



Control mecánico de la acacia en campos destinados al pastoreo

Damian Omar Corgniali
Esteban Damian Pascual

Universidad Nacional de Rosario
Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura
Escuela de Ingeniería Mecánica
Rosario, Argentina
Año 2025

Control mecánico de la acacia en campos destinados al pastoreo

Damian Omar Corgniali
Esteban Damian Pascual

Proyecto Final de Ingeniería Mecánica presentado como requisito parcial para optar al
título de:

Ingeniero/a Mecánico/a

Director/a:

Ing. Juan Sismondi

Universidad Nacional de Rosario
Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura
Escuela de Ingeniería Mecánica
Rosario, Argentina
Año 2025

Dedicatoria:

Dedico este proyecto a mis padres, Jorge y Claudia, quienes con esfuerzo y amor constante me brindaron el apoyo necesario para alcanzar mis objetivos. A mis hermanos, Ariel y Eliana, por estar siempre presentes. A mi querida abuela Esther, por su cariño y ejemplo constante de fortaleza y perseverancia. A Emilia, mi compañera de vida, por su amor, paciencia y aliento en cada paso recorrido. Finalmente mencionar a cada uno de los docentes que, con dedicación y compromiso, me guiaron en este proceso de formación.

Esteban D. Pascual

Dedico este proyecto y el título a mis padres, Marisela y Rogelio, a mi hermano Ariel, a mis amigos, compañeros de trabajo y de la facultad, quienes me han apoyado y motivado a lo largo de toda la carrera. También quiero agradecer a cada uno de los docentes que, con su enseñanza, me han permitido crecer tanto académica como personalmente, contribuyendo a alcanzar este logro.

Damián O. Corgniali

Resumen

El informe presenta un análisis sobre la problemática generada por la expansión descontrolada de la acacia en áreas agropecuarias, afectando negativamente la biodiversidad, la disponibilidad de recursos forrajeros y reduciendo la capacidad productiva del suelo. El objetivo del proyecto fue desarrollar una solución destinada a controlar eficazmente la propagación de esta especie mediante la extracción mecánica desde la raíz, evitando así el uso de herbicidas o quemas controladas. Para seleccionar el método adecuado se realizó una ponderación cuantitativa evaluando aspectos claves como potencia requerida, impacto ambiental, seguridad, peso y eficiencia operativa. El diseño propuesto incluye un sistema articulado hidráulico con mordazas de agarre, motores paso a paso para desplazamientos laterales rápidos (560 mm/s) y sensores LiDAR para identificar las plantas con precisión de ± 1 mm a una distancia de hasta 20 m. Se llevaron a cabo análisis estáticos en SolidWorks para validar la resistencia estructural de cada componente bajo la carga máxima de extracción (2500 kgf). El implemento diseñado está previsto para operar a una velocidad recomendada de 2,5 km/h. Las conclusiones destacan la viabilidad técnica, ambiental y operativa del sistema, recomendando futuras mejoras en automatización y uso de inteligencia artificial para optimizar aún más su desempeño.

Palabras clave: Acacia, implemento agrícola, extracción mecánica, sistemas hidráulicos, sensor LIDAR, impacto ambiental.

Abstract

The report presents an analysis of the problems caused by the uncontrolled expansion of acacia in agricultural areas, negatively affecting biodiversity, forage resource availability, and reducing soil productivity. The project's objective was to develop an effective solution to control the spread of this species through mechanical root extraction, thus avoiding the use of herbicides or controlled burning. To select the most suitable method, a quantitative assessment was conducted evaluating key aspects such as required power, environmental impact, safety, weight, and operational efficiency. The proposed design includes a hydraulic articulated system with gripping jaws, stepper motors for rapid lateral movement (560 mm/s), and LiDAR sensors capable of precisely identifying plants with an accuracy of ± 1 mm at distances up to 20 m. Static analyses in SolidWorks were performed to validate the structural strength of each component under the maximum extraction load (2500 kgf). The implement is designed to operate at a recommended speed of 2.5 km/h. Conclusions highlight the system's technical, environmental, and operational feasibility, recommending future improvements through automation and artificial intelligence to further optimize it.

Keywords: Acacia, agricultural implement, mechanical extraction, hydraulic systems, LiDAR sensor.

Contenido

Resumen	IV
Abstract	V
Contenido	VI
Introducción	1
1. La acacia y sus características	4
1.1 Descripción botánica.....	4
1.2 Características morfológicas y adaptativas	5
1.2.1 Variables edáficas	5
1.2.2 Variables climáticas.....	5
1.2.3 Variables topográficas	5
1.2.4 Mecanismos de propagación y dispersión	5
1.2.5 Susceptibilidad a daños y enfermedades	6
1.3 Tipos de acacias	6
1.3.1 Acacia caven (Vachellia caven)	7
1.3.2 Acacia dealbata (Acacia plateada o mimosa)	8
1.3.3 Acacia negra (Gleditsia triacanthos)	9
1.4 Zona geográfica y expansión	10
1.5 Impacto en los ecosistemas.....	10
2. Métodos de control	12
2.1 Ponderación y resultados	12
2.1.1 Arrancado de raíz	13
2.1.2 Corte mecánico	13
2.1.3 Quemado por corriente eléctrica	13
2.2 Máquinas con tareas relacionadas que existen en el mercado	14
3. Partes y funcionamiento del equipo	18
3.1 Descomposición funcional	18
3.1.1 Funciones.....	18
3.1.2 Matriz Morfológica	19
3.2 Partes del equipo.....	19
3.2.1 Estructura.....	20
3.1.2 Órgano extractor	21
3.2 Funcionamiento y tecnología utilizada	21
3.2.1 Funcionamiento para el transporte	23
3.2.2 Funcionamiento para la extracción	24
4. Diseño del prototipo	28
4.1 Órgano de extracción.....	28
4.1.1 Cálculos y desarrollo	28
4.1.2 Simulación y validación	36
4.2 Estructura	41
4.2.1 Movimientos y cálculos	42
4.2.2 Simulación y validación	51
4.3 Sistema de posicionamiento de los órganos	57
4.3.1 Cálculos y desarrollo	57

4.3.2 Selección de componentes	60
4.4 Circuito hidráulico	61
4.4.1 Cálculos y desarrollo	61
4.4.2 Diagrama	63
4.4.3 Selección de componentes	66
5. Manual de usuario.....	70
5.1 Recomendaciones para el usuario	70
5.2 Mantenimiento	70
5.3 Seguridad y protecciones	71
6. Conclusiones y recomendaciones.....	73
6.1 Conclusiones	73
6.2 Recomendaciones	74
Bibliografía	76
Lista de expertos e instituciones consultadas	77
Anexo A: Investigación.....	78
Anexo B: Estudio experimental.....	79

Control mecánico de la acacia en campos destinados al pastoreo

Introducción

En los campos dedicados al pastoreo de ganado, la proliferación del arbusto leguminoso conocido como acacia se ha convertido en un problema recurrente y significativo. Que afecta tanto a la productividad agrícola como al manejo del terreno. Este arbusto, con su capacidad de producir una gran cantidad de semillas con un alto poder germinativo, se propaga rápidamente a través de la siembra natural, lo que disminuye la capacidad del suelo para proporcionar pasto de calidad a los animales. Este fenómeno de regeneración natural, sin una intervención adecuada, conduce a una reducción significativa en la eficiencia productiva de los terrenos destinados al pastoreo, representando un desafío económico y operativo para los productores agropecuarios.

La presencia de acacia no solo afecta la disponibilidad de pasto, sino que también introduce riesgos adicionales para la movilidad del ganado y de las personas que transitan por los campos. Las espinas presentes en este arbusto pueden causar lesiones tanto en animales como en humanos, lo que añade una dimensión de peligro físico a la problemática existente. Además, la acacia tiene un sistema radicular profundamente desarrollado que le otorga una notable resistencia a condiciones adversas, como largos periodos de sequía, lo que la convierte en una especie difícil de controlar y erradicar mediante métodos convencionales.

Uno de los factores que complica aún más el control de la acacia es la forma en que sus semillas se dispersan y germinan. Generalmente, la dispersión de semillas se limita a un área cercana al árbol parental, rara vez se extiende más allá de dos veces el radio de la copa del árbol. Sin embargo, el ganado que consume las chauchas de la acacia puede alterar esta distribución natural, incrementando la capacidad de las semillas para germinar. Existen varios estudios que demuestran que las semillas que pasan por el tracto digestivo de los animales tienen una tasa de germinación significativamente mayor que las semillas que caen directamente de la planta. Además, las chauchas tienen la capacidad de flotar, lo que facilita su dispersión a través de cursos de agua y contribuye aún más a su propagación en distintas áreas del campo.

Actualmente, el método más adecuado para controlar la planta consiste en la pulverización de herbicidas, seguida de la remoción de la planta seca después de un periodo considerable, que puede extenderse hasta seis meses o más. Si bien esta técnica es eficiente y económicamente accesible, no está exento de problemas significativos. La aplicación de herbicidas en áreas de pastoreo plantea serias preocupaciones ambientales, especialmente en zonas cercanas a fuentes de agua como ríos y arroyos. Algunos herbicidas tienen vida media prolongada, por lo que pueden permanecer en el suelo durante meses o incluso años, afectando cultivos posteriores y generando acumulación de residuos químicos. Otro aspecto a tener en cuenta es cuando se realiza la aplicación de herbicidas, se requiere de medidas de seguridad estrictas para los trabajadores, ya que el contacto directo o la inhalación pueden causar problemas respiratorios, irritaciones en la piel y, en algunos casos, enfermedades mortales.

La mayoría de los herbicidas solo afectan la parte aérea de la acacia, pero su sistema radicular profundo le permite rebrotar después de un tiempo si no se realiza la remoción de la misma en el tiempo adecuado. Una de las grandes desventajas que tiene el uso prolongado de los mismos productos químicos es la aparición de individuos más resistentes, lo que obliga a aumentar la dosis o cambiar de herbicida con el tiempo.

La contaminación de estos recursos hídricos y el impacto negativo sobre la biodiversidad hacen de la necesidad de desarrollar alternativas más sostenibles y menos perjudiciales para el medio ambiente.

En los últimos años, ha sido categorizada como especie invasora en distintas regiones del país. Según estudios del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), su crecimiento descontrolado representa una amenaza para la biodiversidad y la productividad agropecuaria. Esta clasificación ha impulsado el desarrollo de estrategias para monitorear su expansión y mitigar sus efectos en los ecosistemas afectados.

En respuesta a estas problemáticas, se plantea el desarrollo de un implemento agrícola innovador, diseñado para eliminar de manera mecánica la planta. Este enfoque propone una solución integral que no solo busca eliminar el arbusto, sino también minimizar los efectos adversos asociados al uso de productos químicos nocivos para el medio ambiente.

Para seleccionar la mejor estrategia de control, se realizó una comparación entre distintas metodologías, incluyendo el corte, el quemado y la extracción completa de la planta. A través de una evaluación ponderada basada en criterios como la fuerza requerida, la potencia demandada, velocidad de operación, impacto ambiental y la seguridad, se concluyó que la extracción representaba la solución más eficiente y sostenible a largo plazo. Mientras que el corte permite la eliminación parcial de la planta, esta técnica presenta la desventaja de que el arbusto es capaz de regenerarse rápidamente a partir de su sistema radicular, lo que obliga a repetir la tarea periódicamente y la planta se va fortaleciendo cada vez más, lo que favorece la expansión del problema. Por otro lado, el método de quemado es una opción rápida y efectiva, pero presenta riesgos ambientales significativos, incluyendo la posibilidad de incendios descontrolados, la degradación del suelo y la emisión de gases contaminantes. Además, el fuego no destruye completamente el sistema radicular, permitiendo que la planta vuelva a brotar. En cambio, la extracción desde la raíz impide la reaparición de la misma y reduce la necesidad de intervenciones futuras, logrando un control más eficaz y duradero.

En base en estos fundamentos, el presente trabajo aborda el diseño y desarrollo de un equipo mecánico especializado en la extracción de la acacia, integrando tecnologías de detección y automatización para optimizar su rendimiento y minimizar el impacto ambiental. El equipo estará diseñado para acoplarse al enganche tres puntos del tractor, permitiendo su utilización con maquinaria agrícola convencional sin necesidad de un vehículo específico.

Cabe destacar que en un principio el diseño del sistema de extracción se planeó para que cada órgano ocupe un lugar específico en la estructura para así con un total de veinte órganos fijos ocupar todo el ancho de labor. Estudiando el mismo y viendo las

posibilidades de mejora en cuanto a eficiencia, se pudo ver que, disminuyendo la cantidad de órganos, agregando sensores y que los mecanismos de agarre tengan la capacidad de trasladarse lateralmente reducimos el peso, los costos y así mejoramos la eficiencia. Logrando un implemento mecánico innovador y tecnológico.

Para poder dar con el objetivo se debió establecer un conjunto de parámetros y condiciones límites que garantizan la viabilidad operativa del dispositivo. Esto es debido a que lo que se busca es controlar periódicamente esta plaga. Estudiando la misma dimos a conocer que en un periodo de dos años la planta crece hasta una altura conveniente para realizar la extracción sin hacer un esfuerzo extremadamente grande. A su vez, entender que la extracción en una etapa temprana puede causar la rotura de la misma y no daría con el objetivo planteado. Para ello se evaluó y definió que la planta debe tener una altura comprendida entre los 500 y 2000 mm y un diámetro máximo de 40 mm en la base del tallo, dimensiones determinadas en base a observaciones de campo y características promedio de la especie en el tiempo de crecimiento determinado.

Se estableció como objetivo alcanzar una capacidad de trabajo de 5000 m²/h, considerando un ancho de labor de 2 m, la velocidad que se debe alcanzar es de 2.5 km/h.

A su vez, otro factor que condiciona el diseño es la distancia mínima entre plantas que se definió de 300 mm, la cual surgió de la experiencia en campo descrita en capítulos posteriores.

El diseño del mecanismo se desarrolló teniendo en cuenta su aplicación en zonas geográficas predominantemente llanas, sin demasiadas irregularidades en el terreno. Estas pequeñas variaciones pueden ser absorbidas por el equipo sin comprometer su rendimiento. Sin embargo, el implemento no es apto para operar en pendientes pronunciadas, estableciéndose un límite máximo de inclinación de 5% para garantizar su estabilidad y correcto funcionamiento.

Desde el punto de vista de la movilidad y el transporte, se buscó que el implemento tenga un ancho menor al máximo permitido para transporte en ruta en argentina, cumpliendo con la reglamentación vigente correspondiente al decreto 32/18 de la ley nacional de tránsito N° 24.449. Por lo tanto, se adoptó un ancho de labor de 2000 mm. El diseño estructural y disposición de los cilindros hidráulicos hace que el dispositivo pueda plegarse de manera tal que pueda trasladarse con el tractor en distancias cortas, permitiendo una reubicación ágil en el terreno con un aumento en la velocidad de desplazamiento. Mientras que para distancias largas el equipo puede desarmarse fácilmente para ser colocado en un remolque convencional, cumpliendo así las normativas vigentes.

El equipo está diseñado para acoplarse al enganche tres puntos de un tractor agrícola convencional, y a su vez operará de manera autónoma en la ejecución de la extracción, sin embargo, el usuario tendrá el control de la velocidad de avance y ciertos comandos del tractor.

1. La acacia y sus características

Este capítulo trata en profundidad las características de la acacia, su impacto en los ecosistemas estudiados y su distribución en las distintas regiones geográficas. Se describen las principales especies presentes en Argentina, sus mecanismos de propagación y las condiciones ambientales que favorecen su expansión. Además, se abordan sus implicancias en la actividad agropecuaria, incluyendo sus efectos en la producción forrajera y en la salud animal.

1.1 Descripción botánica

La acacia es un arbusto o árbol pequeño, espinoso, caducifolio de invierno. Alcanza de 2 a 7 metros de alto, posee una copa es abierta y las ramas son flexuosas. El diámetro del tronco puede llegar a alcanzar los 50 cm, con un crecimiento diametral de 2 a 20 milímetros anuales. Las hojas son compuestas, bipinnadas. Sus flores reunidas en glomérulos densos. Su fruto es una legumbre indehisciente, gruesa, oblonga, de 3 a 10 centímetros de largo y hasta 2,5 centímetros de diámetro, de color café oscuro a negro lustroso. Las semillas en número de 15 a 22 por cada fruto, son ovales y comprimidas, oliváceas, de 5 a 8 milímetros de largo dispuestas en 4 hileras dentro de un tejido esponjoso. La raíz es pivotante y de rápido desarrollo inicial. La **Figura 1-1** ilustra esta especie.



Figura 1-1: La Acacia Negra o *Gleditsia triacanthos* - “Una máquina de germinar” [1]

1.2 Características morfológicas y adaptativas

Las especies de acacia presentan una serie de adaptaciones que les permiten colonizar distintos tipos de suelos y resistir condiciones ambientales adversas. Entre las variables y características más relevantes se encuentran:

1.2.1 Variables edáficas

El tipo de suelo requerido por la especie es variado, puede crecer en suelos profundos, con bajo contenido de materia orgánica, de textura franco-arenosa, tanto en condiciones húmedas como bien drenadas. Soporta suelos muy erosionados y pedregosos, aunque su desarrollo allí es limitado. Posee un sistema radicular profundo, lo que le permite acceder a fuentes de agua subterránea, favoreciendo su supervivencia en regiones áridas y semiáridas. Su mejor crecimiento lo obtiene en suelos planos de origen aluvial, con profundidad media a profunda.

1.2.2 Variables climáticas

El clima en que se distribuye esta planta se caracteriza por presentar una gran oscilación térmica diaria y estacional. Gracias a la capacidad de almacenamiento de agua en sus tejidos y a su metabolismo eficiente, las acacias pueden soportar períodos prolongados sin lluvias. El centro y norte de Argentina son ideales para su propagación.

1.2.3 Variables topográficas

A lo largo de su extensa distribución en Argentina, es posible observar a la familia de las acacias prosperando en diferentes tipos de ambientes. Muestra preferencia por lugares bajos con pendientes menores a 30%. Ocupa serranías costeras de relieve ondulado, lugares planos o de pendiente suave, laderas bajas pedregosas, aluviones y coluviones de grandes valles áridos, y cauces de amplias cuencas aluvionales.

1.2.4 Mecanismos de propagación y dispersión

Estas especies tienen una gran capacidad de rebrote, lo que les permite recuperarse muy rápidamente luego de incendios, cortas o ramoneo. Las semillas pueden transportarse por el viento, agua o el ganado, incrementando su rango de expansión. Su alto poder germinativo facilita su expansión y regeneración en distintos ecosistemas. Este mecanismo se produce de modo vegetativo, a partir de las cepas o tocones, que rebrotan de un modo vigoroso. La clave de este éxito está principalmente en la alta tasa de crecimiento que tiene esta especie, cuyo porcentaje de germinación puede superar el 70%.

1.2.5 Susceptibilidad a daños y enfermedades

Al igual que en otras especies de acacia, y en numerosas leguminosas, los frutos son atacados por bruscos o gorgojos, que causan daños considerables. Sin embargo, la semilla infestada se mantiene viable si no se daña el embrión y los cotiledones sólo son consumidores parcialmente. Los agujeros de salida del bruco aumentan considerablemente la permeabilidad del tegumento de la semilla, facilitando una germinación más rápida.

La combinación de estos factores convierte a la acacia en una especie de gran competitividad ecológica, capaz de modificar su entorno y desplazar otras especies nativas del lugar.

1.3 Tipos de acacias

Dentro de la familia de las acacias, se encuentran varias especies que han logrado establecerse en Argentina, algunas de ellas introducidas desde otros continentes. Según el listado oficial [1] detallado y filtrado según la familia. La **Tabla 1-1** demuestra las principales especies exóticas invasoras en Argentina.

Tabla 1-1: Lista de especies exóticas invasoras [2].

Reino	Phylum/ División	Clase	Familia	Nombre científico	Nombre común
Plantae	Spermatophyta	Magnoliopsida	Fabaceae	Acacia dealbata	Acacia francesa
Plantae	Spermatophyta	Magnoliopsida	Fabaceae	Acacia longifolia	Aromo / Aromo doble
Plantae	Spermatophyta	Magnoliopsida	Fabaceae	Acacia mearnsii	Acacia australiana
Plantae	Spermatophyta	Magnoliopsida	Fabaceae	Acacia melanoxylon	Acacia de madera negra
Plantae	Spermatophyta	Magnoliopsida	Fabaceae	Acacia saligna	Acacia azul
Plantae	Spermatophyta	Magnoliopsida	Fabaceae	Robinia pseudoacacia	Acacia blanca / Falsa acacia
Plantae	Spermatophyta	Magnoliopsida	Fabaceae	Gleditsia triacanthos	Acacia negra

1.3.1 Acacia caven (Vachellia caven)

La acacia caven, también conocida como aromito, es una especie nativa de Sudamérica, ampliamente distribuida en el noroeste de Argentina. Se distingue por su crecimiento en forma de arbusto de copa redondeada, corteza castaño oscura con profundas grietas oblicuas. Ramas muy tortuosas, oscuras, con espinas agudas dispuestas de a pares en los nudos. Las hojas pinnaticompuestas, caducas. Posee flores amarillas, muy pequeñas y perfumadas dispuestas en inflorescencias esféricas compactas con un pedúnculo corto de 18 mm como máximo. El fruto es una legumbre casi siempre indehisciente, leñosa, castaño oscura, gruesa, de entre 4 y 7 centímetros de largo y 2 a 3 centímetros de diámetro con el extremo punzante. Estas son amarillo-verdosas, duras, de aproximadamente 6 milímetros de diámetro. Posee un sistema radicular profundo y produce una gran cantidad de semillas con alta capacidad germinativa. Se adapta a suelos pobres y soporta períodos prolongados de sequía. Puede llegar a los cuatro metros de altura. Es común verla en la provincia de Entre Ríos y Córdoba. Donde crece en zonas generalmente degradadas y forma espinilleras en las tierras de lomadas (que tienen alto drenaje). principalmente se encuentra en estas zonas debido al incremento de los incendios y desmontes, que aumentan su presencia, debido a que es una especie precursora. Las siguientes imágenes (**Figura 1-2**), (**Figura 1-3**) ilustran las partes que componen la especie, donde la letra marcada en la figura hace referencia a una parte de la misma. La letra "A" muestra la rama con las hojas, la letra "B" una rama florífera, la letra "C" la flor, la "D" representa la germinación, la "E" el fruto y con la letra "F" la semilla.

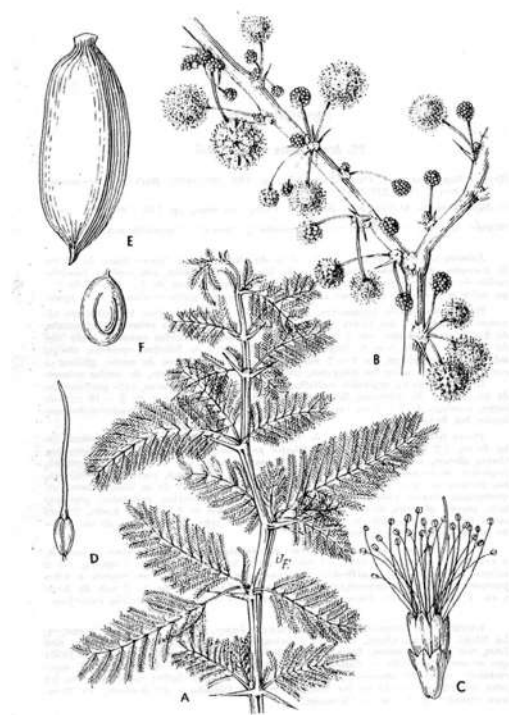


Figura 1-2: Vachellia caven [4]



Figura 1-3: Espinillo (Acacia caven) [5]

1.3.2 Acacia dealbata (Acacia plateada o mimosa)

La acacia dealbata generalmente conocida como mimosa, puede tener una altura entre 5 a 7 metros de alto, con copa cónica o redondeada y tronco con la corteza color gris oscuro o castaño, lisa cuando es joven y fisurada con el paso del tiempo. Tiene un follaje perenne de hojas bipinnadas, alternas, poseen de 5 a 15 pares de pinnas con 15 a 35 pares de folículos lineares, de color verde grisáceo a azulado, bien separados uno de otros. Es originaria de Australia, esta especie ha demostrado un crecimiento invasivo en algunas regiones del país. Presenta un follaje denso y una alta capacidad de regeneración lo que le permite expandirse rápidamente. Hacia fines del invierno, su copa se cubre de inflorescencias en forma de racimos o panículas densas, axilares o terminales, tan largas como las hojas. La legumbre oblonga, de color castaño oscuro, glabra, con los márgenes engrosados y ligeramente constreñidos entre las semillas, que son negras, elipsoides, dispuestas en el fruto de forma longitudinal. Las siguientes imágenes (**Figura 1-4**) (**Figura 1-5**) demuestran lo descrito.

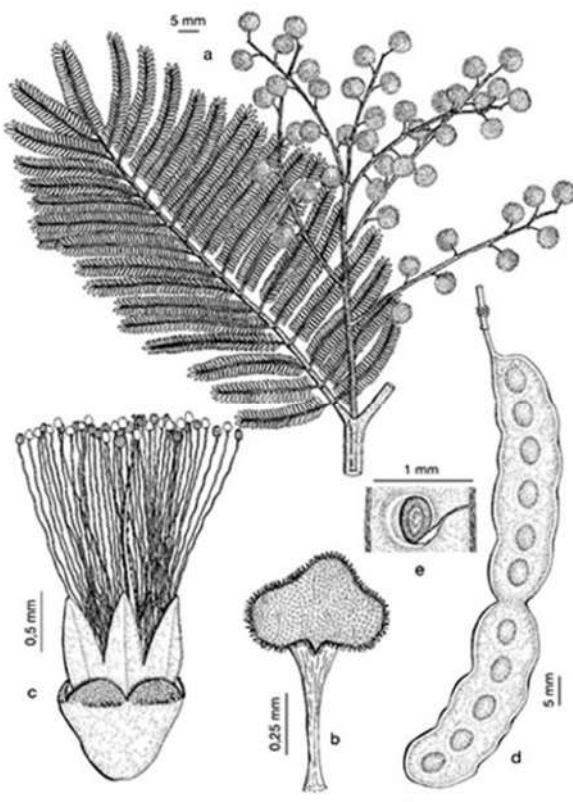


Figura 1-4: Acacia dealbata (mimosa) [4]



Figura 1-5: Acacia dealbata [6]

1.3.3 Acacia negra (*Gleditsia triacanthos*)

La acacia negra (**Figura 1-9**) es una planta originaria de Estados Unidos, introducida en Argentina con fines ornamentales, para obtener madera y sombra. Puede alcanzar grandes alturas. Sus chauchas forrajeras son muy apetecibles para el ganado lo que ha contribuido a su diseminación. Es caducifolia, florece en la primavera, la fructificación se inicia a comienzos del verano (diciembre) y se prolonga hasta entrado el otoño (mayo). Comúnmente se encuentra en suelos húmedos y fértiles cerca de los arroyos y lagos pero habita en una amplia variedad de ambientes entre los que destacan sitios bien drenados, laderas rocosas, campos abandonados, bordes de alambrados y planicies de inundación. Tolerancia bien la sombra, la contaminación, las podas, soporta el trasplante.

En las siguientes figuras se muestra esta especie (**Figura 1-6**) (**Figura 1-7**). En la **Figura 1-6** se pueden observar letras referenciando las partes que componen la planta. La letra "a" muestra la rama con una hoja, la letra "b" el raquis de una pinna con dos folíolos, con la "c" una rama con hojas e inflorescencia masculina, con la "d" flor masculina, en la antesis, la letra "e" una rama con hoja y una inflorescencia femenina, con la "f" una flor femenina, la "g" representa el fruto y con la letra "h" la semilla.



Figura 1-6: *Gleditsia triacanthos* [4]



Figura 1-7: Acacia Negra

1.4 Zona geográfica y expansión

Las acacias han logrado expandirse en diferentes regiones de Argentina, ya sea de manera natural o a través de la introducción por parte del hombre. La acacia se encuentra distribuida en diversas regiones del país, especialmente en zonas con climas templados y subtropicales. Este es un arbusto que tolera períodos prolongados de sequía. Se adapta bien a terrenos erosionados, donde su crecimiento es lento y no alcanza grandes tamaños. Su extensión (**Figura 1-8**) hoy recorre la distancia de Buenos Aires hasta las yungas de Tucumán, y de Córdoba hasta la Mesopotamia, traspasando incluso los límites con Uruguay.

Las “manchas” en diferentes tonalidades de colores blancos y negros de la **Figura 1-8**, representan las regiones donde estas especies se encuentran presentes. Extendiéndose en gran parte de la región pampeana, parte del noroeste y noreste del país. Los puntos marcados en color negro muestran las zonas con mayor concentración de estas especies en las distintas provincias. Y las flechas en color verde indican la extensión de estas especies en el país.

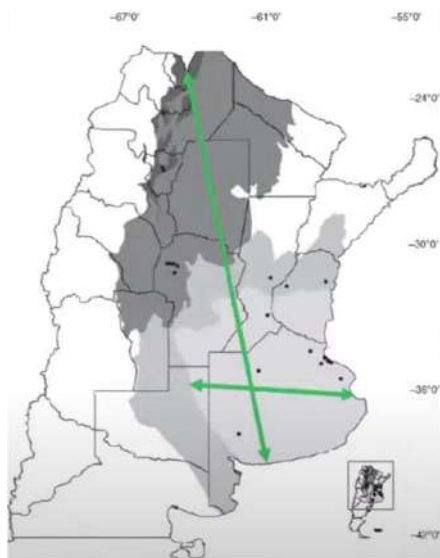


Figura 1-8: Distribución geográfica de Acacias en Argentina [1]

1.5 Impacto en los ecosistemas

La expansión descontrolada de la acacia en distintas regiones de Argentina ha generado algunos cambios en los ecosistemas, afectando tanto la biodiversidad como el equilibrio de los suelos y la disponibilidad de recursos hídricos. Su presencia en ambientes naturales y productivos no solo altera la composición de la flora nativa, sino que también modifica las dinámicas ecológicas, desplazando especies autóctonas y afectando los servicios ecosistémicos esenciales. Uno de los impactos más notorios de la proliferación de la acacia es su capacidad para competir con la vegetación nativa. En regiones donde

antes predominaban pastizales naturales, la acacia ha ocupado grandes extensiones de tierra, reduciendo la disponibilidad de gramíneas y otras especies herbáceas esenciales para la alimentación del ganado y la fauna local. Su rápido crecimiento y su denso follaje generan sombra permanente sobre el suelo, impidiendo la regeneración de las especies nativas que requieren luz solar directa para su desarrollo. Como resultado, muchas plantas autóctonas han visto reducida su población.

Otro factor de gran relevancia es su capacidad para modificar la estructura del suelo. Las raíces de la acacia tienen una notable capacidad de fijación, lo que puede reducir la erosión en algunas áreas, pero al mismo tiempo alteran la composición del suelo debido a la acumulación de materia orgánica en división y a la fijación de nitrógeno atmosférico.

En términos de impacto antrópico, la expansión de la acacia ha generado serios inconvenientes para la producción agropecuaria. La formación de matorrales densos en zonas de pastoreo ha reducido la capacidad de carga de los campos, dificultando la movilidad del ganado y aumentando los costos de mantenimiento de los potreros. En muchos casos, los productores han tenido que implementar estrategias de control mecánico o químico para reducir la invasión, lo que implica costos adicionales y un esfuerzo constante para evitar su reaparición. Estas acciones pueden además generar efectos negativos en el medio ambiente.

En la **Figura 1-9** se puede observar el contraste entre dos campos vecinos con distintos usos: un campo destinado a la producción agrícola (izquierda) y otro utilizado para la ganadería (derecha). La imagen evidencia claramente el avance de la acacia en el campo de la derecha. En cambio, el campo de la izquierda permanece libre de esta especie debido al control periódico implementado, evitando así la invasión y la consecuente disminución de la productividad del suelo. Este contraste pone en evidencia la notable capacidad de expansión de la especie en ausencia de intervención, logrando colonizar grandes extensiones de terreno en un período relativamente corto. Su proliferación no solo afecta la disponibilidad de recursos para la producción agropecuaria, sino que también impacta negativamente en el ecosistema.



Figura 1-9: Avance de la acacia en ausencia de intervención [17]

2. Métodos de control

La selección del método más adecuado para controlar la proliferación de la acacia fue un proceso que involucró la evaluación de tres propuestas principales: el arrancado de raíz, el corte mecánico y el quemado por corriente eléctrica. Otras alternativas no fueron consideradas para esta evaluación porque no cumplían con uno de los propósitos principales del proyecto. Por ejemplo, el quemado, el cual genera una emisión de gases contaminantes, contribuye a la degradación del suelo y aumenta el riesgo de incendios descontrolados, lo cual contradice los principios fundamentales del proyecto. Además, en este capítulo se incluye una comparación con máquinas similares existentes en el mercado, proporcionando una visión completa de las ventajas y capacidades del equipo.

2.1 Ponderación y resultados

Para determinar cuál de las alternativas resultaba más adecuada, se realizó una ponderación basada en ocho características claves que se consideran esenciales para garantizar la efectividad, sostenibilidad y viabilidad técnica del mecanismo de control.

En el proceso de ponderación se asignó un valor de importancia a cada una de las variables, con un rango de 1 a 10. Reflejando su relevancia en el contexto del proyecto. Estas son: potencia requerida, velocidad de control, peso del mecanismo, impacto ambiental, seguridad, eficiencia a largo plazo, estado del suelo después del control y complejidad del mecanismo.

Cada método de control fue evaluado en función de su rendimiento en estas variables y se le colocó un valor de 1 a 5 para evaluar su capacidad dentro de cada una de las variables. Los valores de estas evaluaciones se sumaron para obtener un puntaje total, que permitió una comparación directa entre las propuestas. En la **Tabla 2-1** se muestran los resultados logrados.

Tabla 2-1: Resultados ponderación de variables [7].

Propuestas	Total
Corte mecánico	196
Arrancado de raíz	218.5
Quemado por corriente eléctrica	162.5

El método por arrancado de raíz obtuvo el puntaje más alto, con un total de 218.5 puntos, destacándose como la opción más eficiente y sostenible. En segundo lugar, se ubicó el

corte mecánico con 196 puntos, y finalmente, el quemado por corriente eléctrica con 162.5 puntos. A continuación, se analizan cada una de las propuestas para justificar la selección de la alternativa más adecuada.

2.1.1 Arrancado de raíz

Este método de control fue identificado como la solución más adecuada en función de las variables evaluadas. Se caracteriza por garantizar la eliminación completa de la planta, incluyendo su sistema radicular, lo que impide la regeneración.

La fuerza requerida para la extracción es considerable, ya que el proceso involucra diferentes elementos mecánicos que soporten la fuerza que ejerce la planta para no ser extraída. Puede llevar una velocidad de control aceptable, aunque el peso del mecanismo es relativamente alto con respecto a las otras propuestas, debido a la cantidad de elementos necesarios para cumplir con los objetivos. El impacto ambiental es mínimo, ya que el método elimina la necesidad de herbicidas o quemados. En seguridad, no requiere de demasiados sistemas de protecciones. La eficiencia a largo plazo es una de las principales ventajas, ya que reduce la necesidad de intervenciones al evitar que la planta vuelva a brotar.

2.1.2 Corte mecánico

El método de corte tiene ciertas ventajas en términos de fuerza requerida, siendo esta baja debido a que solo afecta la parte aérea de la planta, pero esto también implica que el sistema radicular permanece intacto, permitiendo que la planta se regenere. Este sistema tampoco requiere demasiada potencia ya que el mecanismo se basa en discos o cuchillas de corte accionadas por la toma de fuerza del tractor. Por lo que la complejidad del mecanismo es menor con respecto a las otras soluciones. La velocidad de control es relativamente alta, permitiendo un avance más rápido en comparación con las otras propuestas, pero a costa de una menor efectividad a largo plazo. Respecto al peso del mecanismo, es más ligero, lo que facilita su transporte y manipulación. En seguridad, este método presenta riesgos altos debido a la exposición de partes móviles como las cuchillas o los discos, lo que puede causar accidentes si no se utilizan las protecciones adecuadas. La eficiencia a largo plazo es baja, ya que el rebrote de la planta obliga a repetir el proceso periódicamente, aumentando los costos operativos. Esto repercute negativamente en el impacto ambiental, debido al uso constante de maquinaria para controlar esta especie, lo cual, en algunos casos, se complementa con el uso de herbicidas para evitar el rebrote.

2.1.3 Quemado por corriente eléctrica

Este sistema de control es el más desfavorable. Con un puntaje de 162.5 puntos es el menos viable de las opciones evaluadas. Para este método no se requiere de demasiada fuerza, ya que utiliza descargas eléctricas para dañar el sistema radicular de la planta. Sin embargo, la potencia es considerablemente alta debido al consumo energético elevado necesario para realizar las descargas. La velocidad de control es baja, ya que el

método requiere tiempo para que la corriente eléctrica alcance y afecte internamente la planta. El peso del mecanismo puede variar, dependiendo del lugar donde se coloquen los sistemas de generación, transformación, sistema de aislamiento, etc. En cuanto al impacto ambiental presenta un riesgo significativo, ya que la generación de electricidad puede depender de sistemas de combustión que dependen de fuentes no renovables. En seguridad, los riesgos son altos, ya que la manipulación de corriente eléctrica en campo puede representar un peligro para el entorno. La eficiencia a largo plazo es baja ya que muy difícilmente se logre dañar el sistema radicular, permitiendo el rebrote de la planta. La complejidad del mecanismo es elevada, lo que implica costos elevados de implementación y mantenimiento.

En las siguientes imágenes (**Figura 2-1**), (**Figura 2-2**) se observan ejemplos prácticos de métodos de control no exitosos a largo plazo, como la combinación de corte y quemado, evidenciando así la gran capacidad de rebrote que tiene esta especie.



Figura 2-1: Control por corte y incendio



Figura 2-2: Rebrote post incendio

2.2 Máquinas con tareas relacionadas que existen en el mercado

En el ámbito de la maquinaria agrícola y forestal, existen diversos dispositivos diseñados para realizar tareas relacionadas con el control de malezas, tales como trituración, extracción, quemado y corte. Aunque ninguna de estas máquinas ha sido diseñada

específicamente para el control de la familia de las acacias, algunas presentan funciones similares que pueden servir como referencia técnica. Entre ellas se encuentran:

- Cosechadoras forestales
- Desmalezadoras de alcance
- Arrancadoras de raíces
- Trituradoras laterales

Las cosechadoras forestales están diseñadas para la industria maderera, en una escala totalmente superior, siendo capaces de talar y procesar árboles de gran tamaño, aunque generalmente realizan el corte de uno por vez. Su mecanismo también cuenta con un cabezal multifunción, con sistemas hidráulicos incluidos. En la siguiente imagen (**Figura 2-3**) se puede observar este tipo de equipos. En este caso el control del equipo es realizado por un operario, quien debe posicionar correctamente el cabezal de corte en el árbol a cortar.



Figura 2-3: Cosechadora forestal [12].

Las desmalezadoras de alcance son equipos utilizados para cortar vegetación superficial y preparar el terreno. Cuentan con brazos colocados detrás del tractor con dirección hacia

los laterales del mismo. En los extremos con cuchillas horizontales o rotativas. En caso de utilizarse este equipo para tratar la acacia, las plantas podrían regenerarse, ya que sus raíces quedarían intactas. En la **Figura 2-4** se ilustra un modelo de desmalezadora de alcance, equipado con cuchillas horizontales.



Figura 2-4: Desmalezadora de alcance [13]

Las máquinas arrancadoras de raíces son diseñadas para desterrar cultivos específicos, como la remolacha o zanahoria. En este caso la tierra es trabajada, lo que beneficia la extracción, ya que reduce la potencia necesaria para realizarla. Estos equipos utilizan mecanismos y sistemas hidráulicos que sujetan y extraen raíces. En **Figura 2-5** se muestra un modelo de equipo para cosechar zanahorias. El mismo se encuentra montado en el tractor, al lateral del mismo.



Figura 2-5: Cosechadora de zanahorias [14]

Los equipos de trituración lateral son implementos diseñados para el manejo de arbustos y malezas. Se adaptan al tractor de igual forma que la desmalezadora de alcance. Estas utilizan un rotor horizontal equipado con cuchillas o martillos que giran a gran velocidad. El rotor es accionado por la toma de fuerza del tractor y es capaz de trabajar en posiciones ajustables, tanto verticales como en inclinación lateral o horizontal, lo que resulta ideal para terrenos irregulares o áreas de difícil acceso. Sin embargo, al igual que la desmalezadora, estos equipos no proporcionan una solución definitiva en cuanto al control de la acacia, permitiendo su regeneración. En la siguiente imagen (**Figura 2-6**) se ilustra un ejemplo de este tipo de equipos.



Figura 2-6: Desmalezadora de alcance [15]

3. Partes y funcionamiento del equipo

Este capítulo aborda un análisis detallado del implemento diseñado para la extracción mecánica de estas plantas, destacando sus componentes principales, la tecnología de detección, los sistemas de automatización y su funcionamiento general.

El implemento ha sido desarrollado para operar eficientemente con las exigencias específicas de los terrenos agrícolas, adaptándose a pequeñas irregularidades del terreno. Su diseño busca maximizar la precisión en la extracción, garantizar su transporte cumpliendo con las normativas argentinas vigentes y reducir el impacto ambiental.

3.1 Descomposición funcional

3.1.1 Funciones

Para realizar el análisis y seleccionar las mejores soluciones se empleó una técnica de descomposición funcional que permite dividir un problema en problemas menores para facilitar su solución [8]. En la **Tabla 3-1** se define la técnica para desglosar las funciones.

Tabla 3-1: Técnica de descomposición funcional [8].

Funciones		
Operador de la función	Acción	Objeto
Sujeto	Verbo	Objeto
Implemento agrícola	Extraer	Planta

Para llevar a cabo dicho análisis se clasificaron las diferentes funciones que debe cumplir el implemento para poder extraer la planta correctamente:

- Acoplar el implemento.
- Absorber las irregularidades del terreno.
- Regular en altura.
- Posicionar el implemento hacia la planta.
- Desplazar lateralmente el órgano.
- Soportar el mecanismo extractor.
- Sujetar la planta.
- Extraer la planta.

- Desplazar lateralmente el órgano.
- Descartar la planta.

3.1.2 Matriz Morfológica

Se utilizó esta herramienta para poder analizar y seleccionar las mejores soluciones técnicas para cada función del equipo. Para ello se fueron identificando diferentes posibles soluciones y eligiendo la más adecuada en función de criterios como eficiencia, simplicidad, costos y viabilidad técnica. A continuación, en la **Tabla 3-2** se presentan las funciones elegidas.

Tabla 3-2: Funciones y opciones seleccionadas [7].

Función	Solución
Acoplar el implemento	Enganche tres puntos
Absorber las irregularidades del terreno	Sistema de compensación hidráulico
Regular en altura	Ruedas regulables
Posicionar el implemento hacia la planta	Mediante sensores
Desplazar lateralmente el órgano	Correa dentada
Soportar el mecanismo extractor	Desplazable mediante correderas
Sujetar la planta	Pinza estilo brazo robótico (Claw Gripper)
Extraer la planta	Fuerza de tracción del tractor
Descartar la planta	Elevación del órgano extractor y desechado por gravedad

Más adelante, en los capítulos correspondientes, se profundizará en las características y justificaciones de cada una de estas elecciones, destacando su importancia dentro del conjunto del sistema diseñado.

3.2 Partes del equipo

Para dar una visión general del sistema, en la **Figura 3-1** se presenta el diseño completo del equipo en su estado operativo (se cambió la transparencia de algunas chapas protectoras para dar una mejor visualización de los órganos extractores). En las siguientes subdivisiones de este capítulo se realiza un análisis más detallado de los elementos individuales, como la estructura y órgano extractor.

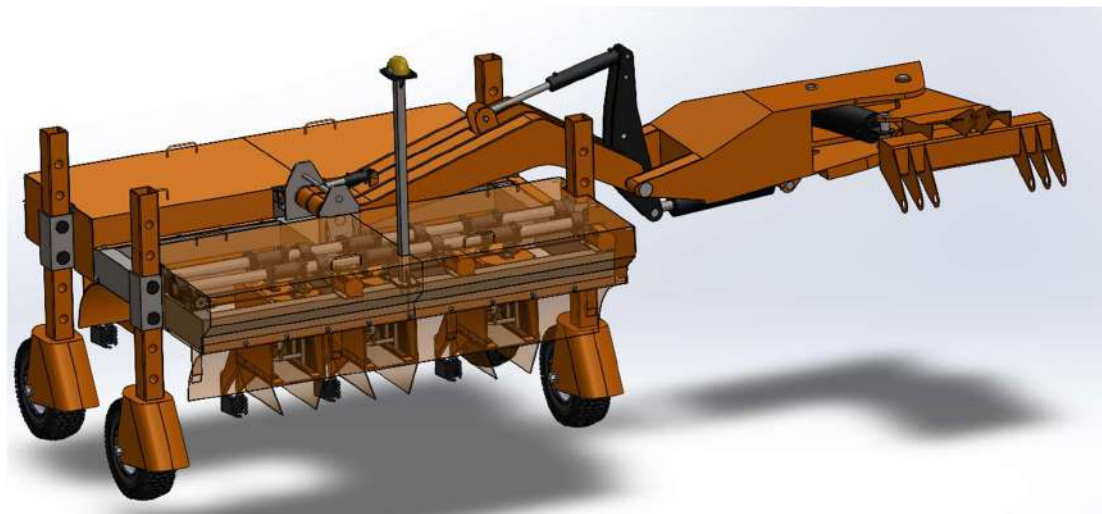


Figura 3-1: Disposición estructural del implemento

3.2.1 Estructura

El equipo consta de cinco eslabones articulados que conforman la parte estructural, sobre la cual se sostienen los sistemas de extracción. Todo este sistema estructural se acopla con el tractor por el enganche tres puntos. Estos eslabones están posicionados de tal manera que permiten el trabajo lateralmente al tractor, evitando que este último pase por encima de la zona de trabajo. Esta posición se logra utilizando el sistema hidráulico del tractor, mediante cilindros hidráulicos. Existen cuatro cilindros para realizar este propósito. En la siguiente imagen (**Figura 3-2**) se puede observar la disposición de los mismos.

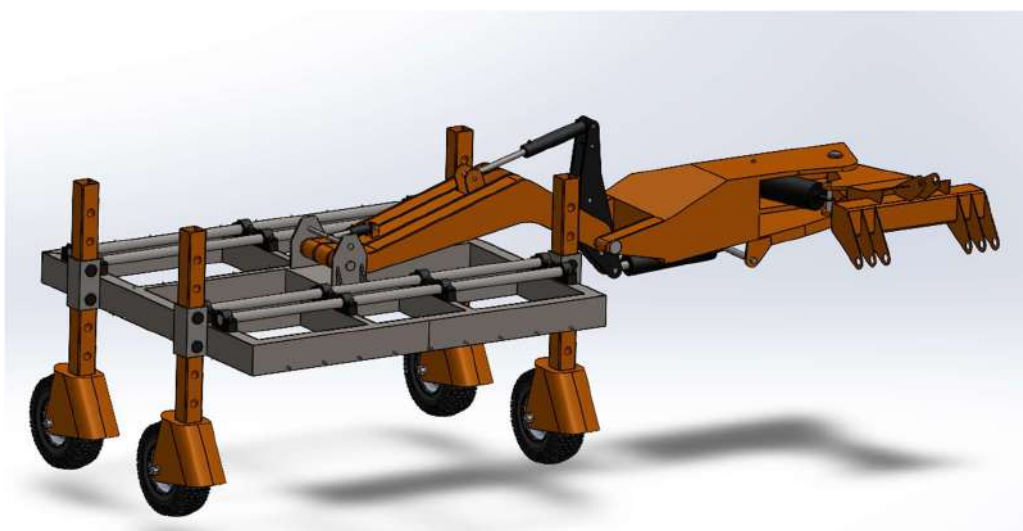


Figura 3-2: Disposición estructural del implemento

3.1.2 Órgano extractor

El órgano extractor está compuesto por un conjunto de elementos mecánicos que coordinan sus movimientos para garantizar su funcionamiento. Este sistema incluye correderas cilíndricas ubicadas encima de la carcasa propia del conjunto, lo que permite su desplazamiento controlado. El sistema de accionamiento está conformado por un juego de engranajes encargados de transmitir el movimiento, un par de brazos con mordazas en sus extremos, dos cilindros hidráulicos: uno que proporciona la fuerza necesaria para el cierre de las mordazas y otro para la elevación de los brazos. En la **Figura 3-3** se muestra la disposición de los componentes descritos.

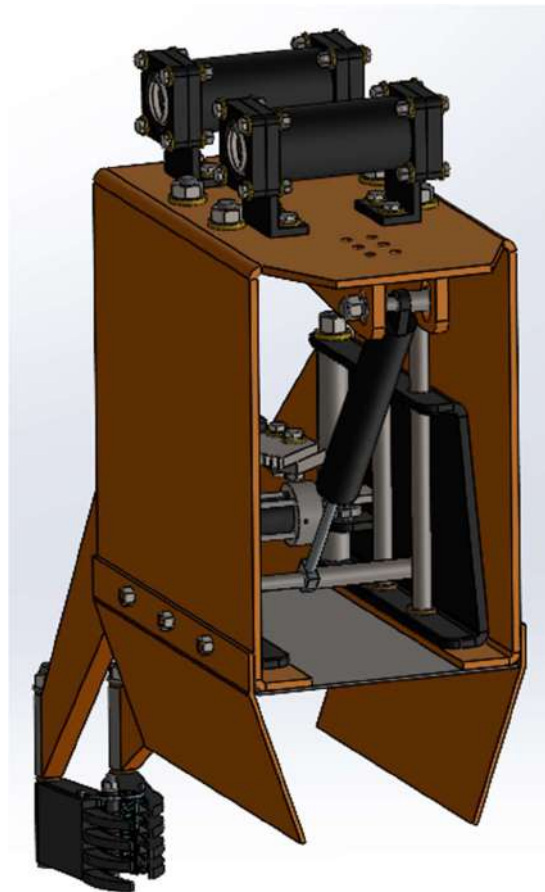


Figura 3-3: Disposición estructural del implemento

3.2 Funcionamiento y tecnología utilizada

El funcionamiento del sistema se explica partiendo de la estructura, siguiendo la cadena cinemática de los cilindros hidráulicos desde la ubicación de enganche tripuntal del tractor. El primer cilindro hidráulico define la posición de trabajo o la de transporte (**Figura**

3-4). Estando contraído corresponde a la posición de trabajo, mientras que extendido corresponde a la posición de transporte, colocando el implemento detrás del tractor.

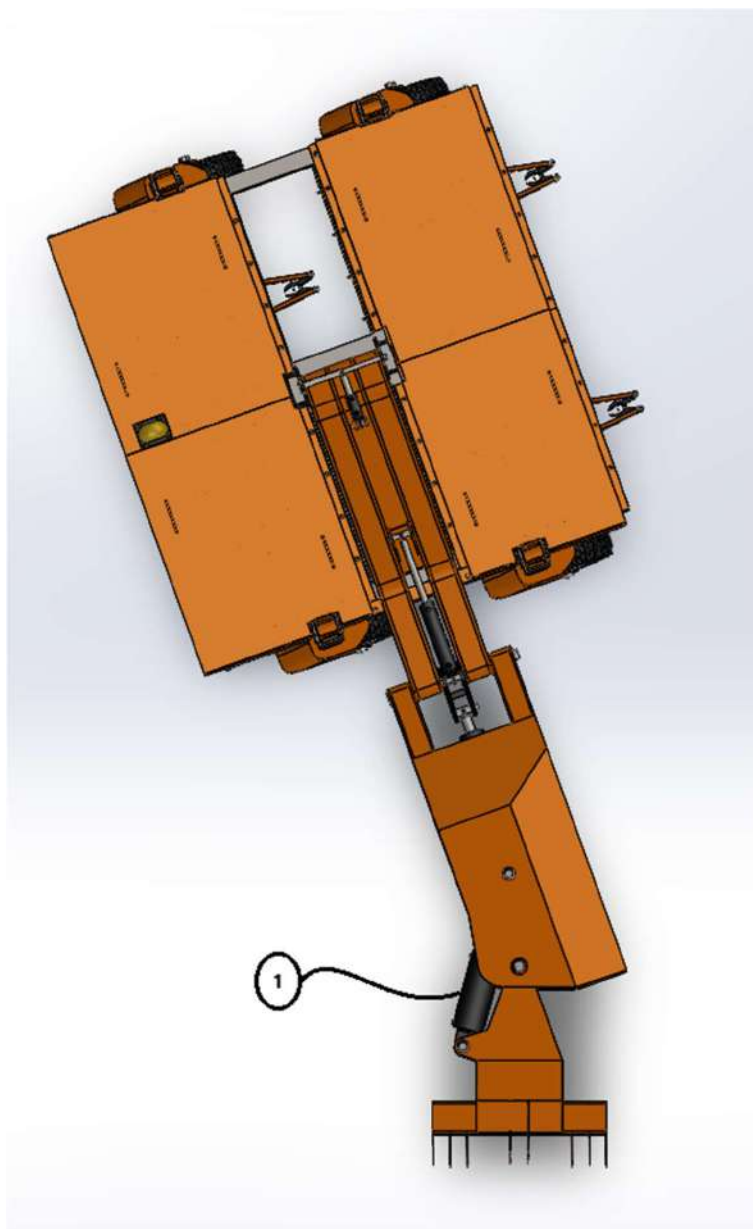


Figura 3-4: Movimiento del primer cilindro hidráulico

Los cilindros siguientes (2 y 3) ajustan la altura respecto al suelo y un cuarto cilindro compensa la inclinación de la estructura que sostiene los órganos extractores. Estos ajustes dependen de las condiciones del terreno, buscando siempre mantener la estructura lo más cerca posible del suelo para evitar daños en la planta durante la

extracción. Una vez realizado el ajuste, se colocan pernos en los porta-ruedas a la altura deseada, accionando finalmente los cilindros hidráulicos para bajar la estructura y permitir que las ruedas soporten las fuerzas generadas durante la extracción. Luego de posicionarse correctamente, el tractor arrastra el implemento a una velocidad conveniente de 2.5 km/h. En la **Figura 3-5** se muestran los movimientos posibles al accionar cada cilindro hidráulico.

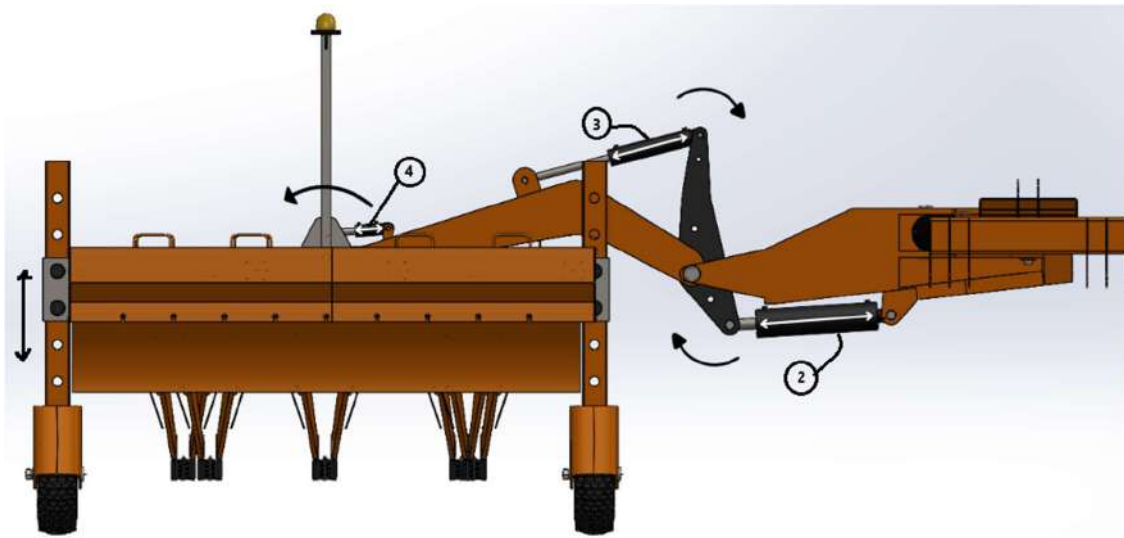


Figura 3-5: Movimientos posicionales de la estructura

3.2.1 Funcionamiento para el transporte

Para que el implemento sea transportable se diseñó el equipo de tal manera que cumpla con las reglamentaciones argentinas vigentes. Para distancias cortas, el equipo se logra plegar mediante el uso de cilindros hidráulicos.

El procedimiento para que el implemento pueda ser transportado es el siguiente, Debajo del segundo eslabón de la cadena cinemática se encuentra un segundo cilindro hidráulico, el cual se acciona para elevar angularmente a todo el conjunto. El primer cilindro hidráulico es el encargado de colocar al implemento por detrás del tractor. Y el resto de los cilindros que forman parte de la estructura (3 y 4) se accionan para acompañar el movimiento y mejorar la posición. La **Figura 3-6** demuestra lo explicado.



Figura 3-6: Posición de la estructura para el transporte

3.2.2 Funcionamiento para la extracción

Para colocar el implemento en posición de extracción, los cilindros 1 y 2 deben permanecer contraídos, mientras que los cilindros 3 y 4 se ajustan de acuerdo al terreno. Una vez logrado este ajuste estructural, se procede a explicar la disposición y funcionamiento de los órganos extractores.

El implemento cuenta con cinco órganos extractores, dispuestos de la siguiente manera, tres órganos en la parte delantera y dos en la parte trasera. Se optó por esta disposición considerando la distancia mínima entre plantas (300 mm) y el ancho de labor (2 metros).

Estos, con su movimiento de traslación en dirección lateral cubren la totalidad del ancho de labor, con esto se evita disponer de muchos órganos extractores que permanecerían inactivos por un tiempo prolongado, disminuyendo en gran medida el peso total del implemento. Como los tres órganos extractores delanteros poseen zonas “ciegas”, en donde no pueden trabajar, se disponen dos órganos traseros para cubrirlas. Además, en caso de que haya plantas muy próximas, el órgano delantero puede no haber terminado de extraer la planta y posicionado correctamente, con lo cual, estos órganos traseros entran en acción, asegurando que la gran mayoría de las plantas sea extraída.

El desplazamiento lateral de los órganos es a través de correderas deslizantes, vinculadas a correas sincrónicas mediante la bancada propia del órgano de extracción.

En la **Figura 3-7** se observa en vista superior la disposición de los órganos de extracción y el sistema de traslación utilizado.

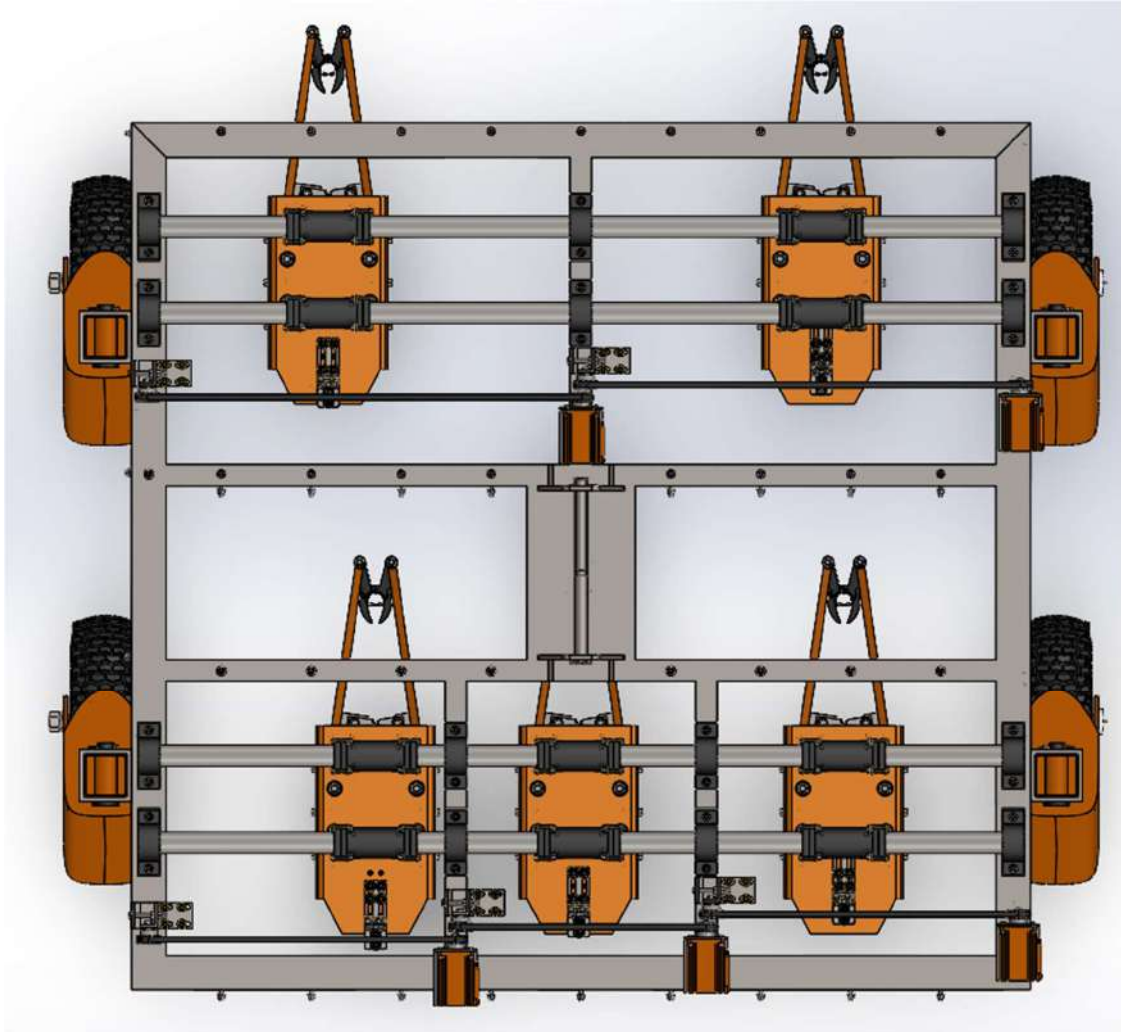


Figura 3-7: Vista superior órganos de extracción

Se selecciona un sistema accionado por correa debido a que las otras opciones podrían resultar inconvenientes. El sistema de piñón-cremallera podría flexionarse debido a la extracción de la planta, haciendo que pierda contacto. El sistema sin fin corona podría ensuciarse fácilmente provocando bloqueos o desgaste prematuro del mecanismo. El sistema con cadena es menos flexible que el de correas, además de ser más pesado. En este caso el movimiento lateral es en vacío, con lo cual no hace falta disponer de un elemento con demasiada resistencia mecánica. En la **Figura 3-8** se tiene una vista frontal para poder observar cómo se disponen las mordazas para recibir a las plantas (las protecciones y deflectores fueron ocultos para obtener una mejor visión de los órganos).

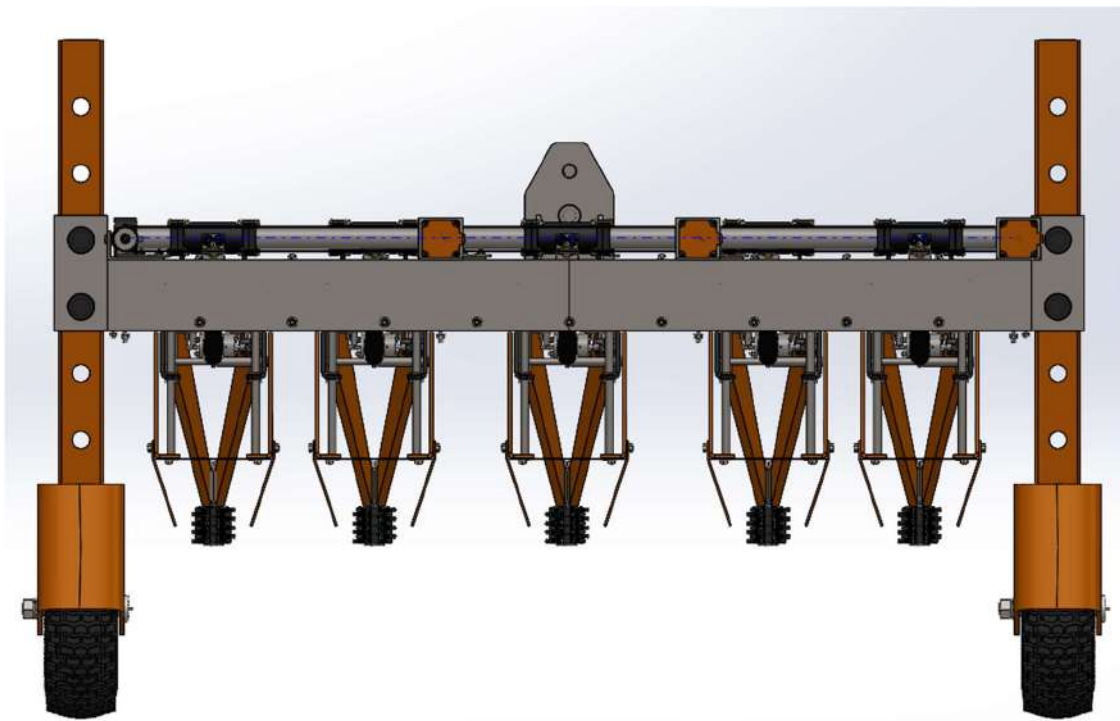


Figura 3-8: vista frontal órganos de extracción

A su vez, estas correas están accionadas por un motor eléctrico paso a paso comandado por un PLC. Se utiliza este tipo de motor para lograr un posicionamiento con gran precisión.

El PLC recibe una señal de un sensor con tecnología LIDAR (Light Detection And Ranging), el cual detecta la ubicación exacta de las plantas. Dicho sensor emite pulsos de luz láser en direcciones específicas y, cuando dicho pulso se encuentra con un objeto, se produce una reflexión hacia el receptor del sensor. El sensor mide el tiempo que tarda el pulso en regresar y luego calcula la distancia, ya que el mismo viaja a la velocidad de la luz. Este realiza múltiples mediciones, con lo cual se obtiene un conjunto de puntos en tres dimensiones que luego procesa para generar un mapeo en donde se identifican distintos objetos. Se utilizó esta tecnología debido a que muchas veces se utilizan sensores de distancia comunes, los cuales pueden sensor alguna parte de la planta, como las ramas, que no se corresponden con la posición de la base del tronco, que es la que realmente interesa. Además de que un sensor común puede confundir fácilmente el pasto con la planta de interés. Otro uso extra es que permite detectar personas frente a la máquina, lo que se puede utilizar para parar completamente al tractor o en caso de no poder, dar una alerta.

Este tipo de sensor se puede utilizar en condiciones de mucho polvo y humedad debido a que posee una clasificación IP65, sin embargo, es recomendable limpiar correctamente el polvo acumulado y no utilizar en caso de lluvia ni nieve ya que las gotas pueden

dispersar el láser provocando una medición errónea. Además, detecta plantas a distancias de hasta veinte metros con una precisión de diez milímetros.

El PLC recibe la señal del sensor y determina qué órgano se debe posicionar. Mientras el órgano se posiciona correctamente, el implemento avanza hacia la planta. Cuando hace contacto, la planta se flexiona debido a unos deflectores utilizados para evitar que la planta dañe partes del mecanismo y para orientarla en la dirección que será arrancada.

El órgano posee mordazas que sujetan la planta y, mediante la propia tracción del tractor, la arranca. Posteriormente, las mordazas se sueltan y un mecanismo eleva el órgano extractor para evitar que la planta se quede enganchada en él. Una vez elevado, regresa a su posición inicial para poder trabajar nuevamente. Las mordazas de agarre poseen un contactor mecánico normal cerrado (**Figura 3-10**), que cuando la planta se aproxima a las mismas, acciona dicho contacto y abre el circuito. El PLC detecta esta apertura del circuito y envía una señal a una válvula direccional que acciona un cilindro hidráulico para cerrar las mordazas con la fuerza suficiente. Las mordazas poseen una superficie interna con irregularidades para mejorar el agarre de y evitar desgarros o resbalamientos, especialmente cuando son plantas muy jóvenes, cuyos troncos poseen menos resistencia y contienen mayor humedad.

Una celda de carga ubicada en los brazos del órgano sensa la fuerza que ejerce la planta como resultado a la resistencia de las raíces. Cuando la celda de carga deja de sensar la fuerza o esta es muy pequeña, el PLC determina que la planta ha sido extraída, comandando la válvula direccional para lograr la apertura de las mordazas y luego se acciona otra válvula direccional para comandar un cilindro hidráulico que provoca la elevación del órgano con el fin de liberar a la planta del mecanismo. En la siguiente imagen (**Figura 3-10**) se observa la ubicación de la galga extensiométrica.

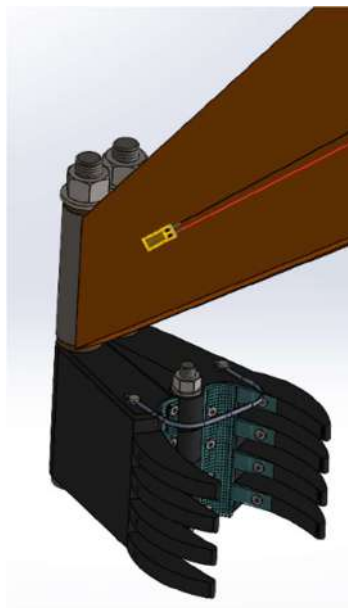


Figura 3-10: Ubicación del contactor y galga extensiométrica

4. Diseño del prototipo

Este capítulo aborda el diseño de cada componente del implemento agrícola. En particular se mostrarán análisis estáticos, cálculos y se hará una selección de componentes. Para el modelado y los análisis estáticos se utilizó el software SolidWorks.

4.1 Órgano de extracción

Este apartado se enfoca en el órgano de extracción, el cual es un módulo único, es decir, los cinco órganos extractores tienen el mismo funcionamiento.

4.1.1 Cálculos y desarrollo

Para iniciar con el diseño se tuvo en consideración la fuerza necesaria para poder extraer la planta, la cual es de 2500 kgf en sentido vertical. Este valor se obtuvo de un estudio experimental realizado en campo. Para ello se diseñó un dispositivo casero, conformado por caños que hacen de trípode y le dan la altura necesaria para que el aparejo pueda trabajar sin inconvenientes. El aparejo está enganchado a un disco con su propio gancho. Para una mejor comprensión del dispositivo se muestra la **Figura 4-1**.



Figura 4-1: Estudio experimental

Se procedió a realizar pruebas en un campo repleto de acacias, seleccionando la planta que cumplía con los parámetros iniciales y enganchándola al otro extremo del aparato por medio de un gancho casero (tornillo en U con planchuela y tuerca), fijando así la planta al dispositivo. Se midió la fuerza realizada con un dinamómetro y luego se multiplicó por el índice del aparato. Se repitió este proceso probando distintas fuerzas hasta lograr desprender la planta del suelo. Se fue anotando el desplazamiento y la fuerza realizada en el mismo instante. En la **Tabla 4-1** se muestran estos valores.

Tabla 4-1: Puntos de estudio - desplazamiento y Fuerza [7].

Desplazamiento [mm]	Fuerza [Kgf]
0	0
10	2500
50	1250
100	500
200	200
500	0

Tomando los puntos como referencia para una mejor representación, se obtiene la siguiente gráfica (**Figura 4-2**).

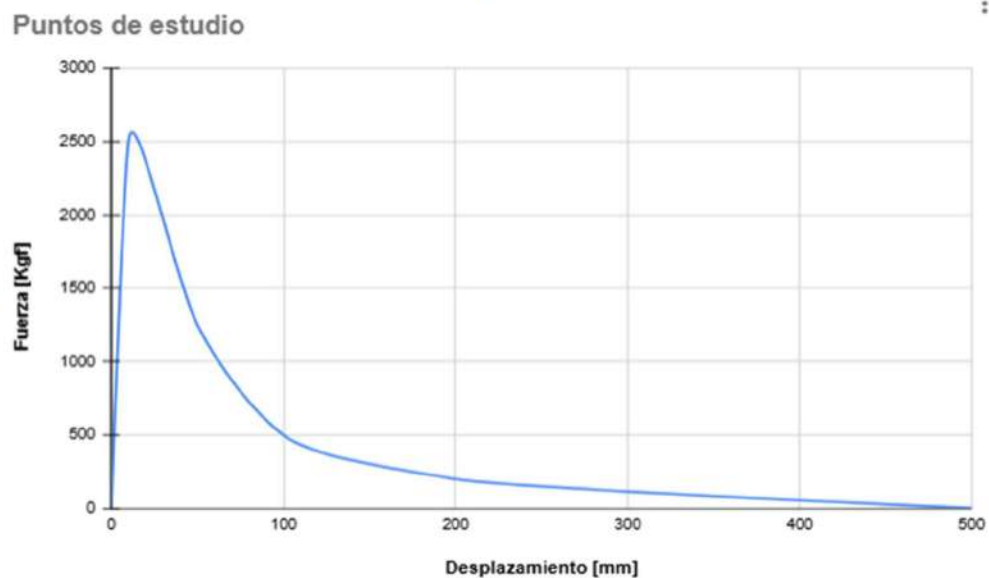


Figura 4-2: Representación gráfica de los puntos en estudio [7].

Interpretando el gráfico de la imagen (**Figura 4-2**) se observa como la planta comienza a activar el desplazamiento desde el inicio hasta llegar al punto máximo, donde se alcanza los 2500 Kgf con un desplazamiento de 10 mm (“periodo de estiramiento”). Luego la planta comienza a ceder, ya que gran parte de las raíces se encuentran desprendidas. Es por esto la disminución brusca de la fuerza en el gráfico, la cual continúa descendiendo hasta llegar al punto de máximo desplazamiento 500 mm. A través de esta fuerza se obtiene la potencia requerida para extraer la planta. Todos los componentes del órgano de extracción deben poder soportar dicha fuerza sin comprometer su resistencia estructural.

Otro punto a tener en cuenta es la fuerza con que se agarra la planta para poder realizar la extracción en forma eficiente, ya que una fuerza excesiva podría romper la planta y una fuerza insuficiente no podría realizar el trabajo. Dicha fuerza se halló experimentalmente mediante el torque ejercido a 2 tornillos, para la cual se obtuvo un valor de fuerza de apriete de 827 N. Se estimó la fuerza ejercida manualmente por un brazo de palanca conocido (largo de la llave); con este torque aplicado a los tornillos y el paso de los mismos se halló la fuerza de apriete de cada tornillo. Para poder realizar la extracción se planteó que la fuerza sea ejercida por medio de la tracción del tractor. Además, se diseñó un sistema de agarre tipo mordaza claw gripper para sujetar la planta adecuadamente (**Figura 4-3**).



Figura 4-3: Mordaza claw gripper [21]

Sin embargo, el diseño propuesto tiene bastante diferencias con el sistema anteriormente mencionado. En la **Figura 4-4** se observan las mordazas diseñadas.

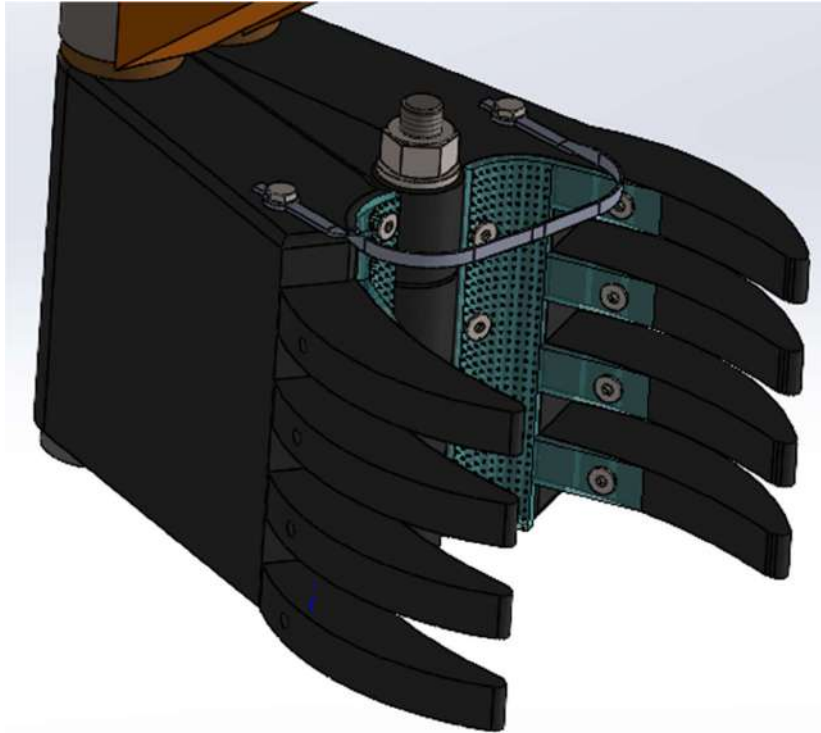


Figura 4-4: Mordazas diseñadas

En primer lugar, se buscó que las mordazas tengan la mayor apertura posible. En segundo lugar, el diseño propuesto debe agarrar plantas de distintos diámetros, desde 10 mm hasta 40 mm, con lo cual se buscó que las partes se entrecrucen entre sí. Debido a la geometría compleja de la mordaza diseñada, se decidió fabricarla de fundición de acero de alta resistencia ASTM A148 Grado 80. Otra diferencia es que no posee un sistema de sincronización en la mordaza, sino en otro elemento aguas arriba (“en los brazos”). Sin embargo, posee un brazo de palanca que permite ejercer una fuerza de agarre grande con relativamente poco esfuerzo. Además, se observa que posee una pieza adicional, cuya función es mejorar el agarre del mecanismo aumentando la superficie de contacto con la planta. Esta pieza también está hecha de fundición, ya que posee una geometría compleja, mecanizando solamente las perforaciones y las terminaciones para evitar rebabas procedentes del proceso de fundición. Las puntas se introducen dentro de la planta haciendo pequeñas perforaciones en la corteza. Esto evita que la planta patine al ser agarrada por las mordazas debido a las características acuosas entre la corteza y el tallo. Este accesorio se fija a la mordaza por medio de bulones cabeza fresada, los cuales permiten que no quede sobresaliendo y perjudicando el agarre.

Las mordazas se unen entre sí por medio de un perno, actuando todo el conjunto como una bisagra. Este perno está sometido a gran esfuerzo con lo cual se utilizó un SAE 4340 con temple y revenido.

Otro elemento de extrema importancia son las chapas que hacen contacto entre sí, las cuales tienen la función de sensar el paso de la planta para accionar el mecanismo de agarre, actuando como un contacto eléctrico normal cerrado. Cuando la planta hace contacto con las mismas, éstas se deforman elásticamente, se produce la interrupción del circuito eléctrico y el PLC incorporado al implemento recibe dicho cambio de continuidad. Las chapas sensoras están fabricadas de acero SAE 4140 con un tratamiento térmico de temple y revenido. A su vez, las mismas se insertan en una ranura que posee la mordaza, ubicándolas en una única posición, y luego se fijan mediante bulonería M4.

Para asegurar que las mordazas estén lo más cerca posible del suelo, se accionan mediante brazos de cierta longitud que garantizan un despegue adecuado. En la **Figura 4-5** se observa cómo se vinculan los brazos a las mordazas.

Como se pudo observar anteriormente, las mordazas tienen una perforación en donde se coloca un perno que la vincula al brazo. El propio brazo posee en uno de sus extremos un buje perforado, al cual se le colocan dos bujes de bronce al aluminio para reducir el desgaste entre partes. A su vez, el perno está hecho de SAE 4340 templado y revenido para darle la mayor resistencia mecánica posible ya que está sometido a una elevada sollicitación.

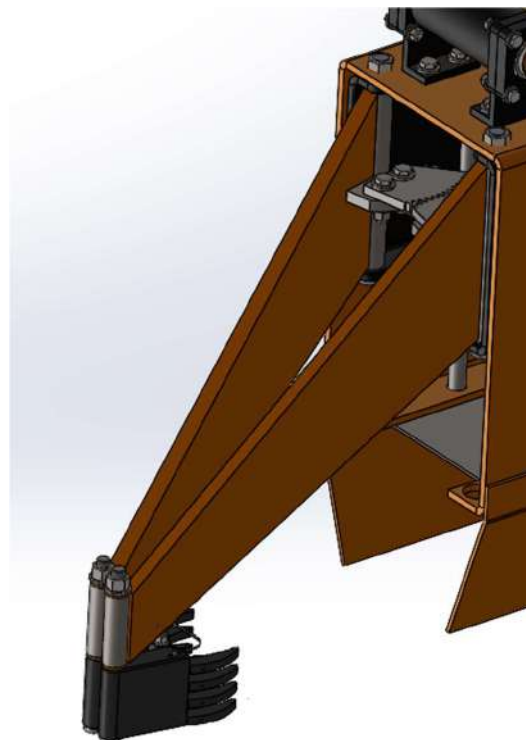


Figura 4-5: Vinculación de las mordazas con los brazos.

Los pernos se sujetan mediante tuercas castillo (en la figura aparece una tuerca DIN 934 ya que no se encuentra en la biblioteca de SolidWorks la DIN 935) con pasadores (DIN 94). Esto es debido a que se necesita que el mecanismo tenga cierto juego para poder realizar los movimientos deseados sin mayor esfuerzo.

El otro extremo del brazo se vincula a una chapa corredera por medio de un buje y un perno, como se observa en la **Figura 4-6**. Debido al pequeño ángulo de giro, no se consideraron necesarios bujes de bronce en esta unión. El perno está fabricado con SAE 4340 templado y revenido debido a que está sometido a una elevada sollicitación.

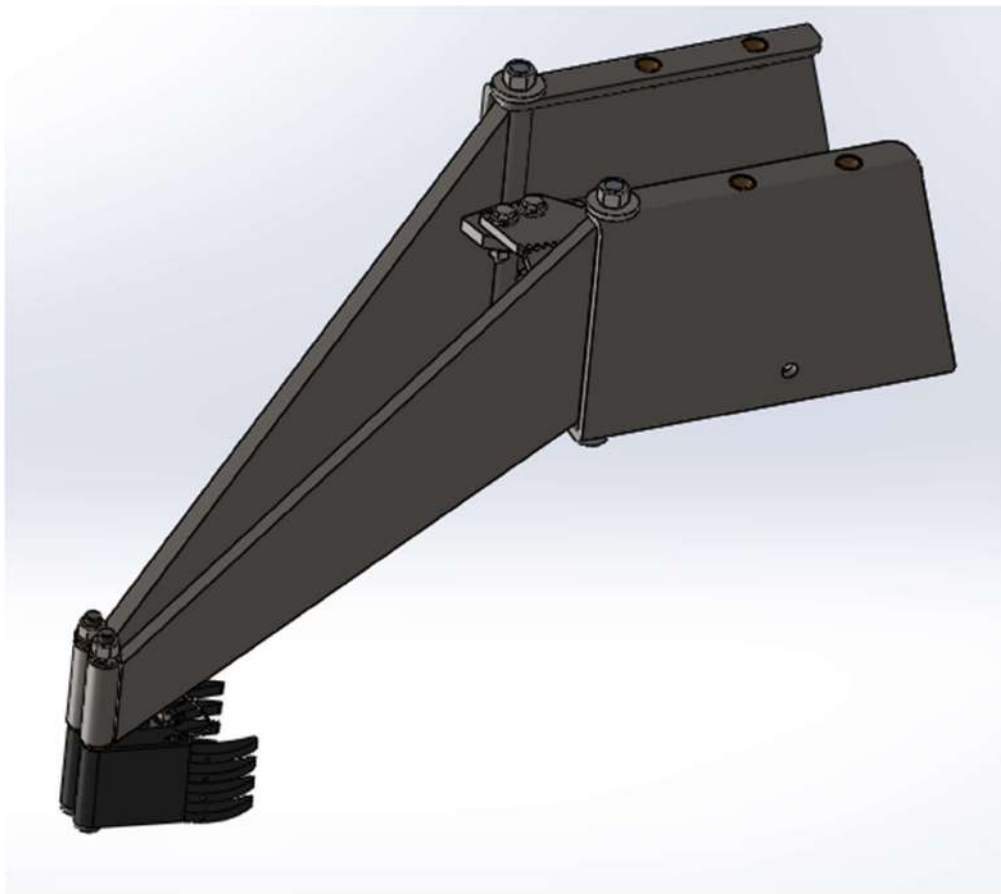


Figura 4-6: Juego de brazos

El movimiento de los brazos se realiza por medio de engranajes accionados por un cilindro hidráulico. Los engranajes (**Figura 4-7**) están fabricados de 4340 templado y revenido y se fijan a los brazos por medio de bulonería. Además, el brazo tiene una chapa con corredera para poder ajustar los engranajes en la posición correcta.

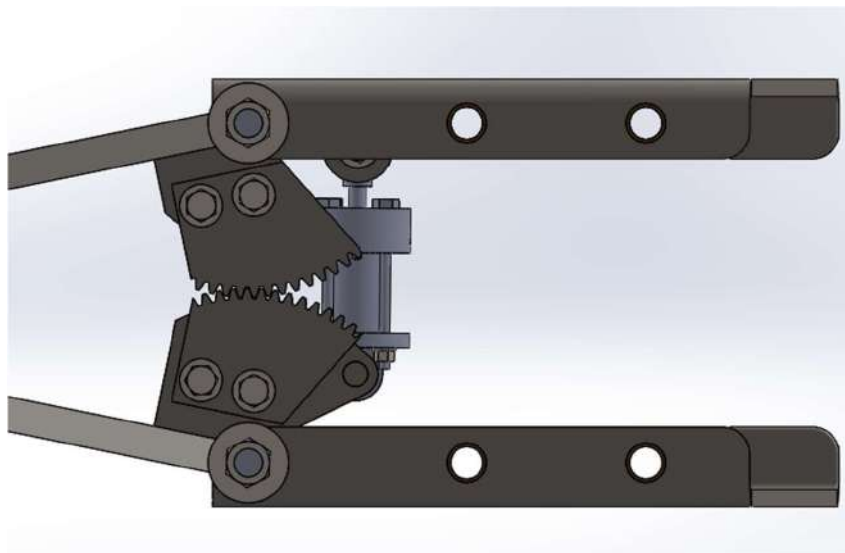


Figura 4-7: Vinculación de los engranajes del mecanismo de agarre.

En cuanto al cilindro (**Figura 4-8**), se halló que la fuerza que debe ejercer para realizar el agarre es de 7500 N con un recorrido menor a 10 mm. En el mercado no existe cilindro con estas características con lo cual se diseñó un cilindro completamente a medida.

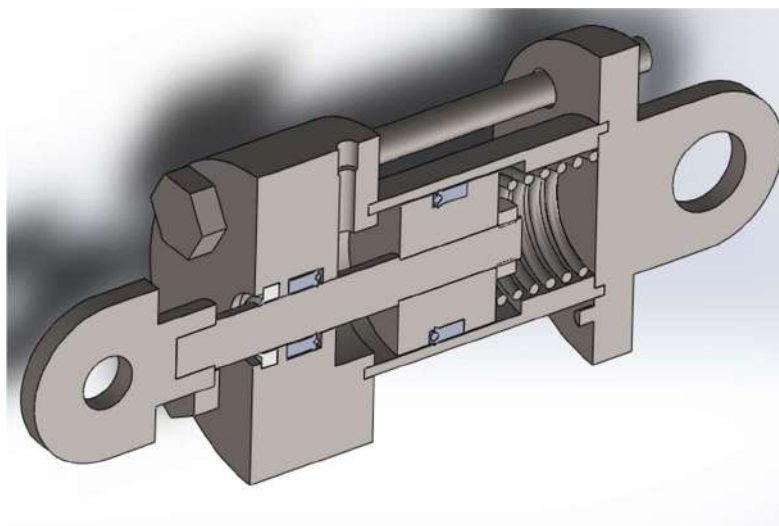


Figura 4-8: Cilindro hidráulico del mecanismo de agarre.

El cilindro es de simple efecto con retorno por resorte. En primer lugar, se calculó el vástago a compresión con la fuerza hallada del cilindro y se adoptó una medida comercial superior. El diámetro del cilindro es de 30 mm teniendo en cuenta la fuerza que debía realizar bajo una presión de 120 bar. Al cilindro se le colocaron 2 sellos polipack para sellar la cámara y evitar fugas de líquido hidráulico. Además, cuenta con un sello de

polvos en el vástago para evitar desgastes excesivos. El vástago es de SAE 1045 con un cromado en su superficie para mejorar la eficiencia del cilindro hidráulico evitando pérdidas de fluidos. El resorte fue calculado de tal forma que la fuerza encargada de restituir el pistón del cilindro a su posición inicial, luego de efectuar la extracción, sea de 5 kgf, disminuyendo a 1 kgf durante su estiramiento. El resorte está fabricado de SAE 4130 templado y revenido.

Las chapas correderas mencionadas anteriormente se desplazan sobre guías dispuestas en forma vertical para permitir que un cilindro hidráulico las eleve y descarte la planta, evitando que se enganche en las mordazas luego de ser extraída. En la **Figura 4-9** se observa el mecanismo, en donde se realizó un corte a la chapa bancada, la cual se encarga de soportar los pernos y el cilindro hidráulico.

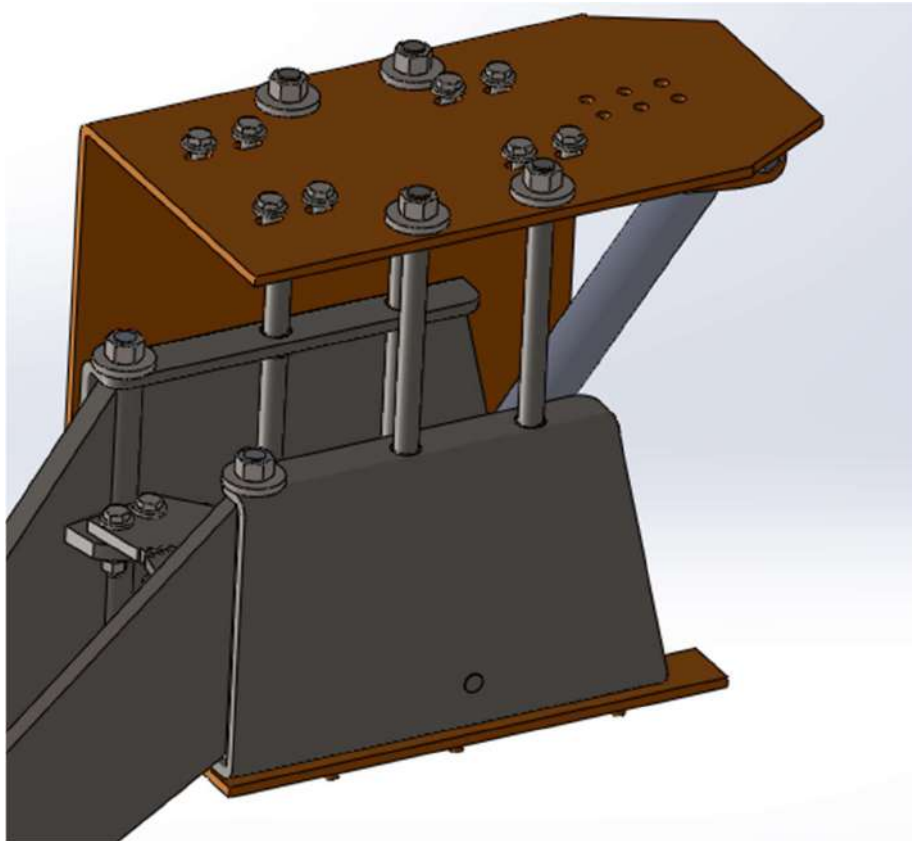


Figura 4-9: Mecanismo de corredera vertical.

Las chapas correderas tienen bujes de bronce al aluminio para evitar que las guías se desgasten demasiado rápido. Estas chapas quedan apoyadas sobre la bancada antes de extraer la planta, con lo cual el cilindro hidráulico solo actúa al momento de elevar verticalmente el mecanismo para desechar la planta. El cilindro se sujeta a la bancada y

a un perno que vincula ambas chapas correderas. El perno es de SAE 1045 tratado térmicamente. A su vez, las guías son de SAE 4130 templadas y revenidas y con un tratamiento superficial de cromado para mejorar el coeficiente de fricción.

A la bancada se le adicionaron 2 chapas deflectoras que facilitan la entrada de la planta hacia las mordazas, junto con una chapa en su base, la cual agrega rigidez y protege a los mecanismos internos de las plantas (**Figura 4-10**).

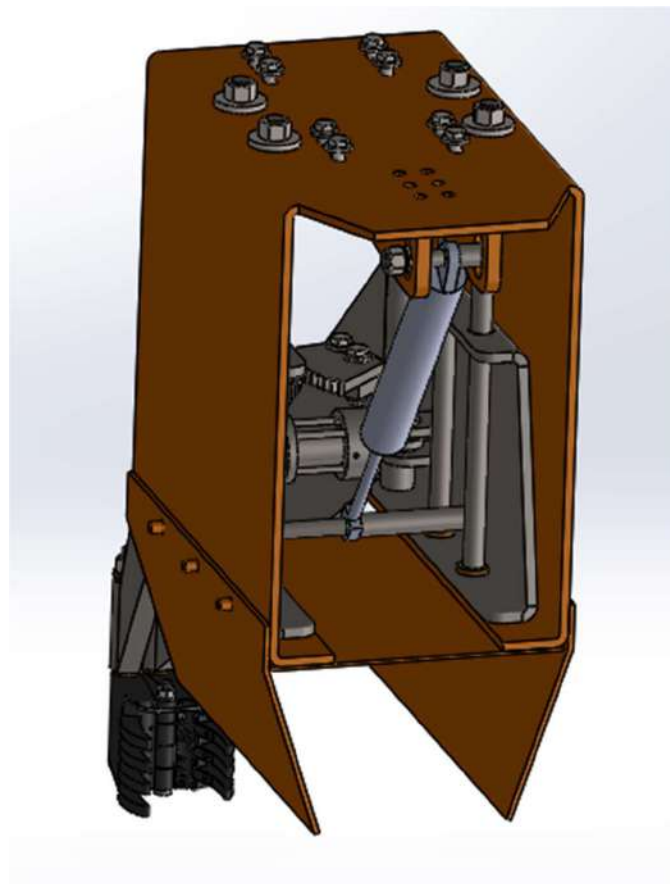


Figura 4-10: carcasa y posición de chapas deflectoras.

4.1.2 Simulación y validación

En este apartado se muestran los resultados de los análisis estáticos realizados que validan al mecanismo para realizar la extracción.

■ Mordazas

Se consideró que la fuerza necesaria para extraer la planta de 2500 kgf se distribuye equitativamente entre las 2 mordazas. A su vez, esta fuerza es en el sentido vertical, por lo que también se aplica una fuerza del mismo módulo en sentido horizontal en la

dirección de avance del tractor. También se aplica una sujeción en las caras internas de las perforaciones (**Figura 4-11**) y una sujeción en la cara inferior.

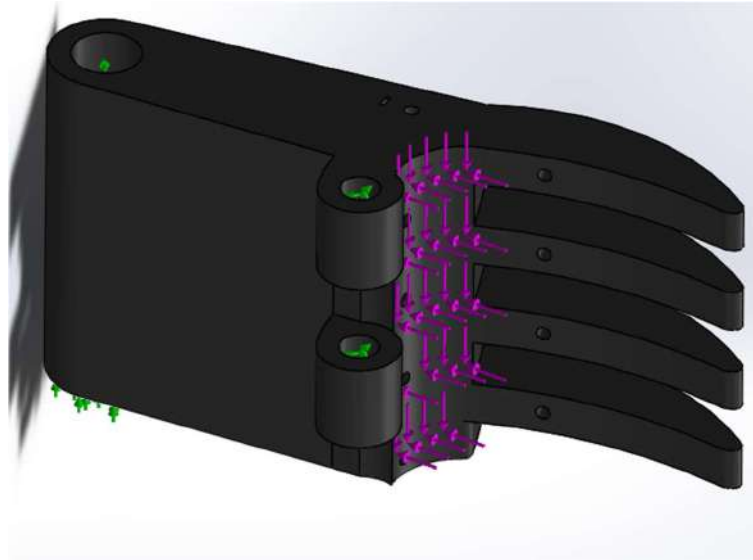


Figura 4-11: Configuración de análisis estático de la mordaza.

Con estas condiciones se obtuvieron los siguientes resultados (**Figura 4-12**), en donde la tensión admisible de la fundición de acero ASTM A148 Grado 80-40 es de 200 MPa (2×10^8 N/m²). Esta tensión admisible surge al aplicar un coeficiente de seguridad de 2 al límite elástico del acero. En la **Figura 4-12** se observa que toda la pieza está por debajo de la tensión admisible.

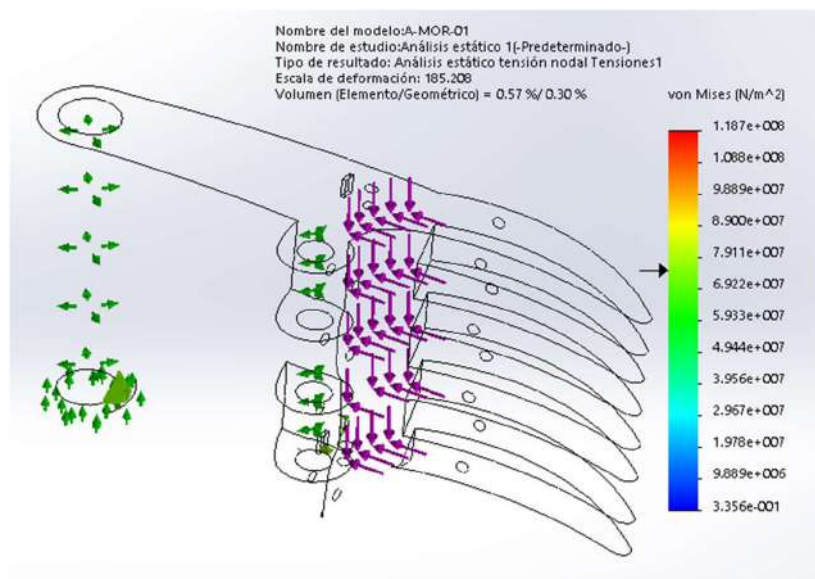


Figura 4-12: Resultados del análisis estático de la mordaza.

■ Brazos y pernos

Al igual que en el caso anterior, se consideró que la carga se reparte equitativamente entre las 2 mordazas, y, por ende, entre los 2 brazos. En este caso, se agrega una sujeción avanzada en el buje del extremo superior del brazo (**Figura 4-13**). Esta sujeción avanzada limita la pieza en dirección radial y tangencial (para evitar errores del método de resolución).

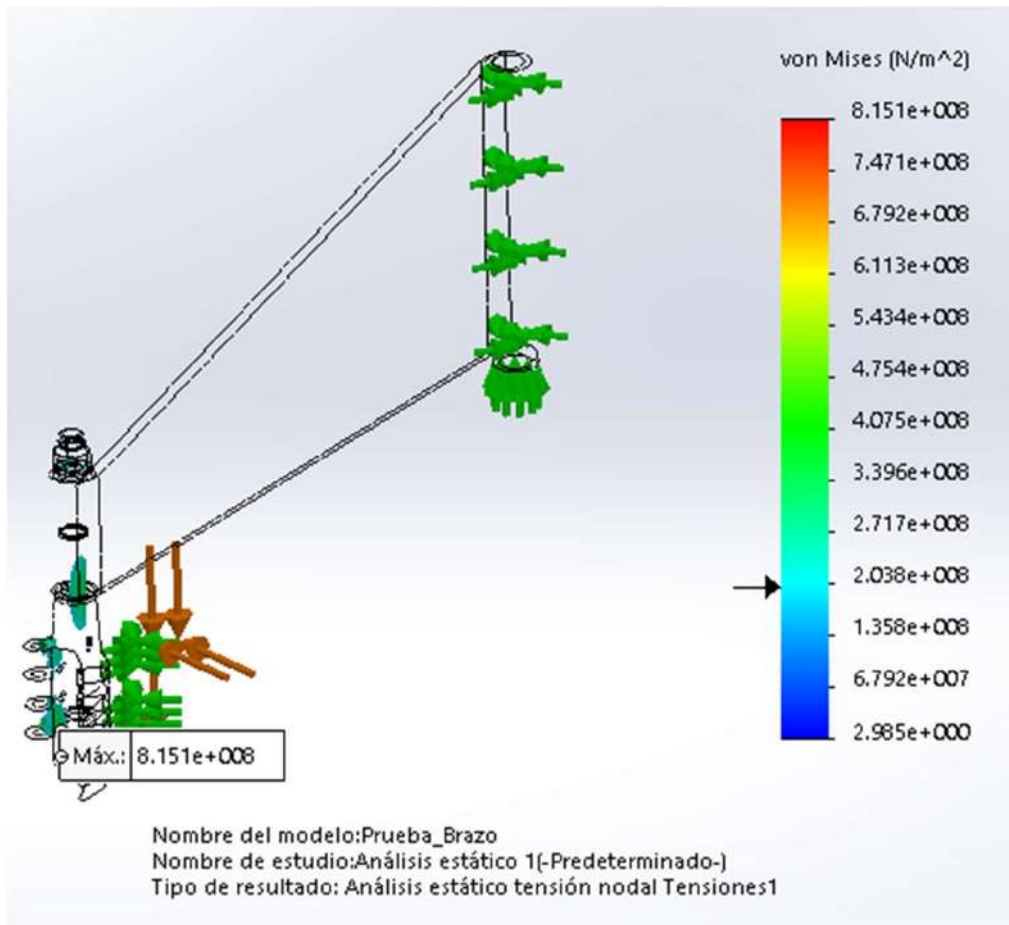


Figura 4-13: Resultados del análisis estático del conjunto de brazo, mordaza y pernos, evaluados para un SAE 1010.

Se observa que las tensiones en el brazo se encuentran por encima del límite mencionado, sin embargo, los valores máximos se deben a concentraciones de tensiones debido a la geometría.

Para el caso del perno, fabricado de SAE 4140 templado y revenido, posee un límite elástico de 1000 MPa, con una tensión admisible de $5e8 \text{ N/m}^2$. En la **Figura 4-14** se observa que prácticamente no hay zonas que superen este valor.

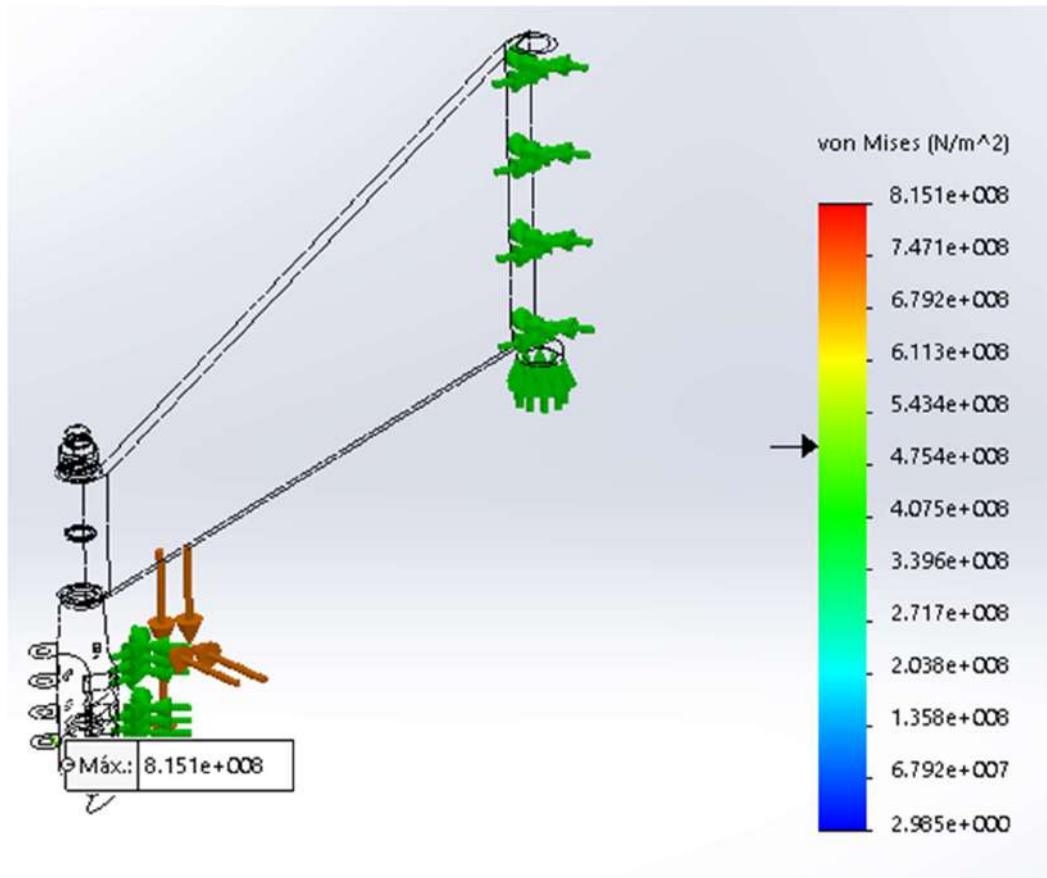


Figura 4-14: Resultados del análisis estático del conjunto de brazo, mordaza y pernos, evaluados para un SAE 4140 templado y revenido.

■ Chapas correderas

Las chapas correderas se simularon en forma individual debido a la complejidad del análisis con múltiples componentes (**Figura 4-15**). Se aplicó una carga remota en las perforaciones del perno del brazo, equivalente a la mitad del valor total, suponiendo una fuerza repartida equitativamente entre ambos brazos. En la cara inferior se agregó una sujeción tipo rodillo deslizante y en cada perforación donde se encuentran los bujes de la corredera se colocaron sujeciones avanzadas, restringiendo en forma radial. Además se agregó la fuerza ejercida por el cilindro para realizar el agarre de la planta.

Con todas estas consideraciones se obtuvieron los siguientes resultados, donde la pieza supera en 0.24% el límite admisible considerado para el límite elástico del SAE 1010 y un coeficiente de seguridad de 2.

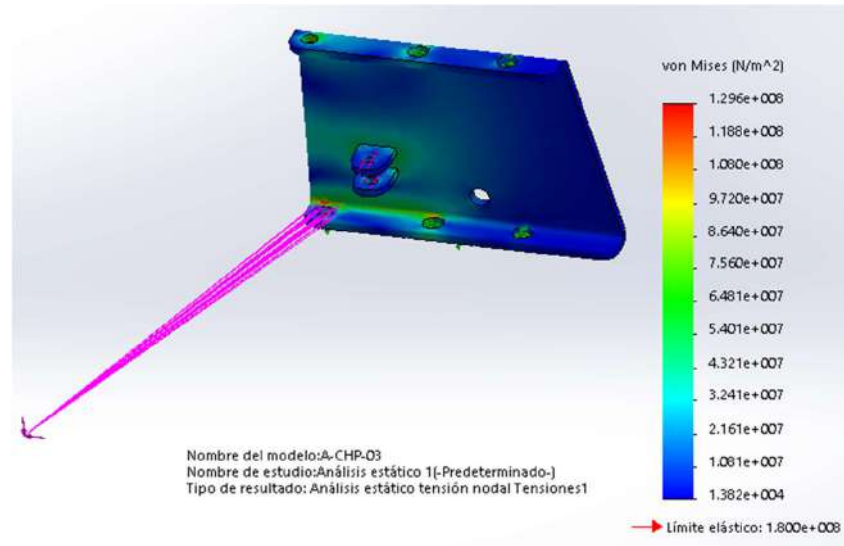


Figura 4-15: Resultados del análisis estático de la chapa corredera.

■ Perno del brazo

El perno del brazo del órgano extractor está sometido a un momento ejercido por el mismo brazo. En lugar de aplicar directamente un momento, se aplicaron pares de fuerzas equivalentes. La fuerza vertical está soportada por la chapa corredera y no por el perno con lo cual no se la tiene en cuenta en el análisis estático. Sin embargo, se agrega una restricción vertical para que el solver pueda encontrar una solución. En la **Figura 4-16** se observa lo anteriormente mencionado.

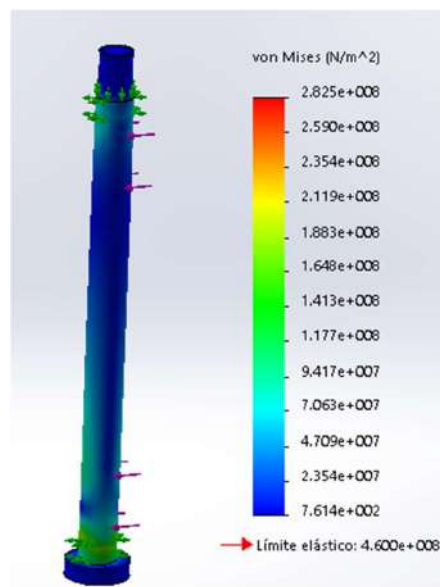


Figura 4-16: Resultados del análisis estático para el perno del brazo.

■ Bancada del órgano extractor

Esta chapa plegada, que sostiene todos los mecanismos intervinientes del órgano extractor, está sujeta a dos correderas horizontales simuladas con sujeción fija en sus ubicaciones. Se aplicó una fuerza remota en la ubicación de la mordaza en las perforaciones de las guías verticales.

Se observa en la **Figura 4-17** que hay zonas donde se supera el límite elástico, sin embargo se considera como aceptable debido a que son zonas muy pequeñas en los bordes de las perforaciones, lo que se puede deber a detalles geométricos a la hora de realizar los cálculos.

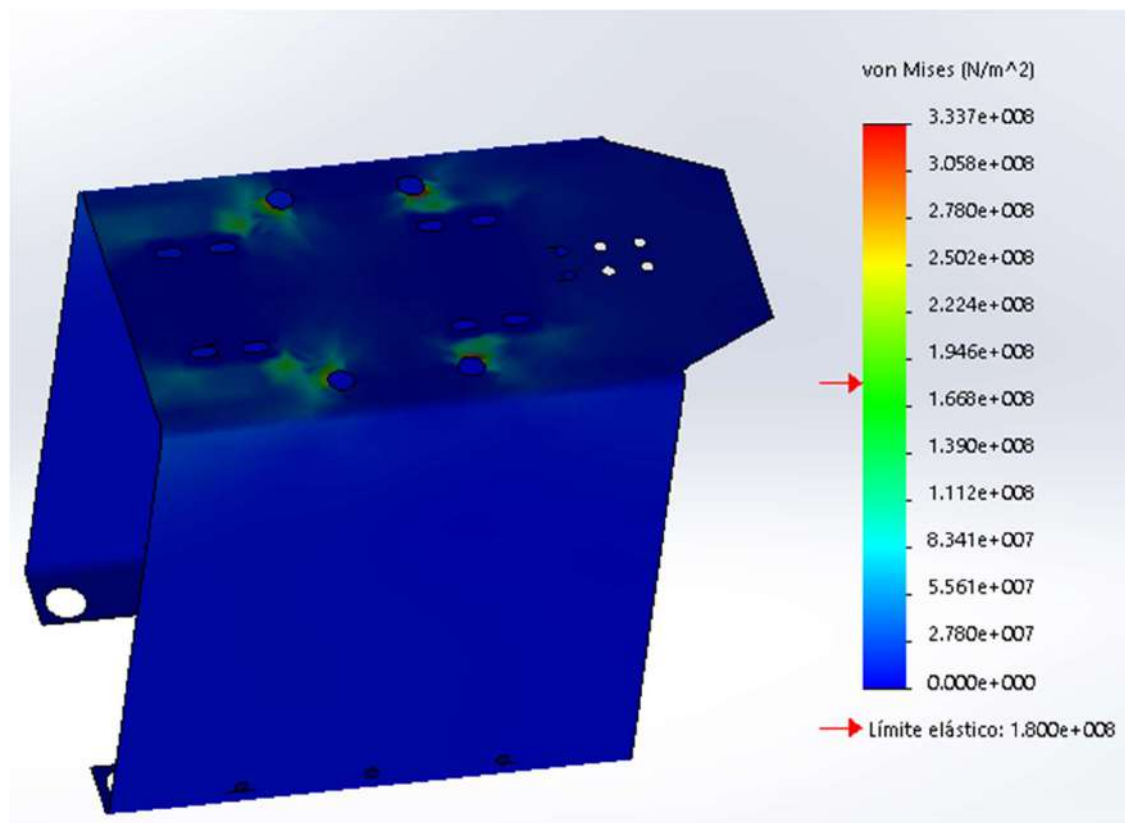


Figura 4-17: Resultados del análisis estático para la chapa de la bancada del órgano extractor.

4.2 Estructura

La estructura del implemento constituye el soporte principal de todos los mecanismos involucrados en la extracción. Su diseño debe garantizar rigidez, resistencia, debe permitir el plegado, el despliegue del sistema para facilitar su transporte y operatividad en el terreno.

4.2.1 Movimientos y cálculos

El diseño estructural involucra una serie de movimientos coordinados mediante el uso de cilindros hidráulicos, los cuales permiten ajustar la posición de trabajo y adaptarse a las condiciones del terreno. Para poder abordar el diseño de la estructura se tiene en cuenta el peso total del conjunto donde se encuentran los órganos. En la **Figura 4-18** se puede observar que todo el conjunto de extracción tiene una masa de 1356,58 Kg.

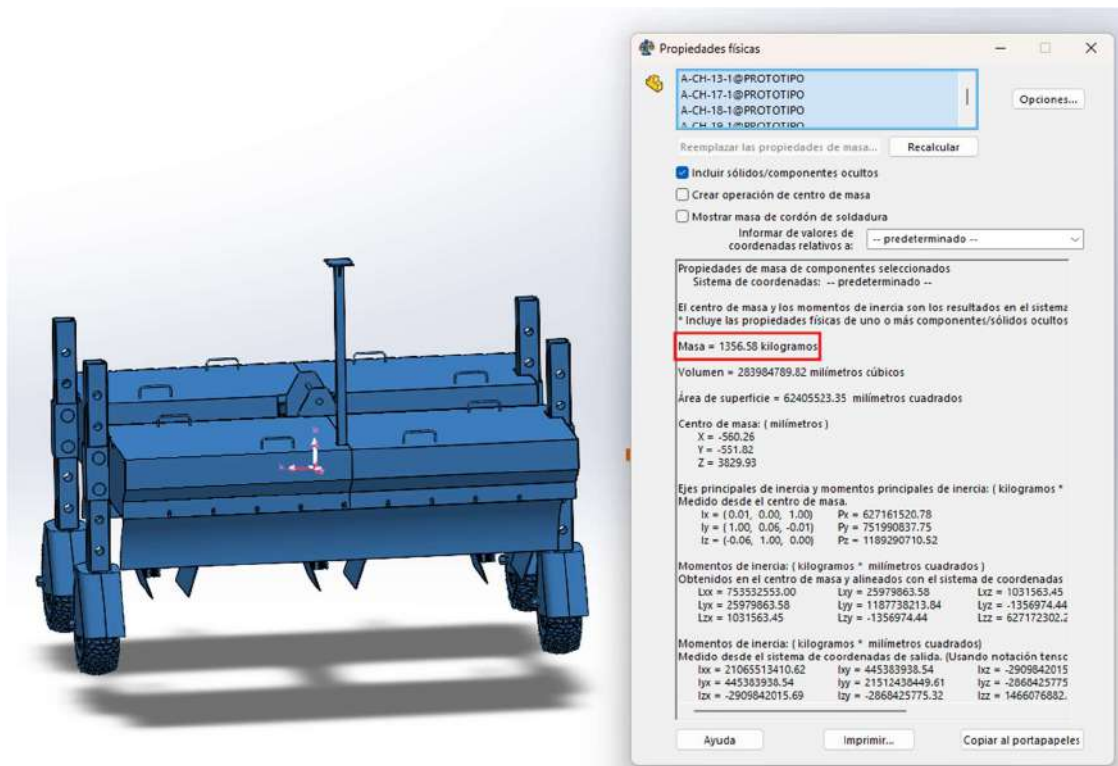


Figura 4-18: Masa del conjunto de extracción

Por seguridad se realizaron los cálculos con un peso de 14700 N, considerando una masa de 1500 Kg. Para realizar los cálculos se plantearon los diagramas de cuerpo libre de cada eslabón que conforma la estructura. Partiendo de la fuerza mencionada (14700 N), en las **Figura 4-19** y **Figura 4-20** se representan la pieza y el diagrama de cuerpo libre correspondiente.

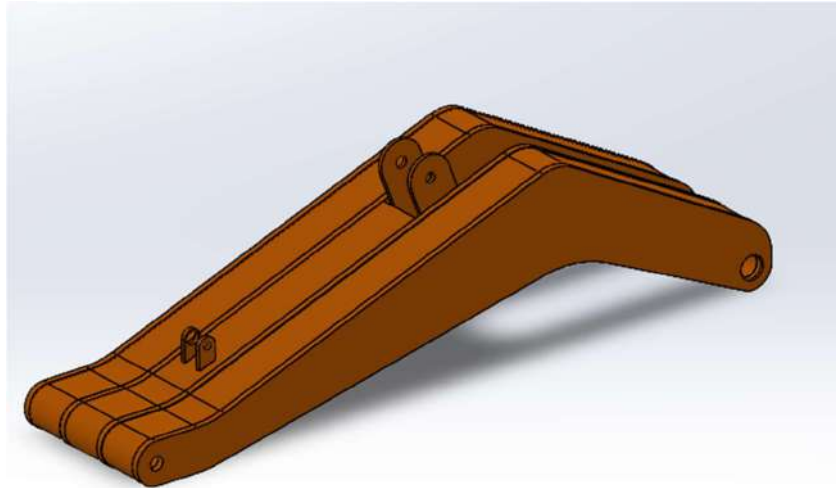


Figura 4-19: Pieza E-ES-03

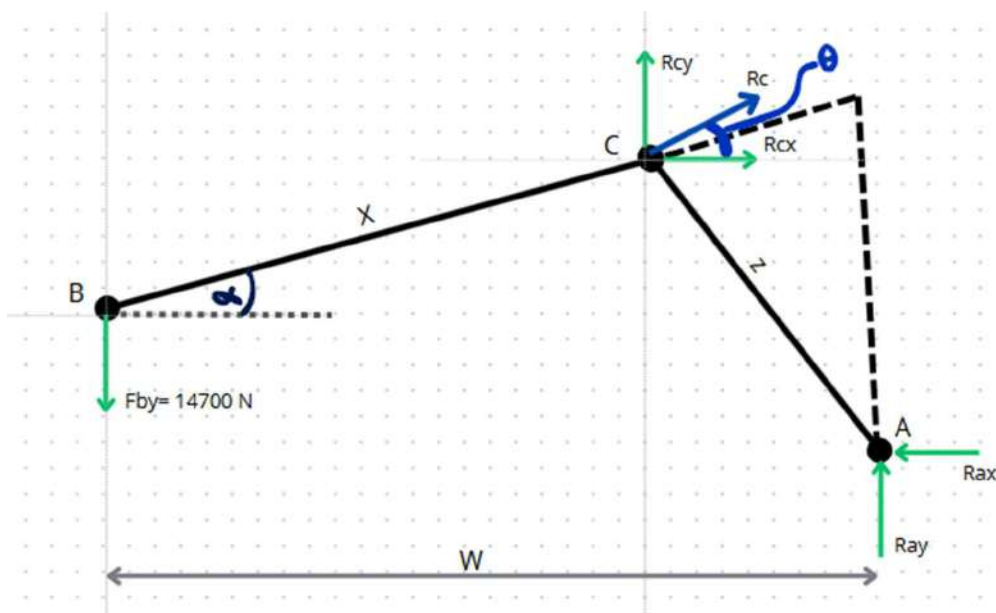


Figura 4-20: Diagrama de cuerpo libre en la pieza E-ES-03

Realizando la sumatoria de fuerzas y momento en el punto A, se obtiene la fuerza R_c (fuerza ejercida por el cilindro 3). La cual tiene un valor de 31215,02 N. Siguiendo el orden y la dirección de las fuerzas, el próximo eslabón es el que se muestra en la **Figura 4-21**. El diagrama de cuerpo libre queda representado en la **Figura 4-22**.



Figura 4-21: Pieza E-ES-04

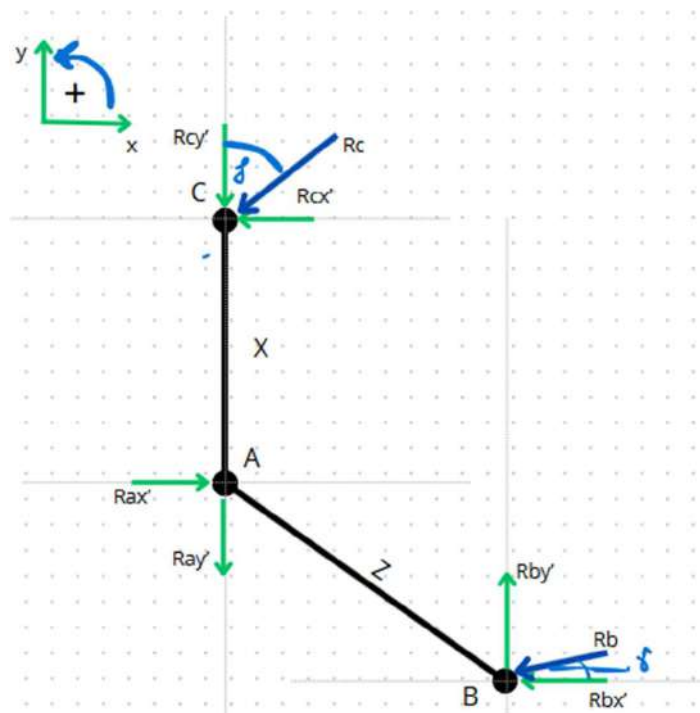


Figura 4-22: Diagrama de cuerpo libre en la pieza E-ES-04

Realizando la sumatoria de fuerzas y momento en A nuevamente, se obtiene la fuerza R_b (fuerza ejercida por el cilindro 2). La cual tiene un valor de 91193,49 N. Siguiendo el orden

y la dirección de las fuerzas, el próximo eslabón es el que se muestra en la **Figura 4-23**. El diagrama de cuerpo libre queda representado en la **Figura 4-24**.

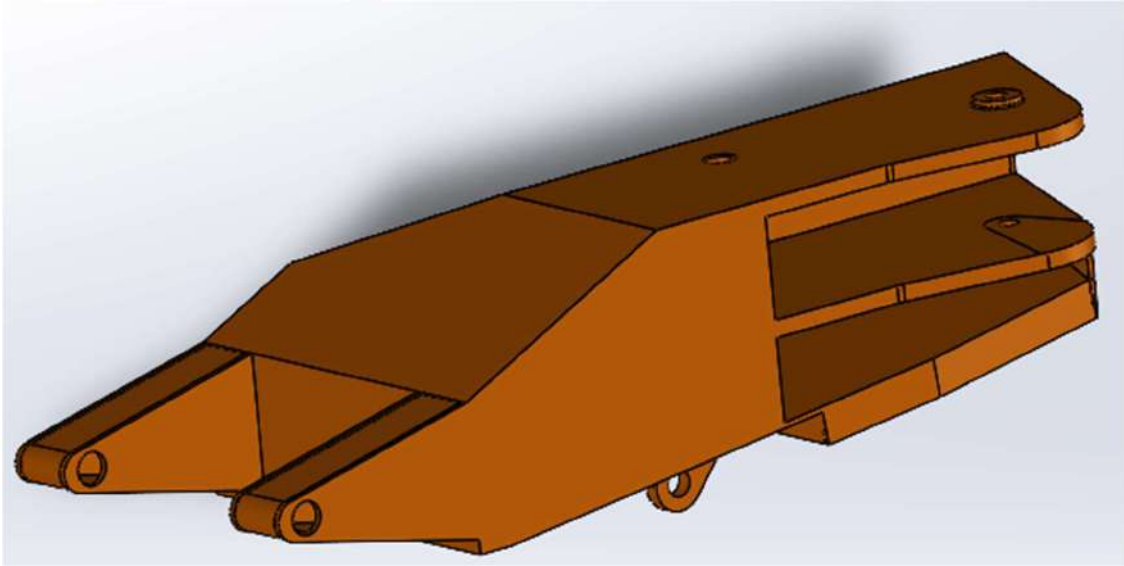


Figura 4-23: Pieza E-ES-02

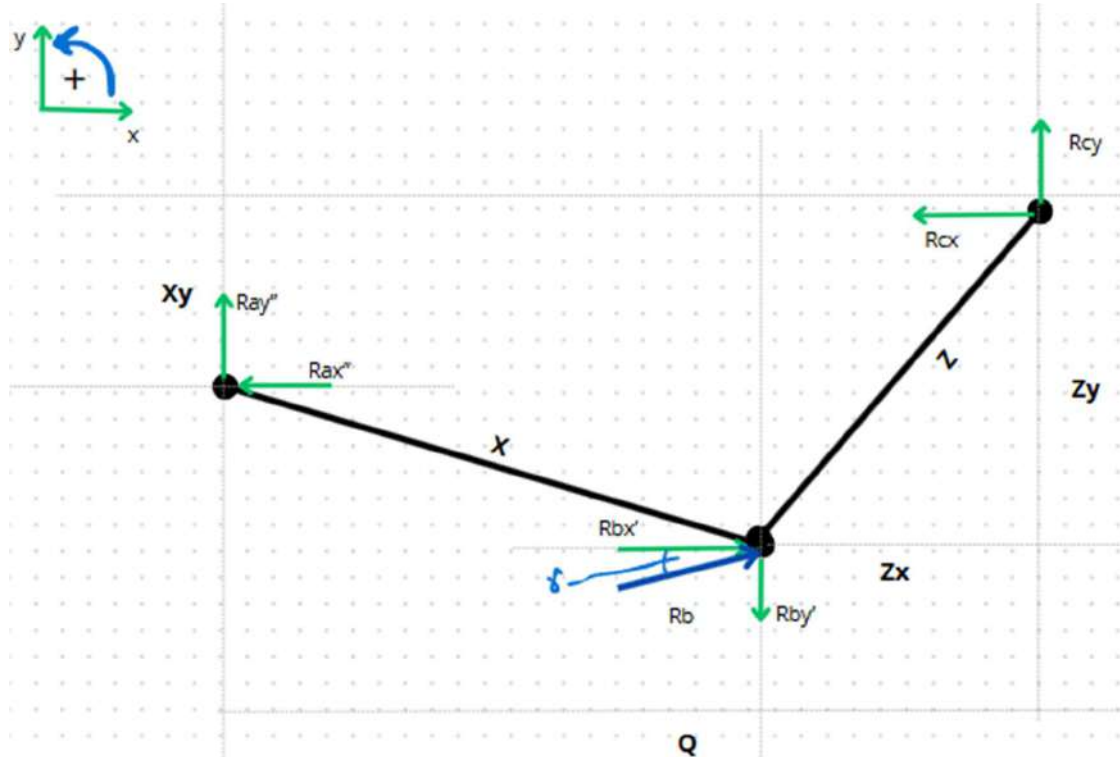


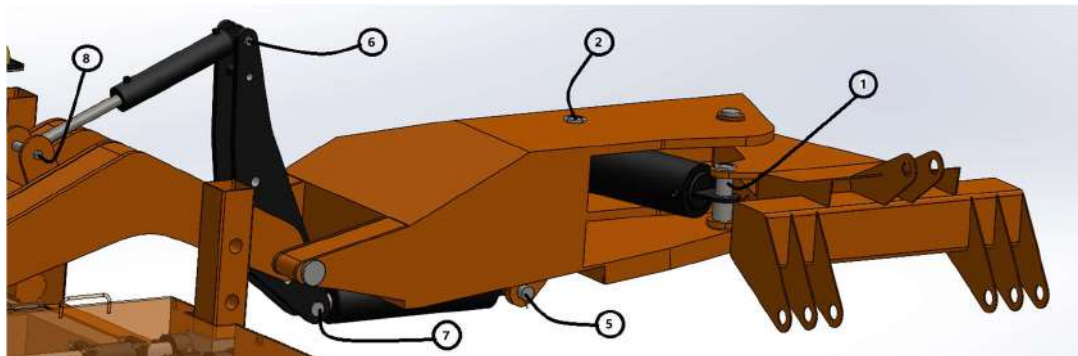
Figura 4-24: Diagrama de cuerpo libre en la pieza E-ES-02

Observando la dirección y el valor de las fuerzas se definen los pernos que se encuentran como unión de estos eslabones. Para esto se calcularon al corte y a la flexión, siendo esta última la más relevante. Para todos los pernos se tuvo en cuenta como material un SAE 4140 y un factor de seguridad de 3. En la **Tabla 4-2** se muestran los valores resultantes de los diámetros adoptados para cada perno.

Tabla 4-2: Dimensionamiento de los pernos [7].

Nombre pernos	Fuerza [Kgf]	Longitud [mm]	Diámetro adoptado [mm]
E-PER-01 / E-PER-02	13.358,17	120	42
E-PER-05	9.305,46	120	38
E-PER-06 / E-PER-08	3.185,21	75	22
E-PER-07	9.305,46	75	32

En la siguiente imagen (**Figura 4-27**) se observa la posición de los pernos en la estructura.

**Figura 4-27:** Posición de los pernos en la estructura

También, el caso de las ruedas lleva su estudio, primero se analizaron las diferentes posiciones en cuanto a la ubicación de las mismas alrededor del cuadro que sostiene a los órganos de extracción. Luego, se analizaron las cargas que debe soportar el eje para poder dimensionarlo. Las ruedas cumplen la función de estabilizar, nivelar y soportar en parte las cargas que genera la extracción.

Para poder hacer el análisis se hizo el diagrama de cuerpo libre, se realizó la sumatoria de esfuerzos y se obtuvieron las reacciones.

Para ello, se tuvieron que establecer diferentes condiciones, tomando la peor de ellas como caso de estudio. Se analiza el caso donde se produce el arrancado simultáneo de dos plantas paralelas en la misma dirección al avance del tractor, es decir, una detrás de la otra.

En la **Figura 4-28** se puede observar la vista lateral izquierda del equipo, vista donde se realiza el estudio y el diagrama de cuerpo libre.

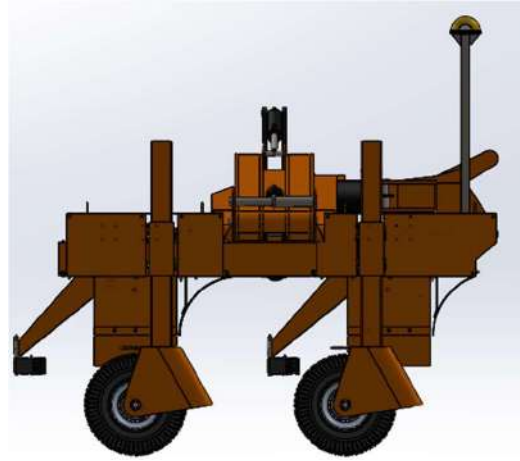


Figura 4-28: Vista lateral izquierda del equipo

En la siguiente imagen (**Figura 4-29**) se muestra el diagrama de cuerpo libre de la vista lateral izquierda del equipo.

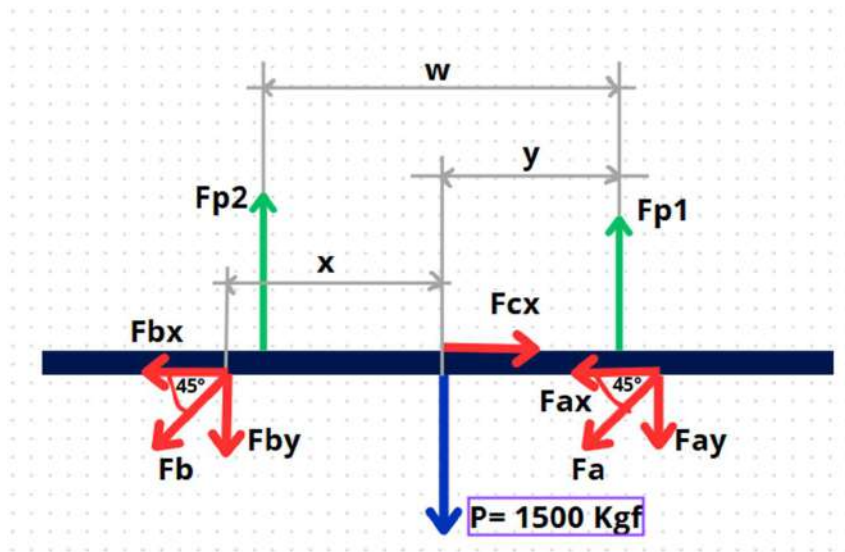


Figura 4-29: Diagrama de cuerpo libre

Se obtuvieron las fuerzas F_{p1} (Fuerza en la rueda 1) y F_{p2} (Fuerza en la rueda 2), donde P es el peso del implemento. F_a y F_b representan la carga que se ejerce al momento de realizar la extracción de la planta, cuyos valores son de 2500 Kgf. En estas condiciones es la mejor disposición de las ruedas ya que el menor valor de F_{p2} y F_{p1} se da en este caso. En el diagrama, la barra donde se ubican las fuerzas corresponde al cuadro donde se encuentran montados los órganos de extracción.

Ahora bien, para saber la fuerza máxima que se ejerce sobre el eje de la rueda se realiza el diagrama de cuerpo libre sobre el equipo, tomando la vista posterior del mismo (**Figura 4-30**).

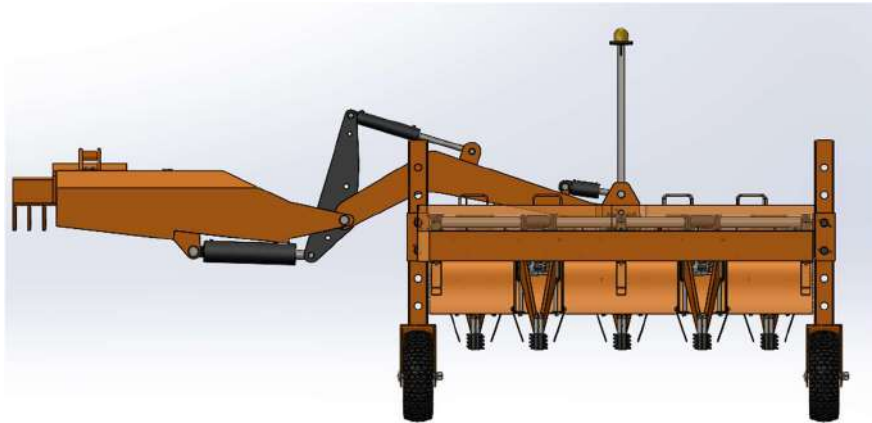


Figura 4-30: Vista posterior del equipo [5].

En la siguiente imagen (**Figura 4-31**) se muestra el diagrama de cuerpo libre.

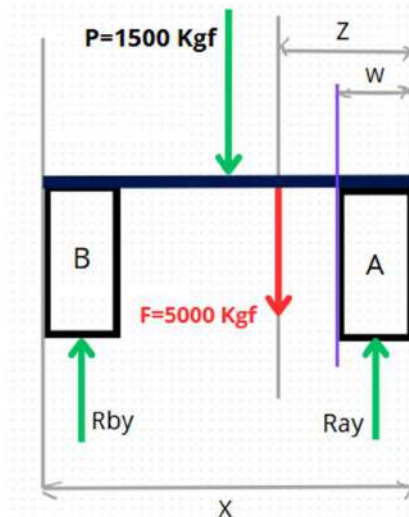


Figura 4-31: Diagrama de cuerpo libre

Los rectángulos A y B que se encuentran debajo de la barra representan los neumáticos. R_{by} y R_{ay} las reacciones en el eje y que se ejercen debido al peso p y a la carga F aplicada en la posición de máximo desplazamiento derecho del órgano extractor. Esto para estudiar la peor condición. Z , W y X representan las distancias. Una vez conocidas las reacciones, se estudia cada rueda en particular.

Para poder hacer análisis en la rueda se plantea un diagrama de cuerpo libre haciendo foco en el eje de la misma. Para una mejor comprensión del estudio, en la **Figura 4-32** se muestra un corte de la vista posterior de la misma.

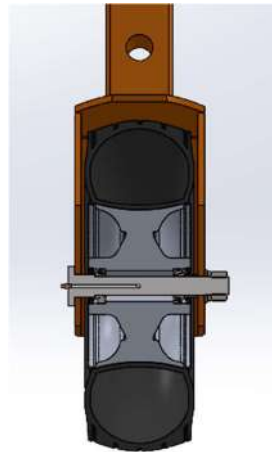


Figura 4-32: Vista posterior en rueda

Para observar las cargas que se ejercen en el eje de la rueda en la siguiente **Figura 4-33** se muestra el diagrama de cuerpo libre.

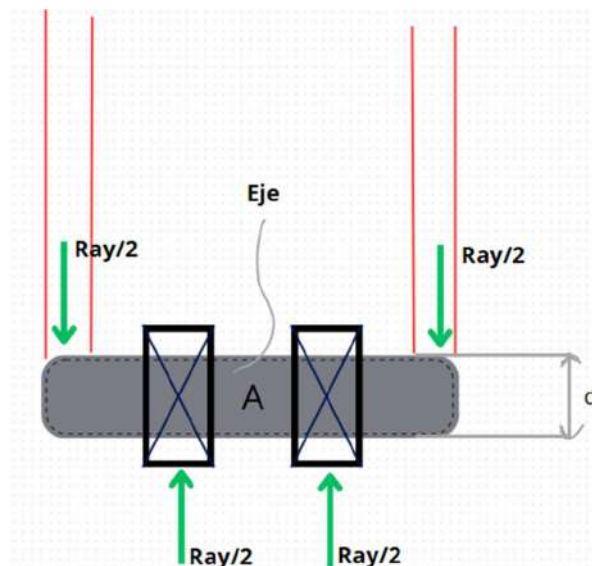


Figura 4-33: Diagrama de cuerpo libre de la rueda

La barra gris (A) representa el eje de la rueda y las flechas verdes Ray las reacciones que se generan por la carga en el momento de la extracción.

La reacción Ray tiene un valor de 48663.73 N que, al tener dos apoyos (líneas rojas en la **Figura 4-33**) la carga se divide equitativamente en dos. Por lo tanto, cada rodamiento

debe soportar una carga de 24331.86 N. Teniendo en cuenta la tensión de fluencia, la tensión admisible para un SAE 4140 templado y un factor de seguridad de 2, obtenemos el diámetro mínimo para el eje de 24.27 mm por lo que se selecciona un diámetro de 28 mm.

4.2.2 Simulación y validación

Para verificar la viabilidad del diseño, se realizaron simulaciones utilizando el software SolidWorks. En el cual, se realizaron diferentes análisis estáticos colocando las sujeciones y las cargas que tiene que soportar. En esta etapa se detectaron diferentes zonas críticas, las cuales se fueron mejorando modificando el diseño.

Las guías donde se encuentran los órganos de extracción están sometidas a grandes esfuerzos, por lo que realizar un análisis estático de las mismas es fundamental. Para ello se debe tener en cuenta que el límite elástico del SAE 4140 es de 620 MPa ($6.2e8 \text{ N/m}^2$) y para un coeficiente de seguridad de 2 veces el límite elástico tenemos una tensión admisible de 310 MPa. En la **Figura 4-34** se observan los resultados del análisis estático de la estructura con las guías. Se agregó una sujeción de geometría fija en las posiciones donde van ubicadas las ruedas y se aplicaron 2 cargas remotas, una para las guías delanteras y otra para las guías traseras. Se puede observar que ninguna zona de las guías supera la tensión admisible anteriormente mencionada, con lo cual estaría bien dimensionada.

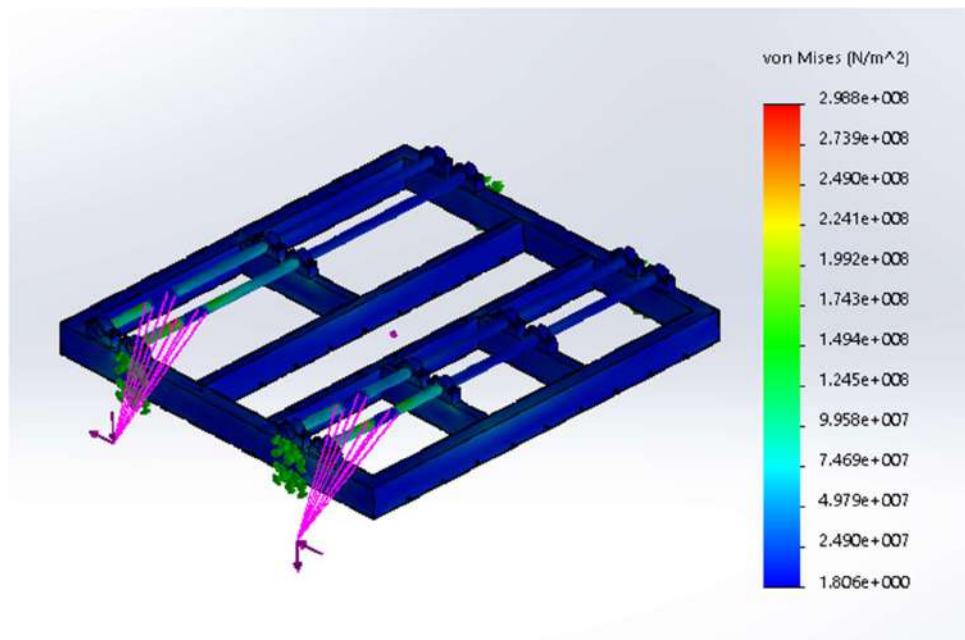


Figura 4-34: Resultados del análisis estático de las guías

Continuando con el análisis se estudió el mecanismo estructural teniendo en cuenta el peso del conjunto de extracción, haciendo foco en analizar el comportamiento de la pieza de la **Figura 4-35**. Se colocan fuerzas en la dirección estudiada en los diagramas de cuerpo libre, con la magnitud correspondiente. En la **Figura 4-35** se muestra la pieza E-ES-03 con las sujeciones y las cargas colocadas.

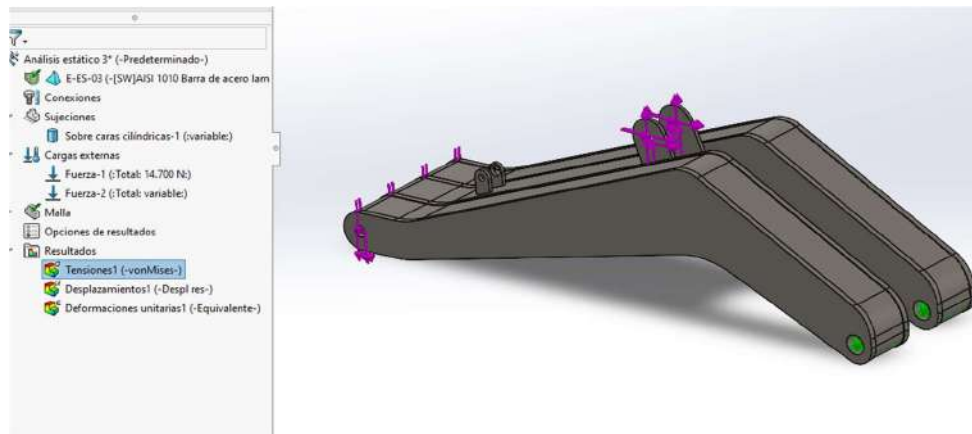


Figura 4-35: Análisis estático 1 pieza E-ES-03

Se colocó una sujeción avanzada del tipo sobre caras cilíndricas (Flechas verdes) y las fuerzas correspondientes en los agujeros pasantes (Flechas violetas). En la siguiente **Figura 4-36** se muestra el resultado del análisis realizado.

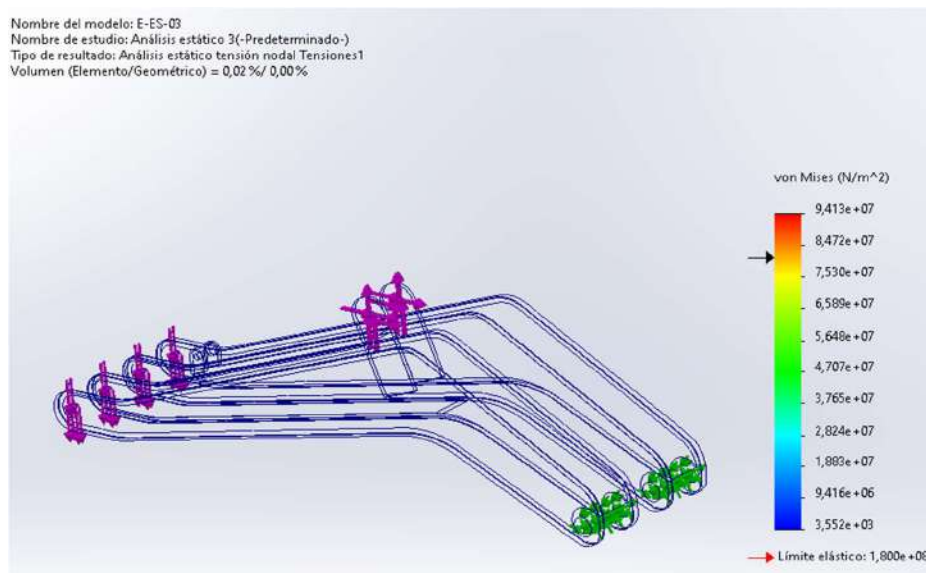


Figura 4-36: Resultado análisis estático 1 pieza E-ES-03

Se puede observar en el resultado que la pieza se encuentra por debajo del límite elástico de un SAE 1010 con un factor de seguridad de 2. Por lo cual, este primer paso demuestra

que la pieza puede trabajar bajo estas condiciones, el cual es el caso de cuando se quiere plegar el dispositivo. En la siguiente imagen (**Figura 4-37**) se observa la misma pieza, pero utilizando cargas en distintos sentidos. En el primer caso se debe a que la pieza tiene que soportar el peso propio de los órganos de extracción además de las cargas que se generan por el movimiento de los cilindros hidráulicos. En el segundo caso (**Figura 4-37**), se debe a la fuerza que tiene que contrarrestar la estructura en la peor condición, es decir, al momento de la extracción. La **Figura 4-37** ilustra la misma pieza en las condiciones planteadas previamente.

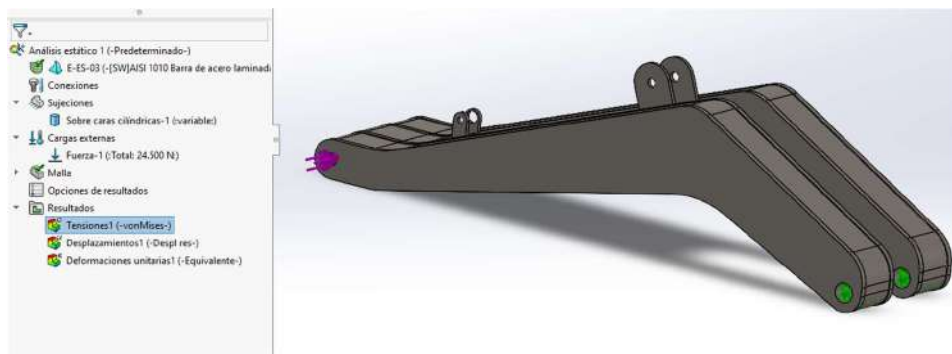


Figura 4-37: Análisis estático pieza E-ES-03

Para visualizar el comportamiento se realiza la simulación, donde observamos que la pieza se encuentra por debajo del límite elástico del material SAE 1010 utilizando un factor de seguridad de 2. Salvo un 0.63% que se encuentra por encima de la tensión admisible, esto se debe a las sujeciones colocadas. Debido a que se trata de un porcentaje pequeño y a que ninguna zona supera el límite elástico, se considera que la pieza se encuentra bien dimensionada. La siguiente **Figura 4-38** muestra los resultados del análisis realizado.

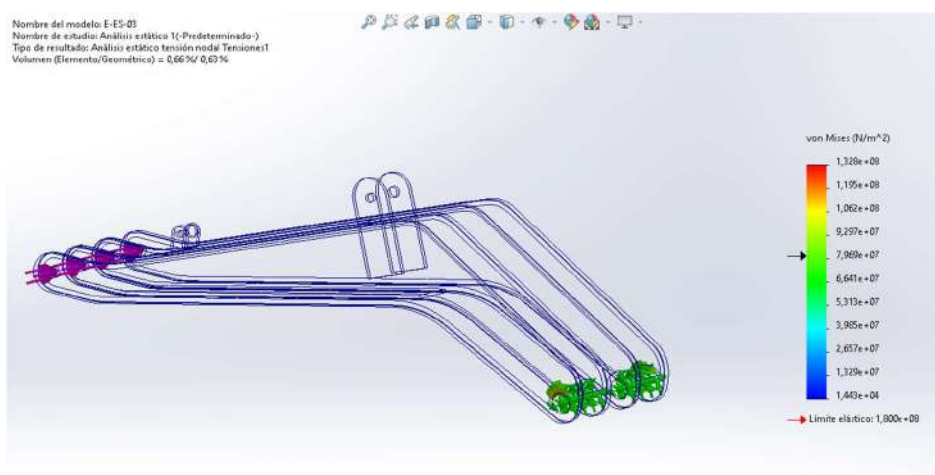


Figura 4-38: Resultado análisis estático pieza E-ES-03

Siguiendo por la pieza que se encuentra unida por medio de un perno en la sujeción tomada en la simulación de la **Figura 4-38**, se realizó el análisis estático, colocando las sujeciones y las fuerzas correspondientes. La siguiente **Figura-39** ilustra la pieza estudiada.

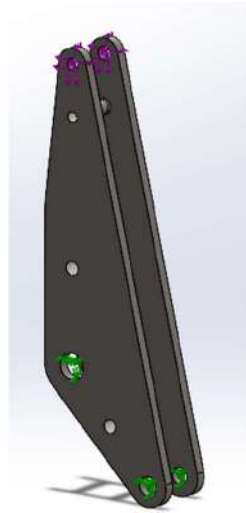


Figura 4-39: Análisis estático pieza E-ES-04

Se colocan sujeciones del tipo bisagras fijas en agujeros pasantes (colocados en la imagen con flechas verdes), cargas en la dirección vertical y horizontal (flechas violetas). En la siguiente **Figura-40** se muestra el resultado del análisis estático.

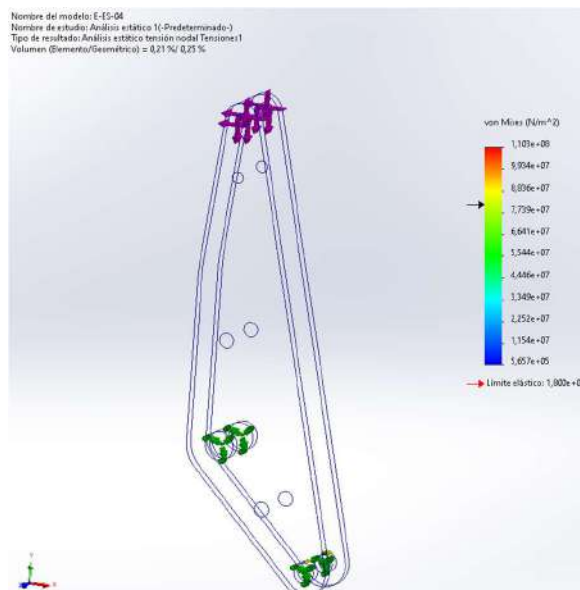


Figura 4-40: Resultado análisis estático pieza E-ES-04

Se puede observar en el resultado que la pieza se encuentra por debajo del límite elástico de un SAE 1010 con un factor de seguridad de 2. Por lo que podemos decir que la pieza no va a sufrir deformaciones plásticas bajo estas condiciones.

Al igual que en la pieza anterior se realiza un análisis estático a la pieza que se observa en la **Figura 4-41**. En este caso, se colocó una línea de partición simulando el apoyo de la pieza que corresponde al primer eslabón de nuestro equipo. Para ello se utilizó una sujeción del tipo control deslizante, en los agujeros pasantes una sujeción avanzada sobre caras cilíndricas, una carga remota simulando la fuerza que tiene que contrarrestar la estructura al momento de la extracción. Para esto se consideró que el implemento podría estar extrayendo dos plantas al mismo tiempo. Además, se le agregaron las cargas en las distintas direcciones en los puntos de anclaje con las otras piezas.

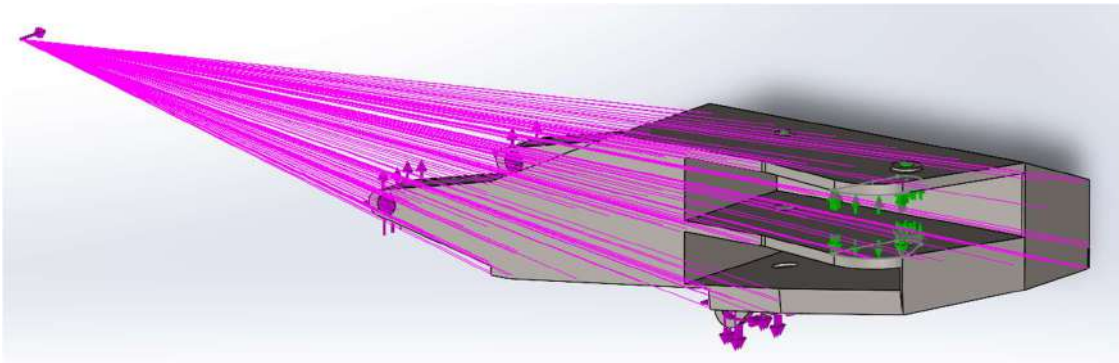


Figura 4-41: Análisis estático pieza E-ES-02

Los resultados se pueden observar en la siguiente imagen (**Figura 4-42**).

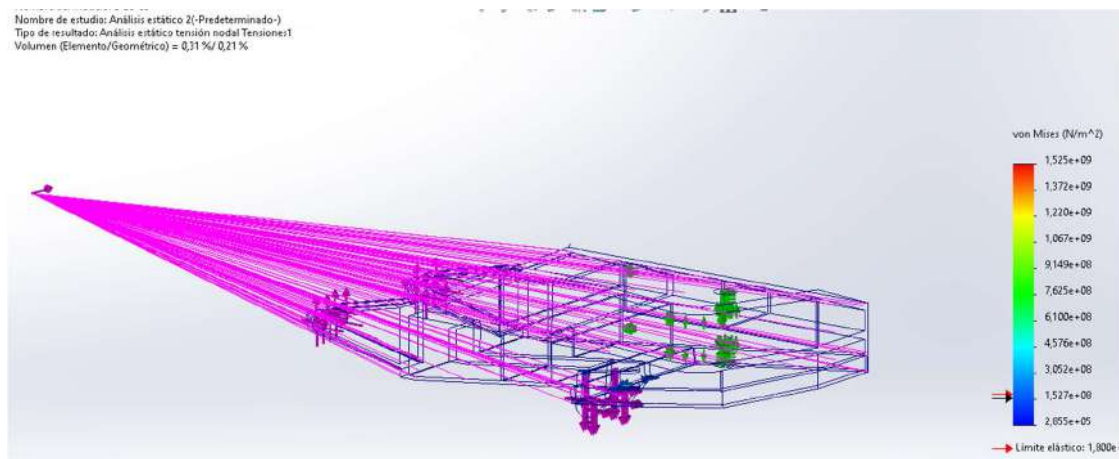


Figura 4-42: Resultados análisis estático pieza E-ES-02

Realizando un análisis sobre los resultados obtenidos, observamos que la pieza supera en 0.21% el límite admisible, donde se considera el límite elástico del SAE 1010 y un

coeficiente de seguridad de 2. Al igual que en uno de los casos anteriores, al tratarse de un porcentaje muy pequeño, se considera despreciable.

Por último, se analiza el enganche al tripuntal del tractor (**Figura 4-43**). Colocando las fuerzas y sus magnitudes obtenidas de las sumatorias de esfuerzos, tenemos: en el ojal donde se vincula el cilindro hidráulico las fuerzas correspondientes a R_{dx} y R_{dy} . En el agujero pasante que hace de unión entre los eslabones 1 y 2 de la estructura se colocaron las fuerzas R_{cx} , R_{cy} y R_{cz} . En la unión al tripuntal del tractor se utilizaron dos tipos de sujeciones, en las de abajo sujeción del tipo bisagra fija y en el de arriba una sujeción avanzada del tipo sobre caras cilíndricas, donde se restringe el desplazamiento radial.

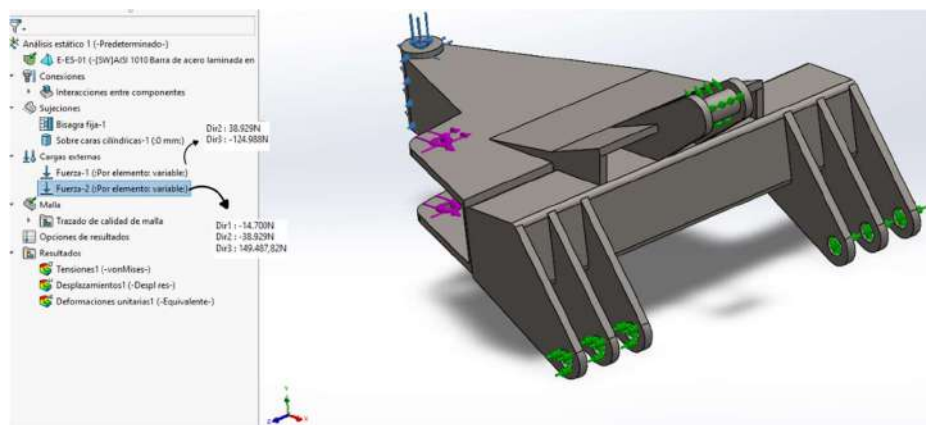


Figura 4-43: Análisis estático pieza E-ES-01

Con estas condiciones se obtuvieron los siguientes resultados (**Figura 4-44**), donde se consideró el límite elástico del SAE 1010 y un coeficiente de seguridad de 2.

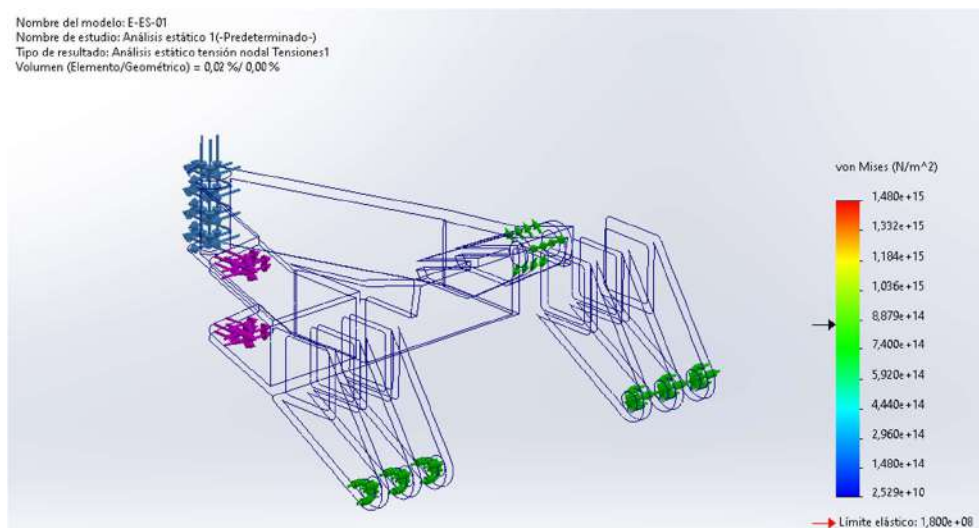


Figura 4-44: Resultados análisis estático pieza E-ES-01

Vemos que todo se encuentra por debajo del límite elástico, por lo que esta pieza puede trabajar sin sufrir deformaciones plásticas en condiciones normales de funcionamiento.

4.3 Sistema de posicionamiento de los órganos

En este apartado se aborda el sistema de posicionamiento de los órganos de extracción.

4.3.1 Cálculos y desarrollo

El posicionamiento lateral del órgano se realizó por medio de un motor paso a paso que mueve una correa dentada, el órgano extractor se encuentra solidario a esta correa y se desplaza lateralmente apoyados sobre dos guías (**Figura 4-45**).

El órgano extractor posee un peso de 90 kgf y la fuerza a vencer para moverse es la propia del rozamiento de las guías ya que no se desplaza cuando está extrayendo la planta. Para esta fuerza se consideró el peso del órgano y el coeficiente de rozamiento estático, debido a que es el mayor. Esta fuerza de roce de 118 N fue la que se tomó para hallar el motor adecuado para la aplicación. Además se adoptó un diámetro de polea de 60 mm. Teniendo la fuerza y el diámetro de la polea se pudo obtener el torque mínimo que tiene que entregar el motor para poder vencer la fuerza de roce, el cual es de 3,53 Nm.

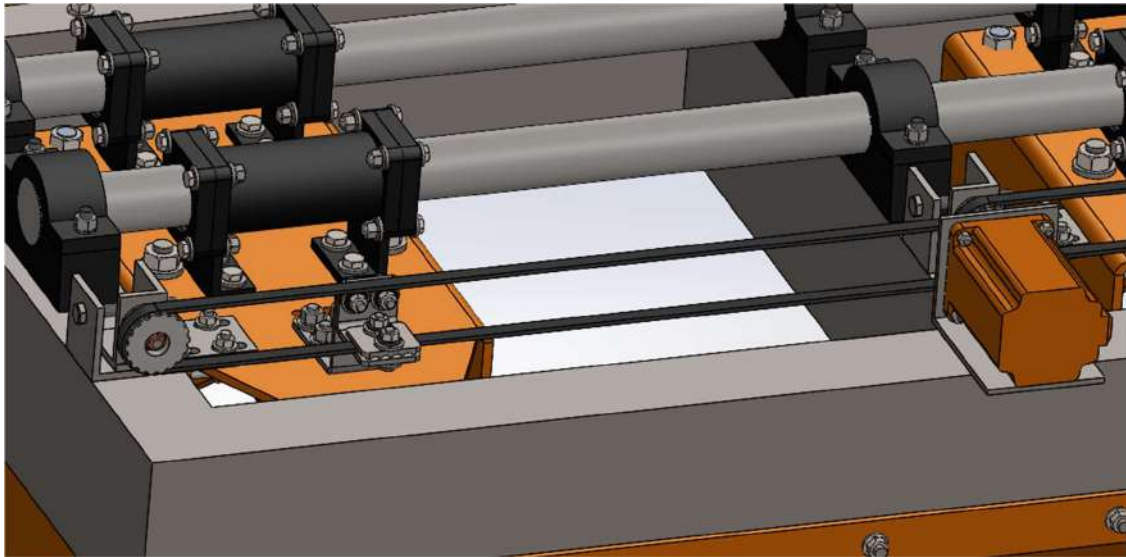


Figura 4-45: Sistema de posicionamiento del órgano.

El órgano se agarra a la correa a través de una placa de sujeción, la cual tiene forma ranurada para encastrar en sus dientes. Esto permite que el movimiento del órgano extractor esté sincronizado con el motor eléctrico.

Las poleas son de acero SAE 4140 tratado térmicamente para darle mayor resistencia a sus dientes y evitar el desgaste prematuro de los mismos.

La polea conducida es además la que da la tensión al mecanismo. Esta tensión es regulable mediante un sistema de tornillo y tuercas. A su vez, la polea gira libremente gracias a un rodamiento de bolas.

La placa de sujeción a su vez tiene regulación en altura y en profundidad, esto es debido a que se fija a la chapa bancada del órgano de extracción y se decidió hacer una única chapa plegada para todos los órganos. Lo único que varía de órgano a órgano es la posición de la placa de sujeción, la cual se ubica en distintas posiciones debido a que las correas están desplazadas entre sí.

Las guías sobre las que se desplaza el órgano están fabricadas de SAE 4140 templado y revenido además de un tratamiento superficial de cromado, para darle mayor resistencia al desgaste. Y las correderas poseen un buje de bronce al aluminio para minimizar el desgaste producido entre piezas (**Figura 4-46**).

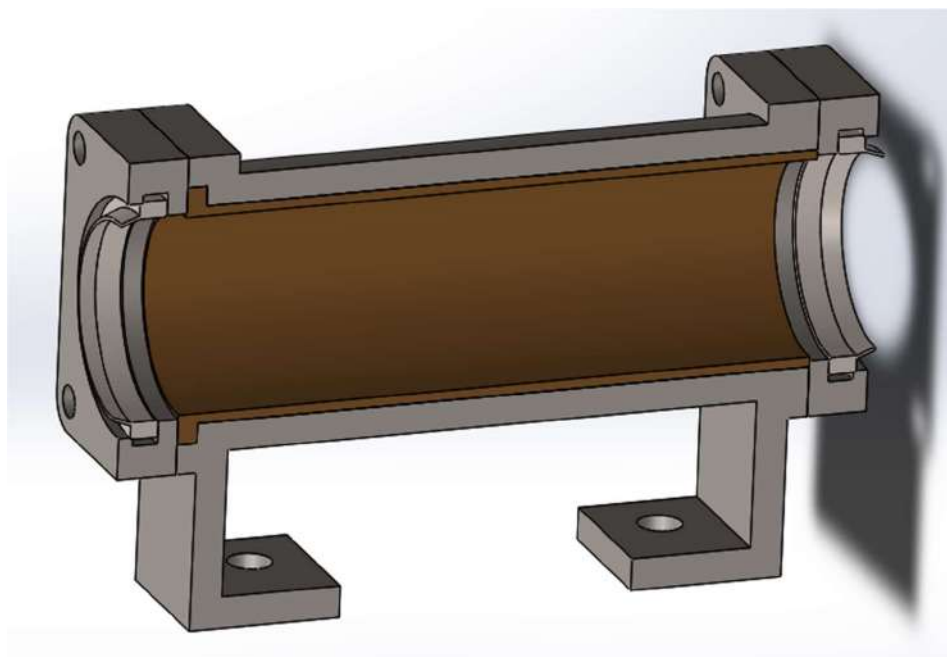


Figura 4-46: Corte de la corredera.

Dichas correderas poseen sellos antipolvo en cada uno de sus extremos para evitar cualquier tipo de contaminación del ambiente que pueda producir un desgaste prematuro del mecanismo.

La alimentación a los motores, al PLC y los sensores se realiza por medio del tractor. En la **Figura 4-47** se observa el recorrido que realizan los cables hasta una caja central. Desde la caja central se distribuye hacia cada órgano. En los tramos donde existen

movimientos de las partes, el cable queda libre para evitar posibles roturas al hacer los movimientos.

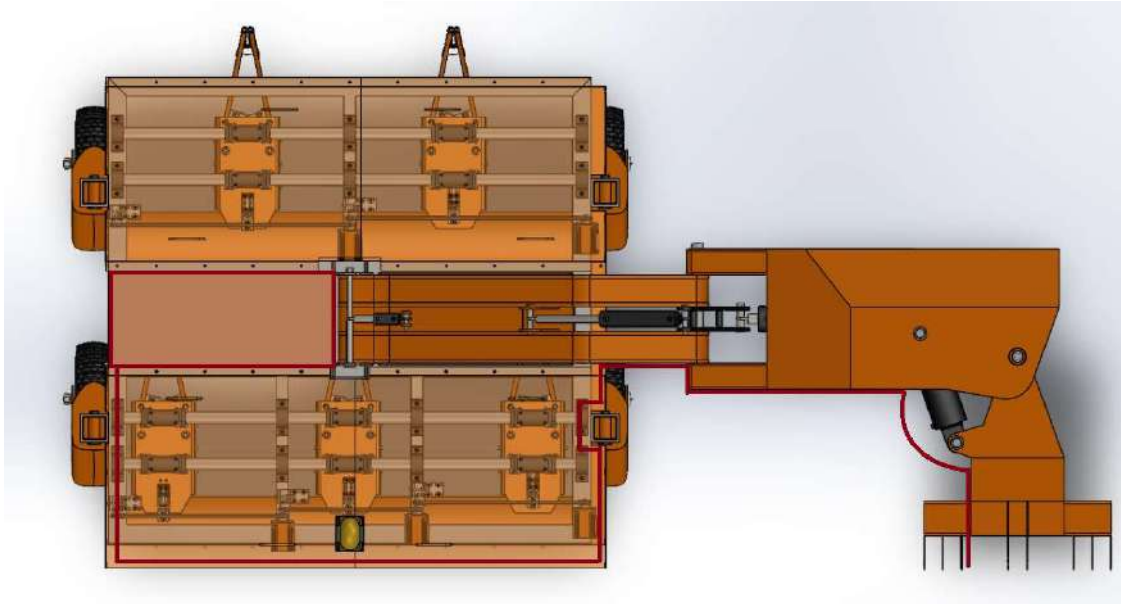


Figura 4-47: Recorrido de los cables.

El sensor LIDAR está ubicado en el frente del implemento para poder tener una imagen clara del terreno, además se encuentra a una altura considerable para evitar el daño de las plantas en el lente del mismo (**Figura 4-48**).

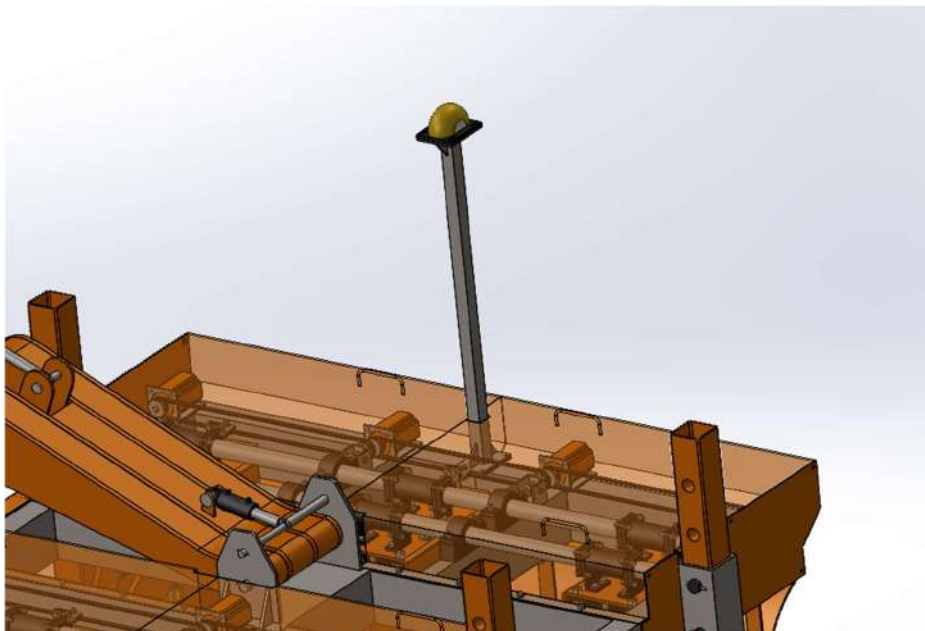


Figura 4-48: Ubicación del sensor LiDAR.

El sensor genera un mapeo de puntos en 3D similar a lo que se observa en la **Figura 4-49**. Luego se reconoce a la planta del resto de la maleza y el PLC se encarga de enviar la señal al motor para que pueda desplazar al órgano.



Figura 4-49: Imagen sensor LiDAR. [11]

4.3.2 Selección de componentes

Para seleccionar el motor paso a paso se parte del torque mínimo, anteriormente calculado que se debe vencer (3.53 Nm). El motor seleccionado es de la marca Moon's [9] y el modelo es el AM34HD2403. Este motor presenta un torque máximo de 6.5 Nm (**Figura 4-50**) esto da un margen en caso de que el mecanismo se encuentre sucio y aumente la fricción entre los componentes, y por ende, el torque mínimo necesario.

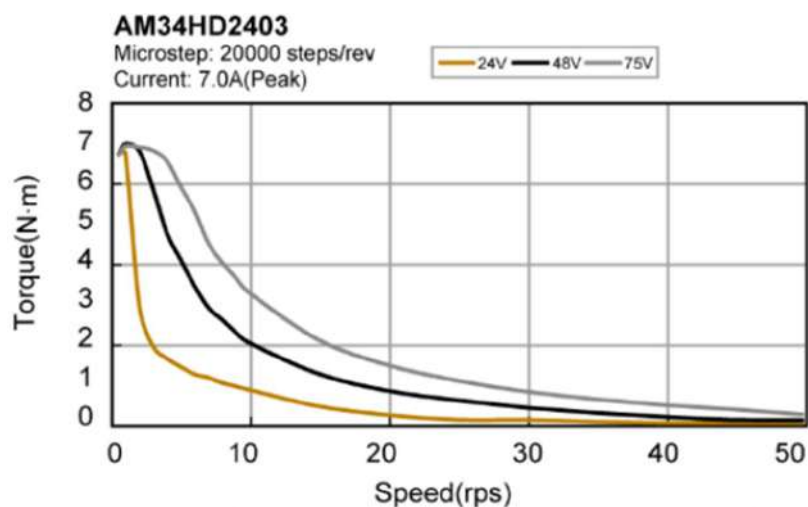


Figura 4-50: Curvas características del motor paso a paso [9].

La tensión de alimentación seleccionada es de 24 V, con lo cual se debe proveer de un transformador para pasar de los 12 V que entrega el tractor a lo que se requiere. Se puede observar que para un torque de 3.5 Nm la velocidad aproximada es de 3 rps (revoluciones por segundo) o equivalentemente 180 rpm. Con esta velocidad de giro y el diámetro de la polea seleccionada se obtiene una velocidad tangencial de 560 mm/s, lo cual es suficiente para posicionar el órgano extractor en forma rápida.

La correa dentada seleccionada, de la marca SKF, es de sección L ya que se considera que la fuerza a realizar es pequeña con lo que basta con dicha elección. El largo de la correa variará de acuerdo con el órgano de extracción, ya que algunas correas son más largas que otras. A su vez, se adopta una polea PHP 18L050RSB de la marca SKF también, lo que nos asegura la compatibilidad entre ambos elementos. Esta polea viene con un orificio piloto que debe ser mecanizado de acuerdo con el diámetro del eje del motor.

La polea conducida no es comercial debido a que se hizo a medida para poder colocarle un rodamiento.

El sensor LiDAR seleccionado es un U85B-20m de la marca JRT (**Figura 4-51**) el cual tiene un rango de medición de 0,3 a 20 m y una precisión de ± 1 mm, lo que lo hace óptimo para las condiciones operativas. Sin embargo, se debe instalar una caja con protección IP68 para el sensor, con el fin de evitar daños debido al polvo y a la lluvia.



Figura 4-51: Sensor LiDAR. [10]

4.4 Circuito hidráulico

En este apartado se aborda el circuito hidráulico presente en el prototipo.

4.4.1 Cálculos y desarrollo

Para diseñar el circuito hidráulico se parte de los actuadores, donde se halla el diámetro mínimo del vástago y del cilindro de cada uno. Luego, con las carreras de cada uno de ellos se encuentra el volumen de líquido desplazado y, finalmente, el tiempo que tarda en moverse para el caudal que entrega la bomba hidráulica. Se definió que solamente se va a contar con la bomba propia del tractor.

Se estimó que la bomba entrega una presión máxima de 120 bar a 50 l/min de caudal. El cálculo de los diámetros de los vástagos surge a partir de la fuerza que debe soportar el cilindro y del material del que está construido (en nuestro caso SAE 1045). Luego para el cálculo del diámetro de la camisa se parte de la presión y la fuerza y se obtiene la sección mínima que debe poseer. En caso de que fuera necesario se debe tener en cuenta la sección del vástago en los cálculos ya que en cilindros de doble efecto se puede ejercer mayor fuerza en un sentido que en el otro.

Como se mencionó anteriormente, al cilindro hidráulico del sistema de agarre del órgano extractor se le adoptó un diámetro de la camisa de 30 mm y un diámetro del vástago de 9,53 mm. La carrera de este cilindro es de 10 mm con lo cual el volumen desplazado es de 6,35 cm³.

Para el cilindro de elevación del órgano se tuvo en cuenta el peso del implemento más una componente debida a la fricción del órgano. Con esa fuerza resulta que se necesita tener un cilindro de 10 mm de diámetro. Sin embargo, comercialmente no existe ninguno que tenga 10 mm de diámetro y la carrera requerida (120 mm). Por esto se adoptó el comercialmente más conveniente, el cual tiene un diámetro de cilindro de 32 mm y un diámetro de vástago de 20 mm. El cilindro adoptado es de la marca CICROSA y su modelo es el 700/15, el cual tiene una carrera de 150 mm. La presión máxima de operación es de 200 bar lo cual estaría por encima de nuestra presión de trabajo. Con estas características geométricas se obtiene un volumen desplazado de 58,8 cm³.

El caso crítico es cuando la planta debe ser agarrada, ya que si nos desplazamos a una velocidad de 2,5 km/h y la distancia entre el sensor normal cerrado que comanda el cilindro hidráulico es de 50 mm; tenemos un tiempo límite de 0.072 segundos para producir el cierre.

En primer lugar, se verificó el caso donde solamente actúa el cilindro de agarre y se obtuvo que actúa en 0.006 segundos para el caudal establecido, con lo cual estaría dentro del límite permitido. Luego se tomó el caso extremo en donde estén actuando tanto el cilindro de agarre como el de elevación y el tiempo total es de 0.078 segundos. Este tiempo es mayor al límite con lo cual se define que cuando esté actuando el cilindro de elevación y se deba actuar el cilindro de agarre, se produzca una conmutación simultánea de las válvulas, dándole prioridad al cilindro de agarre para que efectúe su labor; esto con el fin de evitar poner otra bomba extra a la del tractor. Una vez que el cilindro de agarre termina su desplazamiento, el cilindro de elevación puede continuar con su tarea. Todo esto se programa en el PLC.

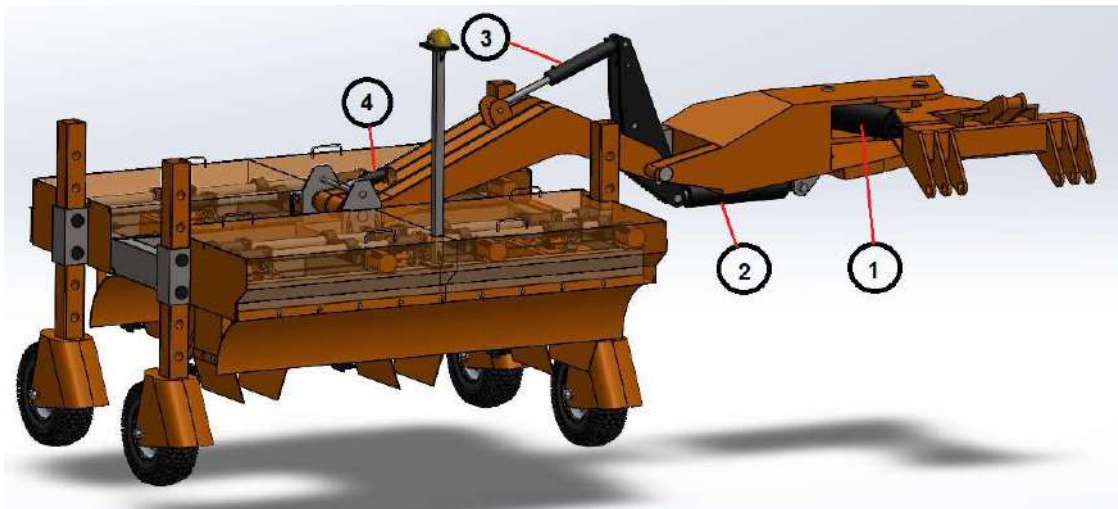
El tiempo crítico está definido para cuando se opera el prototipo en su labor de extracción de plantas. En el caso del plegado de la estructura para su transporte o regulaciones en altura el tiempo no es de suma importancia ya que no necesariamente se debe realizar en periodos de tiempo pequeños.

Para los cilindros de la parte estructural del implemento se realizan los mismos cálculos que en los casos anteriores para los diámetros. En la **Tabla 4-3** se observan los resultados obtenidos para cada uno de ellos.

Tabla 4-3: Diámetros y carrera adoptados [7].

Cilindro	Fuerza [kgf]	diámetro vástago calculado [mm]	diámetro vástago adoptado [mm]	Diámetro cilindro calculado [mm]	Diámetro cilindro adoptado [mm]	Carrera [mm]
1	13360	33.34	70	138	145	300
2	9306	27.83	45	109	115	450
3	3185	16.28	30	65.42	70	300
4	3600	17.31	35	68.7	70	80

Donde el cilindro 1 es el que une el primer eslabón con el segundo, el cilindro 2 es el que une el segundo eslabón con el tercero, el cilindro 3 es el que une el tercer eslabón con el cuarto y el cilindro 4 es el que une el eslabón 4 con el cuadro que soporta los órganos de extracción, tal como se observa en la **Figura 4-52**.

**Figura 4-52:** Identificación cilindros hidráulicos.

4.4.2 Diagrama

A continuación se presenta el circuito hidráulico diseñado mediante el software FluidSIM de la marca Festo (**Figura 4-53**), donde se puede observar que solamente se diagramó para un único órgano de extracción, pero que en la realidad se replica 5 veces esta sección del diagrama (x5).

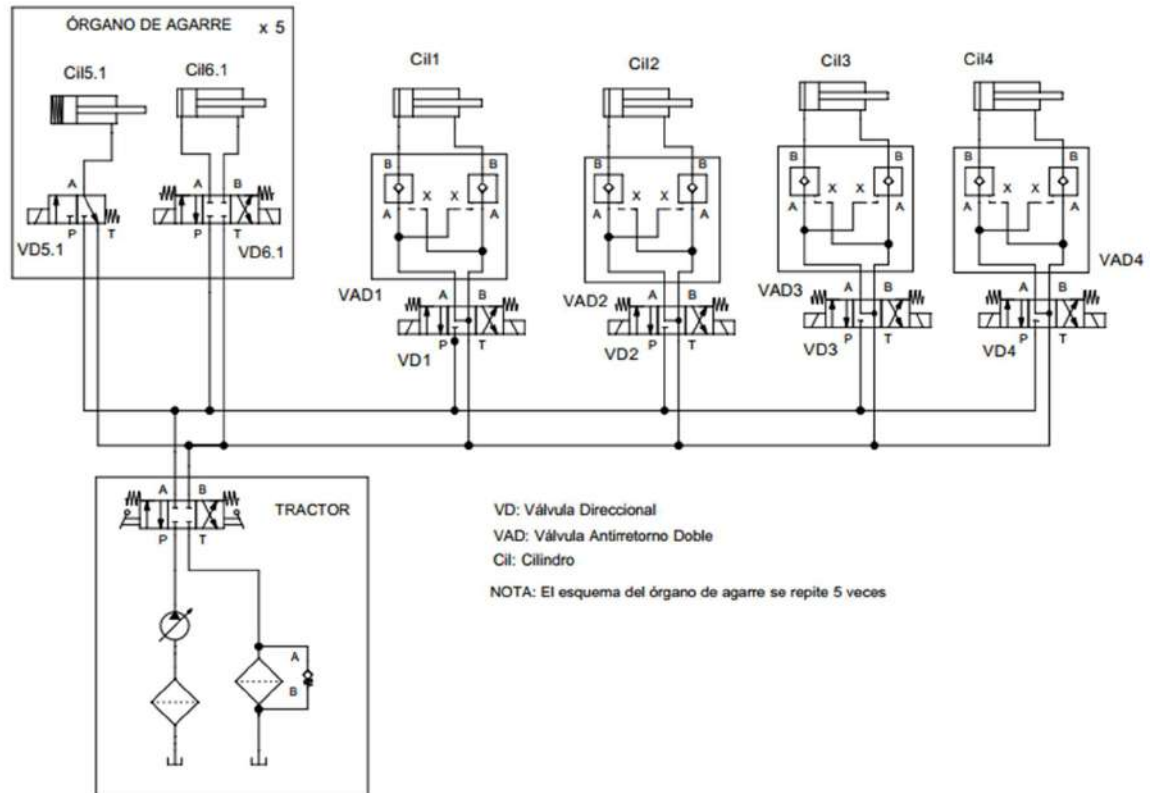


Figura 4-53: Diagrama del circuito hidráulico

En la **Figura 4-53** se puede observar que la central hidráulica pertenece al tractor en conjunto con las válvulas direccionales comandadas mecánicamente con pedales o palancas si así fuera el caso. En algunos tractores nuevos este comando puede ser en forma eléctrica.

En el caso de estudio, se acopla luego de esta válvula direccional mediante 2 mangueras, una por donde circula el caudal proveniente de la bomba y la otra de retorno al tanque. Estas mangueras tienen un acople rápido estándar para utilizarse en la gran mayoría de los tractores. Estas mangueras llegan hasta una central de distribución ubicada en el mismo sector que la caja de conexionado eléctrico (**Figura 4-54**).

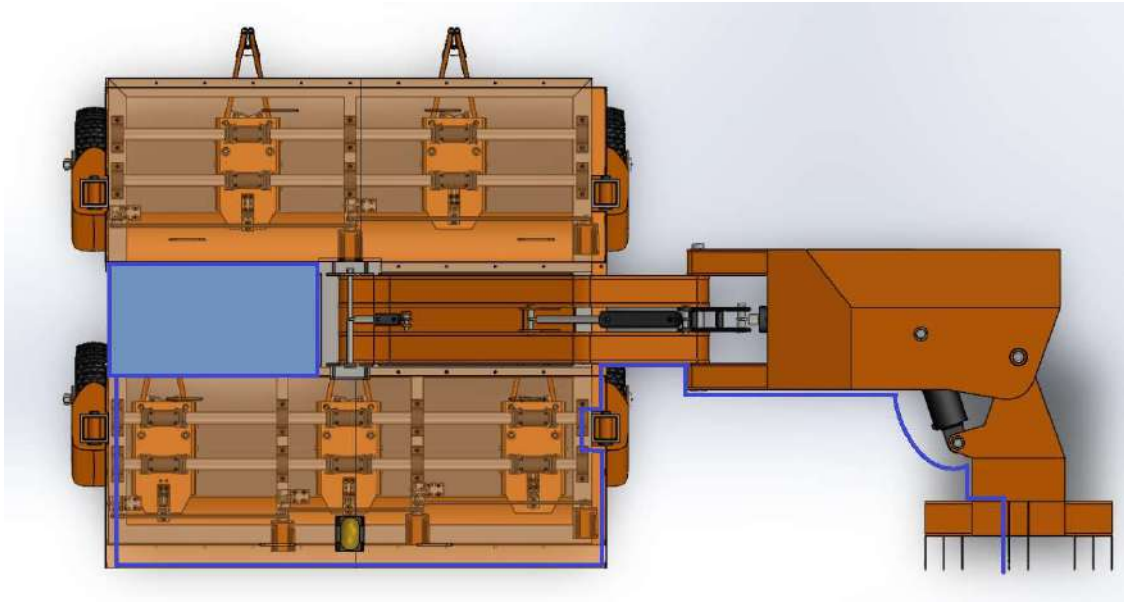


Figura 4-54: Distribución circuito hidráulico

En este sector se ubican todas las válvulas direccionales que comandan los cilindros, las cuales se accionan a través de señales eléctricas provenientes del PLC. Luego desde la central de distribución hidráulica salen mangueras hacia cada actuador. Para el caso de los cilindros de agarre se seleccionó una válvula direccional de 3 vías y 2 posiciones debido a que solamente se necesita que las mordazas mantengan la fuerza de agarre y luego cese esa fuerza, con lo cual con un retorno del actuador por resorte es suficiente para lograr esta acción.

En el caso de los cilindros de elevación del órgano extractor, se necesita que se detenga a mitad de recorrido cuando se acciona el cilindro de agarre al mismo tiempo, tal como se mencionó anteriormente. Para esto, es necesario contar con una válvula direccional de 4 vías y 3 posiciones; donde se tiene una posición de ascenso, otra de descenso y otra donde el cilindro no se mueve.

Por último, se seleccionaron cilindros de doble efecto en la estructura debido a que en algunos casos se deben ubicar en posiciones intermedias de su rango de recorrido. Para que esto se lleve a cabo se necesitan válvulas direccionales de 4 vías y 3 posiciones. A su vez, se determinó que se quiere bloquear completamente a los cilindros cuando se está utilizando el implemento para extraer plantas. El proceso de extracción genera fuerzas externas en los cilindros, lo que puede hacer que los mismos se contraigan o se expandan debido a pérdidas internas de las válvulas direccionales. Para solucionar esta problemática se agregan válvulas antirretorno dobles con pilotaje.

4.4.3 Selección de componentes

Para la selección de los componentes se parte desde los actuadores. El cilindro número 1 seleccionado es de la marca CICROSA de la serie 8300; el modelo específico es el 8329/300 (marcado en color azul en la **Figura 4-55**), el cual tiene un diámetro de vástago de 80 mm y un diámetro de pistón de 140 mm. La conexión es mediante rosca BSP de 3/4", lo que se tendrá en cuenta luego para seleccionar el acople a las mangueras de alimentación.

SERIE 8300 / SERIES 8300 / SÉRIE 8300 / SERIE 8300													
REF.	ØA	ØB	E	D	F	G	H	I	J	K	L	M	N BSP
8300/Z	20	32	127+Z	M14x1.5	13	16	18	35	20	26	12.2	42	1/4
8301/Z	22	40	122+Z	M16x1.5	16	20	22	40	25	32	16.2	50	3/8
8302/Z	25	40	122+Z	M16x1.5	16	20	22	40	25	32	16.2	50	3/8
8303/Z	28	40	122+Z	M16x1.5	16	20	22	40	25	32	16.2	50	3/8
8304/Z	25	50	132+Z	M20x1.5	20	25	28	48	28	40	20.25	60	3/8
8305/Z	28	50	132+Z	M20x1.5	20	25	28	48	28	40	20.25	60	3/8
8306/Z	30	50	132+Z	M20x1.5	20	25	28	48	28	40	20.25	60	3/8
8307/Z	36	50	132+Z	M20x1.5	20	25	28	48	28	40	20.25	60	3/8
8308/Z	30	60	138+Z	M27x2	25	32	36	58	32	50	25.25	70	3/8
8309/Z	35	60	138+Z	M27x2	25	32	36	58	32	50	25.25	70	3/8
8310/Z	40	60	138+Z	M27x2	25	32	36	58	32	50	25.25	70	3/8
8311/Z	36	63	138+Z	M27x2	25	32	36	58	32	50	25.25	75	3/8
8312/Z	40	63	138+Z	M27x2	25	32	36	58	32	50	25.25	75	3/8
8313/Z	45	63	138+Z	M27x2	25	32	36	58	32	50	25.25	75	3/8
8314/Z	35	70	146+Z	M27x2	25	32	36	58	32	50	25.25	80	3/8
8315/Z	40	70	146+Z	M27x2	25	32	36	58	32	50	25.25	80	3/8
8316/Z	45	70	146+Z	M27x2	25	32	36	58	32	50	25.25	80	3/8
8317/Z	36	80	171+Z	M33x2	32	40	45	68	45	64	32.5	95	3/8
8318/Z	40	80	171+Z	M33x2	32	40	45	68	45	64	32.5	95	3/8
8319/Z	45	80	171+Z	M33x2	32	40	45	68	45	64	32.5	95	3/8
8320/Z	50	80	171+Z	M33x2	32	40	45	68	45	64	32.5	95	3/8
8321/Z	56	80	171+Z	M33x2	32	40	45	68	45	64	32.5	95	3/8
8322/Z	45	100	193+Z	M42x2	40	50	56	85	55	80	40.5	115	1/2
8323/Z	50	100	193+Z	M42x2	40	50	56	85	55	80	40.5	115	1/2
8324/Z	56	100	193+Z	M42x2	40	50	56	85	55	80	40.5	115	1/2
8325/Z	60	100	193+Z	M42x2	40	50	56	85	55	80	40.5	115	1/2
8326/Z	70	100	193+Z	M42x2	40	50	56	85	55	80	40.5	115	1/2
8327/Z	70	125	275+Z	M48x2	50	60	63	92	65	100	50.5	145	3/4
8328/Z	90	125	275+Z	M48x2	50	60	63	92	65	100	50.5	145	3/4
8329/Z	80	140	295+Z	M64x3	56	65	85	120	70	112	56.5	160	3/4
8330/Z	90	160	313+Z	M80x3	63	80	95	130	75	126	63.5	180	1
8331/Z	110	160	313+Z	M80x3	63	80	95	130	75	126	63.5	180	1
8332/Z	110	200	373+Z	M80x3	80	100	95	130	95	160	80.5	230	1

Z = carrera (a definir por el cliente) / Z = stroke (to be defined by customer)
Z = course (à définir par le client) / Z = Hub (vom Kunden festzulegen)

Figura 4-55: Cilindro CICROSA Serie 8300 [16]

Para el cilindro 2, se seleccionó un cilindro de la misma marca y serie, pero el modelo se corresponde al 8327/450 (marcado en color rojo en la **Figura 4-55**). El mismo tiene un diámetro de vástago de 70 mm, un diámetro de pistón de 125 mm y el conexionado es mediante una rosca BSP de 3/4".

Para el cilindro 3, se seleccionó un cilindro de la misma marca y serie, pero el modelo se corresponde al 8314/300 (marcado en color verde en la **Figura 4-55**). El mismo tiene un diámetro de vástago de 35 mm, un diámetro de pistón de 70 mm y el conexionado es mediante una rosca BSP de 3/8".

Por último, para el cilindro 4, también se seleccionó un cilindro de la misma marca y serie, y en este caso el modelo es igual al anterior con la excepción de la carrera, dicho modelo es el 8314/80 (marcado en color verde en la **Figura 4-55**). El mismo tiene un diámetro de vástago de 35 mm, un diámetro de pistón de 70 mm y el conexionado es mediante una rosca BSP de 3/8".

Las válvulas direccionales de conmutación y las válvulas doble antirretorno pilotadas seleccionadas son de la marca Bosch Rexroth.

En el caso de las válvulas direccionales de conmutación se seleccionaron a partir de la serie 5.-WE las cuales pueden operar con un caudal máximo de 150 l/min y soportan una presión máxima de trabajo de 350 bar (**Figura 4-56**).



Figura 4-56: Válvula direccional Bosch Rexroth serie 5.-WE [18]

Para el cilindro de agarre se seleccionó una válvula direccional de 3 vías/2 posiciones cuyo modelo es el 5-3 WE 10 A-5X D E G12 J3 K4 / M=AN. Esta válvula tiene la particularidad de que posee un resorte de compresión reforzado, que se utiliza en casos donde se necesita una desconexión rápida.

Para el cilindro de elevación del órgano de agarre se seleccionó una válvula direccional de 4 vías/3 posiciones cuyo modelo es el 5-4 WE 10 E-5X D E G12 J3 K4 / M=AN. Esta válvula también tiene la misma particularidad que la anterior, ya que se necesitan movimientos de conexión y desconexión rápidos.

Para el resto de los cilindros se seleccionó una válvula direccional de 4 vías/3 posiciones cuyo modelo es el 5-4 WE 10 J-5X E G12 J3 K4 / M=AN. Esta válvula no tiene resorte reforzado como las anteriores.

Todos los modelos de válvulas direccionales están actuadas por medio de un solenoide de 12V, lo que se corresponde a la diferencia de potencial que posee el tractor.

Para el caso de las válvulas dobles antirretorno pilotadas a partir de la serie Z2S, las cuales pueden operar con un caudal máximo de 160 l/min y soportan una presión máxima de trabajo de 350 bar (**Figura 4-57**). El modelo seleccionado es el Z2S 10 - Z - 3X / J3.



Figura 4-57: Válvula doble antirretorno Bosch Rexroth serie Z2S [19]

Las mangueras seleccionadas son de la marca Parker serie 301SN, la cual presenta las características mencionadas en la **Figura 4-58**.

Construcción	• Tubo: Nitrilo (NBR). • Refuerzo: doble malla de acero de alta resistencia. • Cubierta: goma sintética.
Fluidos recomendados	• Fluidos con base de petróleo y agua-glicol, aceites lubricantes, aire y agua. Si el aire supera los 1,7 MPa, la cubierta de la manguera debe estar picada.
Temperatura de trabajo	• -40°C a +100°C (Aire máx. +70°C, Agua máx. +85°C).
Presión de rotura	• Presión de trabajo x4.
Especificaciones aplicables	• EN 853-2SN / SAE 100R2 AT / ISO 1436 Tipo 2.
Serie de racores	• 48.
Aplicaciones	• Aplicaciones hidráulicas generales de media presión
Ventajas	• Construcción de manguera de cubierta fina No-Skive, tubo interior de nitrilo (NBR).
Beneficios	• Para una mayor compatibilidad de fluidos y resistencia a bioaceites.

301SN - Manguera No-Skive - EN 853 2SN / ISO 1436 Tipo 2

Figura 4-58: Características mangueras Parker [20]

Se adoptó que para el tramo de manguera desde el tractor a la central distribuidora se utilizarán mangueras de 1 pulgada debido a que es la línea que alimenta todo el circuito

y por ende, donde circulará todo el caudal. A su vez, la misma posee un acople rápido del lado tractor que cumple con los requisitos ISO 7241-1.

Las mangueras desde la central hidráulica a cada uno de los actuadores son de $\frac{1}{2}$ pulgada, esto es debido a que por ellas circulará un caudal menor. En caso de que las acometidas a los cilindros sean para un tamaño distinto al de la manguera, se utilizan las reducciones necesarias para lograr la correcta vinculación.

Las conexiones dentro de la central hidráulica, es decir entre el distribuidor y las válvulas se realizan en cañerías de acero inoxidable de $\frac{1}{2}$ pulgada de diámetro debido a que no existe movimiento relativo entre los componentes de la misma.

5. Manual de usuario

5.1 Recomendaciones para el usuario

Para que el implemento funcione de manera correcta, es decir, garantizar una extracción eficiente, el operador debe estar capacitado. Debe poder controlar diferentes variables que influyen directamente en la correcta función. Entre ellas se encuentran:

- **Velocidad de avance recomendada:** Se recomienda operar a una velocidad de 2.5 Km/h para garantizar una extracción eficiente sin dañar el mecanismo ni generar desgarros en las plantas.
- **Supervisión de la extracción:** Observar que las plantas sean removidas completamente y que las mordazas liberen la planta de forma efectiva tras la extracción.
- **Reubicación en el terreno:** Cuando se traslade el equipo, controlar que los cilindros hidráulicos se encuentren en la posición correcta para evitar daños en caminos irregulares.
- **No operar en condiciones climáticas adversas:** Se debe evitar el uso del implemento bajo lluvias intensas, ya que puede perjudicar la detección del sensor.
- **Capacitación del operador:** Se recomienda que el usuario reciba formación sobre el uso del implemento.

5.2 Mantenimiento

Para garantizar el correcto funcionamiento y alargar lo máximo posible la vida útil del implemento, es fundamental realizar un mantenimiento preventivo de manera periódica (esto dependiendo el uso). Para esto se debe realizar diferentes tareas, como:

- **Tensión de correas:** Verificación y ajuste de la tensión de las correas para evitar deslizamientos o fallos en la transmisión del movimiento.
- **Lubricación:** Aplicación de grasa en todos los puntos de fricción, especialmente en los ejes de giro, correderas, y articulaciones del sistema hidráulico. Asegurando un correcto desplazamiento de los componentes móviles.
- **Cambios de sellos:** Sustitución de sellos de cilindros hidráulicos en el sistema de correderas en intervalos recomendados por el fabricante o en caso de fugas evidentes.
- **Limpieza del sensor LIDAR:** Para evitar interferencias en la detección de plantas, se recomienda una limpieza diaria del visor con agua y detergente.
- **Sistema hidráulico:** Control de niveles de fluido hidráulico y detección de posibles fugas en mangueras y conexiones.
- **Sistema eléctrico:** Revisión del cableado, conexiones y sensores para garantizar una correcta transmisión de señales y evitar cortocircuitos o fallos en el posicionamiento del órgano extractor.
- **Revisiones generales:** Inspección general del estado del implemento, desgastes en piezas, control de aire en neumáticos, etc.

5.3 Seguridad y protecciones

El diseño del implemento tiene en cuenta medidas de seguridad para garantizar la integridad del operador y del equipo durante su funcionamiento.

Todas las partes que se encuentran en movimiento, como correas, engranajes y correderas están resguardadas con cubiertas de seguridad para evitar atrapamientos y proteger a los propios equipos de ramas, malezas y suciedad del ambiente que pueden afectar el correcto funcionamiento del mismo. Para esto se colocaron protecciones por encima de las correderas. Esto se muestra en la siguiente imagen (**Figura 5-1**).

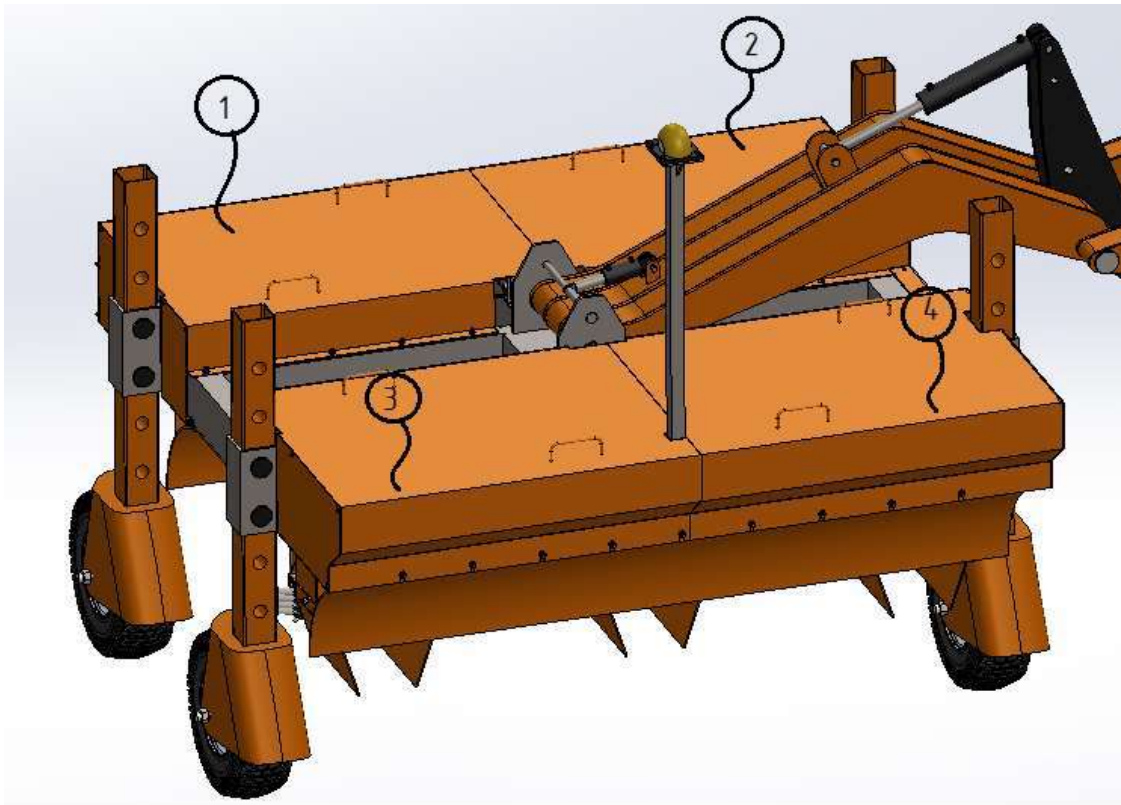


Figura 5-1: Posicionamiento tapas protectoras

También el uso de deflectores delante de los órganos y en las ruedas para proteger los neumáticos. Estos cumplen la función de direccionar la planta hacia las mordazas y a su vez, proteger el resto del equipo de golpes y posibles fallos.

En cuanto a la parte electrónica, el sistema cuenta con un botón de parada de emergencia de fácil acceso, permitiendo al operador detener el equipo ante cualquier imprevisto. El sensor LIDAR, además de detectar plantas puede cumplir con la función de detener el funcionamiento del implemento si detecta la presencia de una persona, animal o algún obstáculo en la zona de trabajo.

En el caso que ocurra una parada del equipo de manera imprevista el operador debe estar capacitado para la puesta en marcha del implemento, por esto se recomienda que el mismo reciba formación previa sobre el uso, asegurando que conozca las medidas de seguridad.

6. Conclusiones y recomendaciones

6.1 Conclusiones

El presente trabajo abordó la problemática de la expansión de la acacia en regiones agrícolas y su impacto negativo en la productividad del suelo, la disponibilidad de recursos forrajeros y la biodiversidad. A partir del análisis de diferentes métodos de control, se concluye que la extracción mecánica desde la raíz es la solución más eficiente y sostenible en comparación con el corte mecánico y el quemado por corriente eléctrica. La evaluación ponderada de variables clave, como la potencia requerida, la eficiencia a largo plazo y el impacto ambiental, permitió confirmar que esta metodología garantiza la eliminación completa de la planta y minimiza la necesidad de intervenciones repetitivas.

El diseño del implemento agrícola desarrollado integra tecnologías avanzadas para mejorar su precisión y operatividad. La incorporación de un sistema de detección basado en la tecnología LiDAR permite la localización exacta de las plantas, mientras que los sistemas hidráulicos aseguran la sujeción y extracción con la fuerza necesaria. Además, se logró una estructura articulada que permite adecuarse al terreno y su transporte.

Desde el punto de vista ambiental, la solución propuesta representa una alternativa viable y ecológica frente al uso de herbicidas, los cuales han demostrado generar contaminación del suelo y fuentes de agua. Asimismo, el equipo reduce la dependencia de prácticas poco sostenibles, como el quemado, mitigando riesgos de incendios y emisiones contaminantes.

En términos de seguridad y mantenimiento, se implementan medidas para proteger el entorno y garantizar la durabilidad del equipo. Para ello se mencionaron las principales inspecciones, los ajustes necesarios y la lubricación de los componentes principales. Lo que contribuye a maximizar su vida útil y reducir costos operativos a largo plazo.

En definitiva, el desarrollo de este implemento agrícola responde a la necesidad de un control eficiente y sostenible de la acacia en terrenos de pastoreo, ofreciendo una solución innovadora y de bajo impacto ambiental. Su implementación contribuirá a la mejora de la productividad agropecuaria, promoviendo un equilibrio entre la producción ganadera y la conservación del ecosistema.

Este proyecto nos permitió crecer tanto a nivel personal como profesional. A lo largo del proceso, se mejoraron las habilidades en diseño mecánico con SolidWorks y en el desarrollo de elementos de máquinas. También se adquirió más experiencia en la elaboración de memorias de cálculo, consolidando muchos de los conocimientos vistos durante la carrera.

Uno de los principales desafíos fue la coordinación del trabajo entre los integrantes del equipo. La dificultad para coincidir en reuniones y la necesidad de tomar decisiones conjuntas nos obligó a adaptarnos y reorganizarnos constantemente. Además, durante el diseño nos encontramos en varias ocasiones con soluciones que parecían adecuadas en

un principio, pero que resultaron inviables en la práctica. Esto nos llevó a replantear muchas ideas, retroceder algunos pasos y buscar alternativas, con lo cual aprendimos que la ingeniería es un proceso iterativo, donde la flexibilidad y el análisis crítico son clave para encontrar soluciones óptimas.

El contacto con profesionales del instituto nacional de tecnología agropecuaria (INTA) y especialistas en el área ganadera fue clave para entender mejor la problemática que abordamos. Pudimos intercambiar ideas, recibir información, sugerencias y adaptar nuestro diseño con una mirada más alineada a las necesidades reales del sector. A nivel interno, la comunicación y el intercambio de opiniones fueron fundamentales para llegar a la mejor solución. Cada uno se enfocó en distintas partes del proyecto, pero el trabajo en conjunto nos permitió mejorar nuestras propuestas y evitar errores de compatibilidad entre los distintos componentes.

Además, el proyecto nos dejó un gran aprendizaje sobre la gestión detrás de cada solución a problemas de ingeniería. Nos dimos cuenta de que una parte fundamental del proceso es la correcta interpretación y evaluación de la problemática, entendiendo todos los factores que influyen en la toma de decisiones. También aprendimos a abordar los problemas sin prejuicios sobre ninguna idea, explorando diferentes métodos y tecnologías, ya que muchas veces la mejor solución proviene de enfoques innovadores. Finalmente, en la fase de diseño, comprendimos la importancia de considerar desde el inicio aspectos clave como la fabricación, facilidad de montaje, el mantenimiento y la seguridad, garantizando así que la solución no solo sea funcional, sino también viable a largo plazo.

Enfrentamos momentos de estrés y frustración, especialmente cuando ciertas soluciones que parecían viables terminaban siendo impracticables. Sin embargo, mediante el análisis de bibliografía, consultas entre nosotros y referencias a máquinas similares, logramos superar cada obstáculo. Este proceso fortaleció nuestra confianza y seguridad como futuros ingenieros, demostrándonos que somos capaces de abordar y resolver problemas complejos.

Este proyecto nos brindó una preparación valiosa para el mundo laboral, ya que el trabajo realizado refleja fielmente las dinámicas y exigencias de la industria. A partir de esta experiencia, comprendemos la importancia de evaluar múltiples alternativas desde el inicio del diseño, ya que algunos componentes podrían haberse optimizado aún más. No obstante, el aprendizaje obtenido nos permitirá abordar futuros desafíos con una visión más crítica y estructurada.

6.2 Recomendaciones

A partir de los resultados obtenidos, se sugiere continuar con la optimización del sistema de detección mediante la incorporación de algoritmos de inteligencia artificial que permitan diferenciar la acacia de otras especies vegetales. La integración de diferentes tipos de sensores, como cámaras térmicas o multispectrales, podría mejorar la detección de las plantas.

También sería beneficioso poder realizar pruebas en distintos tipos de suelo, incluyendo terrenos con mayor pendiente o condiciones extremas. Para evaluar la adaptabilidad del implemento y proponer mejoras estructurales.

Alternativas energéticas que permitan reducir el consumo del sistema mediante el uso de fuentes renovables contribuyendo a una solución aún más sostenible.

La automatización del equipo podría reducir aún más la intervención del operario, mejorando la eficiencia del proceso. También la consideración de un sistema autónomo que no dependa del tractor para comandar su avance.

Por último, otro de los aspectos a considerar es el análisis de costos para evaluar viabilidad comercial del equipo y su potencial de implementación en distintas regiones productivas.

Bibliografía

- [1] Selasco, S. (2023, 22). "Una máquina de germinar": La Acacia Negra se transformó en un verdadero colonizador silencioso que le quita a los productores entre 2 y 3 hectáreas de campo por año. Bichos de campo. Retrieved 04 22, 2024, from <https://bichosdecampo.com/una-maquina-de-germinar-la-acacia-negra-se-transformo-en-un-verdadero-colonizador-silencioso-que-le-quita-a-los-productores-entre-2-y-3-hectareas-de-campo-por-ano/>
- [2] Dirección Nacional de Biodiversidad & Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021, Enero 27). *Lista de especies exóticas invasoras, potencialmente invasoras y criptogénicas*. Argentina.gob.ar. Retrieved Abril 11, 2024, from https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/lista_oficial_eei_boletin_oficial_con_nombres_comunes_0.pdf
- [3] Doran, J. C., Boland, D. J., Tumbull, J. W., Gunn, B. V. (1983). Distribución y Origen de las Acacias. In *Manual sobre las semillas de acacias de zonas secas* (p. 14). CSIRO P.O. Box 4008 Canberra ACT 2600. <https://www.fao.org/4/Q2190S/Q2190S00.htm#TOC>
- [4] Fcagr.unr. (2010, 12, 18). *Las plantas de las calles en Rosario*. Sistema de información técnica. <https://fcagr.unr.edu.ar/Extension/Informes%20tecnicos/plantarosario.htm>
- [5] INSTITUTO DE BOTÁNICA DARWINION. (2005, 05 21). *Vachellia caven*. Flora del conosur. <http://www.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina/DetalleEspecie.asp?forma=&variedad=&subespecie=&especie=caven&genero=Vachellia&espcod=196259>
- [6] Acacias. (2013, 11 02). Árboles para el clima. <https://www.treesforclimate.com.au/acaciadealbata>
- [7] Corgniali, D., & Pascual, E. (2025, Marzo 09). *Memoria de Cálculo*. Proyecto final. [PROYECTO FINAL](#)
- [8] Fceia. Escuela de Ingeniería Mecánica. Diseño industrial M3.21.2 (09, 2014). Descomposición funcional y Matriz morfológica. https://drive.google.com/file/d/1CKXT5-cD2rzmm-XMvMPAdHb2nY0_KaLD/view?usp=drive_link
- [9] Moon's. (2019, 06, 20). *Motores paso a paso*. Catálogo. <https://www.moonsindustries.com/medias/Motor-Catalog-EN20190620-A6L.pdf?context=bWFzdGVyfHJvb3R8MTEzNTU0NDJ8YXBwbGljYXRpb24vcGRmfGg2OS9oZTAvcDgzMzUwNTQyNzQ4Ni5wZGZ8OWJlYWZkYTlYxZTQwNmM5ZGM0ZDhmMmZkNDQxOTZlM2E4ZDlwNmEwYjhmM2lZNDhlY2l3YTg4NjA4OGZhMjdiYQ&attac>
- [10] Sensor Lidar - TFMINI-S LASER. <https://tienda.starware.com.ar/producto/modulo-sensor-rango-lidar-tfmini-s-laser/>
- [11] Lidar, Sensor. *Observación del sensor en campo*. <https://www.levila.ee/tekstid/kuhu-kaob-mets/laser-ei-valeta>

- [12] Kesla, 6H Series, Pluma articulada para cosechadora forestal <https://www.directindustry.es/prod/kesla-oji/product-57551-2250272.html>
- [13] AgroShow, Segadoras y rotativas, cortadora de largo alcance <https://agroshow.info/productos/maquinarias-y-equipos/segadoras-y-rotativas/cortadora-de-largo-alcance/>
- [14] AgriExpo/Connect, cosechadora de zanahorias, Weremczuk FMR Sp. z o.o. <https://www.agriexpo.online/es/prod/weremczuk-fmr-sp-z-oo/product-170611-17447.html>
- [15] Belafer 54, desbrozadora trituradora lateral gama TBL <https://belafer.com/producto/desbrozadora-lateral-tbl/>
- [16] Hydraulik zylinder. Catálogo Cilindros Hidráulicos. <https://cicrosa.com/wp-content/uploads/2024/11/cilindro-semiestandar-8300.pdf>
- [17] Imagen - ubicación campo en Rojas, Buenos Aires, Argentina. <https://maps.app.goo.gl/4mbvAusnjc4449eC9>
- [18] Bosh Rexroth. (2015, 09) Válvulas direccionales de corredera, mando directo. <https://www.boschrexroth.com/media/834a5592-cc0a-4eba-ae04-7dc15022125b>
- [19] Bosh Rexroth. (2021, 01) Válvula doble antirretorno Bosch Rexroth serie Z2S. <https://www.boschrexroth.com/media/cccf8e9d-2967-492a-afb0-48d85e2a8406>
- [20] Manguera Parker serie 301SN, media presión <https://ph.parker.com/ar/es/product/medium-pressure-parkrimp-no-skive-hose-301/301sn-4>
- [21] Gripper, Claw. (n.d.). *Pinza robótica de borde ondulado de metal completo con pinza de agarre de mano, 1 libra de peso máximo de agarre y brazo robótico de rango abierto de 0 a 9 pulgadas, brazo robótico de alto par.* Amazon. from <https://www.amazon.com.mx/rob%C3%B3tica-ondulado-completo-rob%C3%B3tico-pulgadas/dp/B08YDH27YK?th=1>

Lista de expertos e instituciones consultadas

- [1] Instituto Nacional de Tecnología agropecuaria (INTA), San Pedro. Dra. Mariana Piola, Coordinadora de Plataforma de Innovación Territorial en Producciones Intensivas.
- [2] Instituto AER, San Nicolás. Ing. Agr. Pablo Richmond, Jefe AER San Nicolás.

Anexo A: Investigación

Para entender el desarrollo de la planta, el crecimiento radicular, los tamaños en cuanto a la altura y el diámetro. Utilizamos un dron para sobrevolar un campo y así poder observar el avance de la planta desde el río hacia el interior del campo. La siguiente **Figura A-1** ilustra el avance de la planta.



Figura A-1: Vista superior del campo

También se extrajo diferentes tamaños de acacias en diferentes campos. para así conocer el sistema radicular y analizar el esfuerzo que hay que realizar para extraer la misma. En la siguiente **Figura A-2** se puede observar una planta extraída.



Figura A-2: Sistema radicular de la planta

Anexo B: Estudio experimental

Para el estudio experimental fuimos a un campo que daba a un río ubicado en Rojas, provincia de Buenos Aires. La siguiente **Figura B-1**. presenta parte del proceso del estudio.



Figura B-1: Estudio experimental

Elegimos la planta que se adecua con nuestros parámetros iniciales. En la siguiente **Figura B-2** se puede observar la planta elegida para el estudio.



Figura B-2: Planta en estudio

Mediante un gancho casero (tornillo en U con planchuela y tuerca) agarrado en el otro extremo del aparejo fijamos la planta al dispositivo. En la siguiente **Figura B-3** podemos observar el anclaje utilizado.



Figura B-3: Agarre del dispositivo a la planta

Propuesta	Variable a analizar	Fuerza Realizada	Potencia Requerida	Velocidad de control	Peso del mecanismo	Impacto ambiental (contaminación)	Seguridad	Eficiencia a largo plazo	Estado del suelo despues del control	Complejidad del mecanismo	Total
	Ponderacion 1-10	8	7	7	5	9	10	10	8	5	
Arrancado de raiz		2	2	2	3	4	4	5	4	4	237
Corte mecanico		4	4	4	4	4	3	1	2	3	215
Control por corriente eléctrica		5	1	1	2	3	3	4	1	3	184

Propuesta	Variable a analizar	Fuerza Realizada	Potencia Requerida	Velocidad de control	Peso del mecanismo	Impacto ambiental (contaminación)	Seguridad	Eficiencia a largo plazo	Estado del suelo despues del control	Complejidad del mecanismo	Total
	Ponderacion 1-10	8	8	6	6	10	10	9	7	3	
Arrancado de raiz		3	3	2	3	3	4	4	2	4	210
Corte mecanico		4	4	4	3	3	2	1	1	2	178
Control por corriente eléctrica		2	1	1	4	3	2	3	1	3	147

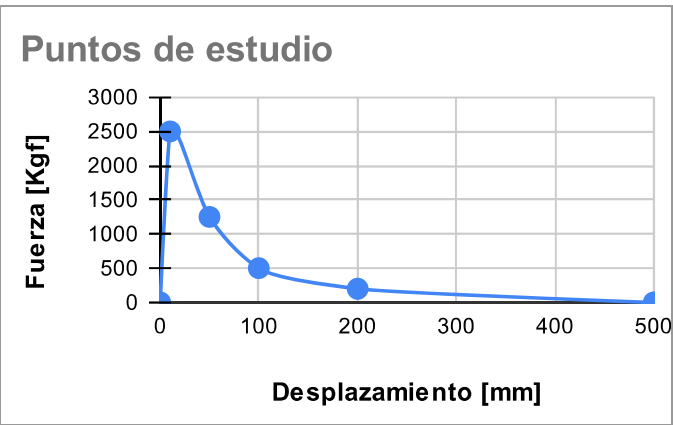
Ponderación promedio de los autores											
Propuesta	Variable a analizar	Fuerza Realizada	Potencia Requerida	Velocidad de control	Peso del mecanismo	Impacto ambiental (contaminación)	Seguridad	Eficiencia a largo plazo	Estado del suelo despues del control	Complejidad del mecanismo	Total
	Ponderacion 1-10	8	7.5	6.5	5.5	9.5	10	9.5	7.5	4	
Arrancado de raiz		2.5	2.5	2	3	3.5	4	4.5	3	4	218.5
Corte mecanico		4	4	4	3.5	3.5	2.5	1	1.5	2.5	196
Control por corriente eléctrica		3.5	1	1	3	3	2.5	3.5	1	3	162.5

Matriz morfológica							
Funciones	1	2	3	4	5	6	7
Acoplar el implemento	Enganche 3 puntos	Engache de remolque	Enganche frontal				
Absorber las irregularidades del terreno	Sistema de compensación hidráulico	Sistema balancín	suspensión neumática	Resorte - amortiguador			
Posicionar el implemento hacia la planta	Mediante cabezal separador - Estilo cosechadora (Se posiciona mecánicamente solo)	El operario del tractor ubica el implemento a su conveniencia (Sin cabezal)	Mediante sensores el brazo de extracción ubica la planta				
Regular en altura	Cilindros hidráulicos	Ruedas regulables	Tornillo sin fin con tuerca				
Soportar el mecanismo extractor	Fijo a la estructura	Desplazable mediante correderas					
Sujetar la planta	Pinza de agarre Hidráulica (Estilo crimpeadora) / Pinza hidráulica de demolición hormigón	Pinza estilo brazo robótico (Claw Gripper)	Mandibulas Paralelas (Parallel Jaw Gripper) - Estilo prensa Morsa	Pinzas de Presión Circular (Circular Pressure Gripper) - Estilo pinza perro	Agarre de Cable (Cable Gripper)	Agarre por Vacío (Vacuum Gripper)	
Extraer la planta	Mediante cilindros hidráulicos paralelos	Mecanismo utilizando toma de fuerza	Palanca Basculante (Lever System)	Sistema de Tornillo Sin Fin (Screw Jack System) - Estilo gato de husillo	Sistema de Resortes Tensionados (Tension Spring System) - Considerarlo para combinar al sistema y dar un tirón adicional que facilite el arrancado	Mecanismo estilo autoelevador (Sampi)	Fuerza de tracción del tractor
Desplazar lateralmente el órgano	Tornillo sin fin	Piñón-cremallera	Correa dentada	Mediante cadena			
Descartar la planta	Uso de una placa defectora inclinada que guíe la planta hacia atras	Cinta transportadora	Mediante algún brazo de expulsión	Sistema de rodillo	placa giratoria	Elevación del órgano extractor y desechado por gravedad	

Datos generales			
Variable	Valor	Unidad	Información
F_arr	2500.0	kgf	Fuerza de arrancado hallada experimentalmente
desp	500.0	mm	Desplazamiento para extraer la raíz completamente
V	2.5	km/h	Velocidad de trabajo
d_min	300.0	mm	Distancia minima entre plantas
P_trab	120.0	bar	Presión de máxima de la bomba hidraulica del tractor
M_estr	1500.0	[Kg]	Masa del conjunto de extracción
P_org	80.0	kg	Peso del órgano extractor

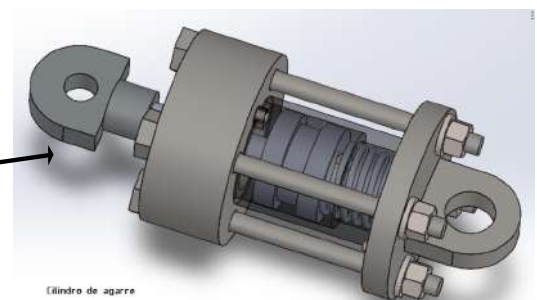
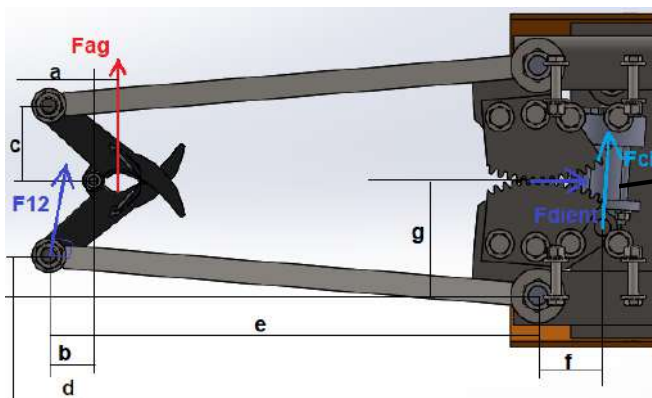
Cálculos generales			
Variable	Valor	Unidad	Información
F	2500	kgf	Fuerza de arrancado máxima hallada experimentalmente
	24500	N	
d	500	mm	Desplazamiento para extraer la raíz completamente
W	12250	Nm	Trabajo realizado
dmin	300	mm	Distancia minima entre plantas
V	2.5	km/h	Velocidad de trabajo
	0.694	m/s	
	694.4	mm/s	
t	0.432	s	Tiempo de arrancado
P	28356.48	W	Potencia requerida para extraer una planta
	28.36	KW	
	38.00	HP	

Puntos de estudio	
Desplaz. [mm]	Fuerza [Kgf]
0	0
10	2500
50	1250
100	500
200	200
500	0

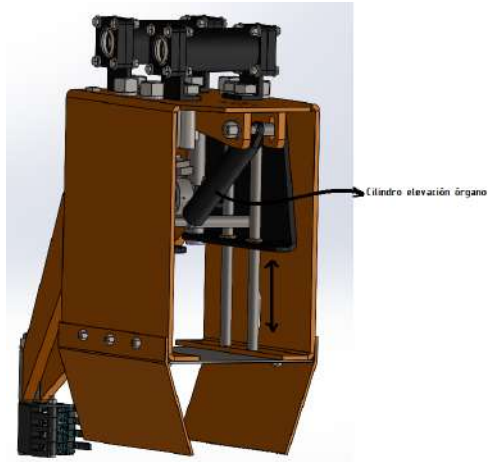


Cálculos para el agarre de la planta			
Cálculos fuerza de agarre			
Variable	Valor	Unidad	Información
Fm	10.0	kg	Fuerza realizada con la mano experimental
	98.0	N	
d	200.0	mm	Brazo de palanca
	0.2	m	
Rosca del bulon	5/16		
hilos_pulg	18.0	hilos/pulg	Hilos por pulgada de la rosca
p	1.4	mm/vuelta	Paso de la rosca
Fa_bulon	436.4	N	Fuerza de apriete para un bulón
Fag_total	872.7	N	Fuerza de apriete total
Cálculos fuerza del cilindro de agarre			
a	18.0	mm	Distancia
b	37.0	mm	Distancia
c	62.0	mm	Distancia
d	33.0	mm	Distancia
e	405.2	mm	Distancia
f	53.6	mm	Distancia
g	95.0	mm	Distancia
h	406.5	mm	Distancia
α	0.1	rad	Ángulo entre en brazo y la horizontal
F12	493.3	N	Fuerza ejercida por el brazo
Fdent	2110.8	N	Fuerza tangencial en los dientes del engranaje
Fcil	7485.0	N	Fuerza ejercida por el cilindro
Dimensionamiento del cilindro de agarre			
$\sigma_{\text{elast_SAE1045}}$	45.9	kgf/mm ²	Límite elástico SAE 1045 laminado en caliente
CS	3.0	-	Coefficiente de seguridad
$\sigma_{\text{adm_SAE1045}}$	15.3	kgf/mm ²	Tensión admisible SAE 1045
S_Vastago_min	49.9	mm ²	Sección mínima del vástago
D_vastago_min	8.0	mm	Diámetro mínimo del vástago
D_vastago_adop	9.53	mm	Diámetro adoptado del vástago
S_Cilin_min	6.36	cm ²	Sección mínima del cilindro hidráulico
D_Cilin_min	3.0	cm	Diámetro mínimo del cilindro hidráulico
	30.0	mm	Diámetro mínimo del cilindro hidráulico
D_cili_adop	30.0	mm	Diámetro adoptado del cilindro hidráulico
Cálculo del resorte del cilindro de agarre			
F_inicial	1.00	kgf	Fuerza del resorte para cilindro contraído
F_final_prop	5.00	kgf	Fuerza del resorte para cilindro extendido propuesta
ΔL	10.00	mm	Carrera del cilindro
K	0.40	kgf/mm	Constante del resorte
D	22.00	mm	Diámetro externo del resorte
n	5.00	Espiras	Número de espiras
N	7.00	Espiras	Nro total de espiras para extremos a escuadra
G	8157.60	kgf/mm ²	Módulo de rigidez SAE 4130
d_calc	2.33	mm	Diámetro del alambre
d_adop	2.00	mm	Diámetro del adoptado
K_real	0.22	kgf/mm	Constante del resorte real
F_real	3.19	kgf	Fuerza del resorte para cilindro extendido real
L_final	15.00	mm	Longitud del resorte para el cilindro extendido
L_inicial	25.00	mm	Longitud del resorte para el cilindro contraído
L_0	25.22	mm	Longitud libre del resorte

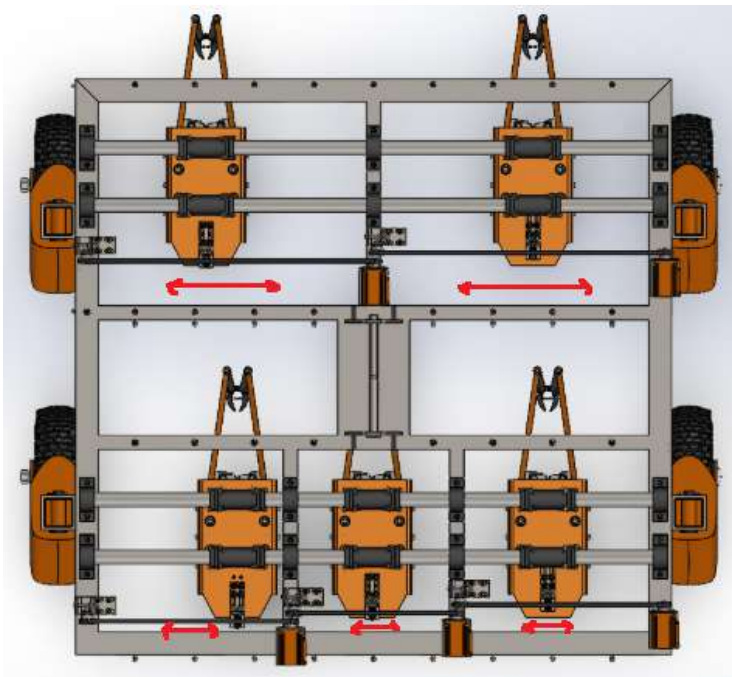
El cálculo de la fuerza de agarre se basó en la fuerza de apriete hallada de manera experimental.



Selección cilindro elevación órgano			
F_C2	92.0	kgf	Fuerza necesaria para elevar el cilindro hidráulico
S_Cilin_min	0.77	cm2	Sección mínima del cilindro hidráulico
D_Cilin_min	1.0	cm	Diámetro mínimo del cilindro hidráulico
	9.9	mm	
D_cili_adop	15.0	mm	Diámetro adoptado del cilindro hidráulico
L1	300.0	mm	Longitud del cilindro acortado
L2	420.0	mm	Longitud del cilindro extendido



Cálculos para el movimiento de los órganos			
Cálculos motor paso a paso			
Variable	Valor	Unidad	Información
μ_{est}	0.15	-	Coefficiente de fricción estático acero-acero
μ_{din}	0.09	-	Coefficiente de fricción dinámico acero-acero
F_roce_est	117.60	N	Fuerza de roce estática entre las guías y los bujes
F_roce_din	70.56	N	Fuerza de roce dinámica entre las guías y los bujes
D_polea	60.00	mm	Diámetro polea motriz
T_min_motor	3.53	Nm	Torque mínimo para selección del motor
T_nom_motor	2.12	Nm	Torque nominal del motor
n_motor	180.00	rev/min	Velocidad del motor al torque nominal
n_motor	18.85	1/s	Velocidad del motor al torque nominal
V_tang	565.49	mm/s	Velocidad tangencial de la correa



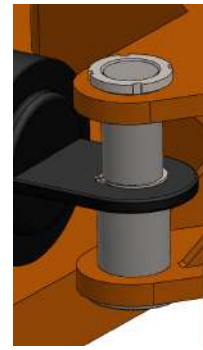
Circuito hidráulico			
Cálculo del caudal mínimo			
Variable	Valor	Unidad	Información
Caudal_entregado	50.00	l/min	Caudal entregado por la bomba dle tractor
Dist_sensor	50.00	mm	Distancia desde el sensor de comando de cierre a las mordazas
T_neces	0.07	s	Tiempo de cierre de las mordazas
Vol_cil-ag	6.36	cm3	Volumen cámara cilindro de agarre.
	0.01	l	
T_cierre_1cil-ag	0.01	s	Tiempo de cierre de un cilindro de agarre
V_elev-1cil	58.81	cm3	Volumen cámara cilindro de elevación
VT_elev-1cil	0.07	s	Tiempo de cierre de un cilindro de elevación
T_cierre-max	0.08	s	Tiempo máximo (agarre + elevación)

Cilindro de doble efecto de elevación estructura (Cilindro 2)			
Cálculo del diámetro del vástago			
Variable	Valor	Unidad	Información
$\sigma_{\text{elast_SAE1045}}$	45.90	kgf/mm2	Límite elástico SAE 1045 laminado en frio
CS	3.00	-	Coefficiente de seguridad
$\sigma_{\text{adm_SAE1045}}$	15.30	kgf/mm2	Tensión admisible SAE 1045
S_Vastago_min	608.20	mm2	Sección mínima del vástago
D_vastago_min	27.83	mm	Diámetro mínimo del vástago
D_vastago_adop	70.00	mm	Diámetro adoptado del vástago
Cálculo del diámetro del cilindro			
Variable	Valor	Unidad	Información
F_cilindro	91193.49	N	Rb - Planilla DCL
	9305.46	Kgf	
S_Cilin_min	77.55	cm2	Sección mínima del cilindro hidráulico
D_Cilin_min	12.15	cm	Diámetro mínimo del cilindro hidráulico
	121.55	mm	
D_cili_adop	125.00	mm	Diámetro adoptado del cilindro hidráulico

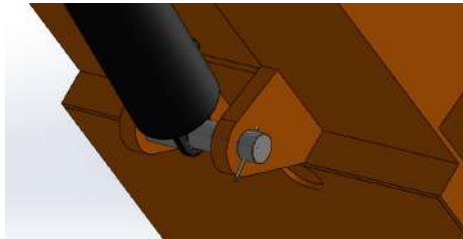
Cilindro de doble efecto de posicionamiento para el transporte (Cilindro 1)			
Cálculo del diámetro del vástago			
Variable	Valor	Unidad	Información
$\sigma_{\text{elast_SAE1045}}$	45.90	kgf/mm2	Límite elástico SAE 1045 laminado en frio
CS	3.00	-	Coefficiente de seguridad
$\sigma_{\text{adm_SAE1045}}$	15.30	kgf/mm2	Tensión admisible SAE 1045
S_Vastago_min	873.08	mm2	Sección mínima del vástago
D_vastago_min	33.34	mm	Diámetro mínimo del vástago
D_vastago_adop	80.00	mm	Diámetro adoptado del vástago
Cálculo del diámetro del cilindro			
Variable	Valor	Unidad	Información
F_cilindro	130910.09	N	Rd - Planilla DCL
	13358.17	Kgf	
S_Cilin_min	111.32	cm2	Sección mínima del cilindro hidráulico
D_Cilin_min	14.34	cm	Diámetro mínimo del cilindro hidráulico
	143.43	mm	
D_cili_adop	140.00	mm	Diámetro adoptado del cilindro hidráulico

Cilindro de doble efecto de posicionamiento para el transporte (Cilindro 3)			
Cálculo del diámetro del vástago			
Variable	Valor	Unidad	Información
$\sigma_{\text{elast_SAE1045}}$	45.90	kgf/mm2	Límite elástico SAE 1045 laminado en frio
CS	3.00	-	Coefficiente de seguridad
$\sigma_{\text{adm_SAE1045}}$	15.30	kgf/mm2	Tensión admisible SAE 1045
S_Vastago_min	208.18	mm2	Sección mínima del vástago
D_vastago_min	16.28	mm	Diámetro mínimo del vástago
D_vastago_adop	35.00	mm	Diámetro adoptado del vástago
Cálculo del diámetro del cilindro			
Variable	Valor	Unidad	Información
F_cilindro	31215.02	N	Rd - Planilla DCL
	3185.21	Kgf	
S_Cilin_min	26.54	cm2	Sección mínima del cilindro hidráulico
D_Cilin_min	6.79	cm	Diámetro mínimo del cilindro hidráulico
	67.86	mm	
D_cili_adop	70.00	mm	Diámetro adoptado del cilindro hidráulico

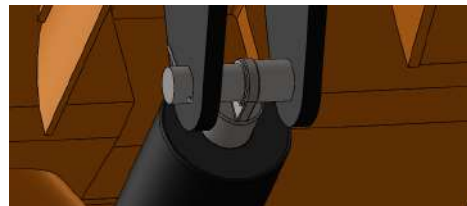
E-PER-01			
Dimensionamiento del perno			
Variable	Valor	Unidad	Información
$\sigma_{\text{elast_SAE4140}}$	176.00	kgf/mm2	Límite elástico material SAE 4140
$\sigma_{\text{adm_SAE4140}}$	58.67	kgf/mm2	Tensión admisible SAE 4140
L_Perno	120.00	mm	Largo del perno
r_{adm}	35.20	kgf/mm2	Esfuerzo cortante admisible
F	13358.17	Kgf	Fuerza máxima aplicada
Cs	3.00		Coefficiente de seguridad
A	189.75	mm2	Área mínima del perno
D_min-corte	15.54	mm	Diámetro mínimo al corte
D_min-flexion	41.13	mm	Diámetro mínimo a la flexión
D	42.00	mm	Diámetro adoptado



E_PER-05			
Dimensionamiento del perno			
Variable	Valor	Unidad	Información
$\sigma_{\text{elast_SAE4140}}$	176.00	kgf/mm2	Límite elástico material SAE 4140
$\sigma_{\text{adm_SAE4140}}$	58.67	kgf/mm2	Tensión admisible SAE 4140
L_Perno	120.00	mm	Largo del perno
r_{adm}	35.20	kgf/mm2	Esfuerzo cortante admisible
F	9305.46	Kgf	Fuerza máxima aplicada
Cs	3.00	-	Coefficiente de seguridad
A	132.18	mm2	Área mínima del perno
D_min-corte	12.97	mm	Diámetro mínimo al corte
D_min-flexion	36.46	mm	Diámetro mínimo a la flexión
D	38.00	mm	Diámetro adoptado



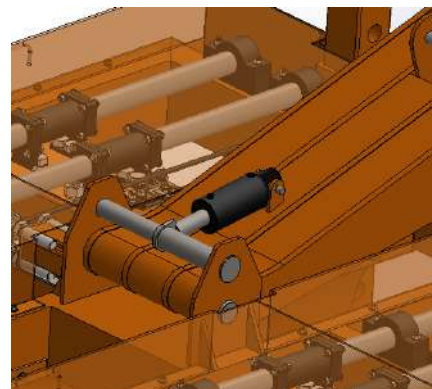
E_PER-07			
Dimensionamiento del perno			
Variable	Valor	Unidad	Información
$\sigma_{\text{elast_SAE4140}}$	176.00	kgf/mm2	Límite elástico material SAE 4140
$\sigma_{\text{adm_SAE4140}}$	58.67	kgf/mm2	Tensión admisible SAE 4140
L_Perno	75.00	mm	Largo del perno
r_{adm}	35.20	kgf/mm2	Esfuerzo cortante admisible
F	9305.46	Kgf	Fuerza máxima aplicada
Cs	3.00		Coefficiente de seguridad
A	132.18	mm2	Área mínima del perno
D_min-corte	12.97	mm	Diámetro mínimo al corte
D_min-flexion	31.17	mm	Diámetro mínimo a la flexión
D	32.00	mm	Diámetro adoptado



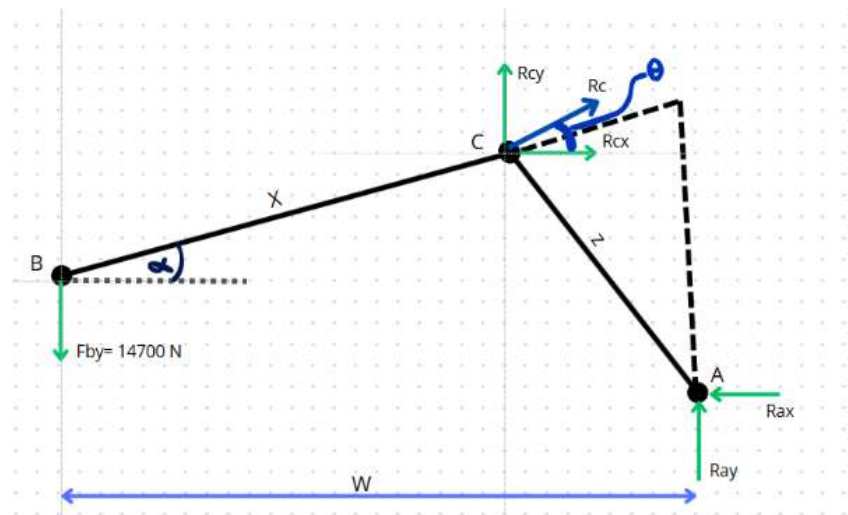
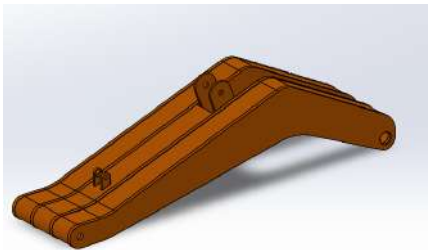
E_PER-06			
Dimensionamiento del perno			
Variable	Valor	Unidad	Información
$\sigma_{\text{elast_SAE4140}}$	176.00	kgf/mm2	Límite elástico material SAE 4140
$\sigma_{\text{adm_SAE4140}}$	58.67	kgf/mm2	Tensión admisible SAE 4140
L_Perno	75.00	mm	Largo del perno
r_{adm}	35.20	kgf/mm2	Esfuerzo cortante admisible
F	3185.21	Kgf	Fuerza máxima aplicada
Cs	3.00		Coefficiente de seguridad
A	45.24	mm2	Área mínima del perno
D_min-corte	7.59	mm	Diámetro mínimo al corte
D_min-flexion	21.81	mm	Diámetro mínimo a la flexión
D	22.00	mm	Diámetro adoptado



E_PER-11			
Dimensionamiento del perno			
Variable	Valor	Unidad	Información
$\sigma_{\text{elast_SAE4140}}$	176.00	kgf/mm2	Límite elástico material SAE 4140
$\sigma_{\text{adm_SAE4140}}$	58.67	kgf/mm2	Tensión admisible SAE 4140
L_Perno	380.00	mm	Largo del perno
r_{adm}	35.20	kgf/mm2	Esfuerzo cortante admisible
F	3600.00	Kgf	Fuerza máxima aplicada
Cs	3.00		Coefficiente de seguridad
A	51.14	mm2	Área mínima del perno
D_min-corte	8.07	mm	Diámetro mínimo al corte
D_min-flexion	39.01	mm	Diámetro mínimo a la flexión
D	40.00	mm	Diámetro adoptado



E-ES-03			
CÁLCULO DE REACCIONES			
Variable	Valor	Unidad	Información
M_Estr	1500.0	[Kg]	Masa del conjunto de extracción
X	876.52	[mm]	Distancia desde el punto B al C
Z	786.31	[mm]	Distancia desde el punto C al A
W	1423.69	[mm]	Distancia horizontal desde el punto B al A
Zx	551.79	[mm]	Componente x del vector Z
Zy	560.11	[mm]	Componente y del vector Z
α	18.66	[°]	Ángulo comprendido entre BC y la horizontal
	0.326	[rad]	
θ	13.08	[°]	Ángulo comprendido entre eje del cilindro 3 y la horizontal
	0.228	[rad]	
Fby	14700	[N]	Fuerza ejercida por la estructura en el punto B
Rc	31215.02	[N]	Fuerza ejercida por el cilindro 3
Rcx	30405.15	[N]	Componente x de la fuerza ejercida por el cilindro 3
Rcy	7064.31	[N]	Componente y de la fuerza ejercida por el cilindro 3
Rax	30405.15	[N]	Reacción en el punto A en la componente x
Ray	7635.69	[N]	Reacción en el punto A en la componente y



$$\sum F_x = R_{cx} - R_{ay} = 0$$

$$R_{cx} = R_{ax}$$

$$R_{cx} = R_c \cdot \cos(\theta)$$

$$R_{cy} = R_c \cdot \sin(\theta)$$

$$\sum F_y = R_{cy} + R_{ay} - F_{py} = 0$$

$$R_{cy} + R_{ay} = F_{py}$$

$$\sum M_a = -R_{cx} \cdot z_y - R_{cy} \cdot z_x + F_{py} \cdot w = 0$$

$$-(R_c \cdot \cos(\theta)) \cdot z_y - (R_c \cdot \sin(\theta)) \cdot z_x + F_{py} \cdot w = 0$$

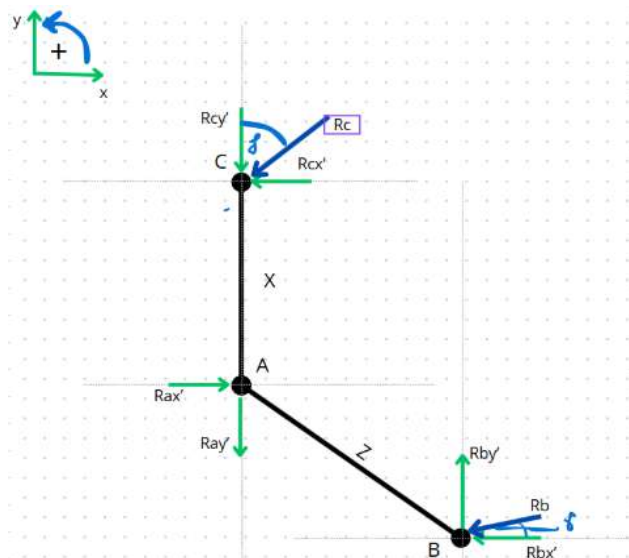
$$-R_c \cdot (\cos(\theta) \cdot z_y + \sin(\theta) \cdot z_x) + F_{py} \cdot w = 0$$

$$-R_c \cdot (\cos(\theta) \cdot z_y + \sin(\theta) \cdot z_x) = -F_{py} \cdot w$$

$$R_c = \frac{F_{py} \cdot w}{\cos(\theta) \cdot z_y + \sin(\theta) \cdot z_x}$$

CÁLCULO DE REACCIONES

Variable	Valor	Unidad	Información
X	570	[mm]	Distancia desde el punto C al A
Z	261.08	[mm]	Distancia desde el punto A al B
Zx	167.62	[mm]	Componente x del vector Z
Zy	200.15	[mm]	Componente y del vector Z
δ	90	[°]	Ángulo comprendido entre eje del cilindro 3 y la vertical
	1.57	[rad]	
Y	6.77	[°]	Ángulo comprendido entre eje del cilindro 2 y la horizontal
	0.12	[rad]	
Rc		[N]	Reacción ejercida por el cilindro 3
Rcx'		[N]	Componente x de la reacción ejercida por el cilindro 3
Rcy'		[N]	Componente y de la reacción ejercida por el cilindro 3
Rax''	0.00	[N]	Reacción en el punto A en la componente x
Ray''	0.00	[N]	Reacción en el punto A en la componente y
Rb	0.00	[N]	Fuerza ejercida por el cilindro 2
Rbx'	0.00	[N]	Componente x de la fuerza ejercida por el cilindro 2
Rby'	0.00	[N]	Componente y de la fuerza ejercida por el cilindro 2



$$\sum F_x = -R_{cx'} + R_{ax'} - R_{bx'} = 0$$

$$-R_{cx'} + R_{ax'} = R_{bx'}$$

$$R_{ax'} = R_{bx'} + R_{cx'}$$

$$\sum F_y = -R_{cy} - R_{ay} + R_{by} = 0$$

$$R_{by} = R_{cy} + R_{ay}$$

$$R_{by} = R_{cy} + (F_{py} - R_{cy})$$

$$\sum M_a = R_{by} \cdot z_x - R_{bx} \cdot z_y' + R_{cx} \cdot X_x = 0$$

$$R_b \cdot \sin(\gamma) \cdot z_x - R_b \cdot \cos(\gamma) \cdot z_y' + R_{cx} \cdot X_x = 0$$

$$R_b (\sin(\gamma) \cdot z_x - \cos(\gamma) \cdot z_y') = -R_{cx} \cdot X_x = 0$$

$$R_b = \frac{-R_{cx} \cdot X_x}{\sin(\gamma) \cdot z_x + \cos(\gamma) \cdot z_y'}$$

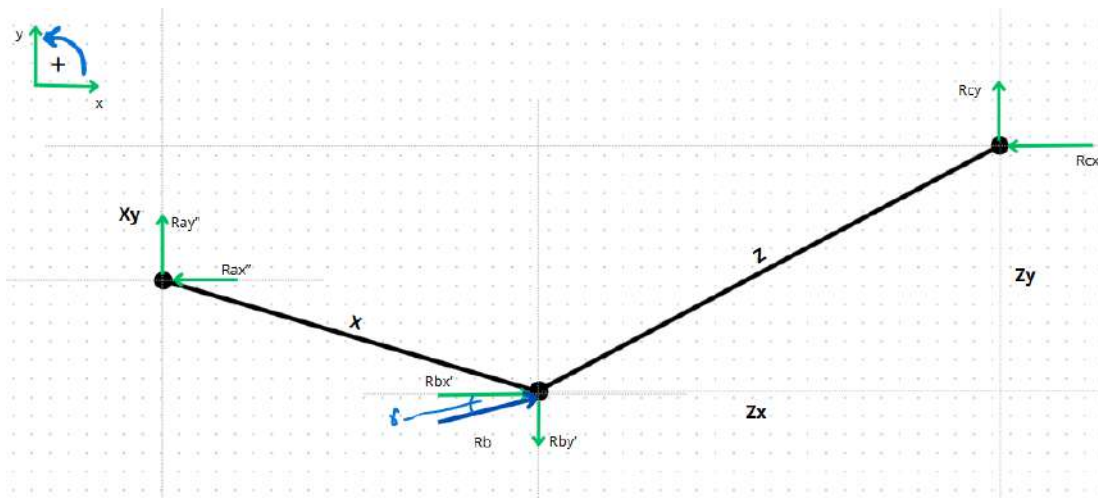
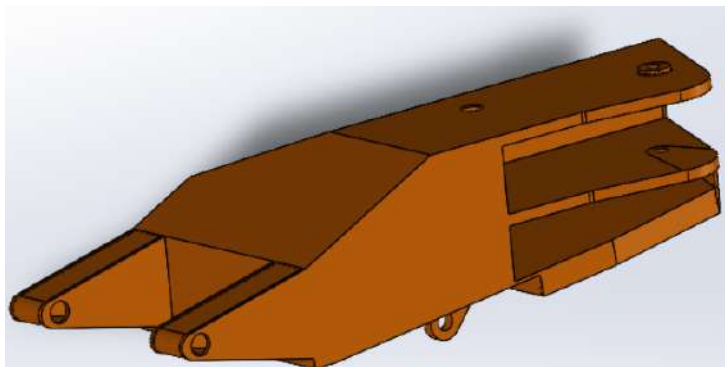
De pieza 3: $R_{ay} = F_{py} - R_{cy}$

$$R_{bx} = R_b \cdot \cos(\gamma)$$

$$R_{by} = R_b \cdot \sin(\gamma)$$

CÁLCULO DE REACCIONES

Variable	Valor	Unidad	Información
X	861.92	[mm]	Distancia desde el punto A al B
Xy	190.58	[mm]	Componente x del vector X
Z	609.24	[mm]	Distancia desde el punto B al C
Zx	524.97	[mm]	Componente x del vector Z
Zy	309.15	[mm]	Componente y del vector Z
Rb		[N]	Reacción ejercida por el cilindro 2
Rbx'		[N]	Componente x de la reacción ejercida por el cilindro 2
Rby'		[N]	Componente y de la reacción ejercida por el cilindro 2
Rcx	-38929.37	[N]	Reacción en el punto C en la componente x
Rcy	0.00	[N]	Reacción en el punto C en la componente y



$$\sum F_x' = -R_{ax}'' + R_{bx}' - R_{cx} = 0$$

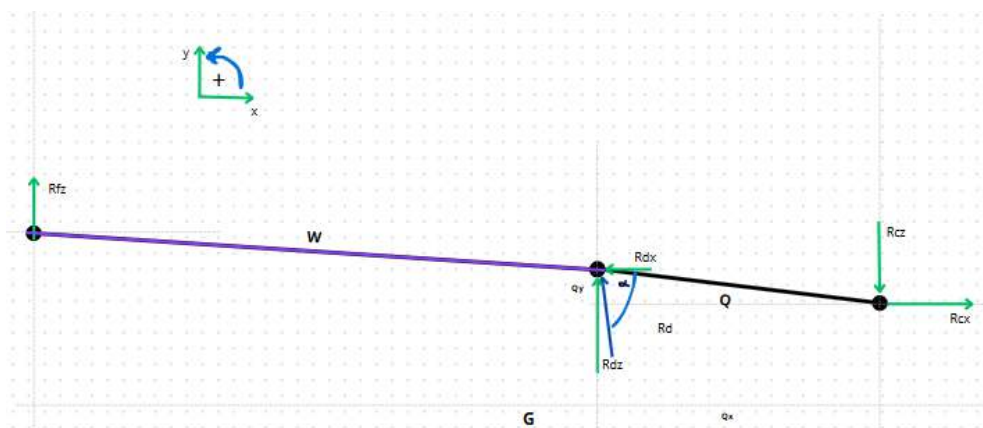
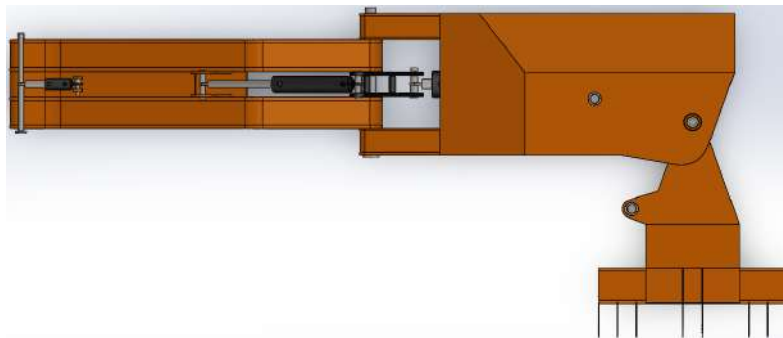
$$-R_{cx} = R_{ax}'' - R_{bx}'$$

$$\boxed{R_{cx} = -R_{ax}'' + R_{bx}'}$$

$$\sum F_y = R_{ay}'' - R_{by}' + R_{cy} = 0$$

$$\boxed{R_{cy} = -R_{ay}'' + R_{by}'}$$

Conjunto estructural			
CÁLCULO DE REACCIONES			
Variable	Valor	Unidad	Información
Rfz	2500	[Kgf]	Fuerza ejercida por la planta al ser extraída
	24500	[N]	
α	72.70	[°]	Ángulo entre el eje del cilindro 1 y la vertical
	1.269	[rad]	
W	2700	[mm]	Distancia entre el punto A y el punto D
Q	643.87	[mm]	Distancia entre el punto D y el punto C
Qx	580	[mm]	Componente x del vector Q
Qy	100	[mm]	Componente y del vector Q
G	2800	[mm]	Distancia horizontal entre el punto C y el A
Rd	130910.0905	[N]	Fuerza ejercida por el cilindro 1
Rdx	38929.37169	[N]	Componente x de la fuerza ejercida por el cilindro 1
Rdz	124987.8227	[N]	Componente y de la fuerza ejercida por el cilindro 1
Rcx	-38929.37	[N]	Reacción en el punto C en la componente x
Rcz	149487.82	[N]	Reacción en el punto C en la componente z



$$\sum F_x = R_{cx} + R_{dx} = 0$$

$$R_{cx} = -R_{dx}$$

$$R_{dx} = R_d \cdot \cos(\alpha)$$

$$R_{dz} = R_d \cdot \sin(\alpha)$$

$$\sum F_y = R_{fz} + R_{dz} - R_{cz} = 0$$

$$R_{fz} + R_{dz} = R_{cz}$$

$$R_{dz} = R_{cz} - R_{fz}$$

$$\sum M_a = -R_{dy} \cdot Q_x + R_{dx} \cdot Q_y - R_{fz} \cdot G = 0$$

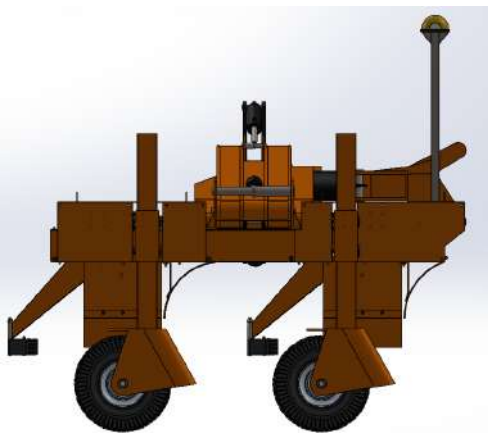
$$-(R_d \cdot \sin(\alpha) \cdot Q_x) + (R_d \cdot \cos(\alpha) \cdot Q_y) - R_{fz} \cdot G = 0$$

$$R_d \cdot (-\sin(\alpha) \cdot Q_x + \cos(\alpha) \cdot Q_y) = R_{fz} \cdot G$$

$$R_d = \frac{R_{fz} \cdot G}{(-\sin(\alpha) \cdot Q_x + \cos(\alpha) \cdot Q_y)}$$

Disposición de ruedas			
Cálculo de las reacciones en las ruedas			
Variable	Valor	Unidad	Información
Fa	2500.00	[Kgf]	Fuerza ejercida por la planta al ser extraída
	24500.00	[N]	
Fb	2500.00	[Kgf]	Fuerza ejercida por la planta al ser extraída
	24500.00	[N]	
Fax	1767.77	[Kgf]	Componente en x de la fuerza Fa
Fbx	1767.77	[Kgf]	Componente en x de la fuerza Fb
Fcx	3535.53	[Kgf]	Reacción en x por parte de los brazos
Fay	1767.77	[Kgf]	Componente en y de la fuerza Fa
Fby	1767.77	[Kgf]	Componente en y de la fuerza Fb
P	1500.00	[Kgf]	Peso del implemento
Fp1	3214.16	[Kgf]	Fuerza en la rueda 1
Fp2	1821.37	[Kgf]	Fuerza en la rueda 2
α	45.00	[°]	Ángulo entre la fuerza y la horizontal
	0.79	[rad]	
X	700.00	[mm]	Distancia
Y	525.00	[mm]	Distancia
Z	700.00	[mm]	Distancia
W	1015.00	[mm]	Distancia

Nota: La barra donde se ubican las fuerzas corresponde al cuadro donde se encuentran montados los órganos de extracción. Se consideró como peor condición el caso donde se requiere arrancar dos plantas a la vez y las dos del mismo lado.



$$\sum f_x = f_{cx} - f_{bx} - f_{ax} = 0$$

$$F_{cx} = f_{bx} + f_{ax}$$

$$\sum f_y = F_{p1} + F_{p2} - f_{by} - p - f_{ay} = 0$$

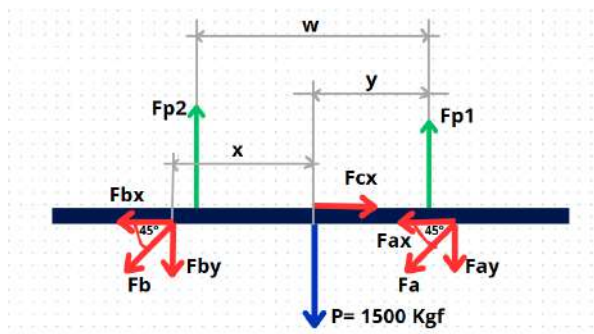
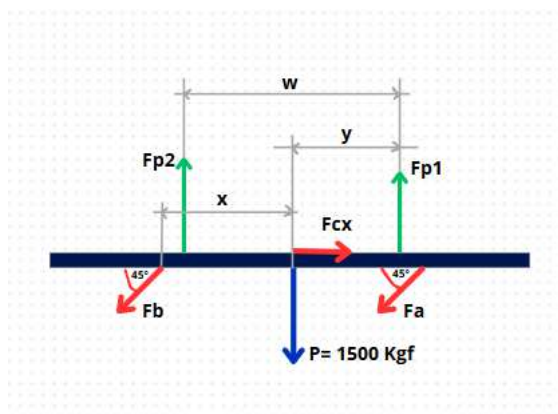
$$F_{p2} = f_{by} + p + f_{ay} - F_{p1}$$

$$\sum M_{Fp2} = -f_{by} \cdot (x-y) - p \cdot y + F_{p1} \cdot w - f_{ay} \cdot (x+y) = 0$$

$$F_{p1} = \frac{f_{by} \cdot (x-y) + P \cdot y + f_{ay} \cdot (x+y)}{w}$$

$f_{ax} = f_a \cdot \cos(45^\circ)$
 $f_{bx} = f_b \cdot \cos(45^\circ)$

$f_{ay} = f_a \cdot \sin(45^\circ)$
 $f_{by} = f_b \cdot \sin(45^\circ)$



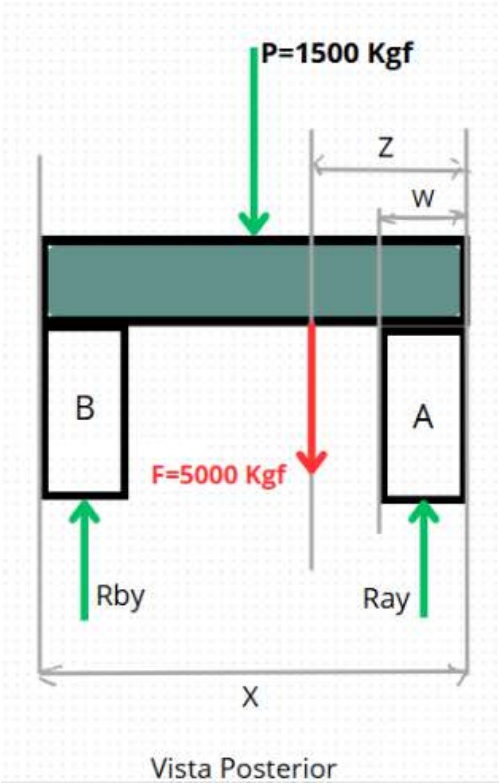
Cálculo de las reacciones en vista posterior			
Variable	Valor	Unidad	Información
P	1500.00	[Kgf]	Peso del implemento
	14700.00	[N]	
F	5000.00	[Kgf]	Fuerza máxima que se podría ejercer
	49000.00	[N]	
X	2000.00	[mm]	Distancia
Z	370.00	[mm]	Distancia
W	164.00	[mm]	Distancia
Rby	15036.27	[N]	Reacción en el punto B en la componente y
	1534.31	[Kgf]	
Ray	48663.73	[N]	Reacción en el punto A en la componente y
	4965.69	[Kgf]	



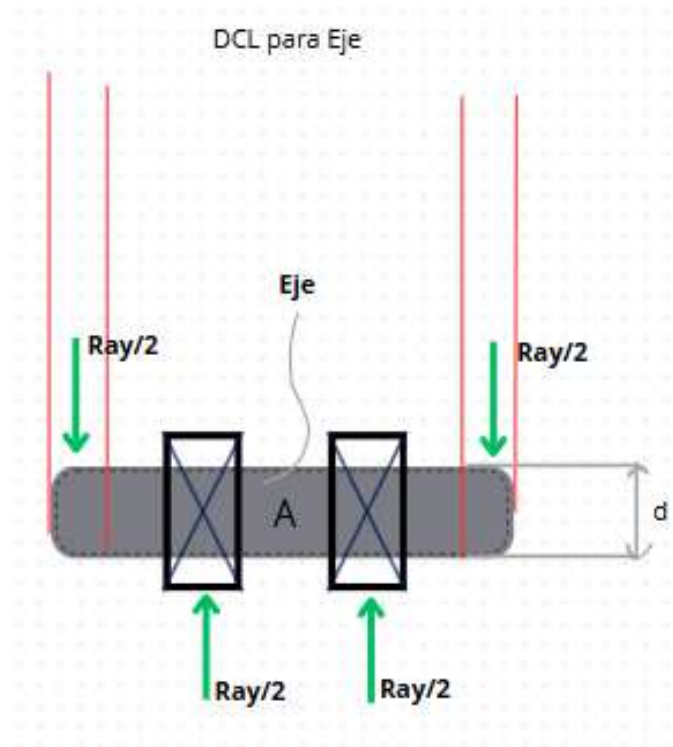
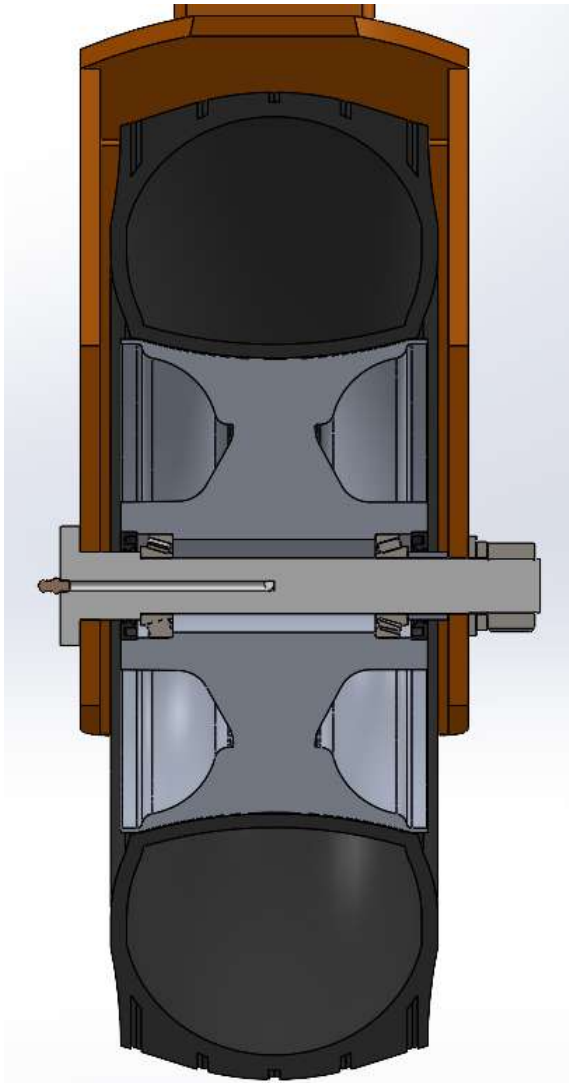
Nota: F=5000kg representa el fuerza máxima que se podría ejercer considerando el arrancado de dos plantas a la vez una en el órgano derecho de la primer fila y otra en el órgano derecho en la segunda fila. Esto para evaluar las cargas en la peor condición. Además Z representa la distancia del borde de la rueda hasta la fuerza F ubicada en el máximo desplazamiento en el lado derecho que puede hacer el órgano. A y B representan las ruedas.

$$\sum F_y = Ray + Rby - P - F$$

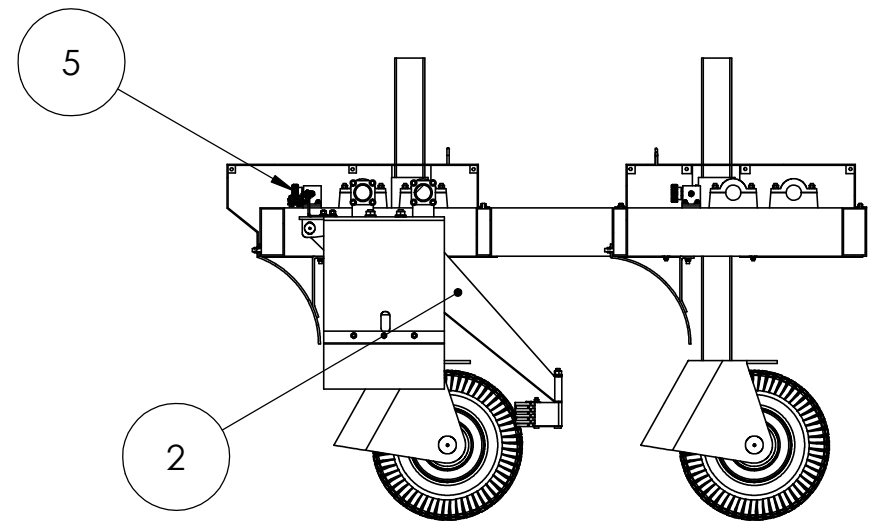
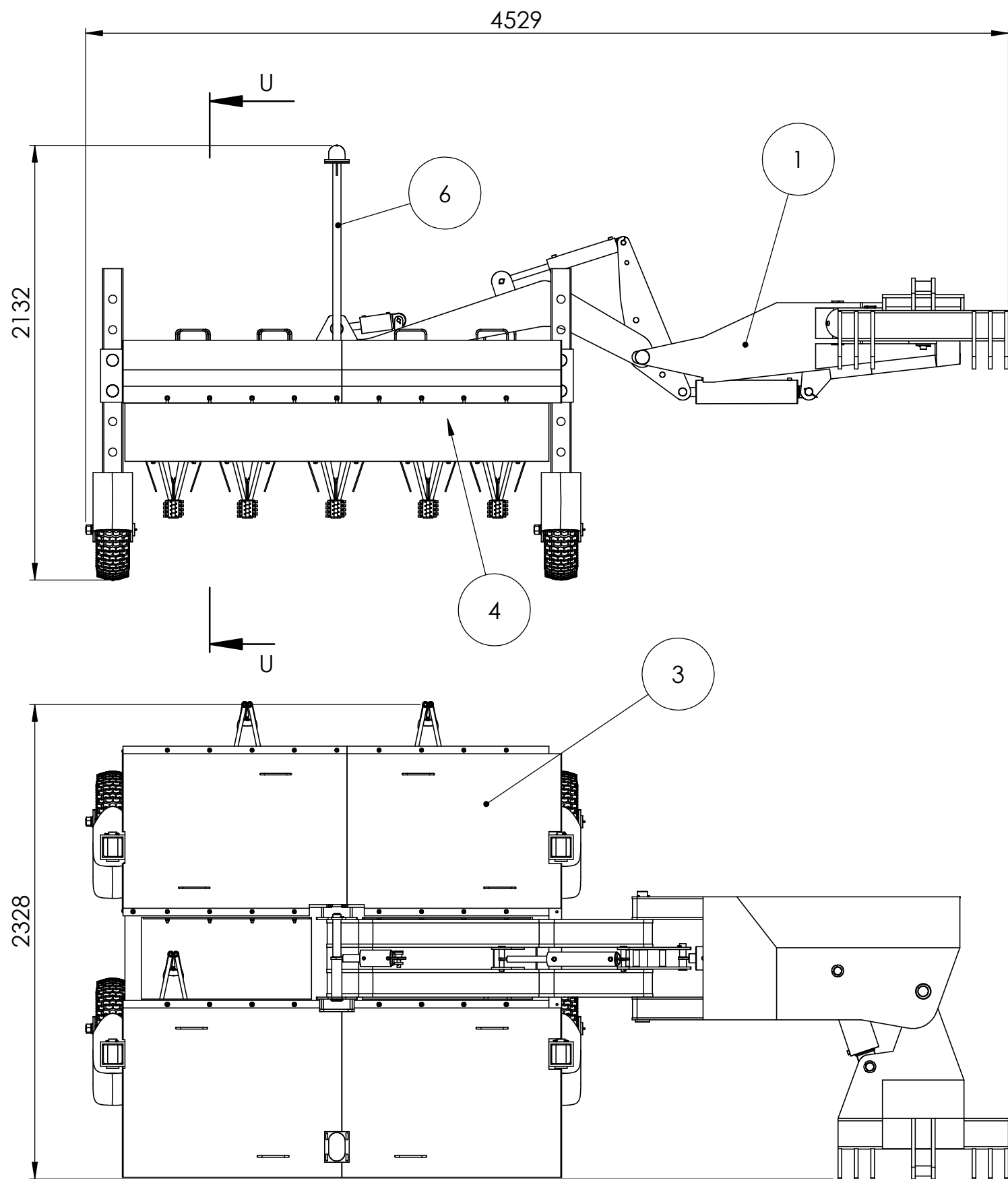
$$\sum MA = Rby*(X-W) - P*((X/2)-(W/2)) - F*(Z-(W/2))$$



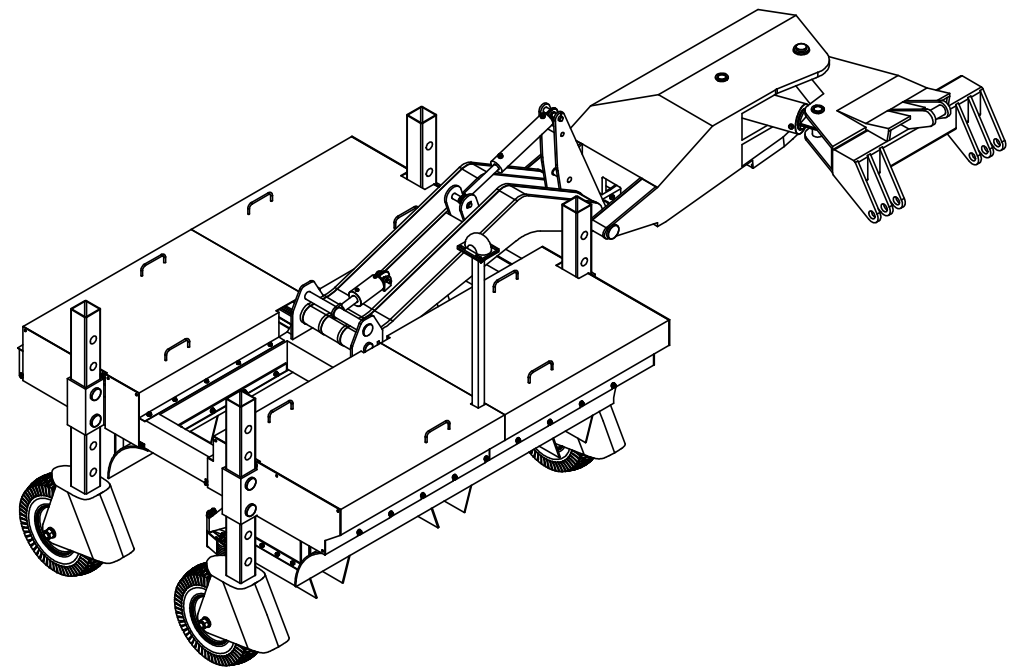
Cálculo de eje de la rueda			
Variable	Valor	Unidad	Información
$\sigma_{\text{flu- SAE 4140}}$	1730.00	[Mpa]	Tensión de fluencia normal para SAE 4140 templado
$t_{\text{flu- SAE 4140}}$	1038.00	[Mpa]	Tensión de fluencia de corte para SAE 4140 templado
CS	2.00	-	Coeficiente de seguridad
σ_{adm}	865.00	[Mpa]	Tensión admisible normal para SAE 4140 templado
t_{adm}	519.00	[Mpa]	Tensión admisible de corte para SAE 4140 templado
Ray/2	24331.86	[N]	Fuerza que soporta el rodamiento
d_mín	24.27	[mm]	Diámetro mínimo calculado
d_selec	28.00	[mm]	Diámetro mínimo seleccionado



Nota: La barra gris representa el eje de la rueda y las líneas rojas verticales las chapas que hacen de sostén y protección del neumático.



SECCIÓN U-U
ESCALA 1 : 25



6	CONJUNTO SENSOR LIDAR	CONJ-SENSOR LIDAR	1	-
5	CONJUNTO MOVIMIENTOS	CONJ-MOVIMIENTOS	1	-
4	CONJUNTO DEFLECTORES	CONJ-DEFLECTORES	1	-
3	CONJUNTO PROTECCIONES	CONJ-PROTECCIONES	1	-
2	ORGANO EXTRACTOR	CONJ-ORGANO EXTRACTOR	4	-
1	CONJUNTO ESTRUCTURA	CONJ-ESTRUCTURA	1	-
POS.	DENOMINACION	MATERIAL / CODIFICACION	CANT.	PESO

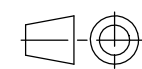


PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

CONJUNTO

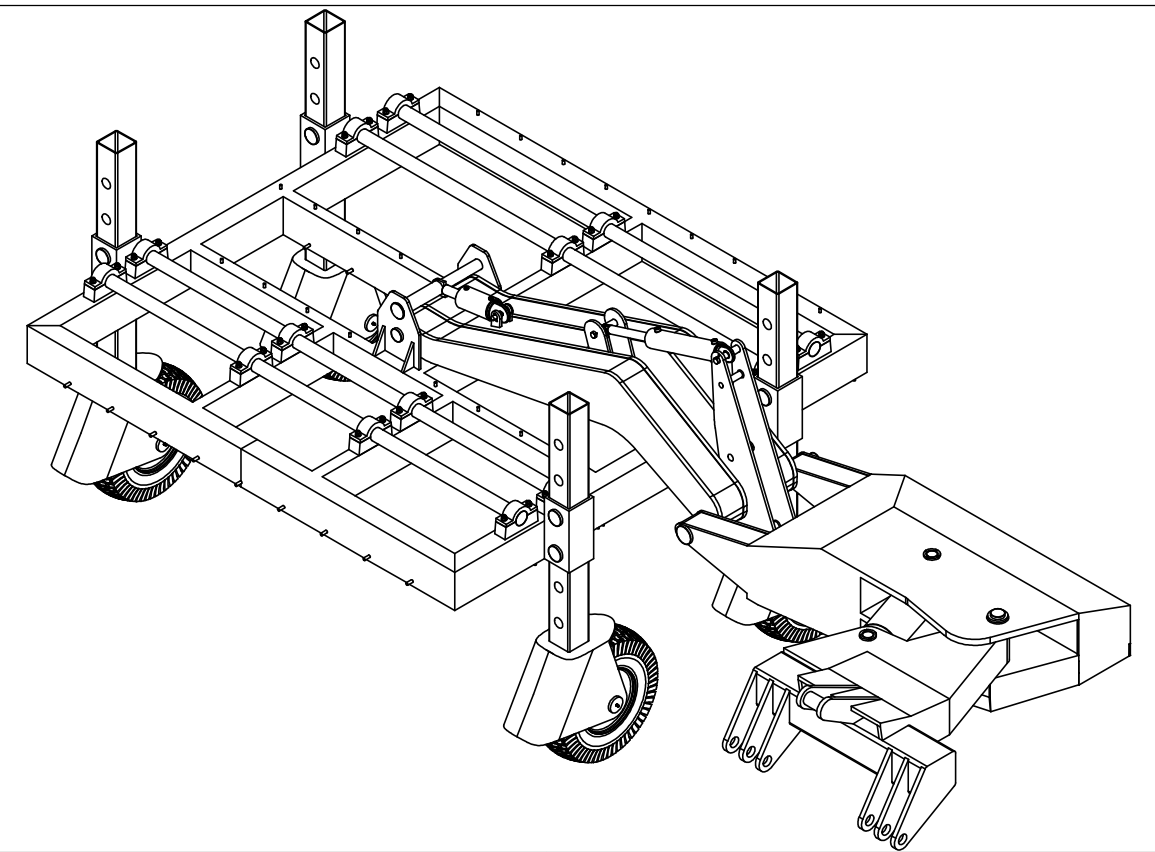
	FECHA	NOMBRE
DIBUJO	17/03/25	CORG-PASC
APROBO		

ESCALAS
1:25



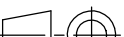
PROTOTIPO

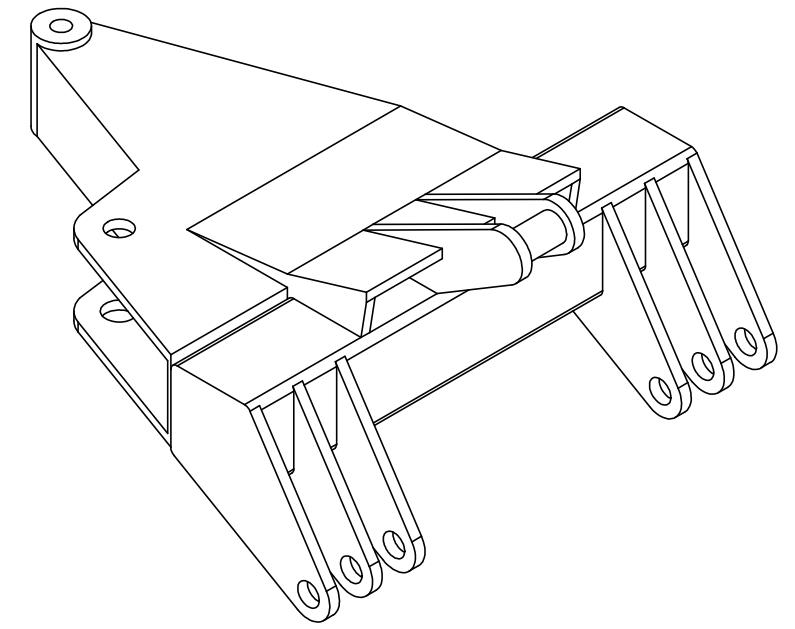
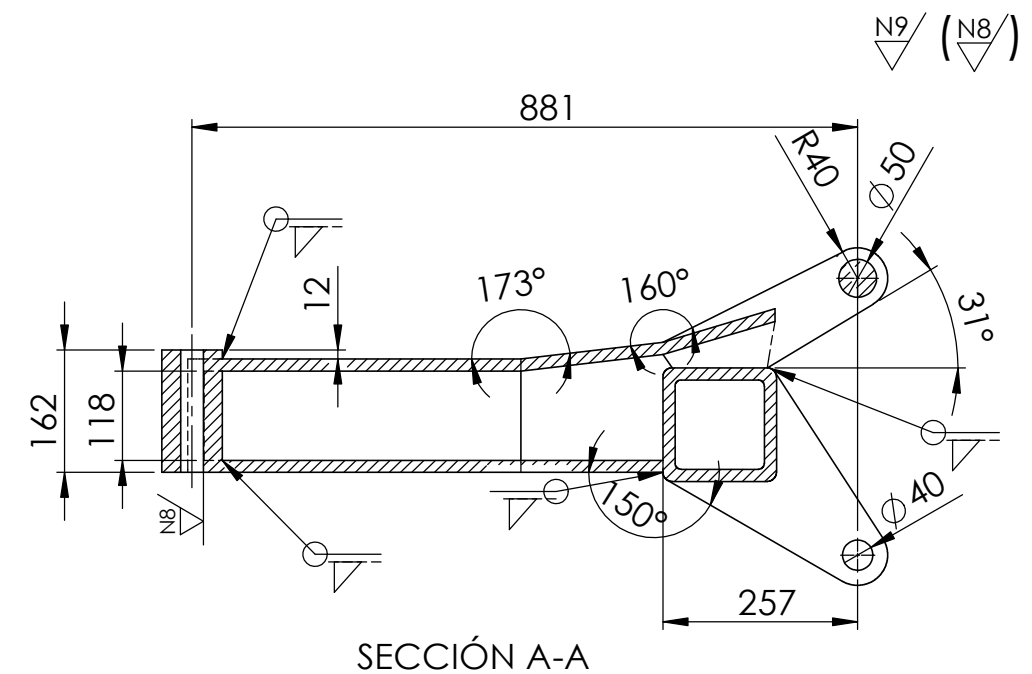
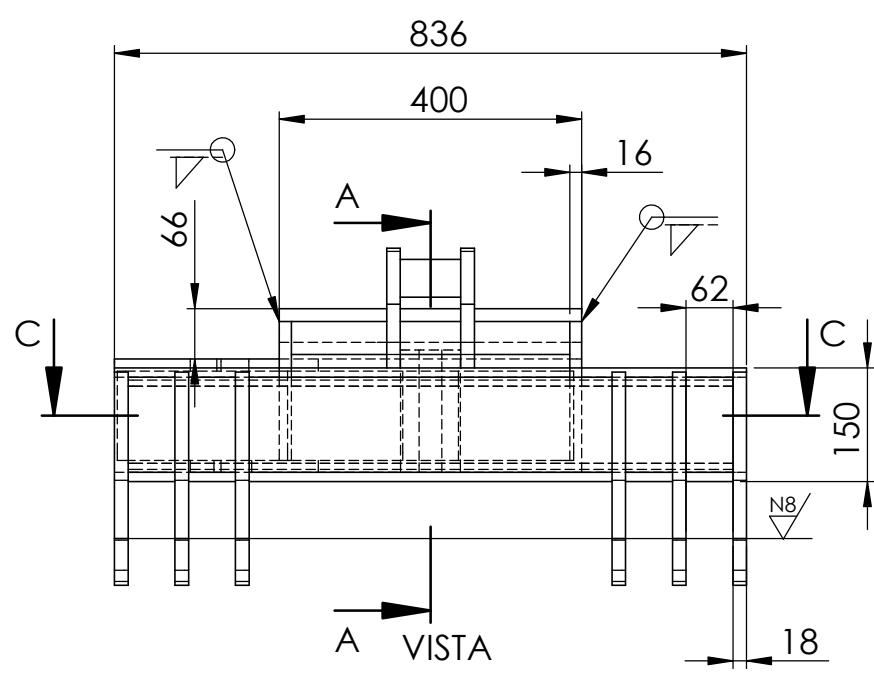
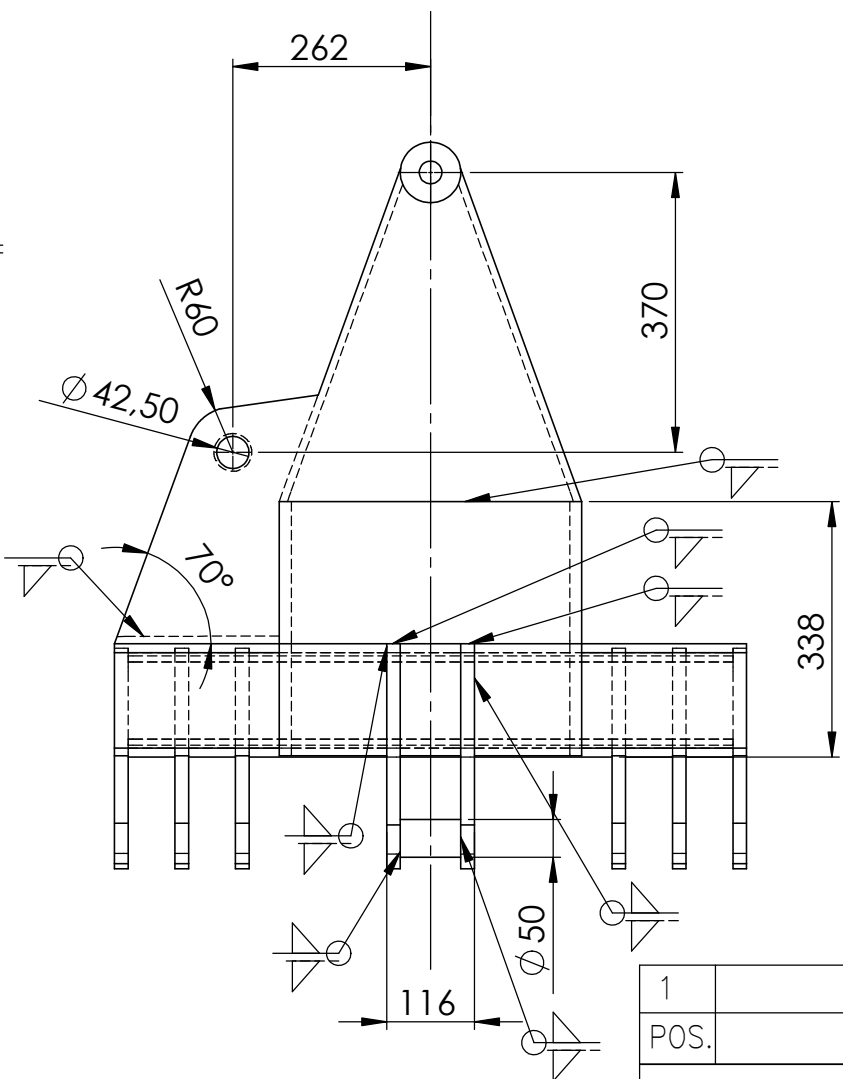
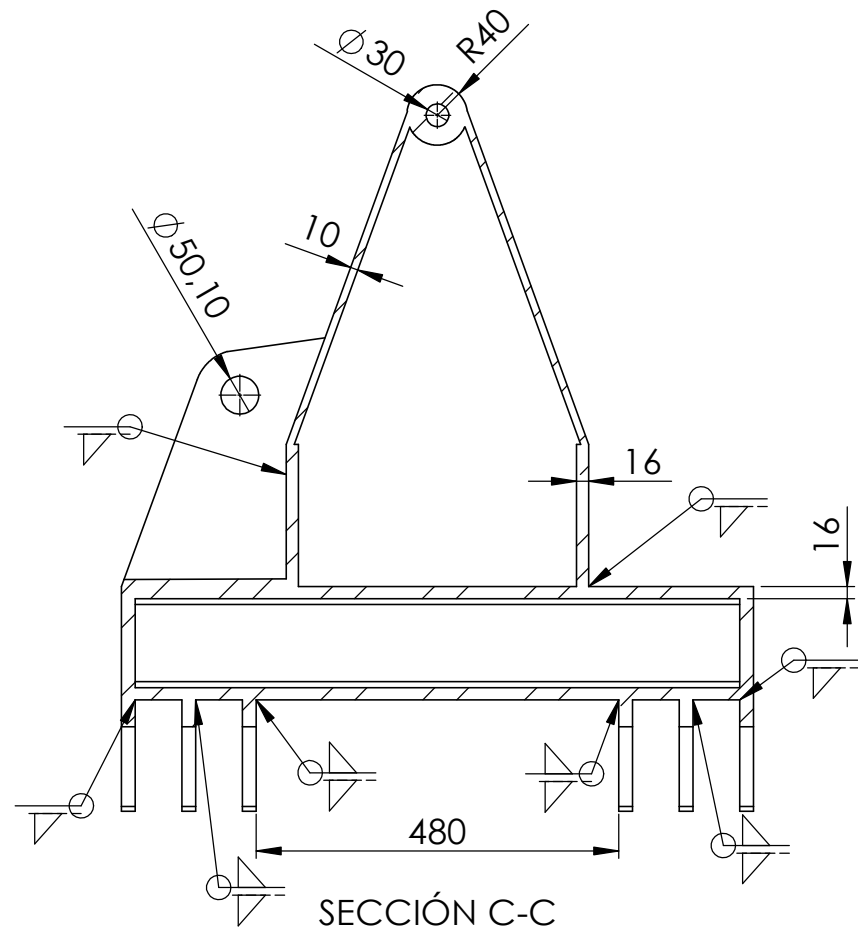
TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SEGUN DIN 2768: MEDIAS



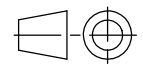
1.16	E-PER-12	SAE 4140	1	-
1.15	E-PER-11	SAE 4140	1	-
1.14	E-PER-10	SAE 4140	1	-
1.13	E-PER-09	SAE 4140	1	-
1.13	E-PER-08	SAE 4140	1	-
1.13	E-PER-07	SAE 4140	1	-
1.12	E-PER-06	SAE 4140	1	-
1.11	E-PER-05	SAE 4140	1	-
1.10	E-PER-04	SAE 4140	1	-
1.9	E-PER-03	SAE 4140	1	-
1.8	E-PER-02	SAE 4140	1	-
1.7	E-PER-01	SAE 4140	1	-
1.6	E-CONJ-RUEDA	-	1	-
1.5	ESLABON 5	SAE 1010	1	-
1.4	ESLABON 4	SAE 1010	1	-
1.3	ESLABON 3	SAE 1010	1	-
1.2	ESLABON 2	SAE 1010	1	-
1.1	ESLABON 1	SAE 1010	1	-
POS.	DENOMINACION	MATERIAL/CODIFICACION	CANT.	PESO

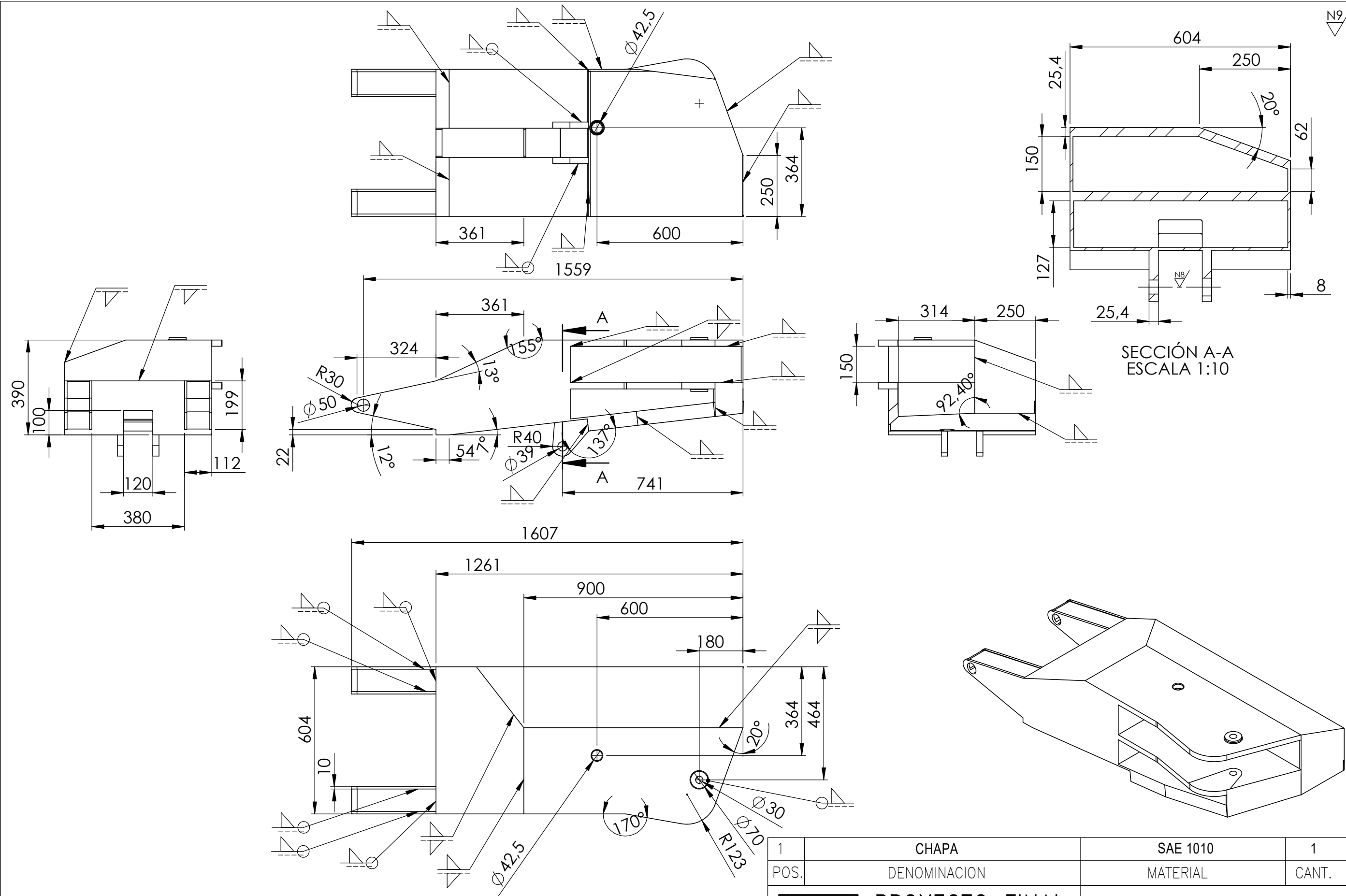
1.24	CILINDRO 4	CICROSA SERIE 3814/80	1	-
1.23	CILINDRO 3	CICROSA SERIE 3814/300	1	-
1.22	CILINDRO 2	CICROSA SERIE 3827/450	1	-
1.21	CILINDRO 1	CICROSA SERIE 3829/300	1	-
1.20	TUERCA DE SEGURIDAD	IS 6731 LN	2	-
1.19	ANILLO SEEGER	DIN 471	9	-
1.18	PASADOR	DIN 94	17	-
1.17	E-PER-13	SAE 4140	1	-

 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO			CONJUNTO ESTRUCTURA		
FECHA	NOMBRE	ESCALAS 1:25 	POSICIÓN 1		
DIBUJO	CORG-PASC				
APROBO					

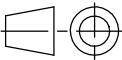


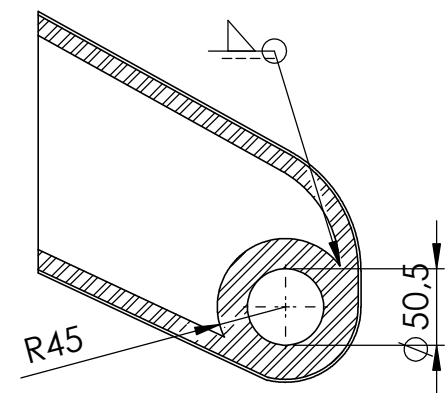
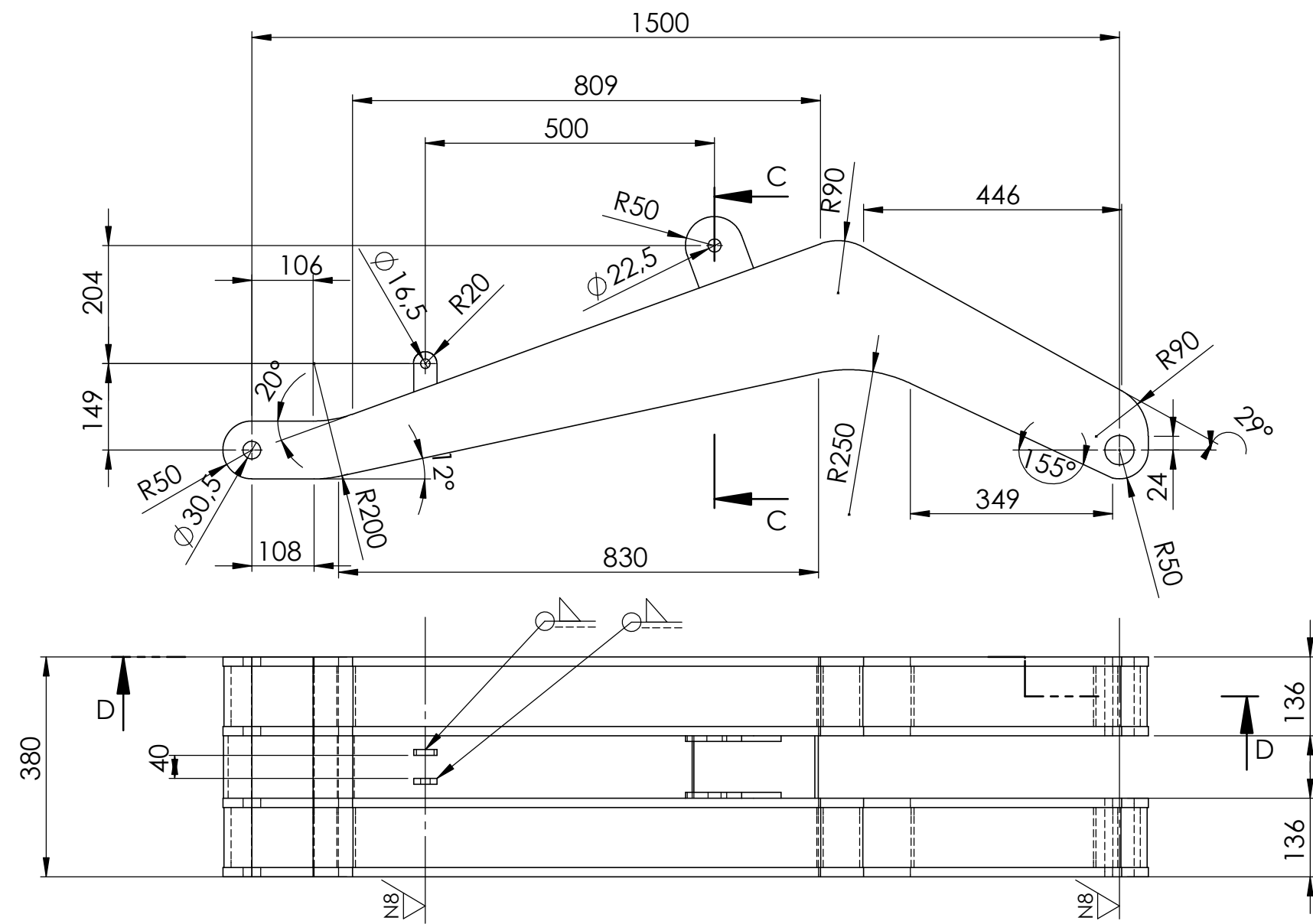
SOLDADURAS SEGUN AWS, EL ANCHO DEL COREDÓN DE SOLDADURA DEBERÁ SER 0,7
 POR EL MINIMO ESPESOR A SOLDAR.
 TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SEGUN DIN 2768: MEDIAS

1	CHAPA	SAE 1010	1	178
POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		ESLABÓN 1		
DIBUJO	FECHA	NOMBRE	 POSICIÓN 1.1	
APROBO	09/03/25	CORG-PASC		
		ESCALAS		
		1:10		

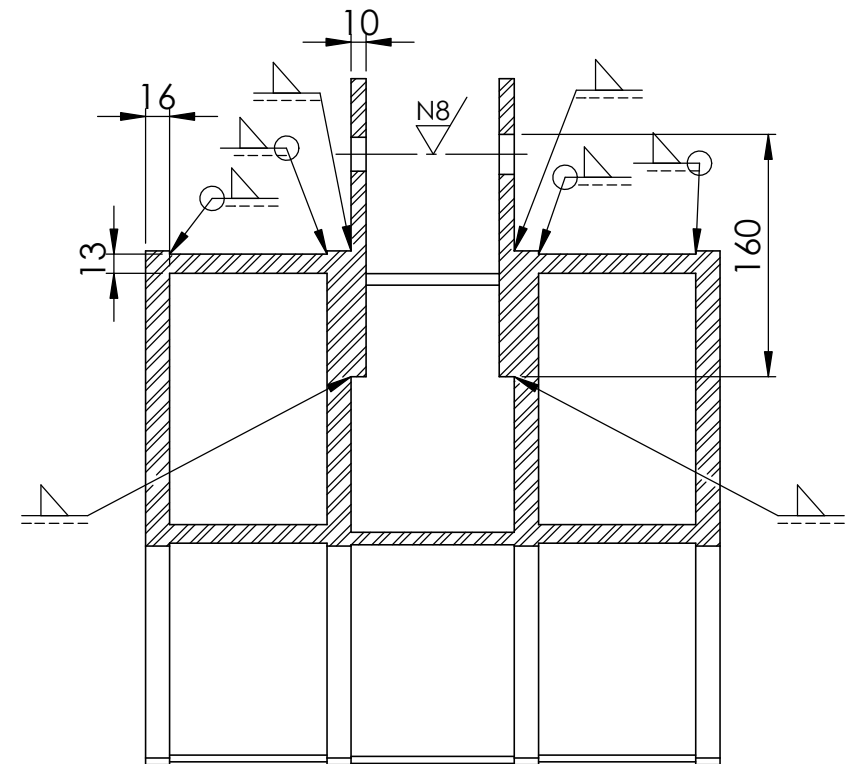


SOLDADURAS SEGUN AWS, EL ANCHO DEL COREDÓN DE SOLDADURA DEBERÁ SER 0,7
POR EL MINIMO ESPESOR A SOLDAR.
TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SEGUN DIN 2768: MEDIAS

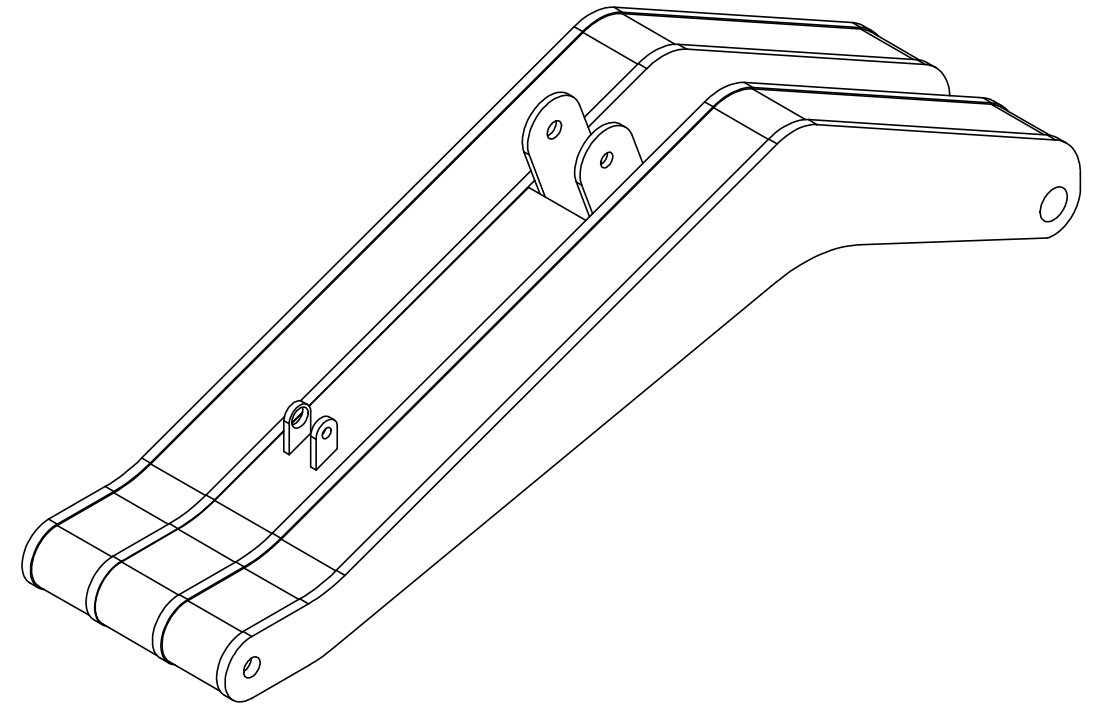
1	CHAPA			SAE 1010		1	178
POS.	DENOMINACION			MATERIAL		CANT.	PESO
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO				ESLABÓN 2			
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS 1:15		POSICIÓN 1.2		
DIBUJO	09/03/25	CORG-PASC					
APROBO							



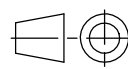
SECCIÓN D-D
ESCALA 1 : 5



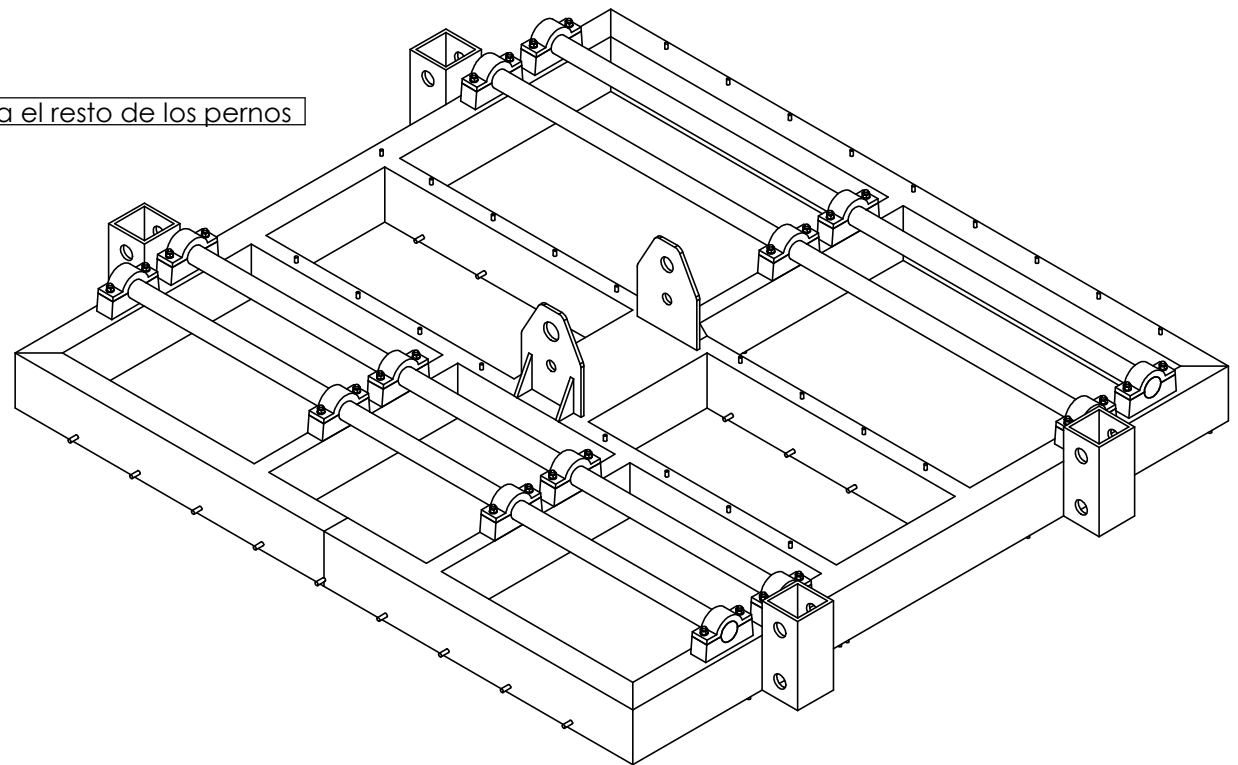
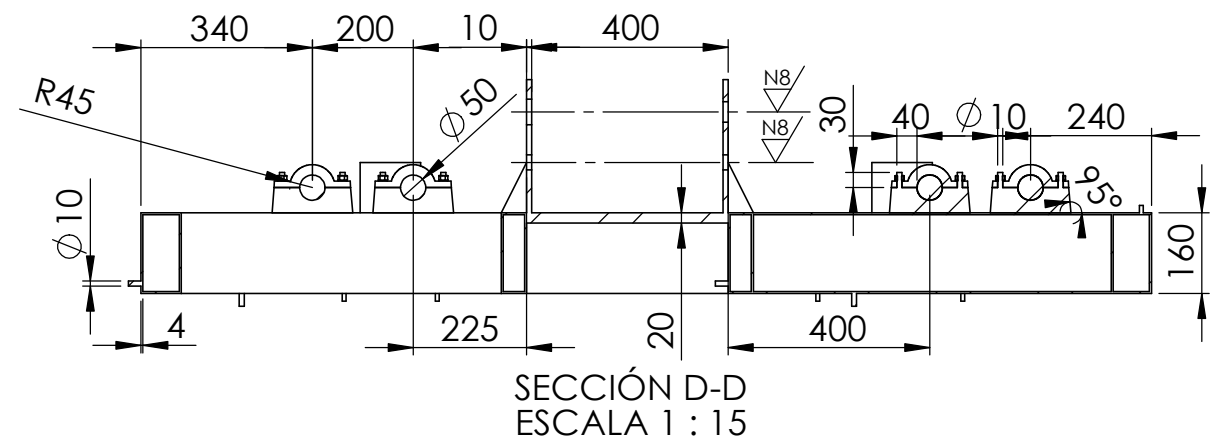
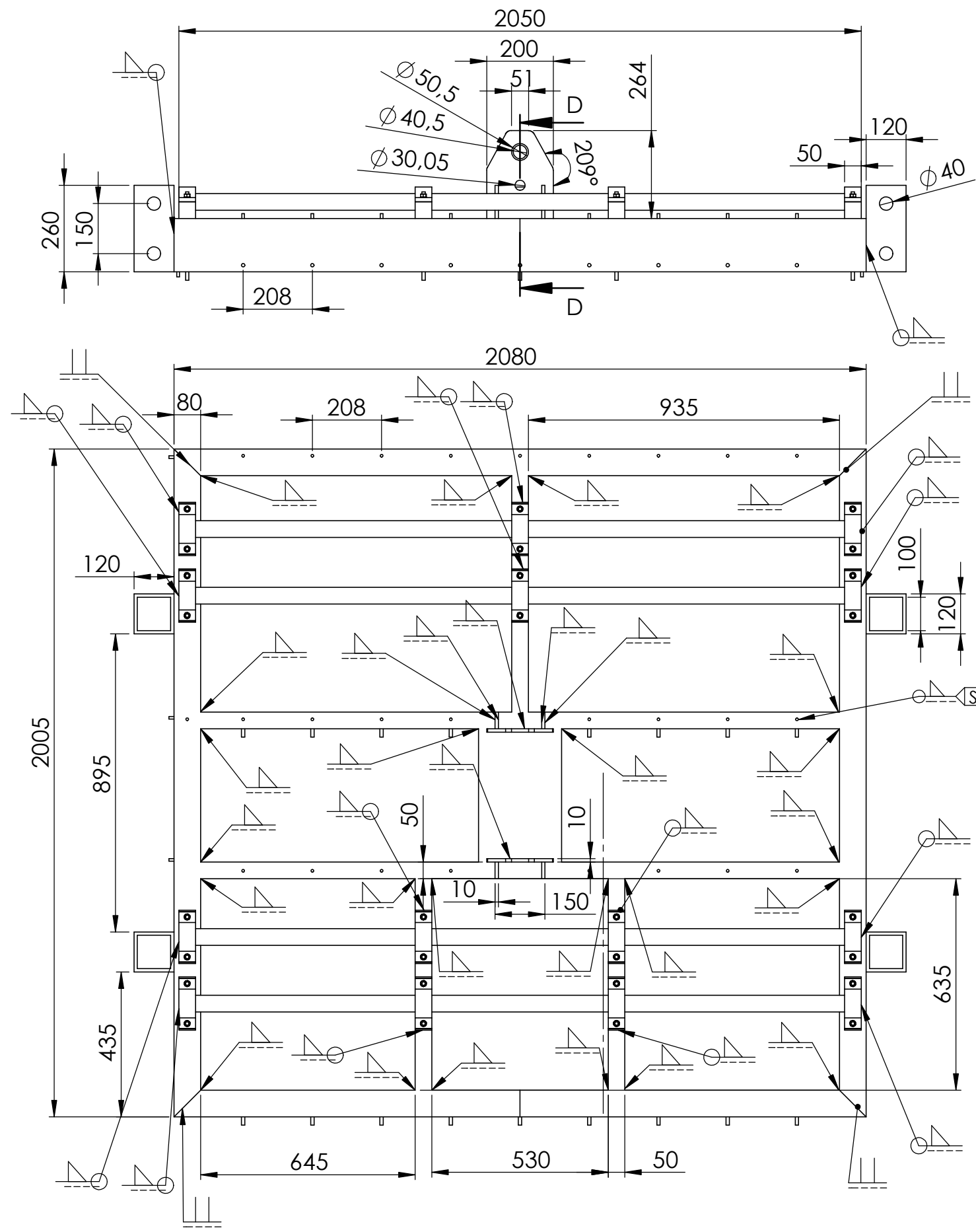
SECCIÓN C-C
ESCALA 1 : 5



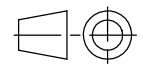
SOLDADURAS SEGUN AWS, EL ANCHO DEL COREDÓN DE SOLDADURA DEBERÁ SER 0,7
POR EL MINIMO ESPESOR A SOLDAR.
TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SEGUN DIN 2768: MEDIAS

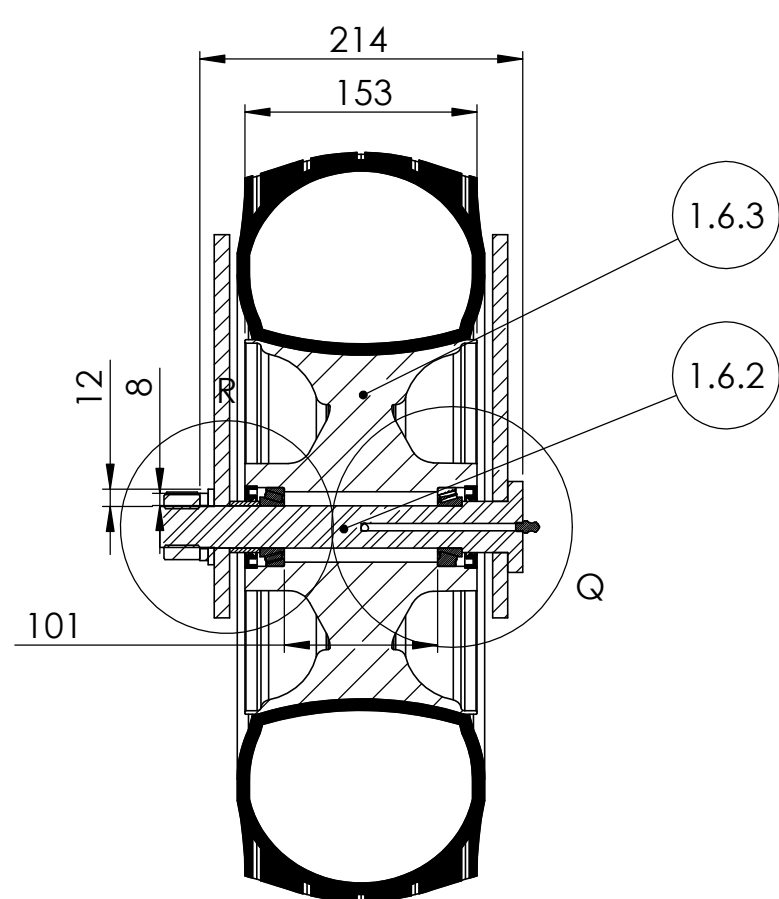
1	CHAPA			SAE 1010		1	178
POS.	DENOMINACION			MATERIAL		CANT.	PESO
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO				ESLABÓN 3			
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS 1:10		POSICIÓN 1.3		
DIBUJO	09/03/25	CORG—PASC					
APROBO							

1	ESLABÓN 4			SAE 1010	1	-
POS.	DENOMINACION			MATERIAL	CANT.	PESO
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO				ESLABON 4		
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS 1:2	POSICIÓN 1.4		
DIBUJO	02/03/25	CORG-PASC				
APROBO						

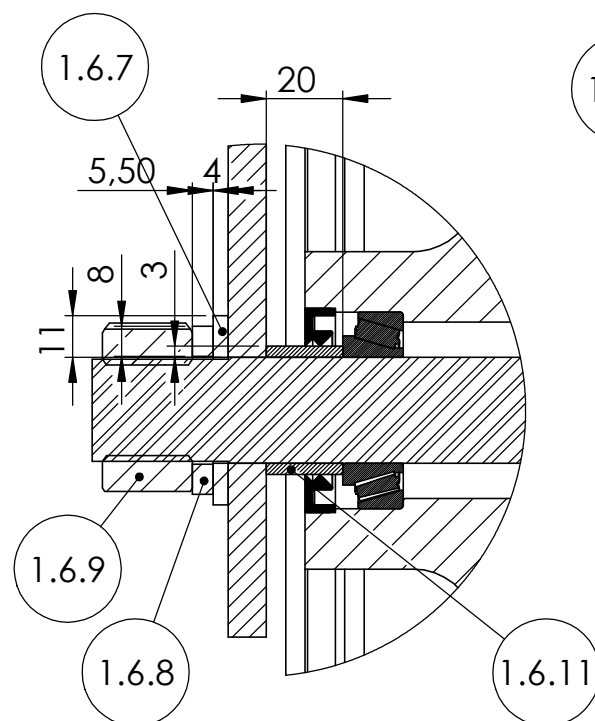
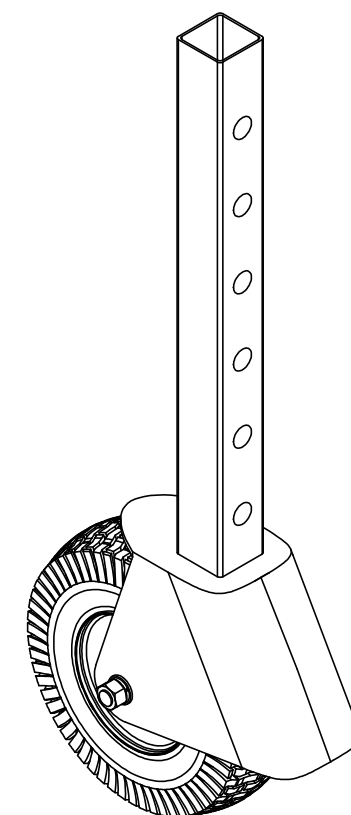
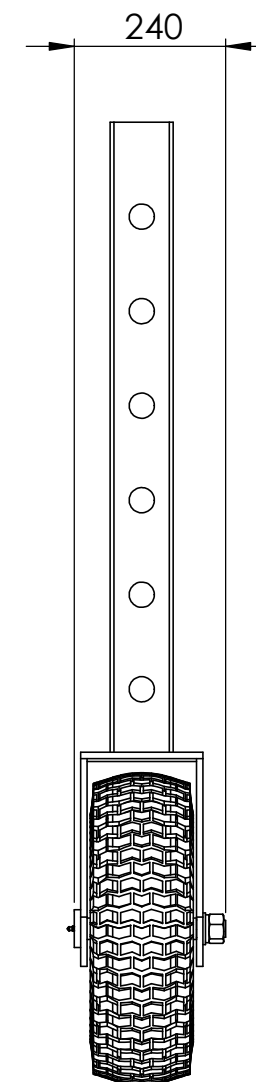
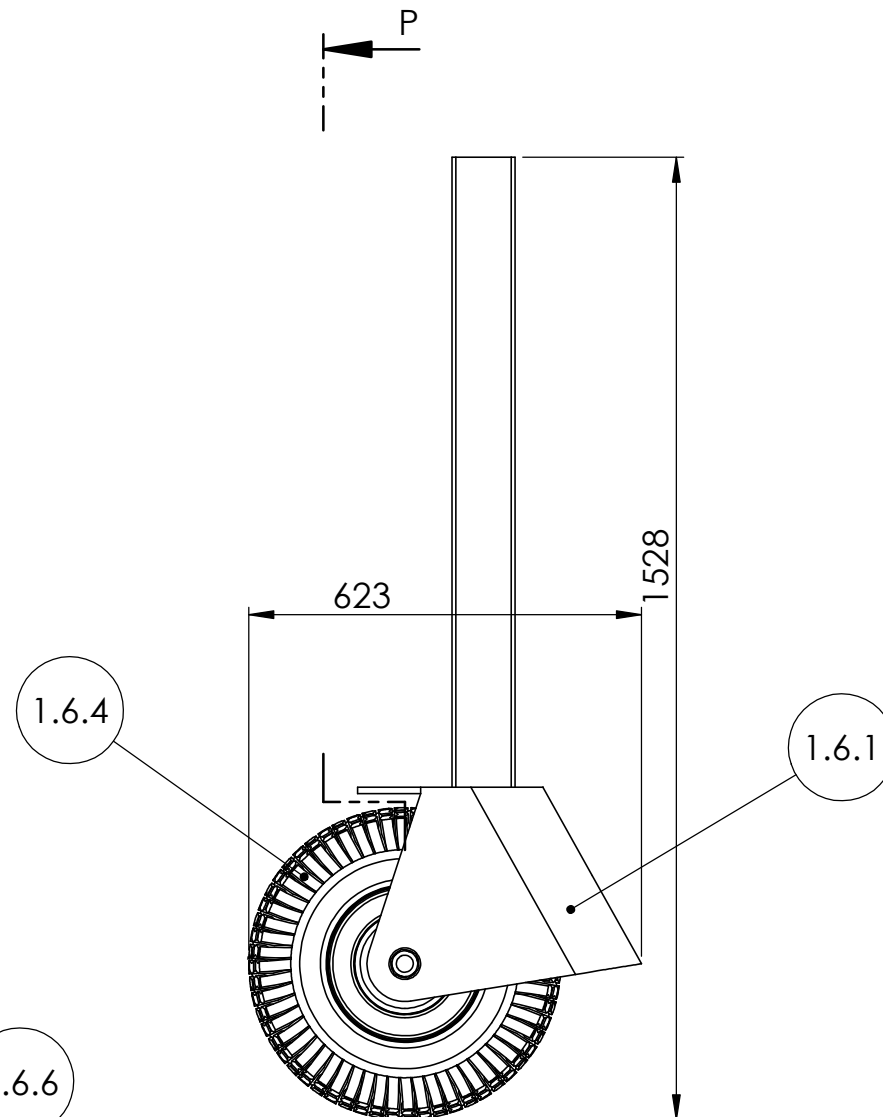


SOLDADURAS SEGUN AWS, EL ANCHO DEL COREDÓN DE SOLDADURA DEBERÁ SER 0,7 POR EL MINIMO ESPESOR A SOLDAR.
TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SEGUN DIN 2768: MEDIAS

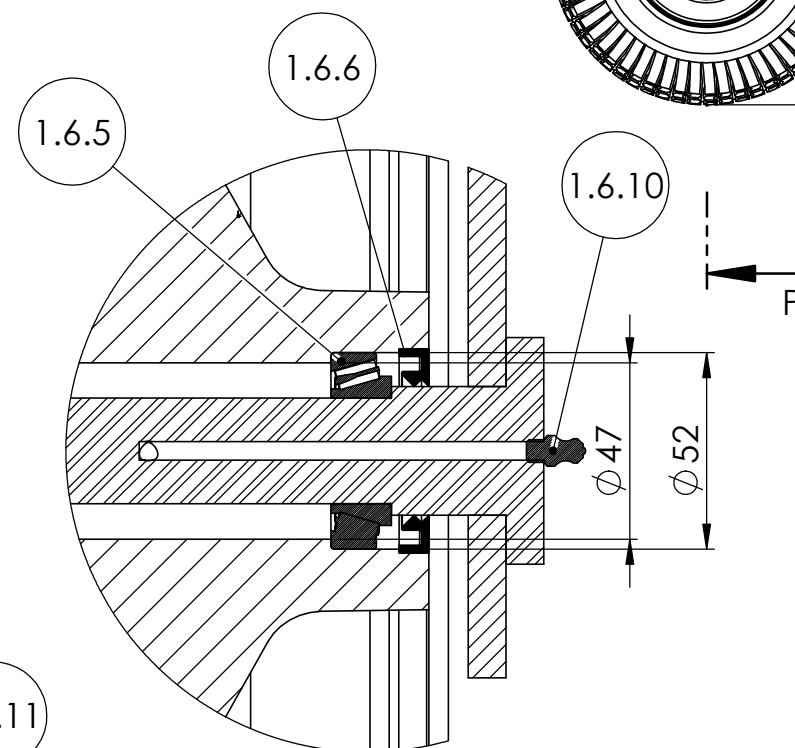
1	CHAPA	SAE 1010	1	291.14
POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		ESLABÓN 5		
DIBUJO	FECHA	NOMBRE	ESCALAS	 POSICIÓN 1.5
APROBO	09/03/25	CORG-PASC	1:15	



SECCIÓN P-P
ESCALA 1 : 5



DETALLE R
ESCALA 1 : 2



DETALLE Q
ESCALA 1 : 2

TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SEGUN DIN 2768: MEDIAS

1.6.11	BUJE	BRONCE	4	-
1.6.10	ALEMITE CHAPS	1652-B	4	-
1.6.9	TUERCA HEXAGONAL	AS 1112.1 S1 - M27	4	-
1.6.8	ARANDELA DE FIJACION GB	SSWL 27	4	-
1.6.7	ARANDELA PLANA	AS 1237.1 N-27	4	-
1.6.6	RETEN DBH	LX-34-54-8-S	4	-
1.6.5	RODAMIENTO SKF DE RODILLOS CONICOS	320/28 X/Q - 4CC	8	-
1.6.4	NEUMATICO ALLIENCE 390 HD	CAUCHO	8	-
1.6.3	LLANTA ALLIENCE	SAE 1020	4	-
1.6.2	EJE	SAE 4140 OQT 400	4	-
1.6.1	E-PORTA-RUEDA-01	SAE 1010	4	-
POS.	DENOMINACION	MATERIAL / CODIFICACION	CANT.	PESO

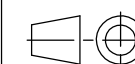


PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

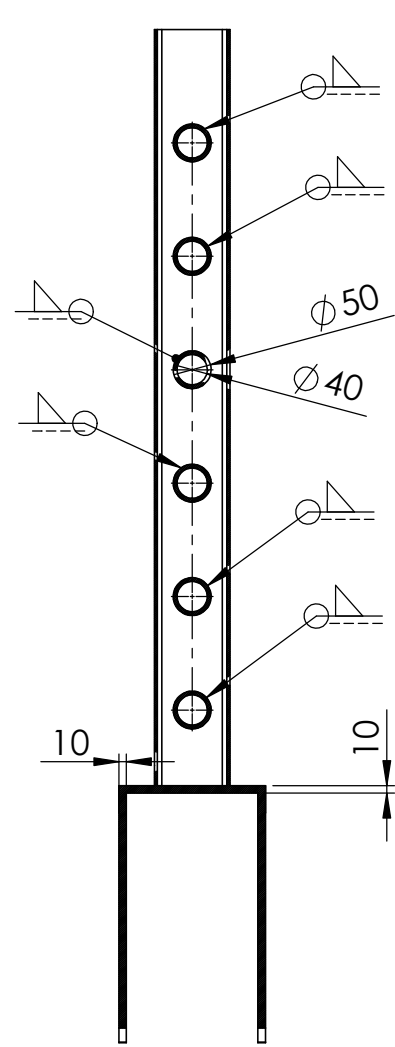
E-CONJ_RUEDA

	FECHA	NOMBRE
DIBUJO	09/03/25	CORG-PASC
APROBO		

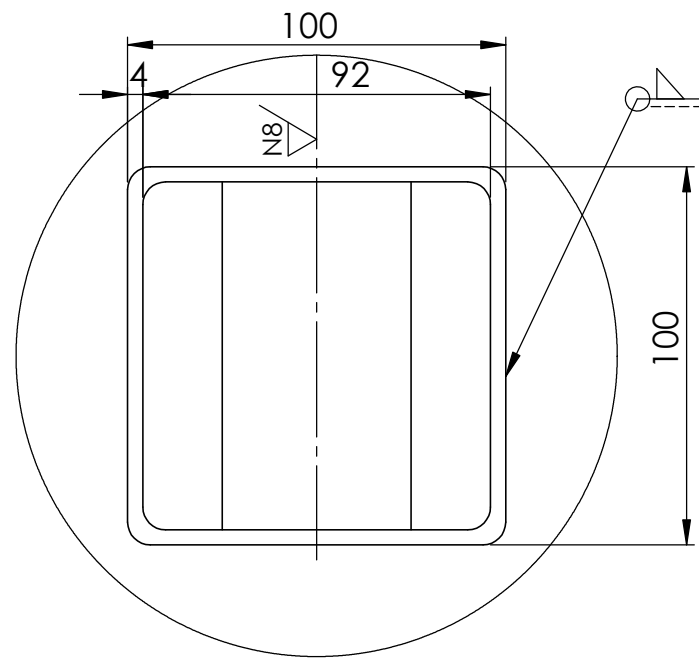
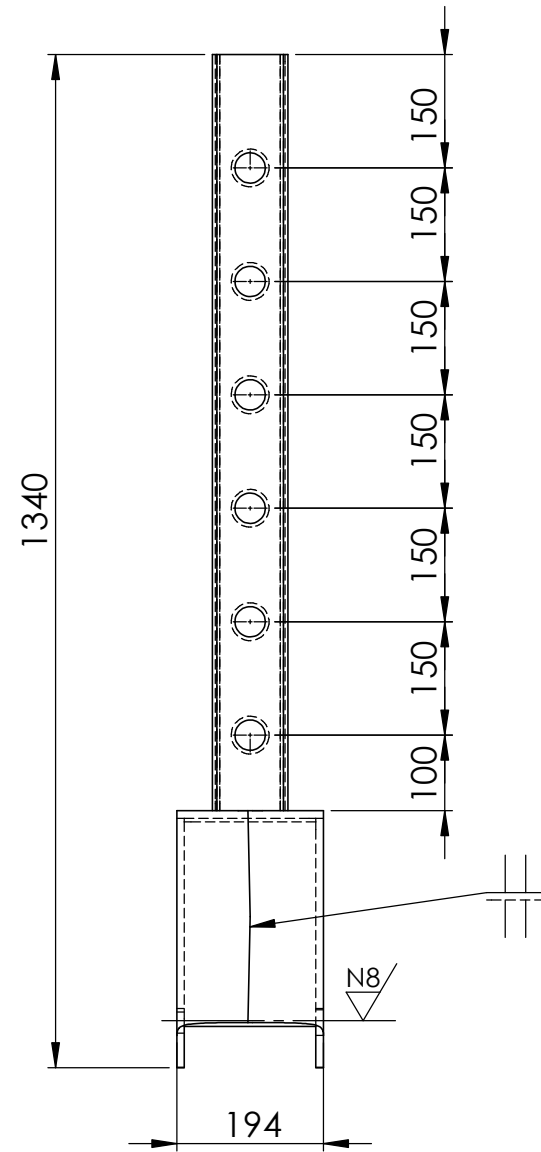
ESCALAS
1:12



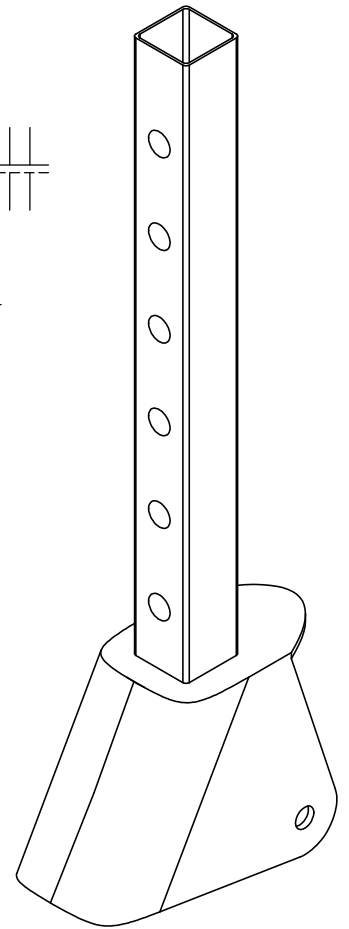
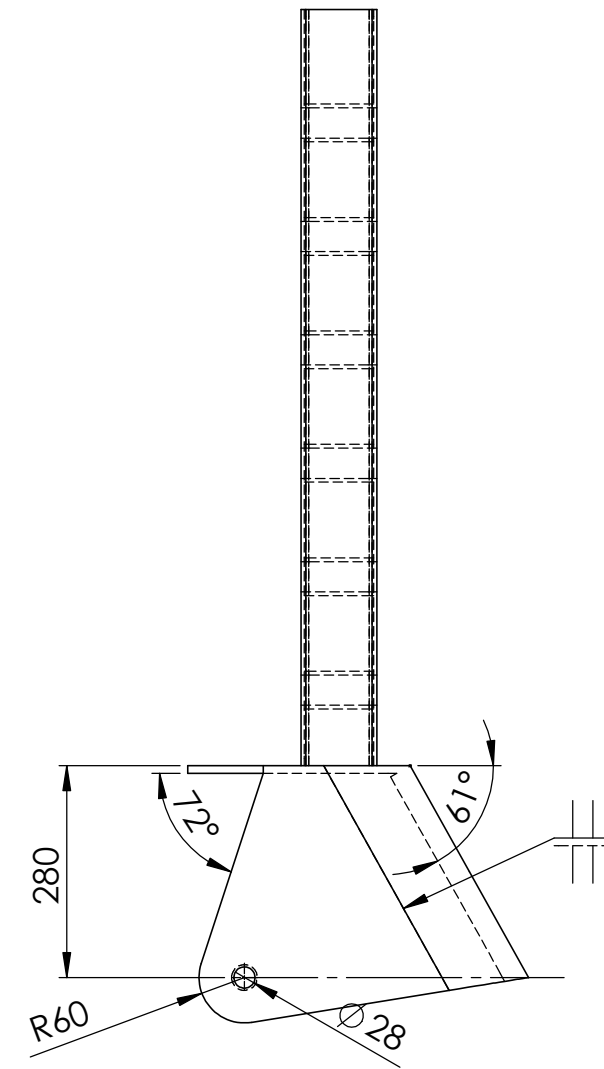
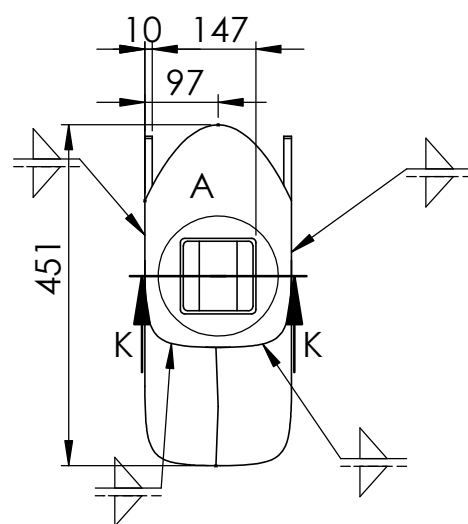
POSICIÓN 1.6



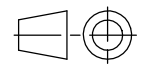
SECCIÓN K-K
ESCALA 1 : 10



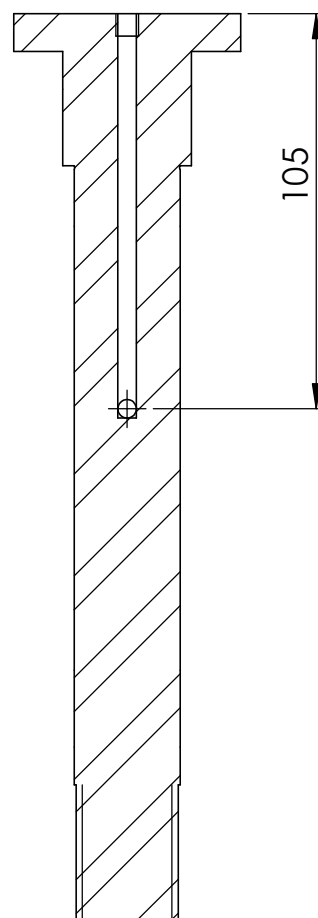
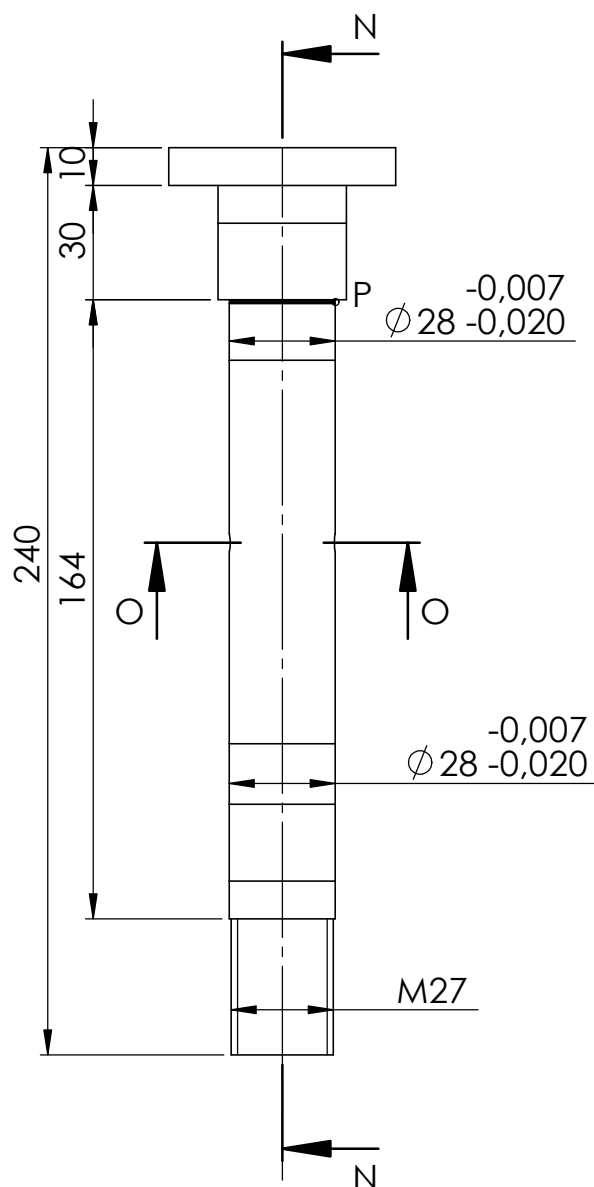
DETALLE A
ESCALA 1 : 2



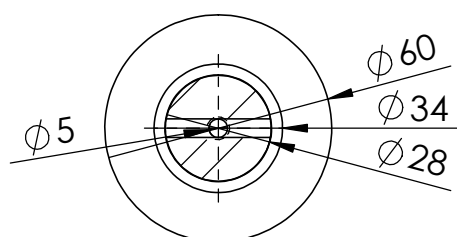
SOLDADURAS SEGUN AWS, EL ANCHO DEL COREDÓN DE SOLDADURA DEBERÁ SER 0,7
POR EL MINIMO ESPESOR A SOLDAR.
TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SEGUN DIN 2768: MEDIAS

1	CHAPA	SAE 1010	1	178
POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		E-PORTA_RUEDA-01		
DIBUJO	FECHA	NOMBRE	ESCALAS 1:10	 POSICIÓN 1.6.1
APROBO	09/03/25	CORG-PASC		

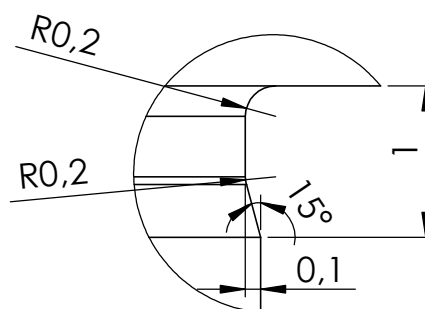
N8/ (N7/)



SECCIÓN N-N
ESCALA 1 : 2

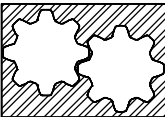


SECCIÓN O-O
ESCALA 1 : 2

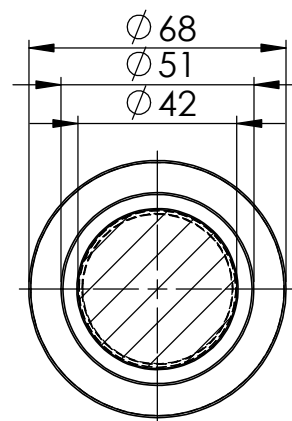
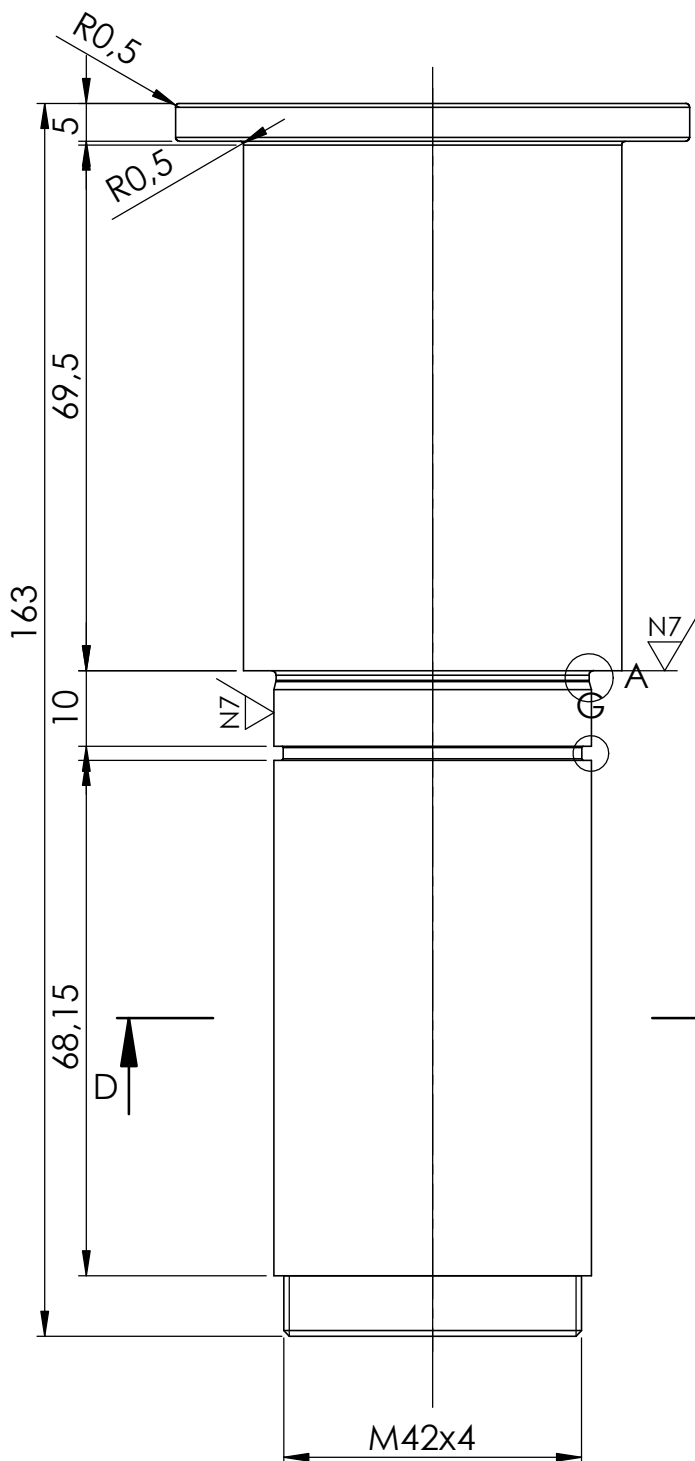


Entalladura E DIN 509
DETALLE P
ESCALA 20 : 1

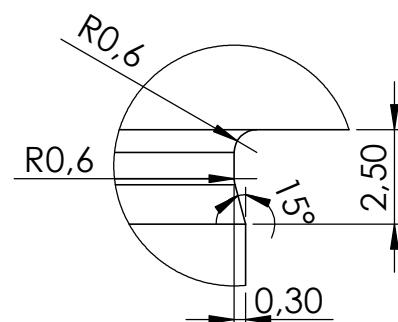
TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SEGUN DIN 2768: MEDIAS

1	REDONDO			SAE 4140	1	-			
POS.	DENOMINACION			MATERIAL	CANT.	PESO			
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO				E-PER-12					
					FECHA	NOMBRE	ESCALAS	POSICIÓN 1.6.2	
				DIBUJO	12/03/25	CORG-PASC			
APROBO									

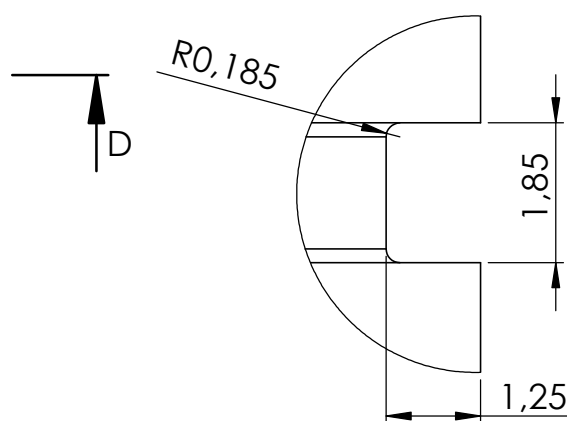
N8/ (N7/)



SECCIÓN D-D
ESCALA 1 : 2



ENTALLADURA E DIN 509
DETALLE A
ESCALA 5 : 1

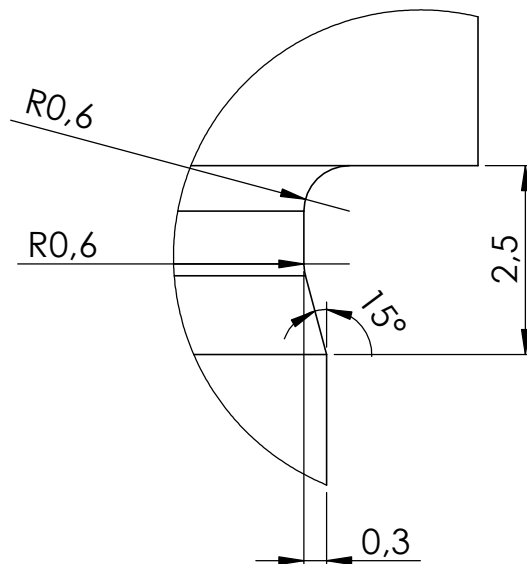
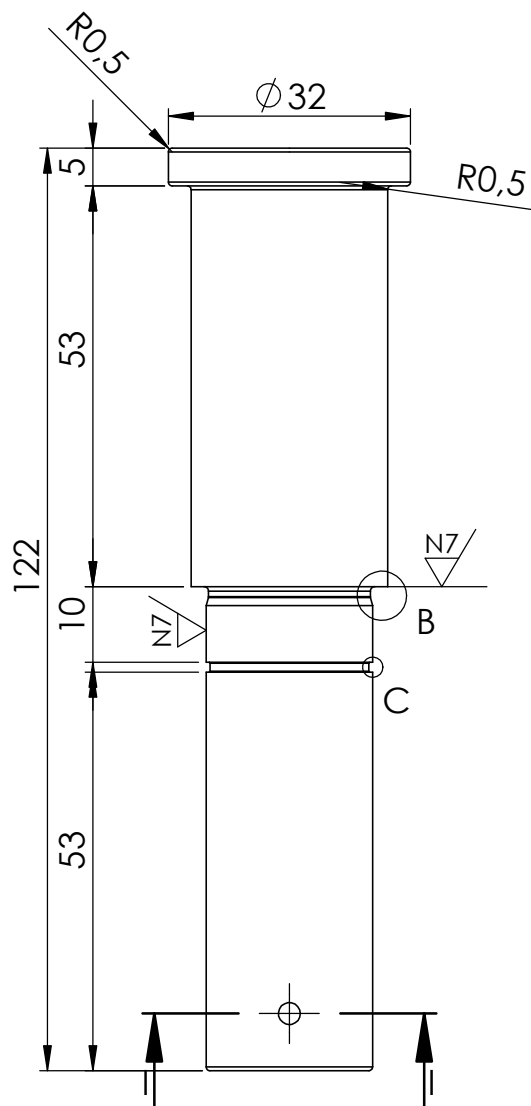


DETALLE G
ESCALA 10 : 1

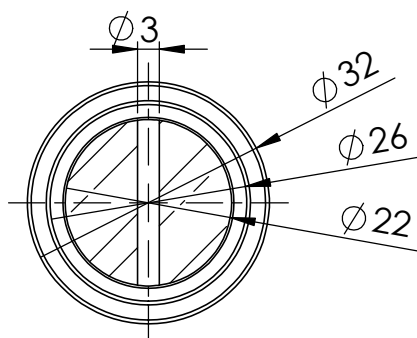
TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SEGUN DIN 2768: MEDIAS

1	PERNO	SAE 1010	1	-
POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		E-PER-01		
	FECHA	NOMBRE	POSICIÓN 1.7	
DIBUJO	02/03/25	CORG-PASC		
APROBO				

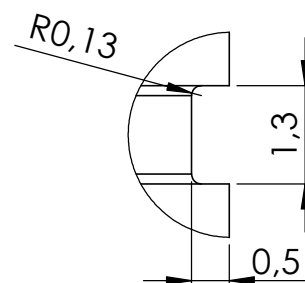
N8/ (N7/)



Entalladura E DIN 509
DETALLE B
ESCALA 10 : 1



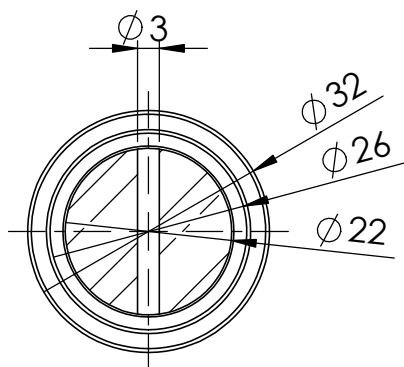
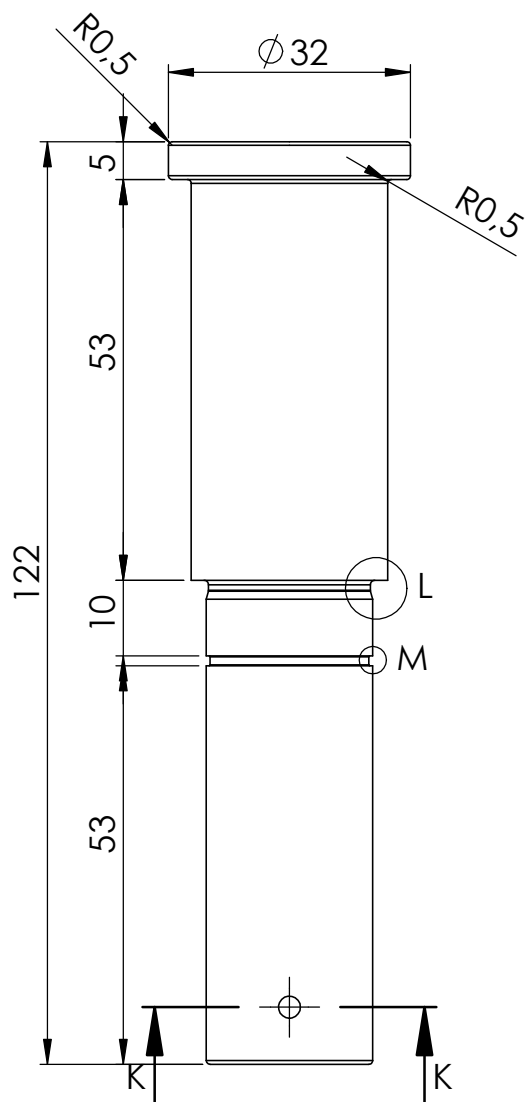
SECCIÓN I-I
ESCALA 1 : 1



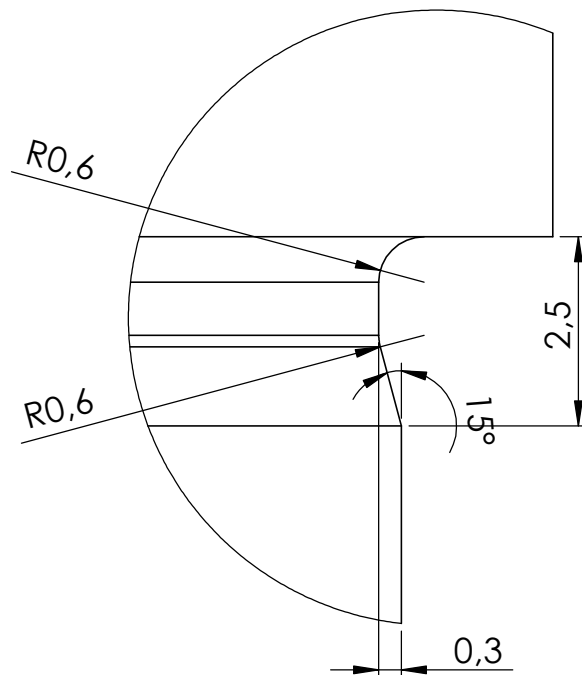
DETALLE C
ESCALA 10 : 1

TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SEGUN DIN 2768: MEDIAS

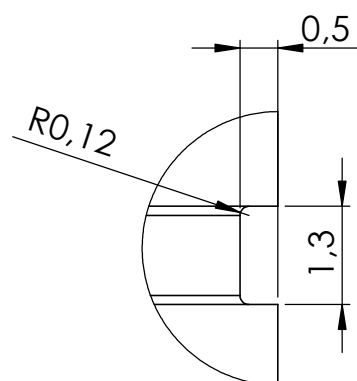
1	PERNO	SAE 1010	1	-
POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		E-PER-06		
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS	
DIBUJO	12/03/25	CORG-PASC		
APROBO				
		1:2	POSICIÓN 1.8	



SECCIÓN K-K
ESCALA 1 : 1



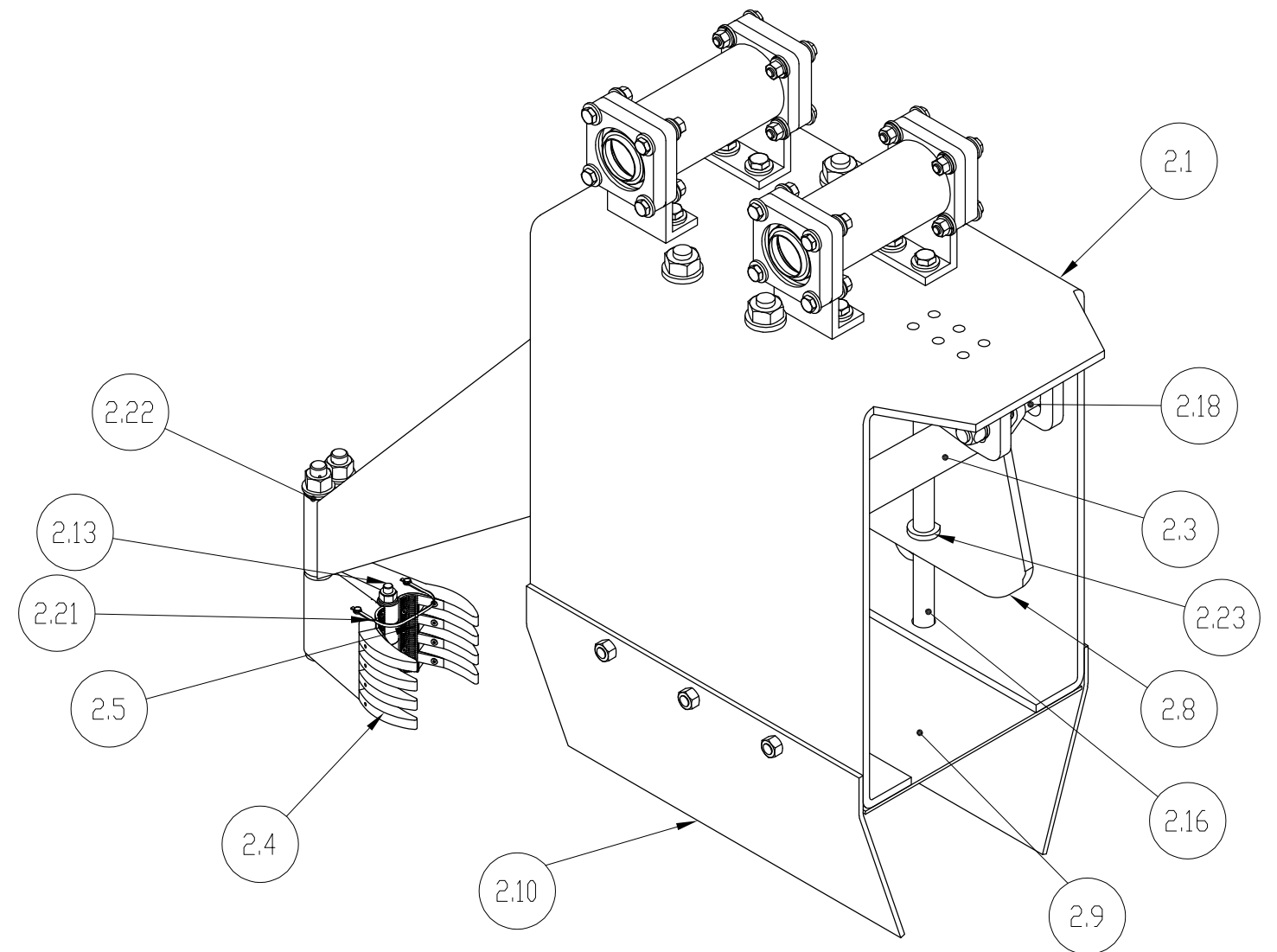
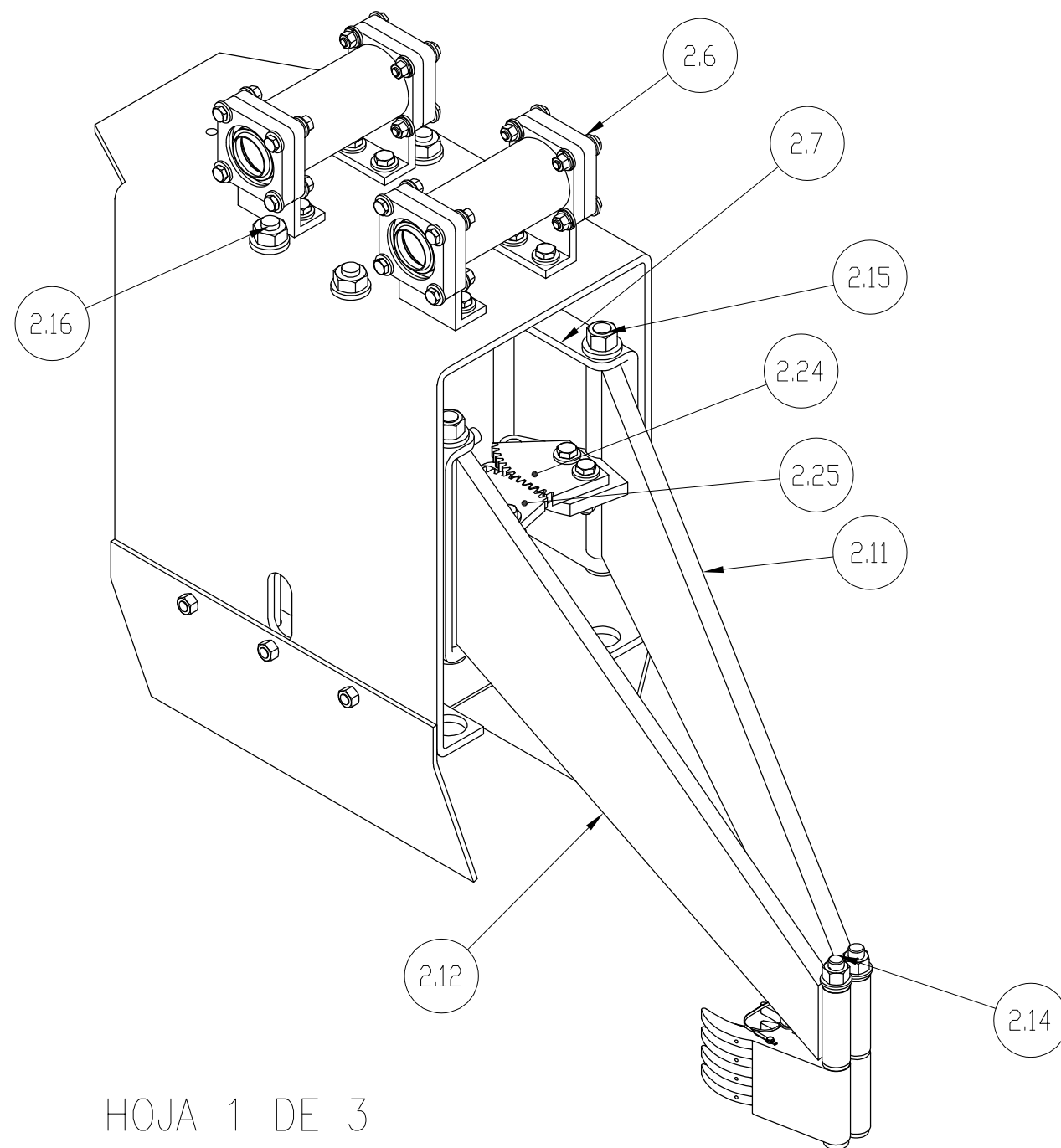
DETALLE L
ESCALA 10 : 1



DETALLE M
ESCALA 10 : 1

TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SEGUN DIN 2768: MEDIAS

1	PERNO	SAE 1010	1	-
POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		E-PER-08		
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS	
DIBUJO	12/03/25	CORG-PASC	1:2	
APROBO			POSICIÓN 1.9	



TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SEGUN DIN 2768: MEDIAS

HOJA 1 DE 3

2.25	ENGRANAJE BRAZO IZQUIERDO	SAE 4130	1	0.4
2.24	ENGRANAJE BRAZO DERECHO	SAE 4130	1	0.4
2.23	BUJE 2	CuSn12	8	0.02
2.22	BUJE 1	CuSn112	4	0.03
2.21	CHAPA SENSORA	-	2	-
2.20	PERNO 8	SAE 1045	1	0.07
2.19	PERNO 7	SAE 1045	1	0.05
2.18	PERNO 6	SAE 1045	1	0.18
2.17	PERNO 5	SAE 1045	1	0.44
2.16	PERNO 4	SAE 1045	4	0.9
2.15	PERNO 3	SAE 1045	2	0.53
2.14	PERNO 2	SAE 1045	2	0.3
2.13	PERNO 1	SAE 1045	1	0.15
2.12	BRAZO IZQUIERDO	SAE 1010	1	9.3

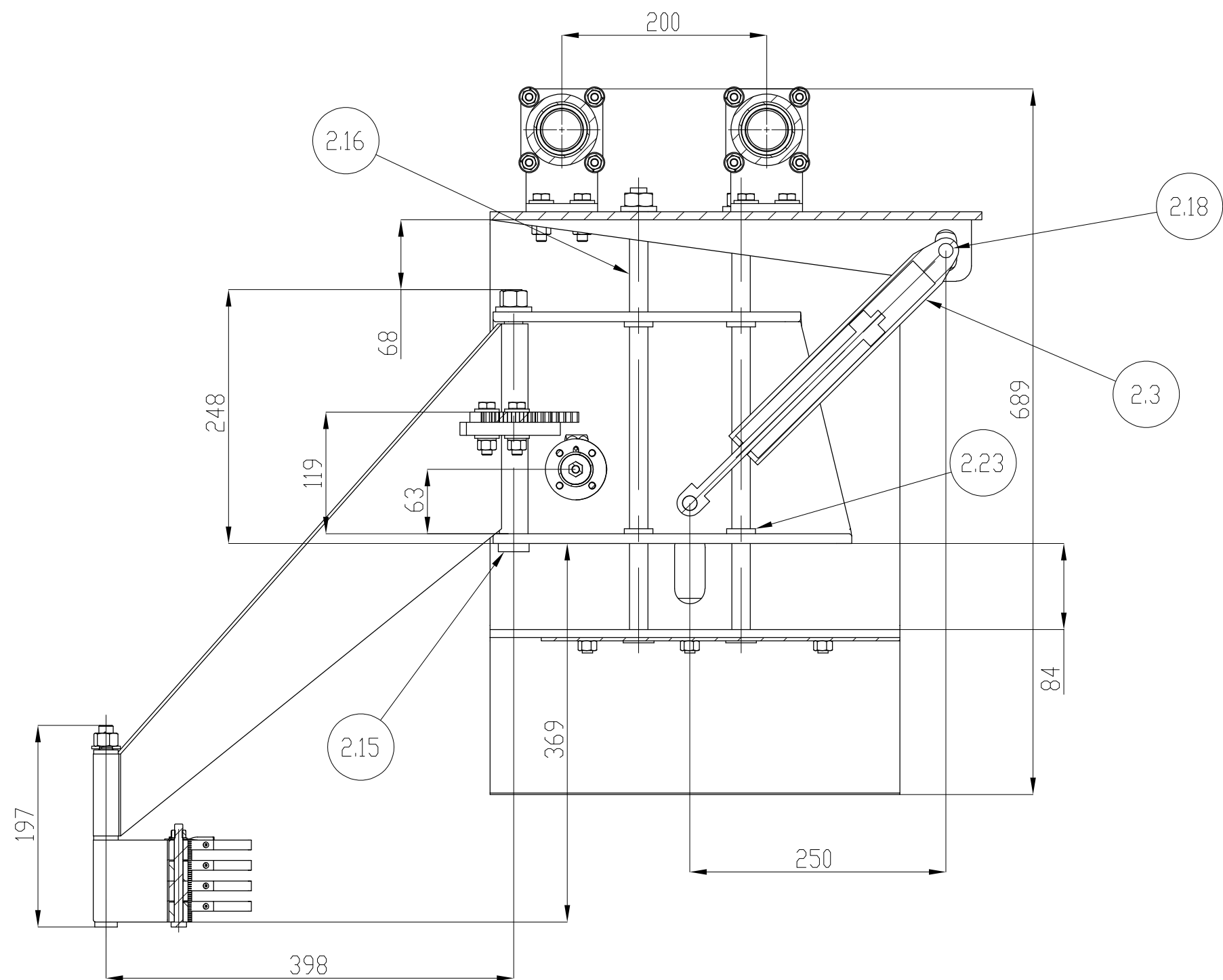
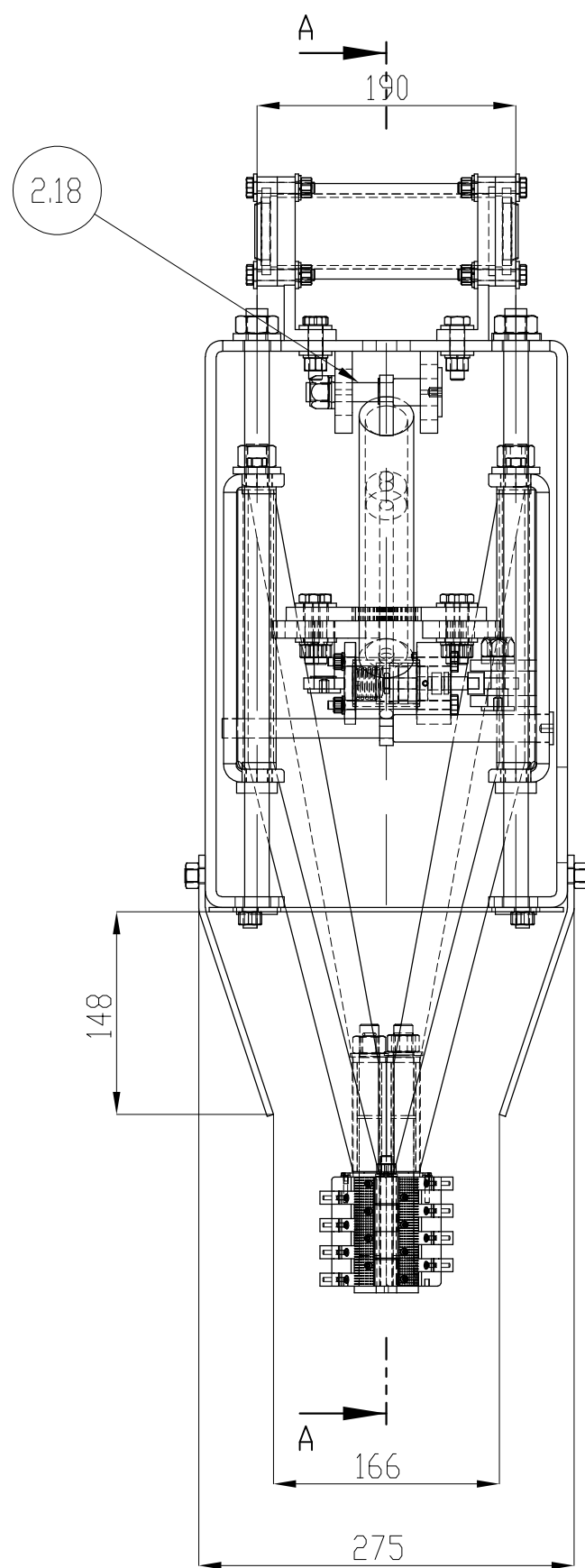
2.11	BRAZO DERECHO	SAE 1010	1	9.3
2.10	CHAPA PROTECTORA LATERAL	SAE 1010	2	2.96
2.9	CHAPA PROTECTORA INFERIOR	SAE 1010	1	2.2
2.8	CHAPA CORREDERA IZQUIERDA	SAE 1010	1	7
2.7	CHAPA CORREDERA DERECHA	SAE 1010	1	6.8
2.6	CORREDERA	-	2	4.3
2.5	ACCESORIO DE AGARRE	ASTM A148 Gr80-40	2	0.04
2.4	MORDAZA	ASTM A148 Gr80-40	2	1.6
2.3	CILINDRO DE ELEVACIÓN	COMERCIAL	1	2.5
2.2	CILINDRO DE AGARRE	-	1	1.07
2.1	CHAPA SOPORTE	SAE 1010	1	32.7
POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO



PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

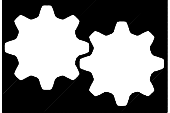
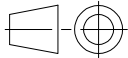
ORGANO EXTRACTOR

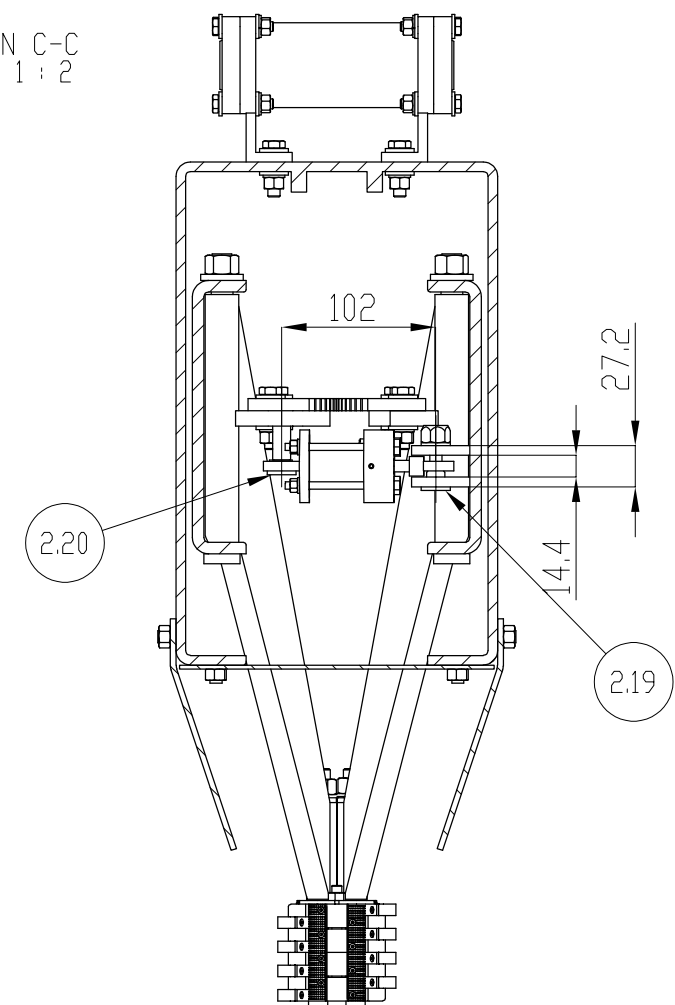
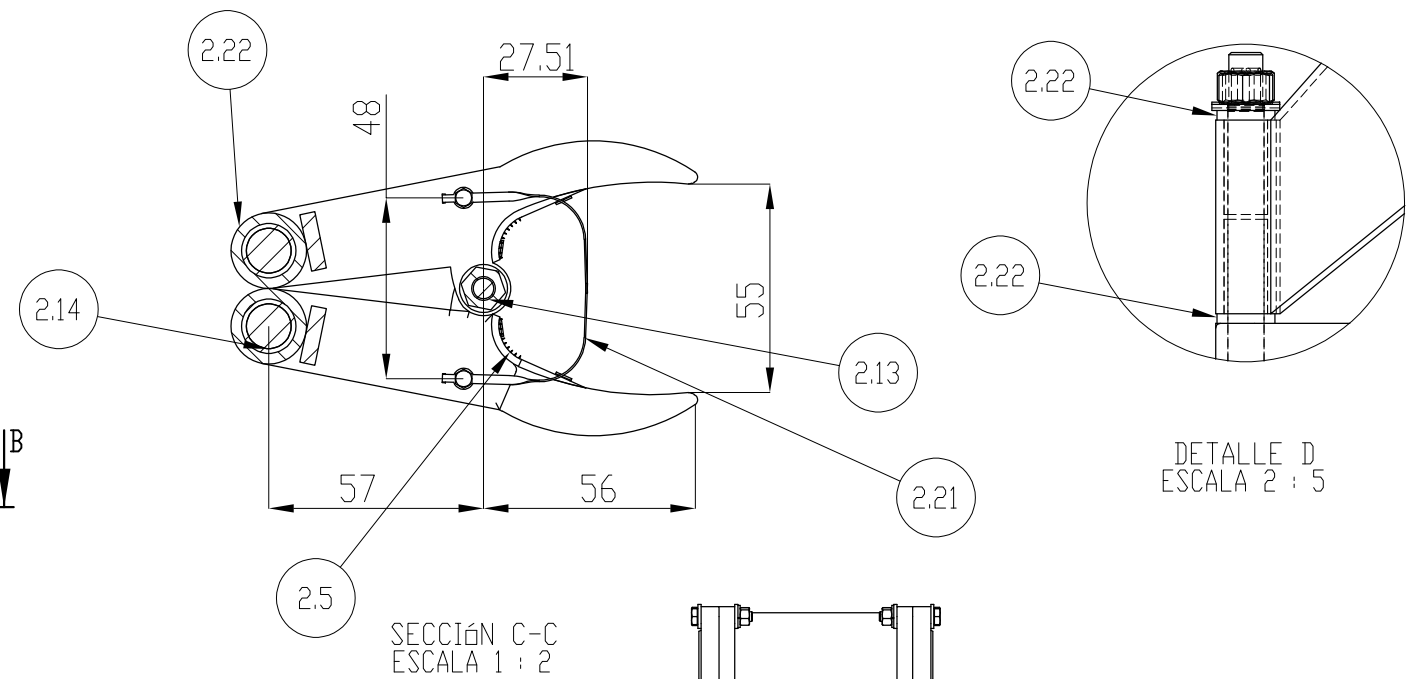
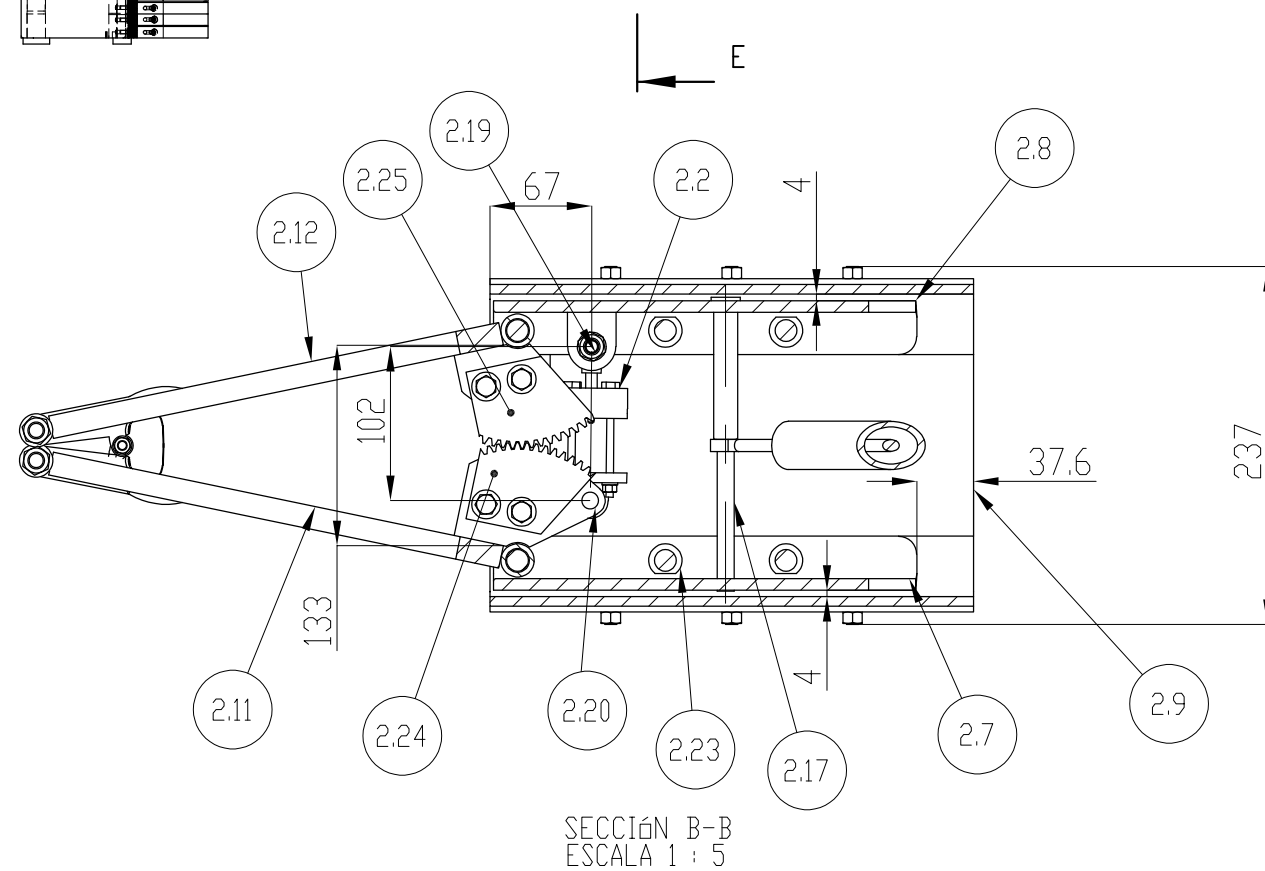
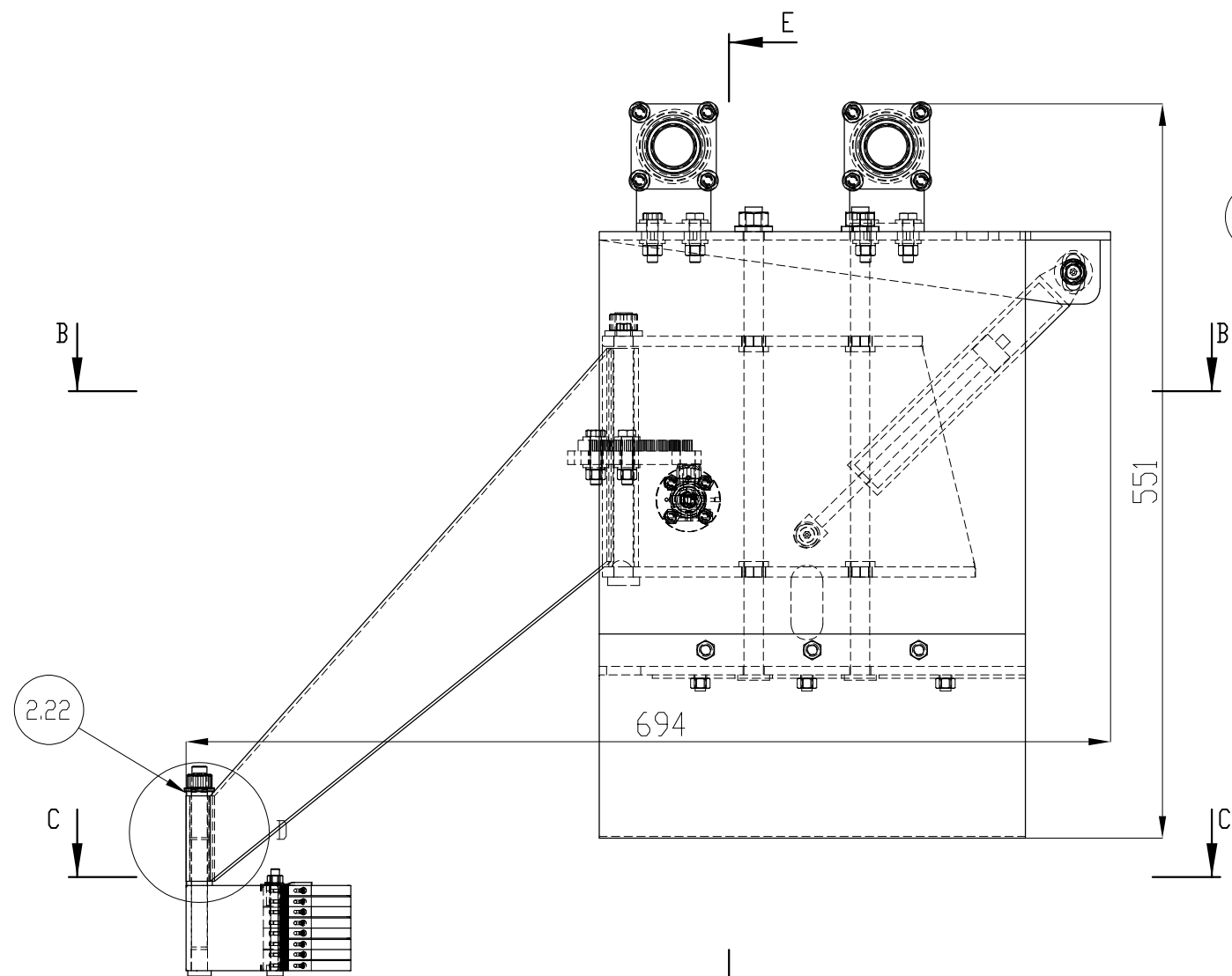
DIBUJO	FECHA	NOMBRE	ESCALAS		POSICION 2
APROBO	13/03/25	CORG-PASC	1:5		



SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 5

HOJA 2 DE 3

 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO				ORGANO EXTRACTOR	
DIBUJO	FECHA	NOMBRE	ESCALAS		POSICION 2
APROBO	13/03/25	CORG-PASC			
			1:5		



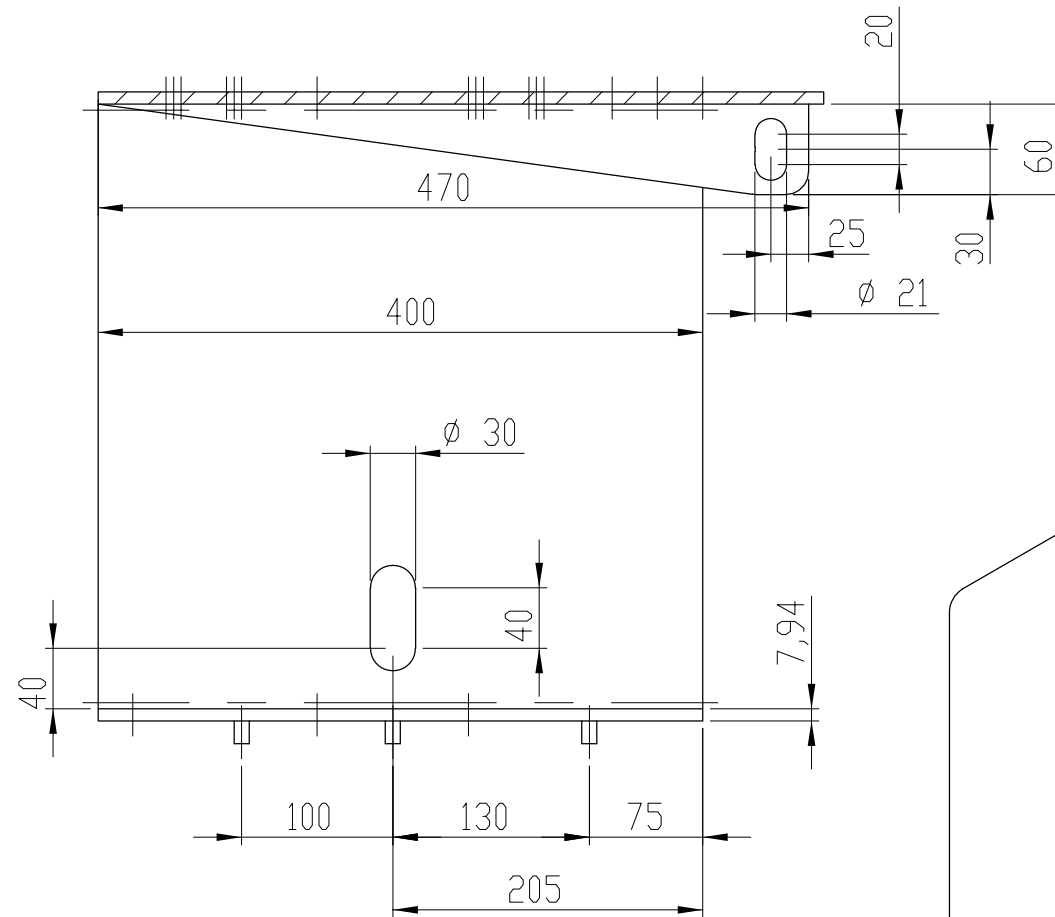
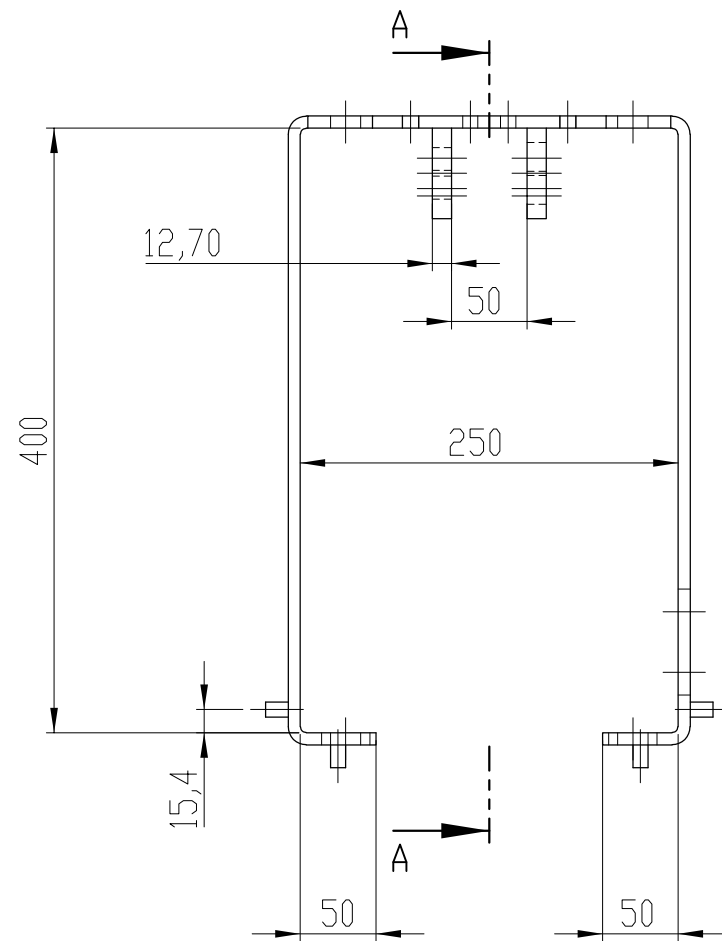
HOJA 3 DE 3



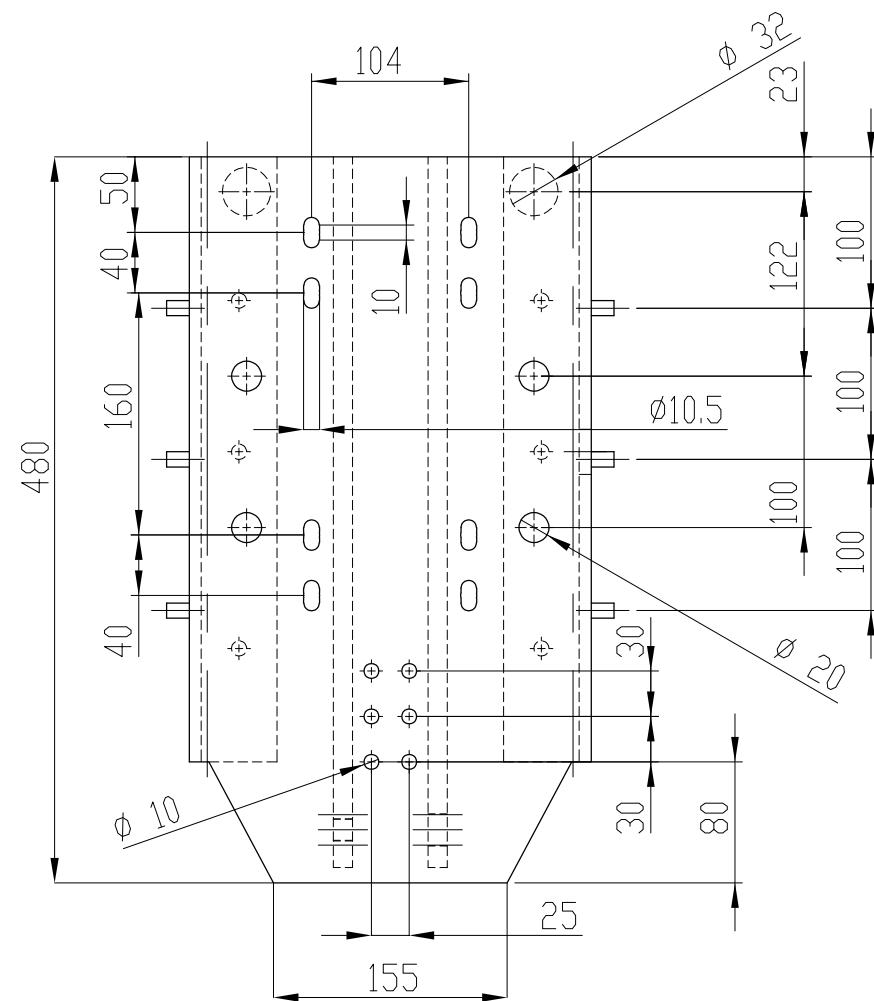
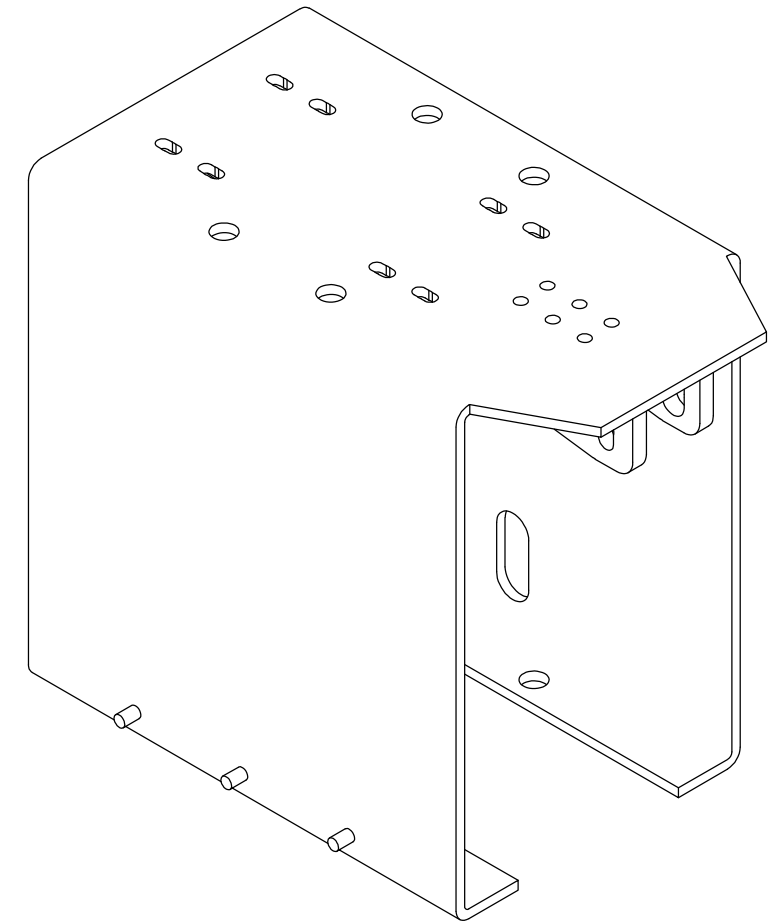
PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

ORGANO EXTRACTOR

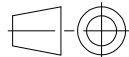
DIBUJO	FECHA	NOMBRE	ESCALAS		POSICION 2
APROBO	13/03/25	CORG-PASC	1:5		

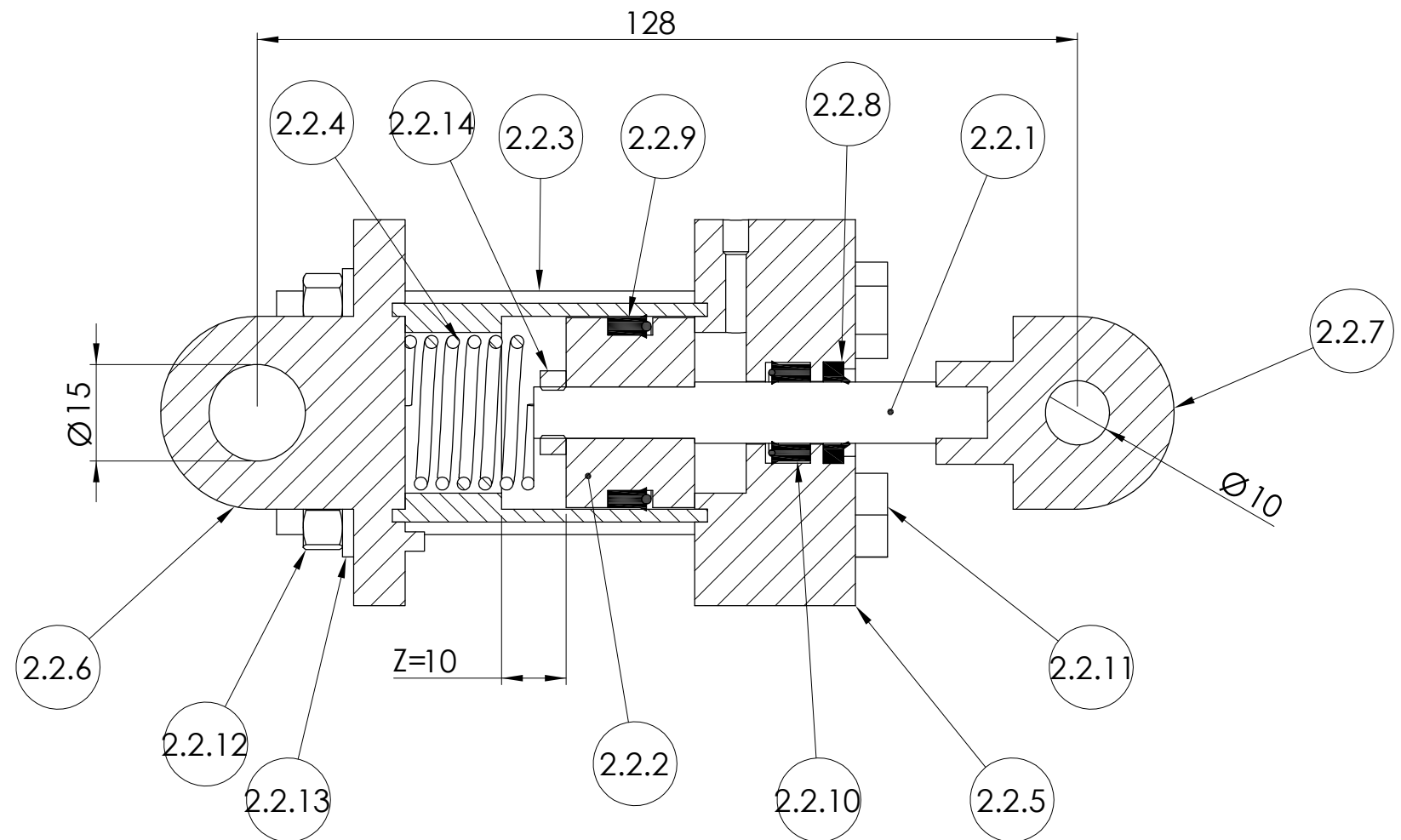
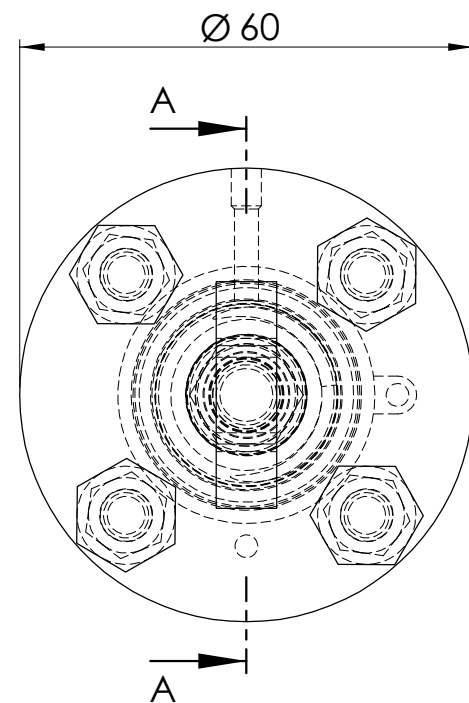


SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 5

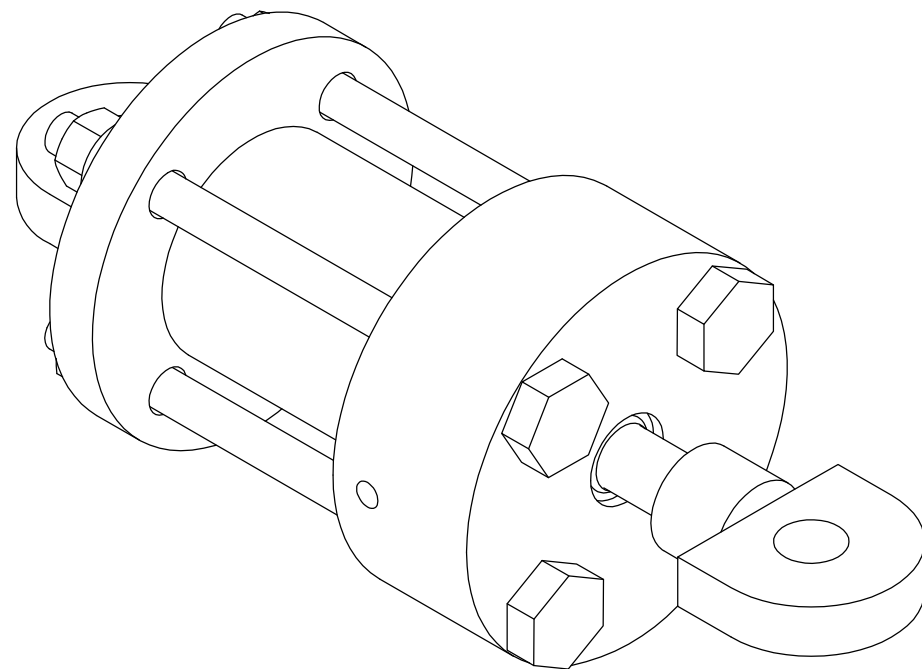


TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SEGUN DIN 2768: MEDIAS

1						
POS.	DENOMINACION			MATERIAL		CANT. PESO
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO				CHAPA SOPORTE		
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS 1:5		POSICION 2.1	
DIBUJO	09/03/25	CORG-PASC				
APROBO						



SECCIÓN A-A



2.2.14	TUERCA M8	COMERCIAL	1	-
2.2.13	ARANDELA GROWER M6	COMERCIAL	4	-
2.2.12	TUERCA M6	COMERCIAL	4	-
2.2.11	PERNO M6x90	GR 6.8	4	-
2.2.10	SELLO POLYPAK	COMERCIAL	1	-
2.2.9	SELLO POLYPAK	COMERCIAL	1	-
2.2.8	SELLO WIPER	COMERCIAL	1	-
2.2.7	OJAL DE SUJECION	SAE 1010	1	0.05
2.2.6	TAPA TRASERA	SAE 1010	1	0.2
2.2.5	TAPA DELANTERA	SAE 1010	1	0.47
2.2.4	RESORTE	SAE 4130	1	0.01
2.2.3	CAMISA	SAE 4130	1	0.1
2.2.2	PISTON	SAE 4130	1	0.09
2.2.1	VASTAGO	SAE 4130	1	0.04
POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO

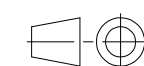


PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

CHAPA SOPORTE

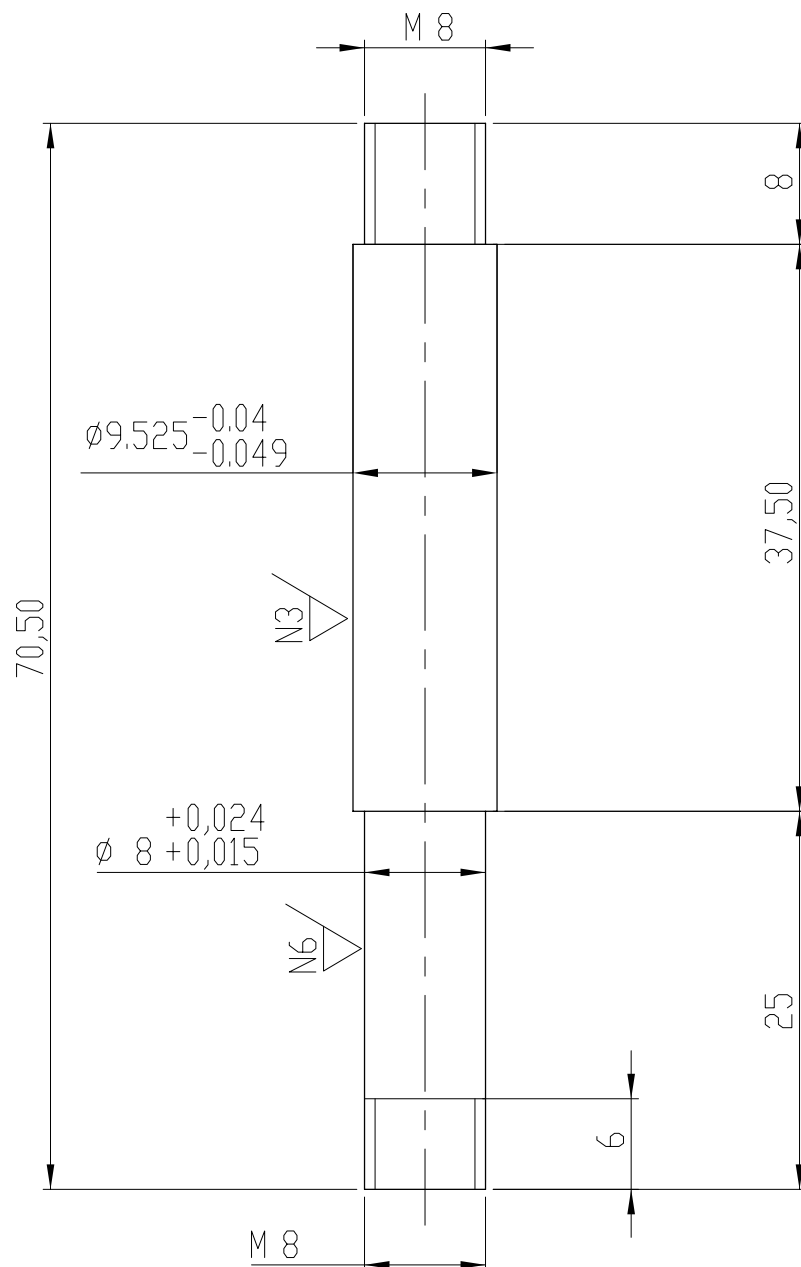
TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SEGUN DIN 2768: MEDIAS

DIBUJO	FECHA	NOMBRE	ESCALAS
APROBO	09/03/25	CORG-PASC	1:5

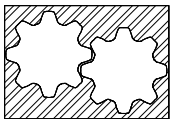


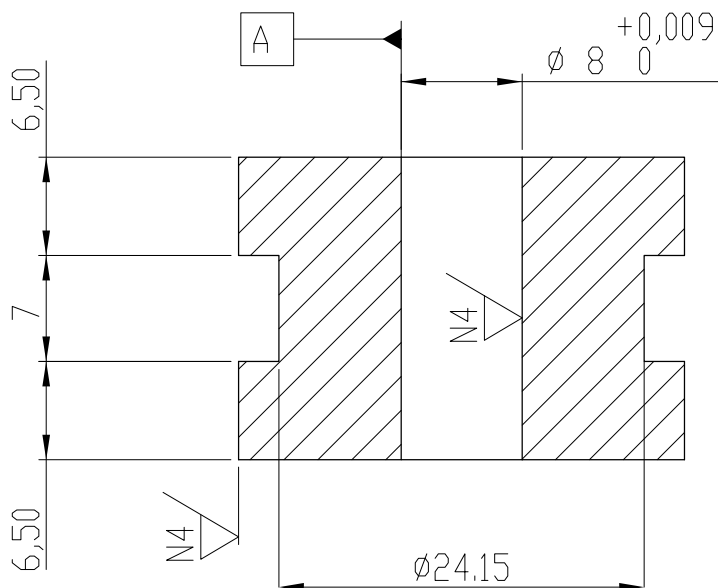
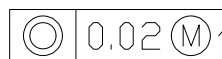
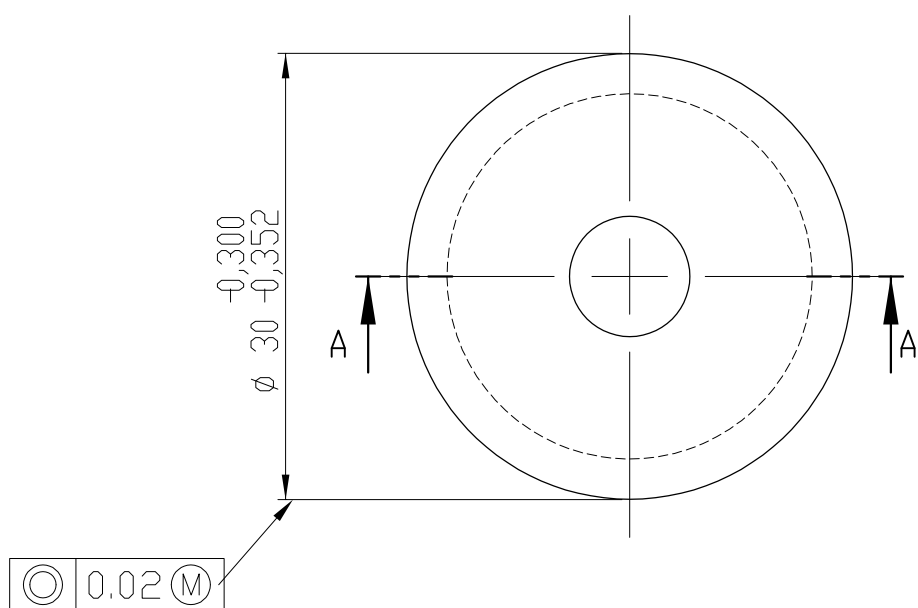
POSICION 2.1

N6 / N3



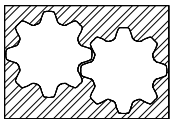
TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SEGUN DIN 2768: MEDIAS

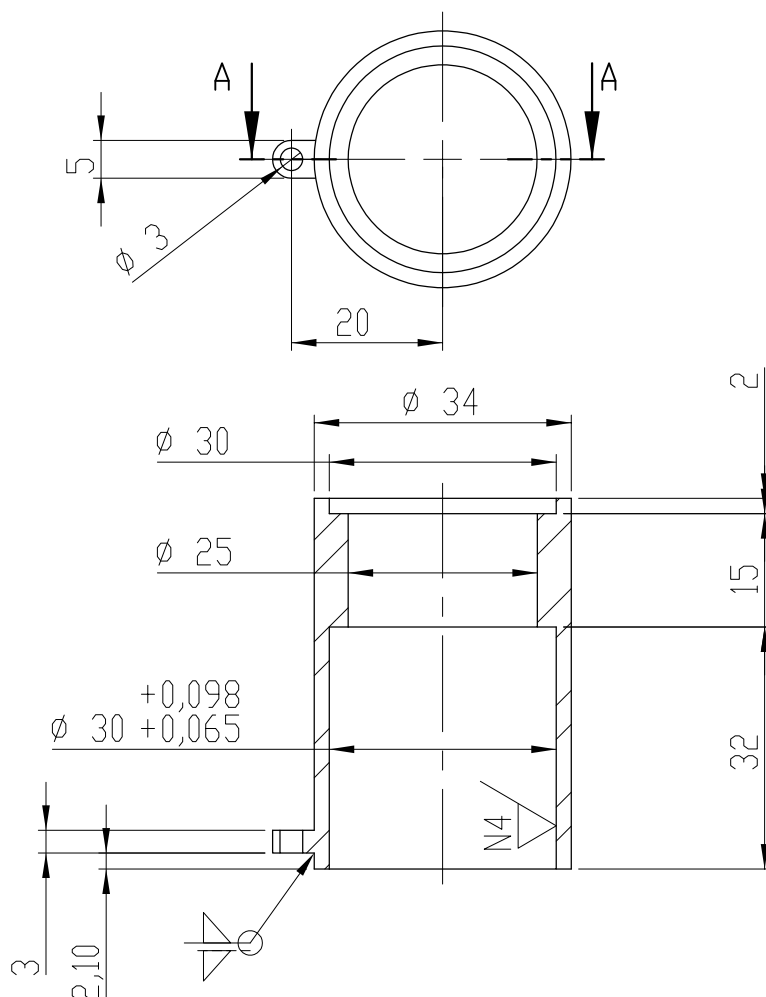
1				
POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		VÁSTAGO		
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS	
DIBUJO	09/04/25	CORG-PASC	2:1	
APROBO			POSICION 2.2.1	



SECCIÓN A-A

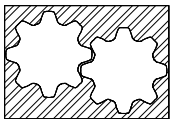
TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SEGUN DIN 2768: MEDIAS

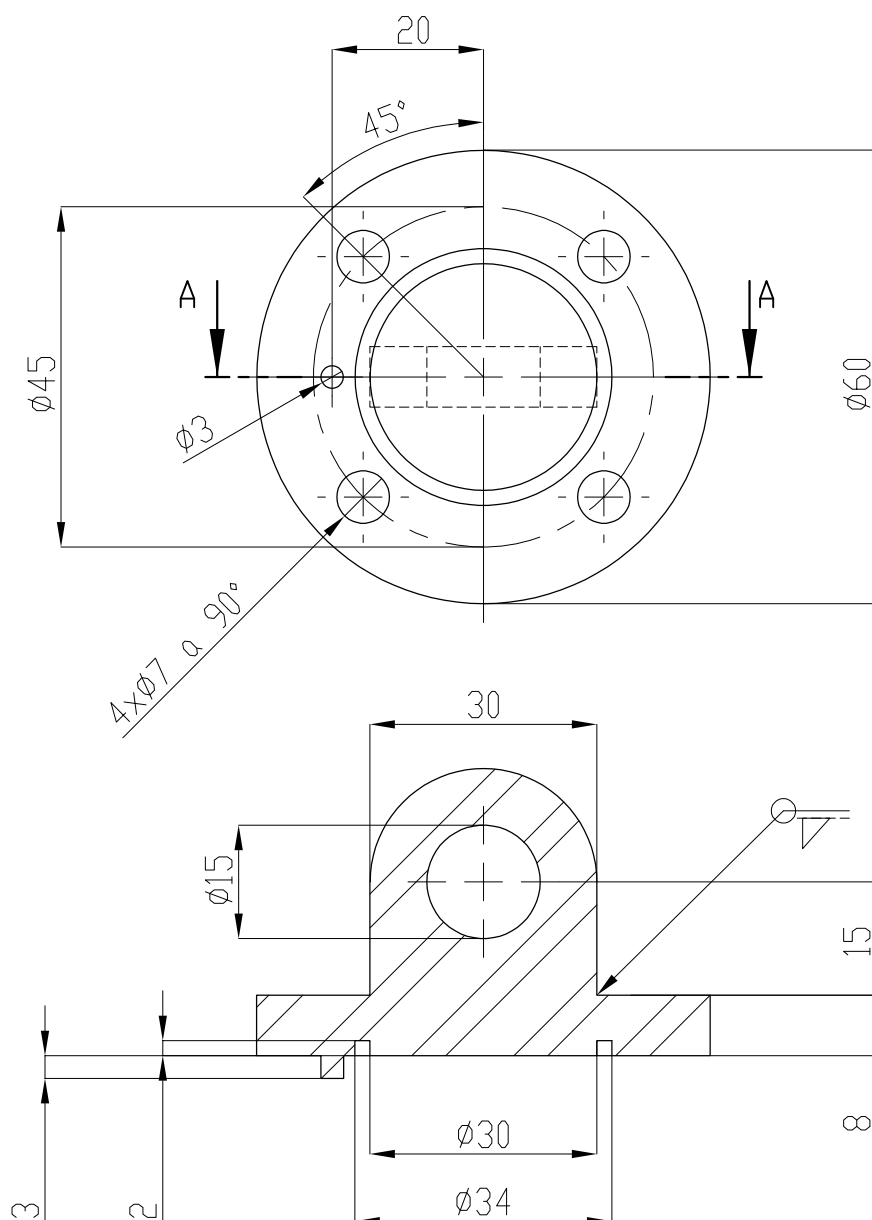
1				
POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		PISTON		
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS	
DIBUJO	09/03/25	CORG-PASC	2:1	
APROBO			POSICION 2.2.2	



SECCIÓN A-A

SOLDADURAS SEGUN AWS, EL ANCHO DEL CORDÓN DE SOLDADURA DEBERÁ SER 0,7 POR EL MINIMO ESPESOR A SOLDAR.
TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SEGUN DIN 2768: MEDIAS

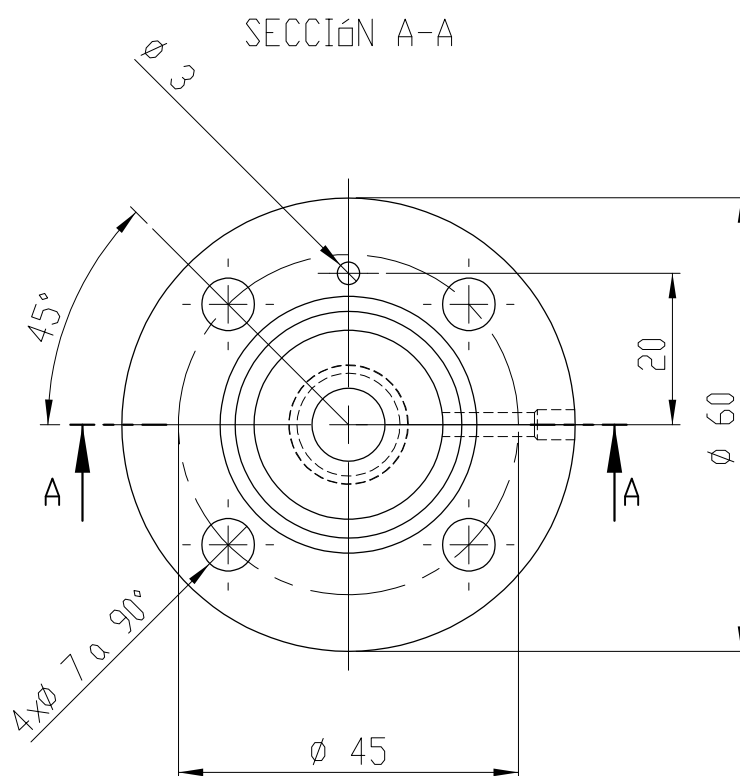
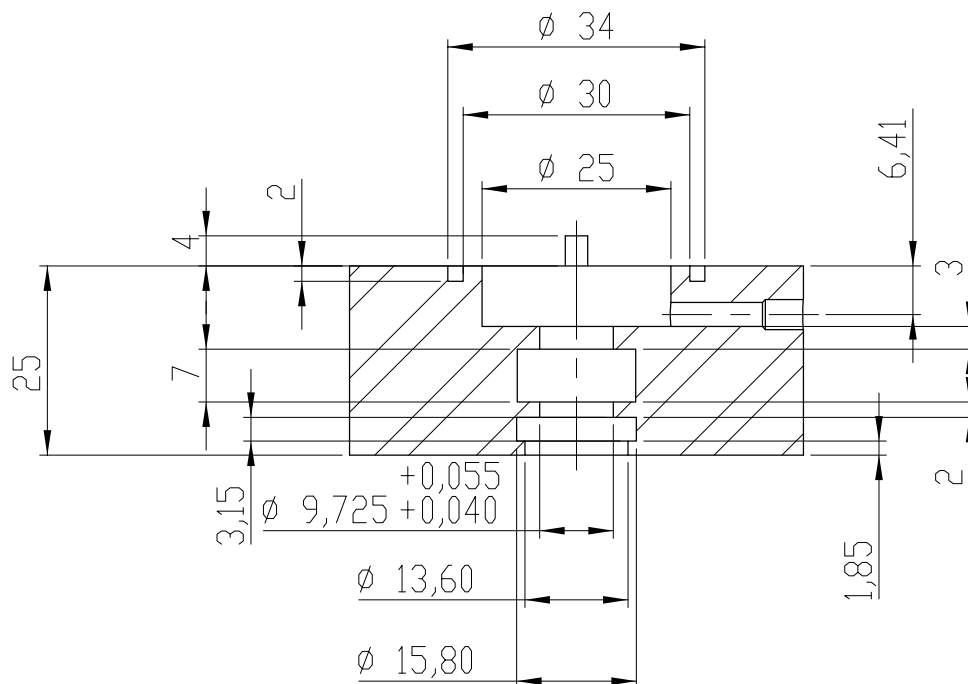
1				
POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		CAMISA		
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS	
DIBUJO	11/03/25	CORG-PASC	1:1	
APROBO			POSICIÓN 2.2.3	



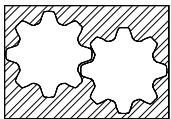
SECCIÓN A-A

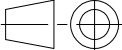
SOLDADURAS SEGUN AWS, EL ANCHO DEL CORDÓN DE SOLDADURA DEBERÁ SER 0,7 POR EL MINIMO ESPESOR A SOLDAR.
TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SEGUN DIN 2768: MEDIAS

1						
POS.	DENOMINACION			MATERIAL	CANT.	PESO
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO				TAPA TRASERA		
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS 1:1	POSICION 2.2.6		
DIBUJO	13/03/25	CORG-PASC				
APROBO						

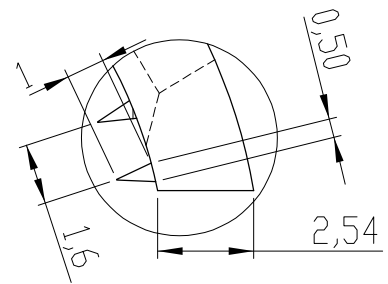
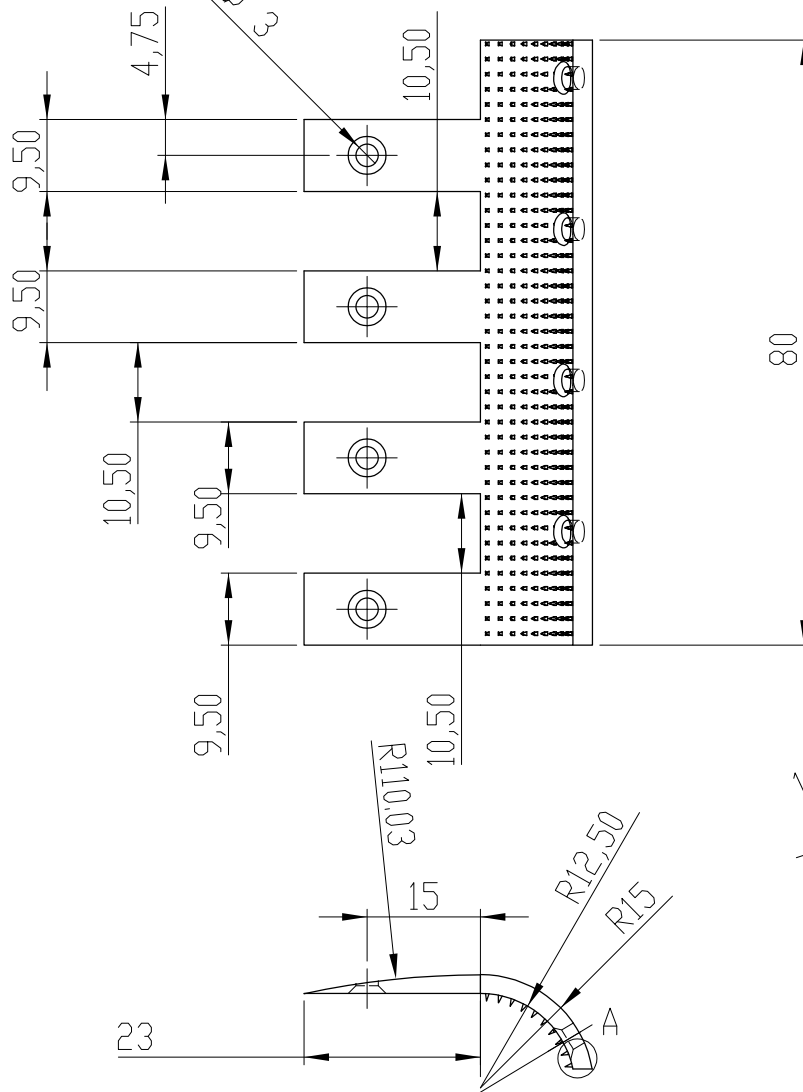


TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SEGUN DIN 2768: MEDIAS

1				
POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		TAPA DELANTERA		
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS	
DIBUJO	11/03/25	CORG-PASC	1:1	
APROBO			POSICIÓN 2.2.6	

1						
POS.	DENOMINACION			MATERIAL	CANT.	PESO
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO				MORDAZA		
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS 1:1		POSICION 2.4	
DIBUJO	13/03/25	CORG-PASC				
APROBO						

Agujero fresado $\varnothing 3$

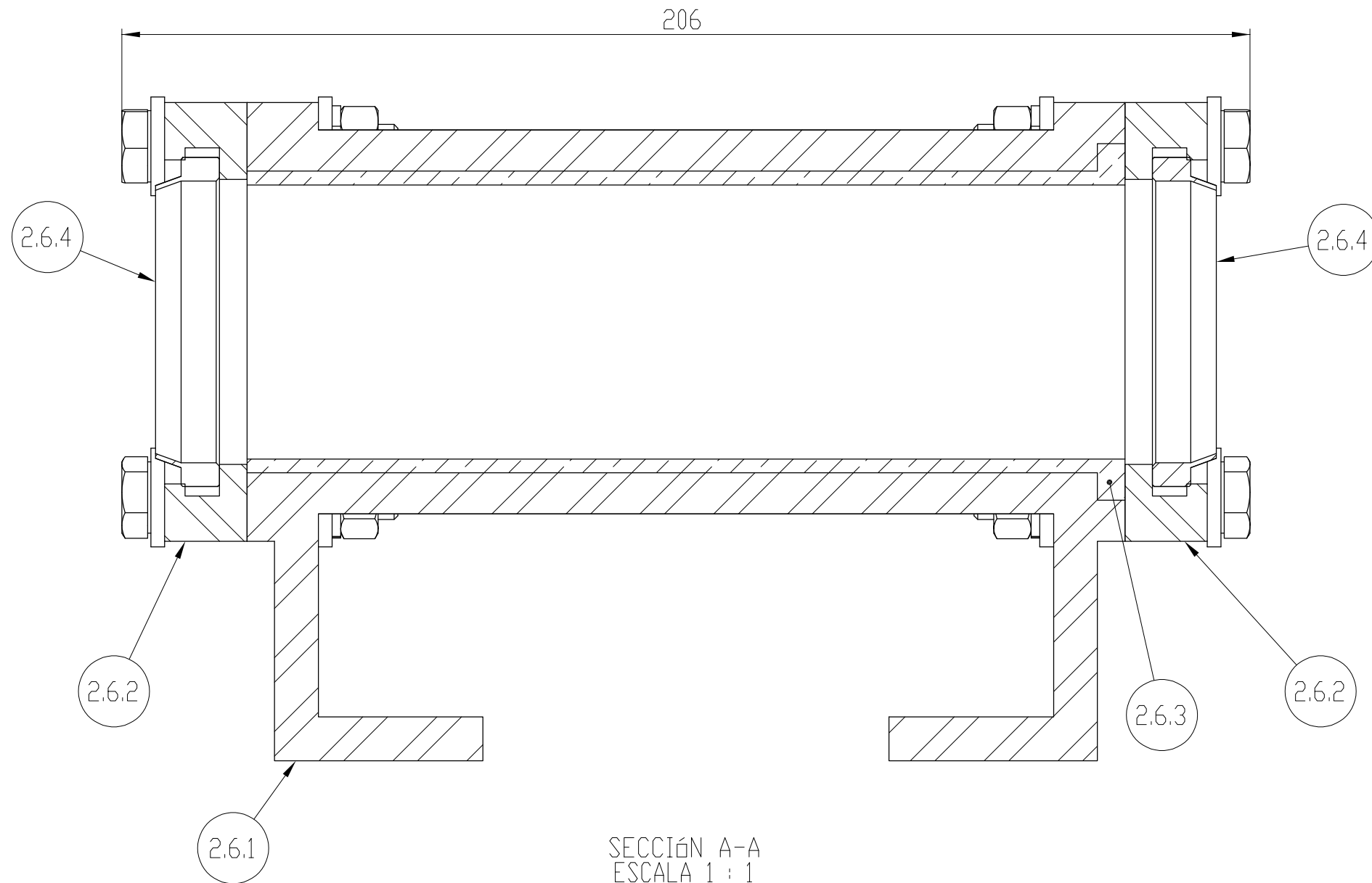
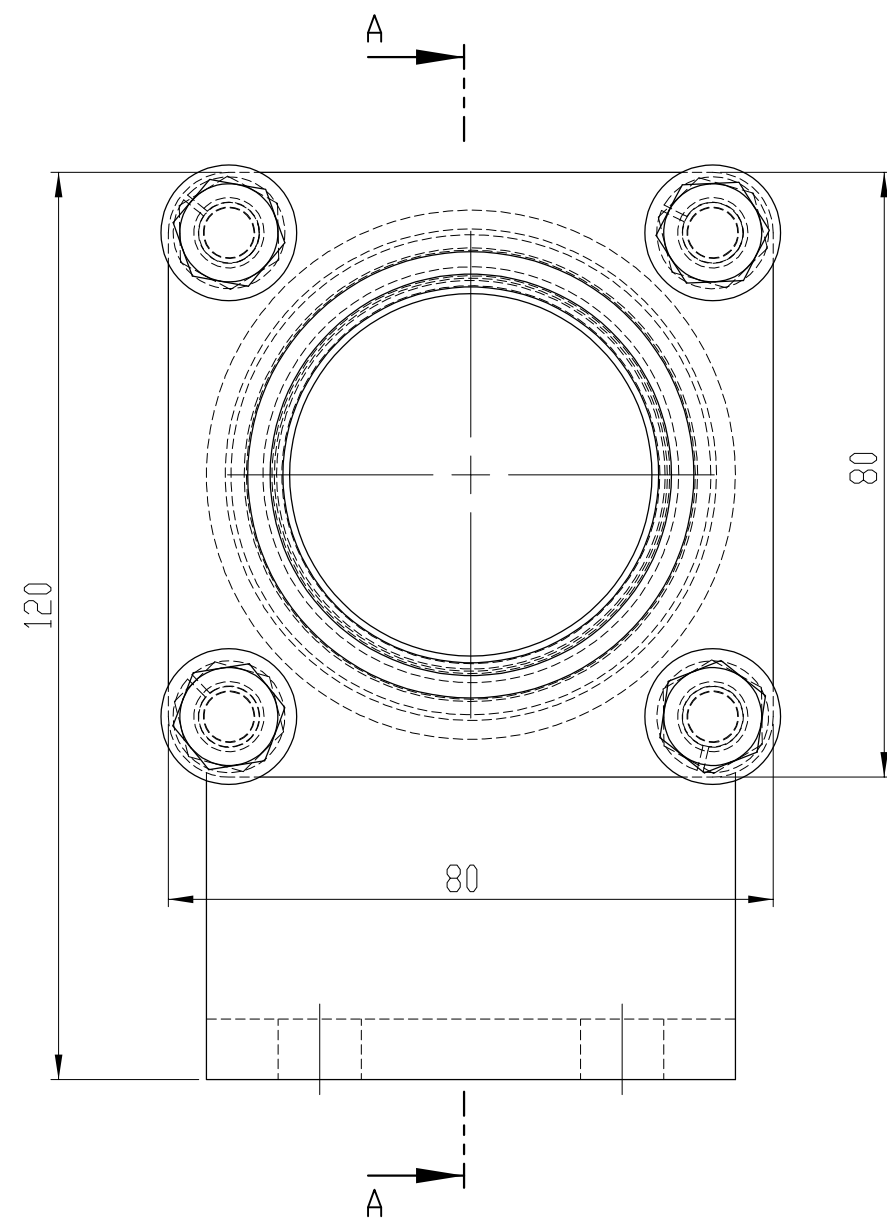


DETALLE A
ESCALA 5 : 1

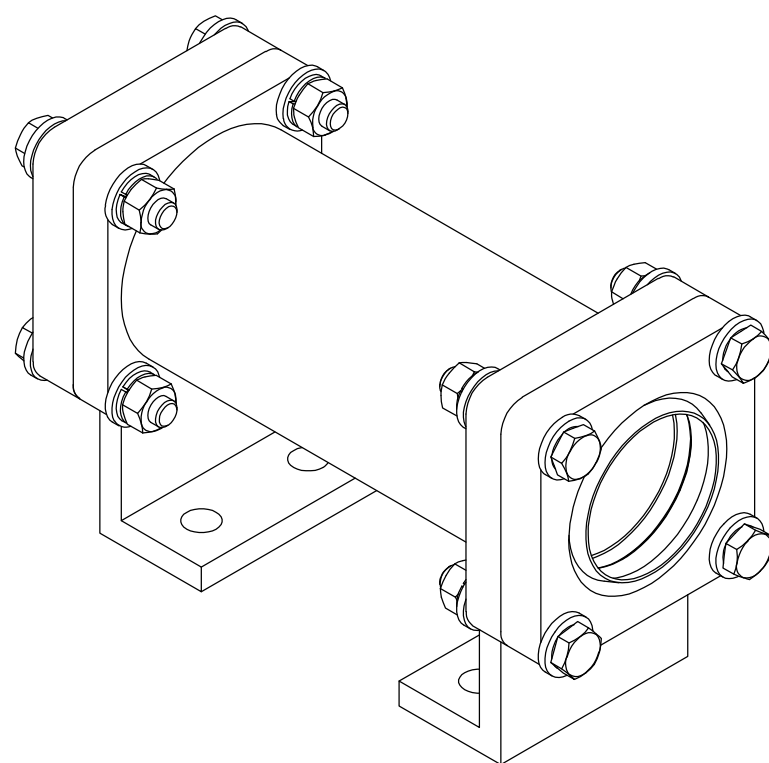
SOLDADURAS SEGUN AWS, EL ANCHO DEL CORDÓN DE SOLDADURA DEBERÁ SER 0,7 POR EL MINIMO ESPESOR A SOLDAR.

TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SEGUN DIN 2768: MEDIAS

1						
POS.	DENOMINACION			MATERIAL	CANT.	PESO
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO				ACCESORIO DE AGARRE		
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS 1:1	POSICION 2.5		
DIBUJO	13/03/25	CORG-PASC				
APROBADO						



SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 1



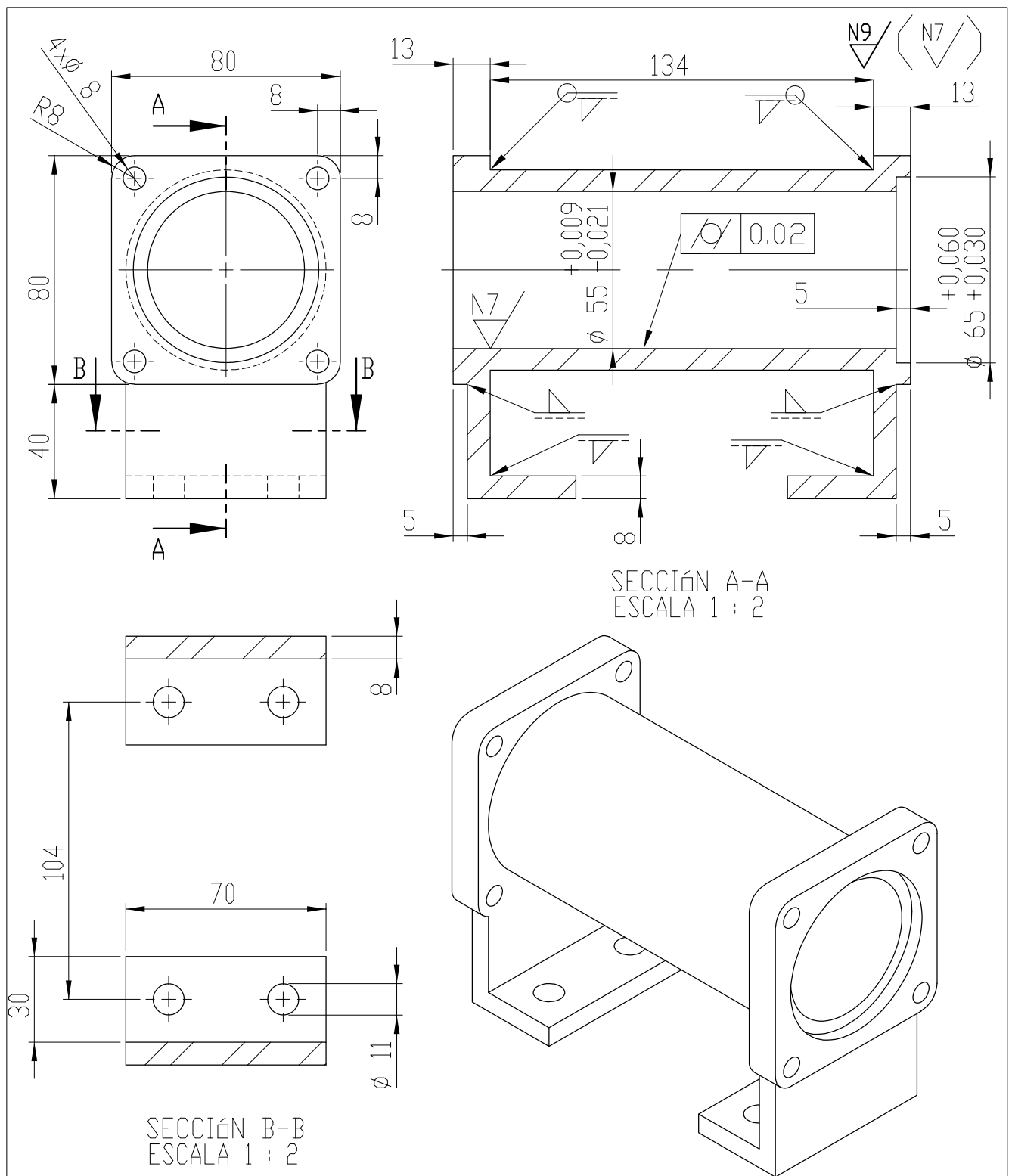
2.6.8	TUERCA M8	COMERCIAL	8	-
2.6.7	ARANDELA GROWER M8	COMERCIAL	8	-
2.6.6	ARANDELA PLANA M8	COMERCIAL	16	-
2.6.5	BULÓN CAB HEX. M8x45	COMERCIAL	8	-
2.6.4	SELLO WIPER D-1812	COMERCIAL	2	-
2.6.3	BUJE DE BRONCE	CuSn12	1	0.59
2.6.2	TAPA	SAE 1010	2	0.4
2.6.1	BUJE	SAE 1010	1	2.88
PDS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO



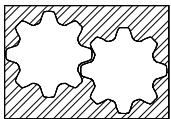
PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

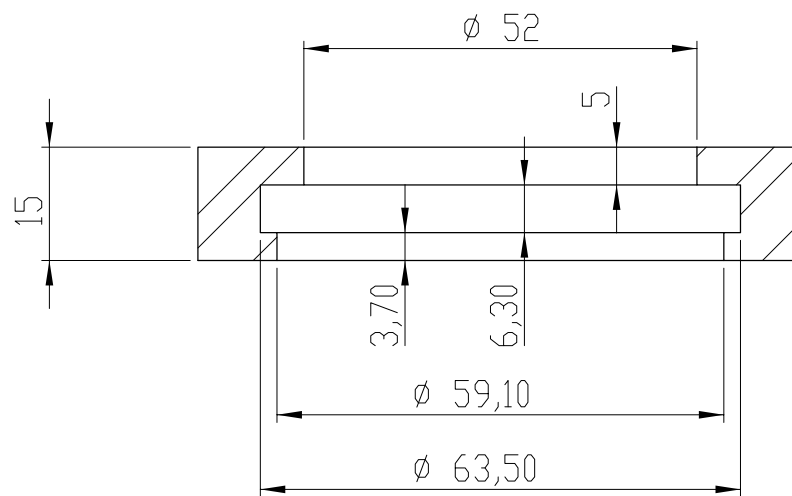
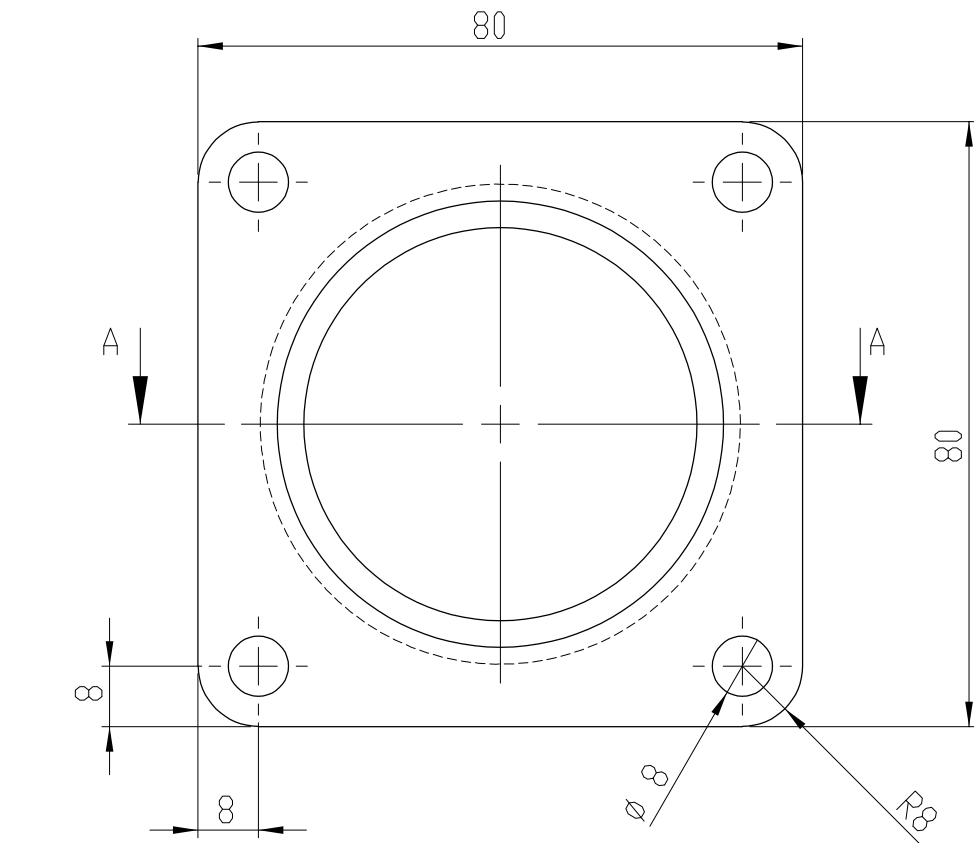
CORREDERA

DIBUJO	FECHA	NOMBRE	ESCALAS		POSICION 2.6
APROBO	03/02/25	CORGNALI-PASCUAL	1:1		



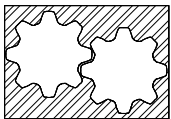
SOLDADURAS SEGUN AWS, EL ANCHO DEL CORDÓN DE SOLDADURA DEBERÁ SER 0,7 POR EL MINIMO ESPESOR A SOLDAR.
TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SEGUN DIN 2768: MEDIAS

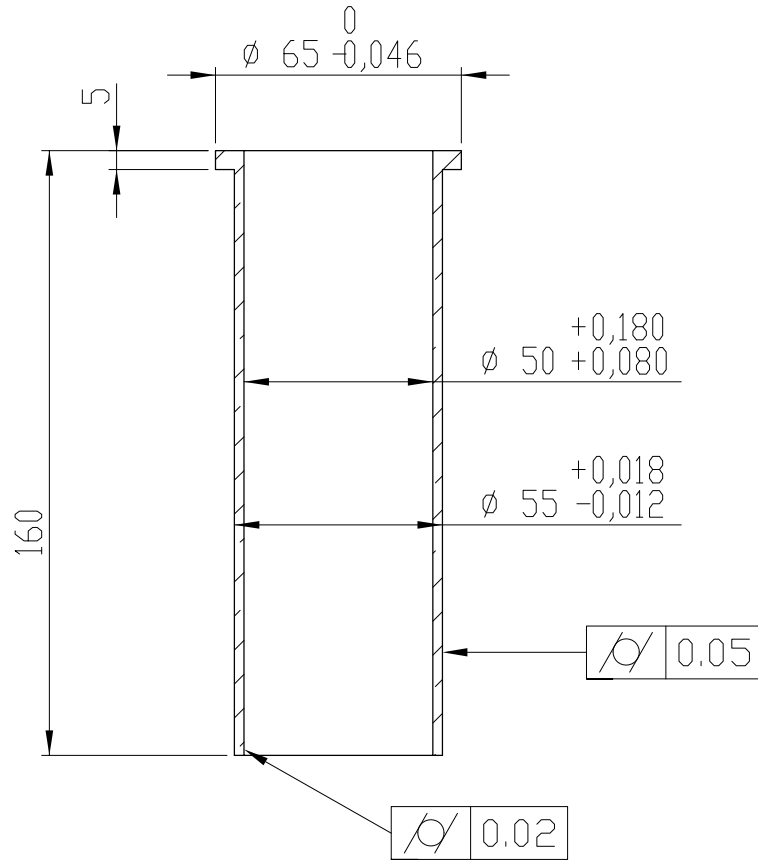
1				
POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		A-BUJE-05		
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS	
DIBUJO	02/03/25	CORG-PASC	1:2	
APROBO			POSICIÓN 2.6.1	



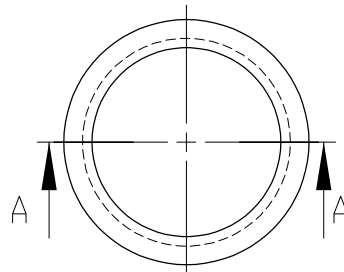
SECCIÓN A-A

TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SEGUN DIN 2768: MEDIAS

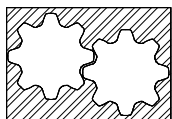
1				
POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		TAPA		
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS	
DIBUJO	04/03/25	CORG-PASC	1:1	
APROBO			POSICIÓN 2.6.2	

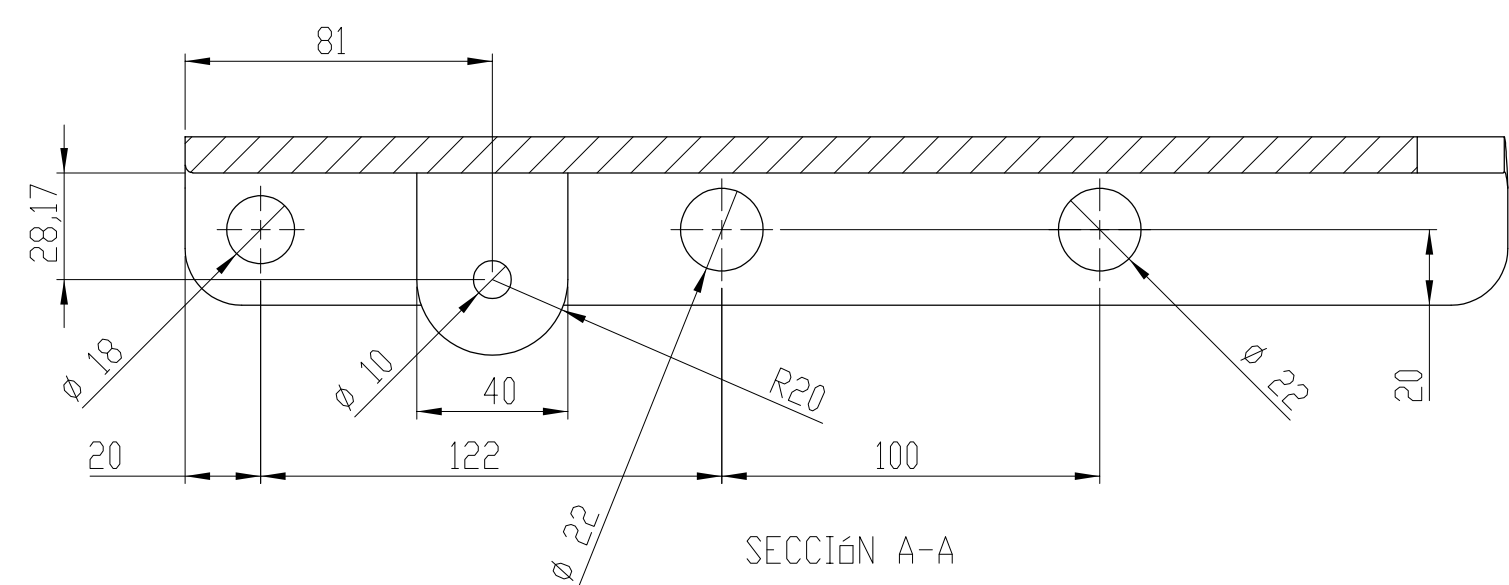
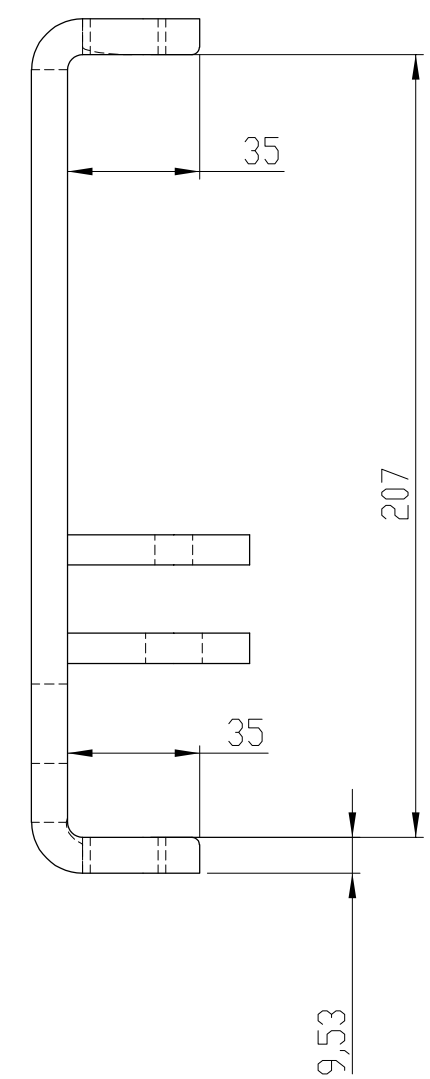
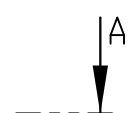
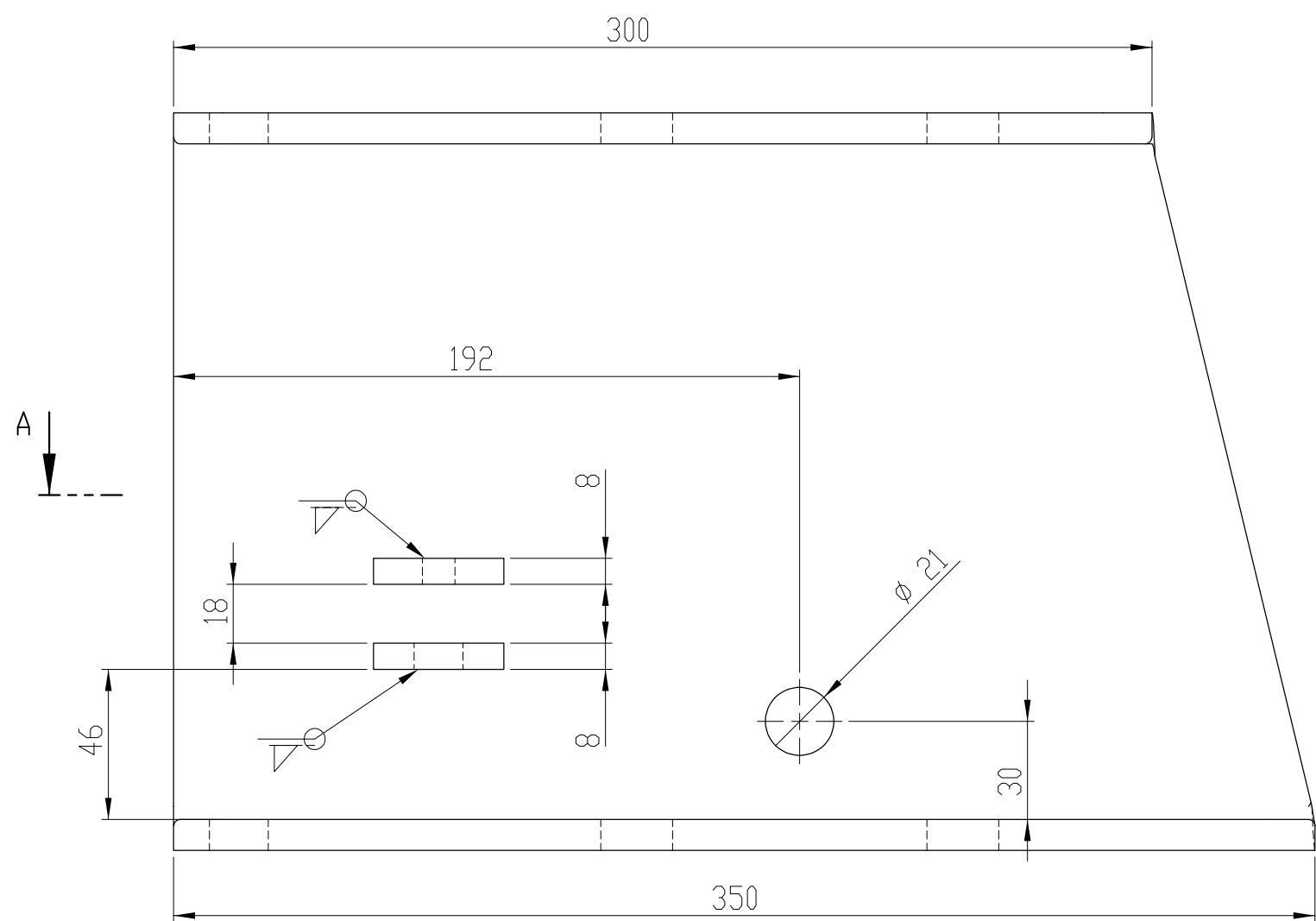


SECCIÓN A-A

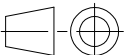


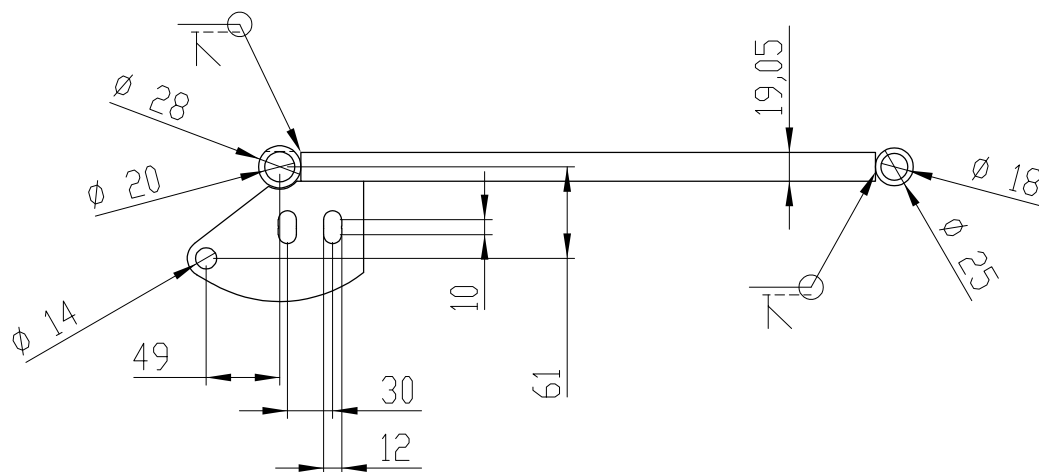
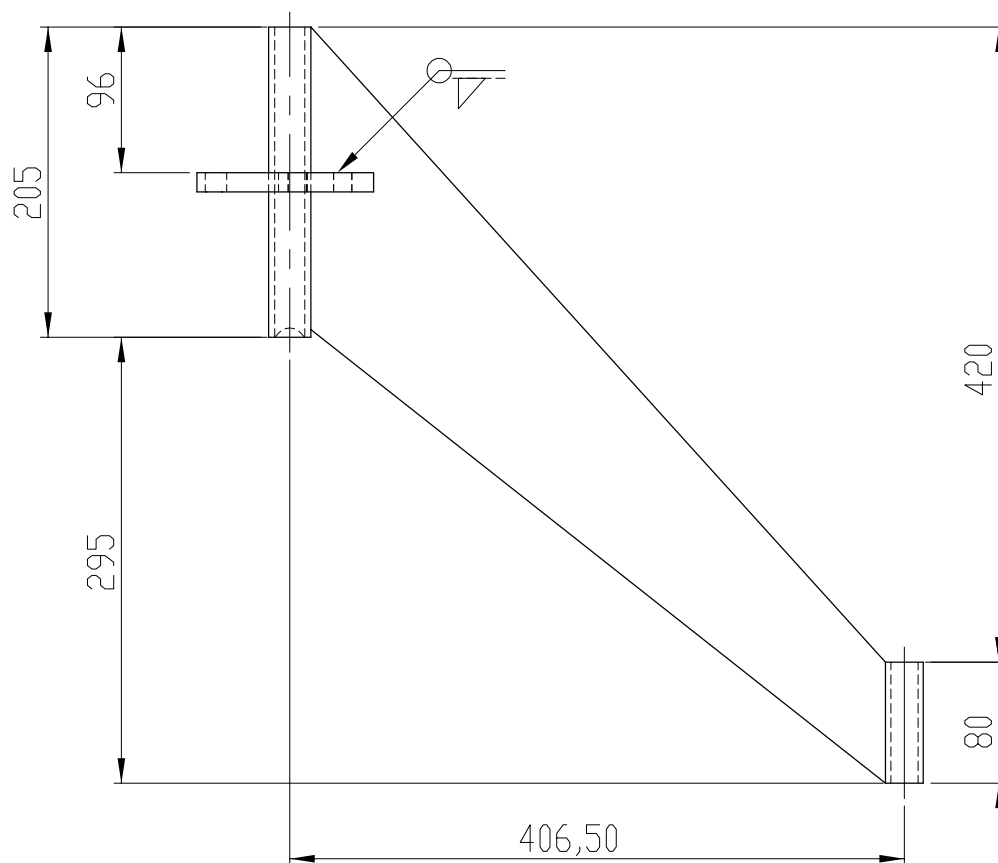
TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SEGUN DIN 2768: MEDIAS

1						
POS.	DENOMINACION			MATERIAL	CANT.	PESO
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO				BUJE DE BRONCE		
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS 1:2	POSICIÓN 2.6.3		
DIBUJO	04/03/25	CORG-PASC				
APROBO						

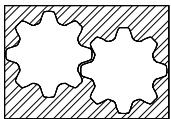


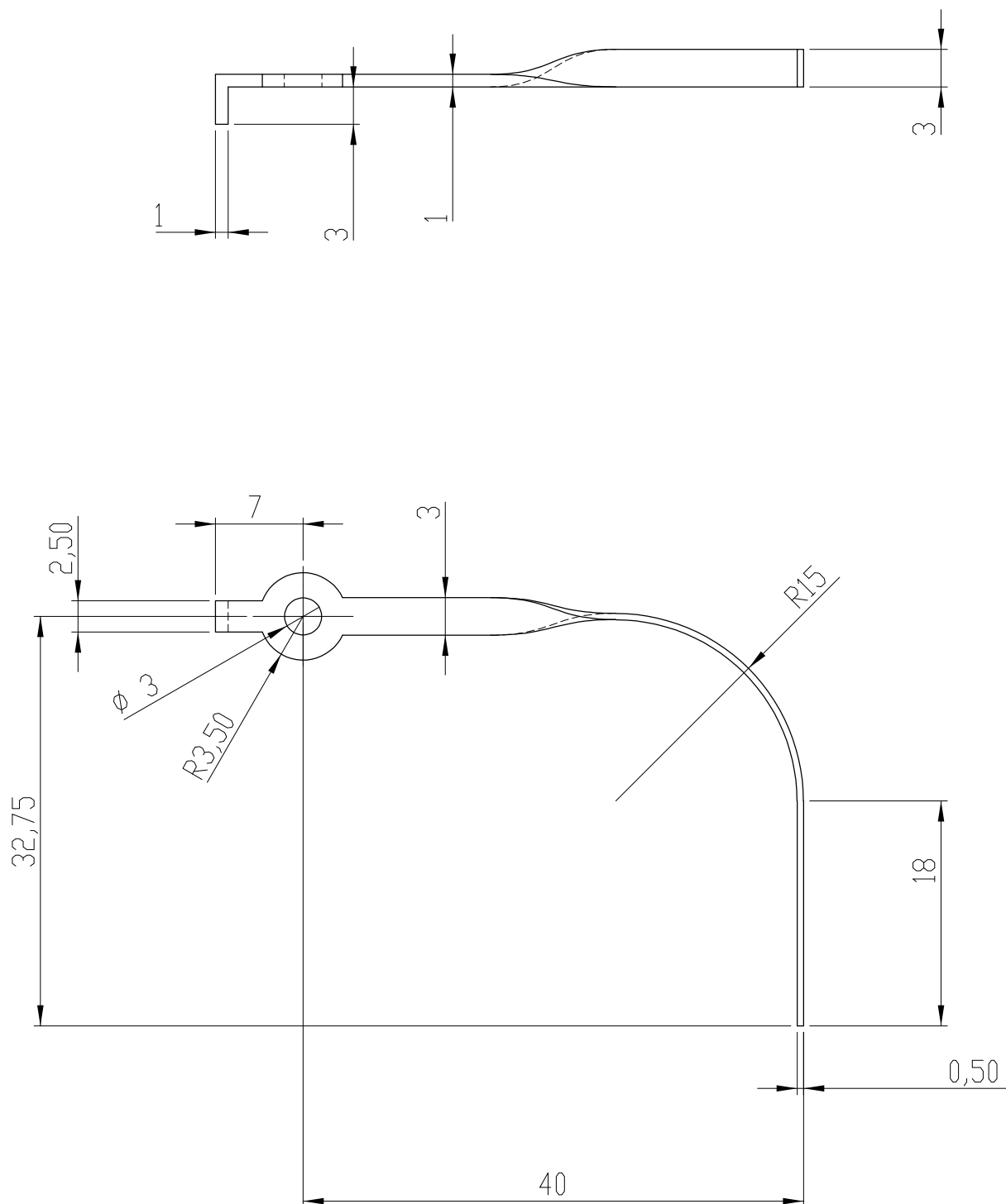
SOLDADURAS SEGUN AWS, EL ANCHO DEL CORDÓN DE SOLDADURA DEBERÁ SER 0,7 POR EL MINIMO ESPESOR A SOLDAR.
TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SEGUN DIN 2768: MEDIAS

1						
POS.	DENOMINACION			MATERIAL	CANT.	PESO
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO				CHAPA CORREDERA DERECHA		
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS 1:2		POSICION 2.7	
DIBUJO	13/03/25	CORG-PASC				
APROBO						

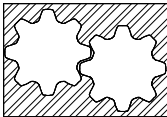


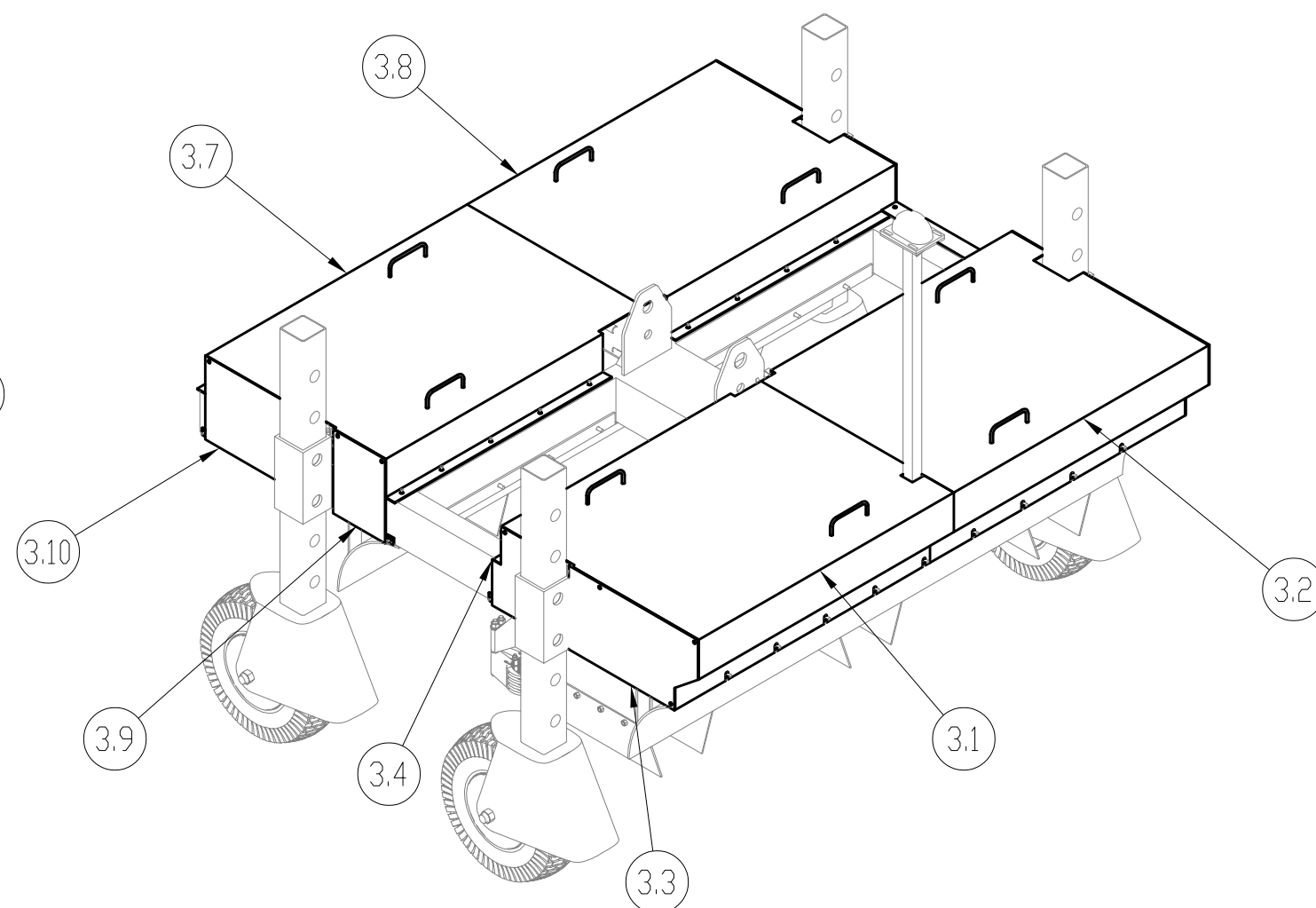
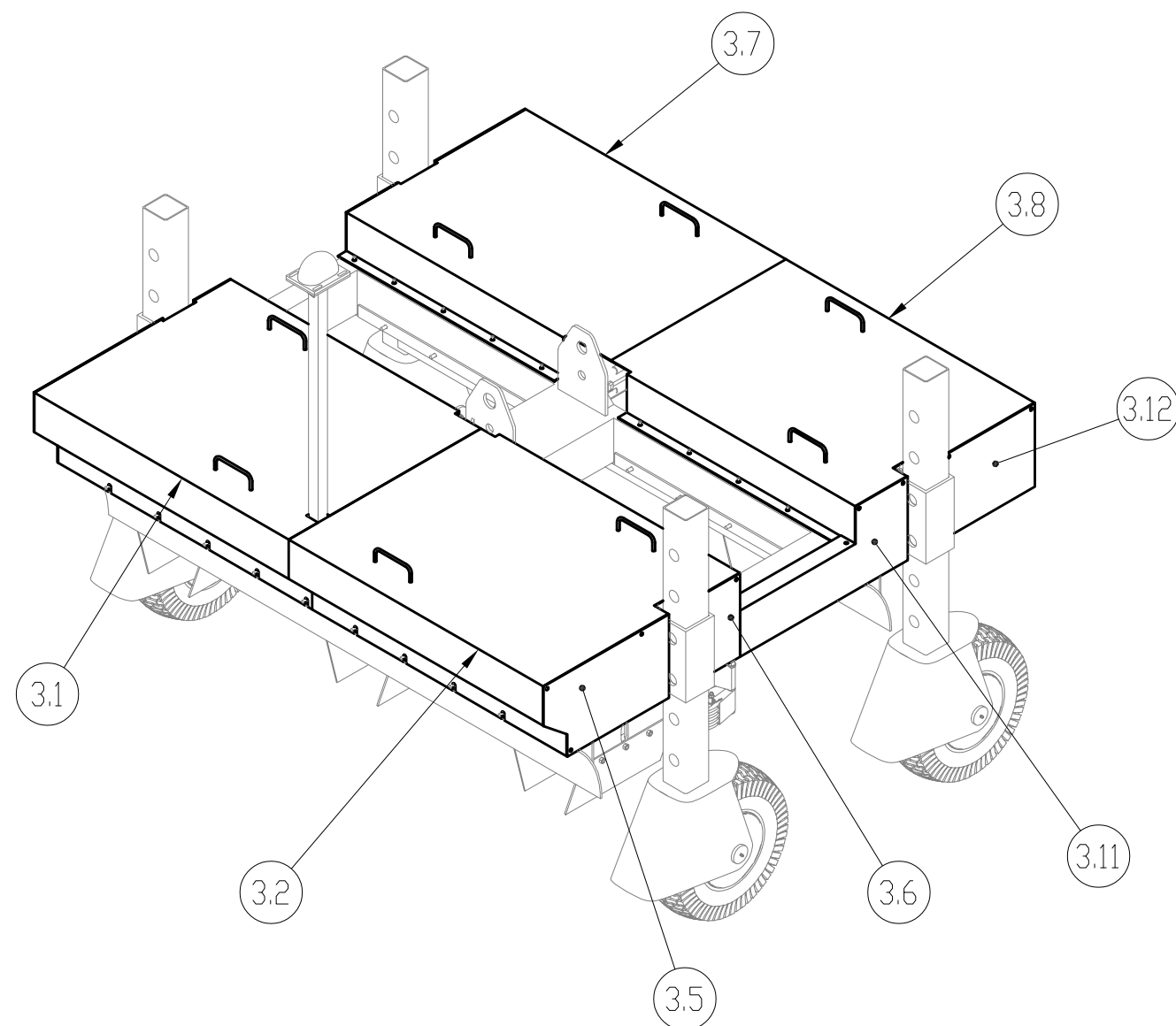
SOLDADURAS SEGUN AWS, EL ANCHO DEL CORDÓN DE SOLDADURA DEBERÁ SER 0,7 POR EL MINIMO ESPESOR A SOLDAR.
TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SEGUN DIN 2768: MEDIAS

1				
POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		BRAZO DERECHO		
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS 1:5	
DIBUJO	18/03/25	CORG-PASC		
APROBO				
			POSICIÓN 2.11	



SOLDADURAS SEGUN AWS, EL ANCHO DEL CORDÓN DE SOLDADURA DEBERÁ SER 0,7 POR EL MINIMO ESPESOR A SOLDAR.
TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SEGUN DIN 2768: MEDIAS

1				
POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO
		CHAPA SENSORA		
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS 1:5	
DIBUJO	18/03/25	CORG-PASC		
APROBO				
POSICIÓN 2.21				



HOJA 1 DE 2

SOLDADURAS SEGUN AWS, EL ANCHO DEL CORDÓN DE SOLDADURA DEBERÁ SER 0,7 POR EL MINIMO ESPESOR A SOLDAR.
TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SEGUN DIN 2768: MEDIAS

3.12	PROTECTOR TRASERO LATERAL DER 2	SAE 1010	1	3.76
3.11	PROTECTOR TRASERO LATERAL DER 1	SAE 1010	1	5.56
3.10	PROTECTOR TRASERO LATERAL IZQ 2	SAE 1010	1	2.96
3.9	PROTECTOR TRASERO LATERAL IZQ 1	SAE 1010	1	1.71
3.8	PROTECTOR TRASERO SUPERIOR DER	SAE 1010	1	28.7
3.7	PROTECTOR TRASERO SUPERIOR IZQ	SAE 1010	1	30

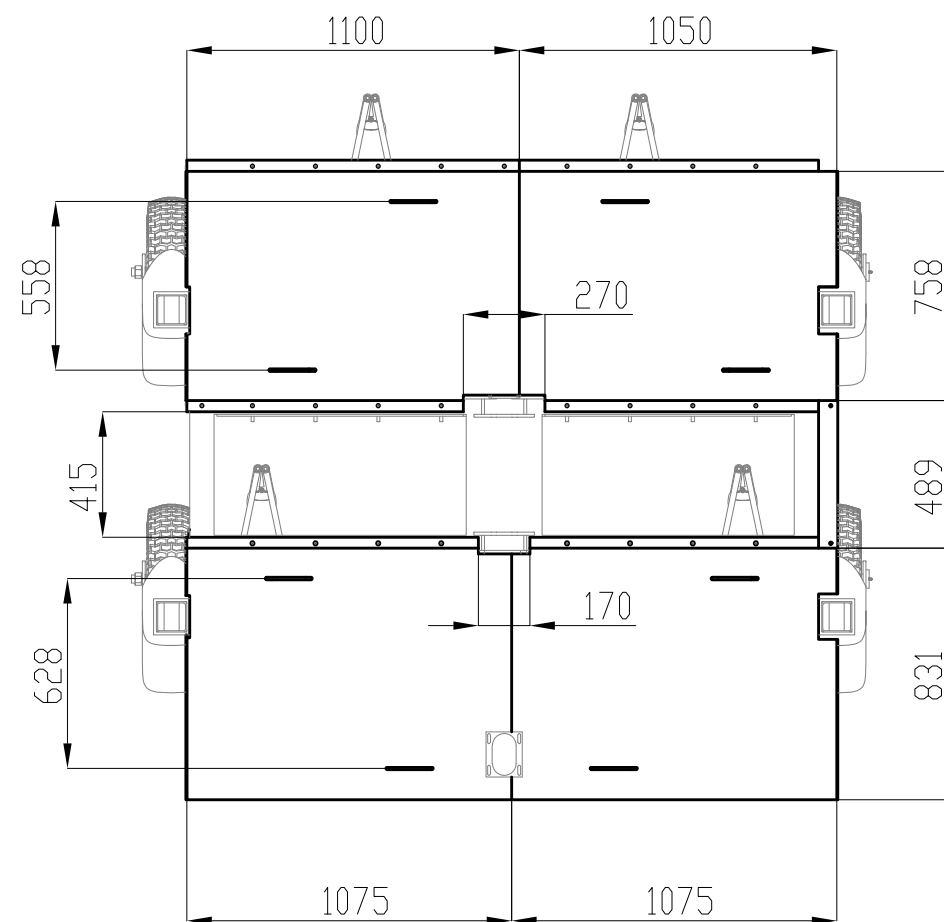
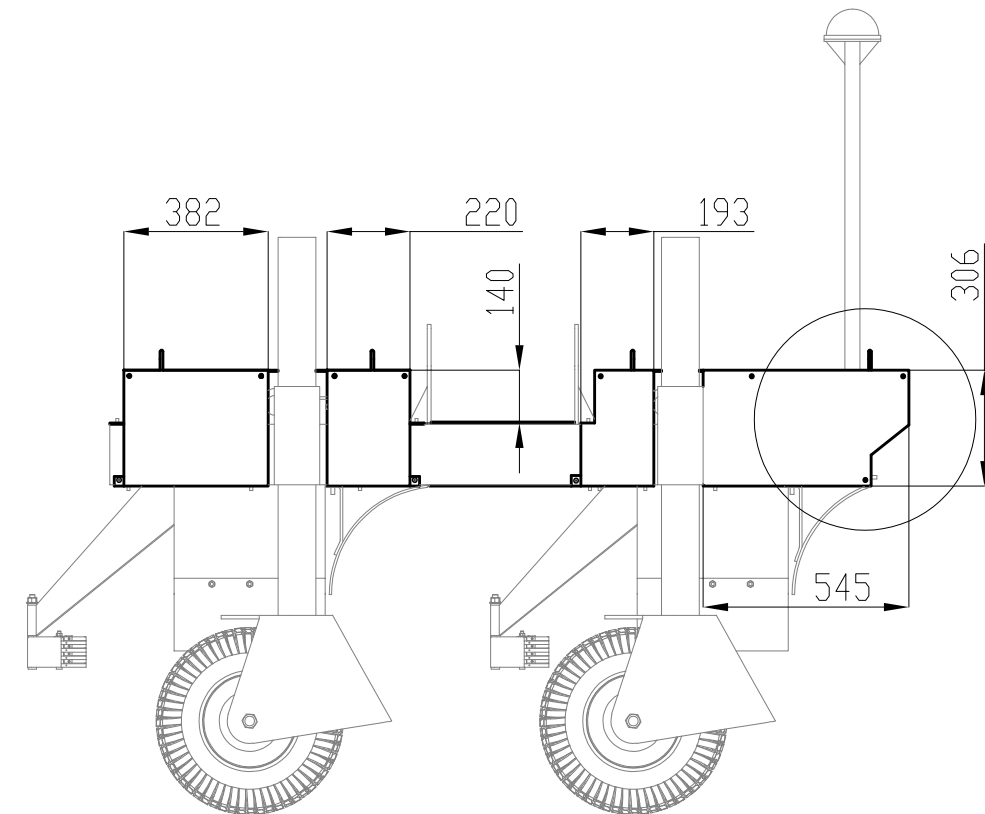
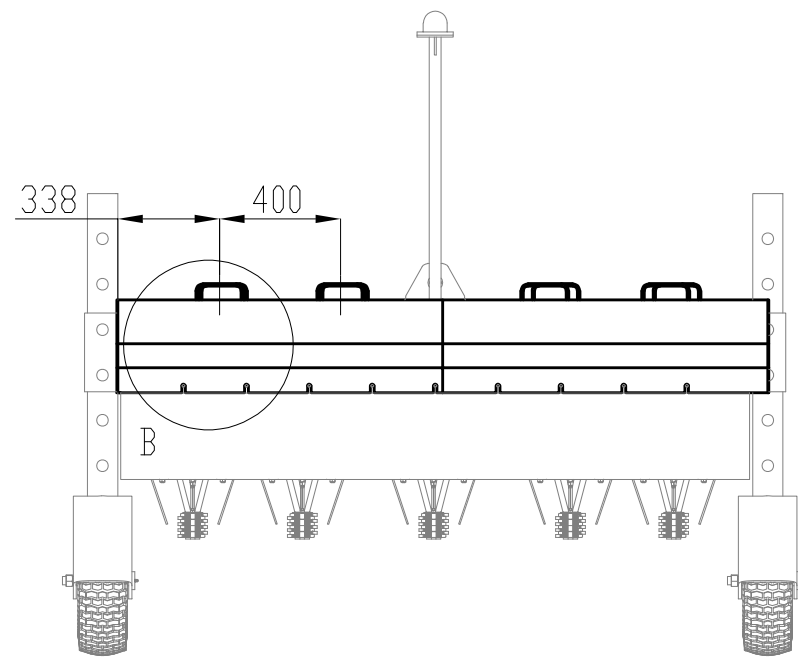
3.6	PROTECTOR DELANTERO LATERAL DER 2	SAE 1010	1	1.39
3.5	PROTECTOR DELANTERO LATERAL DER 1	SAE 1010	1	3.88
3.4	PROTECTOR DELANTERO LATERAL IZQ 2	SAE 1010	1	1.39
3.3	PROTECTOR DELANTERO LATERAL IZQ 1	SAE 1010	1	3.88
3.2	PROTECTOR DELANTERO SUPERIOR DER	SAE 1010	1	36.1
3.1	PROTECTOR DELANTERO SUPERIOR IZQ	SAE 1010	1	36
POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO



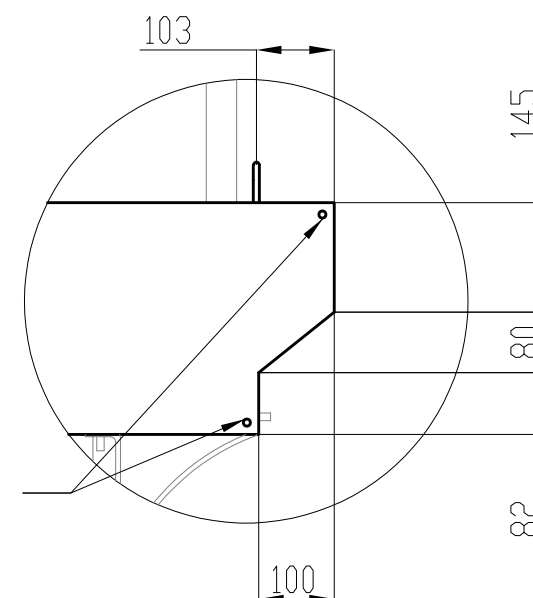
PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

CONJUNTO PROTECCIONES

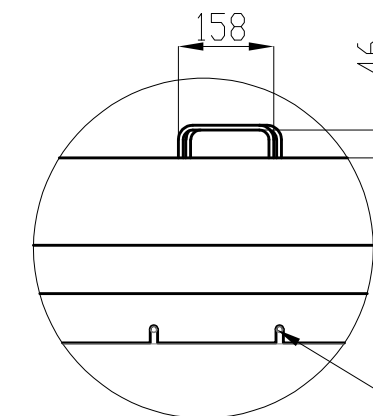
DIBUJO	FECHA	NOMBRE	ESCALAS		POSICION 3
APROBO	13/03/25	CORG-PASC	1:20		



FIJAR MEDIANTE
BULONERÍA M10



DETALLE A
ESCALA 1 : 10

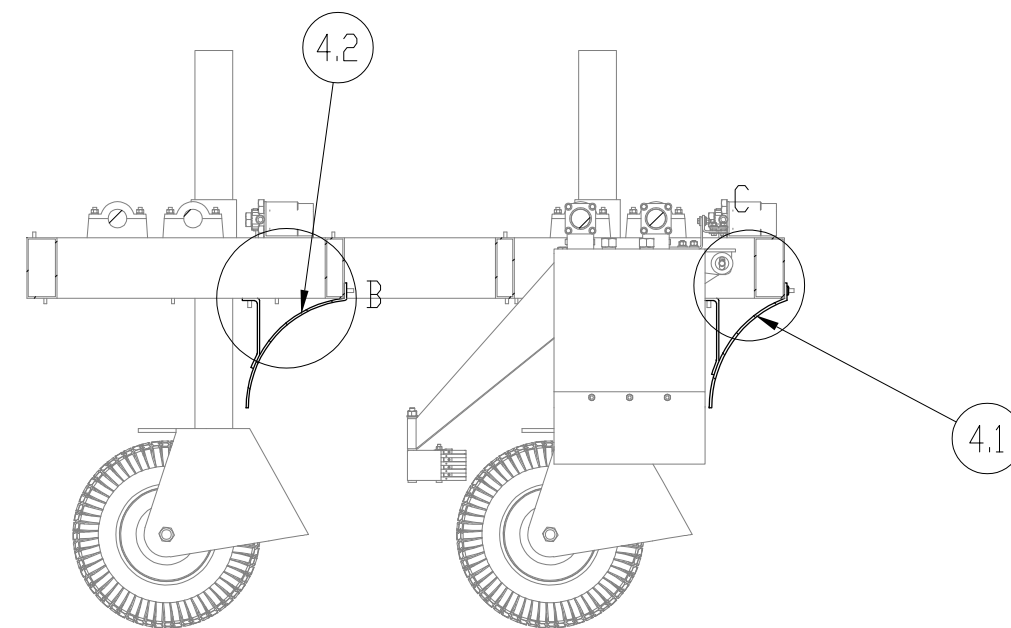
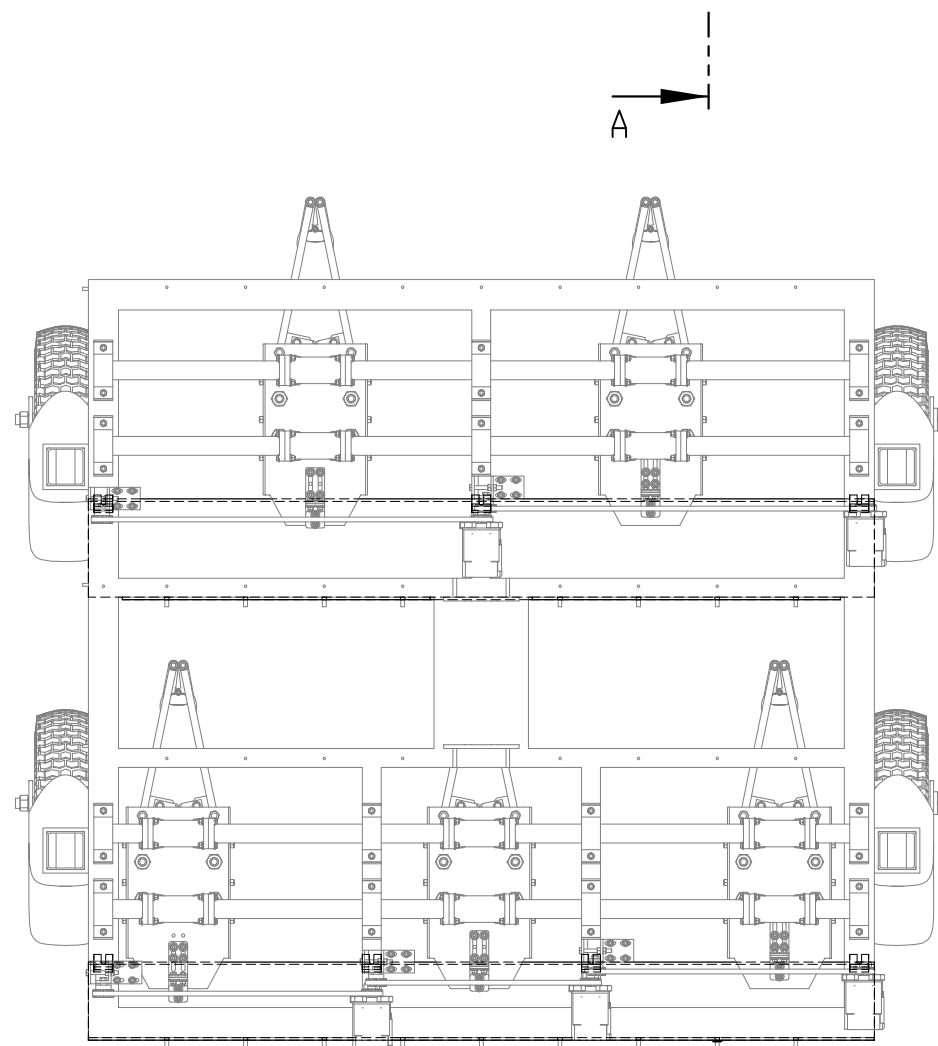
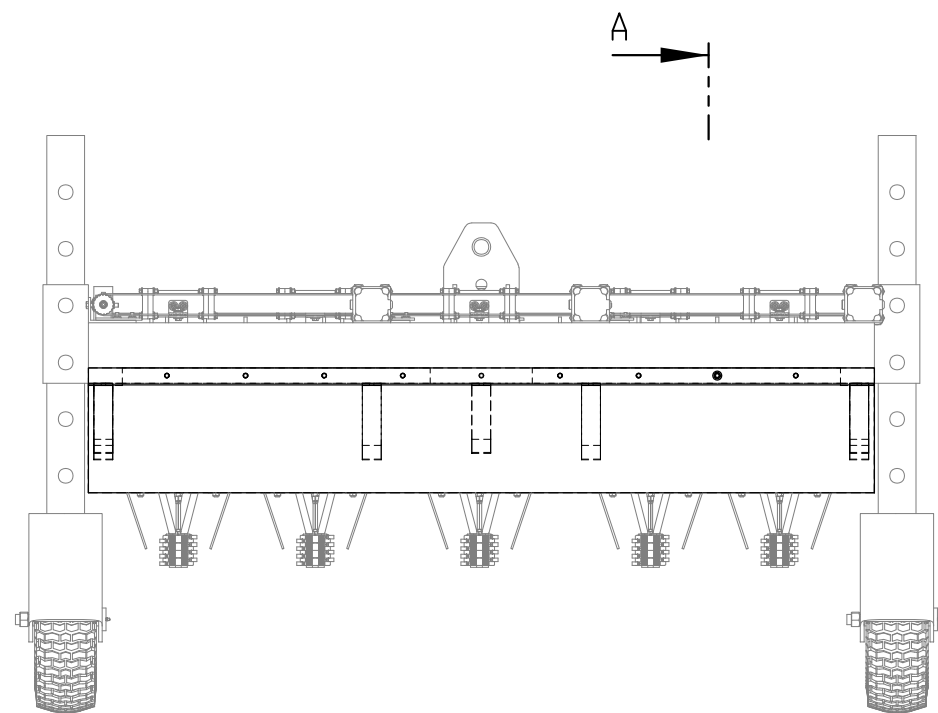


DETALLE B
ESCALA 2 : 25

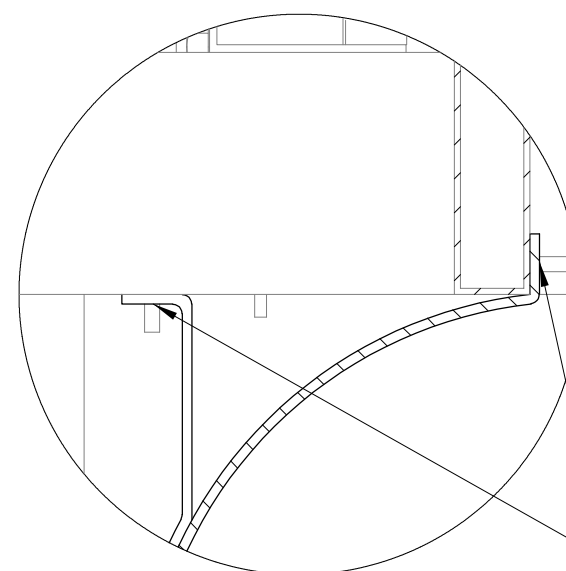
FIJAR MEDIANTE BULONERÍA M10
POR FUERA DEL DEFLECTOR

HOJA 2 DE 2

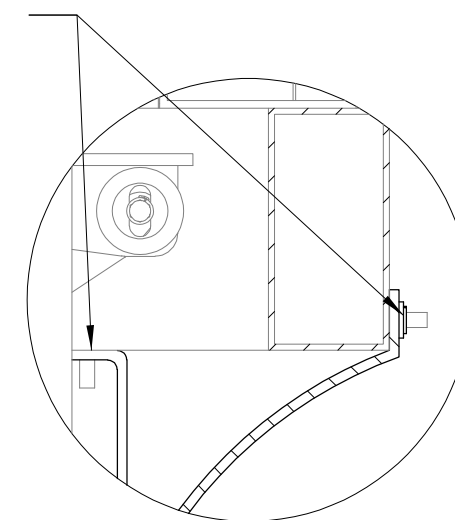
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO			CONJUNTO PROTECCIONES		
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS 1:25		POSICION 3
DIBUJO	13/03/25	CORG-PASC			
APROBO					



SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 20



DETALLE B
ESCALA 1 : 5



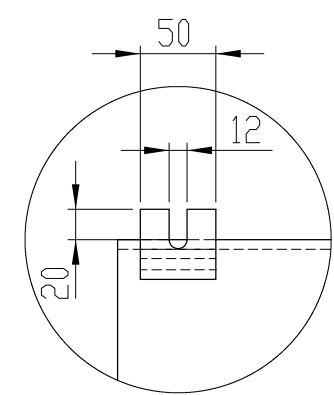
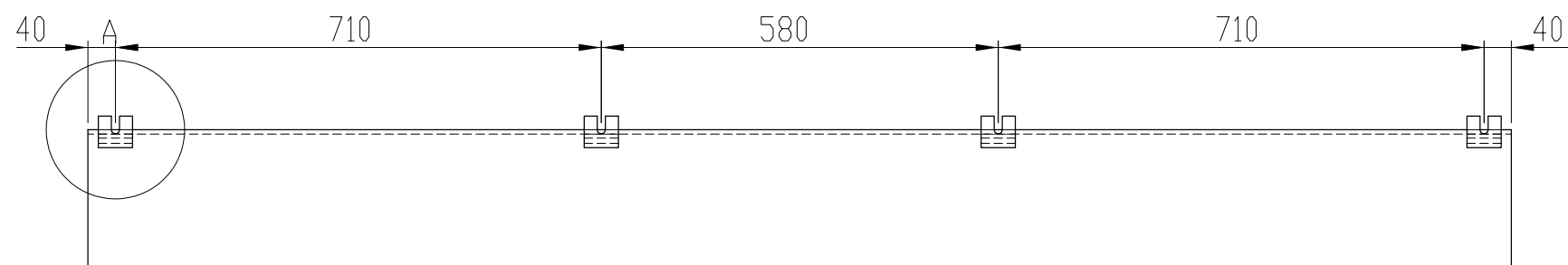
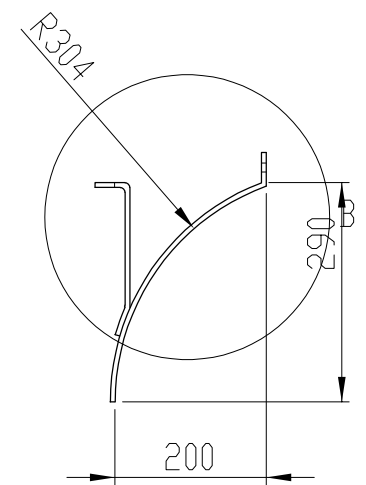
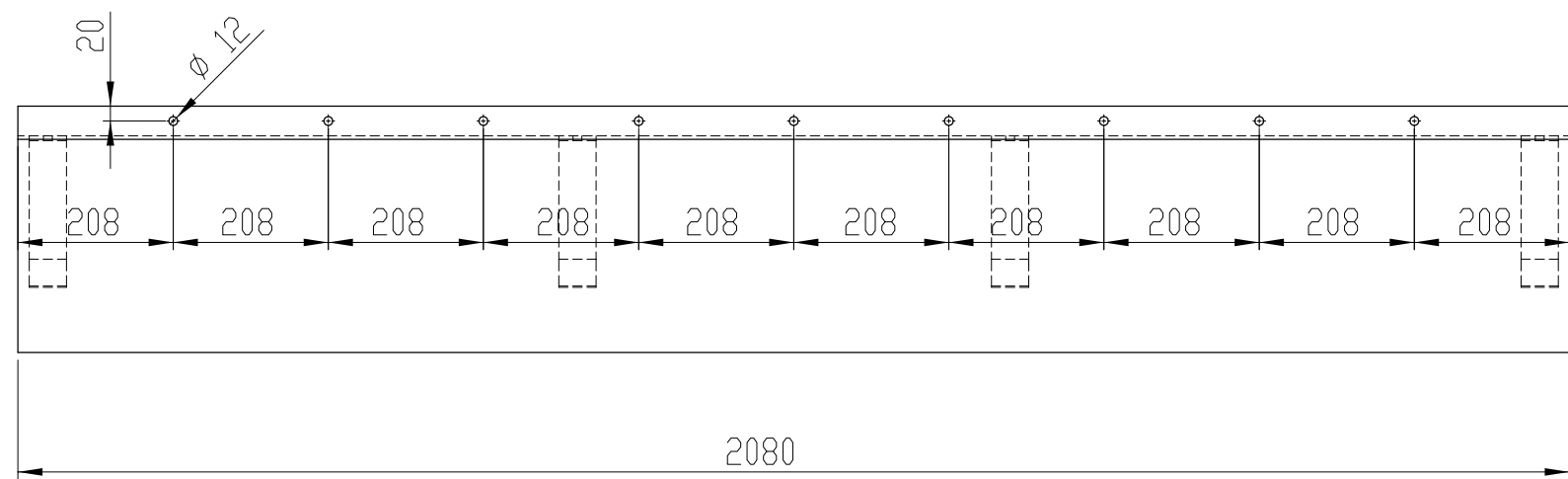
DETALLE C
ESCALA 1 : 5

FIJAR MEDIANTE
BULONERÍA M10

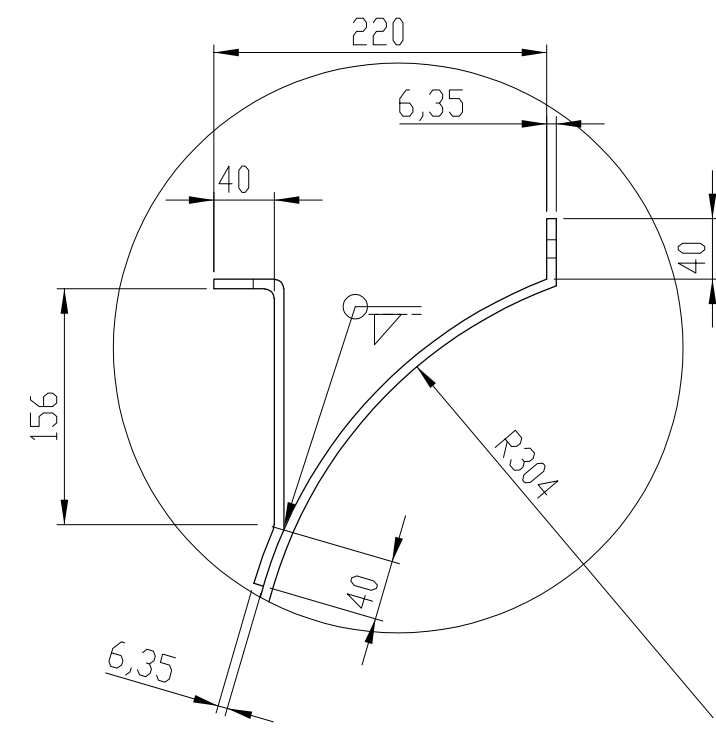
FIJAR MEDIANTE
BULONERÍA M10

TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SEGUN DIN 2768: MEDIAS

4.2	DEFLECTOR TRASERO	SAE 1010	1	49.2
4.1	DEFLECTOR DELANTERO	SAE 1010	1	45.5
POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		DEFLECTORES		
DIBUJO	FECHA 09/03/25	NOMBRE CDRG-PASC	ESCALAS 1:20	
APROBO			 POSICION 4	

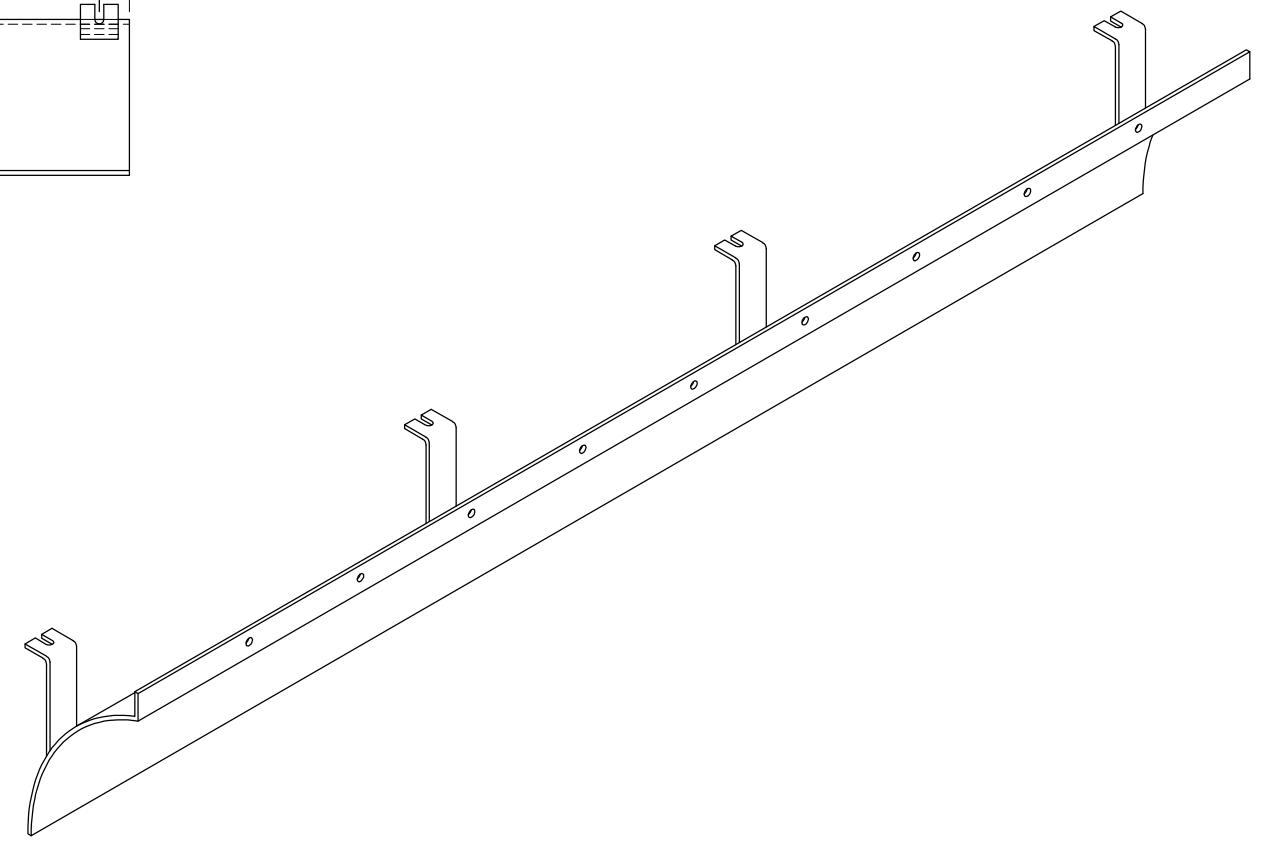


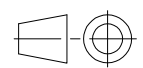
DETALLE A
ESCALA 1 : 5

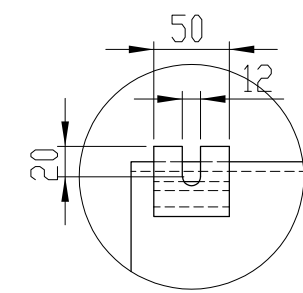
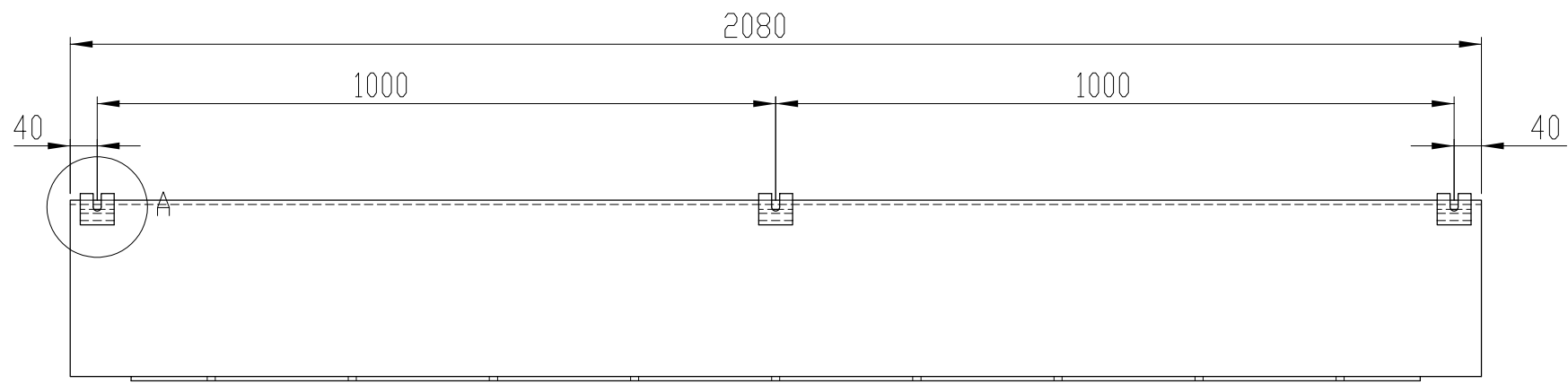
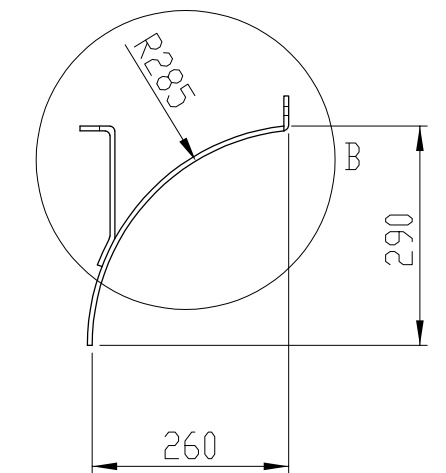
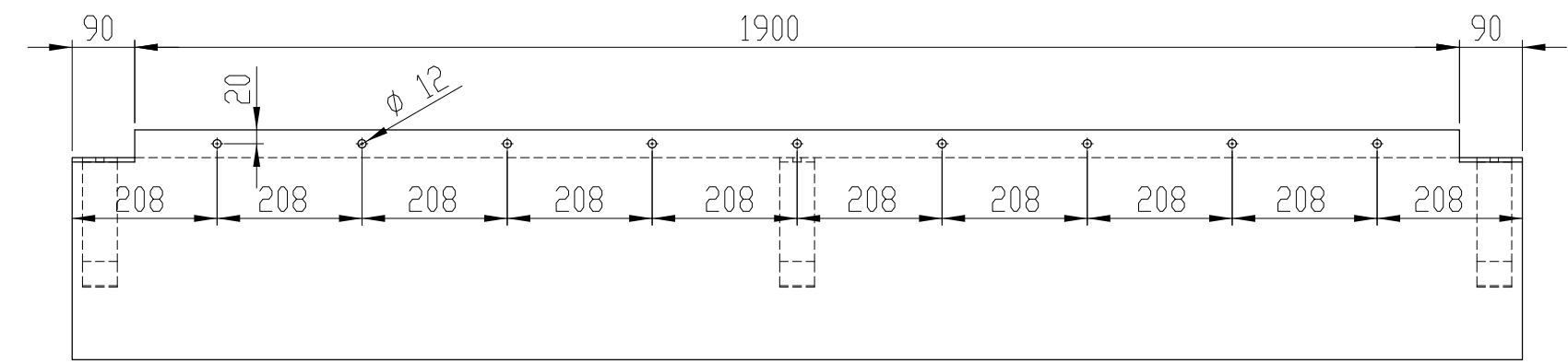


DETALLE B
ESCALA 1 : 5

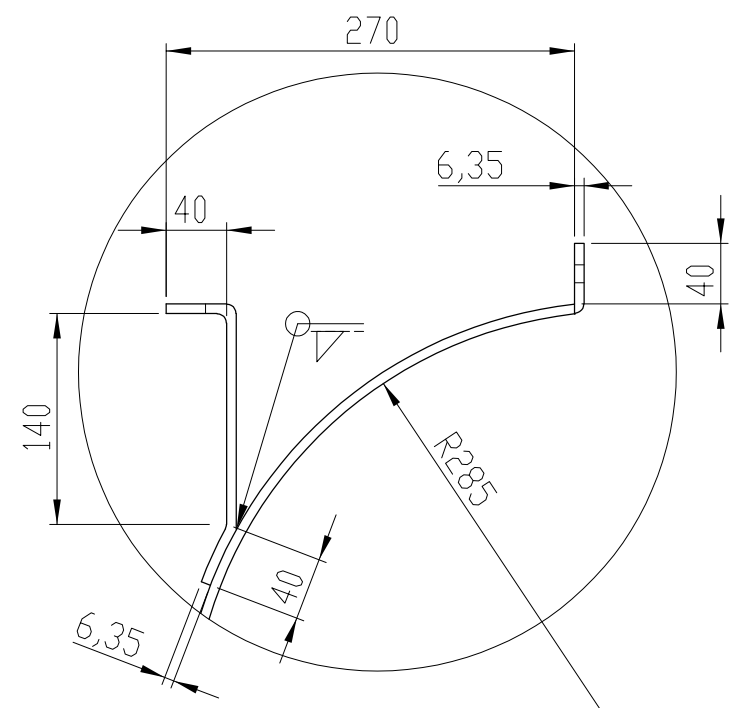
SOLDADURAS SEGUN AWS, EL ANCHO DEL CORDON DE SOLDADURA DEBERA SER 0,7
POR EL MINIMO ESPESOR A SOLDAR.
TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SEGUN DIN 2768: MEDIAS



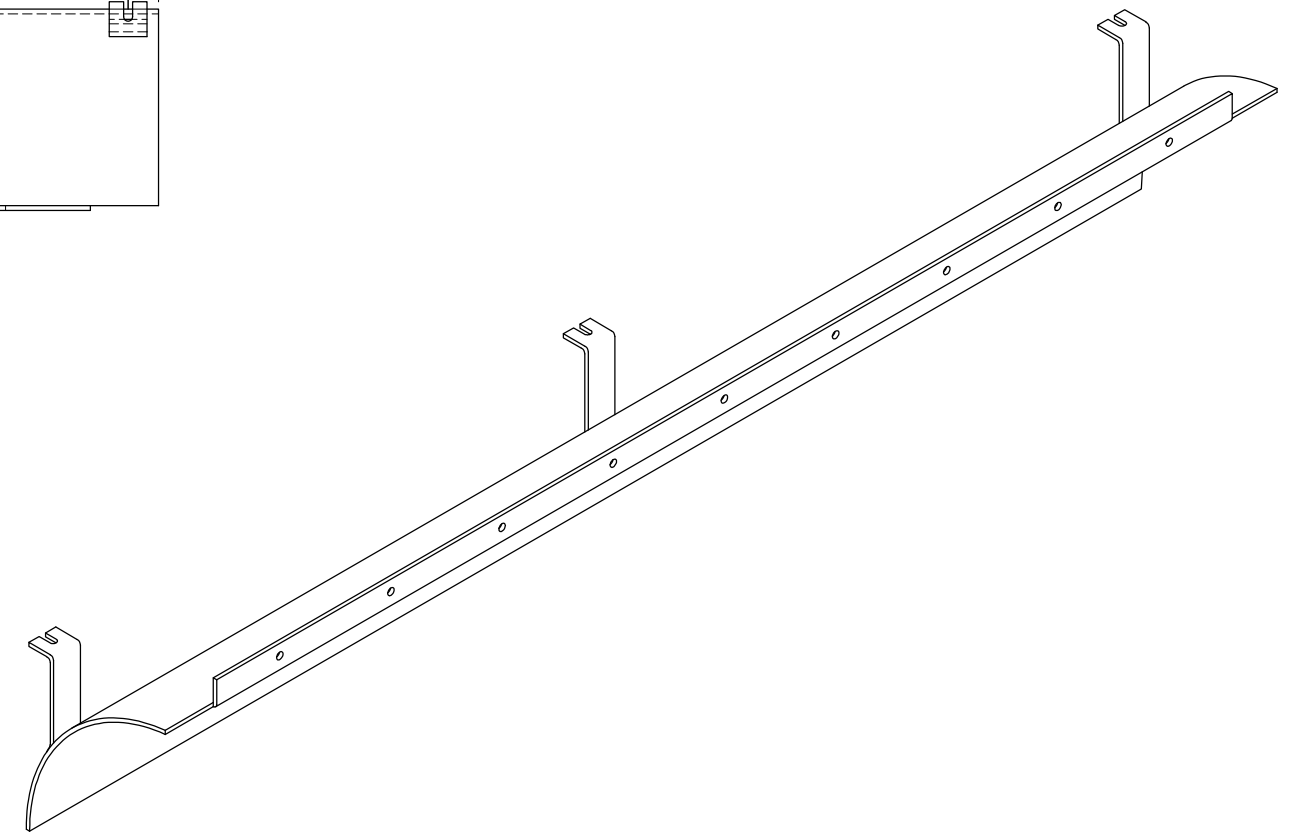
1				
POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		DEFLECTOR DELANTERO		
	FECHA	NOMBRE	 POSICION 4.1	
DIBUJO	04/03/25	CORGNALI-PASCUAL		
APROBO				



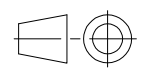
DETALLE A
ESCALA 1 : 5

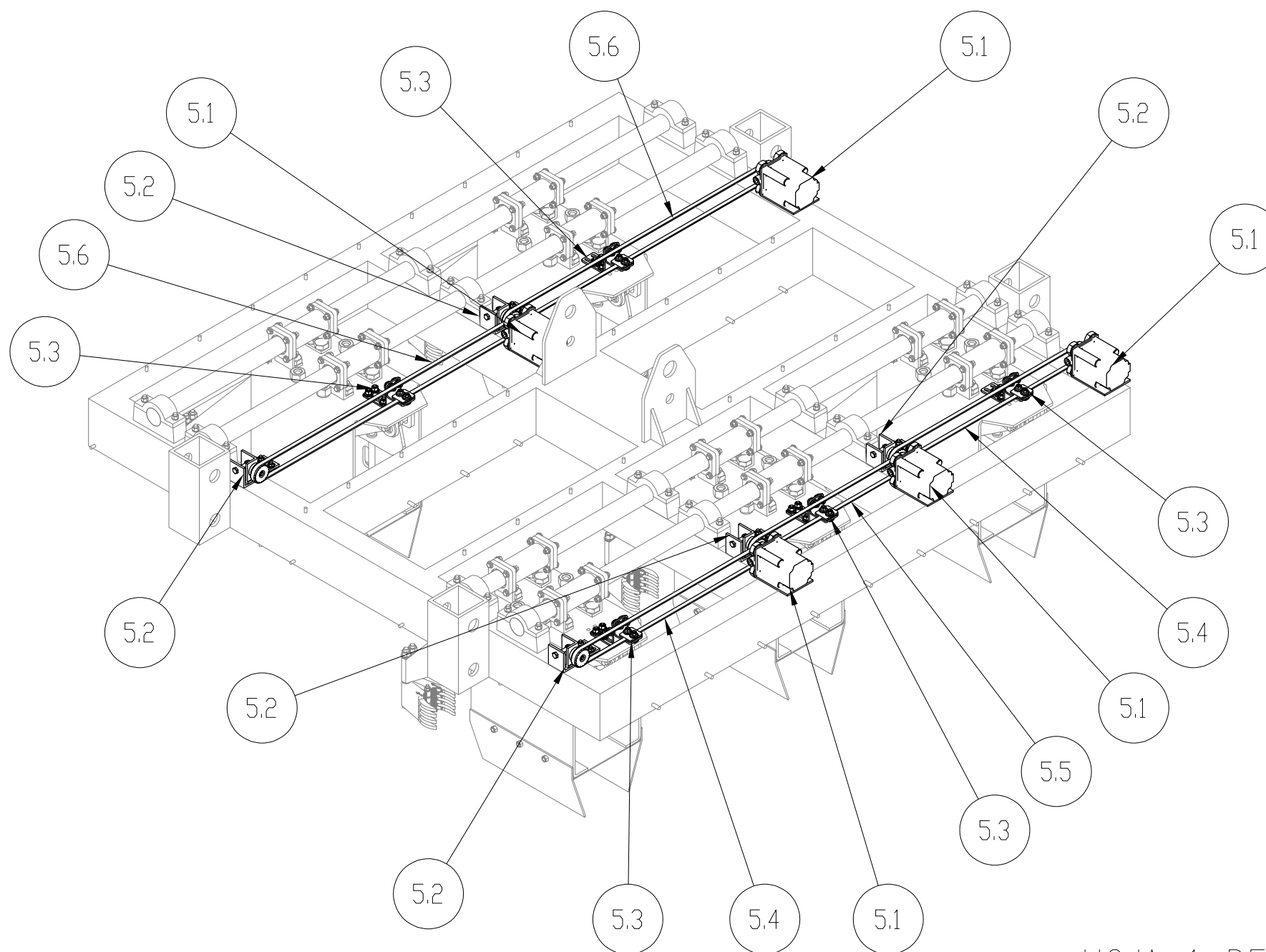
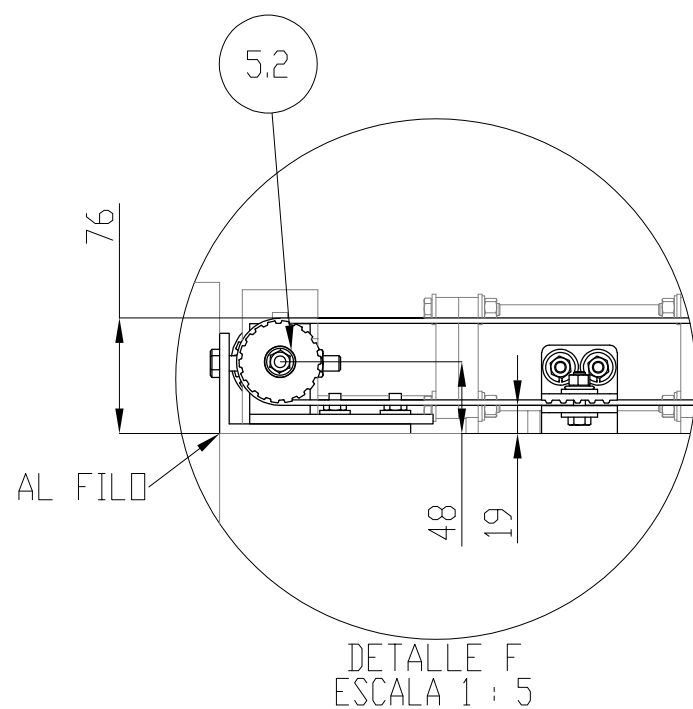
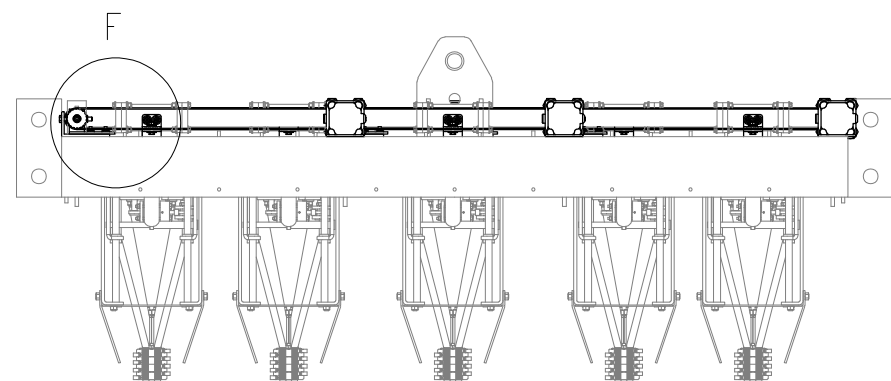


DETALLE B
ESCALA 1 : 5



SOLDADURAS SEGUN AWS, EL ANCHO DEL CORDON DE SOLDADURA DEBERA SER 0,7
POR EL MINIMO ESPESOR A SOLDAR.
TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SEGUN DIN 2768: MEDIAS

1				
POS.	DENOMINACION		MATERIAL	CANT. PESO
		PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS 1:10	
DIBUJO	04/03/25	CORGNALI-PASCUAL		
APROBO			 POSICION 4.2	



HOJA 1 DE 2

SOLDADURAS SEGUN AWS, EL ANCHO DEL CORDÓN DE SOLDADURA DEBERÁ SER 0,7 POR EL MINIMO ESPESOR A SOLDAR.
TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SEGUN DIN 2768: MEDIAS

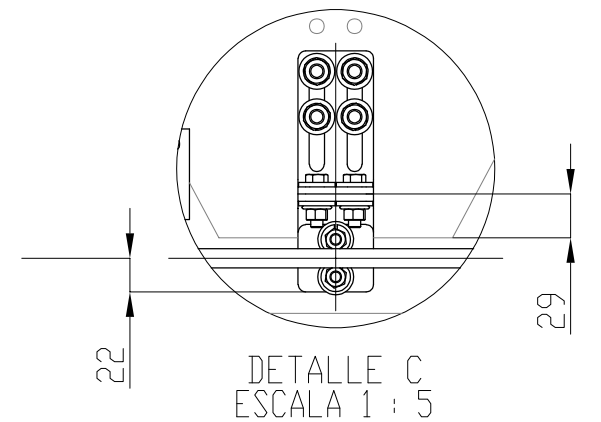
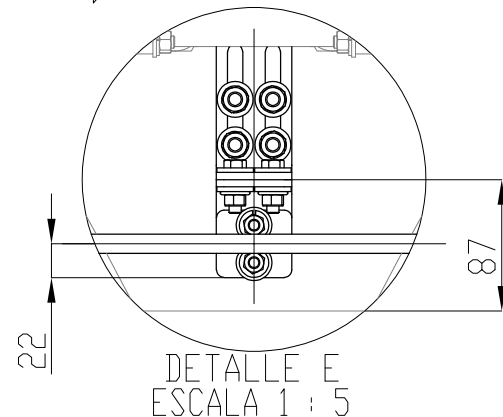
5.6	CORREA 3	COMERCIAL	2	0.18
5.5	CORREA 2	COMERCIAL	1	0.08
5.4	CORREA 1	COMERCIAL	2	0.14
5.3	SUJETADOR DE CORREA	-	5	0.6
5.2	CONJUNTO TENSOR	-	5	1.6
5.1	CONJUNTO MOTOR	-	5	3.1
POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO



PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

CONJUNTO MOVIMIENTOS

DIBUJO	FECHA	NOMBRE	ESCALAS		POSICION 5
APROBO	13/03/25	CORG-PASC	1:15		



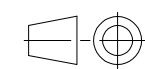
DETALLE C
 ESCALA 1 : 5

DETALLE E
ESCALA 1 : 5

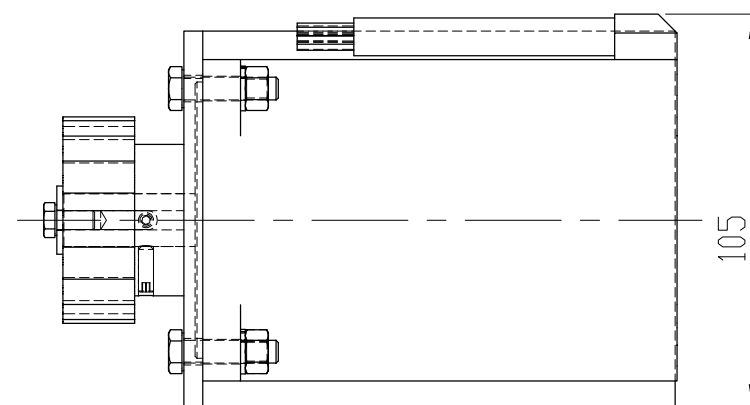
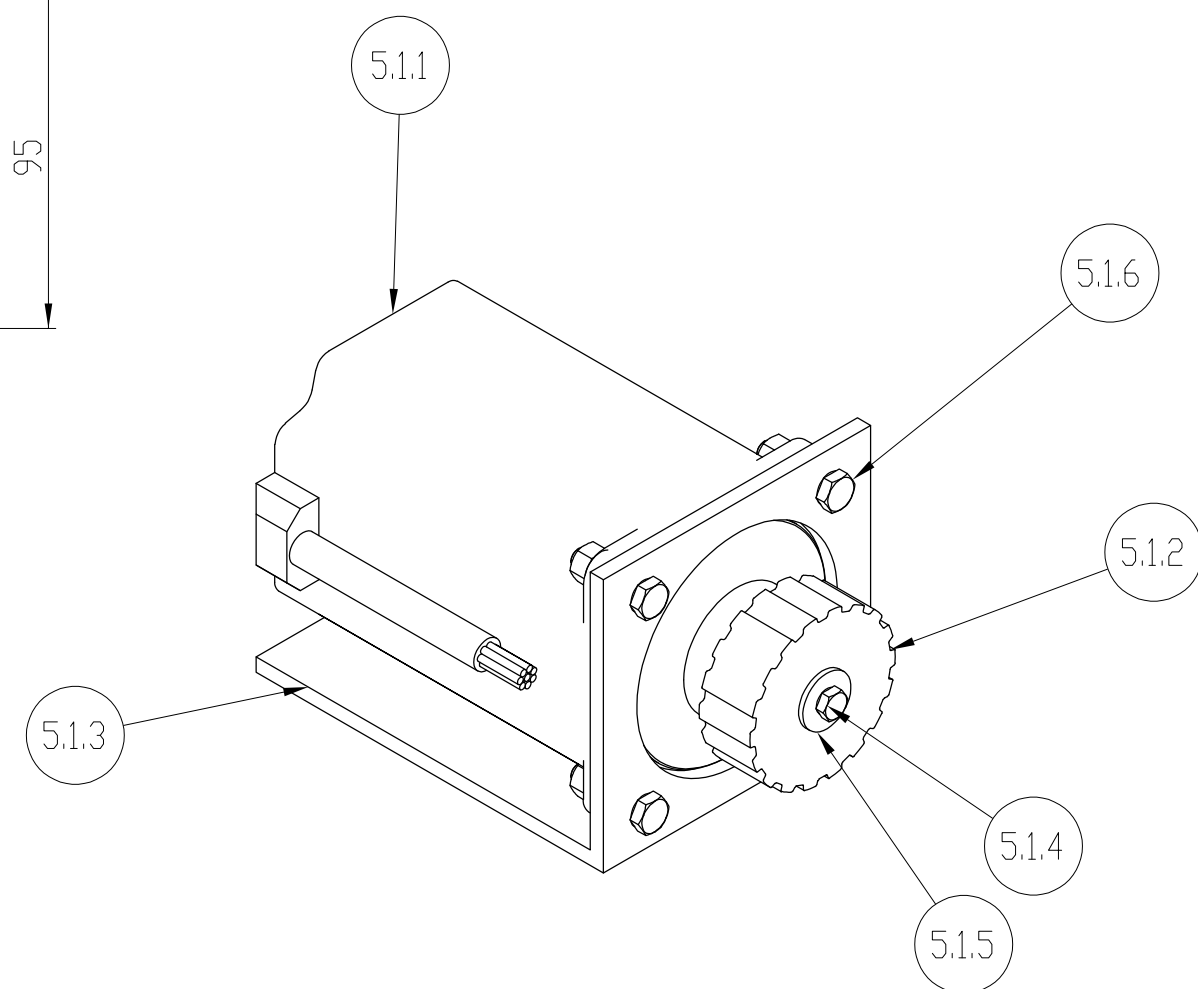
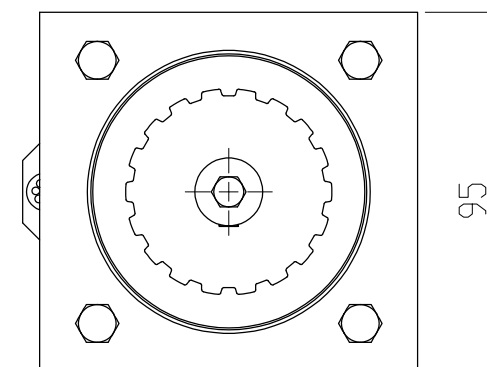
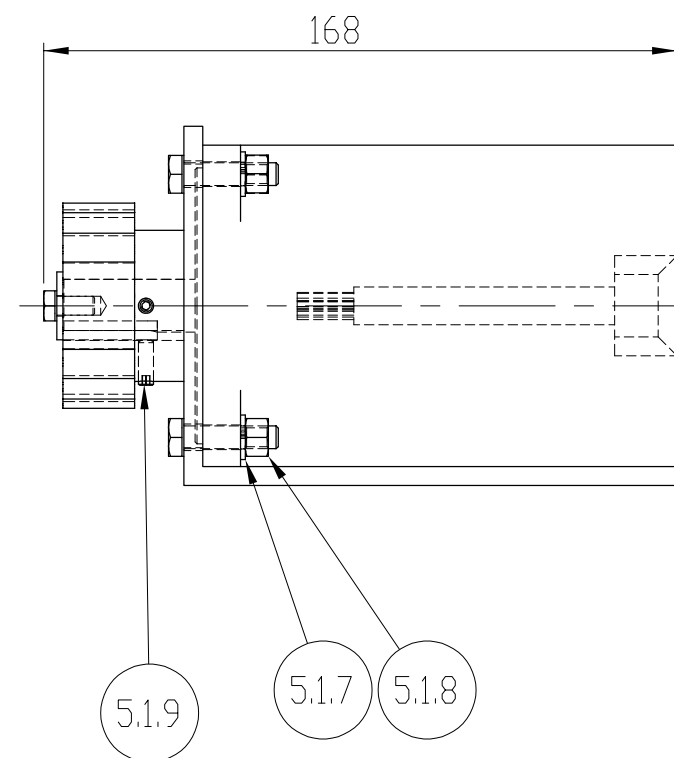
CONJUNTO MOVIMIENTOS



	FECHA	NOMBRE	ESCALAS 1:10
DIBUJO	13/03/25	CORG-PASC	
APROBO			



POSICION 5



5.1.9	PRISIONERO M4x12	COMERCIAL	2	-
5.1.8	TUERCA M6	COMERCIAL	4	-
5.1.7	ARANDELA GROWER M6	COMERCIAL	4	-
5.1.6	BULON M6x25	COMERCIAL	4	-
5.1.5	ARANDELA M5	COMERCIAL	1	-
5.1.4	BULON M5x10	COMERCIAL	1	-
5.1.3	SOPORTE	SAE 1010	1	0.7
5.1.2	POLEA MOTRIZ	SAE 4140	1	0.4
5.1.1	MOTOR AM34HD2403-M07	COMERCIAL	1	2
POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO



PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

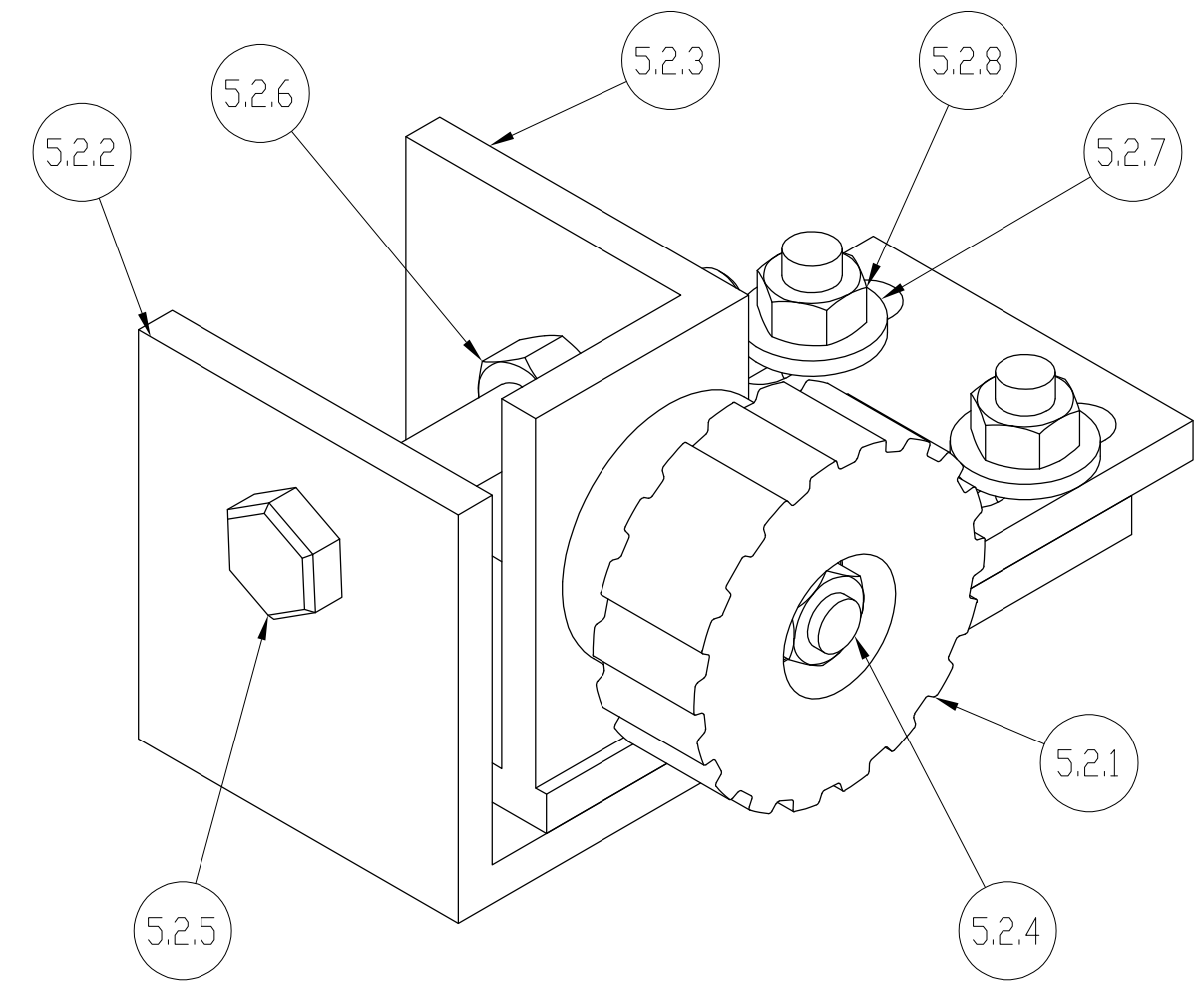
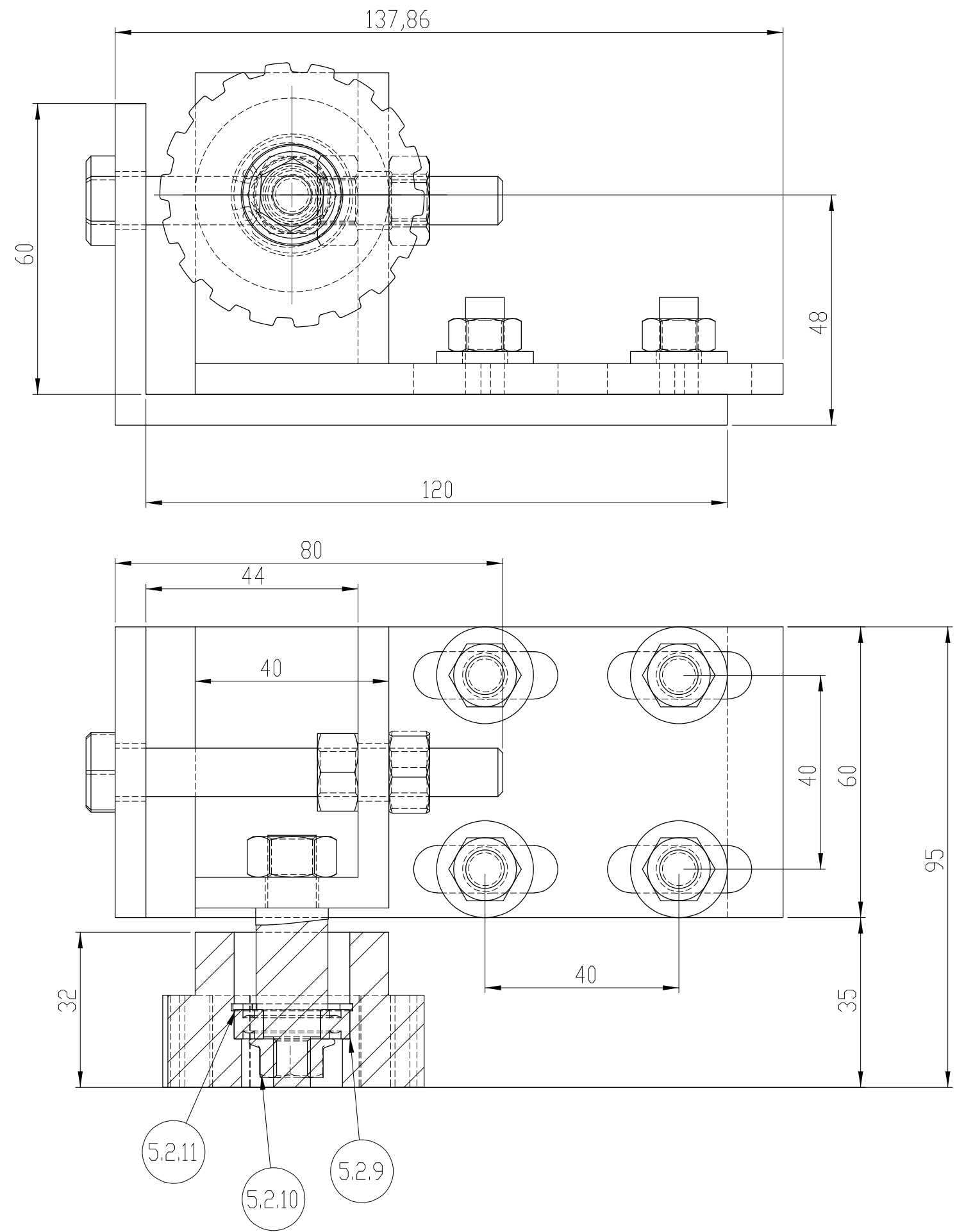
CONJUNTO MOTOR

TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SEGUN DIN 2768: MEDIAS

	FECHA	NOMBRE	ESCALAS		
DIBUJO	05/03/25	CORGNALI-PASCUAL	1:2		
APROBO					



POSICIÓN 5.1



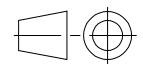
SOLDADURAS SEGUN AWS, EL ANCHO DEL CORDÓN DE SOLDADURA DEBERÁ SER 0,7 POR EL MINIMO ESPESOR A SOLDAR.
TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SEGUN DIN 2768: MEDIAS

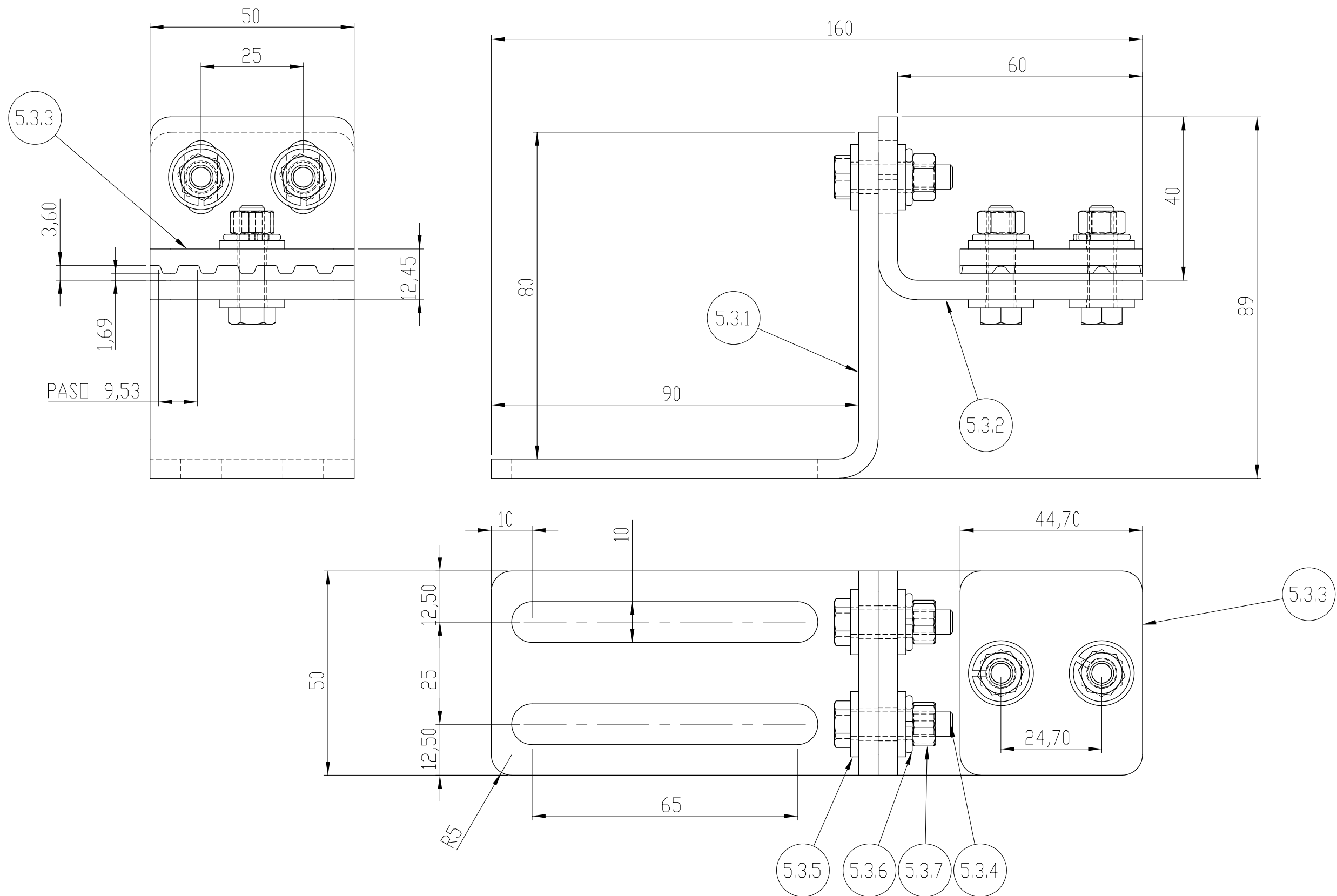
5.2.11	ANILLO SEEGER DIN 472 24	COMERCIAL	1	-
5.2.10	TUERCA M8 CON SOMBRERO	COMERCIAL	1	-
5.2.9	RODAMIENTO 61901-2RS1	COMERCIAL	1	-
5.2.8	TUERCA M8	SAE 4130	5	-
5.2.7	ARANDELA PLANA M8	COMERCIAL	4	-
5.2.6	TUERCA M10	COMERCIAL	2	-
5.2.5	TORNILLO M10x80	COMERCIAL	1	-
5.2.4	PERNO	SAE 4130	1	0.05
5.2.3	CHAPA TENSORA	SAE 1010	1	0.58
5.2.2	CHAPA SOPORTE	SAE 1010	1	0.58
5.2.1	POLEA TENSORA	SAE 4130	1	0.35
POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO



PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

CONJUNTO TENSOR

DIBUJO	FECHA	NOMBRE	ESCALAS		POSICION 5.2
APROBO	13/03/25	CORG-PASC	1:1		



5.3.7	TUERCA M6	COMERCIAL	4	-
5.3.6	ARANDELA GROWER M6	COMERCIAL	4	-
5.3.5	ARANDELA PLANA M6	COMERCIAL	8	-
5.3.4	TORNILLO M6x25	COMERCIAL	4	-
5.3.3	CHAPA - 03	SAE 1010	1	0.08
5.3.2	CHAPA - 02	SAE 1010	1	0.18
5.3.1	CHAPA - 01	SAE 1010	1	0.26
PDS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO

SOLDADURAS SEGUN AWS, EL ANCHO DEL CORDÓN DE SOLDADURA DEBERÁ SER 0,7 POR EL MINIMO ESPESOR A SOLDAR.
TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SEGUN DIN 2768: MEDIAS

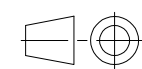


PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

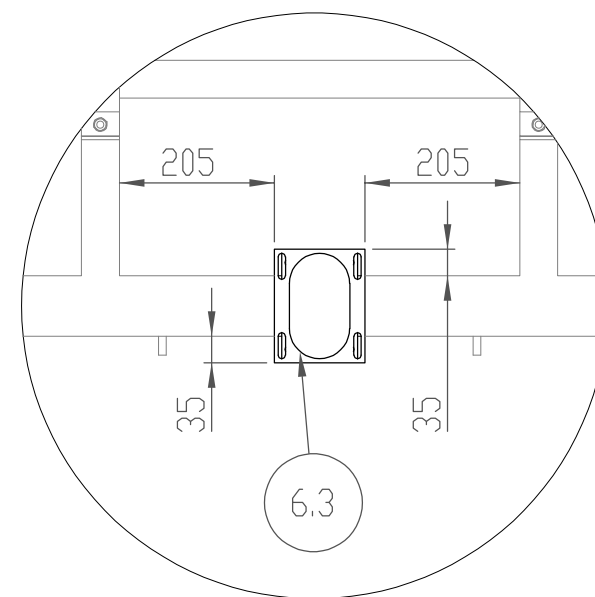
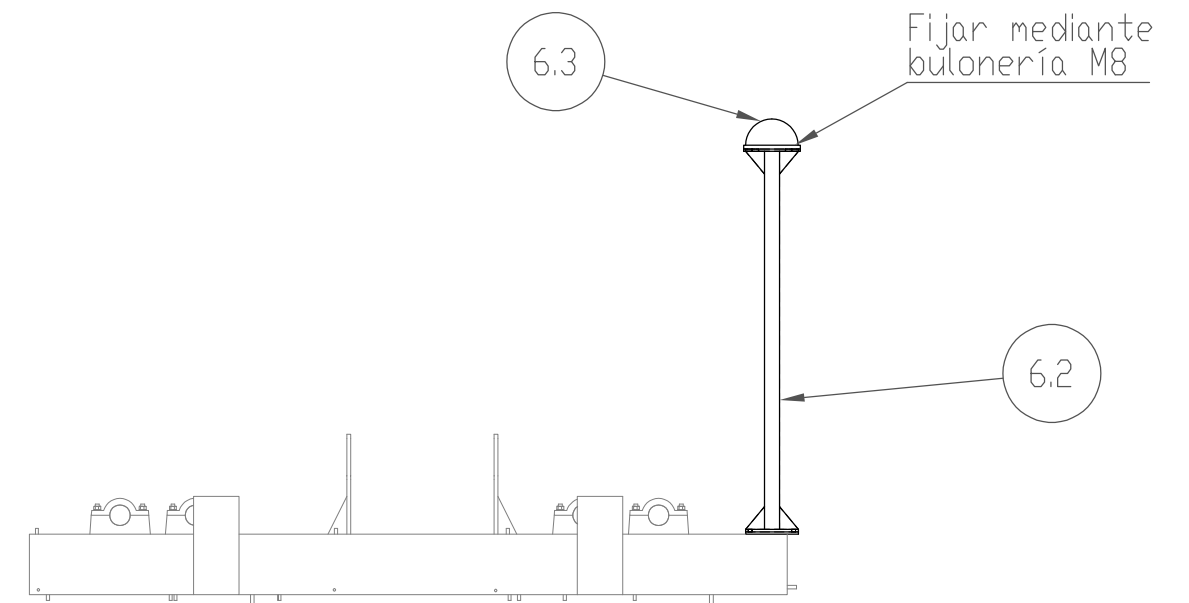
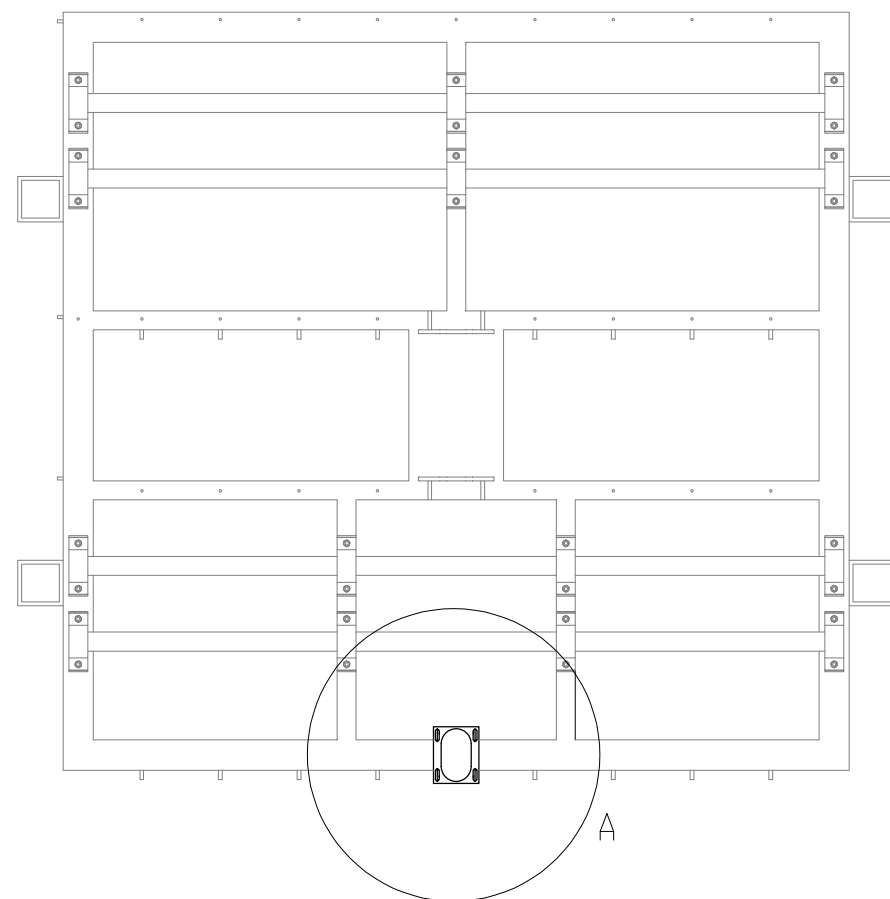
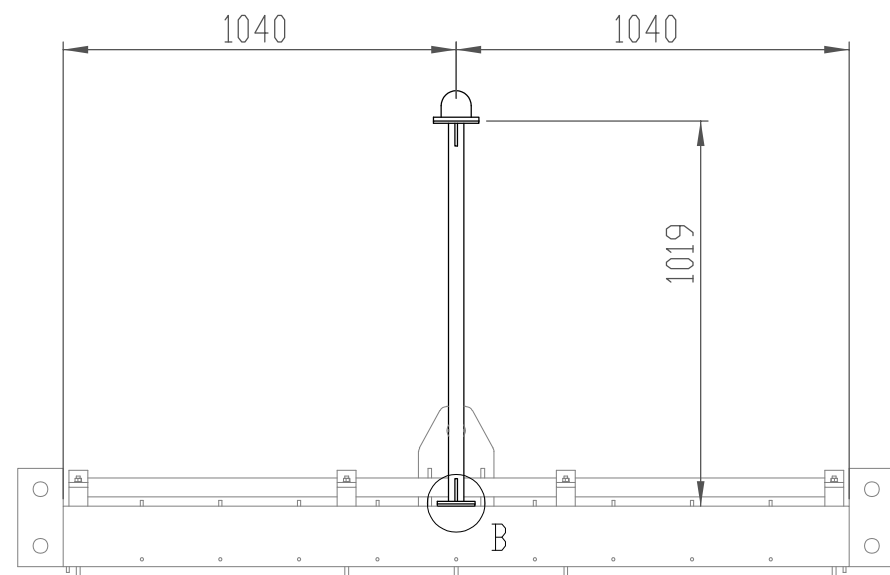
SUJETADOR DE CORREA

DIBUJO	FECHA	NOMBRE
APROBO	13/03/25	CORG-PASC

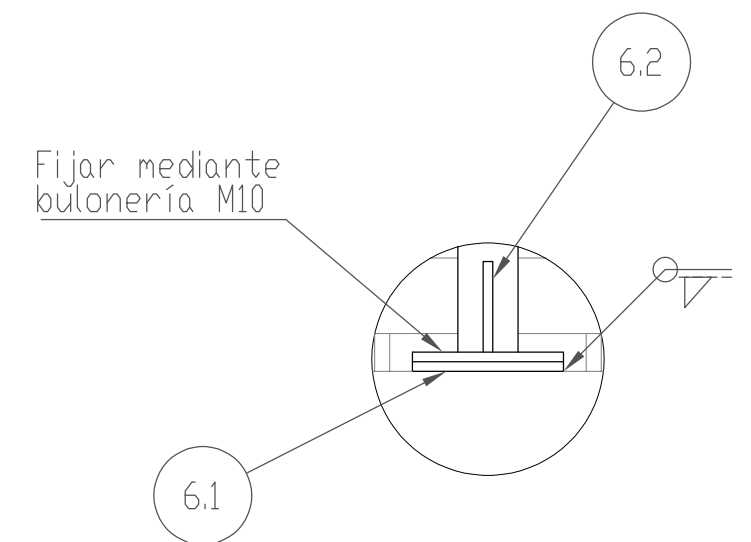
ESCALAS
1:1



POSICION 5.3

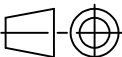


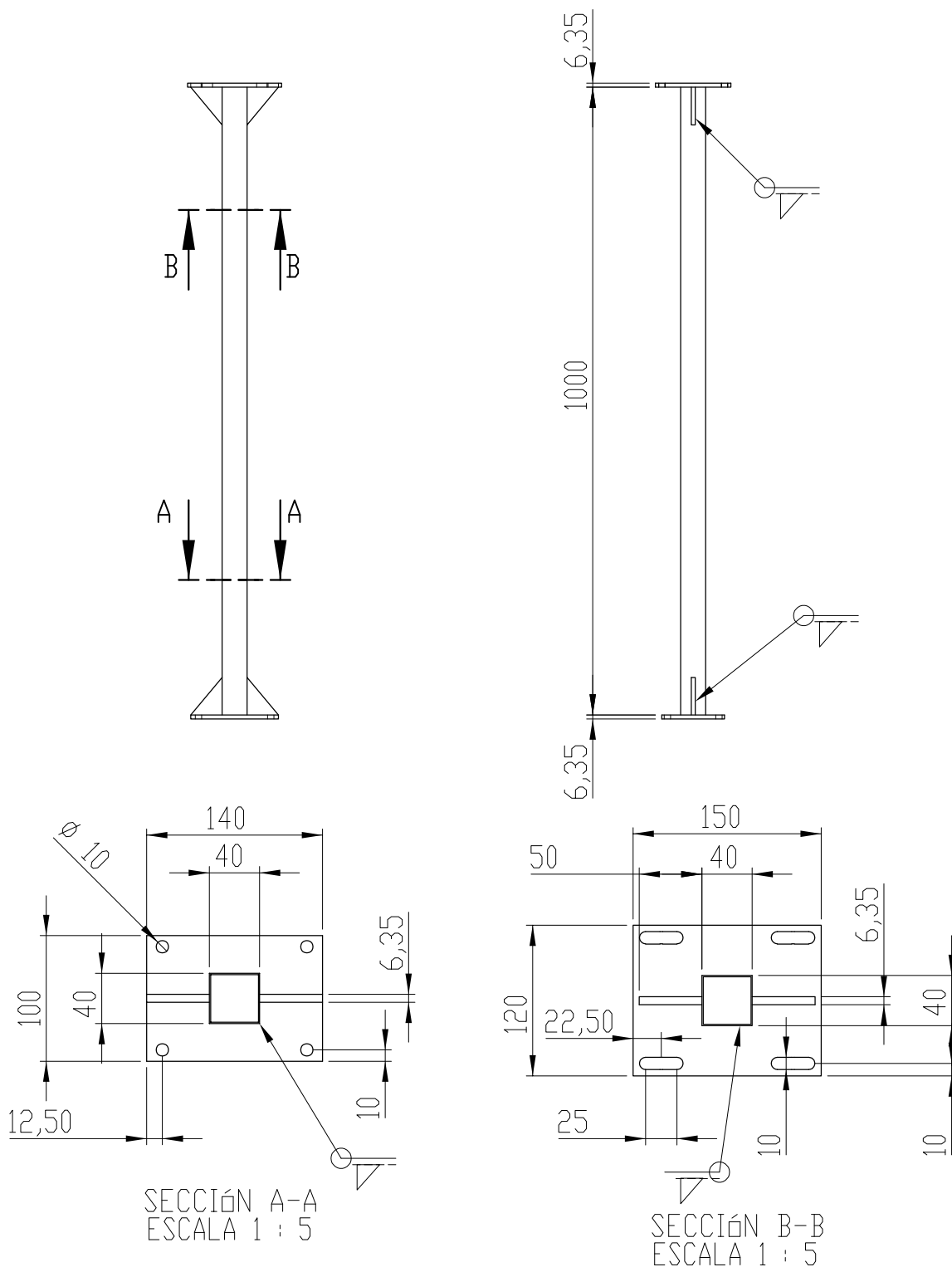
DETALLE A
ESCALA 1 : 10



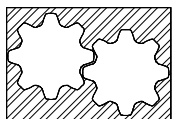
DETALLE B
ESCALA 1 : 5

SOLDADURAS SEGUN AWS, EL ANCHO DEL CORDÓN DE SOLDADURA DEBERÁ SER 0,7 POR EL MINIMO ESPESOR A SOLDAR.
TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SEGUN DIN 2768: MEDIAS

6.3	SENSOR LIDAR	COMERCIAL	1	-
6.2	SOPORTE	SAE 1010	1	4.5
6.1	CHAPA BASE	SAE 1010	1	0.68
POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		CONJUNTO SENSOR		
	FECHA	NOMBRE	 POSICION 6	
DIBUJO	04/03/25	CORGNIALI-PASCUAL		
APROBO				
			ESCALAS	
			1:20	



SOLDADURAS SEGUN AWS, EL ANCHO DEL CORDÓN DE SOLDADURA DEBERÁ SER 0,7 POR EL MÍNIMO ESPESOR A SOLDAR.
TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SEGUN DIN 2768: MEDIAS

1				
POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		SOPORTE		
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS 1:10	
DIBUJO	04/03/25	CORG-PASC		
APROBO				
		POSICION 6.2		