura 22: Eje principal de mando

4.1.2. Caja de transmisión.

Es un mecanismo de continuidad de movimiento de rotación del eje principal hacia la catalina de mando de la cadena zarandeadora, y está constituido por una carcasa de fierro fundido, estableciendo la continuidad de movimiento en un ángulo de 90° , movimiento que se logra a través de un piñón cónico y corona, disminuyendo las revoluciones por minuto entre el eje de toma de fuerza y la catalina de mando de la zaranda. (Figura 22)

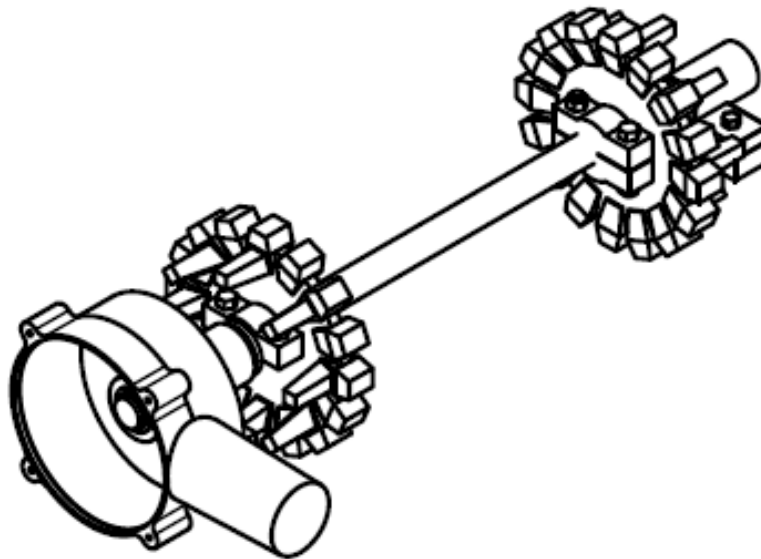


Figura 23: Caja de transmisión

4.1.3. Cadena zarandeadora.

Su función es de conducir tubérculo y tierra con un movimiento vibratorio de traslación con la finalidad de separar el tubérculo de la tierra, el tubérculo continuará su traslación hasta llegar a la cadena de descarga lateral. Está constituido por dos bandas de jebe y lona especial donde se fijan las varillas transversales de acero unidas mediante remaches a la banda, con un eslabón terminal que sirve para unir estas bandas conformando una cadena continua de rotación. (Figura 23)



Figura23: Cadena zarandeadora

4.1.4. Cadena de descarga lateral.

Su función es conducir los tubérculos con menos porcentaje de tierra en un ángulo de 90° de dirección de descarga, la que le permite dejar los tubérculos a un lado del surco que se está extrayendo durante la operación. Está constituido por dos bandas de jebe y lona especial donde se fijan las varillas transversales de acero unidas mediante remaches a la banda, con un eslabón terminal que sirve para unir estas bandas conformando una cadena continua de rotación. (Figura 24)

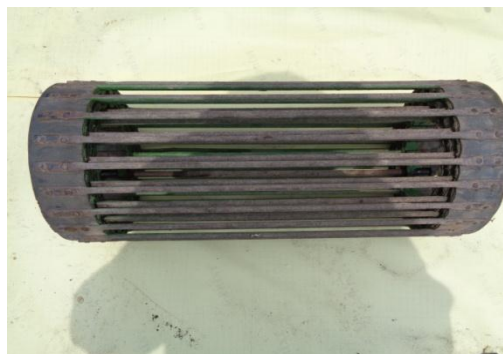


Figura 24: Cadena de descarga lateral

4.1.5. Mecanismo de vibración de zaranda.

Su función consiste en generar un movimiento vibratorio durante el giro con movimiento ascendente de la cadena zarandeadora, facilitando la separación entre la tierra y el tubérculo durante la operación de la máquina, esta vibración puede ser regulada con diferentes ondas de frecuencia mediante dos levas dentadas que se regulan con una palanca externa graduada mediante un semicírculo dentado de guía y tope, esta regulación se efectúa en función a las características de la tierra y tubérculo que se está procesando en la máquina. Está constituido por un eje longitudinal soportado por dos chumaceras en sus extremos, y en el intermedio existen dos balancines que contienen en un extremo dos rodillos guías y en el otro extremo dos levas dentadas ovaladas, que permanece en contacto con las varillas de la cadena zarandeadora, las chumaceras se encuentran lubricadas mediante graseras y retenes especiales para su lubricación. (Figura 25)

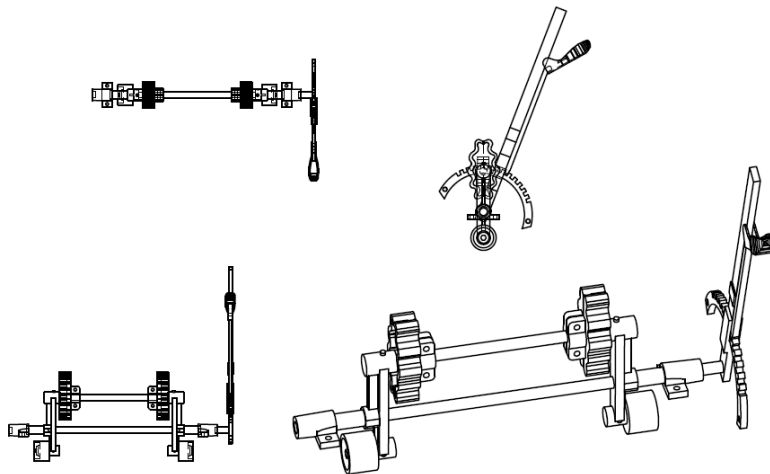


Figura 25:Mecanismo de vibración de zaranda

4.1.6. Mecanismo templador de cadena de descarga lateral.

La función del mecanismo es de templar la cadena de descarga lateral en su desplazamiento y está constituido por un rodillo circular acoplado a una chumacera lubricada mediante grasera, la misma que está montada a un soporte acanalado angular que en su interior tiene unos agujeros roscados, los que se comunican la chasis mediante unos pernos, permitiendo la regulación, acercando o separando las chumaceras y rodillo hacia la estructura de chasis. Todo el mecanismo está constituido por dos rodillos independientes empernados en el chasis guía de la descarga lateral. (Figura 26)



Figura 26: Mecanismo templador de cadena de descarga lateral.

4.1.7. Mando de cadena lateral.

La función del mando de cadena lateral es de proporcionar el movimiento de rotación del eje principal del mando del pto, hacia la cadena de descarga lateral, para que el tubérculo continúe su movimiento y sea descargado a un lado del surco de cosecha.

Está constituido por un eje de acero, dos poleas en V acoplados a dos chumaceras con grasera la lubricación, una de ellas empernada a un soporte vertical del chasis principal, y la otra acoplada a un soporte de posición horizontal, siempre manteniendo el paralelismo en su mecanismo de transmisión. (Figura 27)

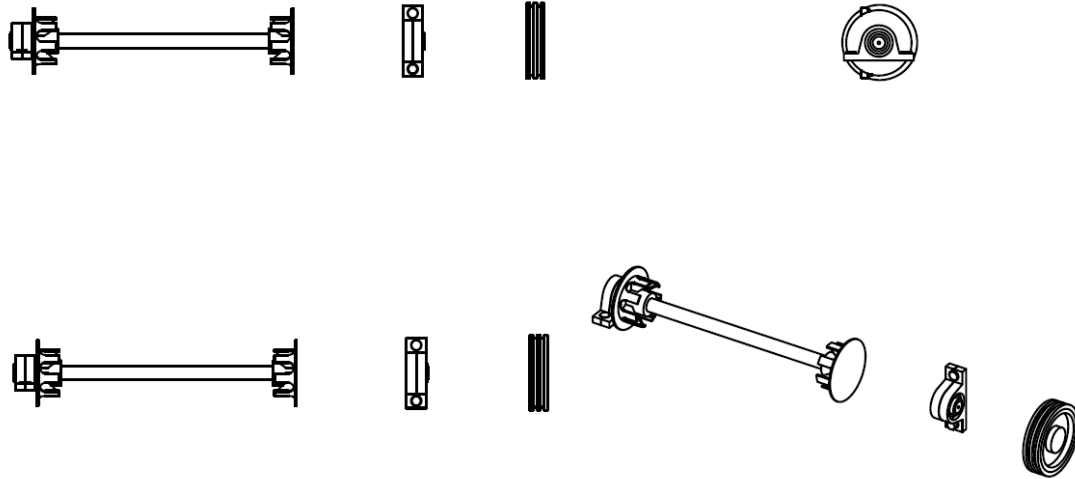


Figura 27: Mando de cadena lateral

4.1.8. Soporte de enganche inferior de tres puntos.

Su función es permitir el acople a los dos brazos inferiores del enganche de tres puntos del tractor, considerando el ancho de trocha del tractor, la posición de la cuchilla de corte y la separación entre las hileras del cultivo que se va a arrancar del suelo, estos enganches permiten regular la posición de la cuchilla de corte en dos posiciones con desplazamiento lateral de 250mm, el que permitirá ubicar la cuchilla de corte en función a las variables anteriormente descritas.

Está constituido por una plancha de acero de 20mm de espesor, la que soporta a dos pines laterales para el enganche a los tractores en categoría uno y dos. (Figura 28)



Figura 28: Soporte de enganche inferior de tres puntos

4.1.9. Soporte de enganche superior de tres puntos.

Su función es permitir el acople del brazo superior del enganche del tractor con el implemento en dos posiciones alternativas, permitiendo un acople rígido entre el tractor e implemento de movimiento lateral, se puede realizar el movimiento vertical para así regular el ángulo de penetración de la cuchilla durante su operación.

Está constituido por dos planchas paralelas de acero soldadas al chasis principal, las mismas que tienen dos diámetros de orificio las que recibirán a los pines de acople entre el tractor y equipo, existen dos puntos de acople separados entre ellos de 250mm, las que permiten alternativas de ubicación de la cuchilla de corte.(Figura 29)



Figura 29 Soporte de enganche superior de tres puntos

4.1.10. Bastidor o chasis principal.

Su función es servir como estructura de soporte a todos los componentes de la máquina tales como ejes o elementos dinámicos o fijos, como pueden ser los tensores, es de gran solidez por las características de diseño que se han considerado. Está conformado por un tubo rectangular hueco de 60mm x 40mm x 3mm, ángulos de 40mm de lado por 4mm de espesor de la calidad ASTM A-36, perfiles en C, vigas UPL de 40mm de ala por 80mm ancho con un espesor de 7mm. Así mismo tiene soportes que sirven para la fijación de la cuchilla de corte con curvaturas simétricas al perfil de la cuchilla; planchas de acero de la norma ASTM A-36 en sus diferentes componentes para proporcionar rigidez y estabilidad a la estructura en general. (Figura 30)



Figura 30: Bastidor o chasis principal

4.1.11. Rejillas seleccionadoras.

Su función es continuar con el proceso de descarga lateral del tubérculo, clasificando y aumentando el desplazamiento lateral de la descarga simultáneamente con el avance de la máquina, existen dos tipos de rejilla clasificadora en función a la separación entre las varillas correspondientes. Están constituidos por varillas de acero de la categorías ASTM A-36, en diámetros de 1/2" y de 5/16" con una longitud de 46cm y 23cm. respectivamente. (Figura 31)



Figura 29: Rejillas seleccionadoras

4.1.12. Planchas protectoras.

La función de las planchas protectoras es de canalizar, proteger y guiar a la tierra y tubérculo que está procesándose durante el entresacado de tubérculos.

Está constituido por planchas de acero estructural de diferentes tamaños y formas fijadas al chasis principal, evitando que se aflojen durante el trabajo vibratorio que tiene la máquina en el proceso de traslación y separación del tubérculo y la tierra. (Figura 32)



Figura 30:Planchas protectoras

4.1.13. Tensores del enganche tres puntos.

Su función es establecer una rigidez y solidez de acople entre la estructura principal y el acople superior del enganche de 3 puntos, y está conformado por platinas de acero de ASTM A-36 de diferentes longitudes y dobléz correspondiente para la unión entre sus puntos. (Figura 33)



Figura 31:Tensores del enganche tres puntoso

4.1.14. Catalina de mando de eje principal.

Su función es sincronizar el movimiento de rotación entre la cadena zarandeadora y el mando que viene desde el tractor en función a la rotación y revoluciones reguladas para los diferentes casos de proceso de extracción de tierra y tubérculo.

Está constituido por un eje soportado por dos chumaceras, una acoplada al bastidor principal y la otra acoplada a la caja de transmisión y corona de mando. Estas catalinas son de fundición, SAE 1020 dentadas con separaciones entre dientes de acuerdo a la separación de las varillas de la cadena zarandeadora, todos estos componentes son desmontables y lubricados mediante graseras. (Figura 34)

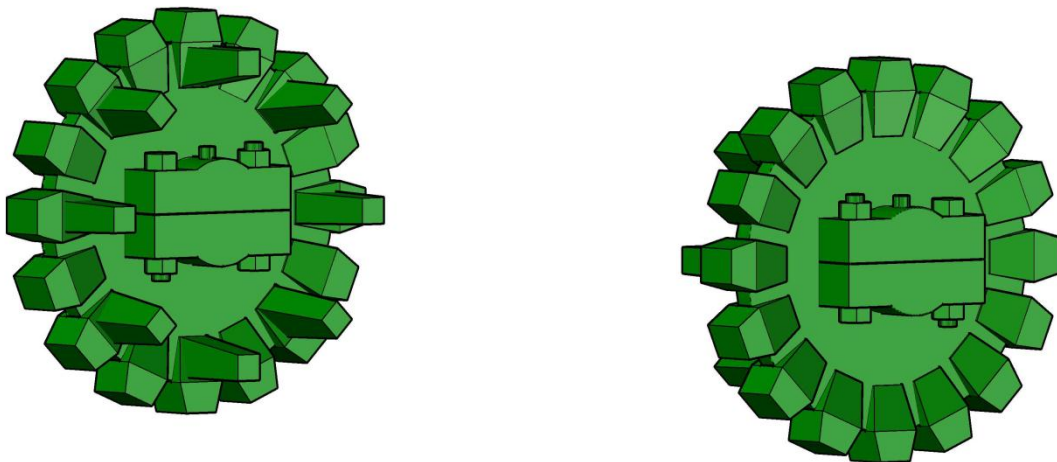


Figura 32: Catalina de mando de eje principal

4.1.15. Faja de transmisión en v.

Su función es transmitir el movimiento entre el eje de mando principal y el eje de mando de descarga lateral de acuerdo a las revoluciones por minuto establecidas. Está activada por dos poleas, que reciben a dos fajas en V regulables en tensión entre los dos ejes. (Figura 35)



Figura 33: Faja de transmisión en V.

4.1.16. Polea para faja de descarga lateral.

Su función es guiar la faja de descarga lateral en tensión y velocidad entre faja y eje de mando para el accionamiento de la descarga lateral del tubérculo, estas piezas están lubricadas mediante graseras y están trabajando como voladizos con fijación en uno de sus extremos. (Figura 36)

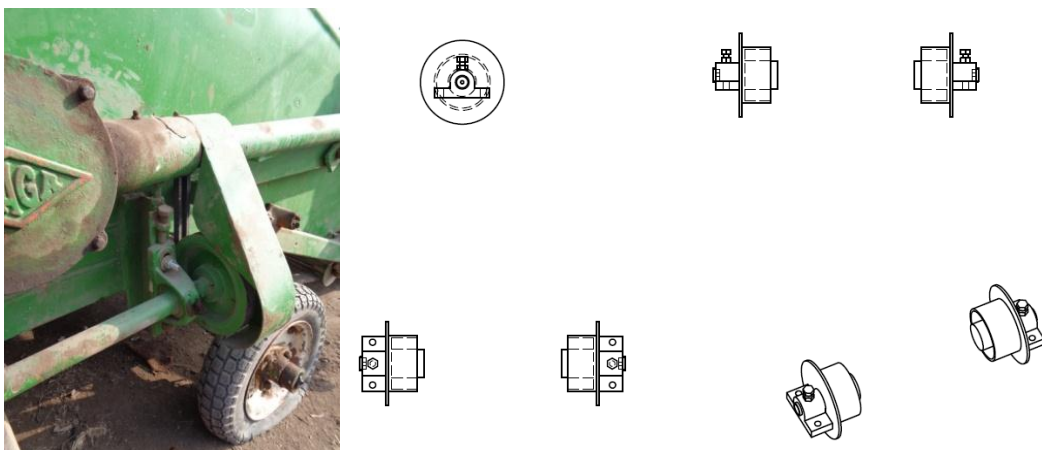


Figura 34: Polea para faja de descarga lateral.

4.1.17. Eje guía inferior de la cadena zarandeadora.

Su función es guiar el desplazamiento de la cadena zarandeadora en su posición inferior, está unido mediante un eje longitudinal acoplado en dos chumaceras en sus extremos, y soportan a dos rodillos cilíndricos y disco circular lateral que tiene la función de evitar el desplazamiento lateral de la faja de la cadena zarandeadora. (Figura 37)

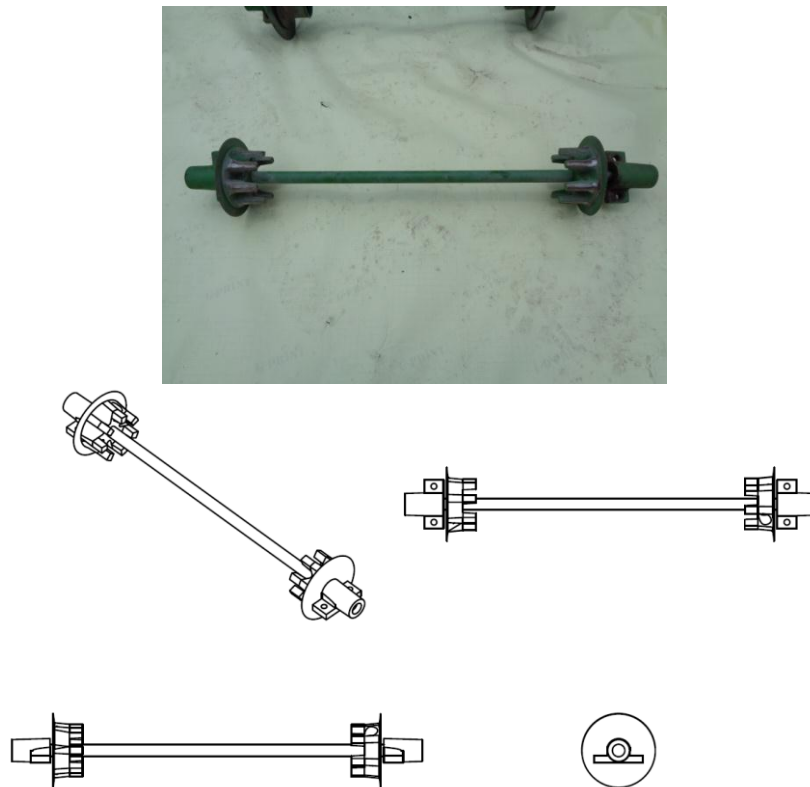


Figura 35: Eje guía inferior de la cadena zarandeadora.

4.1.18. Eje guía superior de la cadena zarandeadora.

Su función es guiar el desplazamiento de la cadena zarandeadora en su posición superior, está unido mediante un eje longitudinal acoplado en dos chumaceras, la pieza en conjunto, está conformado por dos rodillos cilíndricos y disco circular lateral para evitar el desplazamiento lateral de la faja. (Figura 38)

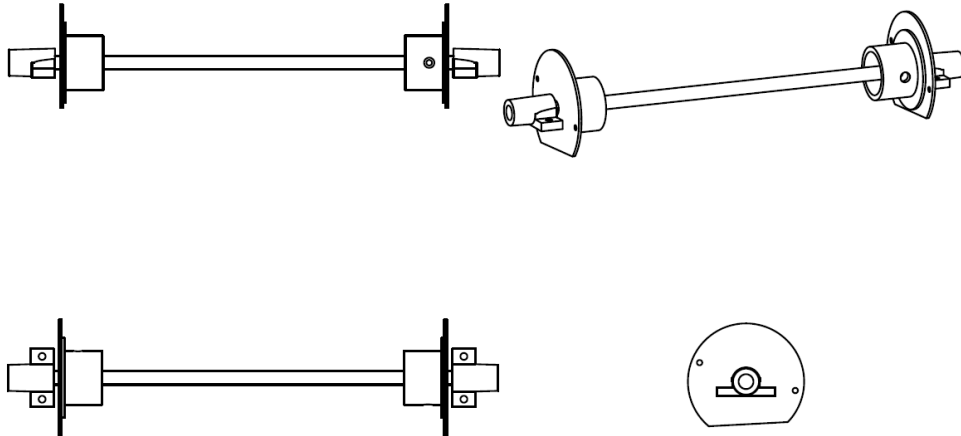


Figura 36: Eje guía superior de la cadena zarandeadora

4.1.19. Rodillo guía de cadena zarandeadora.

Su función es de templar el extremo inferior de la cadena mediante rodillos cilíndricos y planchos circular auto lubricada y fijada a la parte inferior delantera y lateral del chasis principal internamente, en posición de voladizo. (Figura 39)

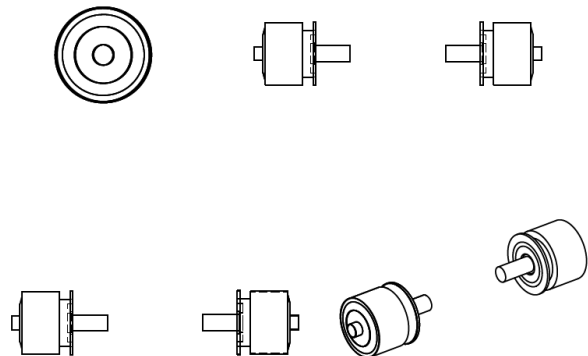


Figura 39: Rodillo guía de la cadena zarandeadora

4.1.20. Cuchilla de corte.

Su función es cortar el prisma de tierra donde se encuentra la tierra y tubérculo en el lomo desurco a cosecharse y que mediante su movimiento longitudinal y ángulo de corte, permite que toda la masa ingrese hacia la cadena zarandeadora durante la operación del tractor e implemento agrícola. Está conformado por una plancha de acero de 10mm de espesor y de forma elíptica con caras laterales paralelas, las mismas que se fijan al chasis principal mediante pernos de arado. (Figura 40)



Figura 40 Cuchilla de corte.

4.1.21. Eje y ruedas.

La función del eje y las ruedas es permitir el traslado y el desplazamiento del implemento agrícola durante su operación de corte y regulación del ángulo de excavación como complemento al enganche superior de 3 puntos.

Está constituido por un eje acoplado al chasis principal unido mediante abrazaderas y bocinas topes con grasera de lubricación, y dos ruedas con aro metálico y neumáticos. (Figura 41)

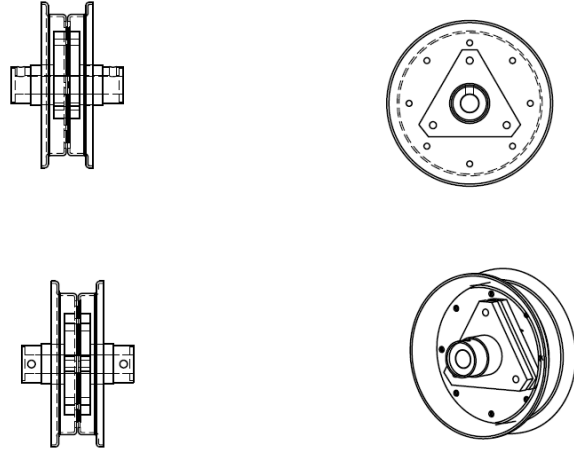


Figura 41-Eje y ruedas.

4.2 PROCESO DE DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LOS COMPONENTES INNOVADOS

4.2.1 Acoples de los enganches en tres puntos al tractor agrícola

El acoplamiento de la arrancadora de papa al tractor es con el enganche en tres puntos con control hidráulico, para soportar el peso del implemento agrícola diseñado y pueda ser maniobrado por el tractor agrícola durante la labor de cosecha de papa.

Los acoples soportan el peso total de la arrancadora de papa de 380 kg. Distribuidos en los tres puntos de acople los cuales se pueden instalar en posiciones de trabajo regulables de acuerdo al ancho de trocha del tractor y la ubicación del lomo de surco a cosechar

- **Diseño de los acoplamientos:**

El enganche inferior está constituido por dos acoplamientos, cuyo diseño se tiene en la figura 4.15, consiste de un pin de acero de 22 y 27 mm de diámetro, los mismos que están soldados al chasis de la arrancadora a través de una plancha soporte de acero de 22 mm de espesor según se detalla en los planos constructivos. (Figura 42.)

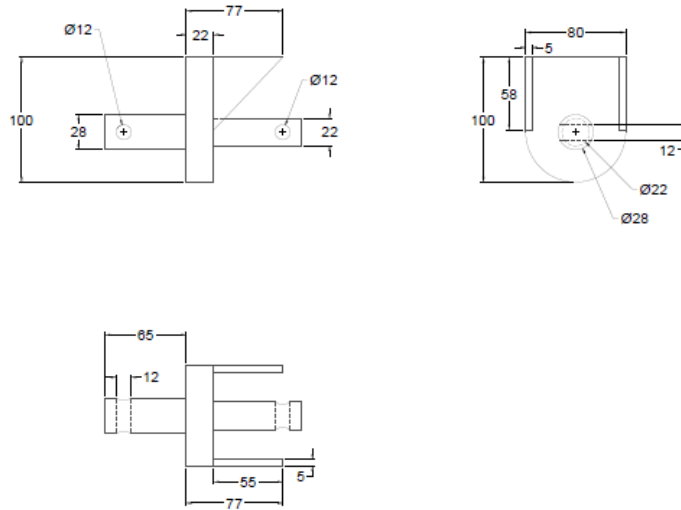


Figura 37 Acople del enganche inferior de 3 puntos (2 acoples)

El enganche superior está constituido por un soporte tipo cartera con 02 orificios de 19mm. y 27 mm de diámetro que se utilizará según la categoría de enganche tractor – implemento, como se puede observar en figura 43 y 44

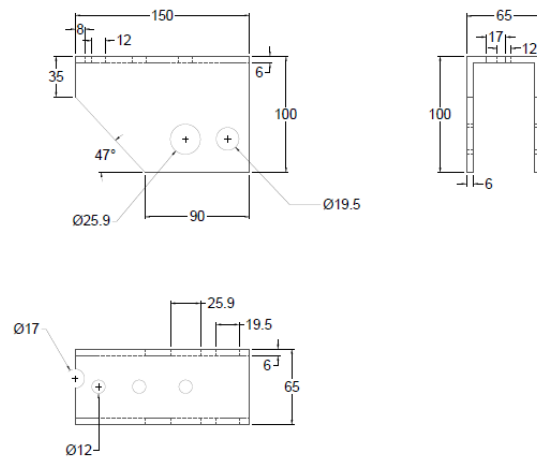


Figura 38 Acople de enganche superior de 3 puntos (1 acople)



Figura 39: Acoplamiento de los enganches superiores e inferiores de 3 puntos, fijado al chasis de la arrancadora de papa y el acoplamiento de eje toma de fuerza para la transmisión

- **Construcción y ensamblaje**

La construcción de los Acoples de enganches superior e inferior se realizó en el taller externo de INMESTEG S.R.L. M ubicada en la calle Las Fabricas 138 Lima -1 de acuerdo a las características de los materiales y los planos constructivos de las Figuras 4.15 y 4.16. Los componentes fabricados se soldaron al chasis principal de la arrancadora de papa innovada con un equipo de soldadura eléctrica por arco en el fundo de la universidad Agraria La Molina.

- **Prueba de funcionamiento**

Un vez realizado el montaje de todos los componentes de la máquina se realizaron las pruebas de campo en las dos posiciones de trabajo (En la figura 4.17 las dos posiciones de trabajo se ilustran acoplamiento simétrico (amarillo) y acoplamiento asimétrico (verde)).

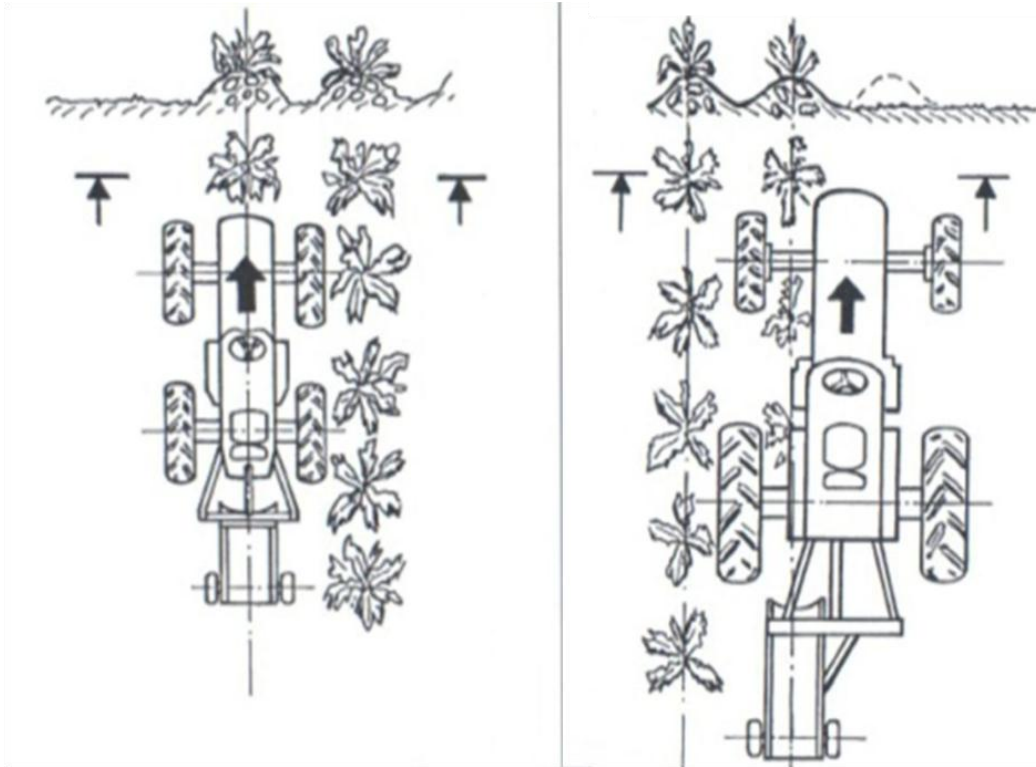


Figura 40:Acoplamiento de simétrico y asimétrico del tractor – implemento

Luego de varias pruebas de campo se logró una buena operación de campo; utilizando los acoplamientos simétrico(amarillo) se logra acercar la cuchilla de corte a la línea de cosecha de los tubérculos que se ubica en el eje central y por tanto coincide con la posición de corte de la cuchilla, mientras utilizando los acoplamientos asimétrico (verde) se logra acercar la cuchilla de corte a la rueda derecha donde la línea de cosecha de los tubérculos coincide con la posición de corte de la cuchilla pero pegado a la rueda derecha, porque de los dos lomos del surco se cosecha solamente el lomo del lado derecho. Esta regulación se debe apoyar con las variaciones que tiene el tractor en su ancho de trocha.



Figura 41: Acoplamiento del enganche entre puntos tractor-implemento en vista lateral



Figura 42: Acoplamiento del enganche entre puntos tractor-implemento en vista de arriba



Figura48: Acoplamiento del enganche entre puntos tractor-implemento en posición de transporte.

4.2.2 Rejillas seleccionadoras de papa

Está constituido por un juego de dos rejillas que se acoplan al chasis principal en ganchos diseñados para esta ubicación y carga; su función es continuar con el proceso de descarga lateral del tubérculo, clasificando y aumentando el desplazamiento lateral de la descarga simultáneamente con el avance de la máquina, se ha diseñado dos tipos de rejilla clasificadora en función a la separación entre las varillas correspondientes. Están constituidos por varillas de acero de la categorías ASTM A-36, en diámetros de 1/2" y de 5/16" con una longitud de 46cm y 23cm.respectivamente, según se indican en las figuras 50 y 51

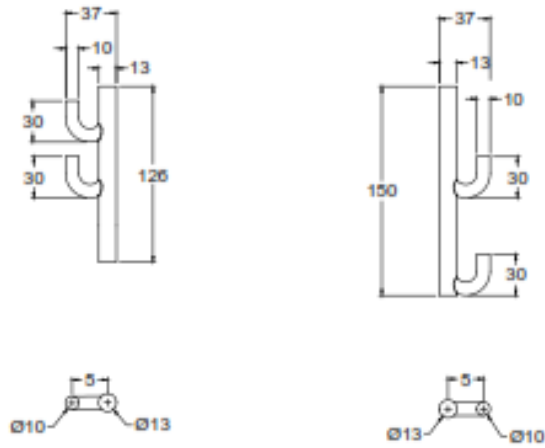


Figura 49: Soporte derecho e izquierdo de la rejilla seleccionadora

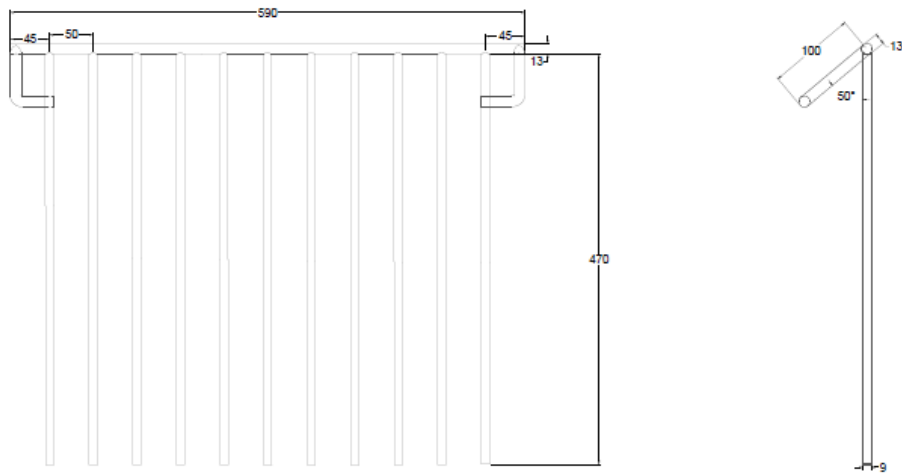


Figura 50: Rejilla seleccionadora de tamaño 1

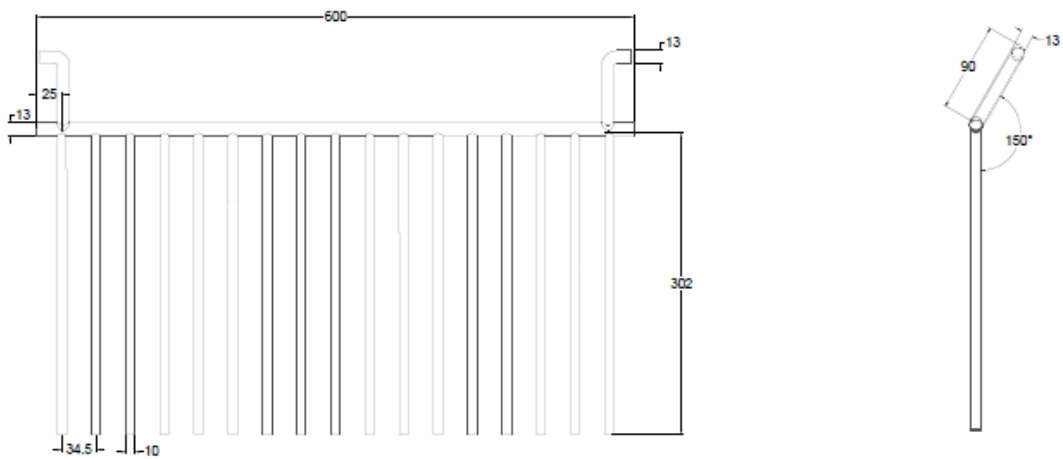


Figura 51: Rejilla seleccionadora de tamaño 2

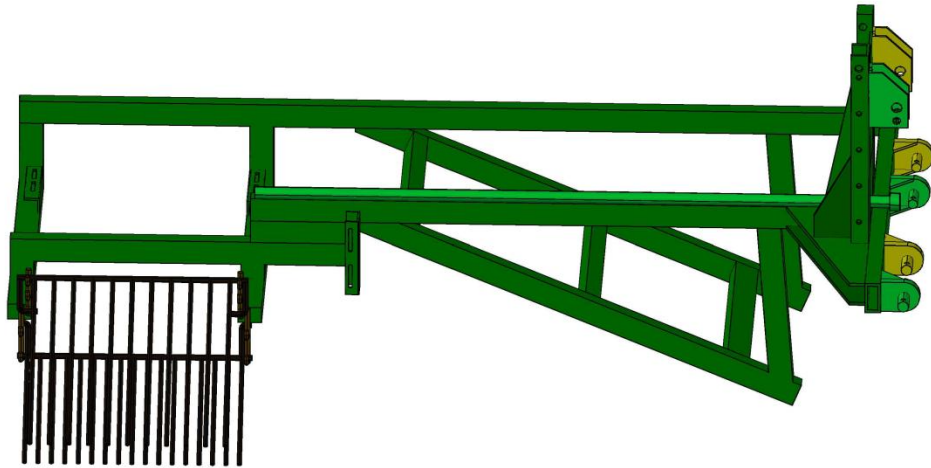


Figura 52:Rejillas seleccionadoras montada al chasis de la máquina arrancadora de papa

Construcción y ensamblaje

Cada uno de las rejilla se acoplan a los ganchos de suspensión que se encuentran en los dos lados de la salida de la cadena de descarga lateral, pudiendo utilizarse las dos rejillas simultáneamente o una de ellas, esto se hará de acuerdo a las características del suelo y tamaño de los tubérculos que se están cosechando.

Prueba de funcionamiento

Luego de varias pruebas de campo se llegó a que las dos rejillas se utilizará para suelos arenosos y para tamaño de tubérculos variados, mientras para suelos arcillosos y tubérculos grandes se utilizará una sola rejilla.

4.3 ENSAMBLAJE DE LOS COMPONENTES DE LA ARRANCADORA DE PAPA DISEÑADA

4.3.1 Descripción de la arrancadora de papa innovada.

La arrancadora de papa motivo del presente trabajo de investigación está constituido por una reja de acero para aflojar el lomo de tierra con los tubérculos de papa durante la cosecha, luego una cadena zarandeadora transportadora que levanta, transporta y luego separa la papa de la tierra, del cual pasa a la cadena de descarga lateral donde se hace la separación total de los tubérculos de la tierra y finalmente dejar caer los tubérculos a través

de las rejillas seleccionadoras a la superficie del suelo; el detalle del funcionamiento es del modo siguiente:

1.- Cuchilla.-Consiste en una reja en forma cóncava para cortar la prisma de tierra, el fondo y las paredes del surco. La cuchilla transversal debe ir a una profundidad inferior a la que se encuentren las patatas para no deteriorarlas; pero tampoco debe ir excesivamente baja, pues, eso sólo supondría una sobrecarga del sistema de criba de tierra y un mayor consumo de energía. Las cuchillas verticales deben centrarse sobre el camellón donde se encuentran los tubérculos.



Figura 43:Cuchilla de corte

2.- cadena zarandeadora.-La toma de fuerza del tractor mueve la cadena longitudinal que recibe la tierra y los tubérculos extraídos por la reja.

A la vez, la cadena transporta los tubérculos sin dañarlos hacia la parte posterior de la máquina, en donde se realiza una primera criba que elimina gran parte de la tierra.

En algunas máquinas, dos de los rodillos en los que se apoya la cadena en su parte superior son recambiables y se pueden poner de forma circular con lo que la cadena se deslizará con suavidad sobre ellos, siendo suficiente este sistema en el caso de tierras sueltas para que ésta vaya desprendiéndose y cayendo al suelo; o bien ponerlos de forma elíptica, de manera que al moverse la cadena que se apoya sobre ellos experimente un movimiento de galope, con fuertes sacudidas hacia arriba y abajo, apropiado para una buena limpieza de los tubérculos en tierras arcillosas o con exceso de humedad.

3.- Cadena de descarga lateral.-situada detrás de la cadena longitudinal, en un plano inferior, formando ángulo recto. Recibe todo el material que le suministra la otra cadena continuando la separación y criba de la tierra. Supone una ventaja adicional el hecho de que además, los tubérculos resulten desplazados hacia un lateral, pues queda de esa forma más espacio para que pase la rueda del tractor.

4.- Rejillas seleccionadoras.- a la superficie del suelo

5.- Ruedas.-Sirven como puntos de apoyo de la máquina durante el trabajo. En algunas máquinas, el eje de giro de la rueda se monta sobre un codo excéntrico con respecto al eje que la une al bastidor de la misma, permitiendo variar la altura de ésta según la posición en que se encuentre el codo. El eje, en su unión con el bastidor, también suele ser telescópico, de forma que las ruedas pueden ir a mayor o menor distancia de la máquina, con el fin de que se desplacen caminando por el fondo del surco y que sea más fácil seguir la trayectoria del camellón que es arrancado.

Los componentes de la arrancadora de papa innovada se muestra en figura 54

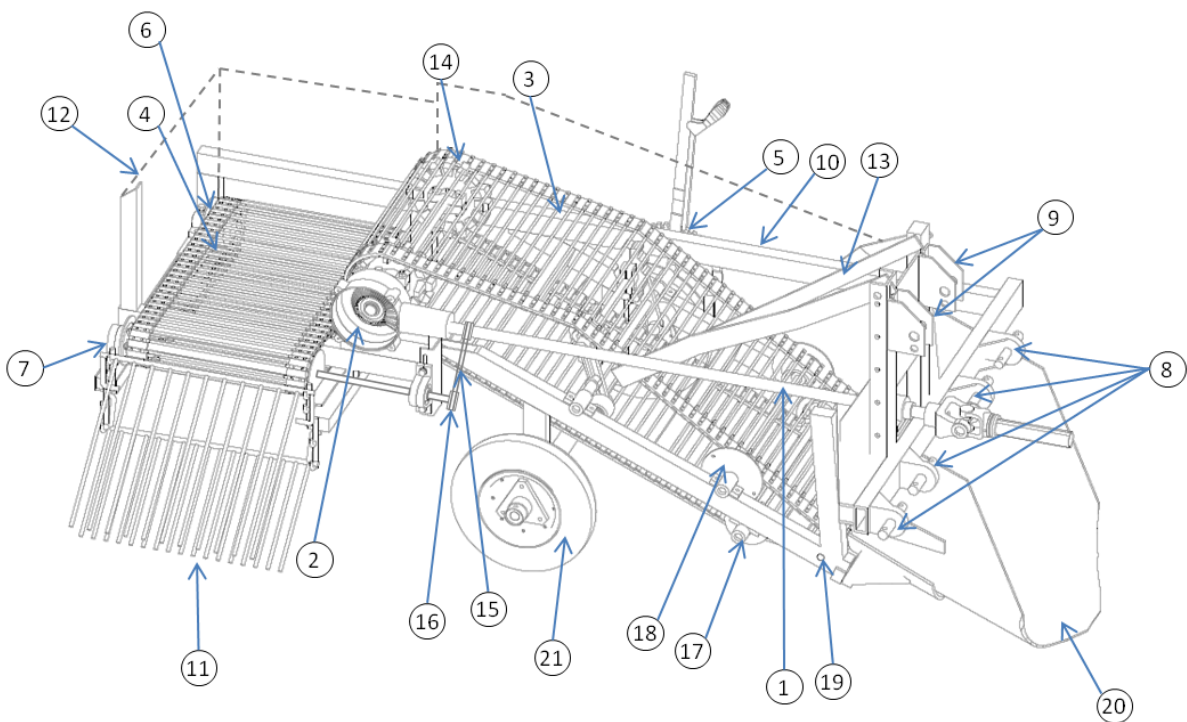


Figura 44:Componentes de la arrancadora de papas

Tabla 6 Componente de la arrancadora de papa innovada

ITEM	CANT	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
1	1	Eje principal de mando al PTO			
2	1	Caja de transmisión			
3	1	Cadena zarandeadora			
4	1	Cadena de descarga lateral			
5	1	Mecanismo de vibración de zaranda			
6	2	Mecanismo templador de cadena de descarga lateral			
7	1	Mando de Cadena de descarga lateral			
8	4	Soportes de enganche inferior de 3 puntos			
9	2	Soportes de enganche superior de 3 puntos			
10	1	Bastidor o chasis principal			
11	2	Rejillas seleccionadoras			
12	16	Planchas protectoras varias			
13	3	Tensores del enganche de 3 puntos			
14	1	Eje principal con catalina de mando			
15	2	Faja de transmisión en V			
16	2	Polea para faja de descarga lateral			
17	2	Eje guía inferior de cadena zarandeadora			
18	2	Eje guía superior de cadena zarandeadora			
19	2	Rodillos guía de cadena zarandeadora			
20	1	Cuchilla de corte			
21	2	Eje y ruedas			

4.3.2. Montaje y puesta en funcionamiento de la arrancadora de papa innovada.

-ENGANCHE AL TRACTOR

- Enganchar la máquina al tractor en una zona llana.
- Comprobar que los acoples de tres puntos sean de categoría compatible.
- Aproximar el tractor a la máquina, evitando interponerse entre ambos, y proceder al enganche solo cuando el tractor esté parado. Fijar los tres brazos de acoplamiento con los respectivos pernos e insertar los pasadores de seguridad.
- Limitar los desplazamientos laterales y mantener la máquina paralela al tractor, regulando las cadenas estabilizadoras y el registro de los brazos.
- Regular el brazo del tercer punto de forma que el acople de la máquina quede perpendicular.

-EJE CARDAN

Montar el eje de Cardán sólo con el motor apagado y con la máquina apoyada en el suelo.

- El eje de cardán debe ser el indicado según su longitud y características del tractor, que le va a dar el movimiento en el eje de toma de fuerza.
- El eje de cardán original es de longitud estándar, por lo cual se habrá que controlar que, cuando esté montado, se verifiquen las siguientes condiciones;
 - o **Máquina completamente baja:** Desde la extensión mínima del eje tienen que quedar disponibles al menos 4cm más de entrada.
 - o **Máquina completamente levantada:** En la extensión máxima del eje, los dos tubos se deben superponer al menos 15cm.
- En el caso de que se deba modificar la longitud del eje de cardán, hacer lo propio con las respectivas protecciones. Esta operación debe ser realizada por personal especializado.
- Verificar que, en posición de trabajo, los ángulos de la transmisión no superen los 20°.
- **El eje de cardán no puede utilizarse:**
 - o Sin las protecciones;
 - o Con protecciones parciales;
 - o Con protecciones dañadas;
 - o Sin haber enganchado correctamente las cadenas antirrotación.
- Atención: El uso impropio del eje cardán puede hacer que se dañe la transmisión y poner en peligro la Integridad del operador.

-DESENGANCHE DEL TRACTOR

- Apoyar la arrancadora en el suelo, en una zona llana.
- Asegurarse de que la máquina se mantenga estable.
- Quitar las espigas y los pernos de fijación, evitando interponerse entre el apero y el tractor.
- Volver a controlar la estabilidad y ponderar todas las eventualidades.
- Extraer el eje de cardán por la parte del tractor.

-FUNCIONES DEL TRACTORISTA

Respetar en particular las normas de seguridad indicadas en la zona donde se trabaje.

Prestar especial atención durante las maniobras o la marcha atrás, ya que las partes salientes de la máquina pueden causar daño a personas o cosas que se encuentren en su radio de acción.

-TOMA DE POTENCIA

El número de R.P.M. del eje de cardán durante el trabajo puede variar de un mínimo de 250 a un máximo de 400.

Atención: si se supera una velocidad de rotación de 450 R.P.M., la arrancadora puede sufrir daños mecánicos.

Atención: accionar la toma de potencia únicamente con la máquina apoyada en el suelo. No elevar la máquina sin antes haber desactivado la toma.

-ACOPLE CENTRAL O DESENTRADO

El acople central se considera cuando el cardán que se acopla al eje de toma de fuerza se encuentra muy cerca a la línea central de la fuerza de tiro del tractor coincidente con la reja de excavación.

El acople descentrado se considera cuando la línea de acción del eje toma de fuerza se encuentra desfasado hacia uno de los lados del tractor y consecuentemente la reja de excavación se encuentra muy cerca de la rueda posterior del tractor; estas regulaciones se hacen considerando siempre la posición de lomo de tierra donde se encuentran enterrados los productos a cosecharse.

-PROFUNDIDAD DE TRABAJO

La profundidad de trabajo se regula mediante el registro roscado que se encuentra en el brazo del tercer pinto del tractor.

- **Para aumentar la profundidad**, acortar el brazo.
- **Para disminuir la profundidad**, Alargar el brazo.

Es conveniente no establecer una profundidad de trabajo excesiva para evitar que entre inútilmente una gran cantidad de tierra, que podría comprometer el funcionamiento de la máquina, Por el contrario, con una profundidad insuficiente podrían dañarse los tubérculos.

-VELOCIDAD DE AVANCE

La velocidad de trabajo puede variar de 1 a 3 km/h, según el tipo de terreno.

- **Terreno Blando:** Mayor velocidad.
- **Terreno compacto o arcilloso:** Menor velocidad.

El operador deberá determinar la velocidad de trabajo con la cual los tubérculos salgan más limpios.

-MECANISMO DE VIBRACION DE ZARANDEO

El mecanismo varía entre 12 niveles de vibración, se gradúa de acuerdo al tipo de terreno.

- **Terreno Blando:** Se trabaja con los niveles más bajos de vibración.
- **Terreno compacto o arcilloso:** Se trabaja con los niveles de mayor vibración.

El operador deberá determinar la cantidad de vibración adecuada para lograr la separación de la papa y la tierra sin dañar el tubérculo por golpes mecánicos.

-MANTENIMIENTO

Los intervalos de mantenimiento se realizan en función a las condiciones de trabajo; en el caso de servicios de mantenimiento más exigentes se realizará por causas ambientales o factores estacionales de acuerdo a la apreciación externa que se realice a la máquina.

- Controlar y mantener limpios de tierra y de otros residuos a la máquina después de su etapa de trabajo.
- Cada 8h de trabajo
 - o Engrasar el cardán.
- Cada 40h de trabajo
 - o Engrasar los rodamientos del eje de transmisión.
 - o Engrasar los casquillos de la rueda y chumacera.

- Controlar el apriete de los tornillos y los eslabones de las cadenas de la zaranda.
- Cada 100h de trabajo:
 - Controlar el aceite y/o la grasa que se encuentre en el reductor.
- Inactividad temporaria: Si la máquina no se ha de utilizar más de 3 o 4 días, aceitar la cuchilla y/o reja para evitar que se oxide.

-PERIODOS DE INACTIVIDAD

Al final de la temporada de cosecha o cuando se contempla una inactividad de 1 o más meses se aconseja:

- Lavar todo el equipo, sobre todo para eliminar abonos o productos químicos y secarlos.
- Controlar las partes descastadas o dañadas y de ser necesario sustituirlas.
- Realizar un cuidadoso engrase y guardar el equipo en un sitio seco, cubierto con una lona, aplicar una ligera capa de lubricante en las partes que no estén galvanizadas ni pintadas.
- Disponer que el equipo se encuentre protegido del medio ambiente y apoyado establemente sobre el piso.

De esta manera se tendrá lista la máquina para la siguiente temporada.



Figura 45:Arrancadora de papas fabricación Esp. en el taller del fundo-UNALAM



Figura 46:hasis de arrancadora de papas con las planchas soporte para la cuchilla de corte



Figura 57:Vista de perfil chasis arrancadora de papas.



Figura 47: Arrancadora de papa con todos sus componentes desarmados en taller del fundo-UNALAM



Figura 59: Arrancadora de papas con todos sus componentes desarmados en el taller del fundo-UNALAM. Observándose las dos cadenas: la zarandeadora y la de descarga lateral.



Figura 60: Vista de perfil de la arrancadora de papas



Figura 61: Arrancadora de papas (Esp) con vista a las rejillas seleccionadoras de descarga lateral.



Figura 62:Arrancadora de papas (Esp) con rejillas de descarga lateral instaladas.



Figura 63:Vista frontal del soporte de cuchilla de corte



Figura 48:Arrancadora de papa (Esp) acoplada en el enganche de tres puntos y cardán con el tractor agrícola en una de sus alternativas de acople.



Figura 49:Arrancadora de papas (Esp) suspendida en el enganche de tres puntos al tractor agrícola durante su traslación hacia el campo de cosecha.

4.4 EVALUACION DE LA ARRANCADORA DE PAPA INNOVADA

4.4.1 Rendimiento de la arrancadora de papa innovada.

En el fundo de UNALAM campo liebre 1 se cosecharon las papas en el mes de octubre con un rendimiento de 38 Ton-Hectárea en suelo franco arenoso, empleándose 6h efectivas de tractor-arrancadora. Dándonos un rendimiento de 6300 Kg/h.

Durante la operación el tractor tuvo varias paralizaciones esperando el avance en la recolección y ensacado, situación que puede mejorar el rendimiento horario de máquina y la eficiencia de la mano de obra consecuentemente alcanzando una mejor rentabilidad.

En el terreno de programa de leguminosas de la UNALAM se cosechó camote en suelo franco arenoso, fue campo experimental, donde estimaron un rendimiento de 60Ton/Hectárea, si para la operación tuviéramos la sincronización de la máquina de 6 h y mano de obra, lograríamos un rendimiento de 10.000 Kg/h.

La descarga lateral de la cosecha y las alternativas de variación en la posición de la cuchilla de corte vs lomo de cosecha de papa y/o camote ofrece ventajas tecnológicas para optimizar rendimientos y eficiencia de máquinas. En un 20% considerando los diversos factores que inciden



Figura 50:Arrancadora de papas (Esp) cosechando camote. Se puede observar la caída de descarga lateral utilizando las rejillas seleccionadoras.



Figura 51:Arrancadora de papas (Esp) cosechando camote, se puede observar la descarga lateral y lineal en el campo del programa de tuberosas de la UNALAM.



Figura 52: Arrancadora de papas (Esp) cosechando camote. Se observa la descarga del camote sobre el terreno y la franja lateral del suelo mullido que deja la cosechadora simultáneamente.

4.4.2 Costo de fabricación

Para determinar el costo de fabricación del prototipo se tomo en consideración lo siguiente:

Tabla 5: Comparativos de Arrancadores de papa similares determinando S/./Kg

CARACTERISTICAS	PESO (Kg)	POTENCIA (Hp)	PRECIO DE VENTA (S/)	S/./Kg
Arrancadora de papa del fundo – UNALAM, similar a la fabricada en cañete SERMI mod. CP1 (FUA)	480	40-65	8.200	17,08
Arrancadora de papa de fabricación china, Mod. 4U-2 de propiedad de importadora Mancha SAC (Ch)	200	32-40	7.350	36,75
Arrancadora de papa de fabricación española marca ZAGA, Modificada (Esp)	380	35-40	16.000	42,10*

*Precio estimado

El cuadro comparativo de los costos de venta de los 2 arrancadores papa de que se utilizaron en las pruebas de campo de la UNALAM considerándose el peso ,la potencia requerida su funcionamiento y el precio de venta actual en el mercado de Lima-Perú.

El costo S//Kg será el parámetro de comparación entre los diferentes modelos, para el caso de la arrancadora del fondo de la UNALAM es de 17.08 S//Kg y su peso es de 480KG pesado en la báscula de la UNALM-Zootecnia y el precio de venta es de S/8200.00 (similar al de la marca SERMI mod CP2) ;,para la arrancadora de fabricación china mod 4U-2 que pesa 200 Kg. y su precio de venta S/7,350.00 de propiedad de la Cía. Importaciones Mancha SAC es de 36.75 S//kg. y para el caso de la arrancadora de papa de fabricación española marca Zaga(discontinuada en la fabricación actualmente) modificada con las mejoras tecnológicas actualmente tiene un peso de 380 Kg, pesado en la báscula de la UNALAM-Zootecnia se le asignó un precio de S/16,000.00 dándonos un costo de 42.10 S//kg.

El precio de venta referencial incluye componentes diversos tales como costo de materiales, costos de producción, costos directos especiales, y ganancia.

En el caso de presentarse a futuro una negociación de ganar, ganar, se tomarían en cuenta otros factores tales como la patente, regalías, Universidad, tesista, etc.

Tabla 6: Resumen de costos totales de la arrancadora de papas (Esp).

Nº	NOMBRE	Peso (g)	Precio
1	Eje principal de mando al PTO	40000	S/. 1.684,21
2	Caja de transmisión	12000	S/. 505,26
3	Cadena zarandeadora	26360	S/. 1.109,89
4	Cadena de descarga lateral	11000	S/. 463,16
5	Mecanismo de vibración de zaranda	25000	S/. 1.052,63
6	Mecanismo templador de cadena de descarga lateral	18000	S/. 757,89
7	Mando de Cadena de descarga lateral	22000	S/. 926,32
8	Soportes de enganche inferior de 3 puntos	7480	S/. 314,95
9	Soportes de enganche superior de 3 puntos	10000	S/. 421,05
10	Bastidor o chasis principal	70000	S/. 2.947,37
11	Rejillas seleccionadoras	10650	S/. 448,42
12	Planchas protectoras varias	27350	S/. 1.151,58
13	Tensores del enganche de 3 puntos	8300	S/. 349,47
14	Eje principal con catalina de mando	22000	S/. 926,32
15	Faja de transmisión en V	1800	S/. 75,79
16	Polea para faja descarga lateral	3000	S/. 126,32
17	Eje guía inferior de cadena zarandeadora	4300	S/. 181,05
18	Eje guía superior de cadena zarandeadora	5000	S/. 210,53
19	Rodillos guía de cadena zarandeadora	6000	S/. 252,63
20	Cuchilla de corte	27710	S/. 1.166,74
21	Eje y ruedas	22050	S/. 928,42
	TOTAL	380000	S/. 16.000,00

V. CONCLUSIONES

- Se diseñó un aditamento a la arrancadora de papas con planos completos en cada uno de sus componentes, especialmente en el enganche superior e inferior de 3 puntos y las rejillas de selección.
- Se diseñó, fabricó y probó el funcionamiento del enganche de 3 puntos, aumentándose en un rango de 250mm de desplazamiento lateral de la cuchilla para el corte del prisma de tierra en el lomo de surco durante la cosecha de papa.
- Se diseñó, fabricó y probó el funcionamiento de las rejillas para seleccionar la papa durante la descarga lateral en dos tamaños que facilita el recojo seleccionado de papa.
- Se realizó una comparación de alternativas técnico económicas, considerando tres arrancadoras de papas de tracción mecánica, determinándose que el prototipo de fabricación española Zaga, es la más favorable después del análisis técnico-económico.
- La descarga lateral de la papa durante la operación de cosecha, permite un ahorro de 20% de tiempo en la operación del tractor y en la mano de obra.
- El mecanismo de vibración de la cadena zarandeadora, permite regular y optimizar la separación del suelo y la papa, considerando las características del suelo donde se está cosechando.
- La arrancadora de papas funciona eficientemente en la cosecha de camote con las regulaciones correspondientes.
- Los planos permitirán fabricar en el futuro una arrancadora de papas como nueva alternativa a las existentes en el Perú y a costo competitivo.

VI. RECOMENDACIONES

- Se debe realizar investigaciones similares con el diseño de nuevos prototipos de arrancadora de papa de tracción mecánica, bajo otras condiciones físicas de suelo y con otras variedades de cultivo que tengan el producto rentable dentro del suelo.
- Se debe evaluar los requerimientos de potencia, fuerza de tiro y la velocidad de trabajo; para optimizar los recursos energéticos durante la labor de cosecha de papa y otros tubérculos.
- Realizar convenios entre Universidades y Empresas especializadas en fabricar implementos agrícolas, para el diseño y la fabricación, con la finalidad de construir, adaptar y/o modificar equipos con participación de docentes y alumnos de la especialidad de ingeniería agrícola.
- Realizar la difusión de prototipos teniendo en cuenta la categoría de los adoptantes: innovadores, primeros adoptantes, primera mayoría, mayoría tardía y rezagados para mejorar la rentabilidad económica de los usuarios.
- Se debe capacitar a los usuarios de las diferentes máquinas y equipos que se utilizan en la producción agropecuaria en forma permanente, para mejorar la rentabilidad de la producción y por consiguiente la calidad de vida de los usuarios.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AZIZI, P., N. SAKENIAN DEHKORDI, R. FARHADI*. 2014. DESIGN, CONSTRUCTION AND EVALUATION OF POTATO DIGGER WITH ROTARY BLADE. Cercetări Agronomice în Moldova Vol. XLVII, No. 3 (159) / 2014.

BUSALACCHI, M. 2017. Proceso de diseño de Maquinaria Agrícola. Apuntes. <https://news.agrofy.com.ar/noticia/164672/paso-paso-como-se-disena-maquinaria-agricola>. Agrofy, Rosario – Argentina.

CRISCI, C. y VILARO, F. (1993). Aportes tecnológicos para el cultivo de papa. Boletín de divulgación N°32. Unidad de difusión e información del INIA. Montevideo, Uruguay. 32 p. Recuperado de web: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2730/1/111219240807155137.pdf>.

CROSS, N. 2002. Métodos de diseño: Estrategias para el diseño de productos. Traducido por: Fernando Roberto Pérez Vásquez, Edit. Limusa, México. Editorial LIMUSA, México ISBN 9681853024.

HASSAN, A. 2015. Design of a one-row potato digger harvester. University of hartoum Faculty of Engineering Agricultural & Biological Department. A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of B.Sc. (HONS) in Agricultural & Biological Engineering.

HERNÁNDEZ, R., FERNANDEZ C. y BAUTISTA M. 2010. Metodología de la investigación. Editorial Mc Graw Hill – Mexico.

INOSTROZA J. 2009. Manual de la papa para la Araucanía: Manejo y plantación. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Ministerio de Agricultura. Temuco, Chile. Boletín INIA N° 193.

KOUWENHHOVEN, J.K. 1970. Production, calibrage et disposition des pommes de terre dans buttes en relation avec la profondeur de plantation et le volume de la butte. – Potato. Res. 13. Año 1970

LAGUNA, B. 2015. Maquinaria agrícola. Ministerio de agricultura. Servicio de extensión agraria.

MINAGRI. 2017. Papa: Características de la producción nacional y de la comercialización en Lima metropolitana. Boletín técnico del Ministerio de Agricultura y de riego, Lima Perú.

MIRANDA, A., VALDES, G., IGLESIAS, S. y LARA, y. 2013. Análisis de la calidad de la cosecha de papa utilizando la arrancadora Ariguanabo 70. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, ISSN -1010-2760, RNPS-0111, Vol. 22, No. 3 (julio-agosto-septiembre, pp. 24-29)

PAHL, G., & BEITZ, W. 2007. Engineering design: a systematic approach. Springer Science & Business Media.

PORRAS, A., SORIANO, L. 2014. Maquinaria para la recolección de cultivos herbáceos. Recuperado de web: <https://previa.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/docencia.htm>.

ROGER E. Y SHOEMAKER F. 1974. La comunicación de Innovaciones. Centro regional de ayuda técnica, Agencia para el Desarrollo Internacional (A.I.D.). Mexico/Buenos Aires.

VIJAY, B., MR. JADHAV SANTOSH R., MR. PATIL KAMLAKAR D., MR. BIRADARVIKRAM U., 2016. DESIGN AND DEVELOPMENT OF POTATO HARVESTER. Vol-2 Issue-3 2016 IJAR IIE-ISSN(O)-2395-4396.

VILLAMIL, E. Y GARCÍA M. 2003. Introducción al Proyecto de Ingeniería. Universidad Nacional de Buenos Aires, Argentina.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Parámetros del suelo y especificaciones técnicas del tractor

Anexo 1 1: Valores típicos de cohesión y ángulo de fricción interna. [5]

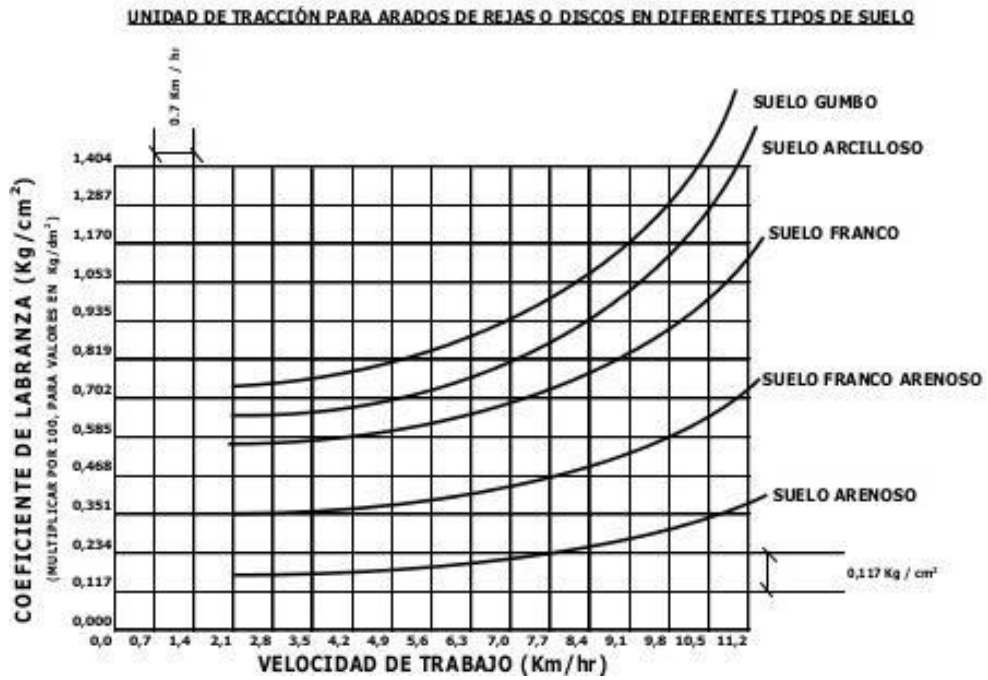
Tipo de suelo	Tamaño típico de partículas mm	Estado	Angulo de fricción	Cohesión kN/m ²
Arena con partículas medianas	1.1	Compactado	38°–40°	0
		Suelto	32°–35°	0
Arena fina con materia orgánica	0.5–0.8	Compactado	25°–30°	0
		Suelto	18°–22°	0
Franco arenoso	0.02–0.2	Friable	24°–28°	20–25
		Plástico	24°–28°	10–15
Franco	0.01	Friable	22°–26°	25–30
		Plástico	15°–19°	15–20
Arcilloso	0.002	Friable	17°–19°	40–60
		Plástico	10°–14°	25–30

Anexo 1 2: Velocidad de operación [10]

	Intervalo (km/h)	Velocidad típica (km/h)
Laboreo:		
Subsolador	4-8	6
Cultivador rotativo accionado	2-8	6
Cultivador en línea	5-11	8
Grada de discos	5-10	9
Arado (discos o vertedera)	5-9	7
Cilindro desterronador	7-12	10
Grada rotativa de estrellas	8-16	13
Cultivador de púas	8-13	11
Fresadora	2-7	5
Abonado:		
Abonadora centrífuga	8-16	11
Distribuidor de estiércol	5-8	7
Siembra:		
A chorrillo	6-10	8
Monograno:		
Maíz	5-9	7
Resto, incluido horticolas	4-7	6
Tratamientos:		
Pulverizador	5-11	9
Recolección:		
Barra guadañadora	4-87	
Segadora rotativa	8-16	11
Segadora acondicionadora	6-10	8
Rastrillo	5-11	8
Hileradora	6-11	9
Picadora de cuchillas	4-7	6
Empacadora	5-10	8
Cosechadora de cereales grano	3-6,5	5
Cosechadora de remolacha	6-8	7
Cosechadora de patatas	3-6	4

(1) Del Anuario de la ASAE, modificado.

Anexo 1 3: Coeficiente de labranza [5]



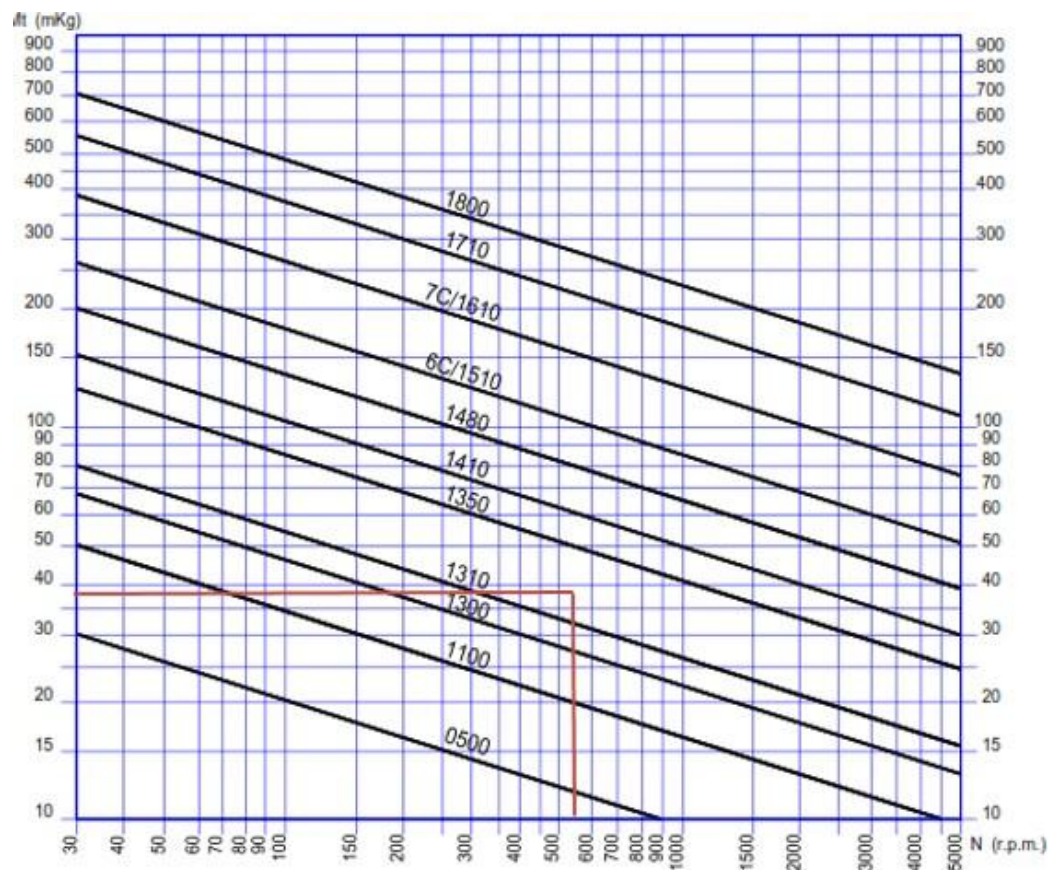
Anexo 1 4: Valores de referencia del toma fuerza [23]

Tipo de t.d.f.	1	2	3	4
Sentido de giro		horario, visto desde atrás		
Régimen de giro, rev/min	540	1000	1000	1000
Diámetro nominal, mm	35	35	45	57
Número de acanaladuras	6	21	20	18
Potencia máxima kW [CV]	48 [65]	92 [125]	185 [252]	340 [462]
Altura al suelo [max-min, mm]	450 - 675	550 - 775	650 - 875	800 - 1060

Anexo 1-5: Factor de choque en juntas de cardán [19]

Unidad conductora Drive Unit	K con acoplamiento elástico with rubber coupling	K sin acoplamiento elástico without rubber coupling
Motor eléctrico Electric motor	1	1
Motor de gasolina 1-3 cilindros Petrol engine 1-3 cylinders	1,5	2
Motor de gasolina 4 ó mas cilindros Petrol engine 4 or more cylinders	1,25	1,75
Motor diesel 1-3 cilindros Diesel engine 1-3 cylinders	2	2,5
Motor diesel 4 ó mas cilindros Diesel engine 4 or more cylinders	1,5	2

Anexo 1 6: Capacidad de par máxima de la junta cardán [19]



Anexo 1 7: Parámetros de la junta cardán serie 1310 [19]

SERIE SERIES	REFERENCIA PART NUMBER	Fig	A	B	C	d	L	D	† R	β° max
0500	1999-F.32	A - 1	77,0	60,3	44,4	6,5	69,0	26,7	65	18
	1999-F.45						79,0	43,0		
1.100	2001-F.51	A - 1	88,0	69,9	57,1	8,2	65,0	46,2	76	17
1.300	2003.1-F.51.1	A - 1	97,0	79,4	60,3	9,75	79,5	47,7	92	17
	2003-F.51					10,2		46,2		
	2003-F.63					78,5		58,6		
	2003-F.76.1					73,3		73,3		
1.310	2015-F.51	A - 1	97,0	79,4	60,3	10,2	78,0	46,2	97	20
	2015A-F.51	A - 2					84,5	30		
	2015-F.63	A - 1					84,0	58,6		20
1.350	2004-F.63	A - 2	118,0	95,3	69,9	11,2	97,0	58,6	114	20
	2004.2.-F.63					12,2		71,2		
	2004-F.76					11,2		71,2		
	2004A-F.63	A - 1				127,0		58,6		
1.410	2005-F.63	A - 2	118,0	95,3	69,9	11,2	103,0	58,6	122	20
	2005-F.76.2						97,0	71,6		
	2005.2-F.76.2						12,2			

Anexo 2: Selección del porta disco [17]

Anexo 2 1: Parámetros del modelo porta disco

Model	Nr of Discs	Working Width (mm)	Approx. Weight (kg)			Required Tractor Power (Hp)
			26"	28"	30"	
AF	2	600	308	319	325	40-50
AF	3	900	387	404	412	50-60
AF	4	1200	515	537	549	75-90
AF	5	1500	569	650	664	100-120

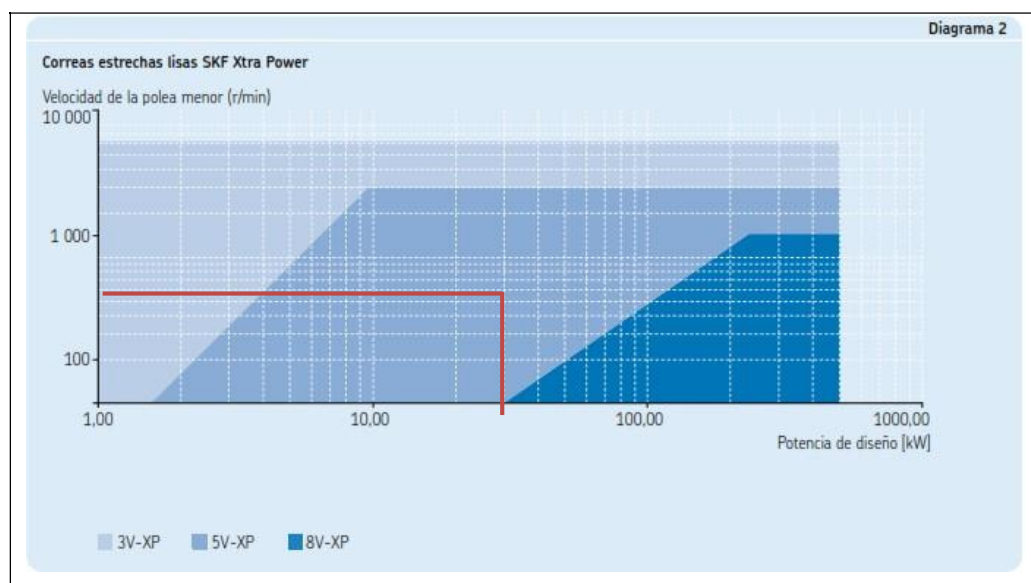
Anexo 3: Selección de bandas y poleas

Anexo 3 1: Factores de servicio para bandas V [24]

Tabla 3

Tipos de máquina conducida	Arrancadores suaves			Arrancadores pesados		
	Tiempo de servicio h/día			Tiempo de servicio h/día		
	->10 incl.	10 -> 16 incl.	16 ->	->10 incl.	10 -> 16 incl.	16 ->
"Clase 1 Servicio liviano" Sopladores, extractores y ventiladores (hasta 7,5 kW), compresores centrífugos y bombas. Cintas transportadoras (con carga uniforme).	1,0	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3
"Clase 2 Servicio medio" Agitadores (densidad uniforme), sopladores, extractores y ventiladores (más de 7,5 kW). Compresores rotativos y bombas (que no sean centrífugas). Cintas transportadoras (no cargadas uniformemente), generadores y excitadores, maquinaria de lavar, ejes de transmisión, máquinas herramienta, maquinaria de imprenta, de aserraderos y carpintería, cribas (giratorias).	1,1	1,2	1,3	1,2	1,3	1,4
"Clase 3 Servicio pesado" Agitadores y mezcladoras (densidad variable), maquinaria de ladrillos, elevador de conglones, compresores y bombas (alternativos), transportadores (serv.pesado). Grúas, molinos (de martillo), pulverizadores, punzones, prensas, cizallas, plantas-cantera, maquinaria de caucho, cribas (vibratorias), maquinaria textil.	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6
"Clase 4 Servicio Extra pesado" Trituradoras (giratorias, de mandíbulas, de rodillos), molinos (de bolas, de rodillos, de barras).	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,8

Anexo 3 2: Selección de bandas en V [24]



Anexo 3 3: Longitudes de bandas estándar 3V,5V y 8V[25]

TABLA 7-2 Longitudes de bandas estándar 3V, 5V y 8V (pulgadas)

Sólo 3V	3V y 5V	3V, 5V y 8V	5V y 8V	Sólo 8V
25	50	100	150	375
26.5	53	106	160	400
28	56	112	170	425
30	60	118	180	450
31.5	63	125	190	475
33.5	67	132	200	500
35.5	71	140	212	
37.5	75		224	
40	80		236	
42.5	85		250	
45	90		265	
47.5	95		280	
			300	
165			315	
			335	

Anexo 34: Capacidades de las bandas 5V [24]

Tabla 11

Velo- cidad del eje más rápido	Potencia nominal por correa para diámetro de paso de polea menor (mm)														Potencia adicional por correa para ratio de velocidad			
	inch	7.10	7.50	8.00	8.50	9.00	9.25	9.75	10.30	10.90	11.80	12.50	13.20	14.00	1.00	1.06	1.25	> 1.59
	mm	180	191	203	216	229	235	248	262	277	300	318	335	356	to 1.05	to 1.24	to 1.59	
r/min	kW														kW			
100	1.08	1.18	1.30	1.42	1.55	1.61	1.73	1.86	2.01	2.23	2.39	2.56	2.75	0.01	0.04	0.07	0.09	
200	2.00	2.19	2.43	2.66	2.90	3.01	3.25	3.50	3.78	4.19	4.51	4.83	5.20	0.02	0.09	0.15	0.18	
300	2.86	3.14	3.49	3.83	4.17	4.34	4.68	5.05	5.46	6.06	6.53	6.99	7.52	0.03	0.13	0.22	0.28	
400	3.69	4.05	4.50	4.95	5.40	5.62	6.06	6.55	7.07	7.86	8.47	9.08	9.77	0.04	0.17	0.30	0.37	
500	4.49	4.93	5.48	6.03	6.58	6.86	7.40	8.00	8.64	9.61	10.36	11.10	11.94	0.05	0.21	0.37	0.46	
600	5.26	5.78	6.44	7.09	7.74	8.06	8.70	9.41	10.17	11.31	12.19	13.07	14.07	0.06	0.26	0.45	0.55	
700	6.01	6.61	7.37	8.12	8.86	9.24	9.98	10.79	11.67	12.98	13.99	15.00	16.14	0.07	0.30	0.52	0.64	
720	6.16	6.78	7.55	8.32	9.09	9.47	10.23	11.06	11.96	13.31	14.34	15.38	16.55	0.07	0.31	0.54	0.66	
800	6.74	7.43	8.28	9.13	9.97	10.39	11.22	12.14	13.13	14.61	15.75	16.88	18.16	0.08	0.34	0.60	0.73	
900	7.46	8.22	9.17	10.11	11.05	11.51	12.44	13.46	14.56	16.20	17.46	18.72	20.14	0.08	0.39	0.67	0.83	
960	7.88	8.69	9.69	10.69	11.69	12.18	13.16	14.24	15.41	17.14	18.48	19.80	21.31	0.09	0.41	0.72	0.88	
1 000	8.16	9.00	10.04	11.08	12.11	12.62	13.64	14.76	15.96	17.76	19.14	20.52	22.07	0.09	0.43	0.75	0.92	
1 100	8.85	9.76	10.90	12.03	13.15	13.70	14.81	16.03	17.34	19.29	20.79	22.28	23.96	0.10	0.47	0.82	1.01	
1 200	9.52	10.51	11.74	12.95	14.16	14.77	15.96	17.27	18.69	20.78	22.40	24.00	25.80	0.11	0.52	0.90	1.10	
1 300	10.18	11.24	12.56	13.87	15.16	15.81	17.09	18.49	20.01	22.25	23.97	25.68	27.60	0.12	0.56	0.97	1.19	
1 400	10.83	11.96	13.37	14.76	16.15	16.83	18.20	19.69	21.30	23.68	25.51	27.31	29.35	0.13	0.60	1.05	1.29	
1 440	11.09	12.25	13.69	15.12	16.53	17.24	18.64	20.16	21.81	24.24	26.11	27.96	30.04	0.14	0.62	1.08	1.32	
1 500	11.47	12.67	14.16	15.64	17.11	17.84	19.28	20.86	22.56	25.08	27.01	28.91	31.05	0.14	0.64	1.12	1.38	
1 600	12.09	13.36	14.94	16.50	18.05	18.82	20.35	22.01	23.80	26.45	28.47	30.46	32.70	0.15	0.69	1.20	1.47	
1 700	12.70	14.04	15.70	17.35	18.98	19.78	21.39	23.13	25.01	27.78	29.89	31.97	34.30	0.16	0.73	1.27	1.56	
1 800	13.30	14.71	16.45	18.18	19.88	20.73	22.41	24.23	26.19	29.08	31.28	33.44	35.85	0.17	0.77	1.34	1.65	
1 900	13.89	15.37	17.19	18.99	20.77	21.65	23.40	25.30	27.34	30.34	32.62	34.86	37.35	0.18	0.82	1.42	1.74	
2 000	14.47	16.01	17.91	19.79	21.64	22.56	24.38	26.35	28.46	31.57	33.92	36.23	38.79	0.19	0.86	1.49	1.84	
2 100	15.04	16.64	18.61	20.56	22.49	23.44	25.33	27.37	29.55	32.76	35.18	37.55	40.17	0.20	0.90	1.57	1.93	
2 200	15.59	17.25	19.30	21.32	23.32	24.30	26.25	28.36	30.61	33.91	36.40	38.82	41.50	0.21	0.95	1.64	2.02	

Anexo 3 5: Factor de corrección [24]

Tabla 4

Factor de corrección de arco de contacto C_3

$\frac{D-d}{CC}$ *	Arco de contacto en polea menor	Factor de corrección de arco de contacto C_3
mm	"	-
0,00	180	1,00
0,05	177	0,99
0,10	174	0,99
0,15	171	0,98
0,20	169	0,97
0,25	166	0,97
0,30	163	0,96
0,35	160	0,95
0,40	157	0,94
0,45	154	0,93
0,50	151	0,93
0,55	148	0,92
0,60	145	0,91
0,65	142	0,90
0,70	139	0,89
0,75	136	0,88
0,80	133	0,87
0,85	130	0,86
0,90	127	0,85
0,95	123	0,83
1,00	120	0,82
1,05	117	0,81
1,10	113	0,80
1,15	100	0,78
1,20	107	0,77
1,25	104	0,75
1,30	101	0,73
1,35	97	0,72
1,40	93	0,70

* D diámetro de polea mayor
d diámetro de polea menor
CC distancia entre centros

Tabla 5

Factor de corrección de longitud de correa C_4

Long. correa	Factor de corrección (ISO, DIN)				BV
	SPZ 3V	SPA	SPB 5V	SFC	
mm	-				
400	0,50				
475	0,65				
530	0,74				
630	0,82	0,77			
710	0,84	0,79			
900	0,88	0,83	0,76		
1 000	0,90	0,85	0,78		
1 120	0,93	0,87	0,80		
1 250	0,95	0,89	0,82		
1 400	0,96	0,91	0,84	0,70	
1 600	1,00	0,93	0,86	0,74	
1 800	1,01	0,95	0,88	0,77	
2 000	1,02	0,96	0,90	0,80	0,78
2 240	1,05	0,98	0,92	0,83	0,80
2 500	1,07	1,00	0,94	0,86	0,80
2 800	1,09	1,02	0,96	0,88	0,82
3 150	1,11	1,04	0,98	0,90	0,84
3 550	1,13	1,06	1,00	0,92	0,86
4 000	1,13	1,08	1,02	0,94	0,89
4 500	1,13	1,09	1,04	0,96	0,91
5 000		1,09	1,06	0,98	0,94
5 600		1,09	1,08	1,00	0,96
6 300			1,10	1,02	0,99
7 100			1,12	1,04	1,02
8 000			1,14	1,06	1,04
9 000			1,14	1,08	1,07
10 000			1,14	1,10	1,09
11 200				1,12	1,12
12 500				1,14	1,15

Anexo 3 6: Dimensiones de poleas de 3 canales 5V [18]

3 CANALES									
Ancho (F) = 60,3 mm									
Diámetro Exterior (D)		Referencia Polea	ReL Bujes	Hueco máximo con cuñero estándar (d)		Longitud del Bujes en mm (L)	Diámetro del buje en mm (M)	Modelo	Peso sin Bujes en Lb
pulg	mm			mm	pulg				
4,4	110	PQ 3-5V110	SDS	42,9	1-11/16	35	80	T1	5,5
4,6	120	PQ 3-5V120	SDS	42,9	1-11/16	35	80	T1	6,5
4,9	125	PQ 3-5V125	SDS	42,9	1-11/16	35	80	T2	7,0
5,2	130	PQ 3-5V130	SDS	42,9	1-11/16	35	80	T2	7,5
5,5	140	PQ 3-5V140	SDS	42,9	1-11/16	35	80	T2	8,0
5,9	150	PQ 3-5V150	SDS	42,9	1-11/16	35	80	T2	8,5
6,3	160	PQ 3-5V160	SK	54,0	2-1/8	50	100	T2	11,0
6,7	170	PQ 3-5V170	SK	54,0	2-1/8	50	100	T2	11,5
7,1	180	PQ 3-5V180	SF	57,1	2-1/4	52	120	T2	13,0
7,5	190	PQ 3-5V190	SF	57,1	2-1/4	52	120	T2	14,0
7,9	200	PQ 3-5V200	SF	57,1	2-1/4	52	120	T2	14,7
8,0	205	PQ 3-5V205	SF	57,1	2-1/4	52	120	T3	15,0
8,5	215	PQ 3-5V215	SF	57,1	2-1/4	52	120	T3	16,0
9,0	230	PQ 3-5V230	SF	57,1	2-1/4	52	120	T3	17,0
9,2	235	PQ 3-5V235	SF	57,1	2-1/4	52	120	T3	18,0
9,7	250	PQ 3-5V250	SF	57,1	2-1/4	52	120	T3	19,0
10,3	260	PQ 3-5V260	SF	57,1	2-1/4	52	120	T3	22,0
10,9	275	PQ 3-5V275	SF	57,1	2-1/4	52	120	T3	25,0
11,0	280	PQ 3-5V280	SF	57,1	2-1/4	52	120	T2	25,3
11,3	285	PQ 3-5V285	SF	57,1	2-1/4	52	120	T3	25,0
11,8	300	PQ 3-5V300	SF	57,1	2-1/4	52	120	T3	27,8
12,5	315	PQ 3-5V315	E	73,0	2-7/8	67	150	T3	32,0
12,8	320	PQ 3-5V320	E	73,0	2-7/8	67	150	T3	33,3
13,2	335	PQ 3-5V335	E	73,0	2-7/8	67	150	T3	38,0
13,8	350	PQ 3-5V350	E	73,0	2-7/8	67	150	T3	39,7
14,0	355	PQ 3-5V355	E	73,0	2-7/8	67	150	T3	43,0
15,0	380	PQ 3-5V380	E	73,0	2-7/8	67	150	T3	44,0
15,7	400	PQ 3-5V400	E	73,0	2-7/8	67	150	T3	45,3
16,0	405	PQ 3-5V405	E	73,0	2-7/8	67	150	T3	46,0
18,7	475	PQ 3-5V475	E	73,0	2-7/8	67	150	T3	60,0
19,7	500	PQ 3-5V500	E	73,0	2-7/8	67	150	T3	63,2
21,2	540	PQ 3-5V540	E	73,0	2-7/8	67	150	T3	68,0
23,6	600	PQ 3-5V600	E	73,0	2-7/8	67	150	T3	80,0
28,0	710	PQ 3-5V710	E	73,0	2-7/8	67	150	T3	92,0

Anexo 3 7: Parámetros de las bandas en V [6]

Tabla 17-16

Algunos parámetros de bandas en V*

Sección de la banda	K_b	K_c
A	220	0.561
B	576	0.965
C	1 600	1.716
D	5 680	3.498
E	10 850	5.041
3V	230	0.425
5V	1 098	1.217
8V	4 830	3.288

*Datos cortesía de Gates Rubber Co., Denver, Colo.

Anexo 4: Tablas de selección de parámetros para diseño del eje de transmisión de potencia. [6]

Anexo 4-1

1	2	3	4	5	6	7	8
UNS núm.	SAE y/o AISI núm.	Procesamiento	Resistencia		Elongación en 2 pulg, %	Reducción en área, %	Dureza Brinell
			a la tensión, MPa (kpsi)	a la fluencia, MPa (kpsi)			
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	28	50	101
		CD	390 (56)	320 (47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)	25	50	116
		CD	440 (64)	370 (54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380 (55)	210 (30)	25	50	111
		CD	470 (68)	390 (57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470 (68)	260 (37.5)	20	42	137
		CD	520 (76)	440 (64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500 (72)	270 (39.5)	18	40	143
		CD	550 (80)	460 (67)	12	35	163
G10400	1040	HR	520 (76)	290 (42)	18	40	149
		CD	590 (85)	490 (71)	12	35	170
G10450	1045	HR	570 (82)	310 (45)	16	40	163
		CD	630 (91)	530 (77)	12	35	179
G10500	1050	HR	620 (90)	340 (49.5)	15	35	179
		CD	690 (100)	580 (84)	10	30	197
G10600	1060	HR	680 (98)	370 (54)	12	30	201
G10800	1080	HR	770 (112)	420 (61.5)	10	25	229
G10950	1095	HR	830 (120)	460 (66)	10	25	248

Anexo 4-2

Tabla 6-2

Parámetros en el factor de la condición superficial de Marin, ecuación (6-19)

Acabado superficial	Factor <i>a</i>		Exponente <i>b</i>
	S_{ut} kpsi	S_{ut} MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

De C. J. Noll y C. Lipson, "Allowable Working Stresses", en *Society for Experimental Stress Analysis*, vol. 3, núm. 2, 1946, p. 29. Reproducida por O. J. Horgner (ed.), *Metals Engineering Design ASME Handbook*, McGraw-Hill, Nueva York. Copyright © 1953 por The McGraw-Hill Companies, Inc. Reproducido con autorización.

Anexo 4 3: Factores que modifican el límite de resistencia a fatiga

$$k_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ pulg} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases}$$

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{flexión} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsión}^{17} \end{cases}$$

Tabla 6-5

Factores de confiabilidad k_a correspondientes a 8 desviaciones estándar porcentuales del límite de resistencia a la fatiga

Confiabilidad, %	Variación de transformación z_a	Factor de confiabilidad k_a
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

Anexo 4 4

Figura A-15-8

Eje redondo con filete en el hombro en torsión. $\tau_0 = Tc/J$, donde $c = d/2$ y $J = \pi d^4/32$.

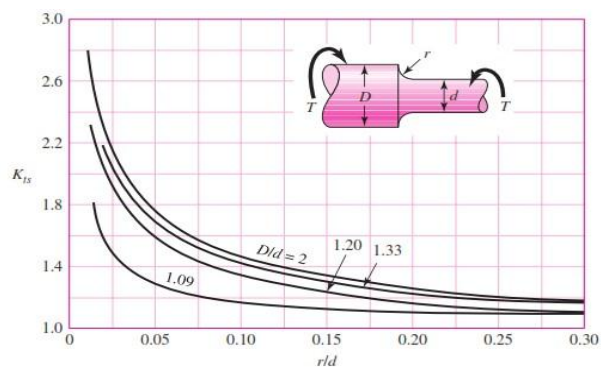
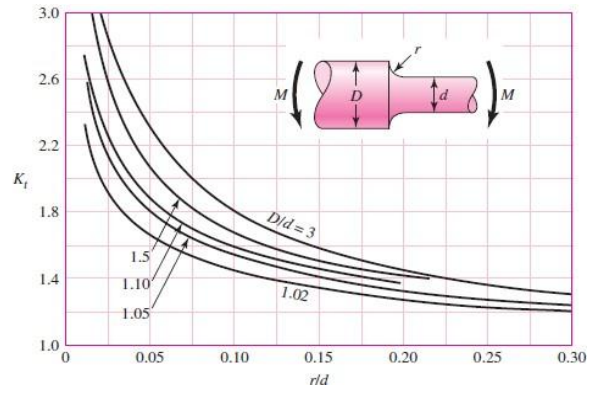


Figura A-15-9

Eje redondo con filete en el hombro en flexión. $\sigma_0 = Mc/I$, donde $c = d/2$ y $I = \pi d^4/64$.



Anexo 4 5

Figura 6-20

Sensibilidad a la muesca en el caso de aceros y aleaciones de aluminio forjado UNS A92024-T, sometidos a flexión inversa de cargas axiales inversas. Para radios de muesca más grandes, use los valores de q correspondientes a la ordenada $r = .16$ pulg (4 mm). [De George Sines y J. L. Waisman (eds.), Metal Fatigue, McGraw-Hill. Nueva York, Copyright © 1969 por The McGraw-Hill Companies, Inc. Reproducido con autorización.]

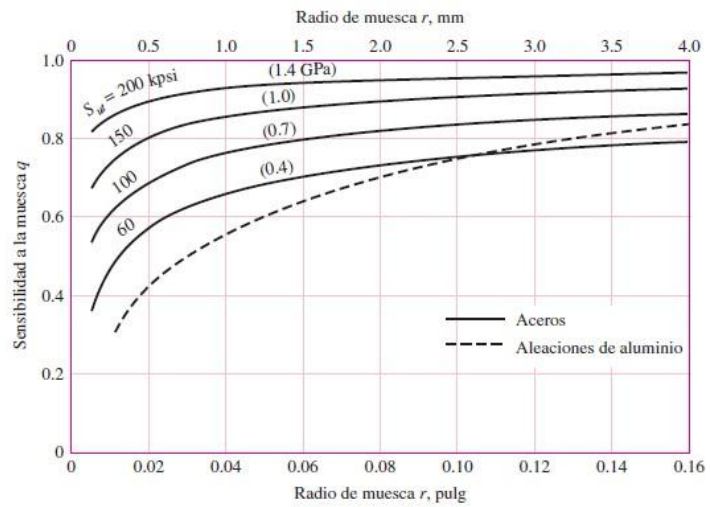
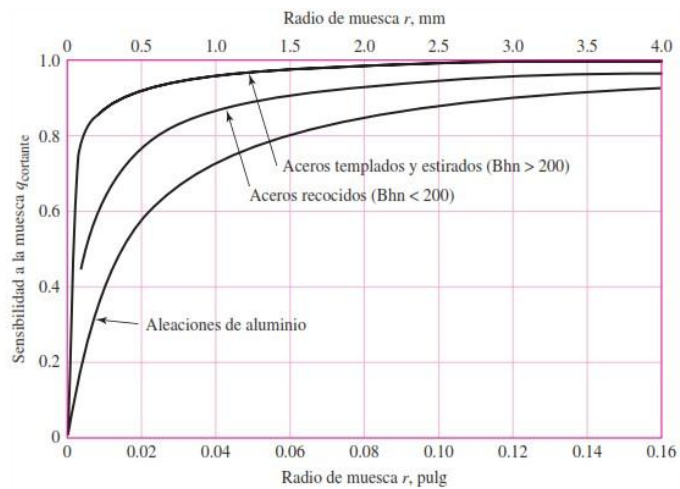


Figura 6-21

Sensibilidad a la muesca de materiales sometidos a torsión inversa. En el caso de radios de muesca más grandes, use los valores de q_{cortante} correspondientes a la ordenada $r = 0.16$ pulg (4 mm).



Anexo 5: Parámetros selección de rodamientos [20]

ANEXO 5-1

▼ Valores f_L para rodamientos de rodillos

$$f_L = \sqrt[10]{\frac{L_h}{500 f_L}}$$

L_h	f_L	L_h	f_L	L_h	f_L	L_h	f_L	L_h	f_L
h		h		h		h		h	
100	0,617	420	0,949	1700	1,44	6500	2,16	28000	3,35
110	0,635	440	0,962	1800	1,47	7000	2,21	30000	3,42
120	0,652	460	0,975	1900	1,49	7500	2,25	32000	3,48
130	0,668	480	0,988	2000	1,52	8000	2,3	34000	3,55
140	0,683	500	1	2200	1,56	8500	2,34	36000	3,61
150	0,697	550	1,03	2400	1,6	9000	2,38	38000	3,67
160	0,71	600	1,06	2600	1,64	9500	2,42	40000	3,72
170	0,724	650	1,08	2800	1,68	10000	2,46	42000	3,78
180	0,736	700	1,11	3000	1,71	11000	2,53	44000	3,83
190	0,748	750	1,13	3200	1,75	12000	2,59	46000	3,88
200	0,76	800	1,15	3400	1,78	13000	2,66	48000	3,93
220	0,782	850	1,17	3600	1,81	14000	2,72	50000	3,98
240	0,802	900	1,19	3800	1,84	15000	2,77	55000	4,1
260	0,822	950	1,21	4000	1,87	16000	2,83	60000	4,2
280	0,84	1000	1,23	4200	1,89	17000	2,88	65000	4,31
300	0,858	1100	1,27	4400	1,92	18000	2,93	70000	4,4
320	0,875	1200	1,3	4600	1,95	19000	2,98	80000	4,58
340	0,891	1300	1,33	4800	1,97	20000	3,02	90000	4,75
360	0,906	1400	1,36	5000	2	22000	3,11	100000	4,9
380	0,921	1500	1,39	5500	2,05	24000	3,19	150000	5,54
400	0,935	1600	1,42	6000	2,11	26000	3,27	200000	6,03

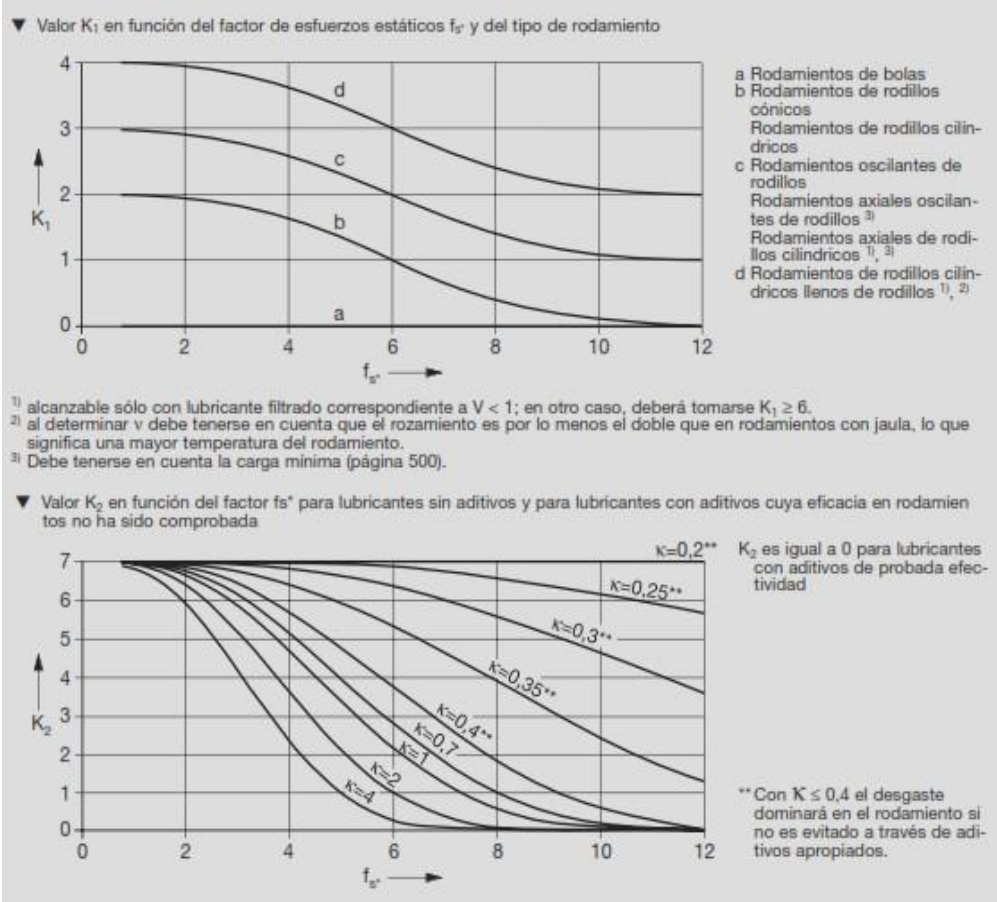
ANEXO 5-2

▼ Valores f_n para rodamientos de rodillos

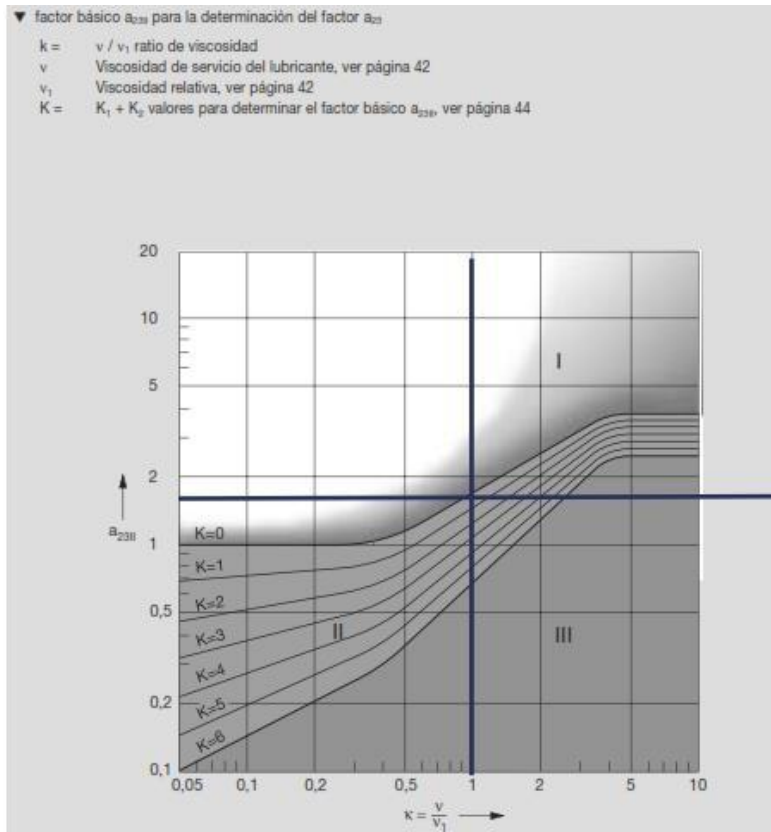
$$f_n = \sqrt[10]{\frac{33 \sqrt{L_h}}{n f_n}}$$

n	f_n	n	f_n	n	f_n	n	f_n	n	f_n
min ⁻¹		min ⁻¹		min ⁻¹		min ⁻¹		min ⁻¹	
10	1,44	55	0,861	340	0,498	1800	0,302	9500	0,183
11	1,39	60	0,838	360	0,49	1900	0,297	10000	0,181
12	1,36	65	0,818	380	0,482	2000	0,293	11000	0,176
13	1,33	70	0,8	400	0,475	2200	0,285	12000	0,171
14	1,3	75	0,784	420	0,468	2400	0,277	13000	0,167
15	1,27	80	0,769	440	0,461	2600	0,270	14000	0,163
16	1,25	85	0,755	460	0,455	2800	0,265	15000	0,16
17	1,22	90	0,742	480	0,449	3000	0,259	16000	0,157
18	1,2	95	0,73	500	0,444	3200	0,254	17000	0,154
19	1,18	100	0,719	550	0,431	3400	0,25	18000	0,151
20	1,17	110	0,699	600	0,42	3600	0,245	19000	0,149
22	1,13	120	0,681	650	0,41	3800	0,242	20000	0,147
24	1,1	130	0,665	700	0,401	4000	0,238	22000	0,143
26	1,08	140	0,65	750	0,393	4200	0,234	24000	0,139
28	1,05	150	0,637	800	0,385	4400	0,231	26000	0,136
30	1,03	160	0,625	850	0,378	4600	0,228	28000	0,133
32	1,01	170	0,613	900	0,372	4800	0,225	30000	0,13
34	0,994	180	0,603	950	0,366	5000	0,222	32000	0,127
36	0,977	190	0,593	1000	0,36	5500	0,216	34000	0,125
38	0,961	200	0,584	1100	0,35	6000	0,211	36000	0,123
40	0,947	220	0,568	1200	0,341	6500	0,206	38000	0,121
42	0,933	240	0,553	1300	0,333	7000	0,201	40000	0,119
44	0,92	260	0,54	1400	0,326	7500	0,197	42000	0,117
46	0,908	280	0,528	1500	0,319	8000	0,193	44000	0,116
48	0,896	300	0,517	1600	0,313	8500	0,19	46000	0,114
50	0,885	320	0,507	1700	0,307	9000	0,186	50000	0,111

ANEXO 5 3



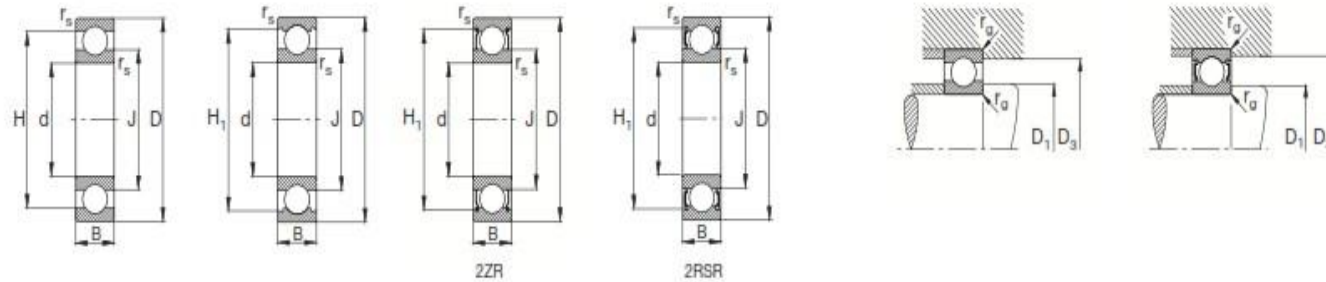
ANEXO 5 4



ANEXO 5 5c

Rodamientos FAG rígidos de bolas de una hilera

Los rodamientos pueden alcanzar un tiempo de vida ilimitado, si $C_p/P_d \geq 8$, ver P4



Eje	Dimensiones							Peso ~ kg	Capacidad de carga		Velocidad límite min ⁻¹	Velocidad de referencia	Denominación abreviada Rodamiento FAG	Medidas auxiliares		
	d mm	D	B	r _s min	H ~	H ₁ ~	J ~		dyn. C kN	stat. C ₀				D ₁ min mm	D ₃ max	r _g max
30	30	62	16	1	52,1	54,9	40	0,195	19,3	11,2	14000	14000	6206	35,6	56,4	1
	30	62	16	1	52,1	54,9	40	0,205	19,3	11,2	14000	14000	S6206.W203B	35,6	56,4	1
	30	62	16	1	52,1	54,9	40	0,201	19,3	11,2	11000	14000	6206.2ZR	35,6	56,4	1
	30	62	16	1	52,1	54,9	40	0,201	19,3	11,2	7500		6206.2RSR	35,6	56,4	1
	30	62	16	1	52,1	54,9	40	0,211	19,3	11,2	7500		S6206.2RSR.W203B	35,6	56,4	1
	30	62	20	1	52,1	54,9	40	0,245	19,3	11,2	7500		62206.2RSR	35,6	56,4	1
	30	72	19	1,1	59,6	61,6	44,6	0,355	29	16,3	24000	13000	6306	37	65	1
	30	72	19	1,1	59,6	61,6	44,6	0,355	29	16,3	24000	13000	S6306.W203B	37	65	1
	30	72	19	1,1	59,6	61,6	44,6	0,363	29	16,3	9500	13000	6306.2ZR	37	65	1
	30	72	19	1,1	59,6	61,6	44,6	0,365	29	16,3	6300		6306.2RSR	37	65	1
	30	72	19	1,1	59,6	61,6	44,6	0,365	29	16,3	6300		S6306.2RSR.W203B	37	65	1
	30	72	27	1,1	59,6	61,6	44,6	0,499	29	16,3	6300		62306.2RSR	37	65	1
30	90	23	1,5	70,1		50,1	0,76	42,5	23,2	19000	12000	6406	41	79	1,5	

Anexo 6: Selección del cardán

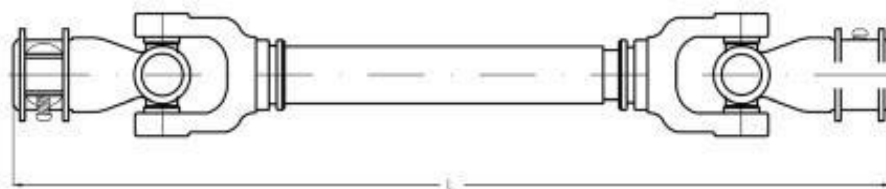
Anexo 6 1: Series del cardán [21]

SERIE SERIES SERIES SERIE		100										
MODELO MODEL MODELE MODELL	DIMENSIONES Y CODIGO CODE AND DIMENSIONS DIMENSIONS ET CODE ABMESSUNGEN UND CODE		TIPO 60									
02		403		1002	24		60105		60135		60136	
03		840		1003	36	TIPO 61						
04		406		1004	36		61105		61135		61136	
05		2140A		1005	36	TIPO 62						
35		2224		1035	80		62105		62135		62136	
MODELO MODEL MODELE MODELL	DIMENSIONES Y CODIGO CODE AND DIMENSIONS DIMENSIONS ET CODE ABMESSUNGEN UND CODE		MODELO MODEL MODELE MODELL	DIMENSIONES Y CODIGO CODE AND DIMENSIONS DIMENSIONS ET CODE ABMESSUNGEN UND CODE								
07		2200A		1007	80	05		621		35.C		36.C
08		2220A		1008	80	35		635		79.C		80.C
36		2226		1036	80	36		636		79.C		80.C

Anexo 6 2: Longitud máxima de trabajo [21]

LONGITUD MAXIMA DE TRABAJO
 MAXIMUN WORKING LENGTH
 LONGUEUR MAXIMALE DU TRAVAIL
 MAX. ARBETSLÄNGE

L.max.



MODELO MODEL MODELE MODEL	SERIE SERIES SERIE REHIE	TIPO TYPE TYPE TYP	L (mm)					
			700	800	900	1000	1100	1200
			L. max.					
02	100 - 200		880	1030	1180	1330	1480	1630
03	100 - 200		870	1020	1170	1320	1470	1620
04	100 - 200		870	1020	1170	1320	1470	1620
05	100 - 200		850	1000	1150	1300	1450	1600
		60-61	800	950	1100	1250	1400	1550
		62		900	1050	1200	1350	1500
06	200		830	980	1130	1280	1430	1580
35	100 - 300		840	990	1140	1290	1440	1590
		60-61	780	930	1080	1230	1380	1530
		62			1030	1180	1330	1480
07	100 - 200 - 300		830	980	1130	1280	1430	1580
	500		860	960	1060	1160	1250	1350
08	100 - 200 - 300		810	960	1110	1260	1410	1560
	500		860	960	1060	1160	1250	1350
36	100 - 300		820	970	1120	1270	1420	1570
		60-61	760	910	1060	1210	1360	1510
		62				1150	1300	1450
09	200 - 300		800	950	1100	1250	1400	1550
	500		860	960	1060	1160	1250	1350
10	300		780	930	1080	1230	1380	1530
	500		860	960	1060	1160	1260	1360

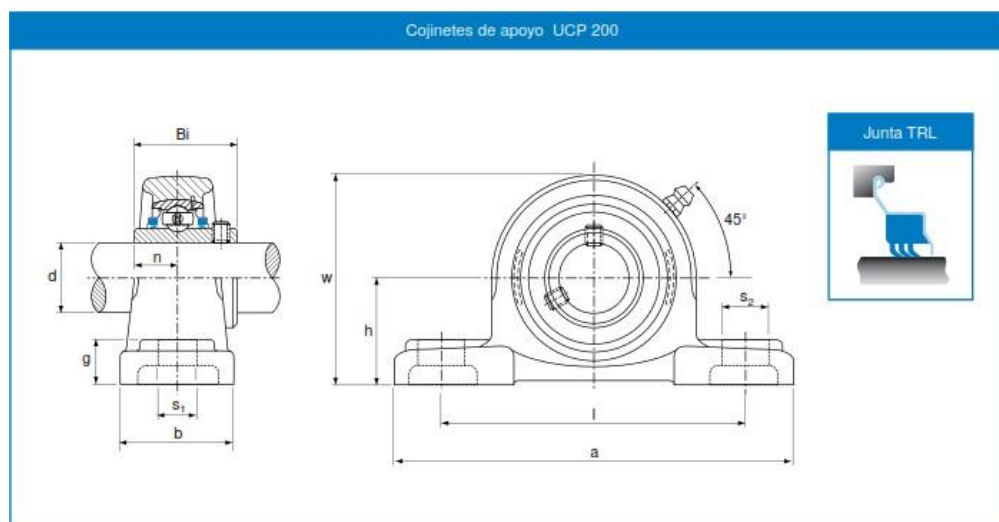
Anexo 6 3:Largo cerrado entre cruces [21]

TABLA DE CONVERSION LARGO CERRADO ENTRE CRUCES
- LARGO CERRADO TOTAL
 CONVERSION TABLE CLOSED LENGTH BETWEEN CROSSHEADS
 - OVERALL LENGTH
 TABLEAU DE CONVERSION DE LONGUEUR FERMÉE ENTRE CROISILLONS
 - LONGUEUR TOTAL
 UMRECHNUNGSTAFEL: GESCHLOSSENE LÄNGE ZWISCHEN KREUZKÖPFEN
 - GESCHLOSSENE GESAMTLÄNGE



MODELO MODEL MODELE MODEL	L mm	410 mm	460 mm	510 mm	560 mm	610 mm	660 mm	710 mm	760 mm	810 mm	860 mm	910 mm	960 mm	1010 mm
02	L	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200
03	L	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200
04	L	610	660	710	760	810	860	910	960	1010	1060	1110	1160	1210
05	L	630	680	730	780	830	880	930	980	1030	1080	1130	1180	1230
06	L	630	680	730	780	830	880	930	980	1030	1080	1130	1180	1230
35	L	640	690	740	790	840	890	940	990	1040	1090	1140	1190	1240
07	L	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250
08	L	670	720	770	820	870	920	970	1020	1070	1120	1170	1220	1270
36	L	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250
09	L	680	730	780	830	880	930	980	1030	1080	1130	1180	1230	1280
10	L	690	740	790	840	890	940	990	1040	1090	1140	1190	1240	1290

Cojinetes de apoyo










Soportes cojinete UCP 200 (carga normal)

Soporte cojinete	Diam. eje d pulg d mm	h	a	l	b	s ₂	s ₁	g	w	Bi	n	Tamaño perno pulg mm	Inserto No.	Caja No.	Peso kgf
UCP 204	3/4"	20	33.3	127	95	38	19	13	14	65	12.7	3/8	UC 204	P204	0.65
UCP 204-12		UC 204-12													
UCP 205	1"	25	36.5	140	105	38	19	13	15	71	14.3	3/8	UC 205	P205	0.79
UCP 205-16		UC 205-16													
UCP 206	1.1/8"	30	42.9	165	121	48	20	17	17	84	15.9	1/2	UC 206	P206	0.79
UCP 206-18		UC 206-18													
UCP 207	1.1/4"	35	47.6	167	127	48	20	17	18	93	17.5	1/2	UC 207	P207	1.60
UCP 207-20		UC 207-20													
UCP 207-22	1.3/8"	40	49.2	184	137	54	20	17	18	100	19.0	1/2	UC 207-22		
UCP 208	1.1/2"	45	54.0	190	146	54	20	17	20	106	19.0	1/2	UC 208	P208	2.00
UCP 208-24		UC 208-24													
UCP 209	1.3/4"	50	57.2	206	159	60	23	20	21	113	19.0	5/8	UC 209	P209	2.20
UCP 209-28		UC 209-28													
UCP 210	2"	55	63.5	219	171	60	23	20	23	125	22.2	5/8	UC 210	P210	2.80
UCP 210-32		UC 210-32													
UCP 211	2 1/4"	60	69.8	241	184	70	23	20	25	138	25.4	5/8	UC 211	P211	3.40
UCP 211-32		UC 211-32													
UCP 212	2 1/4"	65	76.2	265	203	70	28	25	27	150	25.4	3/4	UC 212	P212	4.80
UCP 212-36		UC 212-36													
UCP 213	2 1/2"	70	79.4	266	210	72	28	25	27	156	30.2	3/4	UC 213	P213	5.70
UCP 213-40		UC 213-40													
UCP 214	2 3/4"	75	82.6	275	217	74	28	25	28	162	33.3	3/4	UC 214	P214	7.00
UCP 214-44		UC 214-44													
UCP 215	3"	80	88.9	292	232	78	28	25	30	174	33.3	3/4	UC 215	P215	7.60
UCP 215-48		UC 215-48													
UCP 216												M20	UC 216	P216	9.00

Anexo 7: Diseño de pernos [6]

ANEXO 7:1

Grado SAE núm.	Intervalo de tamaños, de inclusive, pulg.	Resistencia de prueba mínima,* kpsi	Resistencia mínima a la tensión,* kpsi	Resistencia mínima a la fluencia,* kpsi	Material	Marca en la cabeza
1	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	33	60	36	Acero de bajo o medio carbono	
2	$\frac{1}{2}$ - $\frac{3}{4}$	55	74	57	Acero de bajo o medio carbono	
	$\frac{7}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	33	60	36		
4	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	65	115	100	Acero de medio carbono, estirado en frío	
5	$\frac{1}{4}$ -1	85	120	92	Acero de medio carbono, T y R	
	$1\frac{1}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	74	105	81		
5.2	$\frac{1}{4}$ -1	85	120	92	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	
7	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	105	133	115	Acero de aleación de medio carbono, T y R	
8	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	120	150	130	Acero de aleación de medio carbono T y R	

ANEXO 7:2

1	2	3	4	5	6	7	8
AISI núm.	Tratamiento	Temperatura, °C (°F)	Resistencia a la tensión MPa (kpsi)	Resistencia a la fluencia, MPa (kpsi)	Elongación, %	Reducción del área, %	Dureza Brinell
4130	TyR*	205 (400)	1 630 (236)	1 460 (212)	10	41	467
	TyR*	315 (600)	1 500 (217)	1 380 (200)	11	43	435
	TyR*	425 (800)	1 280 (186)	1 190 (173)	13	49	380
	TyR*	540 (1 000)	1 030 (150)	910 (132)	17	57	315
	TyR*	650 (1 200)	814 (118)	703 (102)	22	64	245
	Normalizado	870 (1 600)	670 (97)	436 (63)	25	59	197
	Recocido	865 (1 585)	560 (81)	361 (52)	28	56	156
4140	TyR	205 (400)	1 770 (257)	1 640 (238)	8	38	510
	TyR	315 (600)	1 550 (225)	1 430 (208)	9	43	445
	TyR	425 (800)	1 250 (181)	1 140 (165)	13	49	370
	TyR	540 (1 000)	951 (138)	834 (121)	18	58	285
	TyR	650 (1 200)	758 (110)	655 (95)	22	63	230
	Normalizado	870 (1 600)	1 020 (148)	655 (95)	18	47	302
	Recocido	815 (1 500)	655 (95)	417 (61)	26	57	197
4340	TyR	315 (600)	1 720 (250)	1 590 (230)	10	40	486
	TyR	425 (800)	1 470 (213)	1 360 (198)	10	44	430
	TyR	540 (1 000)	1 170 (170)	1 080 (156)	13	51	360
	TyR	650 (1 200)	965 (140)	855 (124)	19	60	280

*Templado en agua.

ANEXO 7 3

Tabla 8-2

Diámetros y área de roscas unificadas de tornillo UNC y UNF*

Designación de tamaño	<i>Serie gruesa-UNC</i>				<i>Serie fina-UNF</i>		
	Diámetro nominal pulg	Roscas por pulgada, N	Área de esfuerzo de tensión A_r , pulg ²	Área del diámetro menor A_r , pulg ²	Roscas por pulgada, N	Área de esfuerzo de tensión A_r , pulg ²	Área del diámetro menor A_r , pulg ²
0	0.0600				80	0.001 80	0.001 51
1	0.0730	64	0.002 63	0.002 18	72	0.002 78	0.002 37
2	0.0860	56	0.003 70	0.003 10	64	0.003 94	0.003 39
3	0.0990	48	0.004 87	0.004 06	56	0.005 23	0.004 51
4	0.1120	40	0.006 04	0.004 96	48	0.006 61	0.005 66
5	0.1250	40	0.007 96	0.006 72	44	0.008 80	0.007 16
6	0.1380	32	0.009 09	0.007 45	40	0.010 15	0.008 74
8	0.1640	32	0.014 0	0.011 96	36	0.014 74	0.012 85
10	0.1900	24	0.017 5	0.014 50	32	0.020 0	0.017 5
12	0.2160	24	0.024 2	0.020 6	28	0.025 8	0.022 6
1/8	0.2500	20	0.031 8	0.026 9	28	0.036 4	0.032 6
3/16	0.3125	18	0.052 4	0.045 4	24	0.058 0	0.052 4
1/4	0.3750	16	0.077 5	0.067 8	24	0.087 8	0.080 9
5/16	0.4375	14	0.106 3	0.093 3	20	0.118 7	0.109 0
3/8	0.5000	13	0.141 9	0.125 7	20	0.159 9	0.148 6
7/16	0.5625	12	0.182	0.162	18	0.203	0.189
1/2	0.6250	11	0.226	0.202	18	0.256	0.240
9/16	0.7500	10	0.334	0.302	16	0.373	0.351

Anexo 8: Memoria fotográfica.

ANEXO 8-1: Fotografías de campo y taller: Alumnos, operadores, mecánicos e ingeniero tesista participando en las diferentes etapas del desarrollo del proyecto.







ANEXO 8-2: Fotografías de toma de peso del tractor y de la arrancadora de papas (Esp) utilizando la báscula de zootecnia-UNALAM.



Anexo 9: Manual de Operaciones y Mantenimiento.

Anexo 9-1: MANUAL DE OPERACIONES Y MANTENIMIENTO ARRANCADORA DE PAPAS

PROLOGO

El presente manual de operaciones y mantenimiento de la arrancadora de papas, está destinado a servir de orientación al personal de mantenimiento y al operario de campo, proporcionándole consejos prácticos para la conservación y el buen funcionamiento del equipo sacándole el máximo provecho y mayor durabilidad de los órganos que la conforman.

Consta de puntos fundamentales y prácticos, desde preparación hasta la ejecución del trabajo, como también el mantenimiento mínimo y medidas que se deberán tener en cuenta para el correcto empleo de la máquina para el fin que está diseñada, teniendo en cuenta las medidas de seguridad.

Anexo 9-3 Arrancadora de papas

LAS ARRANCADORAS DE PAPAS SON IMPLEMENTOS CONFORMADOS DE ORGANOS MOVILES LOS CUALES REQUIEREN UNA CONSTANTE LUBRICACION POR LO QUE EL OPERARIO VERIFICARA SU ESTADO ANTES DE PONER EN FUNCIONAMIENTO.

1.- COLOCACION DE LA MAQUINA AL TRACTOR

NORMA GENERAL

- 1- Comprobar si la medida de los bulones o pines de enganche corresponde al agujero de las rótulas que contienen las barras del alzamiento hidráulico del tractor.
- 2 - Se pone la máquina en una superficie plana, en posición de enganche.
- 3 -Colóquese el tractor muy despacio delante de la máquina y a continuación se llevarán las barras del alzamiento a los bulones de enganche, fijándolos con sus pasadores para que no se suelten.
- 4 -El brazo central del tractor o tercer punto, se fija en la torreta de la máquina con el bulón que tendrá el mismo tractor.
- 5 Colocada así la máquina se tensarán las barras estabilizadoras o los tensores de husillo que llevan los tractores, para asegurar la sujeción de la máquina sin movimientos de vaivén,
- 6 - Para alinear el arado en relación al tractor ubicar de acuerdo a la siguiente figura.
- 7 - Para la nivelación de la arrancadora en posición transversal se verificará las medidas laterales regulando los brazos inferiores del tractor.
- 8 - Para la nivelación de la arrancadora longitudinal, (largo) Se realiza a través del brazo del tercer punto del tractor.

OPERACIONES Y AJUSTES

La arrancadora se une a un tractor hidráulico, que tiene el control remoto para hacer levantar cuando el suelo presenta un obstáculo o es excesivamente duro, volviendo a la profundidad normal de trabajo, por lo que se completa el efecto. En este caso, se debe regular la velocidad de reacción del sistema hidráulico, por lo que el mismo no puede ser lo suficientemente sensible como para impedir la penetración de la arrancadora. Para más información, consulte el manual de instrucciones del tractor.

El ajuste de la profundidad de la arrancadora está controlado principalmente por el hidráulico del tractor, para cosechar debe ser debidamente regulado.

Las ruedas neumáticas sirven como limitante de profundidad y no se utilizarán para el transporte del equipo.

Durante el trabajo pueden surgir problemas como:

La arrancadora no penetra al suelo, proceda de la siguiente forma.

- Verifique si la arrancadora está correctamente nivelada, tanto en el sentido longitudinal como transversal.

- Verifique la regulación de las ruedas de limitación de altura.
- Verifique la velocidad de majo.

La arrancadora pierde fuerza durante el trabajo, proceda de la siguiente forma.

- Verifique el estado de los elementos de transmisión (detectar desgaste excesivo)
- Verificar el estado de los discos de embrague.
- Reajustar los pernos del plato de embrague de media vuelta de forma homogénea, para darle más tensión y aumentar la tracción.



MANTENIMIENTO

¡NUNCA DEBE LLENARSE ACEITE A TOPE EN LA CAJA DE TRANSMISION!

¡NO USE ACEITES QUEMADOS O RECUPERADOS DE MOTORES NI DE NINGUNA OTRA MAQUINA!

¡SOLO EMPLEE ACEITES NUEVOS.LOS ÓRGANOS DE TODA LA MAQUINA EN CONJUNTO, REQUIEREN LOS MISMOS CUIDADOS QUE SU TRACTOR!

- Verificar diariamente las condiciones de ajuste de los pernos, tuercas y pines de la arrancadora de papas.
- Las cadenas deberán estar con una adecuada tensión, por el desgaste estas pierden la tensión por lo que es necesario quitar algunos eslabones.
- Para prolongar la vida útil de las cadenas se pueden reacondicionar con soldadura en la parte desgastada.

LUBRICACION

La lubricación es esencial para el buen desempeño y la durabilidad de las piezas móviles de la arrancadora.

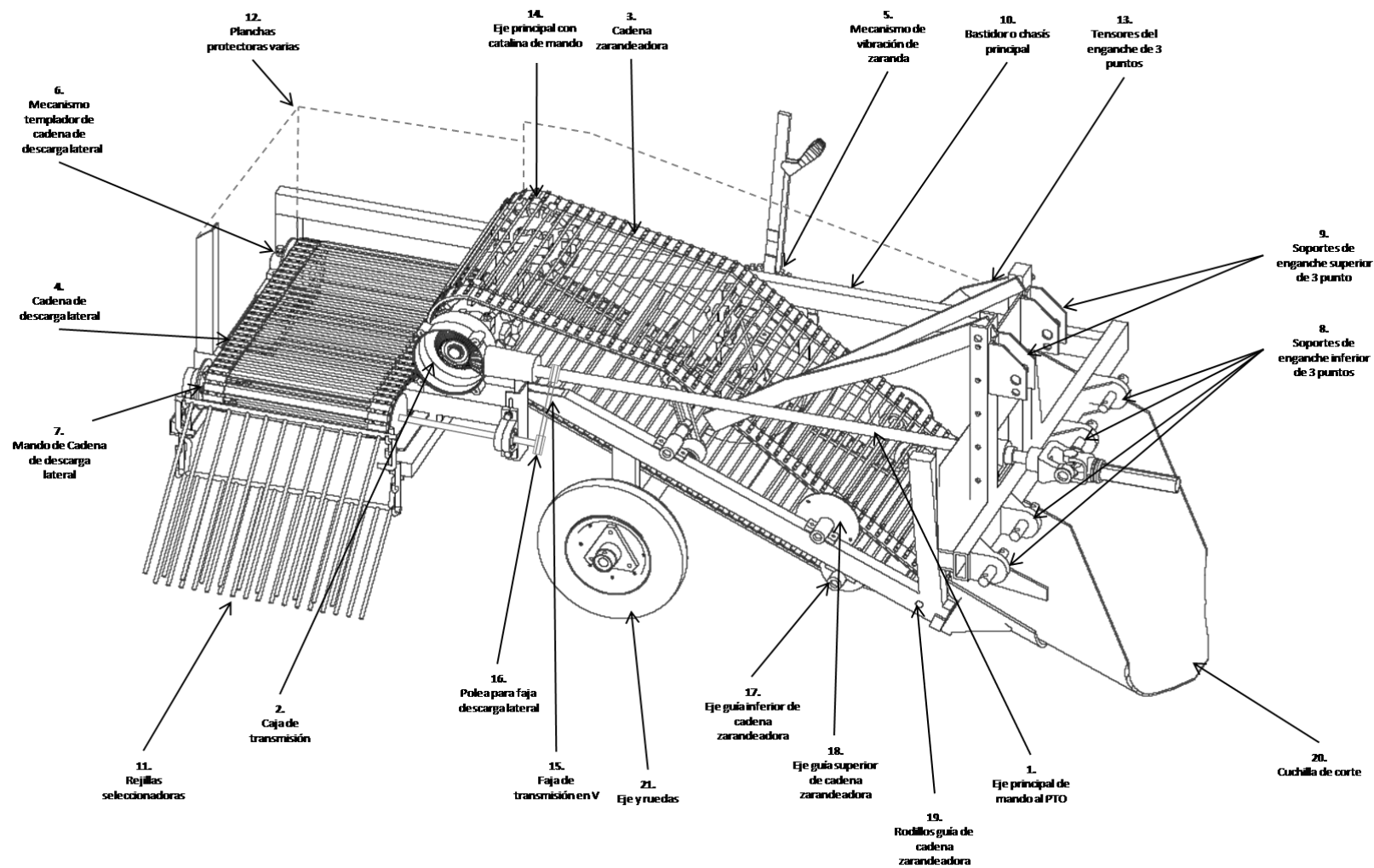
Limpie Con cuidado los orificios de entrada de las grasas y aceites, cuando haya de manipular con estos elementos.

Antes de comenzar el trabajo, lubricar todos los puntos de engrase, los intervalos de lubricación es de 6 a 8 horas de trabajo, asegurarse de la calidad del lubricante, la eficiencia y la pureza, evitar el uso de productos que contienen agua, polvo, etc.

Antes de la lubricación, limpiar todos los puntos de engrase con un paño limpio, sin pelusa y reemplace los que están dañados, si los hubiere. UTILICE GRASA A BASE DE JABON DE LITIO EP-2

Lubricar todos los puntos de engrase.

PARTES DE LA MÁQUINA



Anexo 9-3 DESCRIPCIÓN DEPARTES DE LA ARRANCADORA DE PAPA

1. EJE PRINCIPAL DE MANDO.

Establece la conexión de movimiento entre el eje de toma de fuerza del tractor y todos los mecanismos de la arrancadora de tubérculos.

2. CAJA DE TRANSMISIÓN.

Transmite el movimiento entre el eje principal y catalina de mando de la cadena zarandeadora.

3. CADENA ZARANDEADORA.

Conjunto de varillas unidas mediante una lona especial de separación que permiten el traslado de tierra y tubérculo con vibraciones para separar el tubérculo de la tierra durante el movimiento de la máquina.

4. CADENA DE DESCARGA LATERAL.

Conjunto de varillas unidas que permiten el traslado del tubérculo descargándolo en forma lateras a la base de la máquina.

5. MECANISMO DE VIBRACIÓN DE ZARANDA.

Estructura apoyada en dos ejes que mediante sus rodillos y levas permite variar el ángulo de traslación de la cadena zarandeadora regulando la frecuencia de vibración.

6. MECANISMO TEMPLADOR DE CADENA DE DESCARGA LATERAL.

Permite regular la tensión de la cadena lateral mediante unos pernos de acción y reacción que se encuentran unidos a la estructura principal, pero previamente se debe aflojar los soportes de fijación de las dos chumaceras que se encuentran tensando el extremo de la cadena.

7. MANDO DE CADENA LATERAL.

Permite dar movimiento a la cadena lateral tomando la energía del eje activado por dos fajas en V.

8. SOPORTE DE ENGANCHE INFERIOR DE TRES PUNTOS.

Sirve para acoplar las dos barras de enganche inferior de tres puntos del tractor, que puede ser de categoría 1 o categoría 2

9. SOPORTE DE ENGANCHE SUPERIOR DE TRES PUNTOS.

Permite unir la barra superior de enganche del tractor con el implemento, la misma que se utiliza en las regulaciones de traslación y de trabajo.

10. BASTIDOR O CHASÍS PRINCIPAL.

Es el armazón rígido de todo el implemento que sirve para fijarse todos los accesorios y mecanismos del funcionamiento de la arrancadora de tubérculos.

11. REJILLAS SELECCIONADORAS.

Son dos parrillas de montaje lateral a la estructura que sirve para descargar los tubérculos en forma natural ,clasificándolos en dos tamaños.

12. PLANCHAS PROTECTORAS.

Conjunto de láminas de fierro con bordes pestañados que permiten proteger y guiar la tierra y tubérculo en todo su proceso de arrancamiento del tubérculos y están unidas a la estructura mediante pernos, tuercas y arandelas.

13. TENSORES DEL ENGANCHE 3 PUNTOS.

Son platinas rígidas que soportan la estructura y que enganche de tres puntos para darle mayor rigidez a la arrancadora de tubérculos.

14. CATALINA DE MANDO DE EJE PRINCIPAL.

Piezas de fundición que permiten accionar la cadena zarandeadora y están fijados a un eje rígido apoyado en dos chumaceras y los pasos están de acuerdo a la separación de los elementos de la cadena.

15. FAJA DE TRANSMISIÓN EN V.

Función es transmitir movimiento del eje principal al eje de mando de descarga lateral de la cadena unida mediante las poleas.

16. RODILLO PARA FAJA DE DESCARGA LATERAL.

Su función es guiar y tensar la faja de descarga lateral para el correcto movimiento de la cadena.

17. EJE GUÍA INFERIOR DE LA CADENA ZARANDEADORA.

Su función es guiar el desplazamiento de la cadena zarandeadora en su posición inferior, está unido mediante un eje longitudinal acoplado en dos chumaceras en sus extremos.

18. EJE GUÍA SUPERIOR DE LA CADENA ZARANDEADORA.

Su función es guiar el desplazamiento de la cadena zarandeadora en su posición superior, está unido mediante un eje longitudinal acoplado en dos chumaceras en sus extremos.

19. RODILLO GUÍA DE CADENA ZARANDEADORA.

Se encuentra alojado en el extremo inferior de la estructura principal, y su función es templar y guiar a la cadena zarandeadora.

20. CUCHILLA DE CORTE.

Se encuentra en la parte delantera e inferior de la arrancadora de tubérculos y su función es cortar el prisma de tierra y está fabricada de una plancha de acero laminado y curva fijada a la estructura principal.

21. EJE Y RUEDAS.

Se encuentra en la parte inferior de la arrancadora y sirve para el desplazamiento del implemento durante su operación de corte, y regulación del ángulo de excavación. Está conformado por dos ruedas neumáticas con ejes lubricados mediante graseras.

Agricultural wheeled tractors – Three-point linkage – Part 1 : Categories 1, 2 and 3

1 SCOPE

This International Standard specifies the requirements for the attachment of implements or equipment to the rear of agricultural wheeled tractors by means of a three-link hitch in association with a power lift.

2 FIELD OF APPLICATION

This International Standard applies to the three categories of agricultural wheeled tractors shown in table 1.

TABLE 1 – Categories

Category	Maximum power at the drawbar*, kW
1	up to 35
2	30 to 75
3	above 70

* As given in 3.2.6.5 a) (1) of ISO/R 789.

NOTE – Category 1 N : see ISO 730/II¹⁾
Category 4 : see ISO 730/III.¹⁾

3 REFERENCE

ISO/R 789, *Test code for agricultural tractors*.

4 DEFINITIONS

4.1 General

4.1.1 **linkage** : A combination of one upper link and two lower links, each articulated to the tractor and the implement at opposite ends, in order to connect the implement to the tractor.

4.1.2 **hitch point** : An articulated connection between a link and the tractor; for geometrical purposes the link point hitch point is the centre of the articulated connection between a link and the implement.

4.1.3 **link point** : An articulated connection between a link and the tractor; for geometrical purposes the link point is the centre of the articulated connection between a link and the tractor.

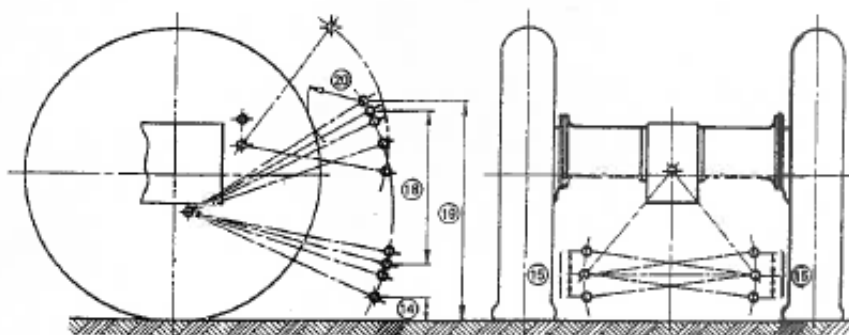
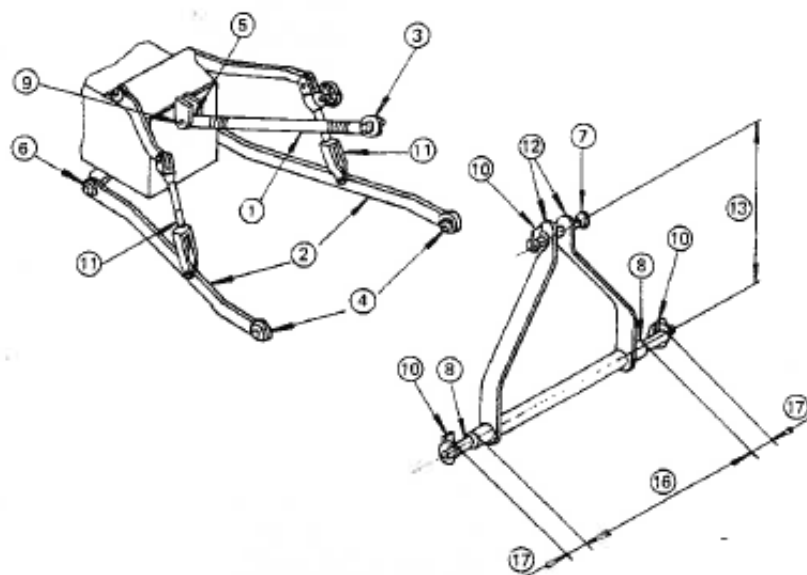


FIGURE 1 - Components and dimensional characteristics of three-point linkage
(See 4.2 and 4.3)

4.2 Components of the linkage

The numbers given below relate to figure 1.

1 upper link } : Elements of the linkage, each fitted
2 lower link } with an articulated connection at both
ends.

3 upper hitch point : An articulated connection between the upper link and the implement.

4 lower hitch point : An articulated connection between a lower link and the implement.

5 upper link point : An articulated connection between the upper link and the tractor.

6 lower link point : An articulated connection between a lower link and the tractor.

7 upper hitch pin : A pin, usually detachable and forming part of the upper link assembly, by which the upper link is connected to the implement.

8 lower hitch pin : A pin, usually attached rigidly to the implement, on which a lower link is secured.

9 upper link pin : A pin by which the upper link is connected to the tractor.

10 linch pin : A pin, usually fitted with a spring retaining device, by which an articulated connection is retained in position.

11 lift rods : Connections that transmit force to the lower links for raising and lowering.

12 mast : The component that provides location of the upper hitch point on the implement.

4.3 Dimensional characteristics of linkage

The numbers given below (except 21) relate to figure 1.

13 mast height : The vertical distance between the upper hitch point and the common axis of the lower hitch points.

14 lower hitch points height : The height of the centre of the lower hitch points above ground level when they are in the fully lowered position.

15 levelling adjustment range : The movement, measured vertically, of one lower hitch point higher or lower than the other, to provide an inclination of the implement.

16 lower hitch point span : The distance between the shoulders of the lower hitch pins against which the sides of the lower link ball joints abut.

17 linch pin hole distance : The distance from the centre line of the linch pin hole to the shoulder of the pitch pin.

18 power range : The total vertical movement of the lower hitch points corresponding to the power travel of the lift, excluding any adjustment in the linkage or lift rods.

19 transport height : The height of the lower hitch points above the ground utilizing the full extent of manual adjustment provided in the lift rods in conjunction with the power range, the lower hitch point axis being maintained horizontal to the ground in a transverse plane.

20 lower hitch point clearance : The clearance expressed as a radial dimension from a lower hitch point to the outside diameter of the tyre, mudguard or other part of the tractor, measured in a longitudinal vertical plane with the implement in the raised position and all side sway removed from the links.

implement to tractor clearance : The horizontal dimension, in the area between the two lower links between the rear-most parts of the tractor and the horizontal line through the two lower hitch points, throughout the range of vertical movement of the hitch points.

21 mast adjustment¹⁾ : The usable range of movement of the mast in a vertical plane. It is measured as the maximum and minimum heights of the lower hitch points above the ground between which a mast of height 480 mm in case of category 1, 510 mm in case of category 2 and 560 mm in case of category 3 can be adjusted to any inclination between the vertical and 10° to the vertical towards the rear.

5 DIMENSIONS¹⁾

5.1 Hitch points and zone around the hitch points

The dimensions concerning the hitch points shall be as given in table 3 and those concerning the zone around the hitch points shall be as given in table 2.

NOTE — The dimensions A to K and S given for category 2 are recommended also for future developments and designs of category 1 tractors.

5.2 Lift, power lift, and levelling adjustments

The ranges of lift, power lift and levelling adjustments shall be as given in table 4.

NOTES

1 In order to assist in adapting implements or other pieces of mounted equipment for use with different sizes of tractor in the most convenient way, alternative dimensions for the lower hitch point span are given.

2 Provision may be made in the design of the lower links, or by the use of double-ended hitch points, to enable designs based on the dimensions of category 1 to be fitted to designs made in accordance with category 2 or vice versa.

6 POWER LIFT CAPACITY

For tractors with low and medium performance, up to 65 kW drawbar power, a minimum lift force of 300 N for each drawbar power unit (kW) shall be available at a distance of 610 mm to the rear of the hitch points.

For tractors with high performance, above 65 kW drawbar power, a minimum lift force of 20 000 N and an additional 150 N for each drawbar power unit (kW) above 65 kW drawbar power of the tractor shall be available at a distance of 610 mm to the rear of the hitch points.

NOTE — The above mentioned values relate to 90% of the hydraulic relief valve pressure setting and the recommended mast height, and should be available through the full power range.

When determining the lift force, a minimum angle of 10° between the vertical and the mast shall be observed; see figure 2.

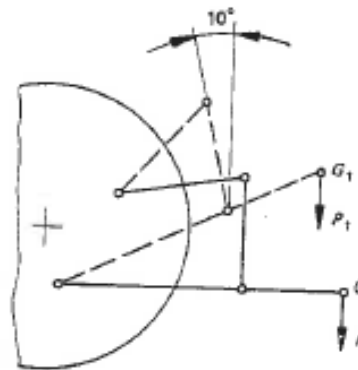


FIGURE 2 — Minimum angle between the vertical and the mast

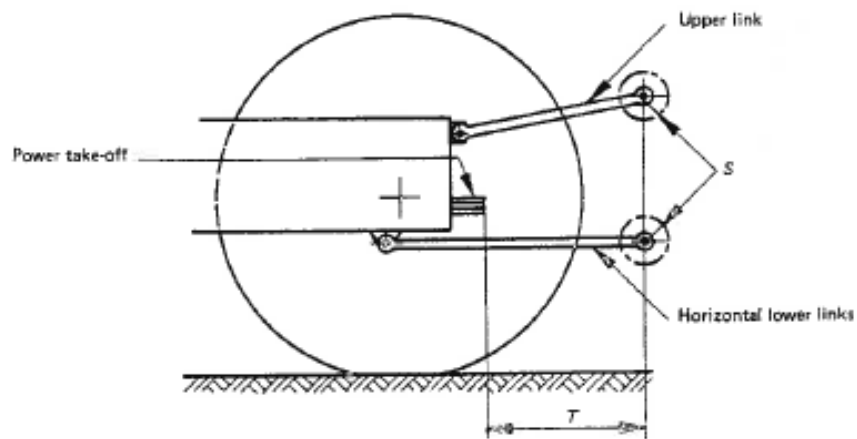
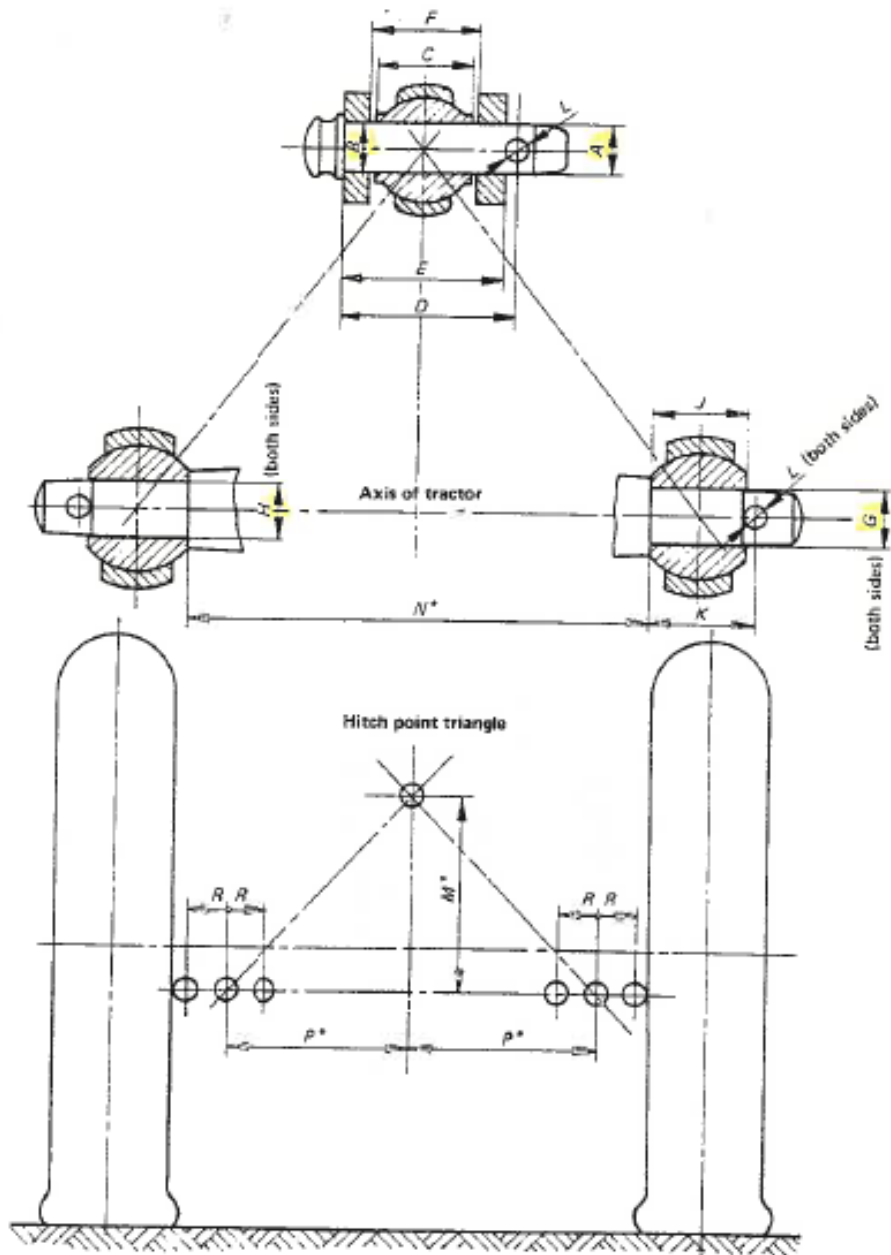


FIGURE 3 — Relation between power take-off and rear hitch points.
Zones of clearance around hitch points

TABLE 2 — Dimensions concerning the zone around hitch points (see figure 3)

Dimension	Dimensional characteristics	Dimensions in millimetres					
		Category 1		Category 2		Category 3	
		min.	max.	min.	max.	min.	max.
S	Zone of clearance around each hitch point, spherical radius	45	—	55	—	55	—
T	Distance from end of power take-off to centre of lower hitch point. Lower link in horizontal position	500	575	500	575	500	575



* Recommended dimensions. It may be necessary to vary these dimensions in the case of specialized implements.

FIGURE 4 — Dimensions concerning the hitch points

TABLE 3 — Dimensions concerning hitch points (see figure 4)

Dimensions in millimetres

Dimension	Dimensional characteristics	Category 1		Category 2		Category 3	
		min.	max.	min.	max.	min.	max.
Upper hitch points							
A	Diameter of hitch pin	18,916	19	25,27	25,4	31,5	31,75
E	Diameter of hitch pin hole	19,3	19,51	25,7	25,91	32,0	32,25
C	Width of ball	—	44	—	51	—	51
D	Linch pin hole distance	76	—	93	—	102	—
E	Width between outer faces of yoke	—	69	—	86	—	95
F	Width between inner faces of yoke	44,5	—	52	—	52	—
Lower hitch points							
G	Diameter of hitch pin	21,78	22	27,79	28	36,4	36,6
H	Diameter of hitch pin hole	22,4	22,73	28,7	29,03	37,4	37,75
J	Width of ball	34,8	35,0	44,80	45,0	44,8	45
K	Linch pin hole distance*	39	—	49	—	52	—
Linch pin hole							
L	Diameter of linch pin hole for upper hitch pin	12	—	12	—	12	—
	for lower hitch pins					17	—
M	Mast height	460** (min.)		510** (min.)		580** (min.)	
N	Lower hitch point span	683 ± 1,5**		825 ± 1,5**		965 ± 1,5**	
P	Lateral distance from lower hitch point to central line of tractor	359**		435**		505**	
R	Lateral movement of lower hitch point	100 (min.)		125 (min.)		125 (min.)	

* When lateral stays picking up on the lower hitch point holes are employed to limit side sway of the implement, the minimum dimensions should be : for category 1 : 51 mm, for category 2 : 61 mm and for category 3 : 64 mm.

** Recommended dimensions. It may be necessary to vary these dimensions in the case of specialized implements.

TABLE 4 — Lift, power lift and adjustment ranges

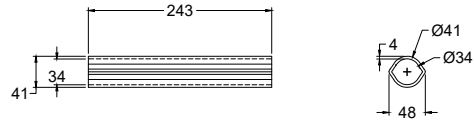
Dimensions in millimetres

Reference in sub-clause 4.2	Dimensional characteristics	Category 1	Category 2	Category 3
14	Lower hitch points height	200 (max.)	200 (max.)	230 (max.)
15	Levelling adjustment range	±100 (min.)	±100 (min.)	±125 (min.)
18	Power range	560 (min.)	600 (min.)	685 (min.)
19	Transport height* (lower hitch point axis to be horizontal throughout)	820 (min.)	890 (min.)	1 015 (min.)
20	Lower hitch point clearance	100 (min.)	100 (min.)	100 (min.)
21	Mast adjustment			
	Minimum height for highest position	508	610	660
	Maximum height for lowest position	200	200	230

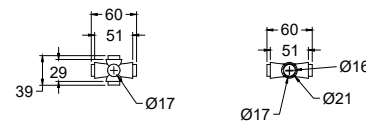
* The dimensions given are based on the assumption that the tractor manufacturer's normal wheel equipment is fitted.

NOMBRE: EJE PRINCIPAL AL MANDO PTO

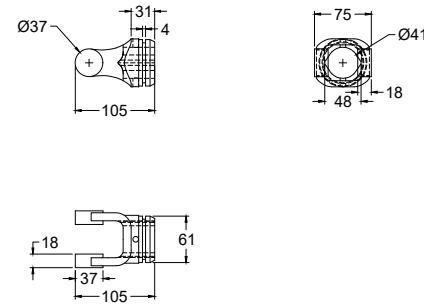
ITEM: 1.1
DENOMINACION: EJE CARDAN EXTERNO
MATERIAL: AISI 1045
ESCALA: 1/10



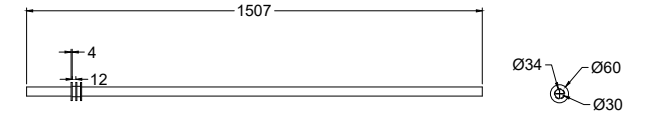
ITEM: 1.2
DENOMINACION: CRUCETA
MATERIAL: AISI 1045
ESCALA: 1/10



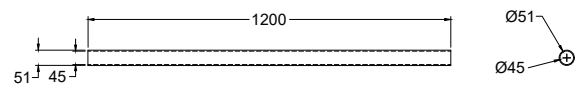
ITEM: 1.3
DENOMINACION: HORQUILLA
MATERIAL: AISI 1045
ESCALA: 1/10



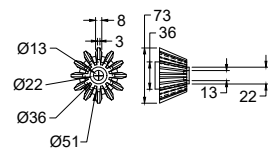
ITEM: 1.4
DENOMINACION: EJE CON POLEA EN V
MATERIAL: AISI 1045
ESCALA: 1/25



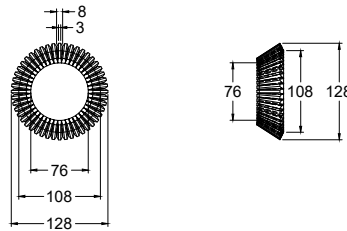
ITEM: 1.5
DENOMINACION: TUBO PROTECTOR
MATERIAL: AISI A36
ESCALA: 1/25



ITEM: 1.6
DENOMINACION: PIÑON
MATERIAL: AISI 1045
ESCALA: 1/10

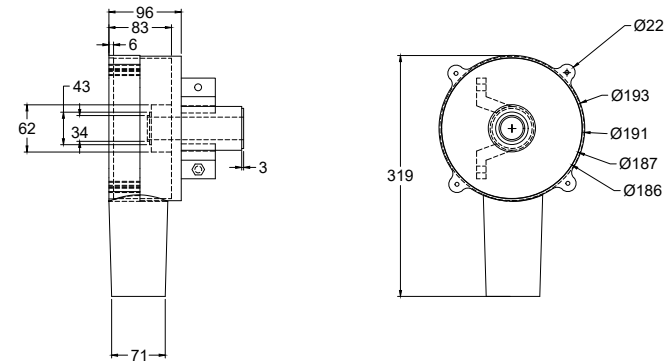


ITEM: 1.7
DENOMINACION: CORONA
MATERIAL: AISI 1045
ESCALA: 1/10



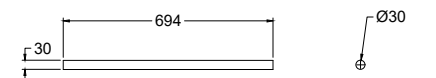
NOMBRE: CAJA DE TRANSMISION

ITEM: 2.1
DENOMINACION: CARCASA O CASCO
MATERIAL: FUNDICION SAE 1020
ESCALA: 1/10

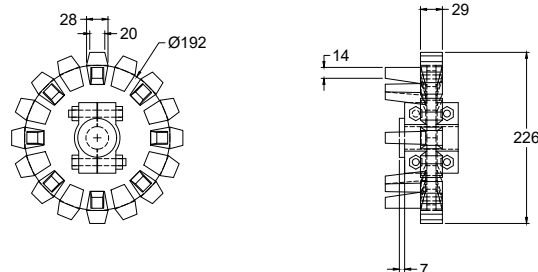


NOMBRE: EJE PRINCIPAL CON CATALINA DE MANDO

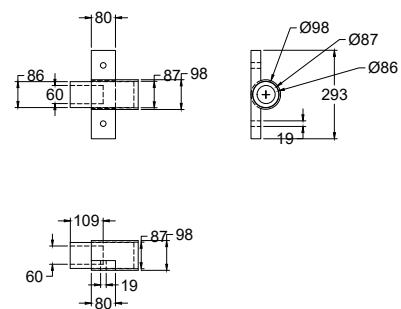
ITEM: 14.1
DENOMINACION: EJE
MATERIAL: AISI 1045
ESCALA: 1/25



ITEM: 14.2
DENOMINACION: CATALINA DENTADA
MATERIAL: FUNDICION SAE 1020
ESCALA: 1/10

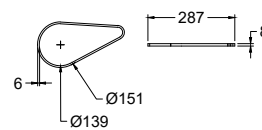


ITEM: 14.3
DENOMINACION: CHUMACERA
MATERIAL: FUNDICION SAE 1020
ESCALA: 1/25



NOMBRE: FAJA DE TRANSMISION EN V

ITEM: 15
DENOMINACION: -
MATERIAL: JEBE
ESCALA: 1/25

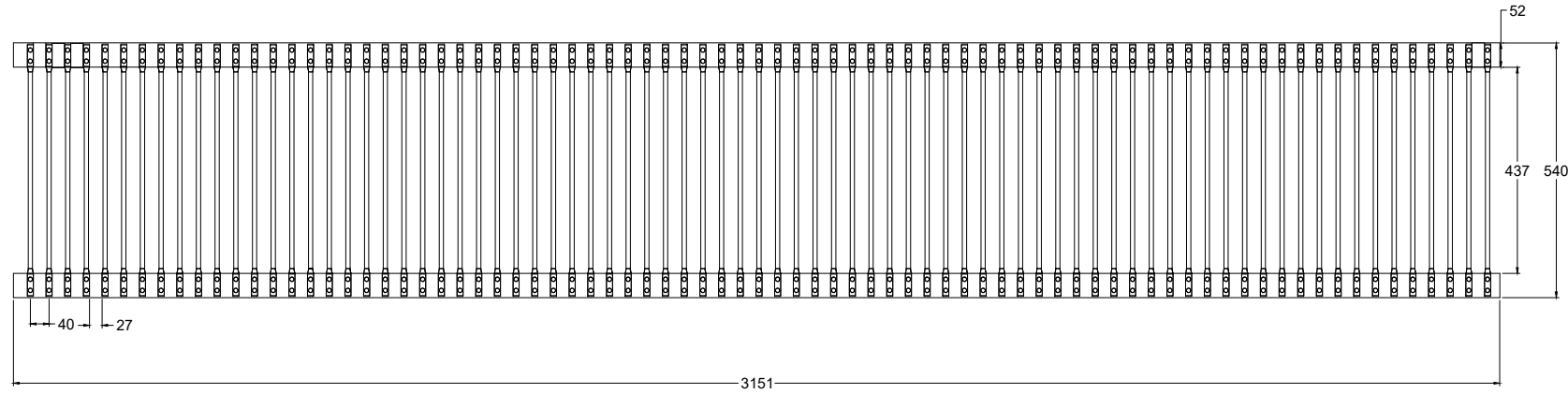


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA Facultad de Ingenieria Agricola-Departamento de Mecanizacion y Energia.		
METODO DE PROYECCION:	PLANO DE ENSAMBLE DE SUB COMPONENTES	ESCALA GENERAL:
PRIMER ANGULO	PIEZAS 1, 2, 14 y 15	Dada en pieza
CANTIDAD: 1	Arrancadora de papa -Zaga con Innovacion.	Lamina: 1
ITEM	DISEÑO: Ing.Luis Garro Santillana.	FECHA:

NOMBRE: CADENA ZARANDEADORA

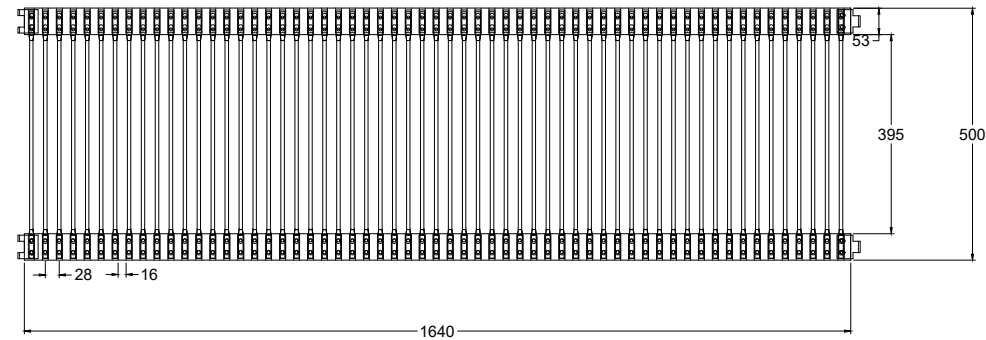
ITEM: 3.2
 DENOMINACION: FAJA DE JEBE CON LONA
 MATERIAL: JEBE CON LONA
 ESCALA: 1/15

LA FAJA de JEBE PARA ESTE CASO PRESENTA LONGITUD :3151mm ; ancho: 52 mm y espesor: 8 mm.



ITEM: 4.3
 DENOMINACION: FAJA DE JEBE CON LONA
 MATERIAL: JEBE CON LONA
 ESCALA: 1/15

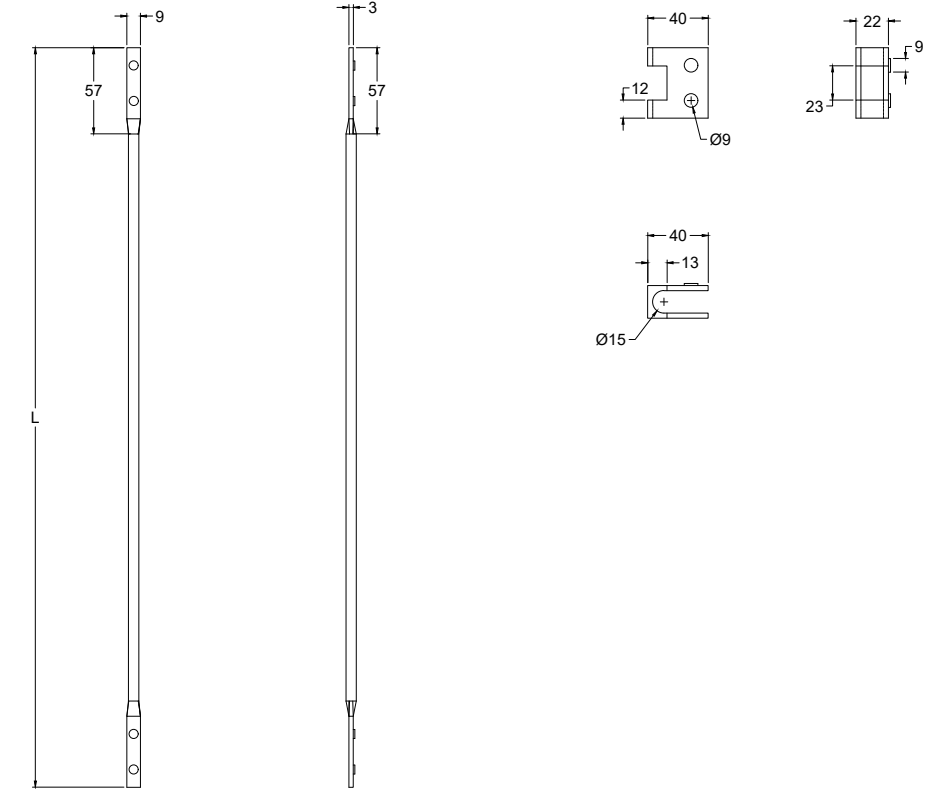
LA FAJA de JEBE PARA ESTE CASO PRESENTA LONGITUD :1640 mm ; ancho: 53 mm y espesor: 8.2 mm.



NOMBRE: CADENA DE DESCARGA LATERAL

ITEM: 3.1 Y 4.1
 DENOMINACION: VARILLA DE ACERO
 MATERIAL: ASTM A 36
 ESCALA: 1/5

ITEM: 4.2
 DENOMINACION: BISAGRA DE ACOPLE
 MATERIAL: ASTM A36
 ESCALA: 1/5

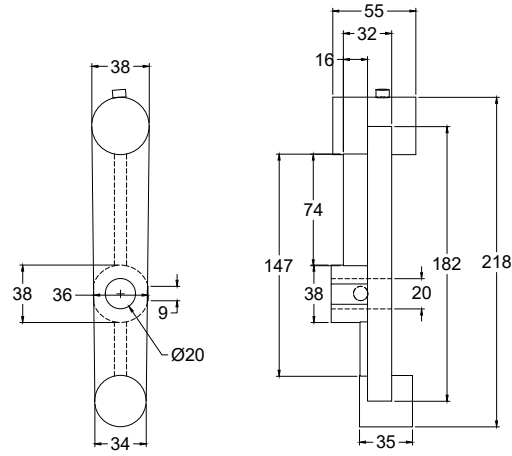


LA LONGITUD L VARIA DE ACUERDO AL ANCHO DE LA FAJA A ESTUDIAR.

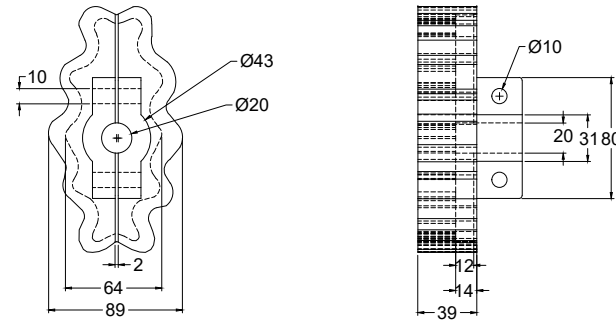
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA Facultad de Ingenieria Agricola-Departamento de Mecanizacion y Energia.		
METODO DE PROYECCION: PRIMER ANGULO	PLANO DE ENSAMBLE DE SUB COMPONENTES PIEZAS 10 y 20	ESCALA GENERAL: Dada en pieza
CANTIDAD: 1	Arrancadora de papa -Zaga con Innovacion.	Lamina: 2
ITEM	DISEÑO: Ing.Luis Garro Santillana.	FECHA:

NOMBRE: MECANISMO DE VIBRACION DE ZARANDA.

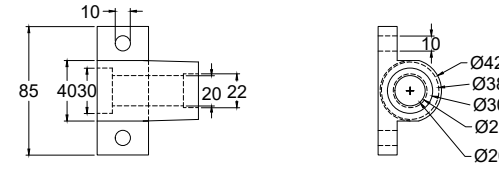
ITEM: 5.5
DENOMINACION: BALANCIN.
MATERIAL: FUNDICION SAE 1020.
ESCALA: 1/5



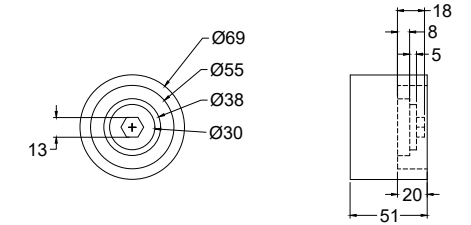
ITEM: 5.4.
DENOMINACION: LEVA
MATERIAL: FUNDICION SAE 1020.
ESCALA: 1/5



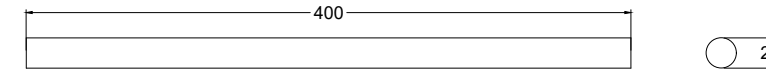
ITEM: 5.1
DENOMINACION: CHUMACERA.
MATERIAL: FUNDICION SAE 1020.
ESCALA: 1/5



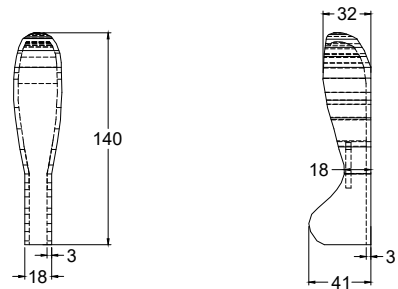
ITEM: 5.6
DENOMINACION: RODILLO GUIA.
MATERIAL: AISI 1045.
ESCALA: 1/5



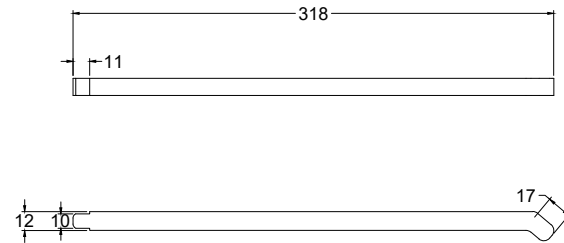
ITEM: 5.3
DENOMINACION: EJE GUIA SECUNDARIO
MATERIAL: AISI 1045
ESCALA: 1/5



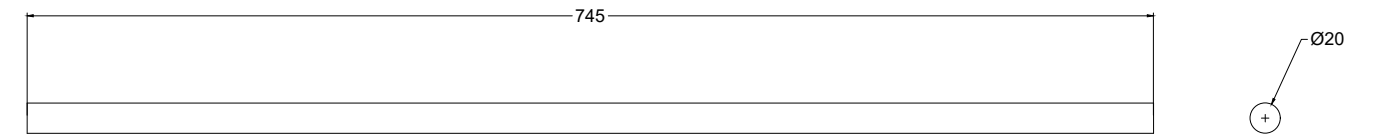
ITEM: 5.9
DENOMINACION: PULSADOR.
MATERIAL: AISI 1045
ESCALA: 1/5



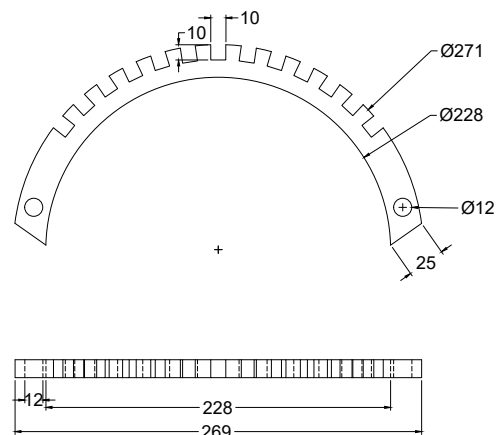
ITEM: 5.10
DENOMINACION: VARILLA TENSORA.
MATERIAL: AISI 1045
ESCALA: 1/5



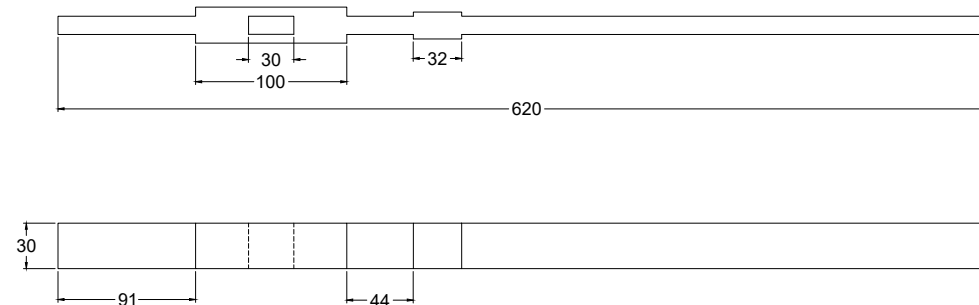
ITEM: 5.2
DENOMINACION: EJE SOPORTE PRINCIPAL.
MATERIAL: AISI 1045.
ESCALA: 1/5



ITEM: 5.9
DENOMINACION: 5.8
MATERIAL: AISI 10145
ESCALA: 1/5



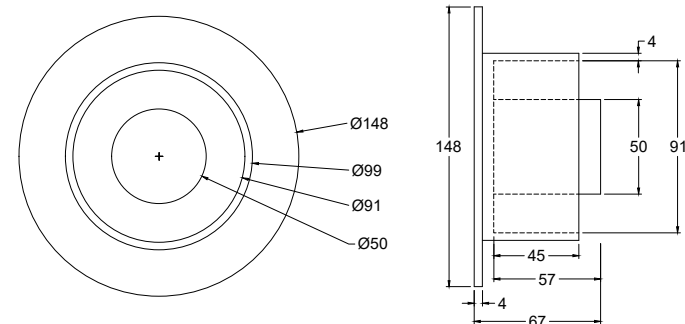
ITEM: 5.8
DENOMINACION: PALANCA
MATERIAL: AISI 1045
ESCALA: 1/5



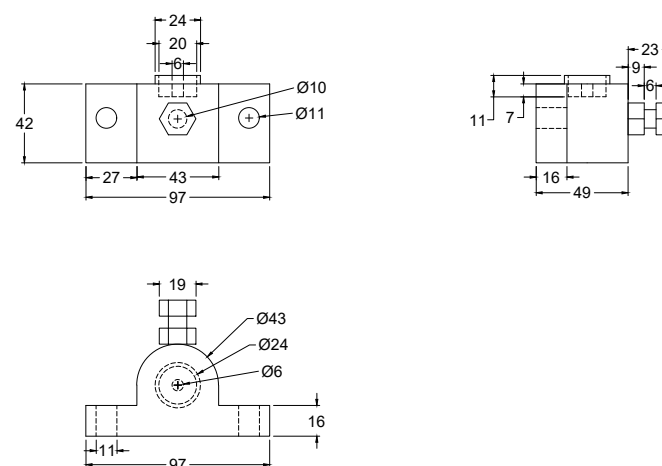
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA Facultad de Ingenieria Agricola-Departamento de Mecanizacion y Energia.		
METODO DE PROYECCION: PRIMER ANGULO	PLANO DE ENSAMBLE DE SUB COMPONENTES PIEZA :5 .	ESCALA GENERAL: Dada en pieza
CANTIDAD: 1	Arrancadora de papa -Zaga con Innovacion.	Lamina:3
ITEM	DISEÑO: Ing.Luis Garro Santillana.	FECHA:

NOMBRE: MECANISMO TEMPLADOR DE CADENA DE DESCARGA LATERAL.

ITEM: 6.4
DENOMINACION: RODILLO TENSOR.
MATERIAL: AISI 1045
ESCALA: 1/4

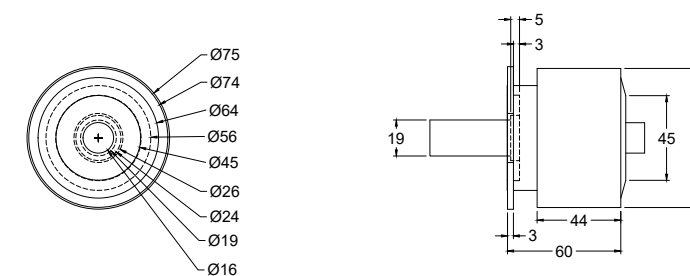


ITEM: 6.4
DENOMINACION: CHUMACERA
MATERIAL: FUNDICION SAE 1020
ESCALA: 1/4



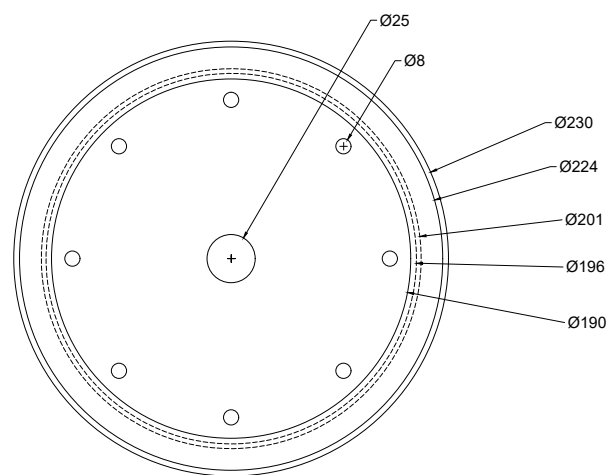
NOMBRE: RODILLOS GUIA DE CADENA ZARANDEADORA.

ITEM: 19
DENOMINACION:
MATERIAL: AISI 1045
ESCALA: 1/4

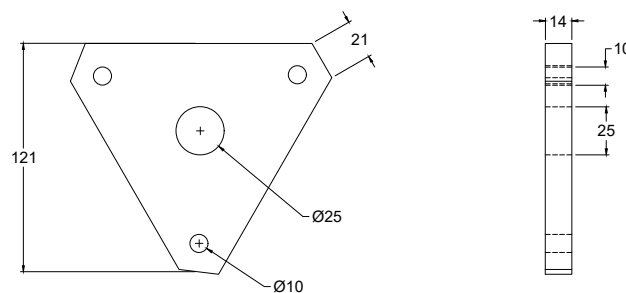


NOMBRE: EJE Y RUEDAS.

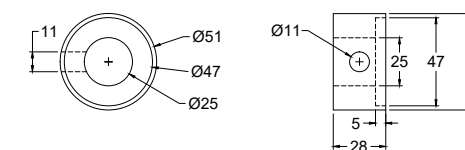
ITEM: 21.1
DENOMINACION: ARO DE PLANCHA REPUJADA
MATERIAL:
ESCALA: 1/4



ITEM: 21.2
DENOMINACION: BOCAMAZA GUIA.
MATERIAL: FUNDICION SAE 1020
ESCALA: 1/4



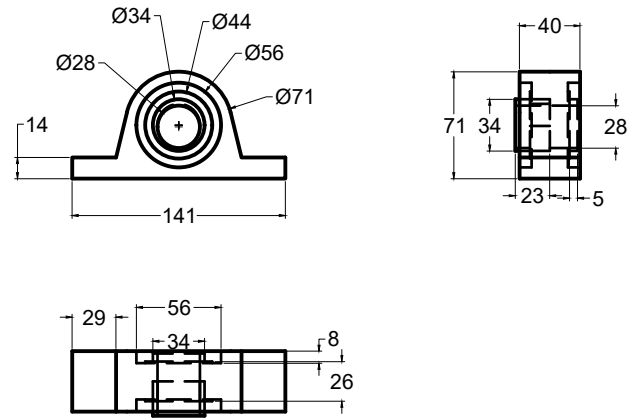
ITEM: 21.3
DENOMINACION: ARO DE SEGURIDAD.
MATERIAL: ASTM A 36
ESCALA: 1/4



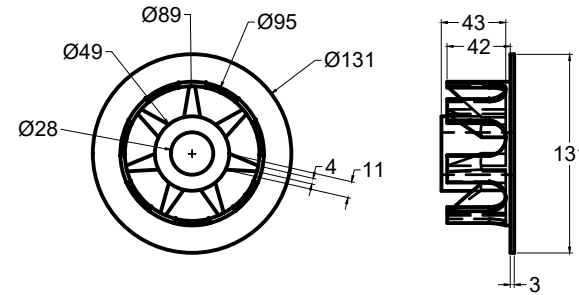
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA Facultad de Ingenieria Agricola-Departamento de Mecanizacion y Energia.		
METODO DE PROYECCION: PRIMER ANGULO	PLANO DE ENSAMBLE DE SUB COMPONENTES PIEZAS 6 , 19 y 21	ESCALA GENERAL: Dada en pieza
CANTIDAD: 1	Arrancadora de papa -Zaga con Innovacion.	Lamina: 4
ITEM	DISEÑO: Ing.Luis Garro Santillana.	FECHA:

NOMBRE: MANDO DE CADENA DE DESCARGA LATERAL

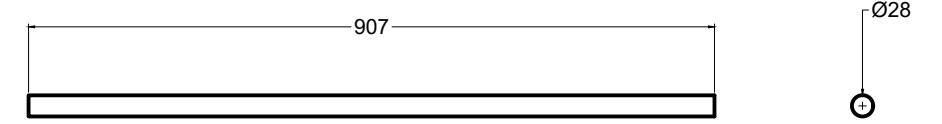
ITEM: 7.1
 DENOMINACION: CHUMACERA
 MATERIAL: FUNDICION SAE 1020
 ESCALA: 1/5



ITEM: 7.2
 DENOMINACION: RODILLO GUIA
 MATERIAL: AISI 1045
 ESCALA: 1/5

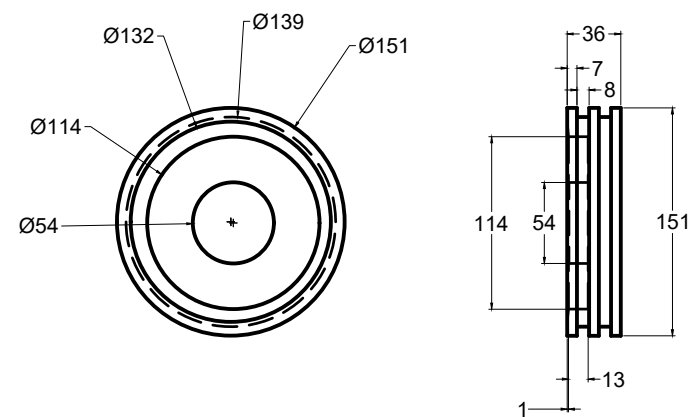


ITEM: 7.3
 DENOMINACION: EJE PRINCIPAL
 MATERIAL: AISI 1045
 ESCALA: 1/10



NOMBRE: POLEA PARA FAJA DESCARGA LATERAL

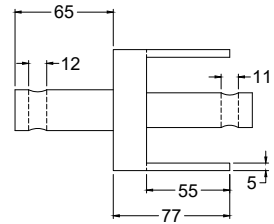
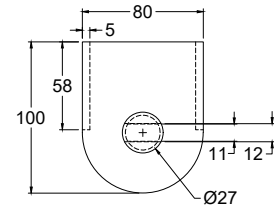
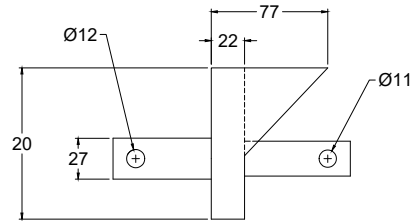
ITEM: 16
 DENOMINACION:
 MATERIAL: FUNDICION SAE 1020
 ESCALA: 1/5



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA Facultad de Ingenieria Agricola-Departamento de Mecanizacion y Energia.		
METODO DE PROYECCION:	PLANO DE ENSAMBLE DE SUB COMPONENTES	ESCALA GENERAL:
PRIMER ANGULO	PIEZA 7	Dada en pieza
CANTIDAD: 1	Arrancadora de papa -Zaga con Innovacion.	Lamina:5
ITEM	DISEÑO: Ing.Luis Garro Santillana.	FECHA:

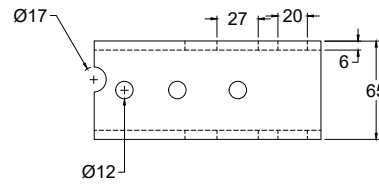
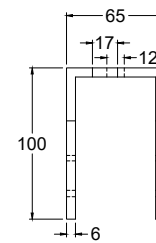
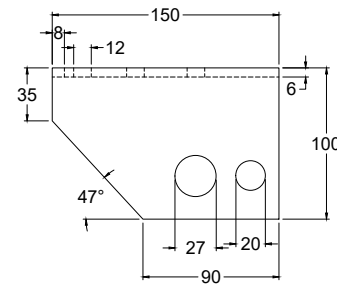
NOMBRE: SOPORTE DE ENGANCHE INFERIOR DE 3 PUNTOS.

ITEM: 8
 DENOMINACION:-
 MATERIAL:
 ESCALA:1/5



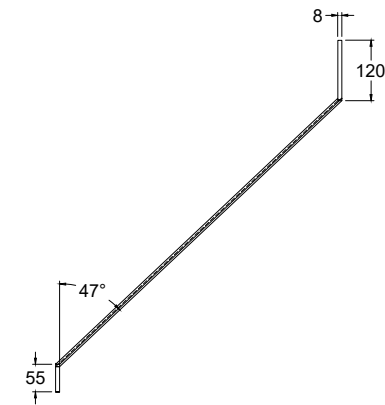
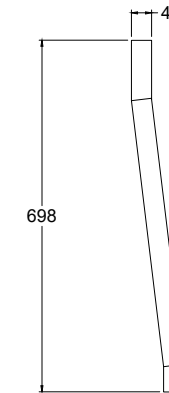
NOMBRE: SOPORTE DE ENGANCHE SUPERIOR DE 3 PUNTOS

ITEM: 9
 DENOMINACION:-
 MATERIAL:
 ESCALA:1/5

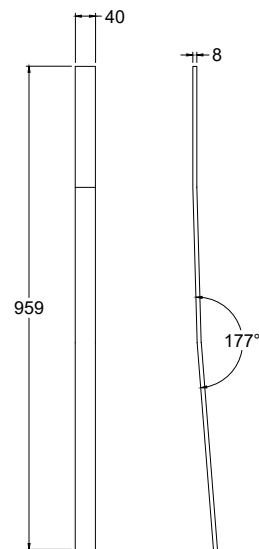


NOMBRE: TENSORES DE ENGANCHES DE 3 PUNTOS.

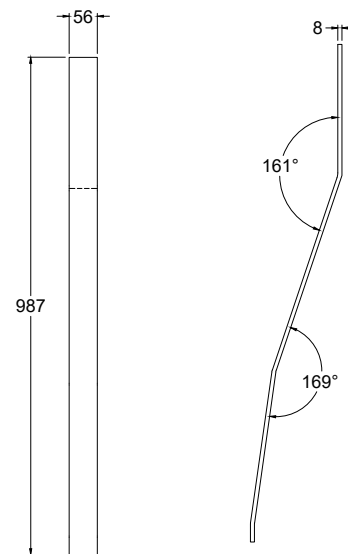
ITEM: 13.1
 DENOMINACION: TENSOR 1
 MATERIAL: AISI 1045
 ESCALA:1/15



ITEM: 13.2
 DENOMINACION: TENSOR 2
 MATERIAL: AISI 1045
 ESCALA:1/15



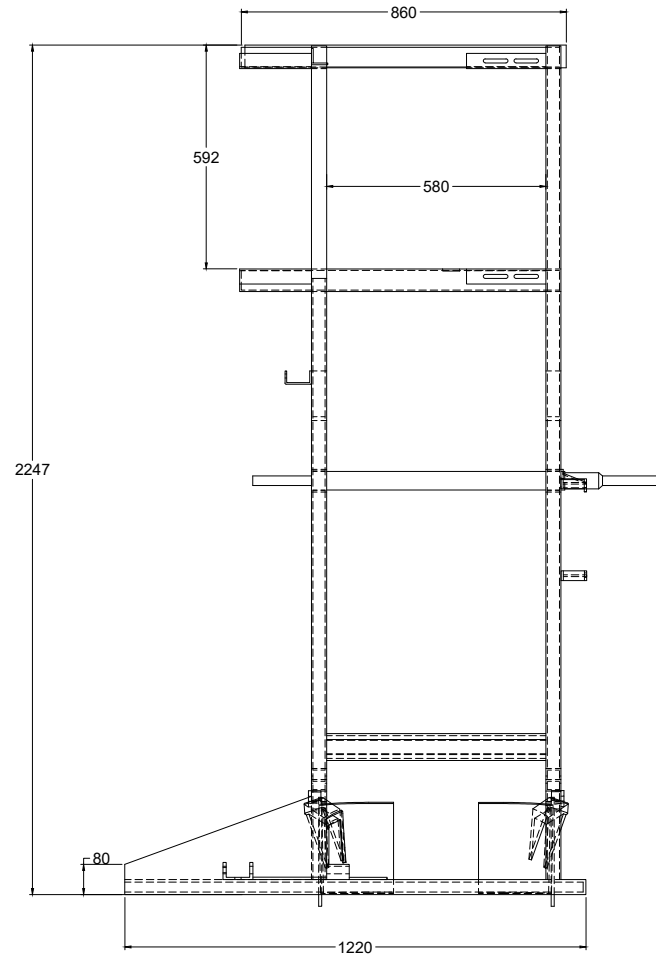
ITEM: 13.3
 DENOMINACION: TENSOR 3
 MATERIAL: AISI 1045
 ESCALA:1/15



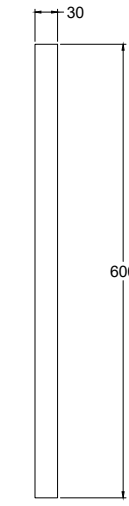
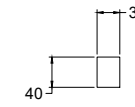
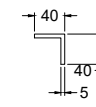
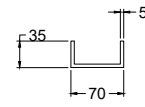
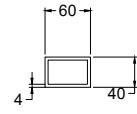
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA Facultad de Ingenieria Agricola-Departamento de Mecanizacion y Energia.		
METODO DE PROYECCION: PRIMER ANGULO	PLANO DE ENSAMBLE DE SUB COMPONENTES PIEZAS 8,9 y 13	ESCALA GENERAL: Dada en pieza
CANTIDAD: 1	Arrancadora de papa -Zaga con Innovacion.	Lamina: 6
ITEM	DISEÑO: Ing.Luis Garro Santillana.	FECHA:

NOMBRE: BASTIDOR O CHASIS PRINCIPAL

ITEM:10
DENOMINACION: VISTA DE PLANTA
MATERIAL:
ESCALA:1/20

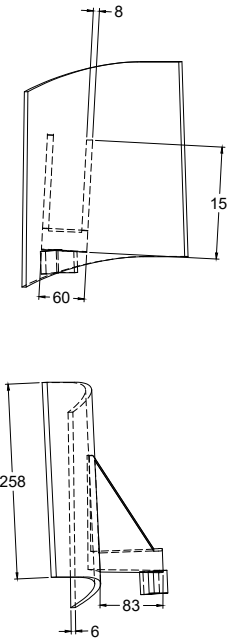


ITEM: 10.1
DENOMINACION: TUBO
RECTANGULAR
MATERIAL:ASTM A36
ESCALA:1/10

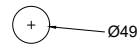


ITEM:10.3
DENOMINACION: VIGA EN UPL
MATERIAL:
ESCALA:1/10

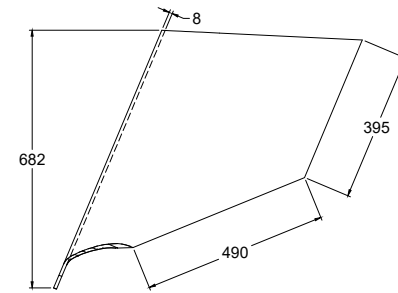
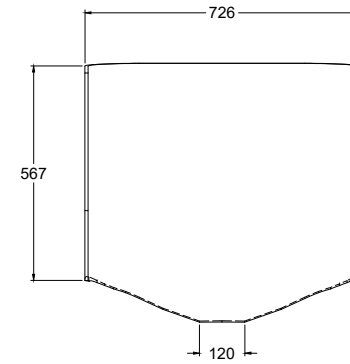
ITEM: 10.5
DENOMINACION: PLANCHA SPRT. CUCHILLA
MATERIAL: ASTM A36
ESCALA:1/10



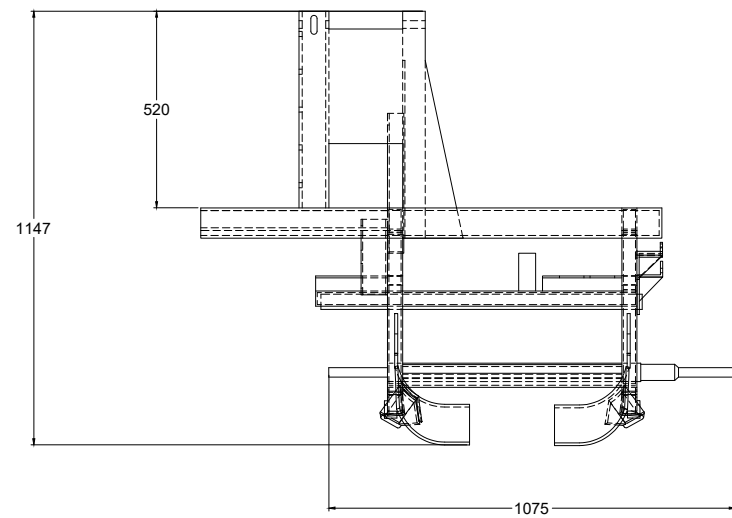
ITEM: 10.4
DENOMINACION: TUBO REDONDO
MATERIAL:ASTM A36
ESCALA:1/10



ITEM: 20.1
DENOMINACION: CUCHILLA DE CORTE
MATERIAL: ASTM 1045
ESCALA:1/20



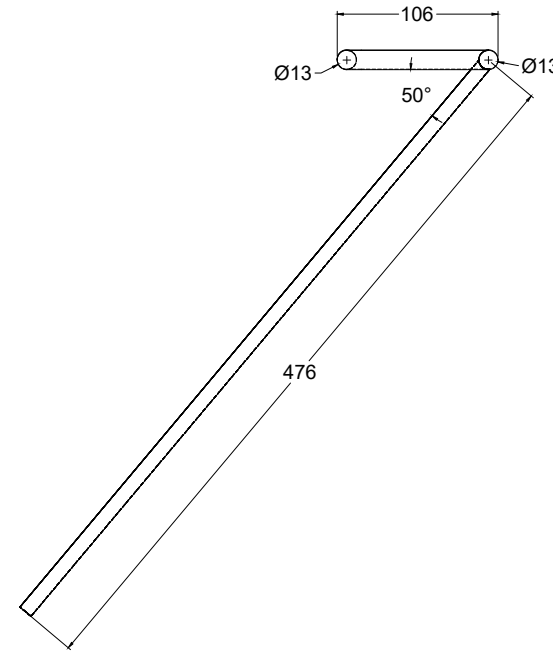
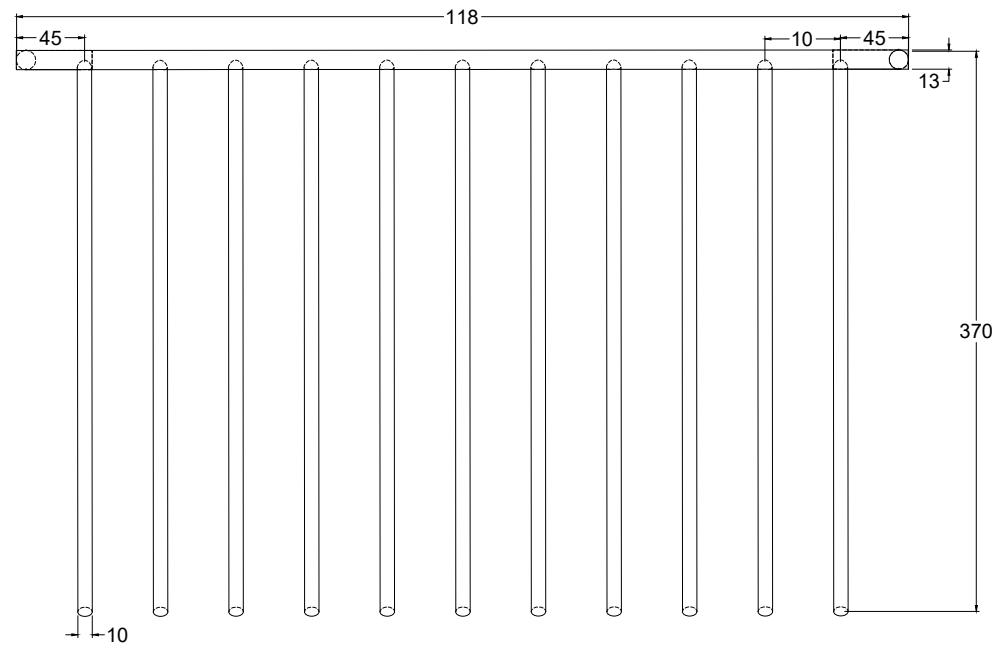
ITEM: 10
DENOMINACION: VISTA FRONTAL
MATERIAL:
ESCALA:1/20



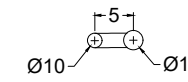
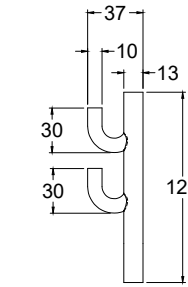
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA Facultad de Ingenieria Agricola-Departamento de Mecanizacion y Energia.		
METODO DE PROYECCION:	PLANO DE ENSAMBLE DE SUB COMPONENTES	ESCALA GENERAL:
PRIMER ANGULO	PIEZAS 10 y 20	Dada en pieza
CANTIDAD: 1	Arrancadora de papa -Zaga con Innovacion.	Lamina:7
ITEM	DISEÑO: Ing.Luis Garro Santillana.	FECHA:

NOMBRE: REJILLAS SELECCIONADORAS

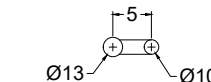
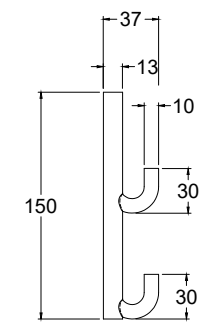
ITEM: 11.1
 DENOMINACION: VARILLA DE 1/2"
 MATERIAL: ASTM A36
 ESCALA: 1/5



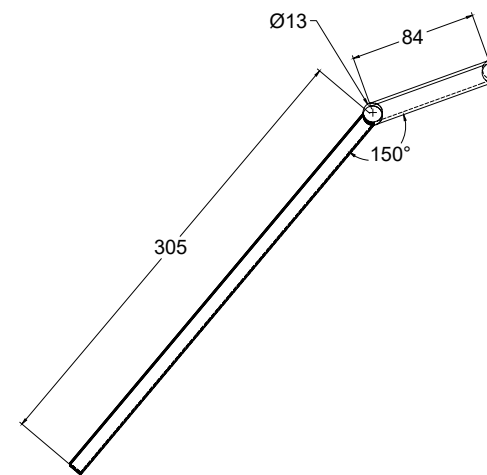
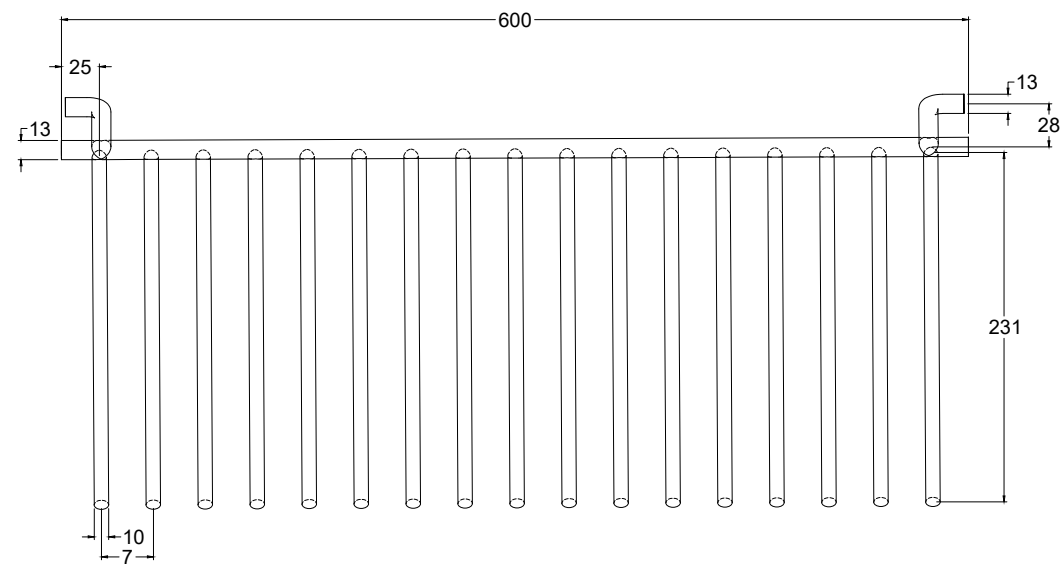
ITEM: 11.3
 DENOMINACION: Sprte.SUPERIOR
 MATERIAL: ASTM A36
 ESCALA: 1/5



ITEM: 11.4
 DENOMINACION: Sprte.INFERIOR
 MATERIAL: ASTM A36
 ESCALA: 1/5



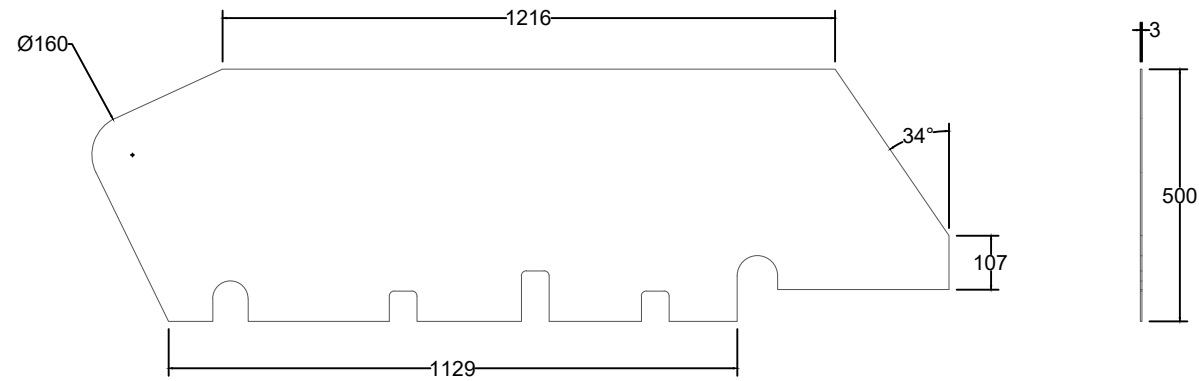
ITEM: 11.2
 DENOMINACION: VARILLA DE 5/16"
 MATERIAL: ASTM A36
 ESCALA: 1/5



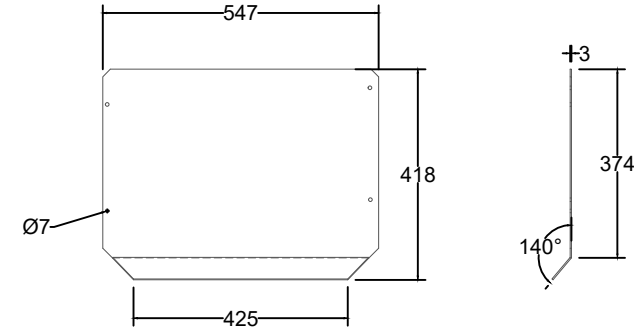
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA Facultad de Ingenieria Agricola-Departamento de Mecanizacion y Energia.		
METODO DE PROYECCION: PRIMER ANGULO	PLANO DE ENSAMBLE DE SUB COMPONENTES PIEZA 11	ESCALA GENERAL: Dada en pieza
CANTIDAD: 1	Arrancadora de papa -Zaga con Innovacion.	Lamina:8
ITEM	DISEÑO: Ing.Luis Garro Santillana.	FECHA:

NOMBRE: PLANCHAS PROTECTORAS

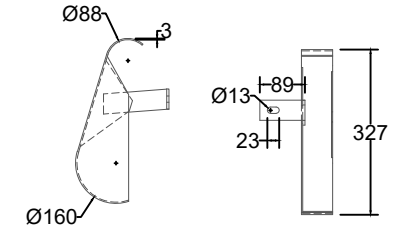
ITEM: 12.1
 DENOMINACION: PLANCHAS LATERALES
 MATERIAL: ASTM A36
 ESCALA: 1/15



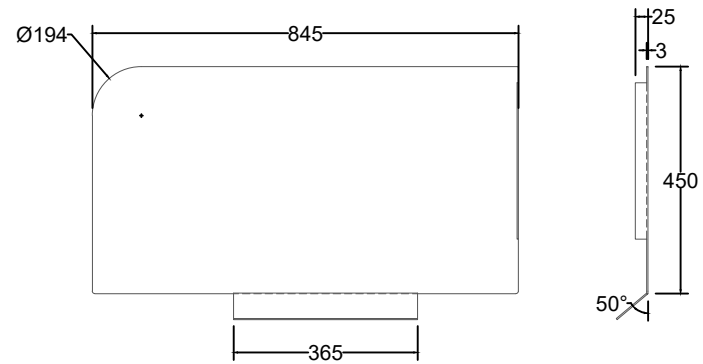
ITEM: 12.2
 DENOMINACION: PLANCHA LATERAL IZQUIERDA
 MATERIAL: ASTM A36
 ESCALA: 1/15



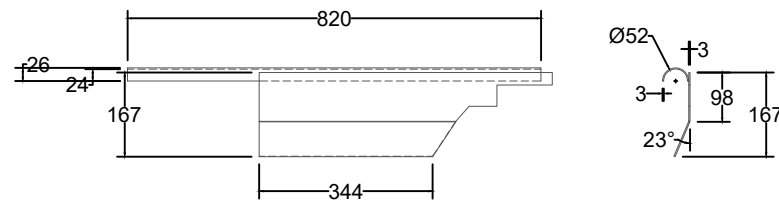
ITEM: 12.7
 DENOMINACION: PROTECTOR DE POLEA EN V
 MATERIAL: ASTM A36
 ESCALA: 1/15



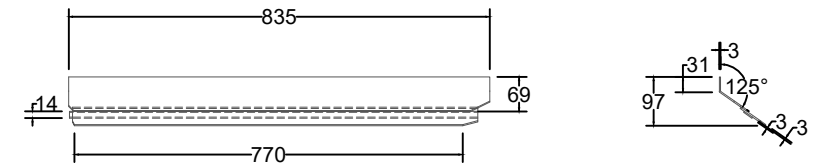
ITEM: 12.3
 DENOMINACION: PLANCHA DE FONDO
 MATERIAL: ASTM A36
 ESCALA: 1/15



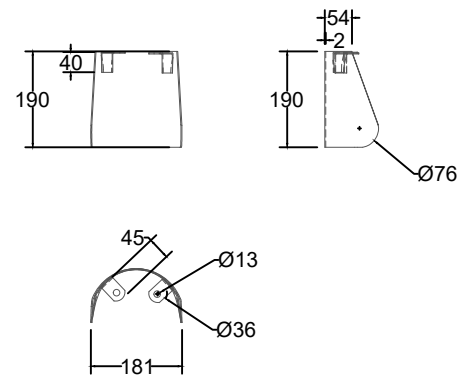
ITEM: 12.5
 DENOMINACION: PLANCHA PROTECTOR DE CADENA DELANTERA
 MATERIAL: ASTM A36
 ESCALA: 1/15



ITEM: 12.6
 DENOMINACION: PLANCHA PROTECTOR DE CADENA POSTERIOR
 MATERIAL: ASTM A36
 ESCALA: 1/15



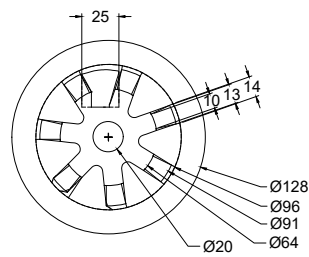
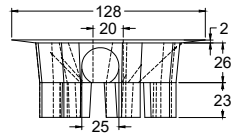
ITEM: 12.8
 DENOMINACION: PROTECTOR DE CARDAN
 MATERIAL: ASTM A36
 ESCALA: 1/15



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA Facultad de Ingeniería Agrícola-Departamento de Mecanización y Energía.		
METODO DE PROYECCION:	PLANO DE ENSAMBLE DE SUB COMPONENTES	ESCALA GENERAL:
PRIMER ANGULO	PIEZA 12	Dada en pieza
CANTIDAD: 1	Arrancadora de papa -Zaga con Innovacion.	Lamina: 9
ITEM	DISEÑO: Ing.Luis Garro Santillana.	FECHA:

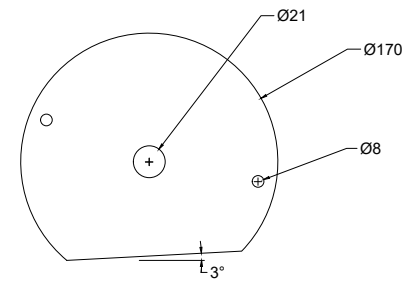
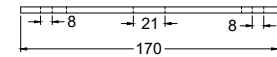
NOMBRE: EJE GUIA INFERIOR DE CADENA ZARANDEADORA.

ITEM: 17.4
 DENOMINACION: RODILLO DENTADO
 MATERIAL: FUNDICION SAE 1020
 ESCALA: 1/5

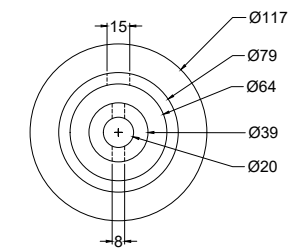
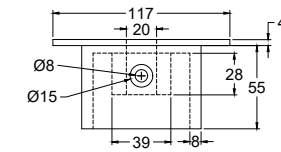


NOMBRE: EJE GUIA SUPERIOR DE CADENA ZARANDEADORA.

ITEM: 18.5
 DENOMINACION: PLANCHA CIRCULAR GUIA
 MATERIAL: ASTM A 36
 ESCALA: 1/5



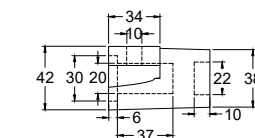
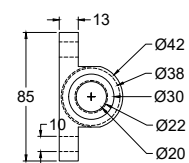
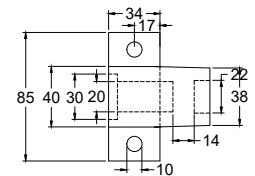
ITEM: 18.4
 DENOMINACION: RODILLO LISO.
 MATERIAL: AISI 1045.
 ESCALA: 1/5



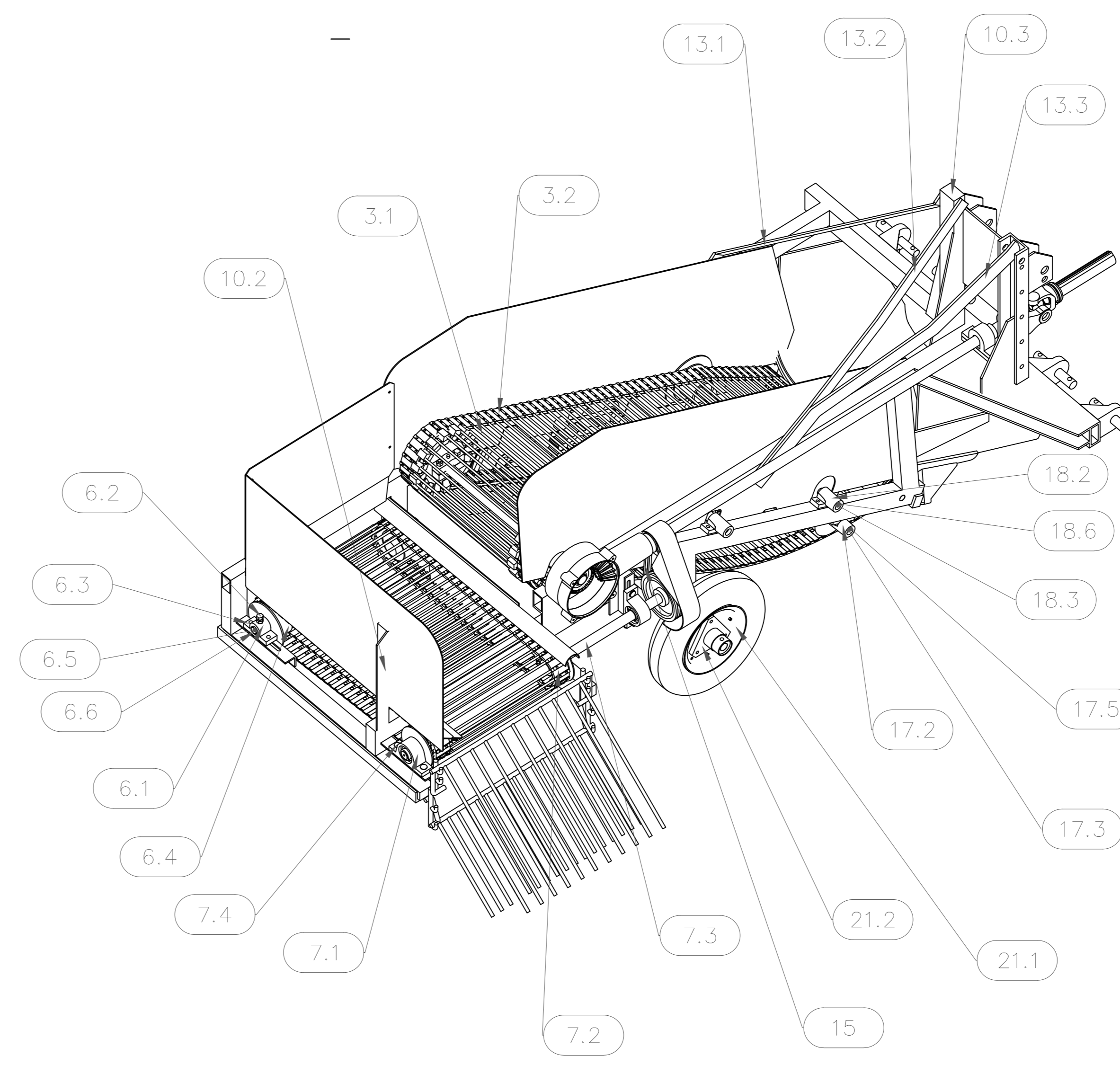
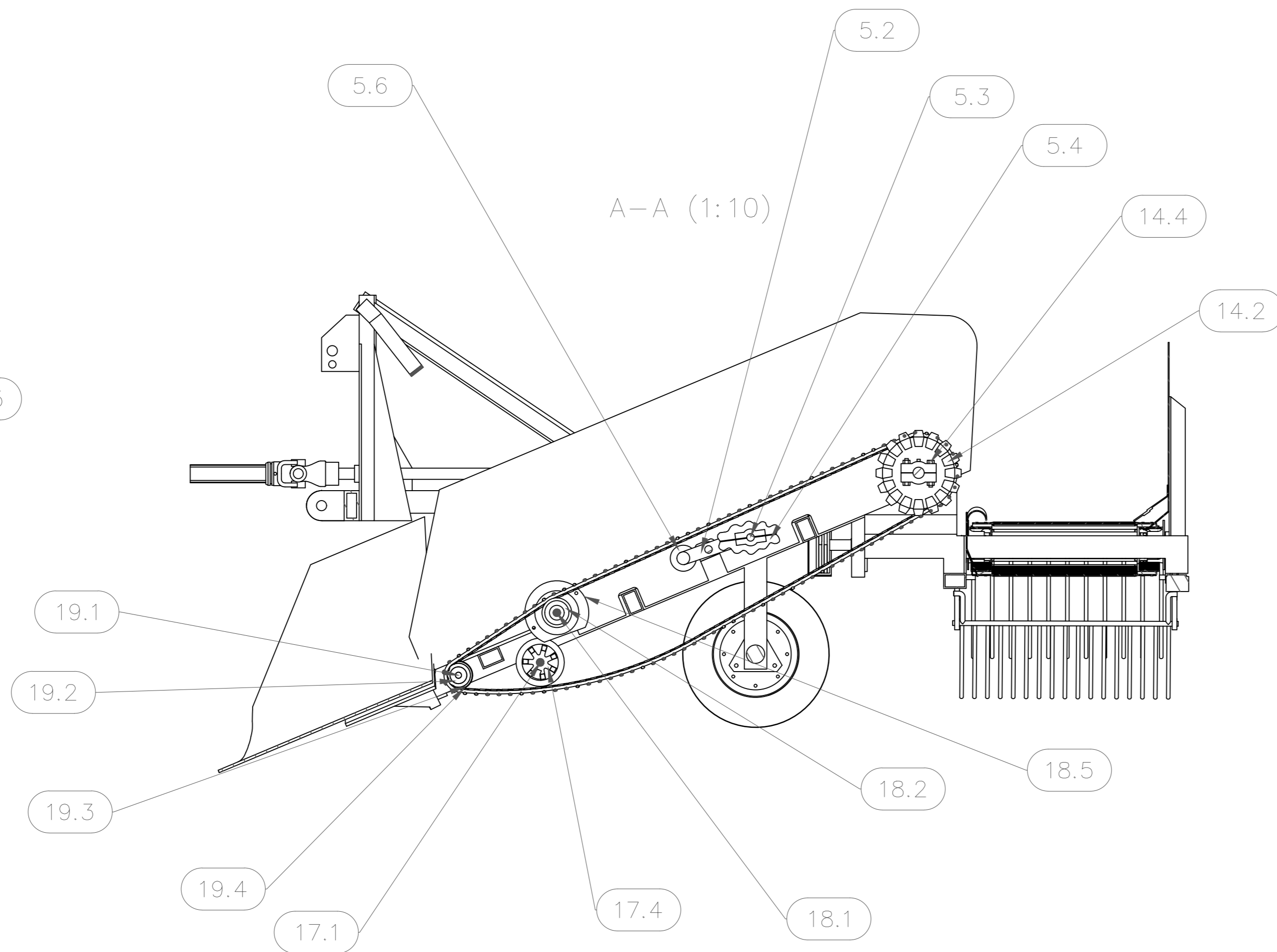
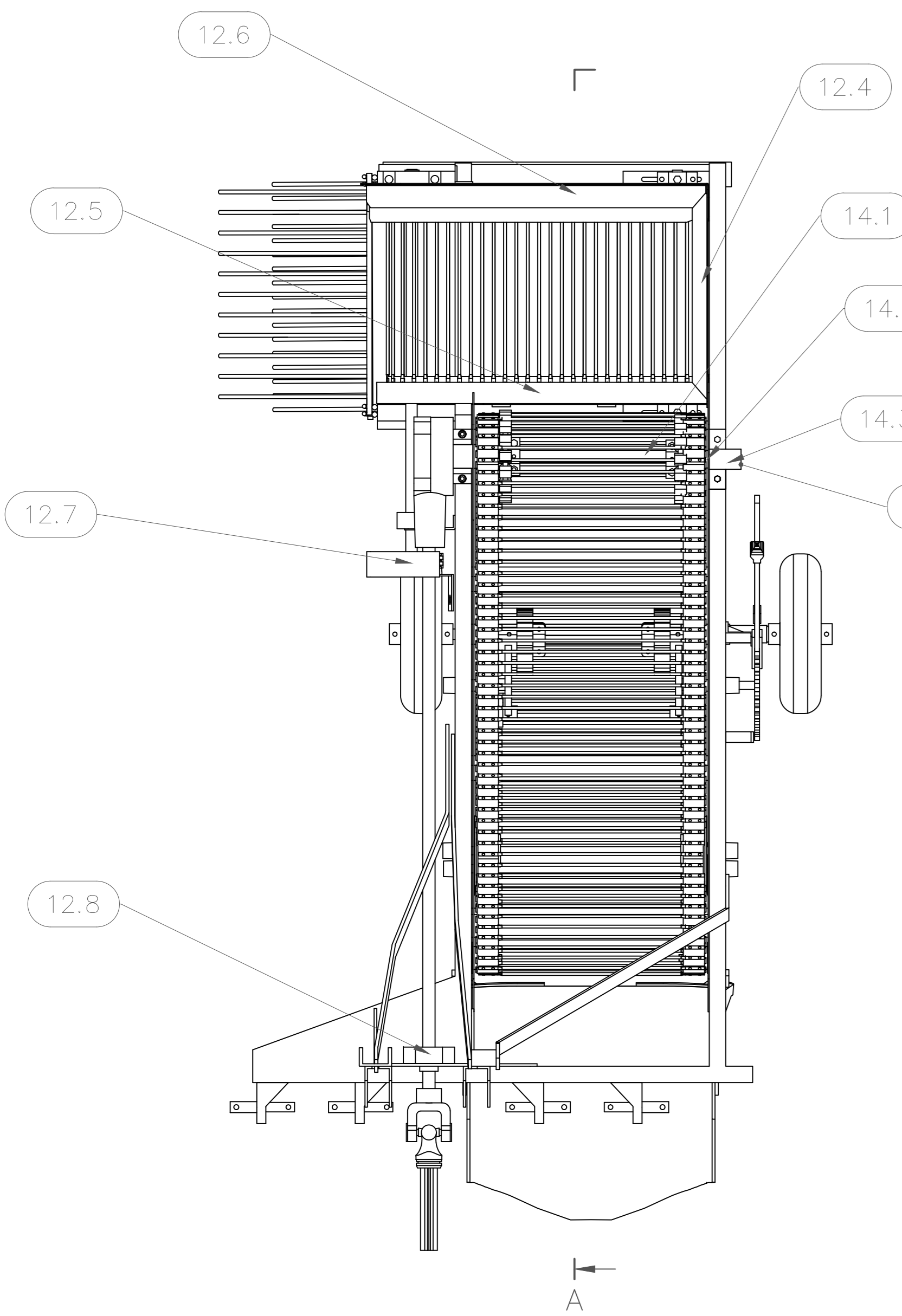
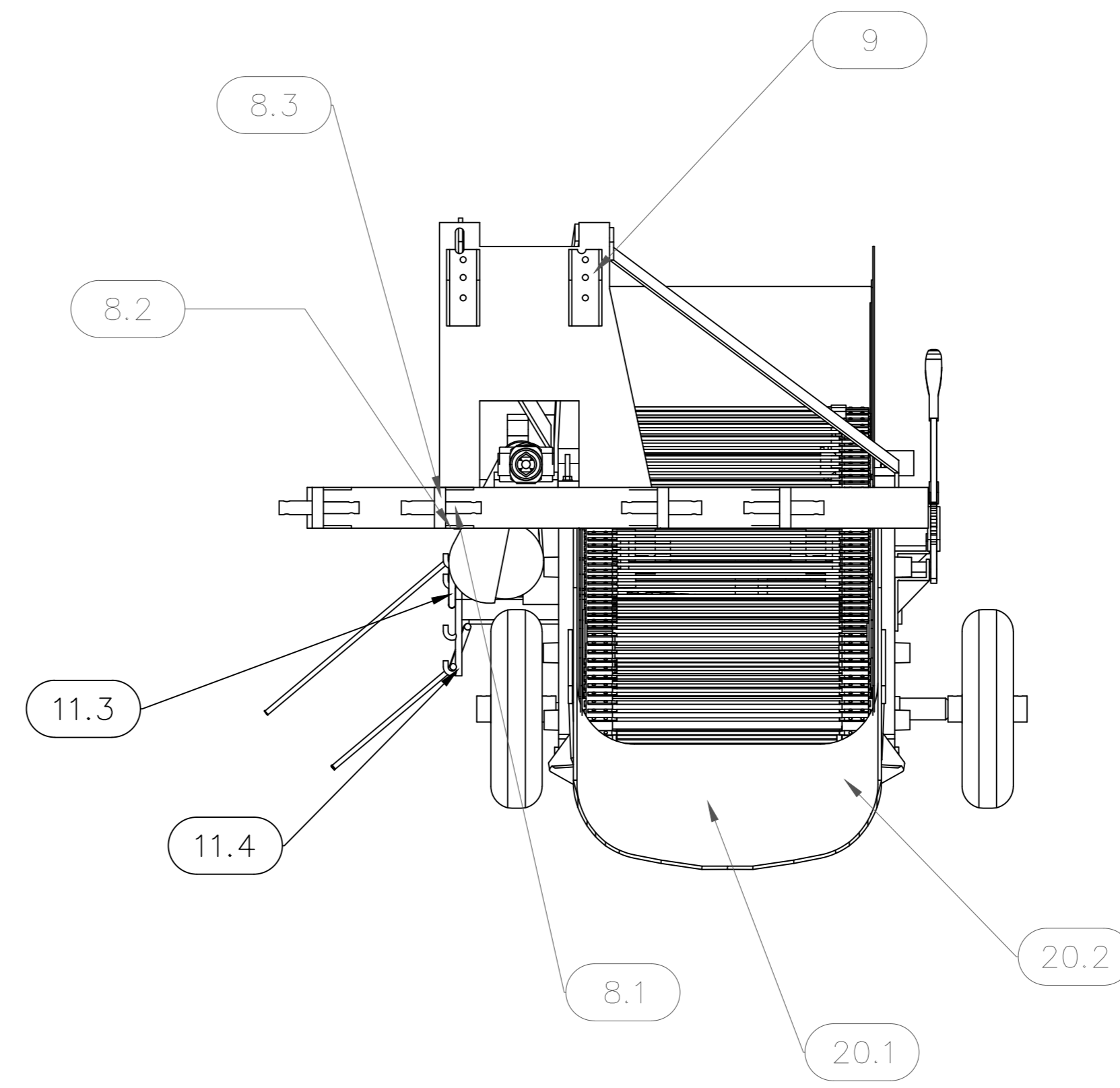
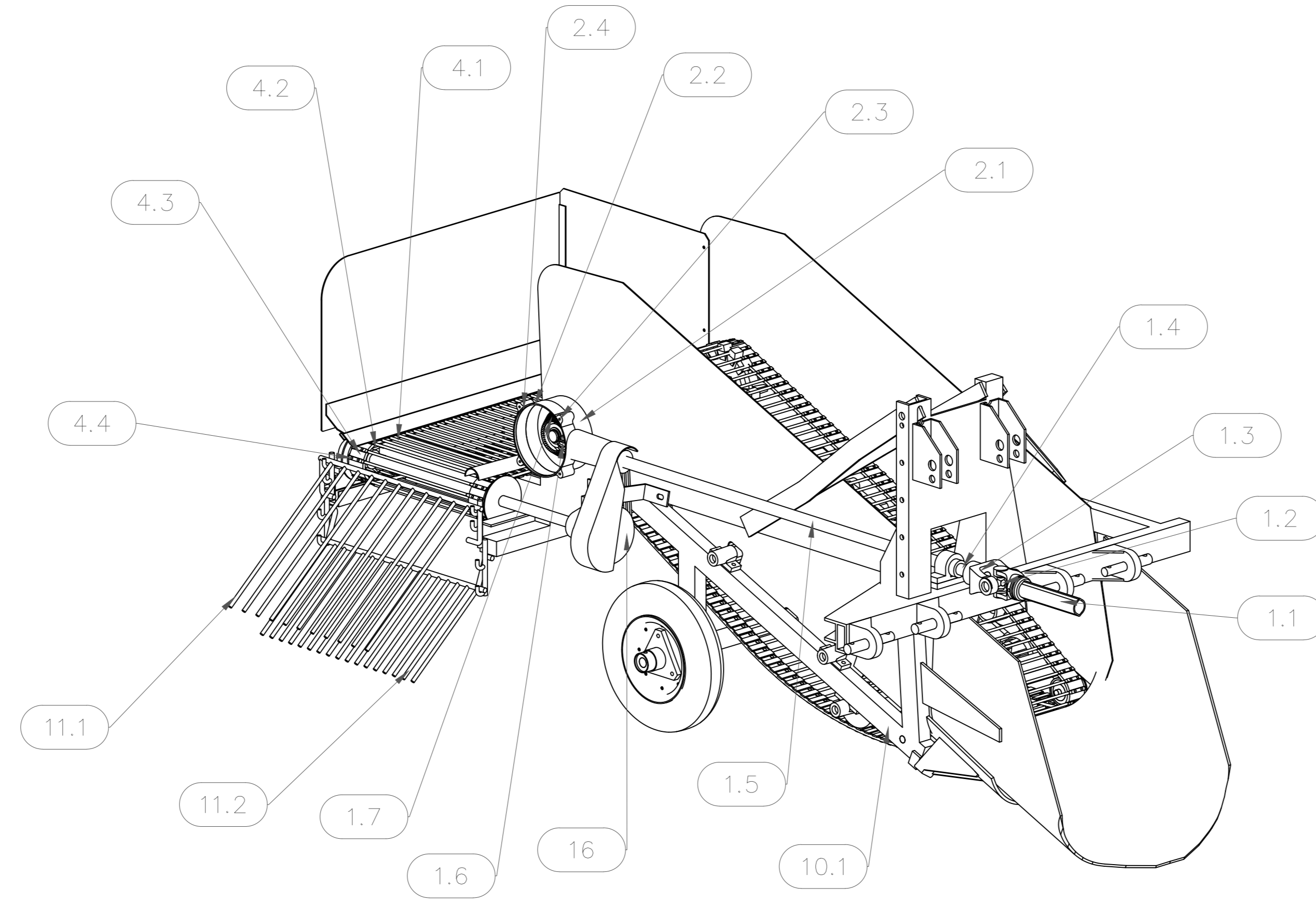
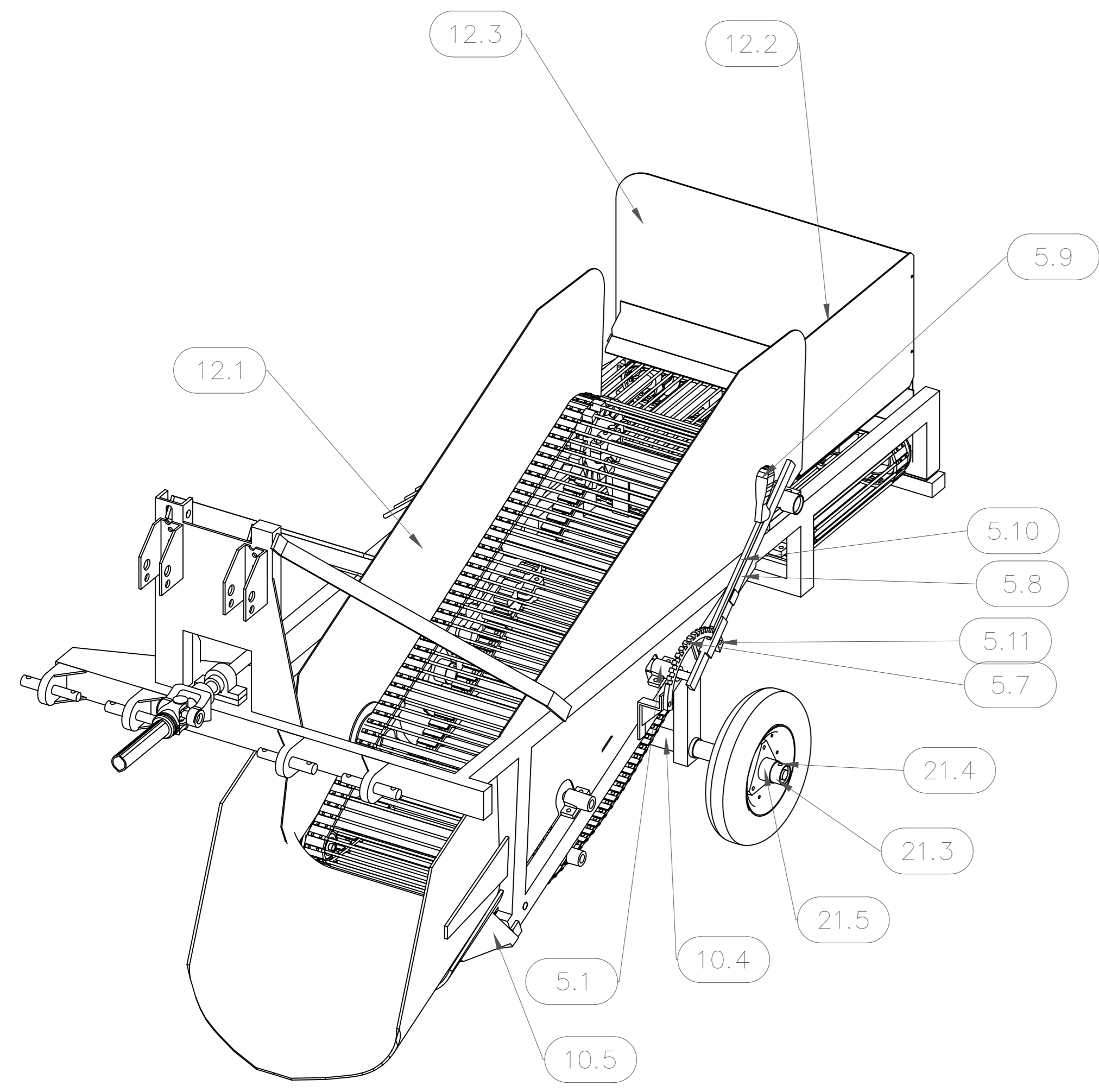
ITEM: 17.1 Y 18.1 .
 DENOMINACION: EJE GUIA.
 MATERIAL: AISI 1045
 ESCALA: 1/5



ITEM: 17.2 Y 18.2 .
 DENOMINACION: CHUMACERA.
 MATERIAL: FUNDICION SAE 1020.
 ESCALA: 1/5



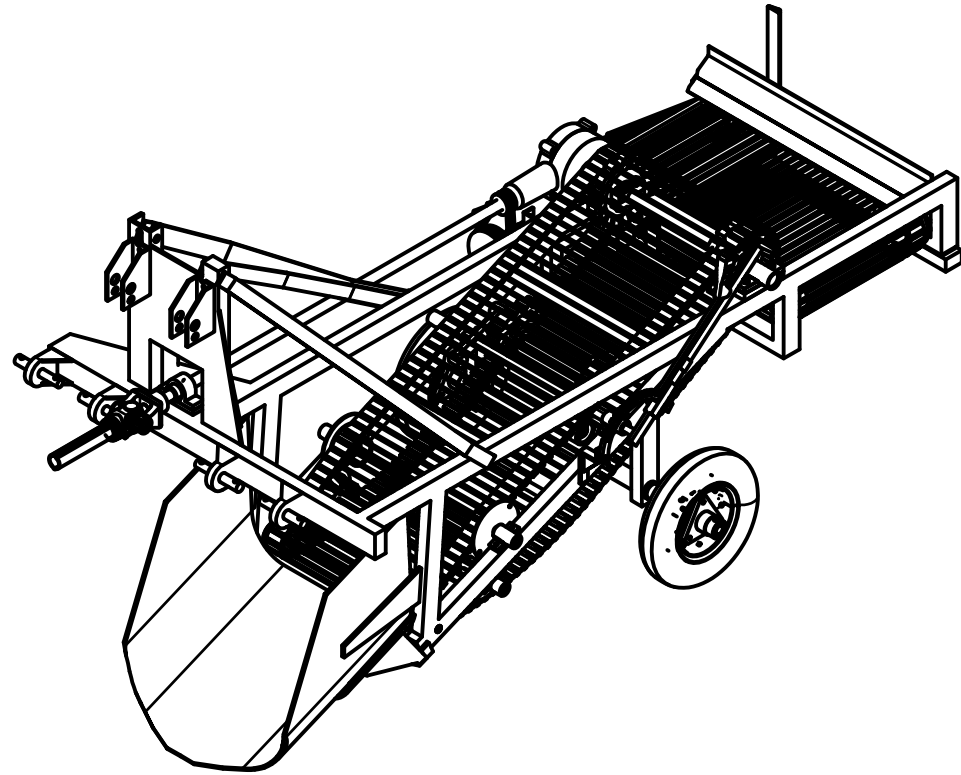
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA Facultad de Ingeniería Agrícola-Departamento de Mecanización y Energía.		
METODO DE PROYECCION:	PLANO DE ENSAMBLE DE SUB COMPONENTES	ESCALA GENERAL:
PRIMER ANGULO	PIEZAS 17 y 18.	Dada en pieza
CANTIDAD: 1	Arrancadora de papa -Zaga con Innovacion.	Lamina: 10
ITEM	DISEÑO: Ing.Luis Garro Santillana.	FECHA:



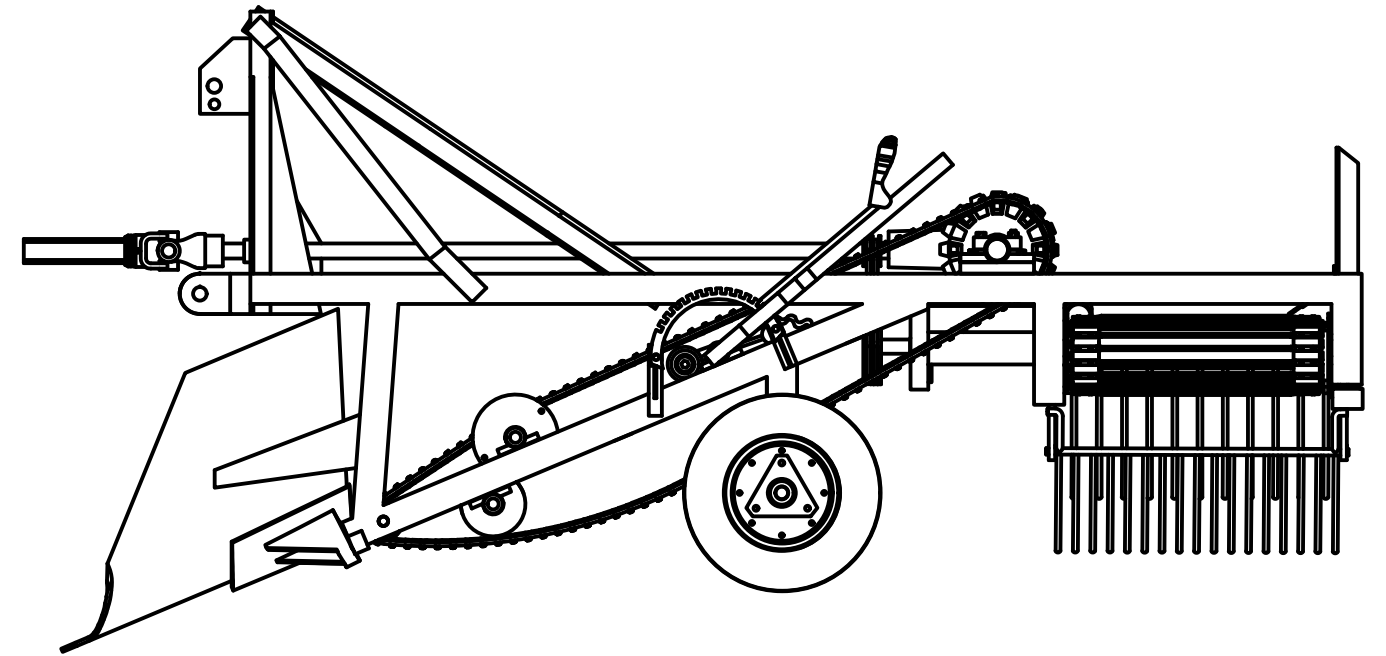
ITEM	CANT	DENOMINACION	MATERIAL	OBSERVACIONES
1	1	EJE PRINCIPAL DE MANDO PTO		
1.1	1	EJE CARDAN EXTERNO	ASI 1045	
1.2	2	CRUCETA	ASI 1045	
1.3	4	HORQUILLA	ASI 1045	
1.4	1	EJE CON POLEA EN V	ASI 1045	
1.5	1	TUBO PROTECTOR	ASTM A36	
1.6	1	PIÑON	ASI 1045	
1.7	1	CORONA	ASI 1045	
2	1	CAJA DE TRANSMISION		
2.1	1	CARACA O CASCO	FUNDICION SAE 1020	
2.2	1	TAPA	FUNDICION SAE 1020	
2.3	4	PERNO CON TUERCA	FUNDICION SAE 1020	
2.4	1	ANILLO DE JEBE	FUNDICION SAE 1020	
3	1	CADENA ZARANDADORA		
3.1	80	VARILLA DE ACERO	ASTM A36	
3.2	2	FAJA DE JEBE CON LONA	LONA REFORZADA	
4	1	CADENA DE DESCARGA LATERAL		
4.1	59	VARILLA DE ACERO	ASTM A36	
4.2	8	BRAGERA DE ACOPLE	ASTM 1036	
4.3	2	FAJA DE JEBE CON LONA	LONA REFORZADA	
4.4	500	REMACHES	ACERO ESTRUCTURAL	
5	1	MECANISMO DE VIBRACION DE ZARANDA		
5.1	4	CHUMACERA	FUNDICION SAE 1020	
5.2	1	EJE SOPORTE PRINCIPAL	ASI 1045	
5.3	1	EJE SOPORTE SECUNDARIO	ASTM A36	
5.4	2	LEVA	FUNDICION SAE 1020	
5.5	2	BALANCON	FUNDICION SAE 1020	
5.6	2	RODILLO GUIA	ASI 1045	
5.7	2	CREMALLERA DE REGULACION	ASTM A36	
5.8	1	PLANCA	ASTM A36	
5.9	1	PULSADOR	ASTM A36	
5.10	1	VARILLA TENSORA	ASTM A36	
5.11	1	PERNO CON TUERCA	DIN 933-08	
5.12	4	SELLO DE LUBRICACION	JEBE	
6	1	MECANISMO TEMPORAL DE CADENA DESCARGA LATERAL		
6.1	2	CHUMACERA	FUNDICION SAE 1020	
6.2	4	PERNO CON TUERCA	DIN 933-08	
6.3	2	PRISIONERO DE REGULACION	DIN933	
6.4	2	RODILLO TENSOR	ASI 1045	
6.5	2	GRASERA	ASTM A36	
6.6	2	SELLO DE LUBRICACION	JEBE	
7	1	MANDO DE CADENA DE DESCARGA LATERAL		
7.1	2	CHUMACERA	FUNDICION SAE 1020	
7.2	2	RODILLO GUIA	ASI1045	
7.3	2	EJE PRINCIPAL	ASI 1045	
7.4	4	PERNO CON TUERCA	DIN 933-08	
8	1	SOPORTE DE ENGANCHE INFERIOR TRES PUNTOS		
8.1	4	PIN DE ACOPLE CATEGORIA I Y II	ASI 1045	
8.2	8	ESCUADRA DE REFUERZO	ASTM A36	
8.3	4	PLANCHAS DE SOPORTE	ASTM A36	
9	1	SOPORTE DE ENGANCHE SUPERIOR TRES PUNTOS		
9.1	4	PLANCHAS PARALELAS CON ORIFICIOS CATEGORIA I Y II	ASI 1045	
10	1	BASTIDOR O CHASIS PRINCIPAL		
10.1	1	TUBO RECTANGULAR DE ACERO 40X60 mm	ASTM A36	14 m LINEALES
10.2	1	ANGULO 40X40x4	ASTM A36	1.3 m LINEALES
10.3	1	VIGA EN UPL DE 40X80x7	ASTM A36	1.3 m LINEALES
10.4	1	TUBO REDONDO 40mm	ASTM A36	57.5 cm LINEALES
10.5	2	PLANCHAS SOPORTE DE CUCHILLA	ASTM A36	
11	1	REJILLAS SELECCIONADORAS		
11.1	11	VARILLA DE 1/2"	ASTM A36	63 cm
11.2	17	VARILLA DE 5/8"	ASTM A36	46 cm
11.3	2	SOPORTE REJILLA SUPERIOR	ASTM A36	
11.4	2	SOPORTE REJILLA INFERIOR	ASTM A36	
12	1	PLANCHAS PROTECTORAS		
12.1	2	PLANCHAS LATERALES	ASTM A36	
12.2	1	PLANCHA LATERAL IZQUIERDA	ASTM A36	
12.3	1	PLANCHA DE FONDO	ASTM A36	
12.4	1	PLANCHA LATERAL IZQUIERDA DE PROTECTO CADENA	ASTM A36	
12.5	1	PLANCHA PROTECTOR CADENA DELANTERA	ASTM A36	
12.6	1	PLANCHA PROTECTOR CADENA POSTERIOR	ASTM A36	
12.7	1	PROTECTOR DE POLEA EN V	ASTM A36	
12.8	1	PROTECTOR CARDAN	ASTM A36	
13	1	TENSOR DEL ENGANCHE DE TRES PUNTOS		
13.1	1	TENSOR 1 DE 3/8"x1/2"	ASI 1045	98 cm LINEALES
13.2	1	TENSOR 2 DE 3/8"x1/2"	ASI 1045	96 cm LINEALES
13.3	1	TENSOR 3 DE 3/8"x1/2"	ASI 1045	101 cm LINEALES
14	1	EJE PRINCIPAL CON CATALINA DE MANDO		
14.1	1	EJE	ASI 1045	
14.2	2	CATALINA DENTADA	FUNDICION SAE1020	
14.3	2	CHUMACERA	FUNDICION SAE 1020	
14.4	4	PERNO CON TUERCA	DIN 933-08	
14.5	2	GRASERA	ASTM A36	
14.6	2	SELLO DE LUBRICACION	JEBE	
15	1	FAJA DE TRANSMISION EN V	JEBE	
16	1	POLEA PARA FAJA DESCARGA LATERAL	FUNDICION SAE 1020	
17	1	EJE GUIA INFERIOR DE CADENA ZARANDADORA		
17.1	4	EJE GUIA	ASI 1045	
17.2	2	CHUMACERA	FUNDICION SAE 1020	
17.3	3	GRASERA	ASTM A36	
17.4	2	RODILLO DENTADO	FUNDICION SAE 1020	
17.5	2	SELLO DE LUBRICACION	JEBE	
18	1	EJE GUIA SUPERIOR DE CADENA ZARANDADORA		
18.1	1	EJE GUIA	ASI 1045	
18.2	2	CHUMACERA	FUNDICION SAE 1020	
18.3	3	GRASERA	ASTM A36	
18.4	2	RODILLO LISO	ASI 1045	
18.5	2	PLANCHA CIRCULAR GUIA	ASTM A36	
18.6	2	SELLO DE LUBRICACION	JEBE	
19	1	RODILLO GUIA DE CADENA ZARANDADORA		
19.1	2	EJE VOLADIZO	ASI 1045	
19.2	2	RODILLO LISO	ASI 1045	
19.3	2	PLANCHA GUIA CIRCULAR	ASTM A36	
19.4	2	PERNO PRISIONERO	DIN933	
20	1	CUCHILLA DE CORTE		
20.1	1	PLANCHA DE ACERO 10 mm ESPESOR	ASI 1045	BASE ELIPTICA
20.2	10	PERNO DE FIJACION	ASI 1045	
21	2	EJE DE RUEDAS		
21.1	4	ARO DE PLANCHA REPUJADA		
21.2	2	BOCAMAZA GUIA	FUNDICION SAE 1020	
21.3	4	ARO DE SEGURIDAD	ASTM A36	
21.4	3	PERNO CON TUERCA	DIN 933-08	
21.5	4	SELLO DE LUBRICACION	JEBE	

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA Facultad de Ingeniería Agrícola-Especialidad y Energía		
METODO DE PROYECCION:	PLANO DE ENSAMBLE ENSAMBLE PRINCIPAL	ESCALA GENERAL:
PRIMER ANGULO:	ENSAMBLE 1	1:10
CANTIDAD: 1	Arrancadora de papa-zaga-con innovacion.	LAMINA: 11
DIBUJANTE: Paola Santos,R	Diseño:ING.LUIS GARRO SANTILLANA	FECHA:

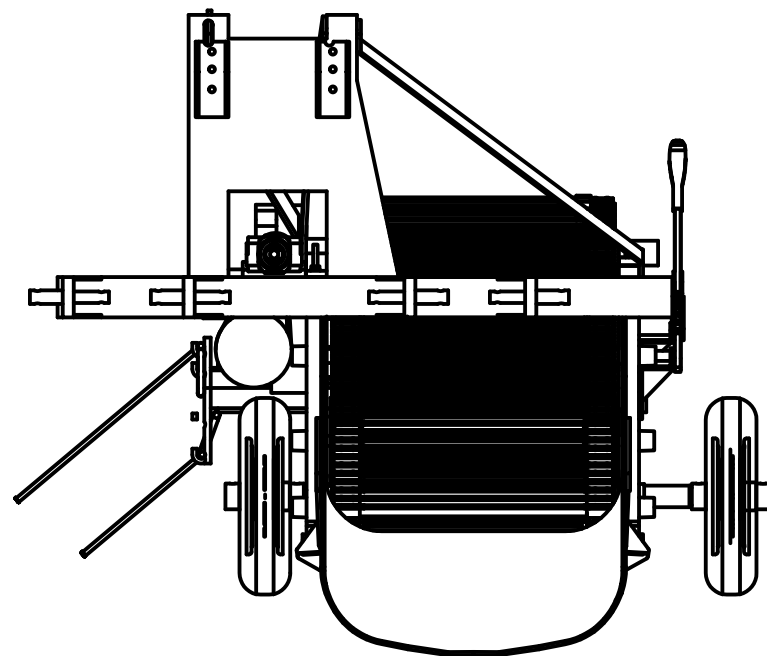
DENOMINACION:VISTA AXONOMETRICA



DENOMINACION:VISTA PERFIL IZQUIERDO



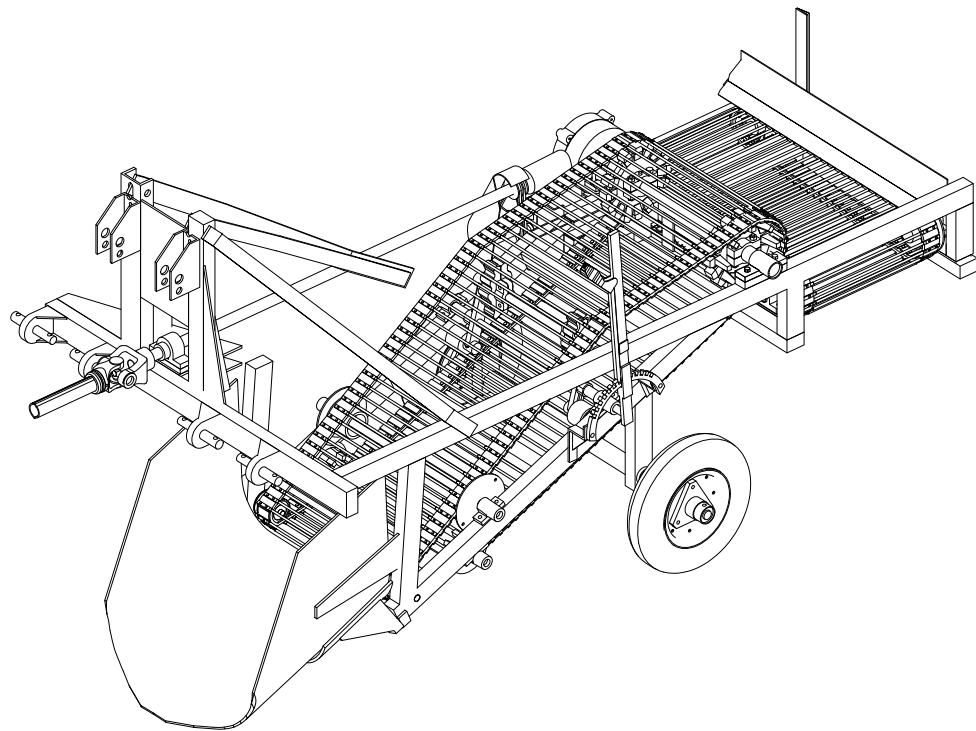
DENOMINACION:VISTA FRONTAL



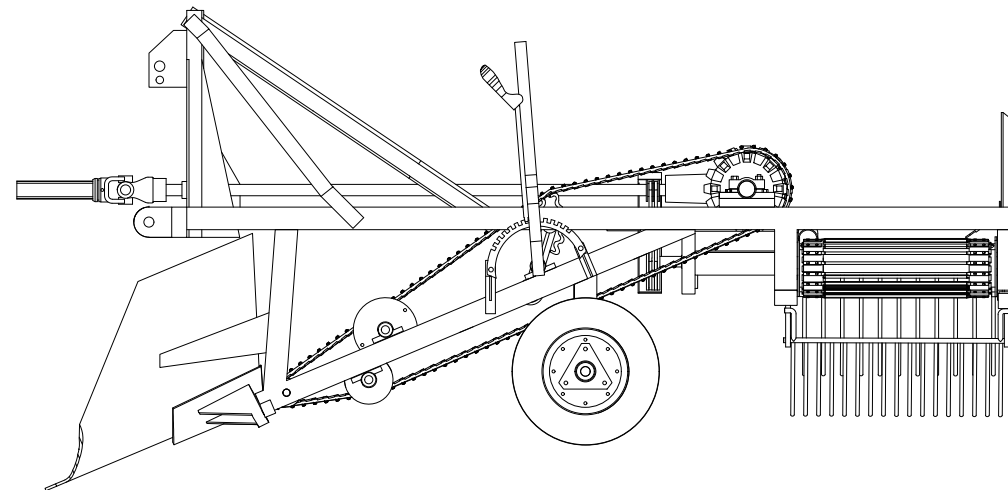
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
Facultad de Ingeniería Agrícola-Departamento de Mecanización y Energía.

METODO DE PROYECCION:	POSICION 1 -MECANISMO DE VIBRACION DE ZARANDA	ESCALA GENERAL:
PRIMER ANGULO	MINIMA VIBRACION	1:15
	Arrancadora de papa -Zaga con Innovacion.	Lamina:12
ITEM	DISEÑO: Ing.Luis Garro Santillana.	FECHA:

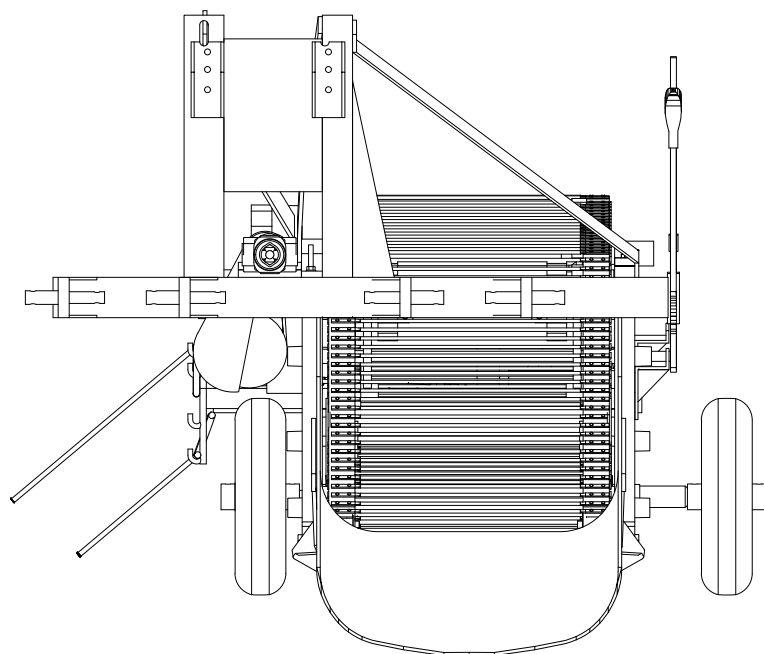
DENOMINACION: VISTA AXONOMETRICA



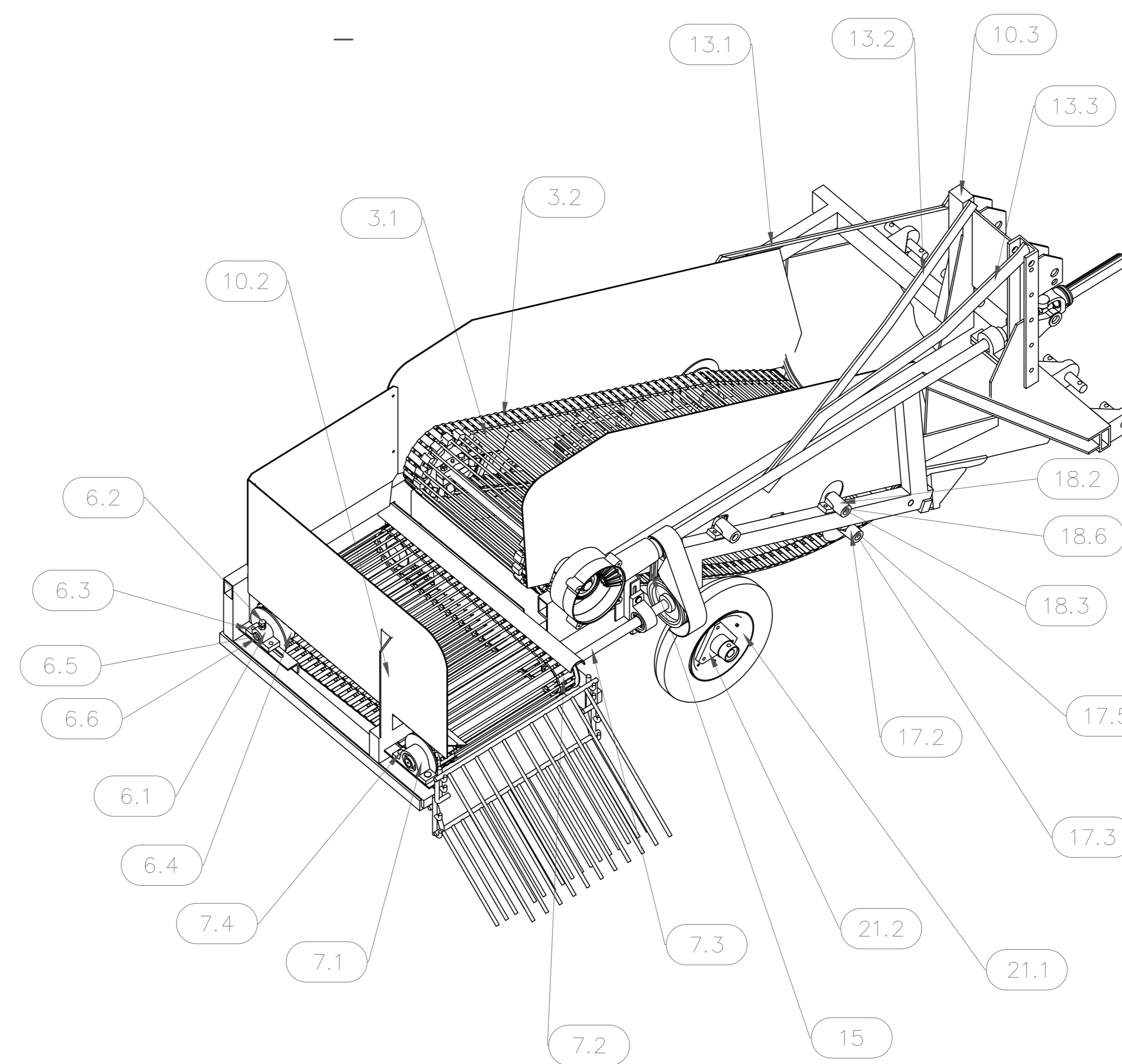
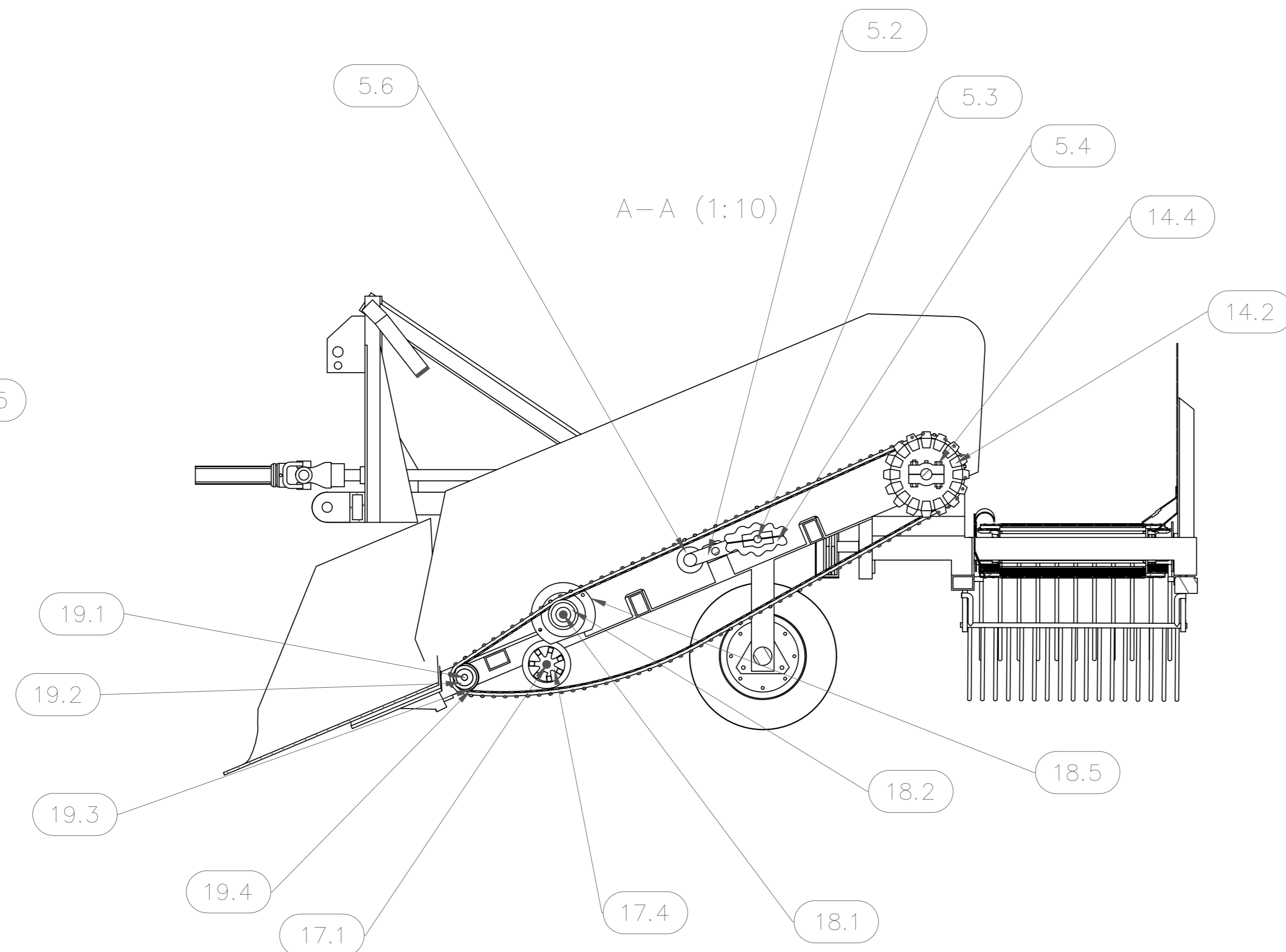
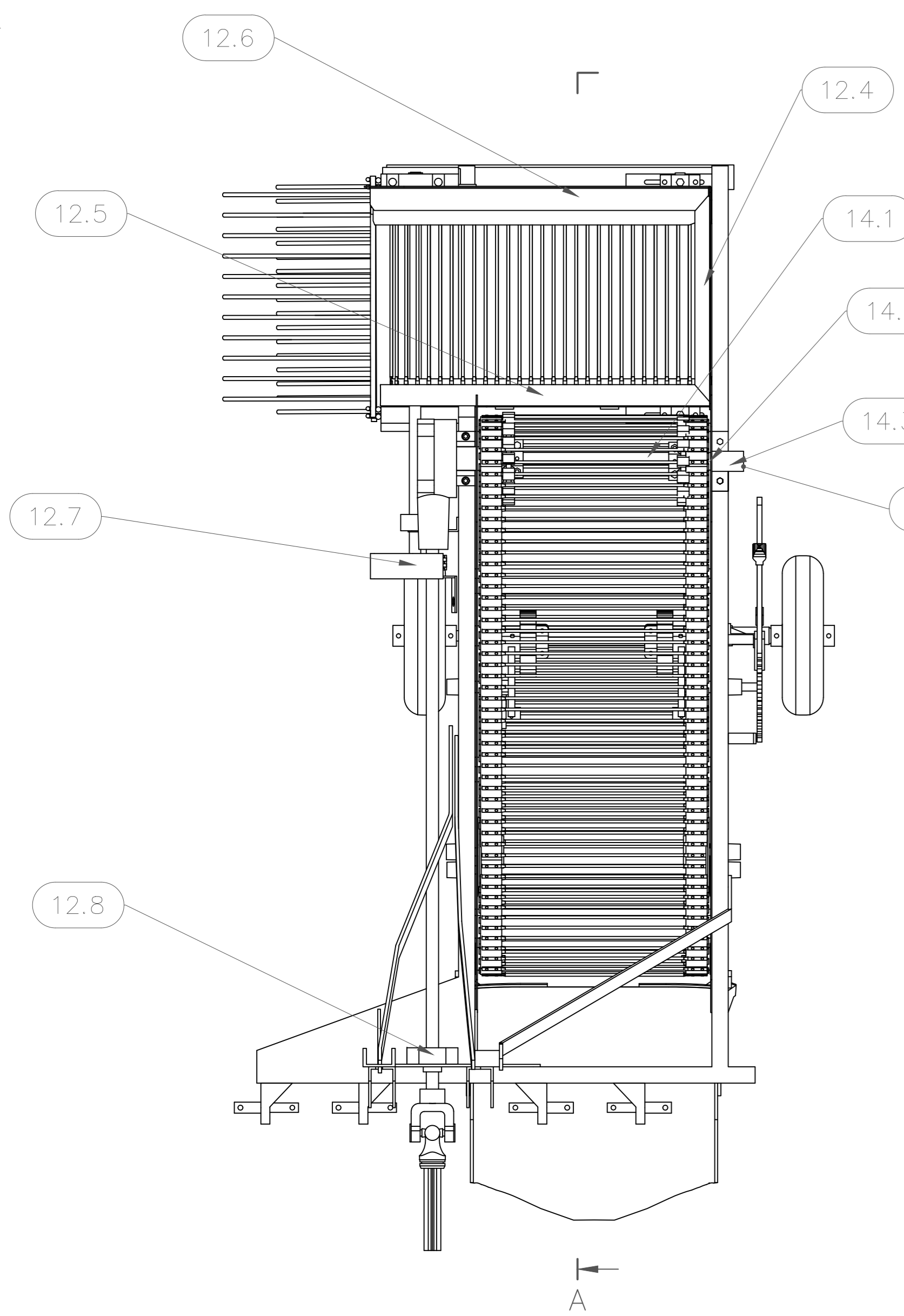
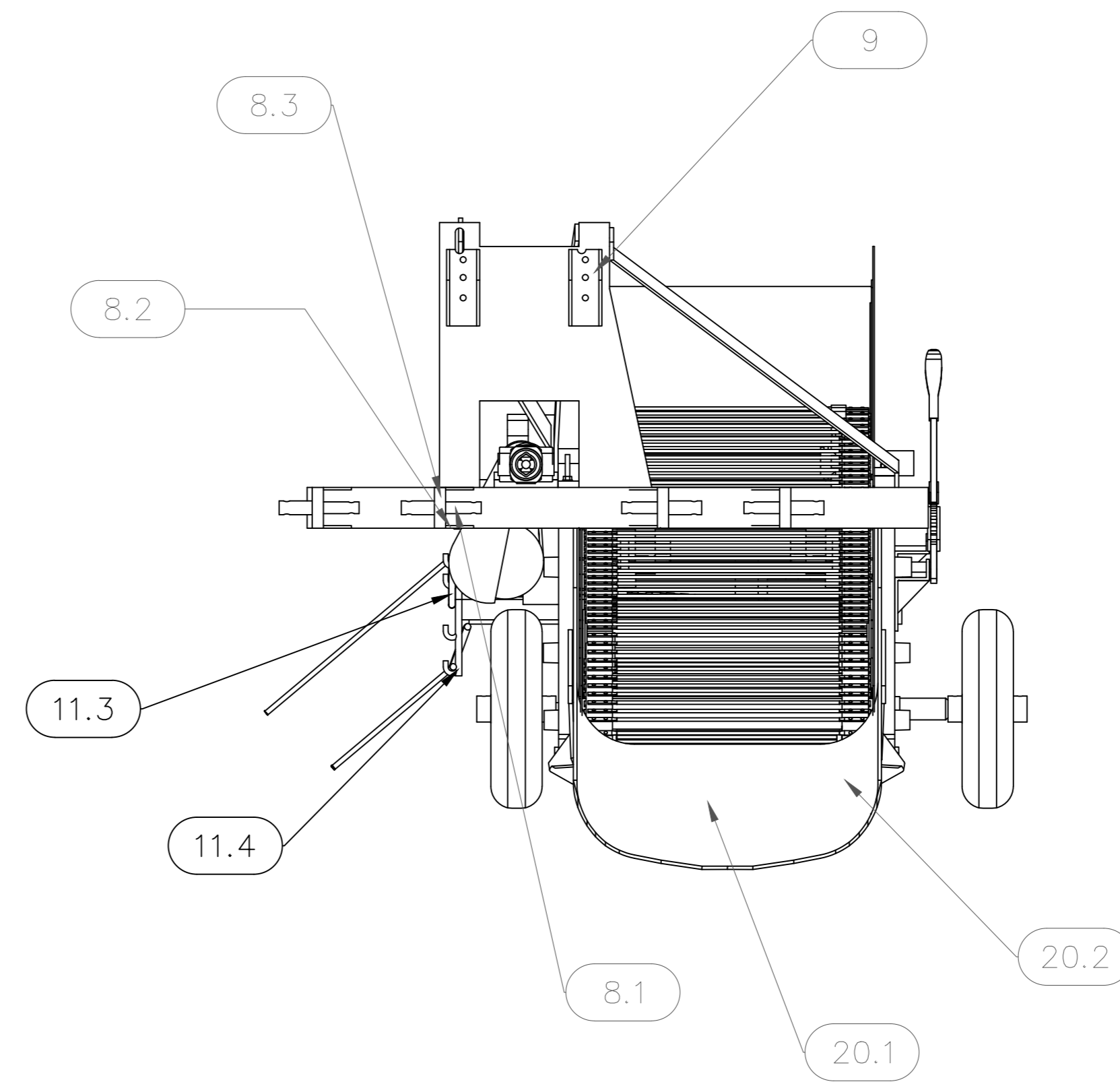
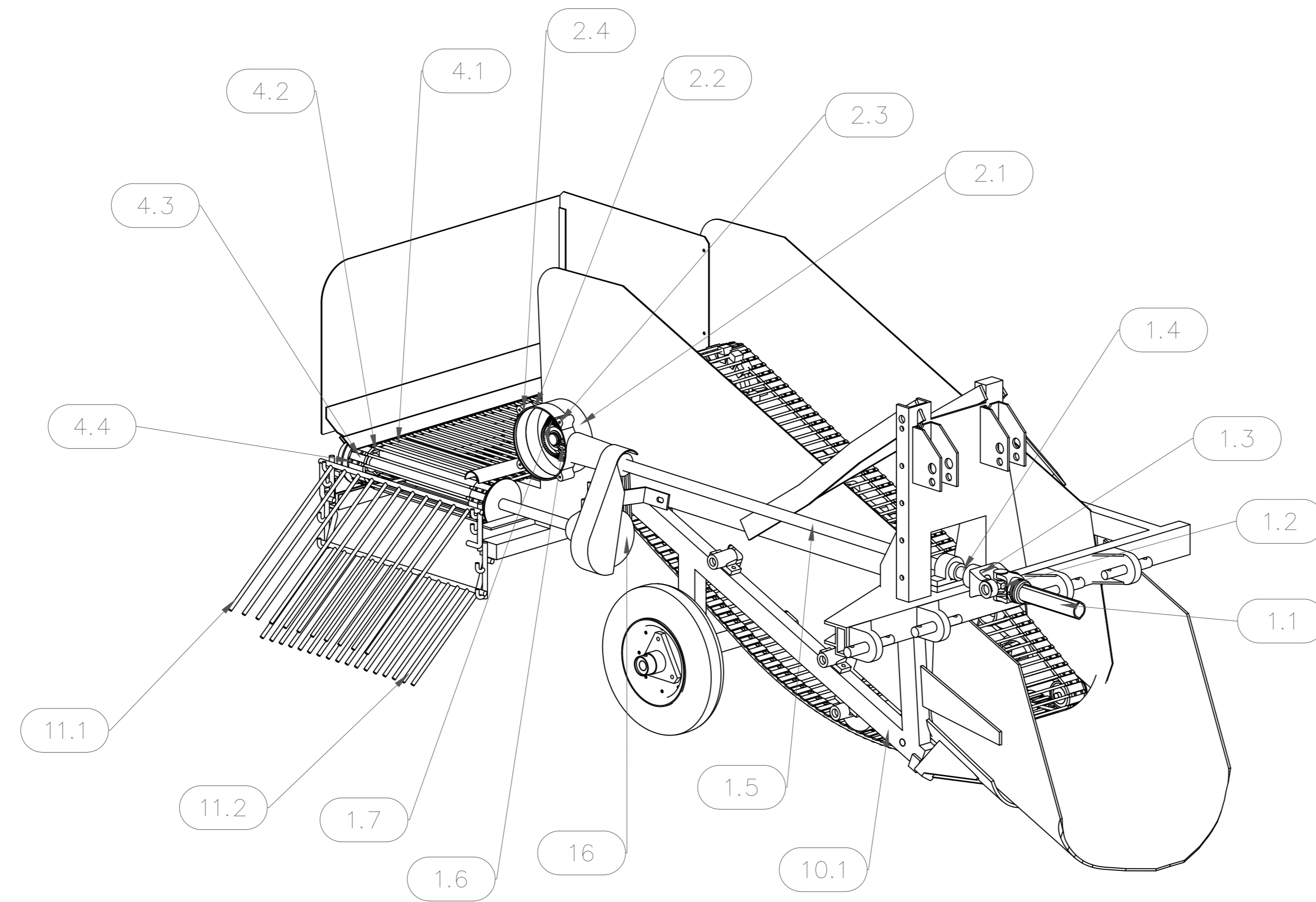
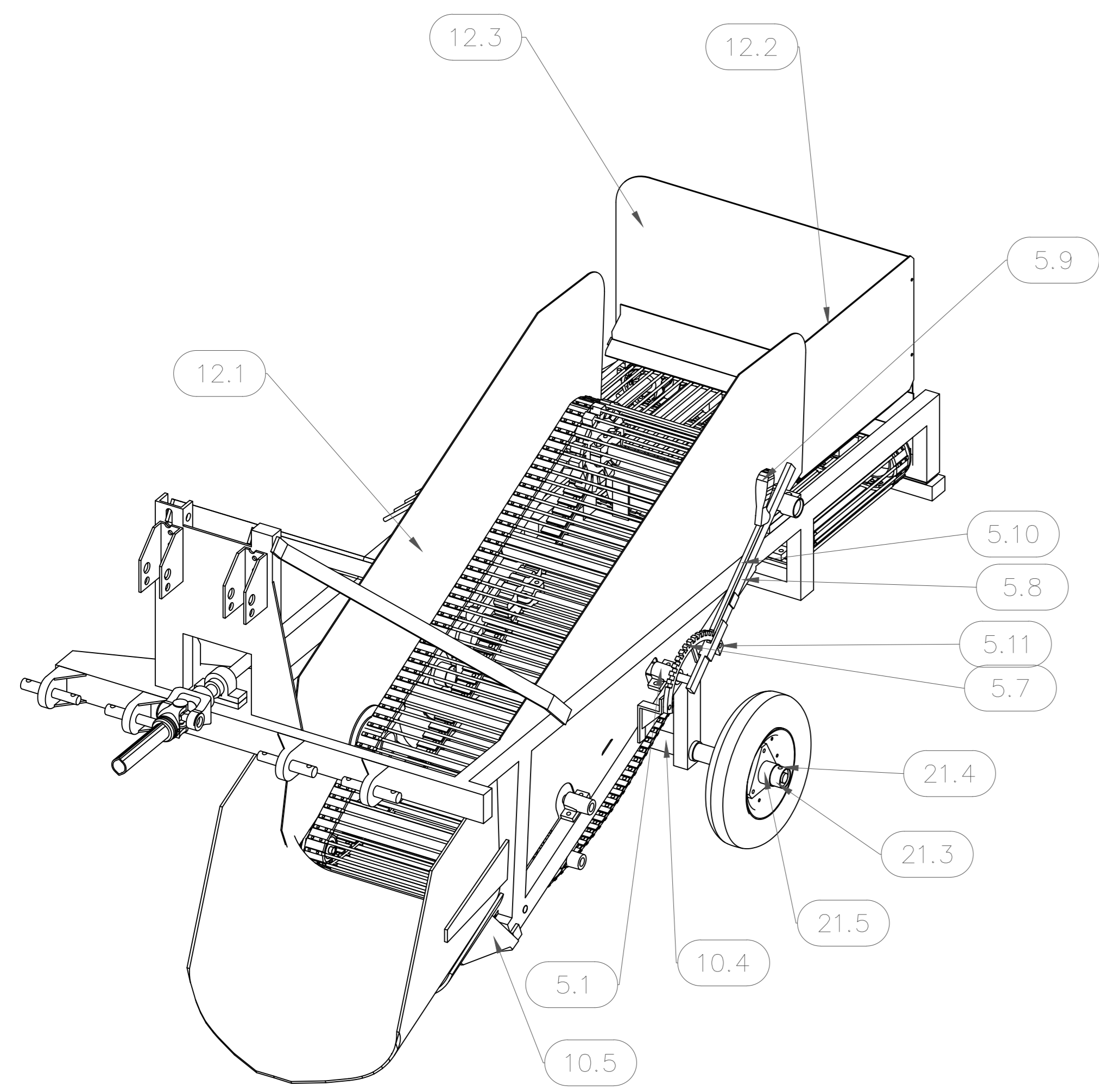
DENOMINACION: VISTA PERFIL IZQUIERDO



DENOMINACION: VISTA FRONTAL



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA Facultad de Ingenieria Agricola-Departamento de Mecanizacion y Energia.		
METODO DE PROYECCION:	POSICION 2 -MECANISMO DE VIBRACION DE ZARANDA	ESCALA GENERAL:
PRIMER ANGULO	MAXIMA VIBRACION	1:20
CANTIDAD: 1	Arrancadora de papa -Zaga con Innovacion.	Lamina:13
ITEM	DISEÑO: Ing.Luis Garro Santillana.	FECHA:



ITEM	CANT	DENOMINACION	MATERIAL	OBSERVACIONES
1	1	EJE PRINCIPAL DE MANDO PTO		
1.1	1	EJE CARDAN EXTERNO	ASI 1045	
1.2	2	CRUCETA	ASI 1045	
1.3	4	HORQUILLA	ASI 1045	
1.4	1	EJE CON POLEA EN V	ASI 1045	
1.5	1	TUBO PROTECTOR	ASTM A36	
1.6	1	PIÑON	ASI 1045	
1.7	1	CORONA	ASI 1045	
2	1	CAJA DE TRANSMISION		
2.1	1	CARACA O CASCO	FUNDICION SAE 1020	
2.2	1	TAPA	FUNDICION SAE 1020	
2.3	4	PERNO CON TUERCA	FUNDICION SAE 1020	
2.4	1	ANILLO DE JEBE	FUNDICION SAE 1020	
3	1	CADENA ZARANDADORA		
3.1	80	VARILLA DE ACERO	ASTM A36	
3.2	2	FAJA DE JEBE CON LONA	LONA REFORZADA	
4	1	CADENA DE DESCARGA LATERAL		
4.1	59	VARILLA DE ACERO	ASTM A36	
4.2	8	BRAGERA DE ACOPLE	ASTM 1036	
4.3	2	FAJA DE JEBE CON LONA	LONA REFORZADA	
4.4	500	REMACHES	ACERO ESTRUCTURAL	
5	1	MECANISMO DE VIBRACION DE ZARANDA		
5.1	4	CHUMACERA	FUNDICION SAE 1020	
5.2	1	EJE SOPORTE PRINCIPAL	ASI 1045	
5.3	1	EJE SOPORTE SECUNDARIO	ASTM A36	
5.4	2	LEVA	FUNDICION SAE 1020	
5.5	2	BALANCON	FUNDICION SAE 1020	
5.6	2	RODILLO GUIA	ASI 1045	
5.7	2	CREMALLERA DE REGULACION	ASTM A36	
5.8	1	PLANCA	ASTM A36	
5.9	1	PULSADOR	ASTM A36	
5.10	1	VARILLA TENSORA	ASTM A36	
5.11	2	PERNO CON TUERCA	DIN 933-08	
5.12	4	SELLO DE LUBRICACION	JEBE	
6	1	MECANISMO TEMPORAL DE CADENA DESCARGA LATERAL		
6.1	2	CHUMACERA	FUNDICION SAE 1020	
6.2	4	PERNO CON TUERCA	DIN 933-08	
6.3	2	PRISIONERO DE REGULACION	DIN933	
6.4	2	RODILLO TENSOR	ASI 1045	
6.5	2	GRASERA		
6.6	2	SELLO DE LUBRICACION	JEBE	
7	1	MANDO DE CADENA DE DESCARGA LATERAL		
7.1	2	CHUMACERA	FUNDICION SAE 1020	
7.2	2	RODILLO GUIA	ASI1045	
7.3	1	EJE PRINCIPAL	ASI 1045	
7.4	4	PERNO CON TUERCA	DIN 933-08	
8	1	SOPORTE DE ENGANCHE INFERIOR TRES PUNTOS		
8.1	4	PIN DE ACOPLE CATEGORIA I Y II	ASI 1045	
8.2	8	ESCUADRA DE REFUERZO	ASTM A36	
8.3	4	PLANCHAS DE SOPORTE	ASTM A36	
9	1	SOPORTE DE ENGANCHE SUPERIOR TRES PUNTOS		
9.1	4	PLANCHAS PARALELAS CON ORIFICIOS CATEGORIA I Y II	ASI 1045	
10	1	BASTIDOR O CHASIS PRINCIPAL		
10.1	1	TUBO RECTANGULAR DE ACERO 40X60 mm	ASTM A36	14 m LINEALES
10.2	1	ANGULO 40X40X4	ASTM A36	1.3 m LINEALES
10.3	1	VIGA EN UPL DE 40X80X7		1.3 m LINEALES
10.4	1	TUBO REDONDO 40mm		57.5 cm LINEALES
10.5	2	PLANCHAS SOPORTE DE CUCHILLA	ASTM A36	
11	1	REJILLAS SELECCIONADORAS		
11.1	11	VARILLA DE 1/2"	ASTM A36	63 cm
11.2	17	VARILLA DE 5/8"	ASTM A36	46 cm
11.3	2	SOPORTE REJILLA SUPERIOR	ASTM A36	
11.4	2	SOPORTE REJILLA INFERIOR	ASTM A36	
12	1	PLANCHAS PROTECTORAS		
12.1	2	PLANCHAS LATERALES	ASTM A36	
12.2	1	PLANCHA LATERAL IZQUIERDA	ASTM A36	
12.3	1	PLANCHA DE FONDO	ASTM A36	
12.4	1	PLANCHA LATERAL IZQUIERDA DE PROTECCION CADENA	ASTM A36	
12.5	1	PLANCHA PROTECTOR CADENA DELANTERA	ASTM A36	
12.6	1	PLANCHA PROTECTOR CADENA POSTERIOR	ASTM A36	
12.7	1	PROTECTOR DE POLEA EN V	ASTM A36	
12.8	1	PROTECTOR CARDAN	ASTM A36	
13	1	TENSOR DEL ENGANCHE DE TRES PUNTOS		
13.1	1	TENSOR 1 DE 3/8"x1/2"	ASI 1045	98 cm LINEALES
13.2	1	TENSOR 2 DE 3/8"x1/2"	ASI 1045	96 cm LINEALES
13.3	1	TENSOR 3 DE 3/8"x1/2"	ASI 1045	101 cm LINEALES
14	1	EJE PRINCIPAL CON CATALINA DE MANDO		
14.1	1	EJE	ASI 1045	
14.2	2	CATALINA DENTADA	FUNDICION SAE1020	
14.3	2	CHUMACERA	FUNDICION SAE 1020	
14.4	4	PERNO CON TUERCA	DIN 933-08	
14.5	2	GRASERA		
14.6	2	SELLO DE LUBRICACION	JEBE	
15	1	FAJA DE TRANSMISION EN V	JEBE	
16	1	POLEA PARA FAJA DESCARGA LATERAL	FUNDICION SAE 1020	
17	1	EJE GUIA INFERIOR DE CADENA ZARANDADORA		
17.1	4	EJE GUIA	ASI 1045	
17.2	2	CHUMACERA	FUNDICION SAE 1020	
17.3	3	GRASERA		
17.4	2	RODILLO DENTADO	FUNDICION SAE 1020	
17.5	2	SELLO DE LUBRICACION	JEBE	
18	1	EJE GUIA SUPERIOR DE CADENA ZARANDADORA		
18.1	1	EJE GUIA	ASI 1045	
18.2	2	CHUMACERA	FUNDICION SAE 1020	
18.3	3	GRASERA		
18.4	2	RODILLO LISO	ASI 1045	
18.5	2	PLANCHA CIRCULAR GUIA	ASTM A36	
18.6	2	SELLO DE LUBRICACION	JEBE	
19	1	RODILLO GUIA DE CADENA ZARANDADORA		
19.1	2	EJE VOLADIZO	ASI 1045	
19.2	2	RODILLO LISO	ASI 1045	
19.3	2	PLANCHA GUIA CIRCULAR	ASTM A36	
19.4	2	PERNO PRISIONERO	DIN933	
20	1	CUCHILLA DE CORTE		
20.1	1	PLANCHA DE ACERO 10 mm ESPESOR	ASI 1045	BASE ELIPTICA
20.2	10	PERNO DE FIJACION	ASI 1045	
21	2	EJE DE RUEDAS		
21.1	4	ARO DE PLANCHA REPUJADA		
21.2	2	BOCAMAZA GUIA	FUNDICION SAE 1020	
21.3	4	ARO DE SEGURIDAD	ASTM A36	
21.4	3	PERNO CON TUERCA	DIN 933-08	
21.5	4	SELLO DE LUBRICACION	JEBE	

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA Facultad de Ingeniería Agrícola-Especialidad y Energía		
METODO DE PROYECCION:	PLANO DE ENSAMBLE ENSAMBLE PRINCIPAL	ESCALA GENERAL:
PRIMER ANGULO:	ENSAMBLE 1	1:10
CANTIDAD: 1	Arrancadora de papa-zaga-con innovacion.	LAMINA: 11
DIBUJANTE: Paola Santos.R	Diseño: ING. LUIS GARRO SANTILLANA	FECHA: