



Dispositivo de soldadura para chasis de sembradora

Pividori Juan Pablo

Universidad Nacional de Rosario

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura

Escuela de Ingeniería Mecánica

Rosario, Argentina

2024

Dispositivo de soldadura de chasis sembradora

Juan Pablo Pividori

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

Ingeniero/a Mecánico/a

Director/a:

Ing. Pedro Sismondi – Ing. Guillermo Rodríguez – Ing. Juan Sismondi

Universidad Nacional de Rosario
Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura
Escuela de Ingeniería Mecánica
Rosario, Argentina
2024

Dedicatoria

A mi familia, a mis amigos y principalmente a mis padres, por el acompañamiento, el apoyo y la paciencia durante todos estos años de estudios.

A mis compañeros de estudios, por ayuda y el acompañamiento fundamental en los años de estudios.

Agradecimientos

A la empresa Fercam S.A. por ponerse a disponibilidad del proyecto, tanto con recursos, como con información.

A la Universidad nacional de Rosario (UNR), por la disponibilidad de materiales de estudio

Resumen

El presente trabajo aborda la mejora del proceso de construcción del chasis en sembradoras Fercam, priorizando seguridad, calidad y productividad. El diagnóstico inicial identificó la necesidad de mejorar el sistema de montaje, ya que el actual presenta problemas de ergonomía y precisión. El objetivo principal fue diseñar un dispositivo que permita rotar y montar el chasis de manera más eficiente, minimizando los riesgos operativos y maximizando la precisión. Se evaluaron tres propuestas, seleccionándose una estructura rígida soportada por dos caballetes, con sistema de giro basado en piñón y cremallera, cilindros hidráulicos y un contrapeso para reducir la inercia. El diseño incluye un agarre móvil adaptable a diferentes tamaños de chasis y varios dispositivos de colocación que cumplen con las exigencias geométricas. Con esta solución, se optimiza el proceso de montaje, permitiendo un manejo seguro, flexible y compatible con distintos modelos de máquinas. Se recomienda seguir trabajando en la estandarización de componentes y en medidas adicionales de seguridad.

Palabras clave: Dispositivo de soldadura, Chasis, Sembradora, Proceso de soldadura.

Abstract

This project focuses on improving the chassis construction process for Fercam seeders, prioritizing safety, quality, and productivity. The initial diagnosis identified the need to enhance the assembly system, as the current one presents issues with ergonomics and precision. The main objective was to design a device that allows the chassis to be rotated and assembled more efficiently, minimizing operational risks and maximizing precision. Three proposals were evaluated, selecting a rigid structure supported by two stands, with a rotation system based on a pinion and rack, hydraulic cylinders, and a counterweight to reduce inertia. The design includes a movable clamp adaptable to different chassis sizes and several placement devices that meet the geometric requirements. This solution optimizes the assembly process, enabling safe, flexible handling and compatibility with different machine models. It is recommended to continue working on the standardization of components and additional safety measures.

Keywords: Welding device, Chassis, Seeder, Welding process

Contenido

1	Definición del Problema	11
1.1	Tolerancias Rectángulo principal	11
1.1.1	Perpendicularidad del rectángulo	12
1.1.2	Nivelación del rectángulo.....	13
1.2	Tolerancias tubos porta herramienta	15
1.2.1	Perpendicularidad a la dirección	16
1.2.2	Torsión del tubo	18
1.2.3	Nivelación del tubo	19
1.3	Tolerancias Marcador	19
1.4	Tolerancia bajada de rueda	21
1.4.1	Perpendicularidad al piso	21
1.4.2	Nivelación entre placas.....	23
1.5	Variables y Condiciones limite	23
1.5.1	Variables.....	23
1.5.2	Condiciones limite	24
2	Análisis de Soldadura.....	27
2.1	Energía y Fuerzas en el proceso de soldadura	27
2.2	Análisis etapa por etapa.....	28
2.2.1	Etapa 1: Formación del rectángulo	29
2.2.2	Etapa 2: Tubo intermedio y avantrenes.....	31
2.2.3	Etapa 3: Colocación de placas bajada de ruedas	32
2.2.4	Etapa 4: Colocación de placas marcador.....	34
2.2.5	Primera rotación del chasis.....	34
2.2.6	Etapa 5: Soldadura de uniones parte inferior	36
2.2.7	Etapa 6: Soldado de tubos porta herramienta y costillas	36
2.2.8	Segunda rotación del chasis.....	37
2.2.9	Etapa 7: Colocación de tomas de lanzas y agregados.....	38
2.3	Síntesis de proceso de soldadura	38
3	Propuesta de solución.....	40
3.1.1	Propuesta 1	40
3.1.2	Propuesta 2	41
3.1.3	Propuesta 3	42
3.1.4	Propuestas descartadas	43
3.1.5	Comparativas de propuesta.....	44
4	Desarrollo de la solución.....	46
4.1	Estructura.....	46
4.2	Caballetes	49
4.3	Sistema de giro	50
4.4	Toma móvil.....	51
4.5	Dispositivo de rectángulo principal	52
4.6	Dispositivo de bajada de rueda y marcador.....	53
4.7	Dispositivo de tubos porta herramientas	54
4.8	Sistema de seguridad.....	55
5	Conclusiones y recomendaciones.....	56
5.1	Conclusiones	56

5.2 Recomendaciones	56
Bibliografía	58
Anexo A: Cálculos de Tolerancias	59
Anexo B: Cálculos de soldadura.....	61
Anexo C: Resistencia de la estructura	63
Anexo D: Tolerancias del dispositivo	65
Anexo E: Planos	67

Introducción

En la industria manufacturera moderna, la búsqueda constante de mejoras en los procesos productivos se ha convertido en una necesidad ineludible para las empresas que buscan mantenerse competitivas. Estas mejoras pueden tener diversas aristas, como el incremento en la productividad, el control más eficiente del proceso, la mejora en la calidad de los productos finales, la optimización de las condiciones de higiene y seguridad para los trabajadores, o la reducción del impacto ambiental del proceso productivo. Aunque el punto de partida para la mejora de un proceso pueda ser alguno de estos aspectos, es esencial considerar el impacto en el resto de los factores mencionados, ya que cualquier intervención o modificación conlleva costos significativos para la empresa. Un enfoque integral es clave para garantizar que el proceso no solo solucione el problema inicial, sino que también optimice otros aspectos relevantes.

En este proyecto, se aborda el análisis y la mejora del proceso de construcción del chasis de las sembradoras Fercam. Actualmente, durante el armado y soldadura del chasis, se realiza una rotación manual utilizando un puente grúa para soldar tanto la superficie superior como la inferior. Este procedimiento no solo es ineficiente, sino que también presenta riesgos importantes para la seguridad del personal, creando una necesidad urgente de intervención para eliminar estos riesgos y mejorar el proceso.

Si bien la principal motivación de este proyecto fue mejorar las condiciones de higiene y seguridad en el lugar de trabajo, el análisis también busca optimizar la productividad y la calidad del producto. Durante el ensamblaje, se ha identificado un elevado índice de reprocesos en las piezas, lo cual se debe en gran parte a la necesidad de realizar cortes manuales con soplete de oxicorte para ajustar las piezas mal posicionadas o corregir defectos en la materia prima. Además, se ha observado que la calidad del producto terminado no cumple con las especificaciones técnicas, las cuales no están claramente definidas, lo que contribuye a un déficit en la conformidad del producto final.

El objetivo final de este proyecto es lograr la construcción de un chasis de mayor calidad, a través de un proceso más seguro y eficiente. Para ello, se analizarán en detalle los parámetros que afectan tanto la productividad como la calidad del producto, con el fin de cuantificarlos y mejorarlos. El chasis de la sembradora es una pieza

fundamental dentro del conjunto de la maquinaria, ya que sobre él se montan los demás implementos esenciales para la siembra, tales como los cuerpos de siembra y labranza (encargados de abrir el suelo y depositar la semilla), la tolva (para el transporte de semillas y fertilizantes), los abonadores (que se encargan de fertilizar la tierra), los marcadores (que señalan la dirección de siembra) y las ruedas, que conectan todo el conjunto con el suelo.

Cada uno de estos componentes define importantes restricciones geométricas en el diseño del chasis. Por ejemplo, las patas de la tolva deben estar perfectamente horizontales para asegurar una descarga uniforme, evitando que ciertas zonas queden vacías antes que otras, lo cual reduciría la capacidad efectiva de la máquina. El tubo portaherramientas, por su parte, debe estar alineado perpendicularmente a la dirección de avance, ya que de lo contrario los cuerpos de siembra trabajarían en ángulos incorrectos, aumentando el desgaste de los discos plantadores y afectando la precisión de la siembra. Asimismo, la altura del tubo debe estar nivelada para garantizar una correcta colocación de las semillas.

Además, las placas de bajada de rueda deben instalarse de manera perpendicular al suelo para asegurar un funcionamiento adecuado, mientras que las placas del marcador requieren estar perfectamente alineadas para que el mecanismo de dirección funcione con precisión. Estas y otras restricciones identificadas hacen evidente la necesidad de diseñar un dispositivo especializado que garantice el cumplimiento de todas estas exigencias geométricas, al mismo tiempo que proteja la seguridad de los operarios y minimice los reprocesos, reduciendo los tiempos de fabricación.

En este contexto, se ha evaluado el proceso productivo actual en Fercam, donde la soldadura se realiza con máquinas MIG utilizando una mezcla de argón y CO₂, empleando equipos TAURO. El espacio disponible para la construcción del chasis es de 10 metros por 17 metros, en el cual deben operar los trabajadores y almacenarse los materiales necesarios. Además, Fercam se especializa en la fabricación de máquinas personalizadas, que se ajustan a siete modelos principales, con variaciones en ancho, alto y largo según las necesidades del cliente. El dispositivo de soldadura que se diseñe deberá adaptarse a esta flexibilidad en los modelos, siendo capaz de absorber las diferencias en longitud, que pueden oscilar entre los 3 y 9 metros.

1 Definición del Problema

Para iniciar el análisis de este proyecto, es fundamental definir y calcular las tolerancias geométricas del chasis de las sembradoras Fercam. Cuando se planteó originalmente el proyecto, dichas tolerancias no estaban previamente definidas, lo que representaba un desafío considerable. Por ello, fue necesario llevar a cabo una investigación exhaustiva con el fin de determinar estas tolerancias, que son cruciales para garantizar la calidad del ensamblaje y, en última instancia, el correcto funcionamiento de la máquina.

Las tolerancias del chasis son críticas para asegurar que la sembradora realice una siembra eficiente y precisa, ya que estas influyen directamente en el valor y la competitividad de la máquina en el mercado. Por lo tanto, definir las con precisión es de suma importancia para el éxito del proyecto. A continuación, se detallan las principales tolerancias a tener en cuenta, comenzando por el *rectángulo principal*, que forma la base estructural del chasis.

1.1 Tolerancias Rectángulo principal

El rectángulo principal está compuesto por los tubos exteriores del chasis (como se muestra en la **Figura 1-1**), los cuales constituyen el soporte principal de toda la estructura, aportando tanto resistencia como rigidez. Durante el proceso de ensamblaje, lo primero que se monta es este rectángulo, sobre el cual posteriormente se soldarán el resto de los componentes del chasis. Existen dos restricciones críticas que deben respetarse en este proceso: la perpendicularidad y la nivelación del rectángulo principal.

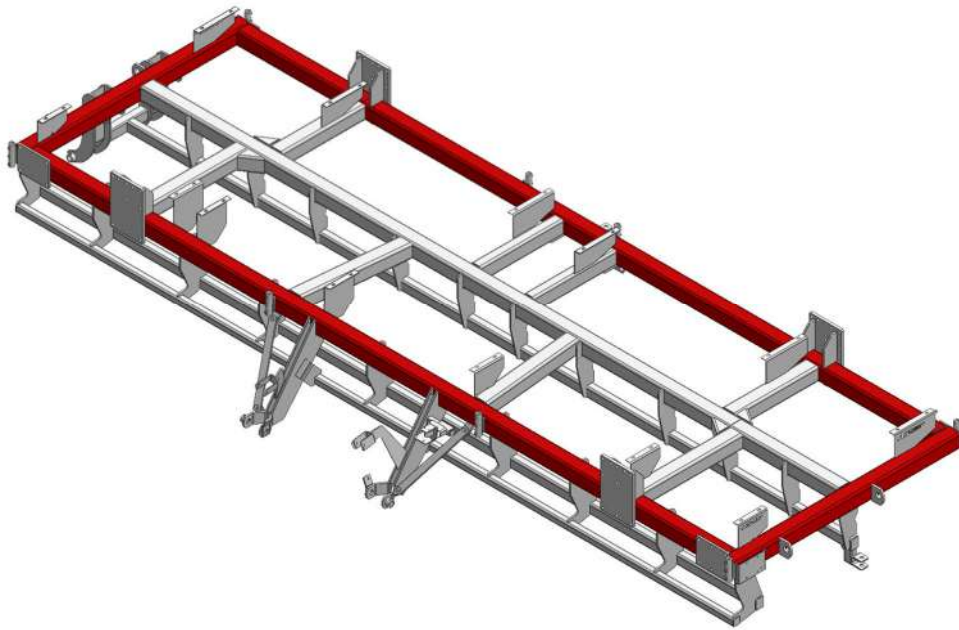


Figura 1-1:Rectángulo principal en chasis

1.1.1 Perpendicularidad del rectángulo

El rectángulo principal actúa como la referencia fundamental para todo el montaje de la máquina. Debido a exigencias tanto estructurales como funcionales, los ángulos de los vértices del rectángulo no pueden desviarse más de 0,5 grados respecto a los 90 grados ideales. Cualquier desalineación en estos ángulos afectaría negativamente el desempeño de la sembradora. La **Figura 1-2** ilustra una desalineación exagerada para fines explicativos.

Para entender mejor el impacto de esta desalineación, se puede realizar una conversión a milímetros usando la ecuación del coseno. En el caso de las máquinas más pequeñas, con una longitud de 3 metros, la diferencia máxima permitida en los ángulos es de 27 mm, según se puede calcular con la ecuación (1.1). Además, aplicando el teorema del coseno (ecuación (1.2)), es posible calcular la diferencia entre las diagonales del rectángulo, que es el método actualmente utilizado para verificar su perpendicularidad. Para estas máquinas más pequeñas, la diferencia máxima permitida entre las diagonales es de 16 mm.

$$Dif = \cos(0,5^\circ) * 3000 \quad (1.1)$$

$$Diag = \sqrt{A^2 + B^2 - 2.A.B.\cos(\alpha)} \quad (1.2)$$

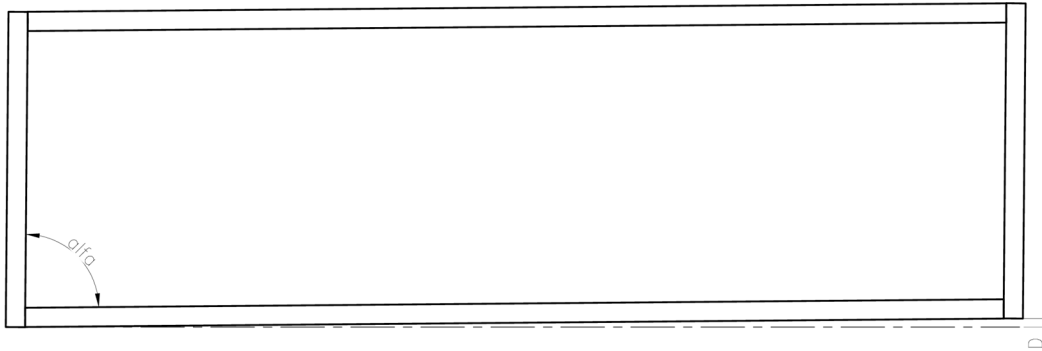


Figura 1-2: Rectángulo principal no perpendicular

1.1.2 Nivelación del rectángulo

En el rectángulo principal se colocan la tolva, si esta se encuentra inclinada se descargará de manera desregular (como se puede ver en la), llegando el caso, los dosificadores de semilla del lado más alto se vaciarían y dejaran de dosificar semilla habiendo material en la tolva todavía, en la práctica, esto implica una reducción de la autonomía de la máquina. Para calcular esa reducción, supongamos que la tolva es prismática de largo A y alto B, calcularemos primero su área (ver Ecuación), ahora supongamos que la inclinamos, un ángulo Alfa, para calcular el área del triángulo formada por el desnivel consideraremos que el ángulo es menor a 1° , por lo cual h es aproximadamente r, por lo cual, el área del triángulo (Ecuación). Con ambas áreas, calculamos la relación existente (Ecuación)

La nivelación del rectángulo principal es igualmente crucial. Sobre esta estructura se colocará la tolva, que es responsable de contener y distribuir las semillas. Si el rectángulo no está adecuadamente nivelado, la tolva se inclinará, lo que provocará una descarga desigual de las semillas (ver **Figura 1-3**). En el peor de los casos, los dosificadores de semilla ubicados en la parte más alta de la tolva se vaciarán antes que los del lado opuesto, a pesar de que aún haya material en la tolva. En la práctica, esto reduciría la autonomía de la máquina y requeriría recargas más frecuentes, lo cual es ineficiente.

Para cuantificar esta pérdida de capacidad, asumimos que la tolva tiene forma prismática, con un largo A y un alto B . El área de la sección transversal de la tolva es $A \cdot B$, según la ecuación (1.3). Si la tolva se inclina un ángulo α , podemos calcular el área del triángulo formado por el desnivel, que corresponde a la porción de semilla no aprovechada. Asumiendo que el ángulo es menor a 1° , el valor de h (la diferencia de altura) es aproximadamente igual a r , lo que nos permite calcular el área del triángulo utilizando la ecuación (1.4). Finalmente, la relación entre el volumen perdido y el total de la tolva se puede expresar mediante la ecuación (1.5).



Figura 1-3: Diferencia entre tolva nivelada y desnivelada

$$V_t = A \cdot B \quad (1.3)$$

$$V_d = \frac{A \cdot h}{2} \quad (1.4)$$

$$R = \frac{V_d}{V_t} = \frac{h}{2 \cdot B} \quad (1.5)$$

Como se puede observar, la pérdida de capacidad no depende del largo de la tolva, sino de la relación entre la altura total y la diferencia de nivel generada por la inclinación. Según la política interna de la empresa, esta diferencia no debe superar el 3% del total. Dado que la altura de la tolva más baja es de 900 mm, esto implica que la diferencia máxima de nivel permitida es de 60 mm. Este margen debe distribuirse entre la diferencia de nivel del chasis, las placas de soporte y las bajadas de rueda.

En este proyecto, las bajadas de rueda y las placas de soporte son componentes externos y vienen predefinidos, con una tolerancia de 7 mm para la tolva y 40 mm para las placas de bajada de rueda. Esto implica que la diferencia máxima permitida entre los tubos laterales del chasis no puede exceder los 13 mm, para garantizar un rendimiento óptimo de la sembradora.

1.2 Tolerancias tubos porta herramienta

Los tubos porta herramienta son una parte crítica del chasis, ya que sobre ellos se montan los cuerpos de siembra, los cuales son el órgano principal de la sembradora encargado de colocar las semillas en el suelo de manera precisa. Estos tubos se encuentran en la parte inferior del chasis, como se muestra en la **Figura 1-4**.

El desempeño de los cuerpos de siembra depende directamente de la correcta alineación y nivelación de estos tubos, ya que cualquier desalineación puede afectar negativamente la precisión de la siembra, el desgaste del equipo y la dirección en la que se desplaza la máquina. A continuación, se describen los cálculos y restricciones aplicables a este componente.

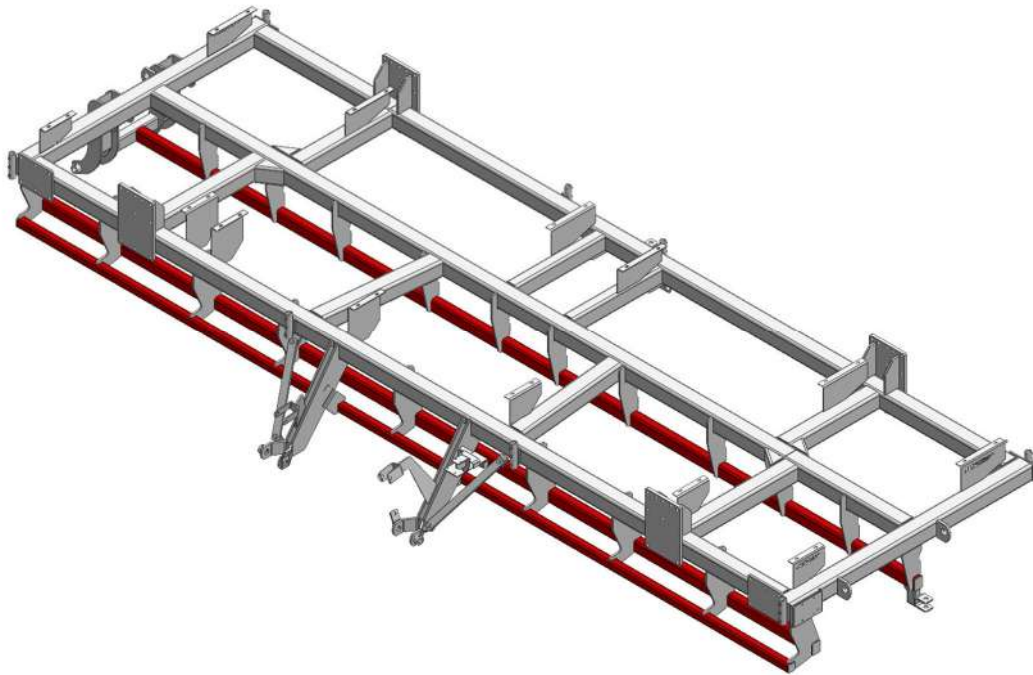


Figura 1-4:Ubicación tubo porta herramienta

1.2.1 Perpendicularidad a la dirección

La perpendicularidad de los tubos porta herramienta en relación con la dirección de avance del tractor es crucial, ya que de ella depende la distribución correcta de las fuerzas de tracción y el desplazamiento eficiente de la sembradora. Para evaluar la importancia de esta perpendicularidad, primero calcularemos la fuerza necesaria para mover cada cuerpo de siembra en condiciones reales de trabajo, utilizando la norma ASAE 497, que establece una fórmula para determinar la fuerza de tiro requerida (ecuación (1.6)).

$$D = F_i * [A + B(v_i) + C(v_i)^2] * W * T \quad (1.6)$$

Donde:

- D: Fuerza de tiro.
- F_i : Parámetro adimensional que caracteriza el tipo de suelo, tomaremos el peor caso, valiendo 1.
- A,B,C: Parámetros que caracterizan el tipo de máquina (no-till seed).

- v_i : Velocidad de trabajo.
- W: Ancho del implemento o número de cuerpos.
- T: Profundidad de trabajo (1 en nuestro caso).

Al aplicar estos parámetros, obtenemos que la fuerza necesaria para mover cada cuerpo de siembra es aproximadamente 1820 N (equivalente a 185 kgf por cuerpo).

Distribución de Fuerzas y Tolerancias

Cada módulo de siembra está equipado con cuatro ruedas, y el peso se distribuye equitativamente entre ellas. Una de estas ruedas estará frenada para evitar que la máquina se desplace en una dirección diferente a la del tractor. Para garantizar que la máquina siga la trayectoria deseada, la fuerza de roce lateral que se genera por la desalineación de los cuerpos de siembra no debe exceder la fuerza de tracción lateral ejercida por las ruedas.

De acuerdo con el proveedor de neumáticos, Fate, el coeficiente de fricción de las ruedas sobre tierra es de aproximadamente 0,4. Usando la ecuación de fricción (ecuación (1.7)), podemos calcular la fuerza máxima de fricción.

$$F_r = \mu * P \quad (1.7)$$

El cálculo nos da una fuerza de fricción lateral máxima de 8900 N. Al dividir esta fuerza entre los cuerpos de siembra, obtenemos que la fuerza lateral máxima permitida por cuerpo es de 150 N.

Aplicando la ecuación del seno, podemos calcular el ángulo máximo de desalineación permitido. Con una fuerza lateral de 150 N, el ángulo máximo permitido es de 4,7°. Sin embargo, al aplicar un factor de seguridad de 3, reducimos esta tolerancia angular a 1,6°.

Es importante destacar que, dado que el chasis puede tener una inclinación máxima permitida de 1°, la tolerancia máxima para la perpendicularidad del tubo porta herramienta se reduce a 0,6°, lo que representa una restricción crítica en el proceso de construcción y ensamblaje.

1.2.2 Torsión del tubo

La torsión del tubo porta herramienta es un factor crucial que debe ser cuidadosamente controlado durante el proceso de construcción. Cualquier rotación indebida del tubo puede generar dos problemas principales:

- Desalineación con las especificaciones del proveedor de dosificadores:
El sistema de dosificación de semillas debe funcionar bajo condiciones óptimas para garantizar que las semillas se transporten de manera uniforme dentro de los cuerpos de siembra. Si el tubo se encuentra rotado más allá de la tolerancia permitida, las semillas podrían rebotar en las paredes del tubo, afectando su distribución y provocando un planteo incorrecto. Esto, a su vez, disminuiría la calidad general de la sembradora. El proveedor de dosificadores establece una tolerancia de 1° para este aspecto
- Desalineación de la fuerza con el punto de contacto de los discos:
Los discos de siembra están diseñados para trabajar bajo un ángulo específico que optimiza el contacto con el suelo, permitiendo que las fuerzas generadas por la resistencia del terreno se distribuyan adecuadamente. Estas fuerzas se componen de una componente vertical, relacionada con el peso, y una componente horizontal, relacionada con la velocidad de avance. Si el tubo está torsionado, el ángulo de contacto entre los discos y el suelo no coincidirá con el ángulo óptimo de las fuerzas aplicadas, lo que resultará en un desgaste no uniforme de los discos y en una siembra imprecisa. Para evitar este problema, se establece una tolerancia máxima de 25 mm en la desalineación.

Para el primer punto, la tolerancia de 1° se traduce, en términos lineales, a una tolerancia de ± 2 mm. Sin embargo, es importante tener en cuenta otros factores que pueden contribuir a la desalineación. Por ejemplo, las variaciones en la nivelación de la placa base y las diferencias en la altura de las bajadas de rueda pueden generar un desnivel de aproximadamente 0,7 mm. Por lo tanto, para cumplir con los requisitos del proveedor, la tolerancia efectiva del tubo debe ser de 1,3 mm. Esta tolerancia es superior a la exigida en el segundo punto, por lo cual, con cumplirla se da por válida la segunda.

1.2.3 Nivelación del tubo

Al igual que con la torsión, la nivelación del tubo porta herramienta es un aspecto clave que afecta directamente el desempeño de los cuerpos de siembra. La nivelación del tubo influye en la caída de las semillas y, por ende, en la precisión del sembrado. Si el tubo está desnivelado, las semillas podrían no caer en la posición correcta, lo que compromete la calidad del planteo y la uniformidad de la siembra. En este sentido, se exige una tolerancia de 1° para la nivelación del tubo.

Es necesario tener en cuenta las contribuciones de otros factores en la nivelación general del tubo. Por ejemplo, existe un margen de error de $0,3^\circ$ debido a la desalineación entre la bajada de rueda y la nivelación de las placas. Dado este margen, el tubo porta herramienta puede tener una tolerancia de nivelación de $0,7^\circ$.

Este margen debe respetarse rigurosamente para garantizar que el sistema de siembra funcione de manera eficiente y que el desgaste de los discos sea uniforme, prolongando así la vida útil del equipo y asegurando la correcta colocación de las semillas.

1.3 Tolerancias Marcador

El marcador es un componente esencial en el proceso de siembra, ya que se utiliza para delimitar el trayecto que debe seguir el tractor en cada pasada. Este mecanismo está compuesto por un brazo articulado que se acciona mediante un cilindro hidráulico, como se muestra en la **Figura 1-5**. Al final del brazo, se encuentra una cuchilla cuya posición debe ser perpendicular al suelo para que la marca sea precisa. Aunque el cilindro hidráulico permite cierta regulación para ajustar la posición final del marcador, este ajuste tiene un rango limitado, lo que hace crucial mantener las tolerancias dentro de los límites aceptables.

El marcador está conectado al chasis a través de las placas del marcador, que se ubican en los extremos del chasis, tal como se puede observar en la **Figura 1-6**. La precisión en la instalación de estas placas es clave para asegurar que el marcador funcione de manera óptima y marque correctamente el camino del tractor.

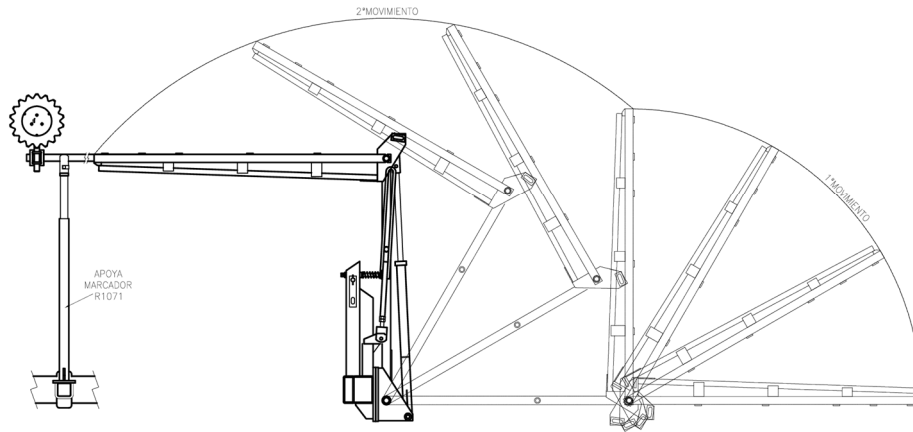


Figura 1-5:Movimientos del marcador

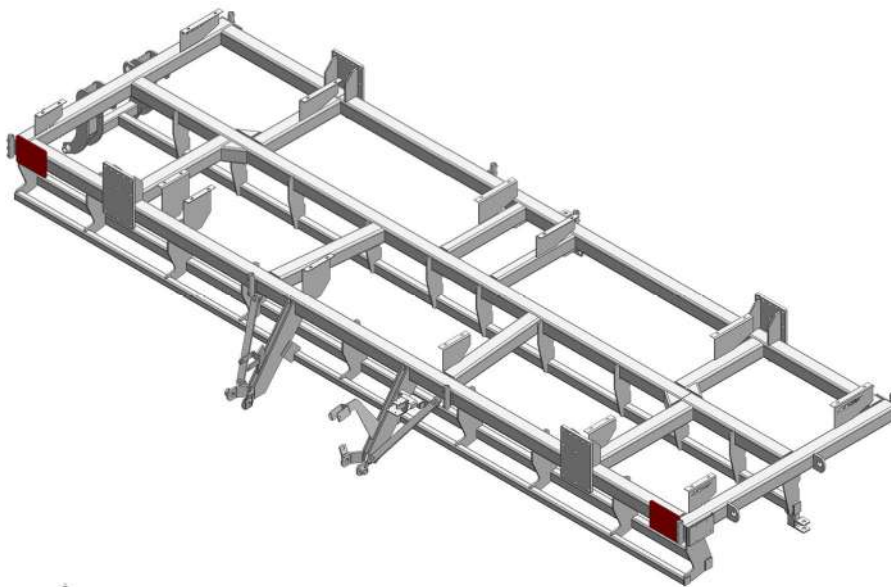


Figura 1-6:Placa marcador

La tolerancia permitida para el extremo del marcador es de 300 mm. En el marcador más largo, que tiene una longitud de 5,5 metros, esto equivale a un ángulo de 2° . Considerando que ya se ha estimado un arrastre de $0,3^{\circ}$ debido a la bajada de rueda y la nivelación de las placas, la tolerancia exigida para el marcador debe reducirse a $1,7^{\circ}$.

1.4 Tolerancia bajada de rueda

El mecanismo de bajada de rueda es esencial para mantener el contacto del chasis con el suelo, garantizando estabilidad y precisión en el movimiento de la sembradora. Este mecanismo consiste en un paralelogramo que conecta el chasis con la rueda, y su funcionamiento está controlado por un cilindro hidráulico, como se muestra en la **Figura 1-8**. Las ruedas están conectadas al chasis mediante las placas de bajada de rueda, que pueden variar de posición en función del modelo de la máquina, tal como se observa en la **Figura 4-8**.

1.4.1 Perpendicularidad al piso

El ángulo de las placas de bajada de rueda es crucial, ya que afecta tanto la posición inicial como la final de las ruedas. Cualquier desviación en este ángulo puede alterar la altura y el ancho del chasis en relación con el suelo, lo que influye en la precisión del trabajo de siembra. Por lo tanto, se exige que la placa de bajada de rueda mantenga una tolerancia de $\pm 0,3^\circ$ con respecto a la perpendicularidad al suelo.

En los extremos, una desviación de $0,3^\circ$ puede generar una diferencia de hasta 8 mm en la altura de las ruedas durante el trabajo, cuando los brazos del paralelogramo están en un ángulo de 90° .

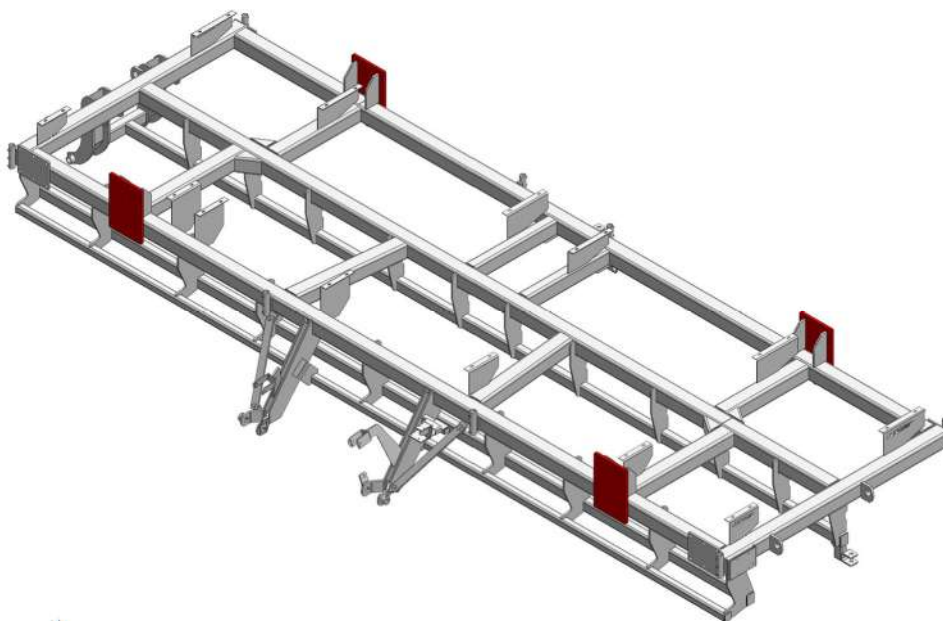


Figura 1-7:Placa Baja de rueda

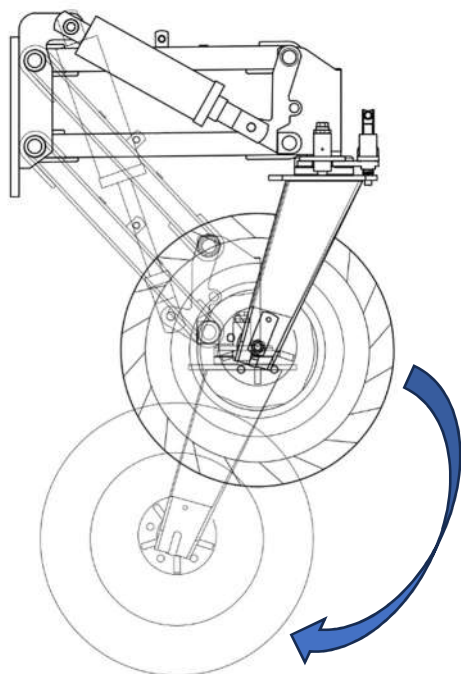


Figura 1-8:Movimiento de bajada de rueda

1.4.2 Nivelación entre placas

Dado que cada módulo de la sembradora está soportado por 4 ruedas, es fundamental que estas ruedas estén correctamente niveladas entre sí para evitar inclinaciones del chasis que puedan afectar tanto la estructura como el desempeño de los implementos vinculados a él.

Esta tolerancia de nivelación influye en todas las demás tolerancias del sistema, ya que el arrastre acumulado de 8 mm debido a la falta de perpendicularidad, más los 7 mm propios del mecanismo, afecta directamente la geometría del chasis.

La tolerancia más restrictiva es la nivelación longitudinal del rectángulo principal, que debe mantener una desviación máxima de 40 mm en un largo promedio de 7 metros, lo que equivale a $0,33^\circ$. Con una distancia promedio de 4 metros entre ruedas, esto nos da una tolerancia total de 22 mm. De este valor, se debe reservar 8 mm para el desnivel entre las placas.

En resumen, se debe mantener una nivelación adecuada del chasis, considerando que el desnivel base entre las ruedas genera un arrastre de $0,33^\circ$ en el largo y de $0,5^\circ$ en el ancho.

1.5 Variables y Condiciones límite

Para abordar adecuadamente el problema del diseño y ensamblaje del chasis de la sembradora, es necesario definir las variables y condiciones límite que regirán el proyecto. Estas variables y condiciones determinan el enfoque del diseño y las estrategias necesarias para garantizar un proceso eficiente y seguro.

1.5.1 Variables

Las variables de este proyecto están definidas principalmente por las tolerancias geométricas exigidas para el chasis, ya que de ellas depende el buen desempeño de la sembradora y su capacidad para cumplir con las especificaciones de precisión en el campo. A continuación, se describen las tolerancias clave que influirán en el proceso de diseño y ensamblaje:

- Perpendicularidad del rectángulo principal ($\pm 0,5^\circ$)

- Nivelación de los extremos del rectángulo principal ($\pm 12\text{mm}$)
- Nivelación a lo largo de los tubos porta herramienta ($\pm 1^\circ$)
- Torsión de los tubos porta herramientas ($\pm 0,5^\circ$)
- Perpendicularidad al trabajo de los tubos porta herramientas ($\pm 0,6^\circ$)
- Nivelación de la placa del marcador ($\pm 1,1^\circ$)
- Nivelación de las placas bajada de rueda ($\pm 0,3^\circ$)
- Alineación de las placas bajada de rueda ($\pm 10\text{mm}$)

Todos los cálculos están en la tabla de calculo en el **Anexo A: Cálculos de Tolerancias**.

Además de estas variables geométricas, la solución debe ser adaptable a todos los modelos de sembradoras, los cuales presentan diferentes configuraciones en cuanto a sus dimensiones y características. Los modelos a considerar incluyen:

- F440: Disponible en versiones de simple y doble fertilización.
- G350: También disponible en versiones de simple y doble fertilización.
- F21: Incluye variantes con simple y doble tolva.
- F300: Modelo con diferentes configuraciones.

Estos modelos varían en términos de ancho, lo que afecta directamente las medidas del chasis y la disposición de los componentes.

El largo de la máquina es otra variable significativa, ya que se define de acuerdo con las especificaciones del cliente. Este largo varía de manera continua, desde 3 metros hasta 9 metros, dependiendo de la cantidad de cuerpos de siembra y la distancia entre ellos.

1.5.2 Condiciones limite

Las condiciones límite representan las restricciones físicas, de seguridad y de calidad que deben ser respetadas en todo momento durante el diseño y ensamblaje del chasis. A continuación, se describen las más relevantes:

-
- Espacio para el montaje del chasis: El área disponible para el montaje es de 6,5 metros de ancho por 17 metros de largo. Este espacio es limitado, por lo que el diseño de las herramientas y del proceso debe ajustarse a estas dimensiones, asegurando que todos los equipos y personal puedan operar sin inconvenientes.
 - Altura de las operaciones: La altura de trabajo en la que los operarios realizan las tareas de soldadura es crucial para garantizar la ergonomía y seguridad. Esta altura se encuentra entre 1,2 metros y 1,8 metros. En situaciones extremas, se permite el uso de una escalera de dos escalones, lo que eleva la altura hasta 300 mm adicionales, permitiendo un rango de trabajo de hasta 2,1 metros.
 - Calidad de los tubos conformados: Los tubos utilizados para la construcción del chasis son de alta calidad y deben cumplir con la normativa IRAM-IAS U500-2592. La **Tabla 1-1** resume las características de estos tubos, que incluyen tolerancias en el diámetro, angularidad, momento torsor y rectitud. Estas tolerancias deben garantizar que los tubos se mantengan dentro de los parámetros exigidos por la normativa.
 - Piezas cortadas en pantógrafo: Las piezas cortadas mediante pantógrafo tienen dimensiones pequeñas y tolerancias mucho más ajustadas en comparación con las exigidas para el chasis. Por esta razón, las tolerancias de las piezas pantografiadas pueden despreciarse en el contexto del proyecto.
 - Seguridad de los operarios: Un factor fundamental es garantizar la seguridad de los operarios durante todas las fases del proyecto, especialmente durante el armado y la rotación del chasis. Todas las operaciones deben realizarse de acuerdo con los estándares de seguridad, evitando riesgos para el personal involucrado.

Tabla 1-1: Tolerancias de tubos utilizados.

Tubos		Tolerancia dim		Angular	Momento torsor (x mts)		Rectitud (x mts)
Ancho	150	1,5	2	2°-+	2,42	2,78	2,08
Alto	200	2		2°-+	2,78		2,08
Ancho	110	1,1	2	2°-+	2,42	2,78	2,08
Alto	200	2		2°-+	2,78		2,08
Ancho	140	1,4	1,4	2°-+	2,42	2,42	2,08
Alto	140	1,4		2°-+	2,42		2,08
Ancho	100	0,76	1,4	2°-+	2,1	2,42	2,08
Alto	140	1,4		2°-+	2,42		2,08
Ancho	80	0,64	0,76	2°-+	2,1	2,1	2,08
Alto	100	0,76		2°-+	2,1		2,08
Ancho	70	0,64	0,64	2°-+	2,1	2,1	2,08
Alto	70	0,64		2°-+	2,1		2,08

2 Análisis de Soldadura

En el proceso de soldadura del chasis, se generan deformaciones debido a la dilatación térmica, causada por la energía aportada en forma de calor durante el proceso de soldadura. Para asegurar que estas deformaciones no comprometan la calidad y precisión del chasis, es crucial comprender cómo la energía se transfiere al material y cómo esto afecta sus dimensiones. A continuación, se analiza este fenómeno, tomando en cuenta tanto la energía aportada como la disipación, así como los cambios en las propiedades del material debido a la temperatura.

Luego se separara todo el proceso de armado en distintas etapas y se analizara etapa por etapa.

2.1 Energía y Fuerzas en el proceso de soldadura

Para analizar las dilataciones y fuerza, primero calcularemos la energía que ingresa por la soldadura. Al soldar con sistema MIG, calculamos la potencia eléctrica utilizada, multiplicando la intensidad por la diferencia de potencial ecuación (2.1). Si medimos la velocidad con la cual avanza la soldadura y dividimos la potencia eléctrica por esta velocidad, obtendremos la cantidad de energía que entra por distancia de soldadura, ecuación(2.2).

$$P_s = V \cdot I \quad (2.1)$$

$$Q_s = \frac{P_s}{V_{el}} \quad (2.2)$$

Por recomendación del fabricante “Tauro”, nuestras maquinas de soldar trabajan a 29v y 300 A. Para medir la velocidad de soldadura se realizaron 7 medidas en distintos momentos y con distintos soldadores, donde se midió la distancia soldada en 30 s. Como promedio se obtuvo una velocidad de 5mm/s. Aplicando nuestros valores, el Q_s obtenido es 1,78kJ/mm, es decir, por cada milímetro soldado, se utilizo 1,78kJ de energía. Parte de esto se disipa, debido a la dificultad de calcular esa disipación, tomaremos este valor como tope superior, es decir, sabemos que lo máximo que puede ingresar a nuestro objeto soldado son 1,78kJ por mm.

Si bien en la soldadura el flujo de calor está muy focalizado en la zona a soldar, para estimar la dilatación consideraremos que el calor se distribuyó en todo el material, de esta manera, con la masa y el calor específico del acero (500 J/kgC°) obtendremos la temperatura alcanzada (Ecuación (2.3)) y posteriormente con el coeficiente de dilatación del acero (1,2x10-5 1/C°) calcularemos la deformación (Ecuación (2.4)).

$$\Delta_t = \frac{Q}{m \cdot C_e} \quad (2.3)$$

$$\epsilon = \alpha \cdot \Delta_t \quad (2.4)$$

Es importante tener en cuenta varios factores al interpretar estos resultados:

- Disipación de energía: Parte de la energía aportada en el proceso de soldadura se disipa en forma de calor, y no toda la energía aplicada contribuye a aumentar la temperatura del material. Por lo tanto, el valor calculado de Qs representa un límite superior de la energía transferida.
- Distribución de la temperatura: Aunque el calor está muy concentrado en la zona de soldadura, para simplificar el análisis, se ha considerado que se distribuye de manera uniforme en el material. En realidad, existen gradientes de temperatura muy marcados, con temperaturas más altas en la zona de soldadura y una rápida disminución en las áreas circundantes.
- Variaciones en las propiedades del material: Tanto el calor específico (Ce) como el coeficiente de dilatación térmica (α) del acero varían con la temperatura. Este análisis asume que dichos valores son constantes, lo cual es una simplificación, ya que en realidad el acero sufre cambios de fase que alteran sus propiedades a temperaturas elevadas.

2.2 Análisis etapa por etapa

Una vez analizado el proceso de soldadura puntual, analizaremos las distintas etapas de armado del chasis. El armado del chasis cuenta con siete etapas, seis de ellas se ven en la **Figura 4-8** la quinta es la soldadura añadida en la parte inferior al dar vuelta el chasis, además hay dos etapas intermedias de rotación.

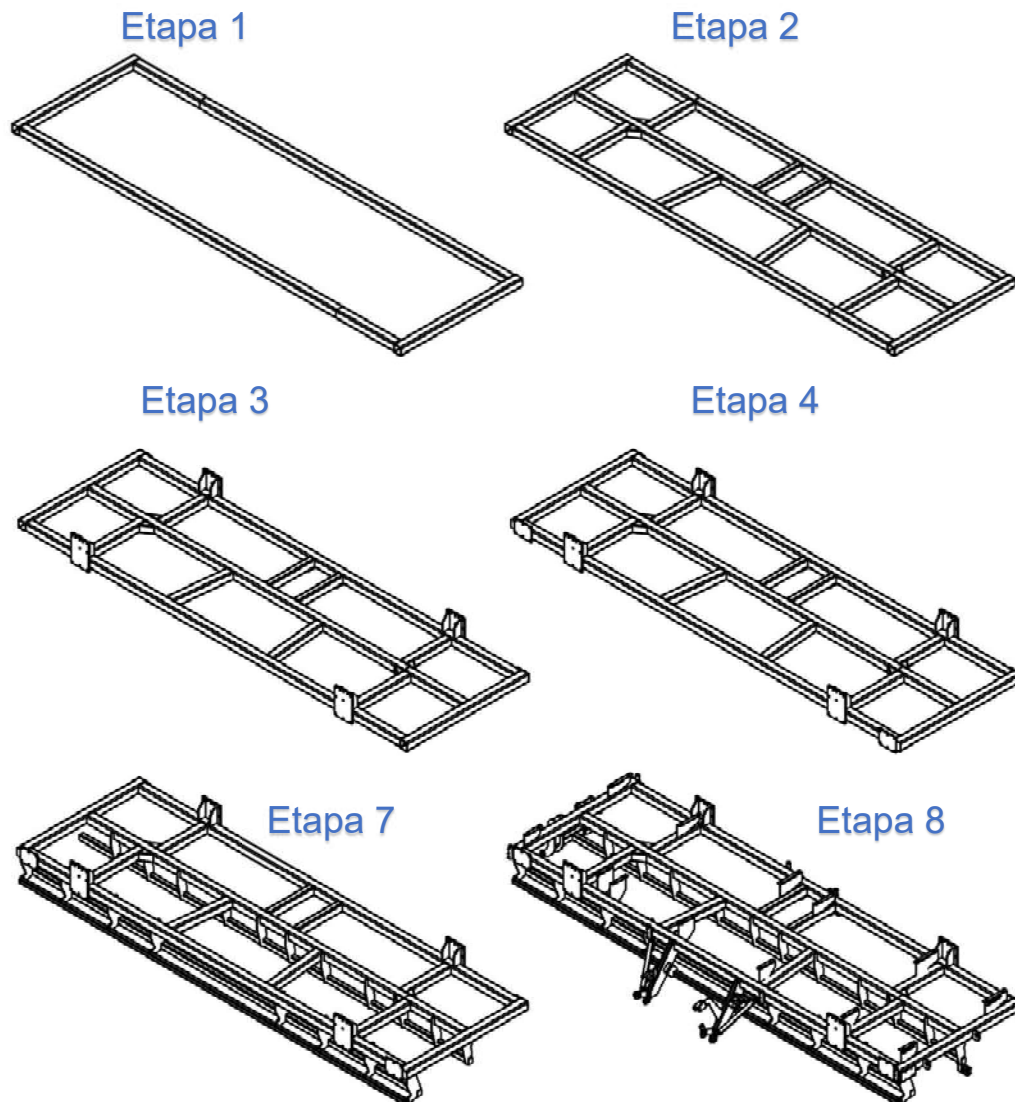


Figura 2-1:Etapas de armado

2.2.1 Etapa 1: Formación del rectángulo

Para llevar a cabo la construcción del rectángulo principal, el primer paso consiste en colocar los dos laterales que conformarán la estructura. Estos laterales deben estar perfectamente nivelados, de acuerdo con lo que se mencionó en la sección 1.1.2, para

asegurar la precisión en las etapas siguientes. La tolerancia permitida en el nivelado de estos elementos es de 13 mm, un margen que incluye un error de fabricación de 2 mm en el propio tubo. Por lo tanto, la tolerancia final que se debe respetar es de 11 mm, y esta precisión debe mantenerse a lo largo de toda la estructura de la máquina para evitar problemas de alineación en las fases posteriores del proceso de construcción.

Los laterales tienen una longitud que varía entre 1,5 y 2,2 metros, y un peso aproximado de 90 kg cada uno. Una vez posicionados, se procede a la colocación de los tubos transversales, que recorren el largo total de la máquina y actúan como elementos de unión y refuerzo para el rectángulo. Estos tubos se soldarán en las cuatro esquinas de la estructura para garantizar la estabilidad y rigidez necesarias. El proceso de soldadura se realiza en dos fases: en primer lugar, se sueldan las caras laterales de los tubos, y posteriormente se realiza la soldadura en la parte superior, asegurando una fijación completa de los componentes.

Este proceso de soldadura requiere la aplicación de una energía térmica significativa, en este caso, una inyección de calor estimada en 5800 kJ. Esta energía produce un salto térmico promedio de 2,2°C en la estructura, lo que a su vez provoca una pequeña dilatación de los tubos en la dirección longitudinal, estimada en aproximadamente 0,2 mm. Aunque este aumento de longitud es relativamente pequeño, es fundamental tenerlo en cuenta para evitar desajustes o tensiones internas que podrían afectar la precisión de la estructura.

Por otro lado, los tubos frontales, tanto el delantero como el trasero, tienen una longitud considerable de hasta 7 metros y un peso estimado de 290 kg cada uno. Estos deben colocarse de manera perpendicular a los laterales para formar el rectángulo completo, con una tolerancia angular de $\pm 0,5^\circ$. Los soportes que se utilizarán para mantener estos tubos en su posición no solo deben ser lo suficientemente robustos para soportar el peso de los tubos, sino que también deben ser capaces de resistir las fuerzas que tienden a desalinear el rectángulo debido a su longitud. Dado que los tubos son tan largos, los agarres de los soportes deben permitir cierto grado de movimiento longitudinal para acomodar cualquier dilatación térmica y así evitar la generación de tensiones no deseadas en la estructura.

Al finalizar esta primera etapa de construcción, la estructura rectangular completa tendrá un peso total de aproximadamente 755 kg, lo que refleja la magnitud del sistema en términos de materiales y resistencia estructural. Este peso incluye los laterales y los tubos frontales, los cuales están completamente soldados y alineados según las especificaciones establecidas.

Resumen de la primera etapa:

- Soporte de laterales: Los soportes de los laterales deben ser capaces de sostener un peso de 90 kg cada uno y absorber una expansión térmica máxima de 0,2 mm, manteniendo una tolerancia de nivelación de 11 mm.
- Soporte de tubos frontales: Los soportes para los tubos frontales deben ser capaces de soportar 290 kg, permitir una ligera dilatación a lo largo de la estructura, y mantener una tolerancia angular de $\pm 0,5^\circ$.
- Soporte total de la estructura: Al completar esta primera etapa, la estructura rectangular deberá ser capaz de sostener un peso total de 755 kg, garantizando una base sólida para las etapas posteriores del proceso de construcción.

2.2.2 Etapa 2: Tubo intermedio y avantrenes

En esta segunda etapa del proceso de construcción, se lleva a cabo la colocación del tubo intermedio y los avantrenes. Durante esta fase, es fundamental tener en cuenta que el rectángulo principal aún no cuenta con suficiente rigidez estructural para evitar que se pierda la perpendicularidad de sus componentes. Por lo tanto, es necesario continuar utilizando soportes adicionales para mantener la estructura alineada correctamente y evitar cualquier deformación no deseada.

La tolerancia dimensional para los avantrenes en esta etapa es relativamente laxa, lo que facilita la tarea de posicionamiento y soldadura. Los soportes utilizados en esta fase deben centrarse principalmente en garantizar que el operario pueda manipular las piezas con facilidad y en soportar el peso propio de los elementos que se están añadiendo a la estructura. Esto permite agilizar el proceso sin comprometer la estabilidad del conjunto.

En el chasis más largo, se instalan un total de cuatro avantrenes delanteros, que tienen un peso de 40 kg cada uno, y cuatro traseros, que pesan 32 kg cada uno. Todos estos elementos están conectados a un tubo intermedio, que tiene un peso de 200 kg. La primera parte del proceso consiste en soldar el tubo intermedio en ambos extremos de la estructura, aplicando dos pasadas de soldadura en las caras laterales y superiores de los tubos. Esta técnica asegura una unión sólida y duradera que refuerza la estructura para las etapas siguientes.

Una vez que el tubo intermedio está debidamente fijado, se procede con la colocación de los avantrenes. Al igual que el tubo intermedio, los avantrenes se sueldan en ambos extremos de la estructura, con dos pasadas en las caras laterales y superiores para garantizar una fijación adecuada. Durante este proceso de soldadura, se inyectan alrededor de 13,200 kJ de calor en el chasis, lo que genera una dilatación térmica estimada de 1,6 mm. Esta expansión es un factor importante que se debe considerar para evitar tensiones no deseadas en la estructura y garantizar que la alineación de los elementos se mantenga dentro de las tolerancias establecidas.

Al finalizar esta segunda etapa, la estructura ha alcanzado un peso total de 1344 kg. En este punto, los soportes que se habían utilizado para mantener los tubos en posición ya no son necesarios, y se pueden retirar, ya que la estructura ha adquirido la rigidez necesaria para sostenerse por sí misma sin el riesgo de perder la alineación o deformarse.

Resumen de la segunda etapa:

- Soporte total de la estructura: La estructura completa debe ser capaz de soportar un peso total de 1344 kg, con una dilatación máxima absorbida de 1,6 mm debido a la inyección de calor durante el proceso de soldadura.
- Soporte de los frontales: Los soportes deben permitir una ligera dilatación a lo largo de la estructura, manteniendo una tolerancia angular de $\pm 0,5^\circ$ para garantizar la precisión en la alineación de los componentes.

2.2.3 Etapa 3: Colocación de placas bajada de ruedas

Esta es la etapa más crítica del proceso, ya que presenta las mayores exigencias en cuanto a tolerancias de montaje. En esta fase, se colocan un total de cuatro placas,

cada una con un peso aproximado de 34 kg. La instalación de las placas sigue un proceso cuidadoso que incluye primero la soldadura de las caras laterales, seguida por la soldadura de la parte superior de cada placa. Una vez que las placas están aseguradas, se añaden refuerzos en forma de escuadra en la parte trasera para proporcionar mayor estabilidad y rigidez estructural.

La precisión en esta etapa es esencial, ya que las placas deben cumplir con una tolerancia angular de $\pm 0,3^\circ$, además de una diferencia de altura entre ellas no superior a ± 8 mm. Estas especificaciones son fundamentales para garantizar que la funcionalidad del chasis no se vea comprometida y que las placas queden perfectamente alineadas. Un desafío adicional en este proceso es que la posición de las placas no está predefinida, ya que pueden colocarse en cualquier parte del chasis según las necesidades del diseño. Por lo tanto, los dispositivos de soporte y fijación deben ser flexibles y ajustables, permitiendo que las placas se posicionen con precisión en cualquier punto del chasis.

Durante el proceso de soldadura en esta etapa, se inyectan aproximadamente 14,900 kJ de energía térmica en la estructura. Aunque las placas en sí mismas no experimentan una dilatación significativa debido a su tamaño relativamente pequeño, la estructura completa sí sufre una dilatación de 1,68 mm como resultado de la aplicación de calor. Es importante controlar esta expansión para asegurar que las tolerancias de las placas y de la estructura en general se mantengan dentro de los márgenes permitidos.

Al finalizar esta tercera etapa, la estructura pesa un total de 1494 kg. En este punto, la estructura ha alcanzado una rigidez suficiente para mantener la alineación y las tolerancias de las placas instaladas.

Resumen de la tercera etapa:

- Soporte total de la estructura: La estructura debe soportar un peso total de 1494 kg, con una dilatación máxima absorbida de 1,68 mm debido al proceso de soldadura.
- Soporte de placas: Los dispositivos de soporte deben sostener cada placa de 34 kg, garantizando una tolerancia de nivelación angular de $\pm 0,3^\circ$ y una diferencia de altura entre las placas de ± 8 mm.

2.2.4 Etapa 4: Colocación de placas marcador

En esta etapa, se procede a la instalación de dos placas marcador en los extremos del chasis. El proceso comienza con la soldadura de los laterales de cada placa, seguida por la soldadura de la parte superior. Además, para reforzar la estructura y garantizar la estabilidad, se añaden dos escuadras superiores, lo que proporciona mayor rigidez y resistencia. Cada una de estas placas tiene un peso aproximado de 15 kg.

Las placas deben cumplir con una tolerancia de inclinación de $\pm 1,7^\circ$, un margen aceptable considerando su función dentro de la estructura. La precisión en esta etapa es crucial para mantener la alineación correcta de los elementos finales del chasis. Durante el proceso de soldadura, se inyectan aproximadamente 7,900 kJ de energía térmica en la estructura. Aunque este proceso genera cierta expansión térmica, la dilatación total de la estructura en esta fase es de 0,87 mm, un valor controlado que no compromete la integridad ni la alineación de las placas instaladas.

Al finalizar la colocación de las placas marcador, la estructura total alcanzará un peso de 1570 kg, lo que supone un incremento en la masa del conjunto, pero sin afectar negativamente el rendimiento estructural.

Resumen de la cuarta etapa:

- Soporte total de la estructura: La estructura debe soportar un peso total de 1570 kg, absorbiendo una dilatación máxima de 0,87 mm durante el proceso de soldadura.
- Soporte de placas: Los dispositivos de soporte deben sostener las placas de 15 kg con una tolerancia de inclinación de $\pm 1,7^\circ$.

2.2.5 Primera rotación del chasis

En esta etapa, se debe realizar una rotación de 180° del chasis en un tiempo total de 60 segundos. La rotación comienza desde el reposo, con una velocidad inicial de 0, y la aceleración angular está determinada por la ecuación (2.5), la cual expresa que:

$$\alpha \cdot t^2 = \theta \quad (2.5)$$

Siendo θ igual a π (180°) y t igual a 60 segundos, obtenemos una aceleración angular de 0,000872 [$1/s^2$].

Para determinar el torque necesario, utilizamos la segunda ley de Newton aplicada a los movimientos rotacionales, representada por la ecuación (2.6)

$$T = \alpha \cdot I \quad (2.6)$$

Aquí, T es el torque, α la aceleración angular, e I es el momento de inercia del chasis. El momento de inercia en esta etapa es de 1050 [$kg.m^2$] respecto al centro de masa del chasis. Si el eje de rotación cambia, el momento de inercia deberá calcularse usando el teorema del eje paralelo, expresado en la ecuación (2.7)

$$I_n = I_{CM} + d^2 \cdot m \quad (2.7)$$

Donde d es la distancia entre el centro de masa y el nuevo eje de rotación y m es la masa del chasis. Para evitar inestabilidad durante la rotación, es recomendable agregar contrapesos que alineen el centro de masa con el eje de giro.

Además, es crucial tener en cuenta el frenado del chasis. El tiempo para frenar el movimiento es de 0,5 segundos, y la velocidad angular máxima durante la rotación será de 0,052 revoluciones por segundo (rps). La desaceleración necesaria será de 0,1 rps^2 . Con esta desaceleración, y utilizando nuevamente la ecuación (2.6), se puede calcular el torque necesario para detener la rotación de manera segura.

El sistema debe garantizar sujeción tanto en la posición vertical como en la inversa, y una vez completado el giro, es necesario bloquear el chasis para asegurar su estabilidad.

Resumen del primer giro:

- El torque debe generar una aceleración de 0,1 rps^2 .
- Debe compensarse el torque si el eje de rotación no coincide con el centro de masa.
- Se debe asegurar una sujeción completa en posiciones vertical e inversa.

- Un sistema de frenado debe detener el giro en 0,5 segundos al final del movimiento, asegurando la estabilidad del chasis mediante un bloqueo adecuado.

2.2.6 Etapa 5: Soldadura de uniones parte inferior

En esta etapa, se realizan las soldaduras de todas las uniones en la parte inferior del chasis, además de añadir algunos refuerzos estructurales. Aunque esta fase no implica un aumento significativo en el peso de la estructura, sí genera una considerable entrada de calor, que influye directamente en la dilatación del material. En total, se introducen 13.000 kJ de energía térmica en la estructura, lo que provoca una dilatación de 1,5 mm.

Es importante garantizar que todas las soldaduras sean uniformes para mantener la integridad estructural y evitar deformaciones indeseadas, especialmente en una etapa en la que el calor es un factor crítico. Los refuerzos añadidos también deben ser distribuidos de manera que contribuyan a la rigidez de la estructura sin afectar las tolerancias alcanzadas en las etapas previas.

Resumen de la quinta etapa:

- Soporte total de la estructura de 1453 kg.
- Dilatación máxima de 1,38 mm debido a la introducción de 13.000 kJ de calor.

2.2.7 Etapa 6: Soldado de tubos porta herramienta y costillas

En esta etapa, se procede a la colocación de los tubos porta herramienta, los cuales se vinculan a la estructura principal mediante la instalación de "costillas". Estas costillas se sitúan a una distancia máxima de 800 mm entre sí, asegurándose de que apoyen adecuadamente sobre dos lados del tubo, y se sueldan en ambos lados para garantizar su estabilidad.

Esta fase se caracteriza por ser la que genera la mayor entrada de calor en el proceso de fabricación, con un total de 37.000 kJ de energía térmica, lo que resulta en una dilatación considerable de 3,35 mm en la estructura. Es crucial que los tubos porta herramienta se coloquen con una nivelación que respete una tolerancia de $\pm 0,7^\circ$. Asimismo, se debe asegurar que la perpendicularidad respecto a la dirección se

mantenga dentro de un rango de $\pm 0,5^\circ$, al igual que la rotación, que también debe ajustarse a la misma tolerancia.

Al finalizar esta etapa, el peso total de la estructura alcanza los 1855 kg, lo que subraya la importancia de mantener un control estricto sobre las tolerancias y la calidad de las soldaduras para evitar futuras deformaciones o fallos estructurales.

Resumen de la sexta etapa:

- Soporte total de la estructura de 1855 kg.
- Dilatación máxima de 3,45 mm debido a la introducción de 37.000 kJ de calor.

2.2.8 Segunda rotación del chasis

En esta etapa de rotación, el proceso es bastante similar al anterior; sin embargo, hay que considerar que la inercia del chasis ha aumentado. El momento de inercia del chasis en esta fase es de $1.326 \text{ [kg}\cdot\text{m}^2]$, lo que indica un mayor esfuerzo en el proceso de rotación. Además, el peso total del chasis en este punto es de 1855 kg, lo que añade complejidad al cálculo del torque necesario para la rotación.

Durante esta etapa, la fuerza de torque debe ser capaz de imprimir una aceleración de $0,1 \text{ rad/s}^2$. Es fundamental tener en cuenta que, si el centro de giro no coincide con el centro de masa del chasis, se deberá compensar adecuadamente para mantener la estabilidad y el control durante la rotación.

Al igual que en la etapa anterior, se debe garantizar la sujeción del chasis en posición vertical e inversa, y también implementar un sistema de freno efectivo al final del movimiento para asegurar que el chasis se detenga de manera controlada y segura.

Resumen de la segunda rotación:

- La fuerza de torque debe generar una aceleración de $0,1 \text{ rad/s}^2$ y compensar si el centro de giro no coincide con el centro de masa ($1.326 \text{ [kg}\cdot\text{m}^2]$ de momento de inercia y 1855 kg de peso).
- Garantizar sujeción en posición vertical e inversa y aplicar freno al final del movimiento.

2.2.9 Etapa 7: Colocación de tomas de lanzas y agregados

En esta etapa se procede a la colocación de las tomas de lanza en el chasis, así como la incorporación de diversos agregados, que incluyen soportes para la plataforma y válvulas. Estos elementos tienen exigencias dimensionales relativamente bajas, lo que facilita su instalación y contribuye a la eficiencia del proceso.

Durante esta fase, el aporte de calor es de 6.200 kJ, lo que provoca una dilatación de 0,9 mm en la estructura. Aunque la cantidad de calor aplicada no es tan elevada como en etapas anteriores, es suficiente para asegurar la correcta fusión y unión de los componentes.

Es importante destacar que esta etapa no solo implica la instalación de nuevos elementos, sino que también refuerza la estructura del chasis en su conjunto, asegurando que todos los componentes trabajen en sinergia y contribuyan a la funcionalidad del conjunto.

Resumen de la séptima etapa:

- Soporte total de la estructura de 2130 kg y absorción de 0,9 mm máximo.

2.3 Síntesis de proceso de soldadura

A partir de todo lo analizado en los puntos anteriores, es posible consolidar varios requerimientos fundamentales para el proceso de soldadura y el armado del chasis. Uno de los requerimientos más significativos es la capacidad del soporte de soldadura, que debe ser capaz de soportar un peso máximo de 2130 kg. Esta carga debe mantenerse tanto en posición horizontal como cuando el chasis se encuentra dado vuelta, lo que exige un diseño robusto y fiable que garantice la estabilidad estructural en ambas posiciones.

Al calcular la dilatación térmica resultante de la suma de todo el calor ingresado al chasis, se obtiene un total de 7,8 mm. Para adoptar un enfoque conservador y asegurar la integridad del chasis, se determina que el soporte de soldadura debe ser capaz de absorber hasta 10 mm de dilatación. Esto asegura que las tolerancias dimensionales se mantengan dentro de los límites aceptables durante todo el proceso de fabricación.

En lo que respecta a las rotaciones, se identifica que la segunda rotación es la más exigente, ya que el peso del chasis es de 1855 kg y presenta una inercia de 1326 kg·m². Además, es fundamental cumplir con los distintos requerimientos dimensionales previamente establecidos en el capítulo 1, que deben ser verificados y garantizados a medida que se avanza en el armado del chasis.

Otro aspecto crucial que debe tenerse en cuenta son las medidas de seguridad, las cuales deben implementarse para proteger a los operarios y minimizar riesgos durante el proceso de construcción y manipulación del chasis.

Con base en lo anterior, podemos agrupar los objetivos del proyecto en los siguientes propósitos:

- La estructura debe soportar un peso máximo de 2130 kg.
- Debe permitir una dilatación de hasta 10 mm en longitud.
- Debe rotar una masa de 1855 kg con una inercia de 1326 kg·m².
- La velocidad de giro debe ser de 0,5 RPM, con una capacidad de frenado de 0,1 s.
- En las etapas uno y dos, se debe garantizar una perpendicularidad de $\pm 0,5^\circ$ y una nivelación con una diferencia de hasta 24 mm.
- En la etapa tres, se debe asegurar una perpendicularidad de las placas bajadas de rueda de $\pm 0,3^\circ$ y una diferencia de nivel máxima de 20 mm.
- En la etapa cuatro, se debe garantizar un paralelismo de la placa marcador de $\pm 1,1^\circ$.
- En la etapa seis, se debe asegurar una perpendicularidad de los tubos porta herramienta con el plano medio de la máquina de $\pm 0,6^\circ$, una torsión máxima de 9,9 mm y un desnivel máximo de $\pm 1^\circ$.

Estos requerimientos y objetivos son esenciales para garantizar la funcionalidad, seguridad y calidad del chasis a lo largo de todo el proceso de soldadura y montaje.

Todos los cálculos se pueden ver en **Anexo B: Cálculos de soldadura**

3 Propuesta de solución

Dada la necesidad de optimizar el proceso de construcción del chasis de las sembradoras Fercam, se evaluaron diversas alternativas que abordaran las principales áreas de mejora: seguridad, calidad y productividad. Luego de un análisis detallado de las posibles soluciones, se realizó una preselección de tres propuestas que resultaron ser las más viables y prometedoras en términos de implementación, capacidad de adaptación y eficiencia. A continuación, se presentan estas propuestas.

3.1.1 Propuesta 1

La primera propuesta contempla un sistema compuesto por dos caballetes: uno fijo, que está anclado al suelo, y otro móvil, que se desplaza sobre rieles. Ambos caballetes están diseñados con un eje central, el cual se conecta al chasis mediante agarraderas especialmente diseñadas para este fin. Estos ejes centrales permiten que el chasis pueda rotar, facilitando el acceso a diferentes partes del mismo para su ensamblaje y soldadura.

El caballete fijo está vinculado a una caja reductora y un motor eléctrico, los cuales son los responsables de ejecutar el movimiento de rotación. Por su parte, el caballete móvil, al estar montado sobre rieles, ofrece la ventaja de absorber las posibles dilataciones térmicas y ajustarse a distintas longitudes de los chasis, aportando mayor versatilidad al proceso de producción.

Además, sobre los mismos rieles se colocan dispositivos auxiliares que permiten agregar diversas partes al chasis con precisión, cumpliendo con las exigencias geométricas previamente establecidas para garantizar la calidad del ensamblaje. Se puede observar un pequeño esquema en la **Figura 3-1**

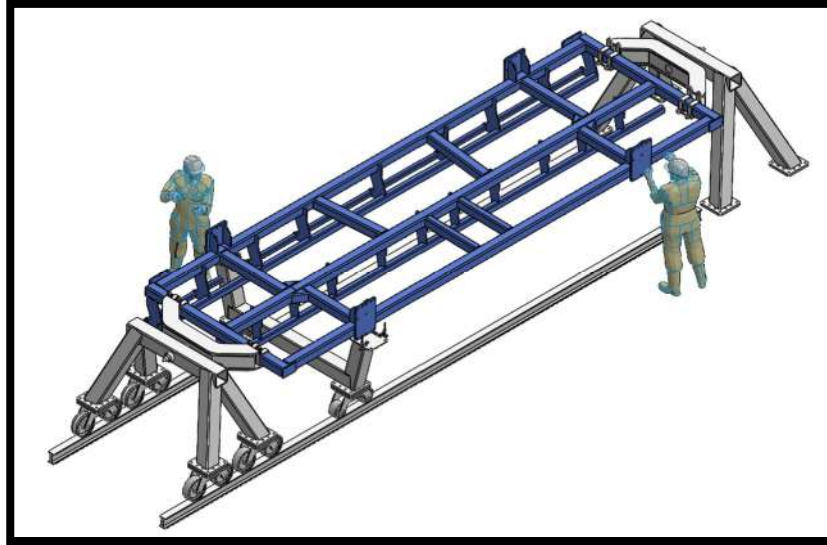


Figura 3-1: Croquis propuesta 1

3.1.2 Propuesta 2

En esta segunda propuesta, se mantiene la idea de trabajar con dos caballetes, pero se introduce una variación significativa en el mecanismo de rotación del chasis. A diferencia de la primera propuesta, aquí el giro se realiza desde uno de los extremos del chasis. Esto ofrece la ventaja de reducir la altura de los caballetes, ya que la parte inferior del chasis no interfiere en el movimiento de rotación.

El giro se efectúa mediante un sistema de piñón y cremallera, accionado por un cilindro hidráulico. Este diseño presenta la ventaja de poder incorporar actuadores en ambos extremos del chasis, permitiendo una coordinación precisa del movimiento rotacional. Al liberar la parte inferior del chasis, se pueden colocar guías más firmes y estables para los dispositivos de ensamblaje, mejorando la precisión en el posicionamiento de las piezas. Las guías del caballete móvil, como en la propuesta anterior, se conectan a un sistema de rieles para permitir ajustes en la longitud. Se puede observar un pequeño esquema en la **Figura 3-2**

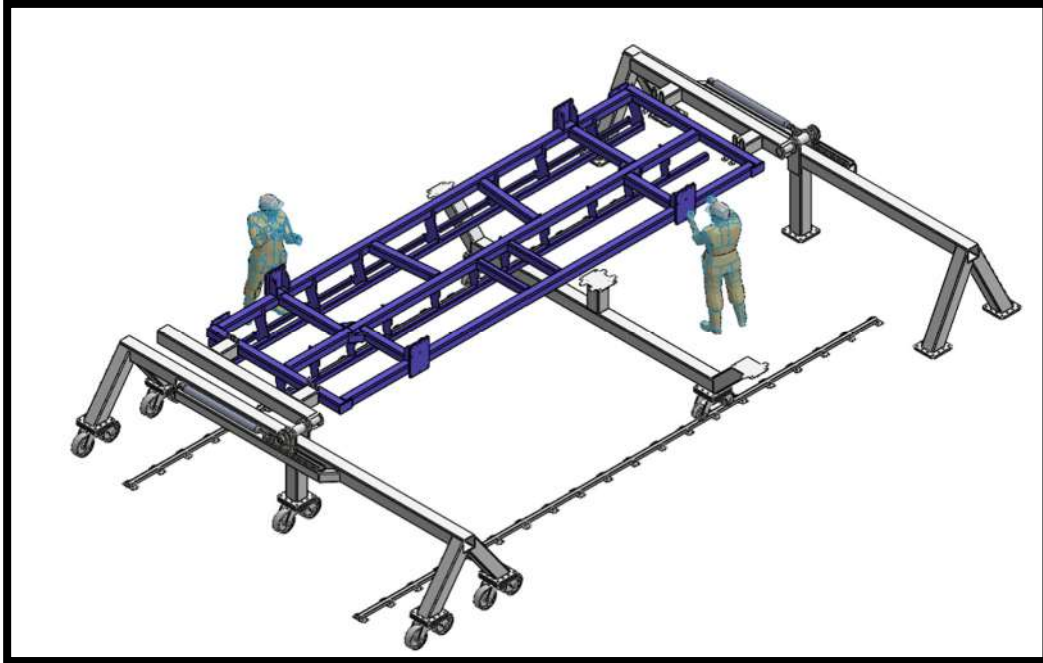


Figura 3-2: Croquis propuesta 2

3.1.3 Propuesta 3

La tercera propuesta plantea una solución basada en una estructura rígida, soportada en ambos extremos por apoyos fijos. Esta estructura incluye un punto de fijación en uno de los extremos y un soporte móvil que se desplaza a lo largo de la misma, permitiendo así que se ajuste a la longitud del chasis.

Ambos extremos de la estructura cuentan con ejes, lo que facilita la rotación del chasis durante el proceso de ensamblaje. El movimiento de rotación es generado por un sistema de piñón y cremallera en cada uno de los ejes, accionado por cilindros hidráulicos. Este diseño garantiza un control preciso del giro, lo que resulta en una mejor ergonomía y una mayor seguridad para los operarios.

Además, los dispositivos de colocación se montan directamente sobre la estructura fija, lo que asegura un alineamiento correcto y permite mantener las tolerancias requeridas durante el ensamblaje. Se puede observar un pequeño esquema en la **Figura 4-8**

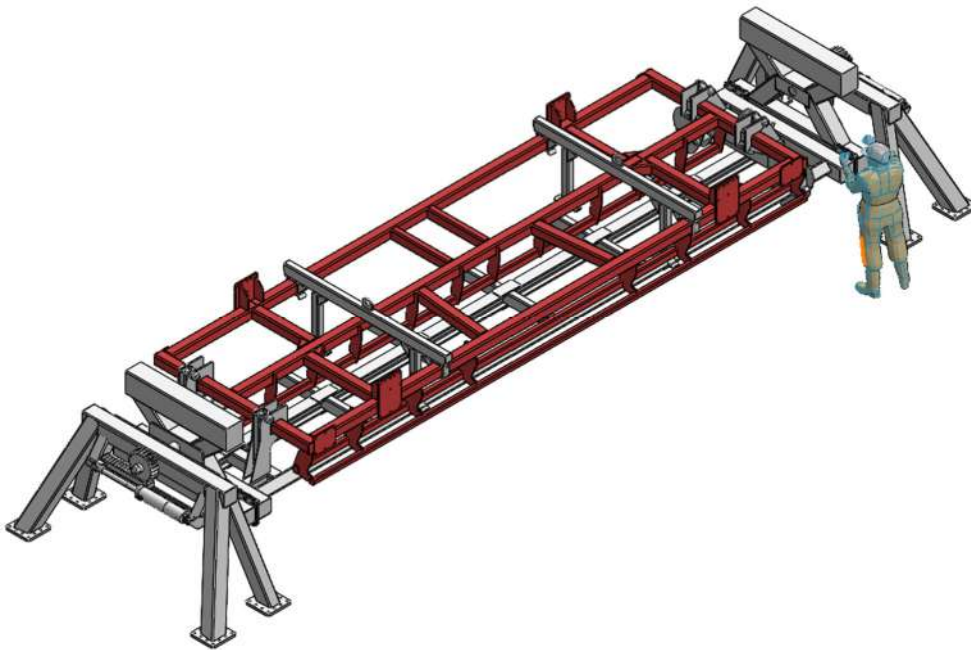


Figura 3-3: Croquis propuesta 3

3.1.4 Propuestas descartadas

En el proceso de evaluación, se consideraron otras propuestas que, aunque interesantes, fueron descartadas por diversas razones técnicas y económicas.

- Sistema de elevación: Esta propuesta consistía en levantar el chasis desde sus cuatro extremos, con uno de ellos fijado y los otros adaptándose a las dimensiones del chasis. Sin embargo, el chasis no giraba en este sistema, sino que simplemente se elevaba para permitir el acceso a su parte inferior. Se descartó debido al riesgo asociado con trabajar debajo del chasis y los altos costos que implicaría cambiar el sistema de soldadura actual para adaptarlo a trabajos sobre cabeza.
- Sistema de 4 chapas: Esta alternativa sugería rotar el chasis solo 90° y soldar la parte inferior con el chasis en posición vertical. Aunque viable en teoría, se desechó debido a que requeriría modificaciones importantes en el proceso de soldadura existente, lo cual no era factible desde el punto de vista económico y de tiempo.

3.1.5 Comparativas de propuesta

Para seleccionar la opción más adecuada, se decidió realizar un cuadro comparativo que permitiera evaluar de manera clara las ventajas y desventajas de cada una de las propuestas previamente descritas. A continuación, en la **Tabla 3-1** se hace un breve resumen de las ventajas y desventajas de cada propuesta.

Tabla 3-1: Comparativa de las propuestas

	Ventajas	Desventajas
Propuesta 1	- Manejo sencillo. - Ocupa poco espacio de trabajo. - Baja potencia requerida para la rotación.	- El chasis soporta esfuerzos de torsión significativos. - Los rieles de guía son propensos a errores y ofrecen poca precisión. - Control limitado sobre la rotación.
Propuesta 2	- Baja altura, lo que mejora la accesibilidad. - Sencillez en los dispositivos de posicionamiento. - Alto control sobre el giro.	- Requiere gran potencia para el giro. - Ocupa mucho espacio de trabajo, dejando áreas ociosas. - El chasis está sometido a esfuerzos de torsión.
Propuesta 3	- El chasis no sufre esfuerzos de torsión. - Mayor facilidad para controlar la precisión de los dispositivos de ensamblaje. - Los dos puntos de apoyo proporcionan mayor seguridad a la estructura, lo que mejora la estabilidad. - Buen control sobre el giro.	- Mayor peso, lo que requiere una estructura más robusta y reforzada. - Implica un costo más elevado. - Menor ergonomía en comparación con las otras propuestas.

Tras analizar las ventajas y desventajas de cada propuesta, se opta por la Propuesta 3, ya que presenta el mayor número de beneficios en comparación con las otras alternativas. La seguridad y el alto nivel de precisión que ofrece fueron factores decisivos en esta elección, ya que ambos aspectos son fundamentales para mejorar el proceso de ensamblaje del chasis. Aunque la Propuesta 3 implique un mayor costo y un diseño más robusto, las ventajas en términos de seguridad y control de precisión justifican plenamente su implementación.

4 Desarrollo de la solución

Como se mencionó anteriormente, la solución a desarrollar consiste en una estructura soportada por dos caballetes que, mediante un eje, permiten la rotación del chasis. Estos caballetes, que contienen el sistema de giro, estarán fijamente amurados al piso. La estructura contará con un agarre fijo, donde se tomará el rectángulo principal del chasis, y un agarre móvil que se ajustará al tamaño específico del chasis. Además, se utilizarán cuatro dispositivos que se colocarán en diferentes etapas del proceso para asegurar que las tolerancias geométricas se cumplan de manera precisa. A continuación, se describen en detalle los componentes principales de esta solución.

Todos los cálculos de resistencia desarrollado a continuación se pueden observar en **Anexo C: Resistencia de la estructura**. Además, los cálculos de tolerancia geométrica se observan en **Anexo D: Tolerancias del dispositivo**.

4.1 Estructura

La estructura será el componente central sobre el que se montará toda la máquina. Dado que esta estructura debe ser más larga que el chasis más grande que se pueda construir, su longitud será de 8 metros en total. Esta estructura se apoya únicamente en los extremos, lo que la convierte en un rectángulo formado por tubos estructurales de diferentes dimensiones. Los laterales de la estructura estarán hechos de tubos de 200x200 mm, mientras que los tubos a lo largo, donde se posicionarán los dispositivos de colocación, tendrán dimensiones de 150x150 mm y estarán rotados 45° para facilitar el montaje. En cada extremo de la estructura, estos tubos estarán abulonados a parantes con ejes, que permitirán la rotación.

Aunque la estructura estará montada sobre dos caballetes fijos, un lado tendrá un pequeño margen de movilidad. Esto se debe a que, aunque la estructura no está directamente expuesta al calor durante el proceso de soldadura, sí recibirá calor indirecto debido a su proximidad al chasis. Por esta razón, se ha previsto un desplazamiento de hasta 8 mm en uno de los apoyos, lo que convierte a ese segundo punto de apoyo en móvil, permitiendo la expansión térmica sin afectar la estabilidad de la estructura.

Al analizar el diagrama de cuerpo libre de la estructura (ver **Figura 4-1**), se puede observar que, debido a su gran longitud y el hecho de que solo está sujeta en los extremos, se generará una considerable deflexión en el centro. Esta flecha podría afectar la precisión de los dispositivos de colocación, ya que estos utilizan la estructura como referencia.

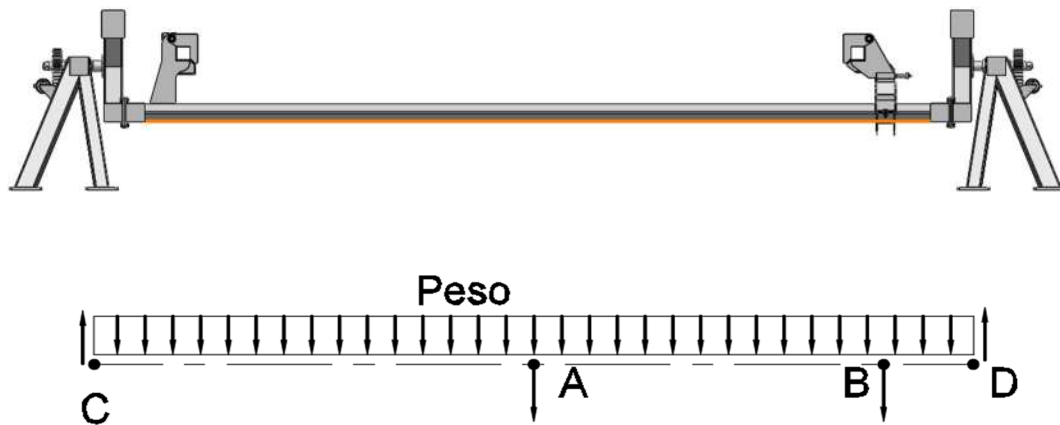


Figura 4-1:DCL Estructura

Para calcular la mayor flecha, analizamos el momento de mayor sollicitación, que ocurre cuando se construye un chasis de la mitad del largo de la estructura. En este escenario, el apoyo móvil cae en el punto A, la sujeción fija se encuentra en el punto B, y los puntos C y D representan los apoyos de la estructura. El peso estimado de la estructura es de 2000 kg, mientras que un chasis de este tamaño tiene un peso aproximado de 1200 kg. Al apoyo móvil se le asigna una carga adicional de 500 kg.

Como era de esperarse, la deflexión con solo los tubos de 150x150 mm no es suficiente para mantener la rigidez deseada. Por lo tanto, se decidió agregar una viga central IPBv 160, que proporcionará mayor rigidez a la estructura. Esta viga estará vinculada a los tubos frontales mediante avantrenes de 200x100 mm. Con esta configuración, la deformación en el centro, bajo las condiciones más críticas, será de aproximadamente 12 mm, un valor considerado aceptable dentro de las tolerancias del sistema.

La estructura estará unida a los laterales mediante bulones de 1 pulgada, con 6 bulones por lado. Al realizar el cálculo del esfuerzo cortante de la sección, obtenemos un valor de tensión cortante (τ) de 11 MPa, lo que indica que los bulones seleccionados son adecuados para soportar las cargas previstas.

En cada uno de los laterales de la estructura habrá un eje soldado, que se apoyará sobre un buje también soldado al caballete. Dado que el eje de giro no pasará por el centro de masa de la estructura, y además, el centro de masa del chasis varía durante el proceso de montaje, es importante minimizar la inercia del sistema durante el giro. Para lograr esto, se realizó un análisis de los diferentes chasis, sus pesos y ubicaciones durante el giro. Como resultado, se decidió agregar un contrapeso de 880 kg en la parte superior de la estructura, a una distancia de 450 mm del eje de giro, lo que reduce significativamente la inercia y facilita el movimiento rotacional. En la **Figura 4-8** se puede observar un modelado de la estructura

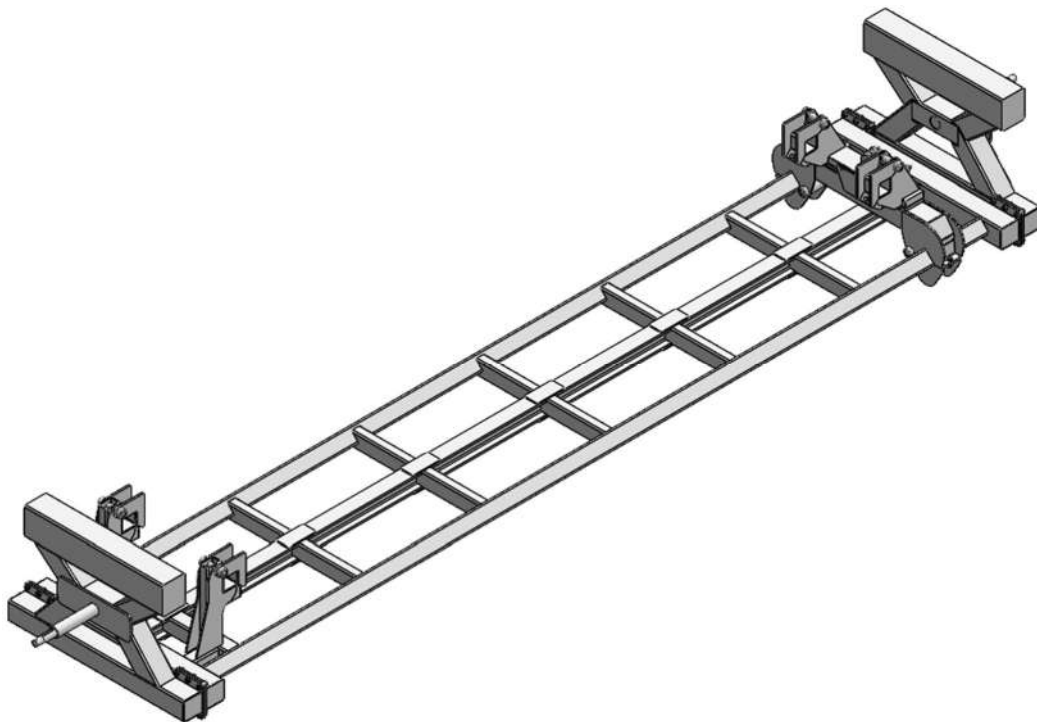


Figura 4-2:Esquema de estructura

4.2 Caballetes

Los caballetes son los elementos que vinculan la estructura principal con el suelo. Estos se fijarán mediante placas abulonadas al piso, y en su parte media tendrán un buje que soportará el eje de la estructura. Además, sobre los caballetes se montará el cilindro hidráulico y la cremallera que forman parte del sistema de giro.

El principal requerimiento estructural de los caballetes es su resistencia a la flexión en la zona media, debido al peso de la estructura y del chasis que esta soportará. Para su construcción, se ha utilizado un tubo estructural de 200x200 mm, con patas adicionales de tubo 100x200 mm. Las zonas más exigidas se han reforzado mediante placas de 1/2 pulgada de espesor, garantizando la rigidez necesaria.

El eje de la estructura no se apoya directamente sobre los bujes, sino sobre dos bujes de fundición con "patas de araña" para permitir una correcta lubricación y reducir el desgaste durante el movimiento rotacional. En la **Figura 4-8** se puede observar un modelado del caballete.

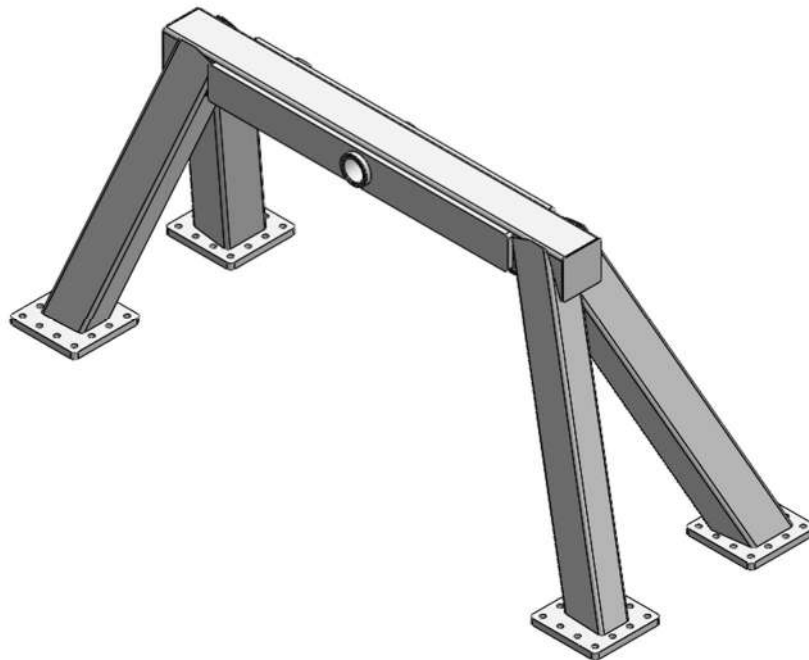


Figura 4-3:Modelado del caballete

4.3 Sistema de giro

El sistema de giro está basado en un mecanismo de piñón y cremallera. El piñón está vinculado al eje de la estructura mediante una chaveta, y en el extremo del eje se ha colocado una tuerca tipo castillo para asegurar el piñón y evitar cualquier deslizamiento durante el giro. La cremallera, que se desplaza sobre una guía soportada por el caballete, tiene un ojo soldado al cual estará anclado el cilindro hidráulico que ejercerá la fuerza necesaria para realizar la rotación del sistema.

Para calcular el torque requerido, se tomó en cuenta el peor escenario posible: una frenada del sistema en solo 0,1 segundos con el peso del chasis perpendicular al radio de giro. En este caso, el torque necesario es de 5590 N.m. Para cumplir con esta demanda, se dispuso de un engranaje con un diámetro de 330 mm, un módulo de 24 mm y un espesor de 100 mm. Utilizando la ecuación de Lewis, se calculó la flexión con un factor de seguridad de 3, garantizando la durabilidad del sistema.

Para mover la cremallera, se diseñó un cilindro hidráulico que funciona a una presión de 50 kg/cm². El cilindro tiene un diámetro de 5 pulgadas y un recorrido de 530 mm. Dado que se desea que el giro completo se realice en un tiempo aproximado de 60 segundos, se determinó que el caudal necesario es de 6,7 L/min, lo que garantiza una operación controlada y suave. En la **Figura 4-8** se observa un modelado del sistema

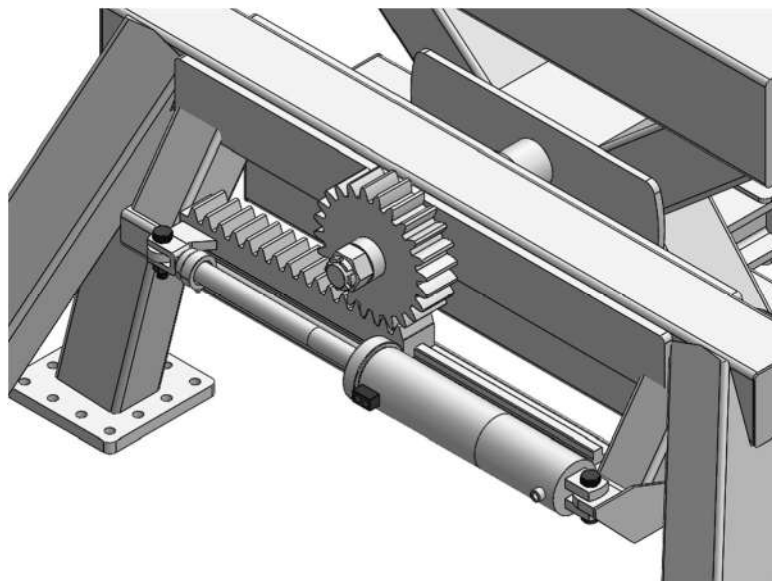


Figura 4-4:Modelado del sistema de giro

4.4 Toma móvil

La toma móvil es el segundo punto de apoyo del chasis y podrá desplazarse a lo largo de la estructura para ajustarse a chasis de diferentes tamaños. Esta toma se vincula a la estructura mediante agarraderas al tubo de 150x150 mm, y cuenta con un puente construido con tubo de 200x200 mm que sostiene una corredera tipo "cola de milano". Estas correderas permitirán el movimiento longitudinal para absorber las dilataciones térmicas, asegurando que solo haya movimiento en el eje longitudinal y no en el eje de rotación, lo que previene deformaciones fuera de escuadra durante el proceso de soldadura.

En la parte superior de la corredera, se han instalado dos resortes que generan hasta 500 kg de fuerza para mantener la toma móvil firmemente posicionada contra el tope, asegurando que el chasis se mantenga en su lugar con la misma precisión que en la toma fija. En la **Figura 4-8** se observa un modelado de la toma móvil

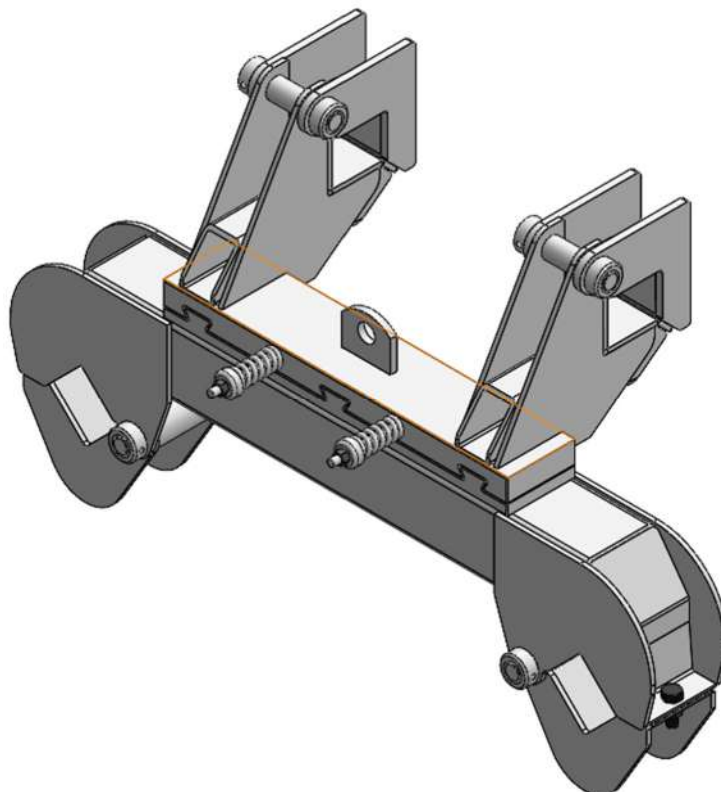


Figura 4-5:Modelado toma móvil

4.5 Dispositivo de rectángulo principal

Durante la primera etapa del montaje del chasis, se construirá el rectángulo principal. Ambos laterales de este rectángulo estarán sujetos por la toma fija y la toma móvil, por lo que se requiere un dispositivo adicional que sostenga los tubos frontales. Este dispositivo permitirá la dilatación de los tubos a lo largo de su eje, utilizando topes de bronce para guiar el movimiento y grampas que fijarán los tubos al dispositivo.

El dispositivo se apoyará sobre el tubo de 150x150 mm, y se fijará a él mediante grampas. Se instalarán dos de estos dispositivos, con una distancia mínima de 1,5 metros y una distancia máxima de 4 metros entre ellos. Estos dispositivos se mantendrán en uso durante las etapas 1 y 2 del proceso de montaje.

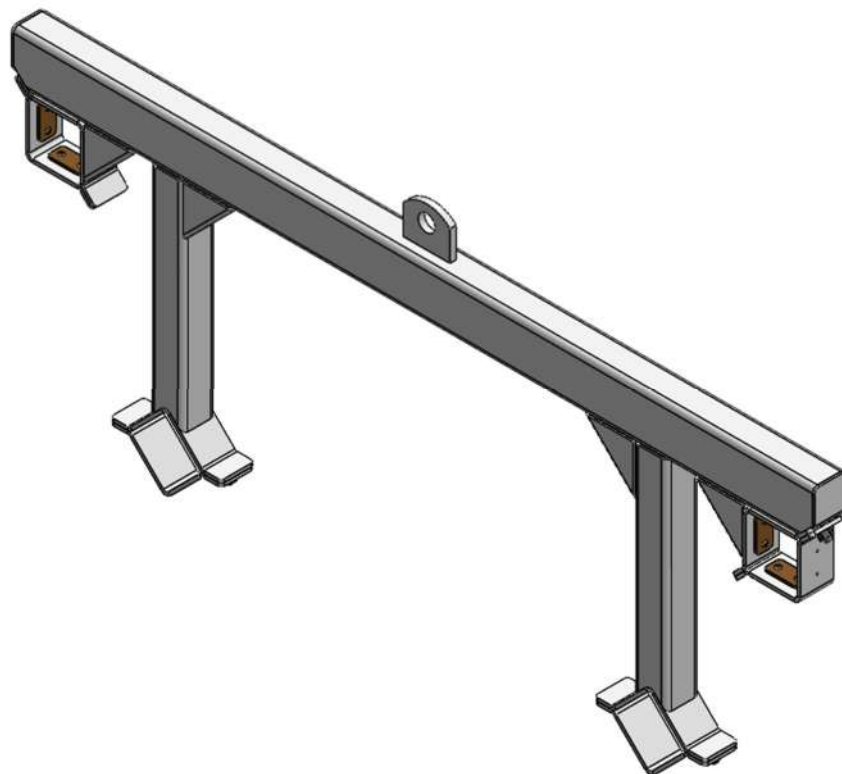


Figura 4-6:Modelado del dispositivo del rectángulo

4.6 Dispositivo de bajada de rueda y marcador

El dispositivo para la colocación de placas consiste en un carro, que se desplazará sobre el 150x150, sobre el cual, irá montado una guía que permita el movimiento perpendicular a los tubos. Sobre la guía se moverá una caja, con una cara superior plana, en la cual irán montados los distintos dispositivos para las distintas placas de las distintas máquinas.

El carro principal está compuesto por un tubo 100x200. En la parte superior, con placa calibrada, formará una guía T, y en la parte inferior tendrá soldadas placas que darán soporte a las ruedas. Se colocarán dos ruedas de cada lado con sus respectivos rodamientos, estas ruedas tendrán canaleta en V a 90° que apoyará sobre el tubo 150x150.

En el medio de las dos ruedas, se encontrará una mordaza, sujeta a un bulón roscado, que, una vez puesto el carro en posición, será el encargado de sujetar fuertemente el 150x150 para evitar movimientos. Esta mordaza también tendrá un corte en V para bloquearse con el tubo.

De la placa inferior, también se apurarán dos columnas que estarán soldadas a la parte inferior del carro. En esta parte se encontrarán dos soportes con corte en V, que tomarán la parte inferior del tubo cuando se los apriete con la mordaza superior.

El cubo, que se desplazará por la guía superior del carro, a los laterales del cubo tiene tapas con forma de perfil T, que coincide con el perfil de la parte superior del tubo. Este cubo, en la parte superior, tiene un tornillo, el cual apretará el cubo contra las guías, fijándolo una vez llegada a la posición deseada. Cuando se realice el ajuste, el cubo apoyará en la parte inferior sobre las guías en cuatro puntos, dando estabilidad y certeza en el posicionamiento.

Sobre la cara superior del cubo apoyarán los distintos dispositivos. Todos deben coincidir en el mismo perforado. El dispositivo de la placa bajada de rueda tendrá dos barras posicionadoras donde se apoyará el perforado de la placa. También tendrá acople rápido, encargado de sujetar y mantener la placa contra el dispositivo.

El dispositivo de la placa marcador será similar al de la placa bajada de rueda, tendrá dos varillas donde apoyará la placa, y dos acoples rápidos para la sujeción de las mismas. Las tolerancias geométricas de cada dispositivo dependerán de las

exigencias necesarias de cada placa. En la **Figura 4-7** se muestra un modelado del sistema.

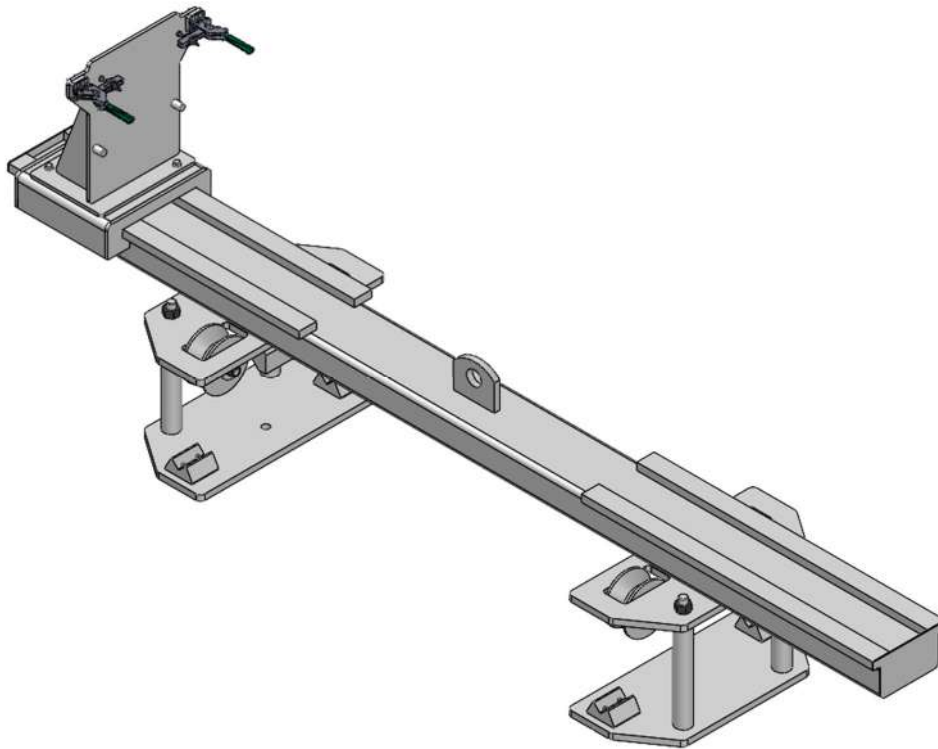


Figura 4-7: Modelado del dispositivo de placas

4.7 Dispositivo de tubos porta herramientas

El dispositivo para los tubos porta herramientas está diseñado con dos mordazas rebatibles similares a las de la toma fija y móvil del chasis. Estas mordazas permiten la dilatación de los tubos durante el proceso de soldadura, utilizando tacos de bronce en las zonas de contacto para evitar daños. La estructura principal del dispositivo está formada por un tubo de 80x60 mm, sobre el que se montan los diferentes posicionadores.

Este dispositivo se fijará a los tubos de 150x150 mm mediante abrazaderas similares a las utilizadas en otros dispositivos. Se instalarán dos dispositivos de este tipo, con una distancia mínima de 1 metro y una máxima de 4 metros entre ellos. En la **Figura 4-8** se observa un modelado del sistema.

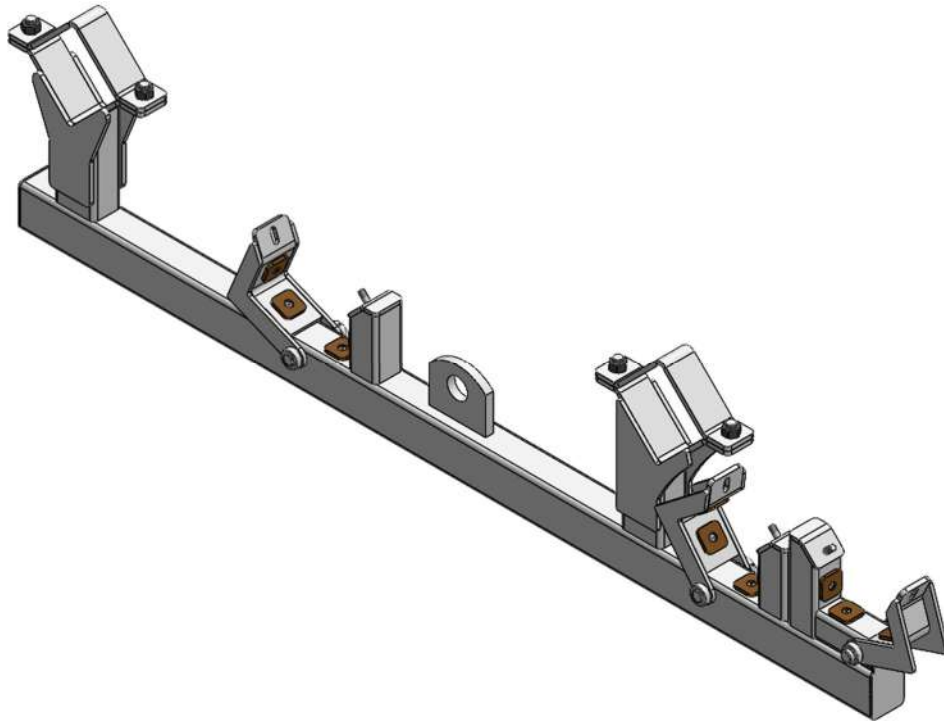


Figura 4-8:Modelado de dispositivos para tubos porta herramientas.

4.8 Sistema de seguridad.

La rotación de la máquina es uno de los movimientos más críticos y peligrosos del proceso. Para mitigar los riesgos, se delimitará una zona segura en la parte posterior de la máquina, que deberá permanecer libre durante la operación. El sistema de frenado está diseñado para detener la rotación en solo 0,1 segundos en cualquier posición, lo que aumenta la seguridad operativa. Además, se recomienda la instalación de una sirena y una luz de advertencia que se activarán durante el giro.

Finalmente, se han implementado sistemas de bloqueo para asegurar que la máquina quede fijada en las posiciones de giro predefinidas, garantizando la seguridad del operario.

5 Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

El dispositivo logra cumplir todos los requisitos impuestos, se busco durante todo el trabajo que prime la sencille, para facilitar la utilización de cada dispositivo. Se tuvo un enfoque en la seguridad de los operarios y del entorno.

El dispositivo desarrollado logra cumplir con todos los requisitos establecidos, priorizando la simplicidad para facilitar su utilización. Se hizo un énfasis particular en la seguridad tanto de los operarios como del entorno de trabajo.

La máquina permite aprovechar los recursos existentes en la empresa de manera eficiente, utilizando materiales accesibles y evitando la construcción de mecanismos demasiado complejos. Aunque el proyecto se centró en un modelo de máquina específico, se tuvo en cuenta la compatibilidad con otros modelos fabricados por la empresa para garantizar la interoperabilidad de las diferentes partes del dispositivo.

Las alternativas planteadas durante el desarrollo del proyecto pueden ser útiles para otras soluciones en las que los requisitos técnicos hagan más viables esas propuestas.

En cuanto a la eficiencia, el dispositivo permite optimizar el proceso de construcción del chasis, reduciendo tiempos de operación y mejorando la precisión en la colocación de las placas. Esto se traduce en una mejora general en la productividad, la calidad y la seguridad del proceso.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda profundizar en el desarrollo de dispositivos adaptados a otros modelos de máquinas para lograr una mayor estandarización en los agarres, lo que simplificaría la cantidad de dispositivos necesarios y facilitaría el montaje.

Además, se sugiere desarrollar un freno neumático o una traba mecánica adicional para el giro, que funcione como una medida de seguridad redundante en caso de fallas o rupturas en el sistema de giro.

El dispositivo de colocación de placas, aunque funcional, requiere una significativa cantidad de movimiento y trabajo durante el montaje, además de ser susceptible al desgaste. Sería conveniente trabajar en la simplificación de sus mecanismos para aumentar la durabilidad y reducir el esfuerzo necesario en su uso.

.

Bibliografía

- G.S.Pisarenko. (1975). Manual de Resistencia de Materiales. URSS: Editorial Mir.
- Hibbeler, R. C. (2011). Mecánica de Materiales. Pearson.
- Robert L. Mott, P. (2006). Diseño de Elementos de Máquina. Pearson.
- ASM Internacional (1993). Volumen 6: Wekding Brazing and soldering.
- Samuel K. Clark (1971) Mechanics of Pneumatic Tire. Department of Engineering Mechanics University of Michigan
- American Society of Agricultural Engineers (1999). ASAE D497.4

Anexo A: Cálculos de Tolerancias

PERPENDICULARIDAD DEL RECTANGULO

DATOS	
Angulo maximo	1 [°]
Tolerancia	0,5 [°]

NIVELACION DEL RECTANGULO

DATOS	
dif permitida	4%
Tolva mas baj	900 [mm]

Calculos	
Dif altura	66,6 [mm]
Diferencia maxima	25 [mm]
Tolerancia	12 [mm]

TOLERANCIA A AFECTAN	
Dif entre patas Tolva max	7 [mm]
dif Bajada R. maxima	7 [mm]
Dif entre placas Per max	8,0 [mm]
Dif entre placas max	20,0 [mm]

PERPENDICULARIDAD A LA DIRECCION DEL TUBO 80 x 100

DATOS	
fi	1
A	1820
B	0
C	0
W	0
T	1
Peso	9000 [Kg]
Mu	0,4
Cantidad de rueda	4
Cantidad de cuerpos	59

Calculos	
Fuerza	1820 [N]
	186 [Kg]
Fuerza lateral Neu	8829 [N]
Fuerza lateral Neu Por C	149,6 [N]
Angulo Maximo Permitido	4,7 [°]
Factor de seguridad	3
Angulo Maximo calculado	1,6 [°]
Angulo Maximo	0,6 [°]
Tolerancia	0,6 [°]

TOLERANCIA A AFECTAN	
Perpendicularidad del chasis	1 [°]

TORSION DEL TUBO 80 x 100

DATOS	
Exigencia del proveedor	4 [°]
Ancho de maquina	2290 [mm]
Ancho del tubo	80 [mm]

Calculos	
Altura total maxima	11,1 [mm]
Altura por dif de placa	1,2 [mm]
Altura max	9,9 [mm]
Tolerancia	9,9 [mm]

TOLERANCIA A AFECTAN	
dif Bajada R. maxima	7 [mm]
Dif entre placas max	20,0 [mm]
Dif entre placas Per max	8,0 [mm]

NIVELACION DEL TUBO 80 x 100

DATOS	
Exigencia del proveedor	3 [°]
Largo minimo	3000 [mm]
entre placa	2000 [mm]

Calculos	
Angulo entre placa	1,0 [°]
Angulo Maximo	2,0 [°]
Tolerancia	1,0 [°]

TOLERANCIA A AFECTAN	
dif Bajada R. maxima	7 [mm]
Dif entre placas max	20,0 [mm]
Dif entre placas Per max	8,0 [mm]

TOLERANCIA DE MARCADOR

DATOS	
Distancia permitida	300 [mm]
Marcador mas largo	5500 [mm]
entre placa	2000 [mm]

Calculos	
Angulo entre placa	1,0 [°]
Angulo total maximo	3,1 [°]
Angulo Maximo	2,1 [°]
Tolerancia	1,1 [°]

TOLERANCIA A AFECTAN	
dif Bajada R. maxima	7 [mm]
Dif entre placas max	20,0 [mm]
Dif entre placas Per max	8,0 [mm]

PERPENDICULARIDAD DE PLACA DE RUEDA

DATOS	
Angulo Maximo	0,6 [°]
Distancia a la rueda	760 [mm]

Calculos	
Diferencia maxima	8,0 [mm]
Tolerancia	0,6 [°]

DIFERENCIA ENTRE PLACA DE RUEDA

DATOS	
Diferencia aceptada	35 [mm]
entre placa	2000 [mm]

Calculos	
Diferencia maxima	20,0 [mm]
Tolerancia	10,0 [mm]

TOLERANCIA A AFECTAN	
dif Bajada R. maxima	7 [mm]
Dif entre placas Per max	8,0 [mm]

Anexo B: Cálculos de soldadura

Datos generales Soldadura	
i	300 [A]
U	29 [v]
P	8700 [W]
Vel	5 [mm/s]
C	500 [J/kg·°C]
150x200	40,68 [Kg/mts]
alfa	1,20E-05 [1/°C]
Densidad	7,84 [Kg/dm3]
Largo inicial	7 [mts]

Etapa 1: Rectángulo principal		
Distancia de soldadura		
Tamaño	Alto	140 [mm]
	Ancho	140 [mm]
Por pasada		420 [mm]
Cantidad		4
Cantidad de pasadas		2
Total		3360 [mm]
Peso total		700,0 [kg]
Cálculos de soldadura		
Calor total		5,85E+06 [J]
Delta T		16,7 [C]
Delta L		1,40 [mm]

Etapa 2		
Distancia de soldadura		
Tamaño	Alto	140 [mm]
	Ancho	140 [mm]
Por pasada		420 [mm]
Cantidad		18
Cantidad de pasadas		1
Total		7560 [mm]
Peso total		1240,0 [kg]
Cálculos de soldadura		
Calor total		1,32E+07 [J]
Delta T		21,2 [C]
Delta L		1,78 [mm]

Etapa 3 Placa bajada de rueda		
Distancia de soldadura		
Tamaño	Alto	140 [mm]
	Ancho	330 [mm]
Por pasada		610 [mm]
Cantidad		4
Cantidad de pasadas		1
Total		2440 [mm]
Tamaño	Alto	120 [mm]
	Ancho	250 [mm]
	Espesor	12,7 [mm]
Por pasada		765,4 [mm]
Cantidad		8
Cantidad de pasadas		1
Total		6123,2 [mm]
Suma total		8563,2 [mm]
Peso total		1425,0 [kg]
Cálculos de soldadura		
Calor total		1,49E+07 [J]
Delta T		20,9 [C]
Delta L		1,76 [mm]

Etapa 4 Placa Marcador		
Distancia de soldadura		
Tamaño	Alto	140 [mm]
	Ancho	330 [mm]
Por pasada		610 [mm]
Cantidad		2
Cantidad de pasadas		1
Total		1220 [mm]
Tamaño	Alto	140 [mm]
	Ancho	280 [mm]
Por pasada		840 [mm]
Cantidad		4
Cantidad de pasadas		1
Total		3360 [mm]
Suma total		4580 [mm]
Peso total		1445,0 [kg]
Cálculos de soldadura		
Calor total		7,97E+06 [J]
Delta T		11,0 [C]
Delta L		0,93 [mm]

Etapa 5: LADO CONTRARIO		
Distancia de soldadura		
Ancho		140 [mm]
Cantidad		22
Por pasada		330 [mm]
Cantidad		6
Tamaño	Alto	101 [mm]
	Ancho	200 [mm]
Cantidad		4
Total		7468 [mm]
Peso total		1445,0 [kg]
Cálculos de soldadura		
Calor total		1,30E+07 [J]
Delta T		18,0 [C]
Delta L		1,51 [mm]

Etapa 6: Costillas			
Distancia de soldadura			
Tamaño	Alto	140	[mm]
	Ancho	140	[mm]
Por pasada		560	[mm]
Tamaño	Alto	80	[mm]
	Ancho	100	[mm]
Por pasada		360	[mm]
Tamaño	Alto	70	[mm]
	Ancho	70	[mm]
Por pasada		280	[mm]
Cantidad delantera		10	
Cantidad trasera		10	
Total		21200	[mm]
Peso total		1855,0	[kg]
Cálculos de soldadura			
Calor total		3,69E+07	[J]
Delta T		39,8	[C]
Delta L		3,34	[mm]

Etapa 7: Toma de lanzas y plataformas			
Distancia de soldadura			
Lanzas	Tamaño	Alto	140 [mm]
		Ancho	140 [mm]
	Por pasada		560 [mm]
Plataforma	Cantidad		4
	Tamaño del cordón		50 [mm]
	Por pasada		100 [mm]
	Cantidad		13
	Total		3540 [mm]
	Peso total		2130,0 [kg]
	Cálculos de soldadura		
	Calor total		6,16E+06 [J]
	Delta T		5,8 [C]
	Delta L		0,49 [mm]

Totales		
Suma de Calor	9,79E+07	[J]
	91,9	[C]
Suma de dilatación	7,72	[mm]

Anexo C: Resistencia de la estructura

PIÑON

Datos	
Masa total	7122 [kg]
Centro de masa X	63,6 [mm]
Y	-38,2 [mm]
Z	-28,9 [mm]
Inercia Z	3870 [kg.m ²]
Angulo	3,14159 [rad]
Tiempo Rotación	60 [s]
Tiempo de frenado	0,5 [s]
T Fluencia SAE 1010	180 [Mpa]
T Fluencia SAE 1045	310 [Mpa]

Cálculos del movimiento	
Distancia al eje	74,1 [mm]
Inercia en nuevo Eje	3909 [kg.m ²]
Aceleración	8,73E-04 [rad/s ²]
Velocidad Max	0,0524 [rad/s]
Desaceleración	0,1 [rad/s ²]
Torque necesario	409,3 [N.m]
Torque estático	5180,4 [N.m]
Torque total	5589,8 [N.m]

Cálculos del Piñón	
Diámetro P	0,336 [m]
N dientes	24
Modulo	0,014 [m]
Paso Diam	71,43 [Dient/m]
Espesor	0,1 [m]
Fuerza en Dp	33272 [N]
Potencia	293 Watt
Velocidad D	8,80E-06 [m/s]
Ecuación de Lewis	
Y	0,3370
Tau	7,05E+07 [N/m ²]
	70,5 [Mpa]
	7,19 [kg/mm ²]
Factor de seguridad	3

CIRCUITO HIDRAULICO

Datos	
Presión de trabajo	50 [Kg/cm ²]
	4,91E+06 [N/m ²]
Factor de seguridad	0,5
Recorrido	3,14 [rad]

Cálculos Circuito Hidráulico	
Área del pistón	67,83 [cm ²]
Área necesaria	101,8 [cm ²]
Diámetro	113,8 [mm]
Cilindro adoptado	5 [pul]
	127 [mm]
Recorrido	527,7876 [mm]
Velocidad Lineal	8,8 [mm/s]
Caudal	6,7 [Lts/min]

Bomba	
Presión	50 [Kg/cm ²]
Caudal	6,7 [Lts/min]

Cilindro	
Diámetro	5 [pul]
Recorrido	528 [mm]

EJE

Datos	
Fuerza C	33272 [N]
Peso	69871 [N]
Torque	5590 [N.m]
Distancias CA	0,13 [m]
Distancia AB	0,22 [m]
Distancia BP	0,26 [m]
Diámetro C	0,07 [m]
Diámetro A	0,10 [m]
Diámetro P	0,10 [m]
Distancias C1	0,05 [m]
Distancia CP	0,21 [m]

Propiedades de la sección	
Área C	3,85E-03 [m ²]
Inercia C X	1,18E-06 [m ⁴]
Inercia Polar C	2,36E-06 [m ⁴]
Área A	7,85E-03 [m ²]
Inercia A X	4,91E-06 [m ⁴]
Inercia Polar A	9,82E-06 [m ⁴]
Área P	7,85E-03 [m ²]
Inercia P X	4,91E-06 [m ⁴]
Inercia Polar P	9,82E-06 [m ⁴]
Concentrador de T en1	2

Cálculos Tensiones	
Fax	-52933 [N]
Fbx	19661 [N]
Fay	-81940 [N]
Fby	151812 [N]
Mt	5590 [N.m]
Mf1x	1664 [N.m]
MfAx	4325 [N.m]
MfBy	18027 [N.m]
Mf2y	14673 [N.m]
TauC	83,0 [Mpa]
TauA	28,5 [Mpa]
TauP	28,5 [Mpa]
Sigmax1	98,8 [Mpa]
SigmaxA	44,1 [Mpa]
SigmayB	183,6 [Mpa]
Sigmay2	149,5 [Mpa]
Tensión B	187,9 [Mpa]
Factor de Seguridad	1,65

CHAVETA

Datos	
Torque MAX ENG	14267 [N.m]
Torque MAX EJE 1	17232 [N.m]
Torque MAX EJE A	38864 [N.m]
Diámetro	0,070 [m]
Ancho	0,020 [m]
Largo	0,110 [m]
Alto	0,015 [m]

Propiedades de la sección	
Área al corte	0,00220 [m ²]
Área aplastamiento	0,00165 [m ²]
Factor de seguridad	2

Cálculos Tensiones	
Fcorte	203818 [N]
Tau	93 [Mpa]
Sigma	124 [Mpa]

CABALLETE

Datos	
Entre apoyos	2,1 [m]
Alto del tubo	0,200 [m]
Ancho del tubo	0,200 [m]
Espesor del tubo	0,013 [m]
Alto del refuerzo	0,17 [m]
Espesor	0,025 [m]
Ángulos de las patas	20 [°]

Propiedades de la sección	
Área viga	0,01822 [m ²]
inercia X	7,74E-05 [m ⁴]
Área Pata	0,009724 [m ²]

Cálculos Tensiones	
Fax	33272 [N]
Fay	69871 [N]
Sigmax	92,08 [Mpa]
Factor de Seguridad	2,0
Fp	74356 [N]
Sigmaxp	7,6 [Mpa]

BULONES DE ESTRUCTURA

Datos	
Diámetro	0,0254 [m]
Radio menor	0,824 [m]
Cantidad de Bulnes	12

Propiedades de la sección	
Área	5,07E-04 [m ²]

Cálculos Tensiones	
Fcorte	5823 [N]
Tau	11 [Mpa]

ESTRUCTURA FIJA

Datos	
Peso estructura	2000 [kg]
Peso chasis CHICO	1200 [kg]
Peso Dispositivo móvil	500 [kg]
Peso Dispositivo 80	200 [kg]
Largo total	8 [m]
Distancia BD	0,36 [m]
E	2100000 [Kg/cm ²]
	2,1E+11 [N/m ²]

Propiedades de la sección	
Inercia del tubo	1.748 [Cm ⁴]
Inercia del Perfil	5100 [Cm ⁴]
Inercia total	1,37E-04 [m ⁴]
rmax	0,106066 [m]

Cálculos Tensiones	
Fay	12753 [N]
Fby	5886 [N]
Fdy	21808 [N]
Fcy	16451 [N]
Carga distribuida	2453 [N.m]
Tramo CA	
Mf	$Fcy \cdot x - Cd \cdot x^2 / 2$
Punto referencia	X en C=0
Mf en A	46185 [N.m]
Dmf	$Fcy - Cd \cdot x$
Max en x	26,8
derivada =0 fuera del tramo, máximo en los extremos	
Tramo AB	
Mf	$Fcy \cdot x - Cd \cdot x^2 / 2 - Fay \cdot (x - dist) / 2$
Dmf	$Fcy - Cd \cdot x - Fay$
Max en x	1,508
Mf en B	7692 [N.m]
derivada =0 fuera del tramo, máximo en los extremos	
Tramo BD	
Mf	$(dist - x) \cdot Fyd - (dist - x)^2 \cdot cp / 2$
Dmf	$(dist - x) \cdot cp - Fyd$
Max en x	-0,892
derivada =0 fuera del tramo, máximo en los extremos	
Máximo momento	46185 [N.m]
Tau máximo	35,77 [Mpa]
Deformación	-12,17 [mm]
Factor de seguridad	5,0
Deformación sin Disp	8,5 [mm]

AGARRE

Datos	
Peso del chasis	2100 [kg]
Largo del chasis	7 [m]
Diagonal de al	0,300 [m]
Diámetro del bulón	0,0381 [m]

Propiedades de la sección	
Área	1,14E-03 [m ²]

Cálculos Tensiones	
Momento	72103,5 [N.m]
Fuerza en bulón	240345 [N]
Tau	211 [Mpa]
Factor de seguridad	1,5

Anexo D: Tolerancias del dispositivo

PERPENDICULARIDAD DEL RECTANGULO (B100P2-1)

DATOS	
Tolerancia	0,5 [°]
Perpendicularidad	0,5 [°]
Paralelismo	0,5 [°]

Distribucion	
Estructura	0,3 [°]
Dispositivo 1	0,2 [°]
Apoyo movil	0,2 [°]

Estructura R102P2	
Distribucion	
Soporte	0,1 [°]
Tubos	0,2 [°]
Soporte	
Distancia entre soporte	1100 [mm]
Diferencia	1,92 [mm]
Paralelismo entre ellos	1,92 [mm]
Tubos	
Largo del tubo	8000 [mm]
Diferencia	27,9 [mm]
Perpendicularidad	27,9 [mm]

DISPOSITIVO R109P2	
Distribucion	
Tolerancia taco de bronce	0,03 [mm]
Ancho del taco de bronce	50 [mm]
Tolerancia en angulo	0,03 [°]
Tolerancia del dispositivo	0,13 [°]
Dist minima entre dispositivos	1000 [mm]
Dif. maxima entre dispositivos	2,29 [mm]
Paralelismo en cada dispositivo	1,15 [mm]

Apoyo Movil E102P2	
Distribucion	
entre agarre y cola de mila	0,05 [°]
Cola de milano	0,05 [°]
Diferencia entre soporte	0,1 [°]
Entre agarre y cola de mila	
ancho de cola de milano	200 [mm]
Diferencia	0,17 [mm]
Paralelismo	0,17 [mm]
Diferencia en cola de milano	
Diferencia	0,17 [mm]
Paralelismo	0,17 [mm]
Soporte	
Distancia entre soporte	800 [mm]
Diferencia	1,40 [mm]
Paralelismo entre ellos	1,40 [mm]

NIVEL TUBOS EXTREMOS (B100P2-1)

DATOS	
Tolerancia	12 [mm]-+
Dif	24,6 [mm]

Distribucion	
Estructura	15,5 [mm]
Tol. del tubo(x2)	2,8 [mm]
Apoyo movil	6,3 [mm]

Estructura R102P2	
Distribucion	
Soporte	0,5 [mm]
Tubos	7,5 [mm]
Deformacion	9,5 [mm]
Tolerancia distancia soporte	0,5 [mm]
Paralelismo de los tubos	7,5 [mm]

Apoyo Movil E102P2	
Distribucion	
entre agarre y cola de mila	2,3 [mm]
Cola de milano	2 [mm]
Entre cola de milano y soporte	2 [mm]
Paralelismo Tubo-milano	2,3 [mm]
Juego cola de milano	2 [mm]
Paralelismo Milano-soporte	2 [mm]

PERPENDICULARIDAD A LA DIRECCION DEL TUBO 80 x 100

DATOS	
Tolerancia	0,6 [°]
Dist. entre soporte min	1000 [mm]

Distribucion	
Estructura	0,3 [°]
Dispositivo	0,3 [°]

Dispositivo E104P2	
Diferencia entre soporte	5,24 [mm]
Distribucion	
Tacos bronce (x2)	0,03 [mm]
dif.soporte y enganche	2,56 [mm]
Paralelismo dispositivo	2,56 [mm]

TORSION DEL TUBO 80 x 100

DATOS	
Tolerancia	9,9 [mm]
Tolerancia angular	7,1 [°]

Distribucion	
Estructura (x2)	0,3 [°]
Torsion del tubo	3,0 [°]
Dispositivo	3,5 [°]

Dispositivo E104P2	
Diferencia maxima	4,9 [mm]
Distribucion	
Tacos bronce	0,03 [mm]
dif.soporte y enganche	2,43 [mm]
Paralelismo Dispositivo	2,43 [mm]
Esta diferencia esta dentro de otras exigencias (la siguiente), por lo cual ya se cumple	

NIVELACION DEL TUBO 80 x 100

DATOS	
Tolerancia	1,0 [°]
Diferencia maxima	17,43 [mm]

Distribucion	
Estructura (x2)	13,58 [mm]
Dispositivo	3,8 [mm]

Estructura R102P2	
Distribucion	
Tubos	7,5 [mm]
Deformacion	6,1 [mm]

Dispositivo E104P2	
Distribucion	
Tacos bronce (x2)	0,03 [mm]
diferencia en soporte	1,86 [mm]
Paralelismo Dispositivo	1,86 [mm]
Esta diferencia es superior a la anterior,por lo cual se adopta esta	

TOLERANCIA DE MARCADOR

DATOS	
Tolerancia	1,1 [°]
Distancia máxima	5,56 [mm]
Distancia entre sop	300 [mm]

Distribucion	
Estructura	0,3 [°]
Carro	0,5 [°]
Cubo de corredera	0,1 [°]
Dispositivo de placa	0,2 [°]

Estructura R102P2	
Distribucion	
Tubos	0,13 [°]
Deformacion	0,17 [°]

Carro E105P2	
Distribucion	
Suplemento V	0,05 [°]
mandibula inferior	0,30 [°]
Parte superior	0,15 [°]

Suplemento V	
Distancia entre apoyos	510 [mm]
Diferencia de altura	0,45 [mm]
Tolerancia de altura	0,45 [mm]

Mandibula inferior	
Tolerancia a la placa	0,1 [°]
Tolerancia a diferencia de Col	0,20 [°]
Diferencia de altura placa	0,89 [mm]
Paralelismo de placa	0,89 [mm]

Distancia entre columna	340 [mm]
Diferencia entre columnas	1,19 [mm]
Paralelismo entre columna	1,19 [mm]

Parte superior	
Distancia entre apoyos	200 [mm]
Diferencia entre apoyos	0,52 [mm]
Paralelismo entre apoyos	0,52 [mm]

Dispositivo R105P2	
distancia entre patas de agarre	200 [mm]
diferencia en patas de agarre	0,35 [mm]
Paralelismo de patas enfrentadas	0,35 [mm]

Dispositivo R106P2-B	
Distancia entre posicionadores	300 [mm]
diferencia en patas de agarre	1,05 [mm]
Paralelismo de posicionadores	1,05 [mm]

PERPENDICULARIDAD DE PLACA DE RUEDA

DATOS	
Tolerancia	0,6 [°]

Distribucion	
Estructura	0,3 [°]
Carro	0,2 [°]
Cubo de corredera	0,05 [°]
Dispositivo de placa	0,05 [°]

Carro E105P2	
Distribucion	
Paralelismos mordazas	0,05 [°]
Perpendicularidad Columna	0,05 [°]
Parte superior	0,1 [°]

Paralelismos mordazas	
Distancia entre apoyos	320 [mm]
Diferencia entre centro	0,28 [mm]
Tolerancia de altura	0,28 [mm]

Perpendicularidad de columna	
Largo de la columna	322 [mm]
diferencia en altura	0,28 [mm]
Perpendicularidad Columna	0,28 [mm]

Parte superior	
Distancia entre apoyos	200 [mm]
Diferencia entre apoyos	0,35 [mm]
Paralelismo entre placa y guia	0,35 [mm]

Dispositivo R105P2	
distancia entre patas de agarre	200 [mm]
diferencia en patas de agarre	0,17 [mm]
Paralelismo de patas alineadas	0,17 [mm]

Esta diferencia es superior a la siguiente, por lo cual se adopta esta

Dispositivo R106P2-A	
Distancia de apoyo	300
diferencia en patas de agarre	0,26
Perpendicularidad apoyo	0,26

DIFERENCIA ENTRE PLACA DE RUEDA

DATOS	
Tolerancia	10 [mm]
Diferencia max	20,04 [mm]

Distribucion	
Estructura	15,5 [mm]
Carro	3,14 [mm]
Cubo de corredera	0,7 [mm]
Dispositivo de placa	0,7 [mm]

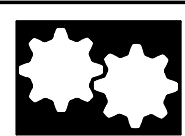
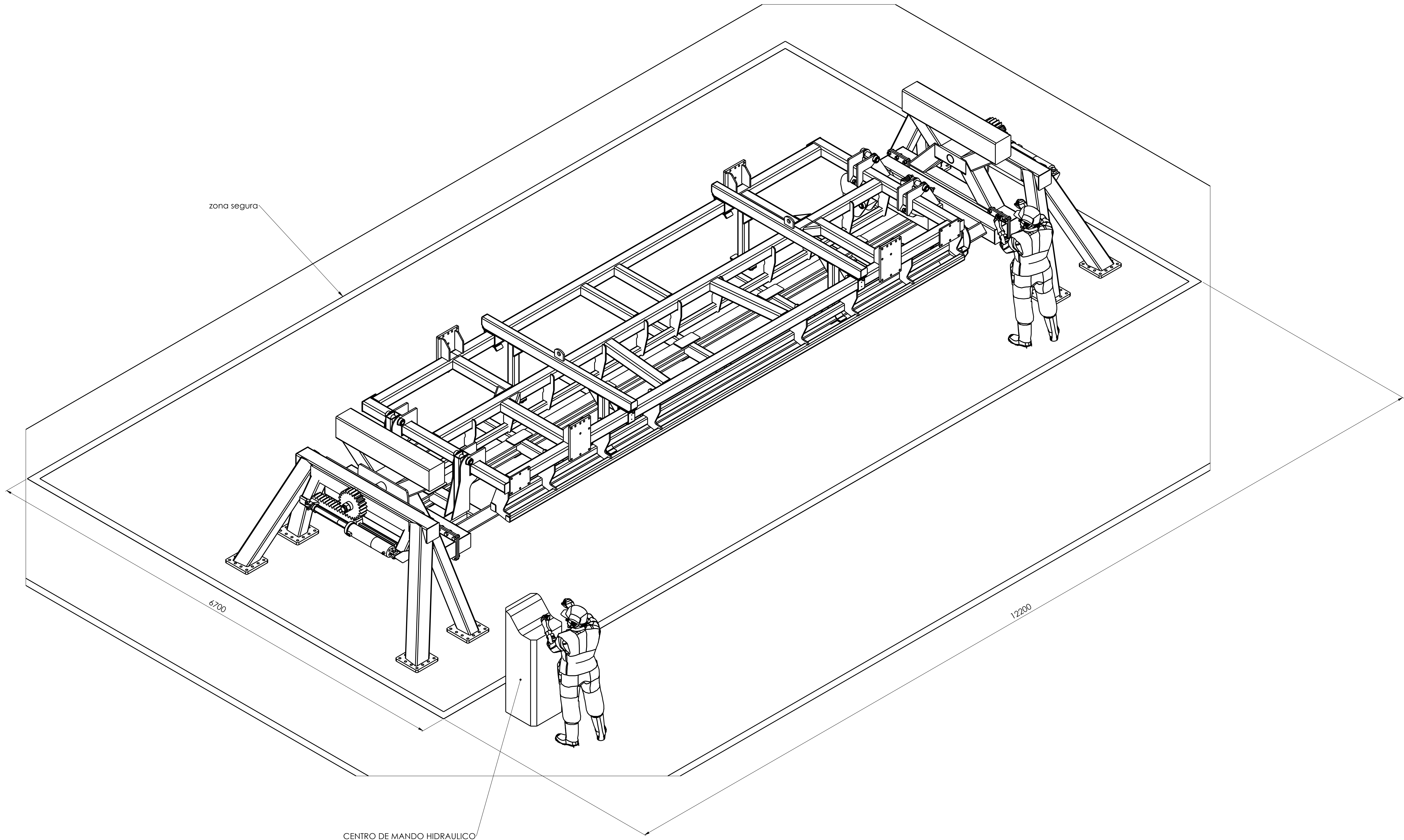
Carro E105P2	
Distribucion	
Suplemento V	0,45 [mm]
mandibula inferior	2,08 [mm]
Parte superior	0,52 [mm]
Diferencia entre placa	0,10 [mm]
Paralelismo entre guias	0,10 [mm]

Dispositivo R105P2	
distancia entre patas de agarre	0,7 [mm]
Paralelismo de patas alineadas	0,70 [mm]

Esta diferencia es inferior a la anterior, por lo cual se adopta esa

Dispositivo R106P2-A	
diferencia entre posicionadores	0,7 [mm]
Paralelismo de posicionadores	0,7 [mm]

Anexo E: Planos



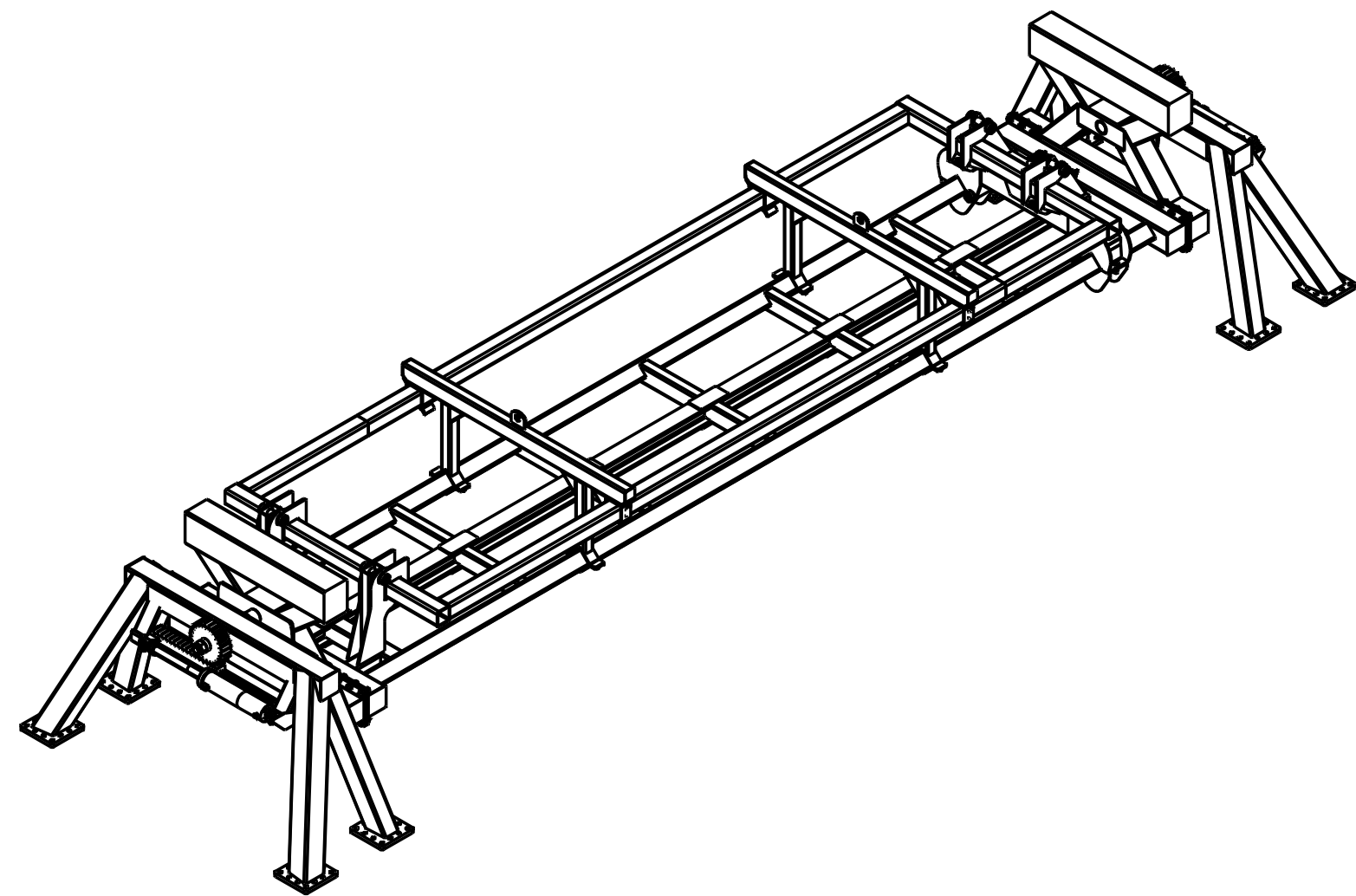
PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

ESQUEMA DE SISTEMA

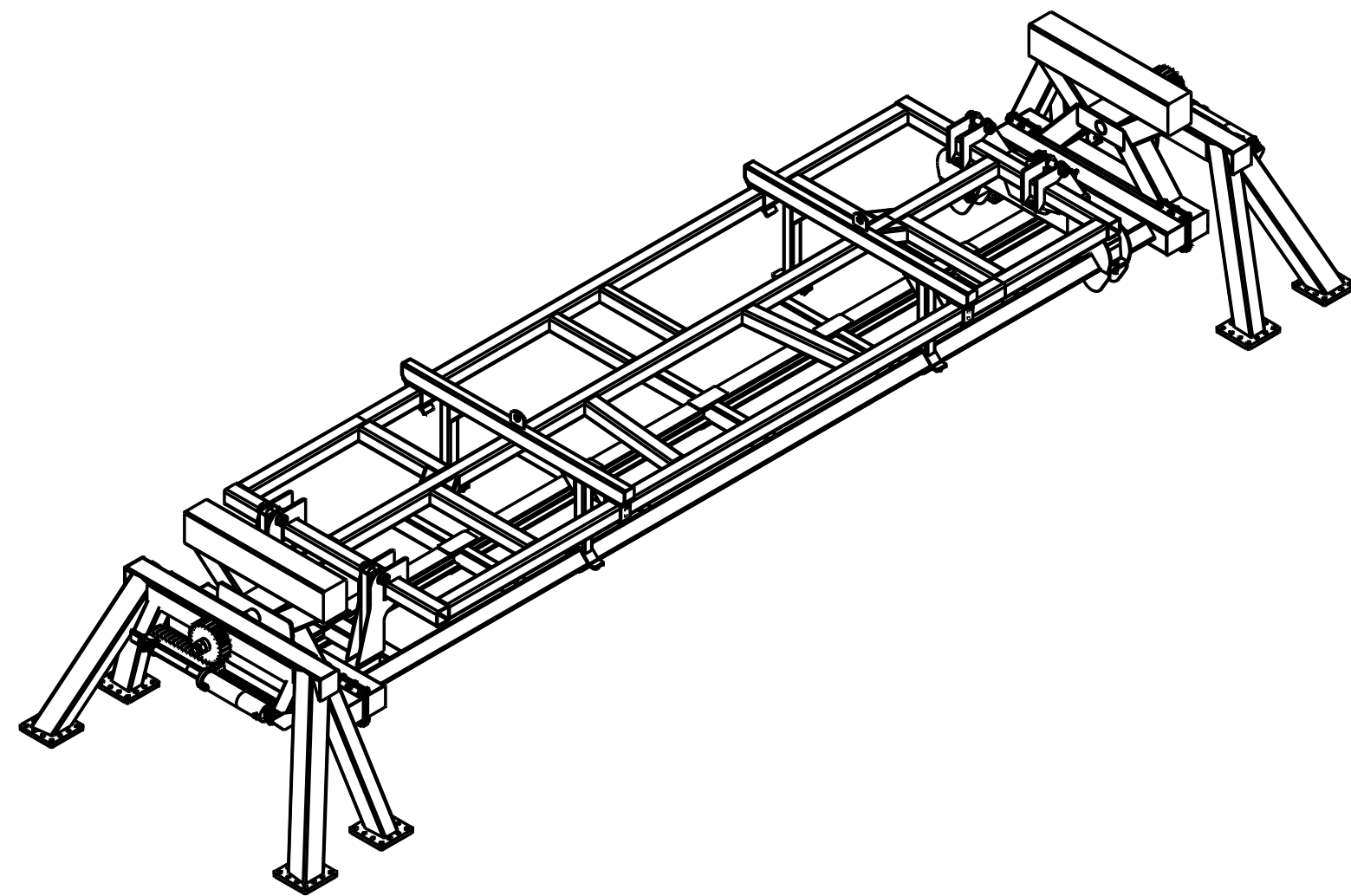
DIBUJO	FECHA	NOMBRE
	08-09-24	Pivadori, Juan

Escala
1:20

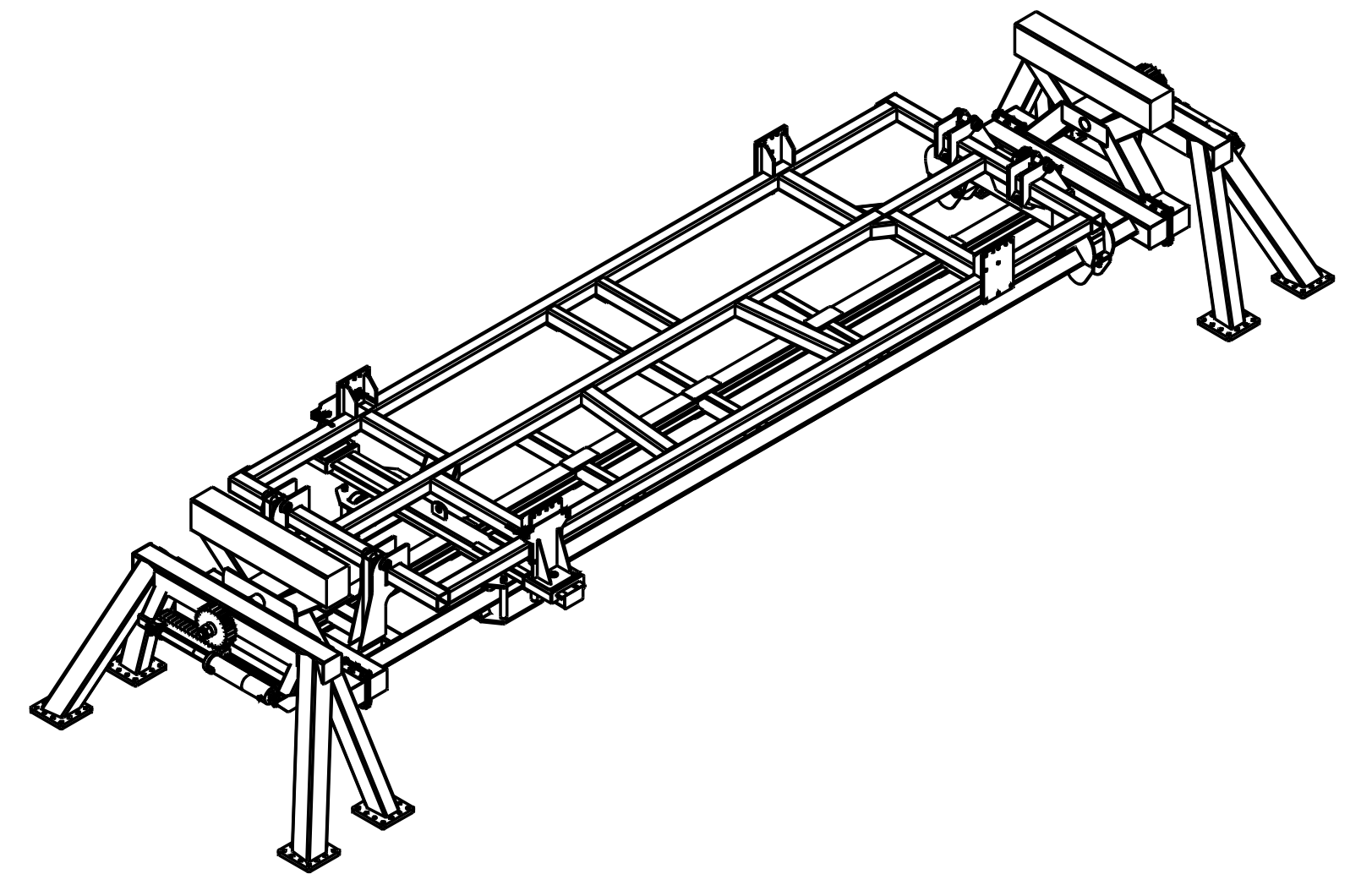
Numero de pieza: B100P2-10



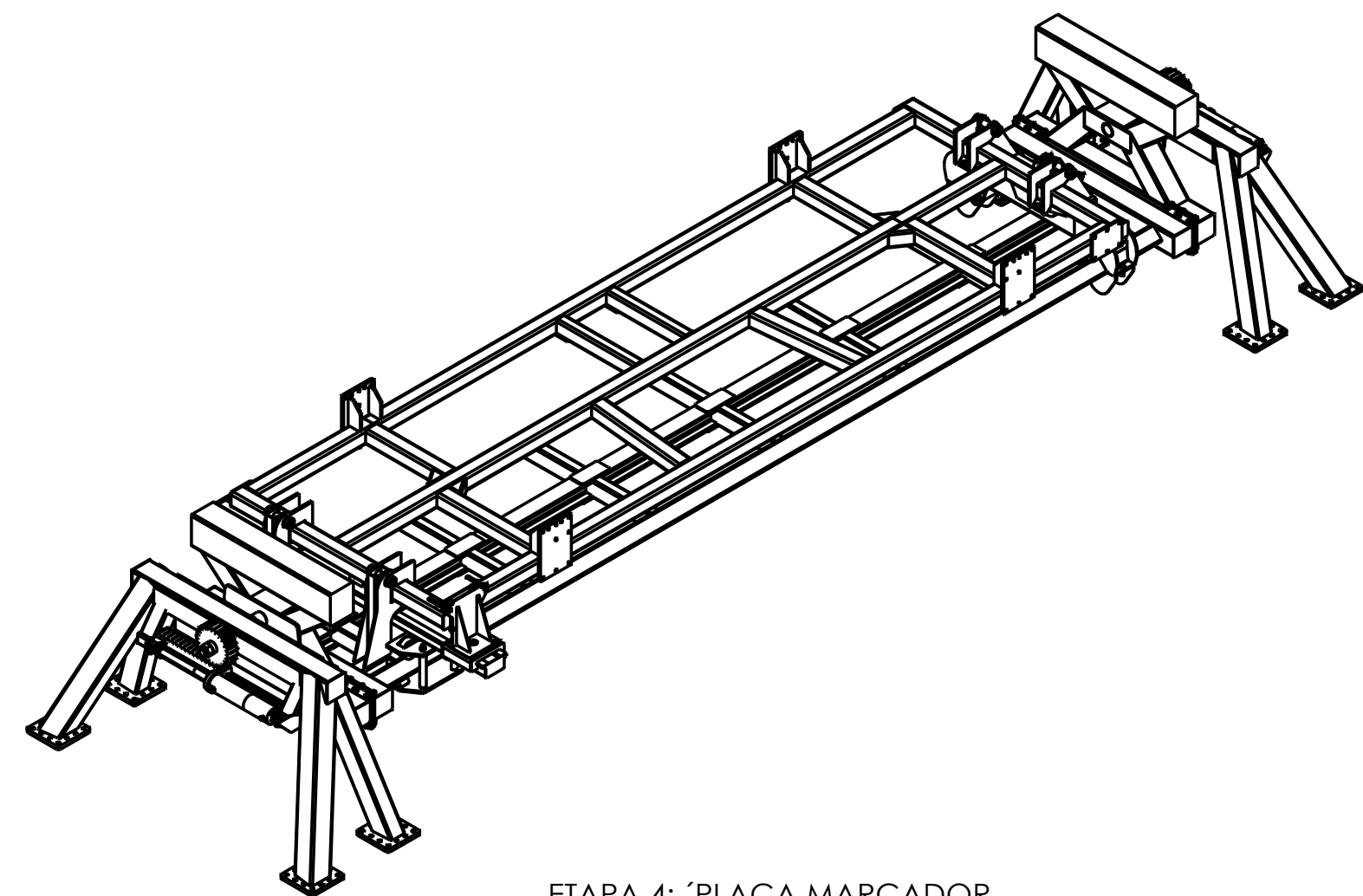
ETAPA 1: CONSTRUCCION DEL RECTANGULO



ETAPA 2: REFUERZOS INTERNOS

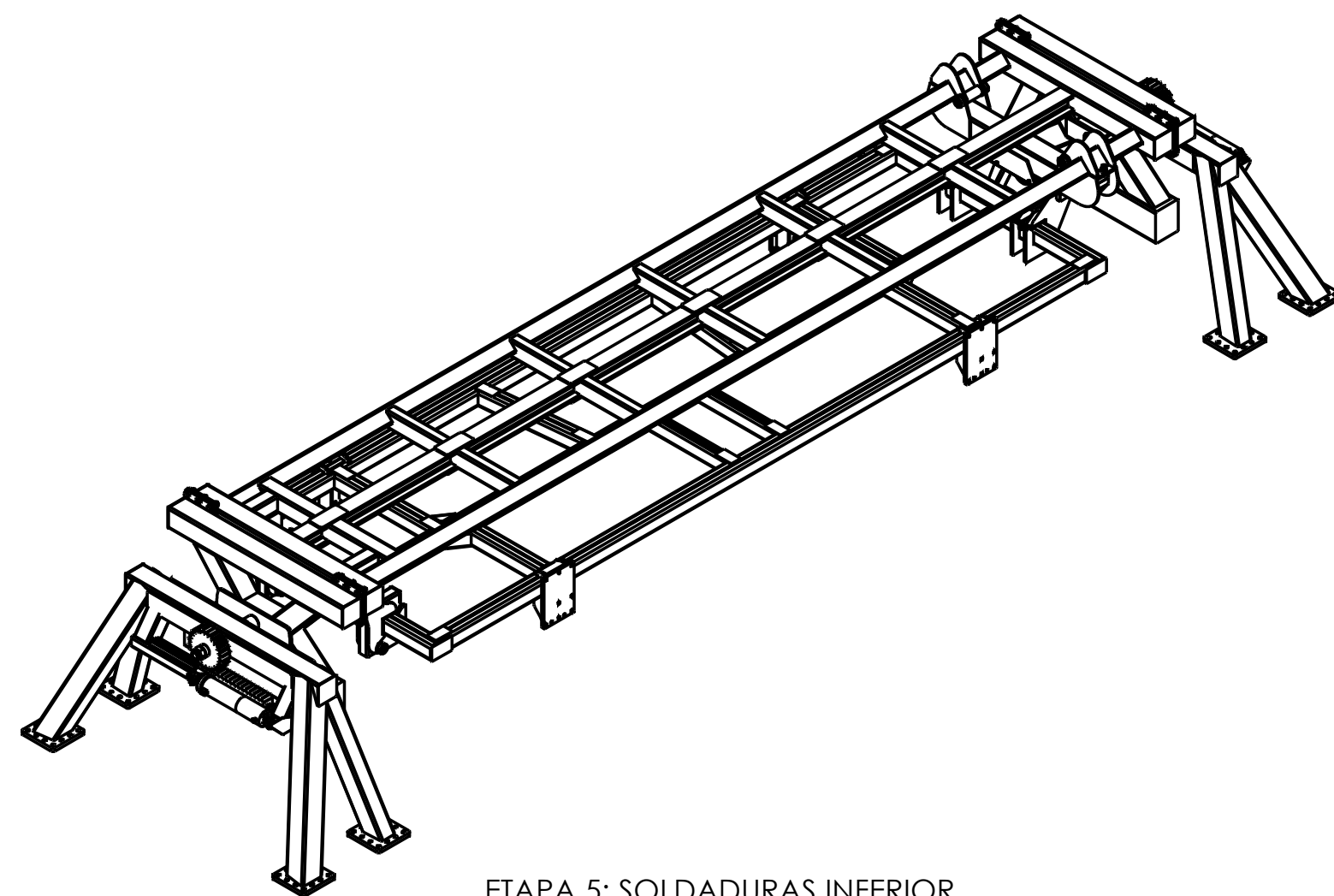


ETAPA 3: COLOCACION DE PLACAS

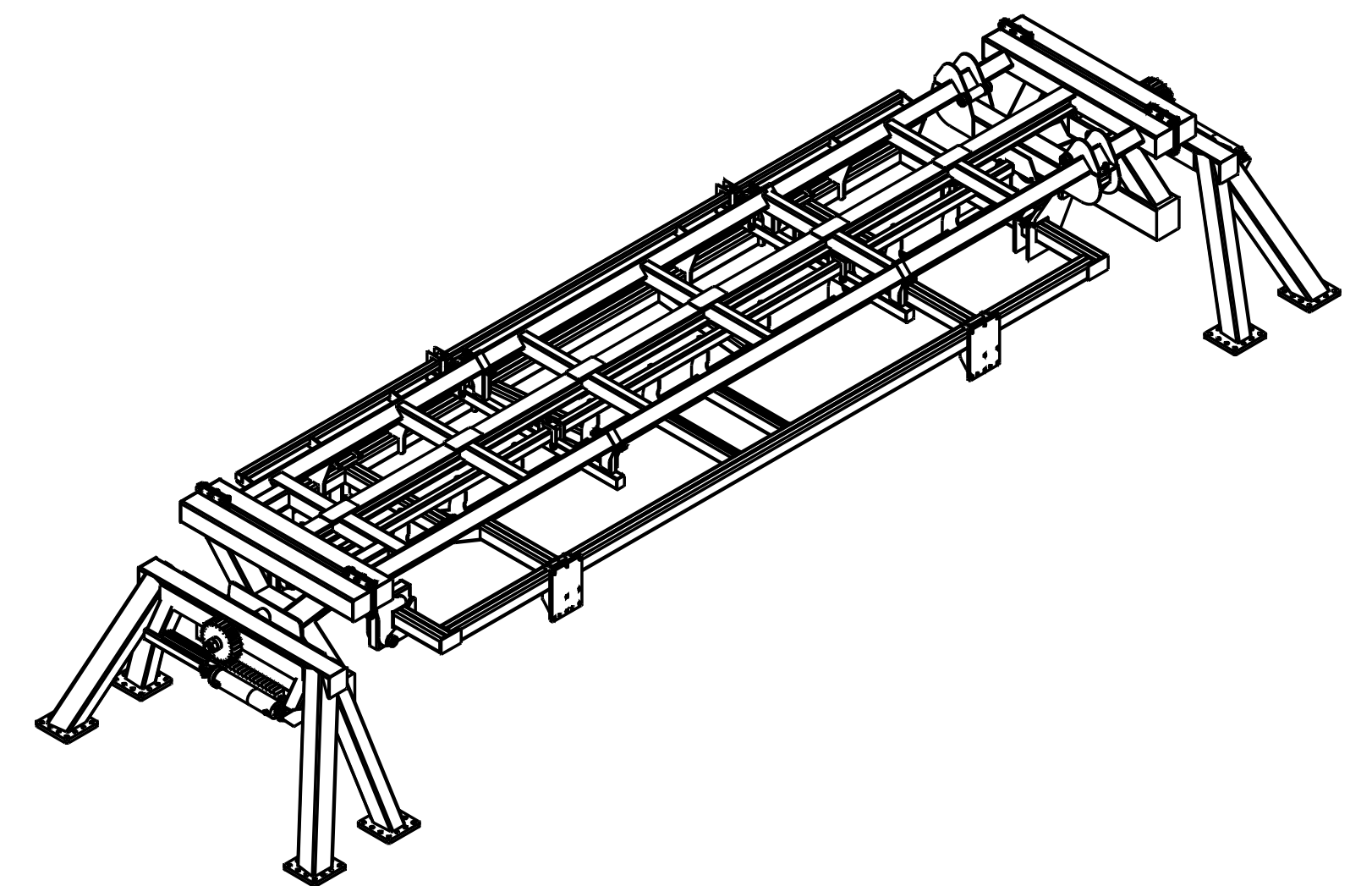


ROTACION DE
MAQUINA

ETAPA 4: PLACA MARCADOR

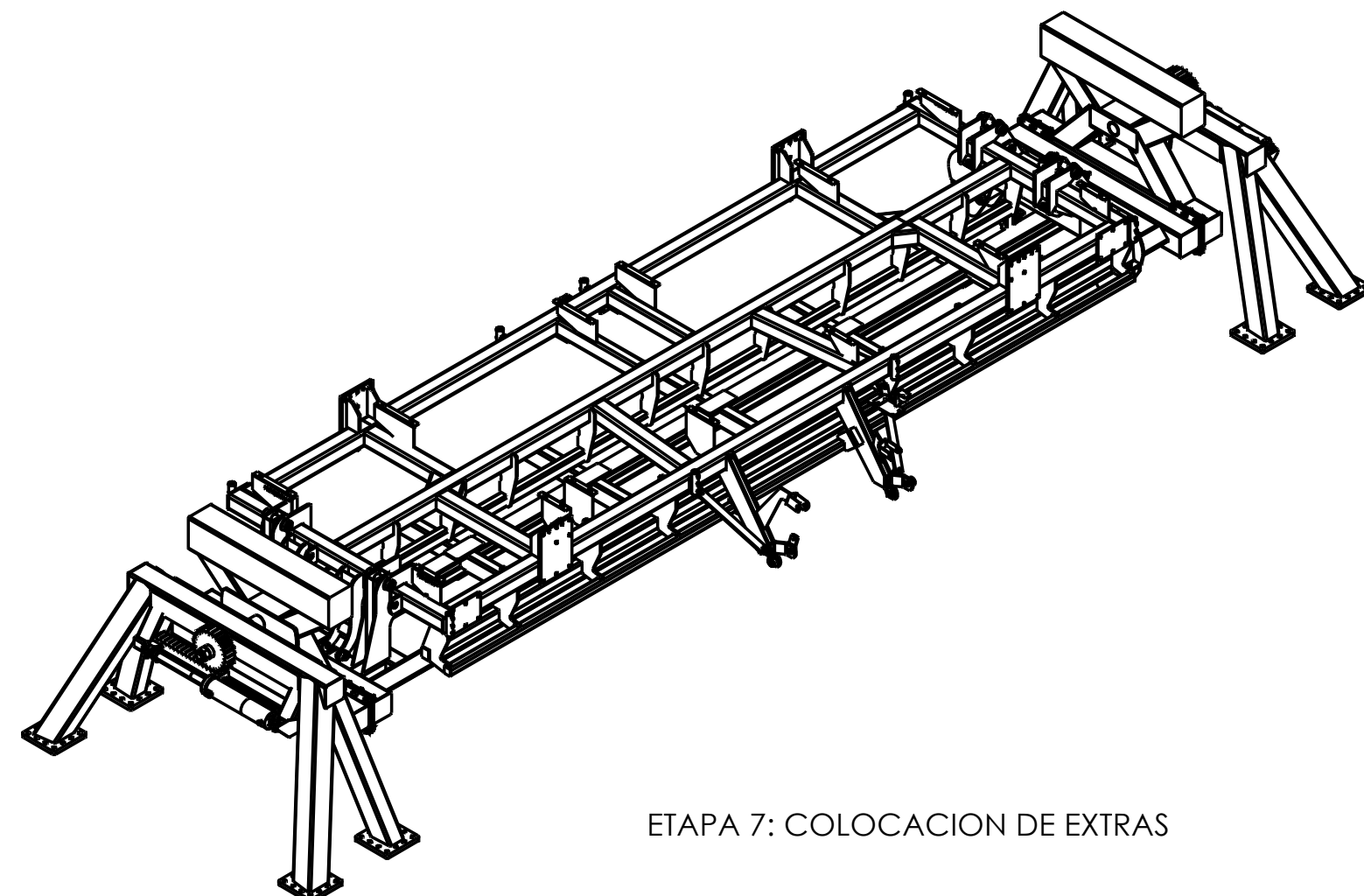


ETAPA 5: SOLDADURAS INFERIOR

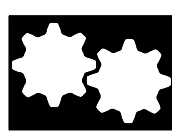


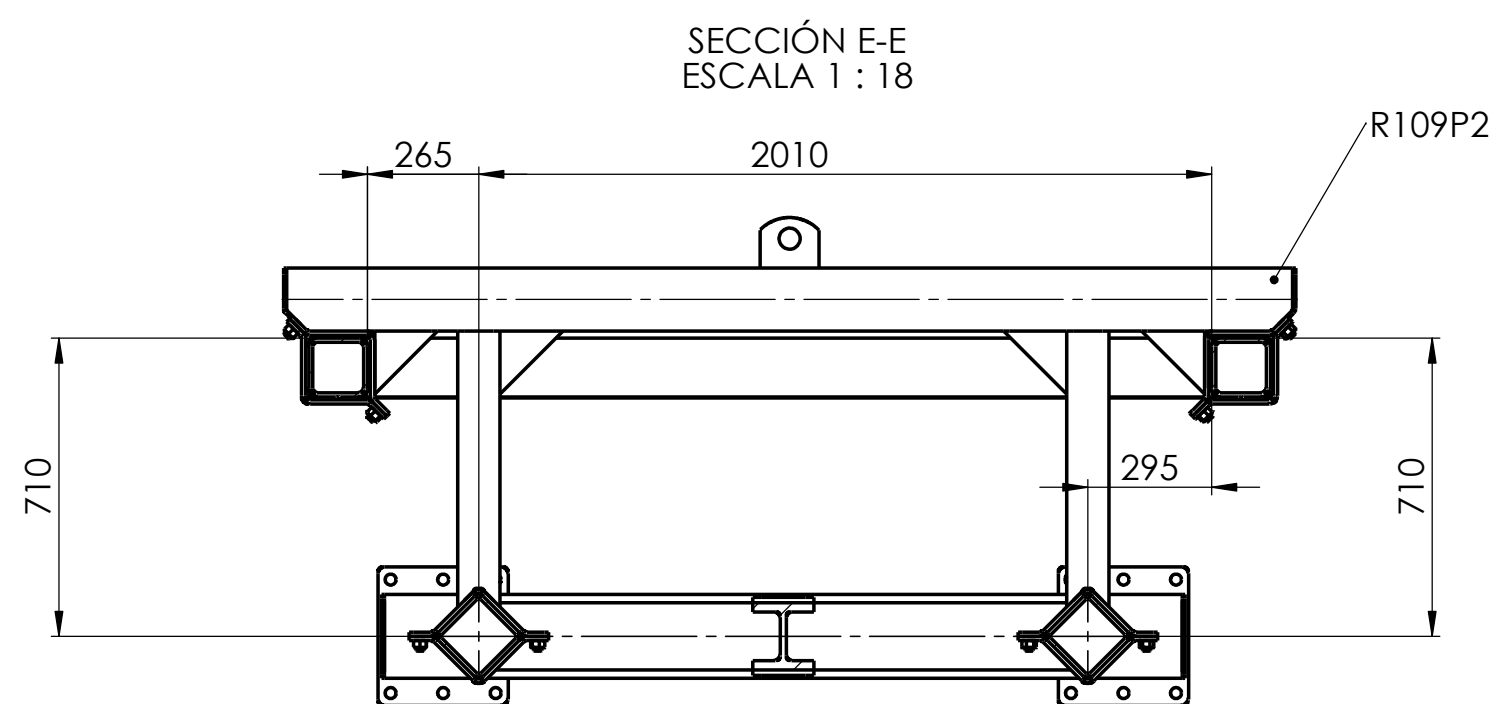
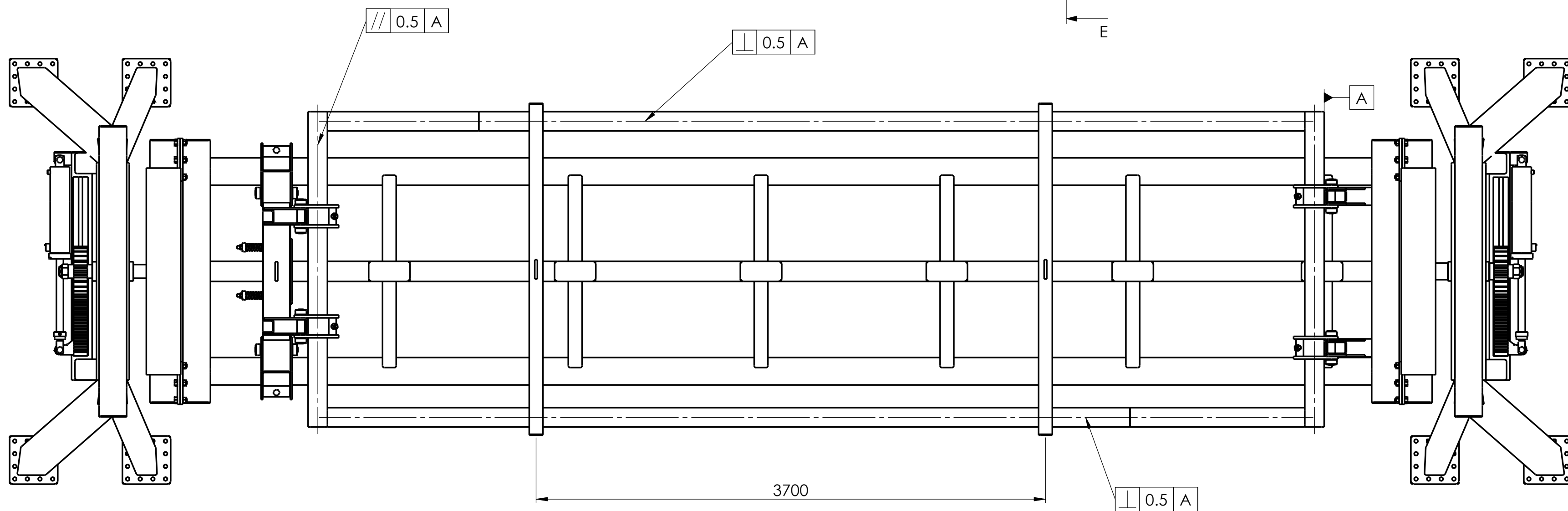
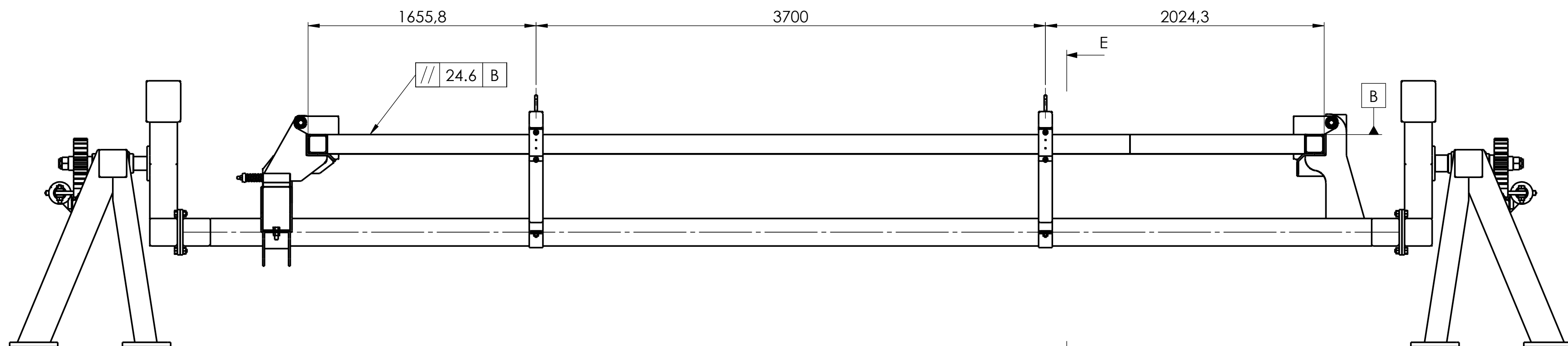
ROTACION DE
MAQUINA

ETAPA 6: TUBOS PORTA HERRAMIENTAS

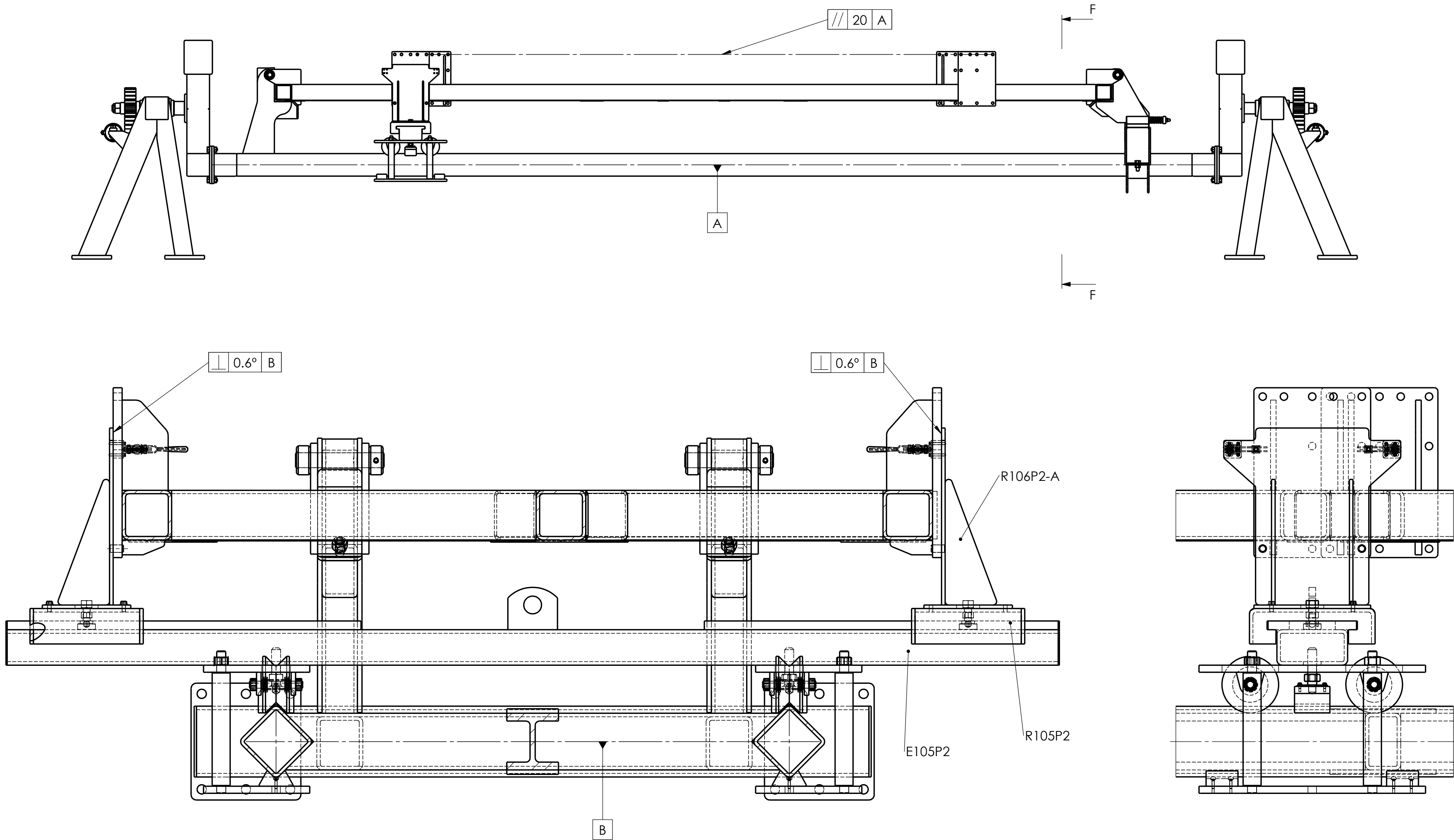


ETAPA 7: COLOCACION DE EXTRAS

			PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		ETAPAS DE SOLDADURA
DIBUJO	FECHA 11-09-24 08-09-24	NOMBRE Pivadori, Juan	Escala 1:50		
Numero de pieza: B100P2					

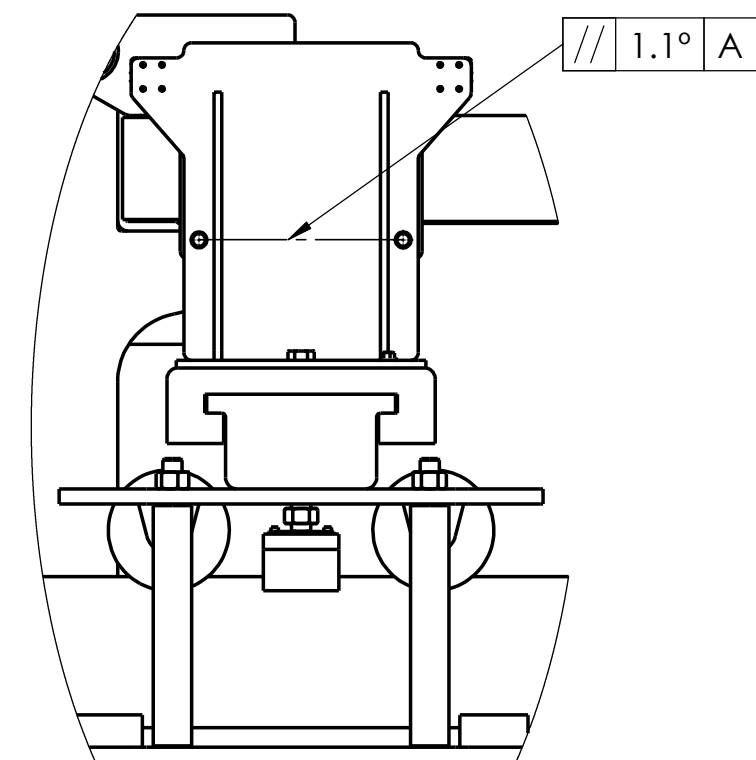
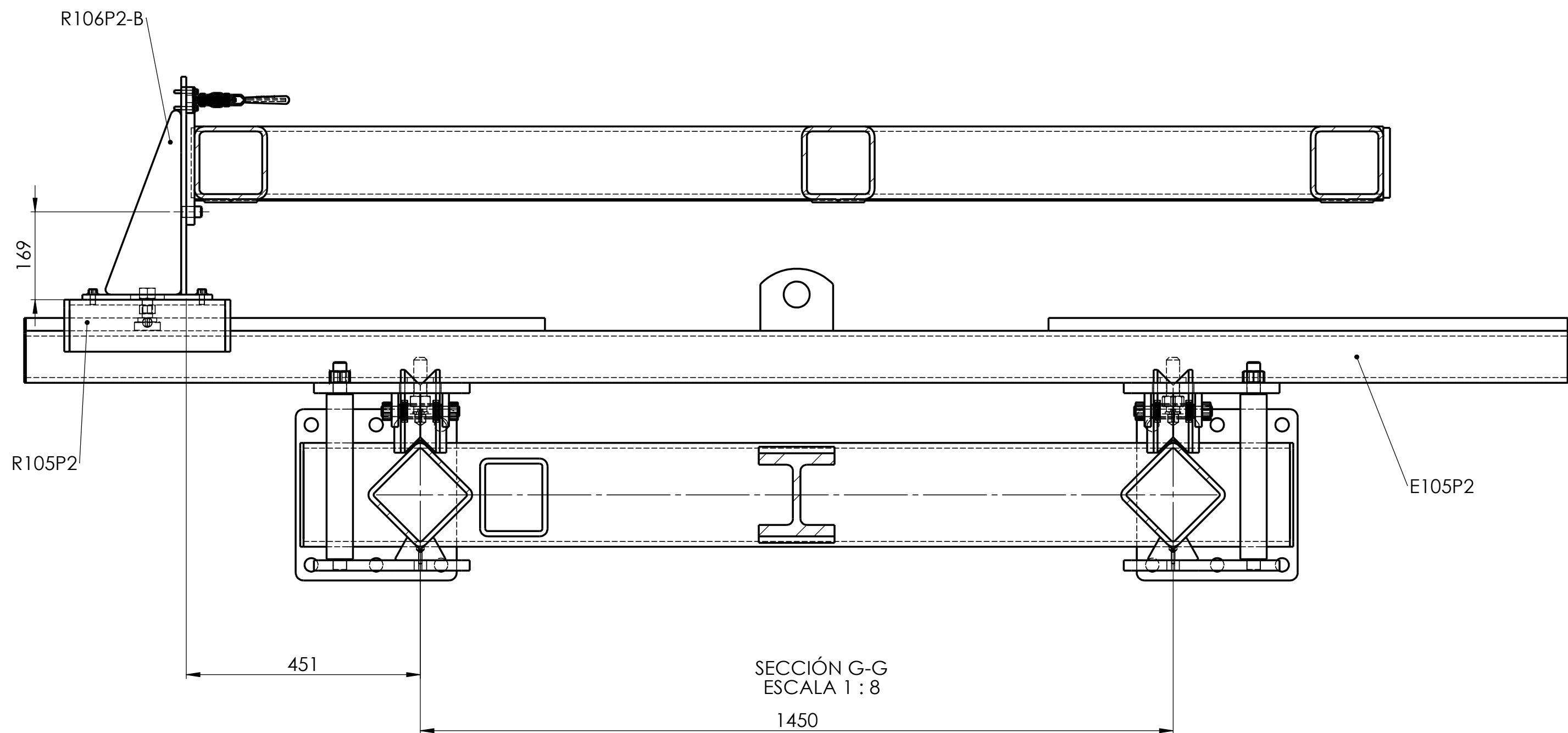
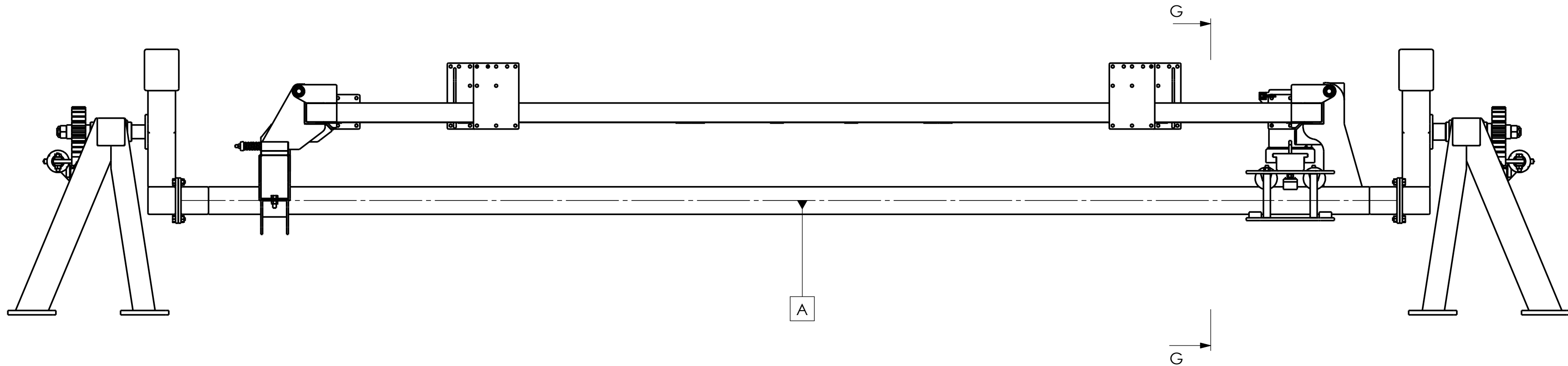


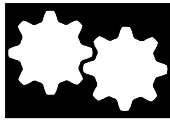
	PROYECTO FINAL		ETAPA 1: ARMADO DE RECTANGULO	
	ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO			
DIBUJO	FECHA	NOMBRE	Escala 1:25	Numero de pieza: B100P2-1
	11-09-24	Pivadori, Juan		

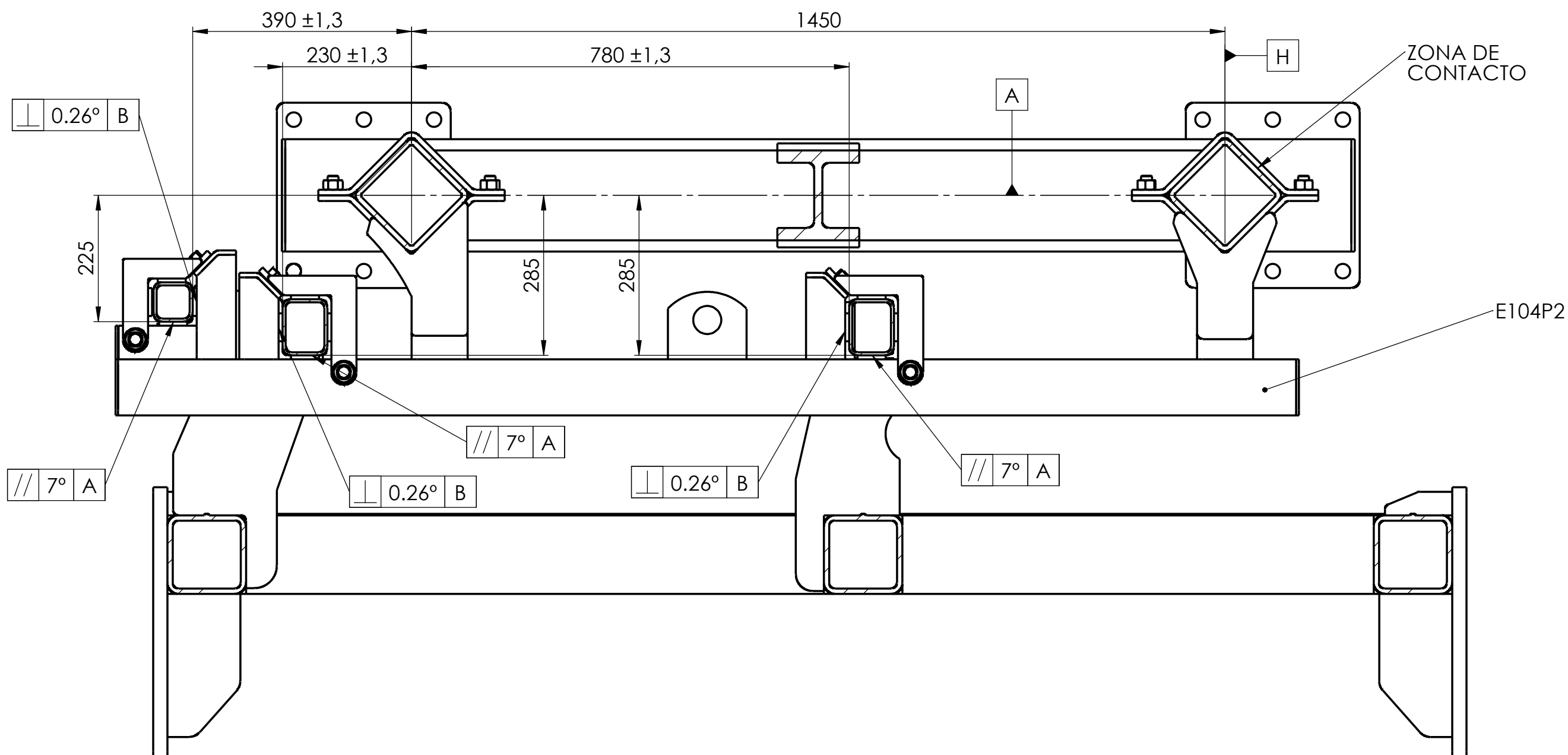
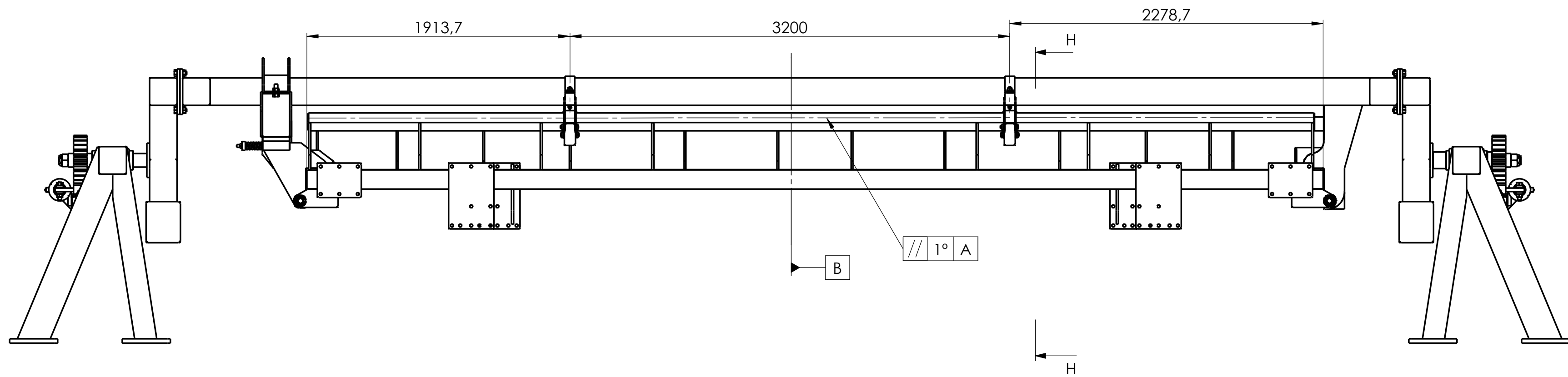


U114P2	BULON HEXAGONAL M10	2
R106P2-A	DISPOSITIVO DE PLACA BAJADA DE RUEDA	2
R105P2	CAJA GUIA DE PLACAS	2
E105P2	CARRO SOPORTE DE DISPOSITIVOS DE PLACA	1
E102P2	CONJUNTO AGARRE MOVIL	1
N.PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD

			PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		ETAPA 3: PLACAS BAJADA DE RUEDA		
DIBUJO			FECHA 14-09-24	NOMBRE Pividori, Juan	Escala 1:25		Numero de pieza: B102P2-3

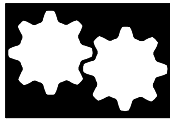


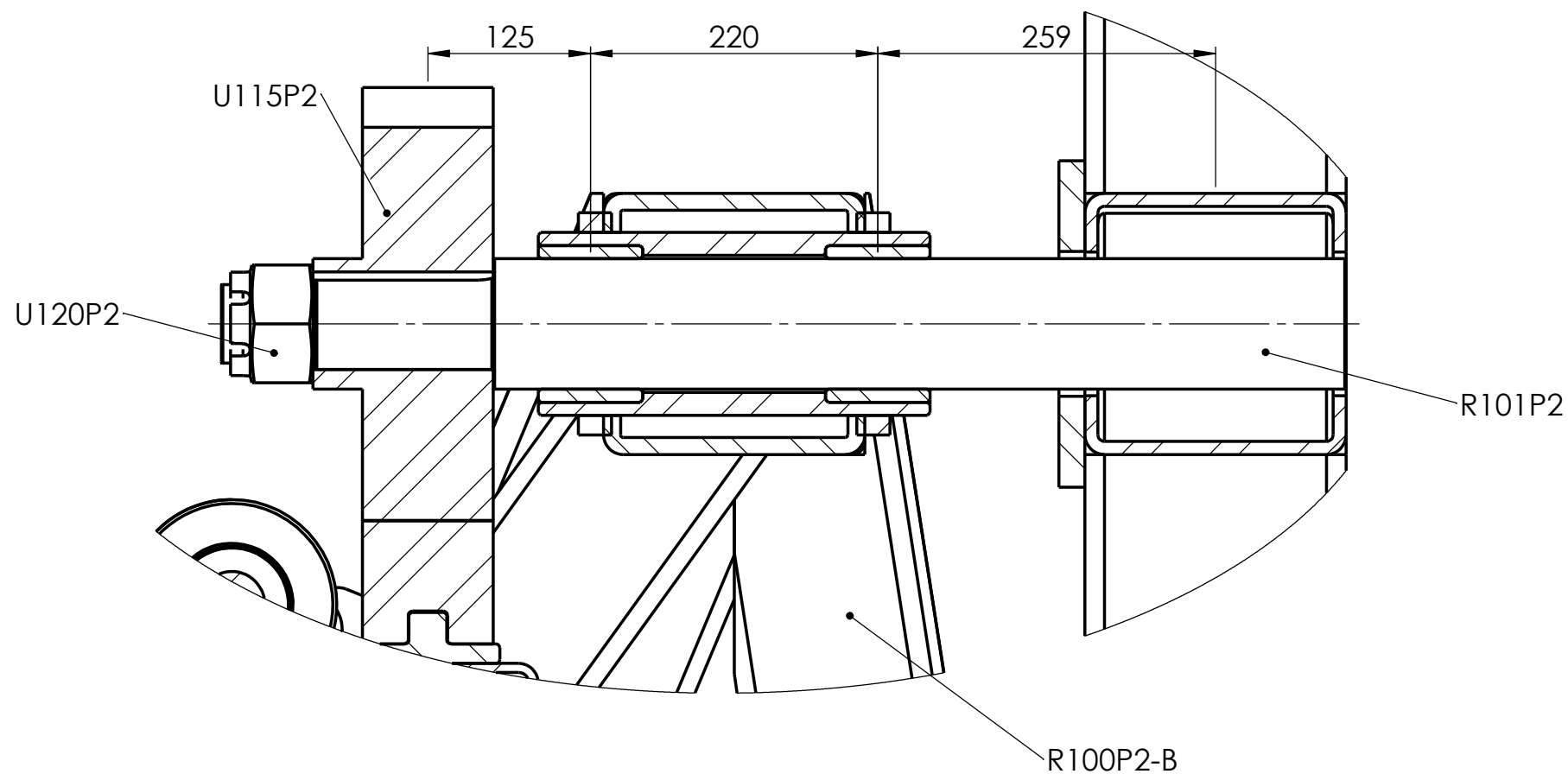
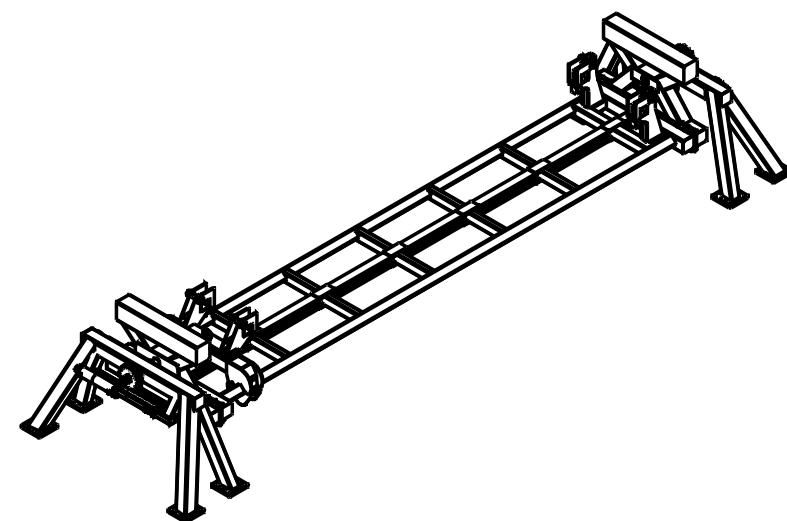
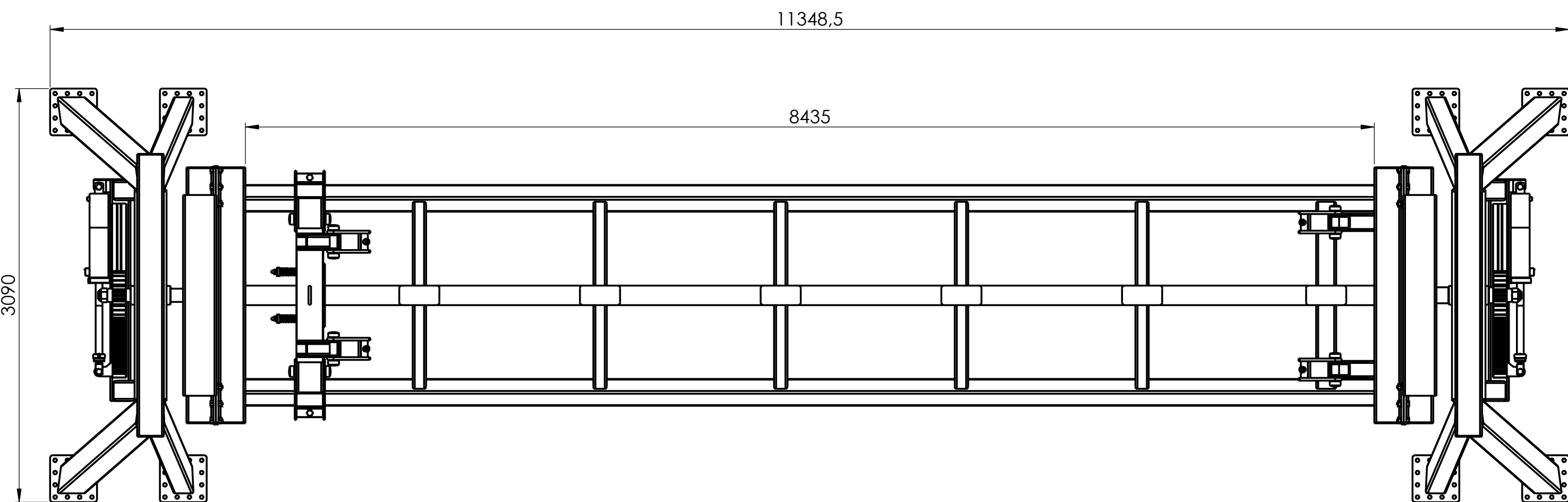
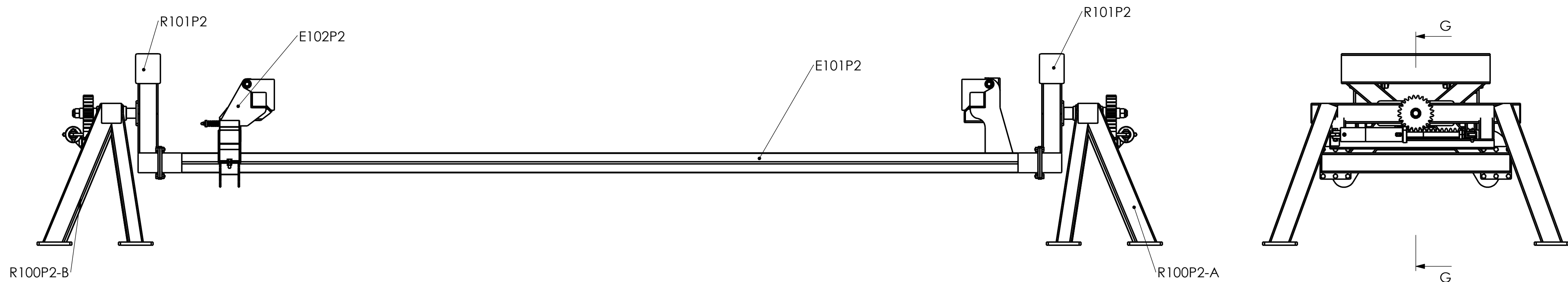
U114P2	BULON HEXAGONAL M10	2
R106P2-B	DISPOSITIVO DE PLACA MARCADOR	1
R105P2	CAJA GUIA DE PLACAS	1
E105P2	CARRO SOPORTE DE DISPOSITIVOS DE PLACA	1
N.PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		ETAPA 4: PLACAS MARCADOR
DIBUJO	FECHA 14-09-24	NOMBRE Pividori, Juan
Escala 1:25		Numero de pieza: B100P2-4



SECCIÓN H-H
ESCALA 1 : 8

E104P2	DISPOSITIVO DE TUBO PORTAHERRAMIENTA	2
R100-2	Chasis Etapa 3	1
E102P2	CONJUNTO AGARRE MOVIL	1
E101P2	CONJUNTO ESTRUCTURA PRINCIPAL CON AGARRE FIJO	1
R101P2	TOMA CON EJE A CABALLETE	2
R100P2-B	CABALLETE BASE IZQUIERDO	1
R100P2-A	CABALLETE BASE DERECHO	1
L123P2-B	BUJE SEPARADOR 100x120x95	1
L123P2-A	BUJE SEPARADOR 100x120x35	1
R115P2-A	CONJUNTO CREMALLERA CON OJO DERECHA	1
R115P2-B	CONJUNTO CREMALLERA CON OJO IZQUIERDA	1
U120P2	TUERCA CASTILLO M60	2
U115P2	ENGRANAJE RECTO Z24 DIAM322	2
U100P2	TUERCA PESADA 1"	28
U109P2	BULON HEXAGONAL 1"	24
U109P2-B	BULON HEXAGONAL 1"x4	4
N.PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD

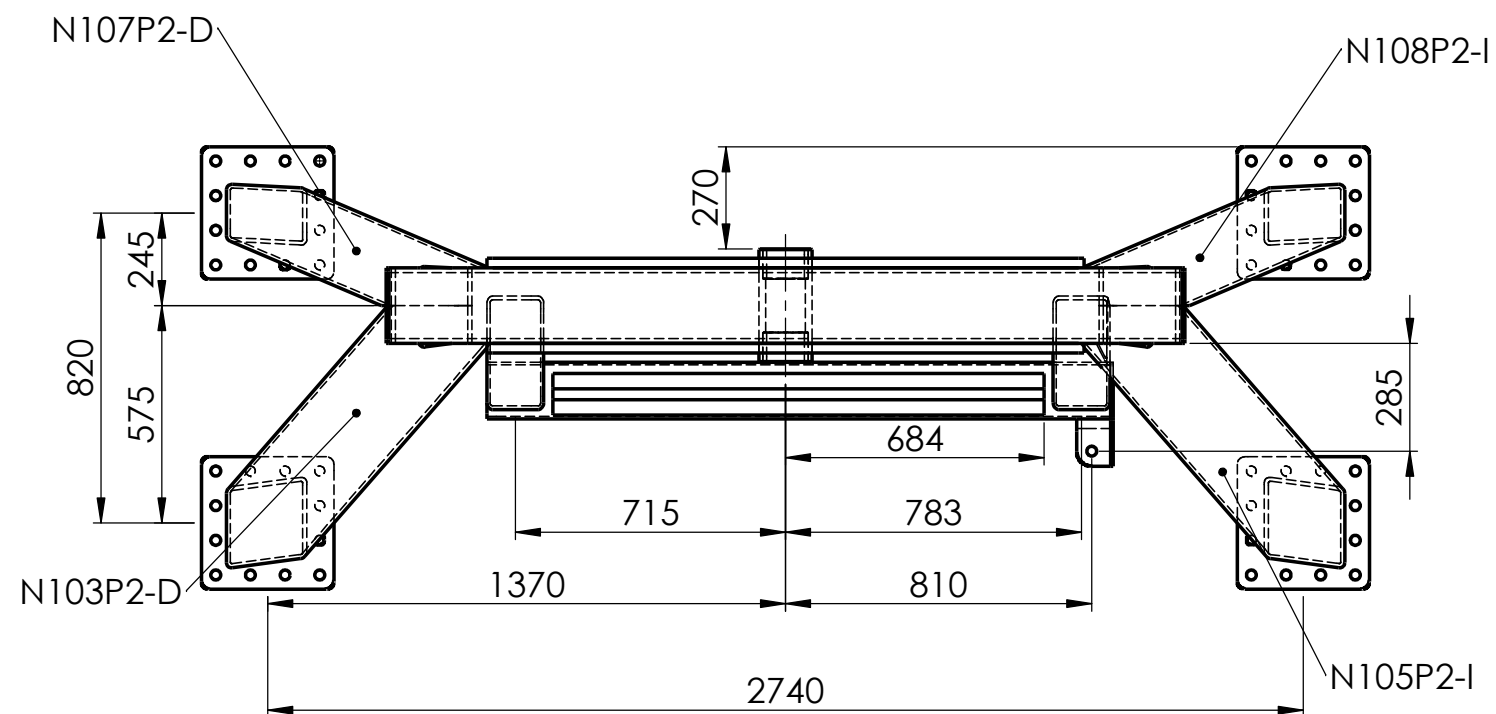
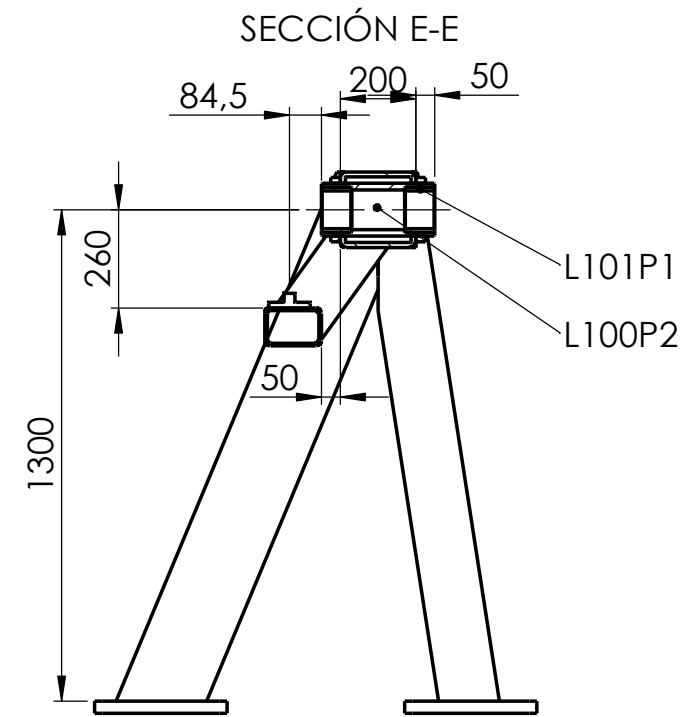
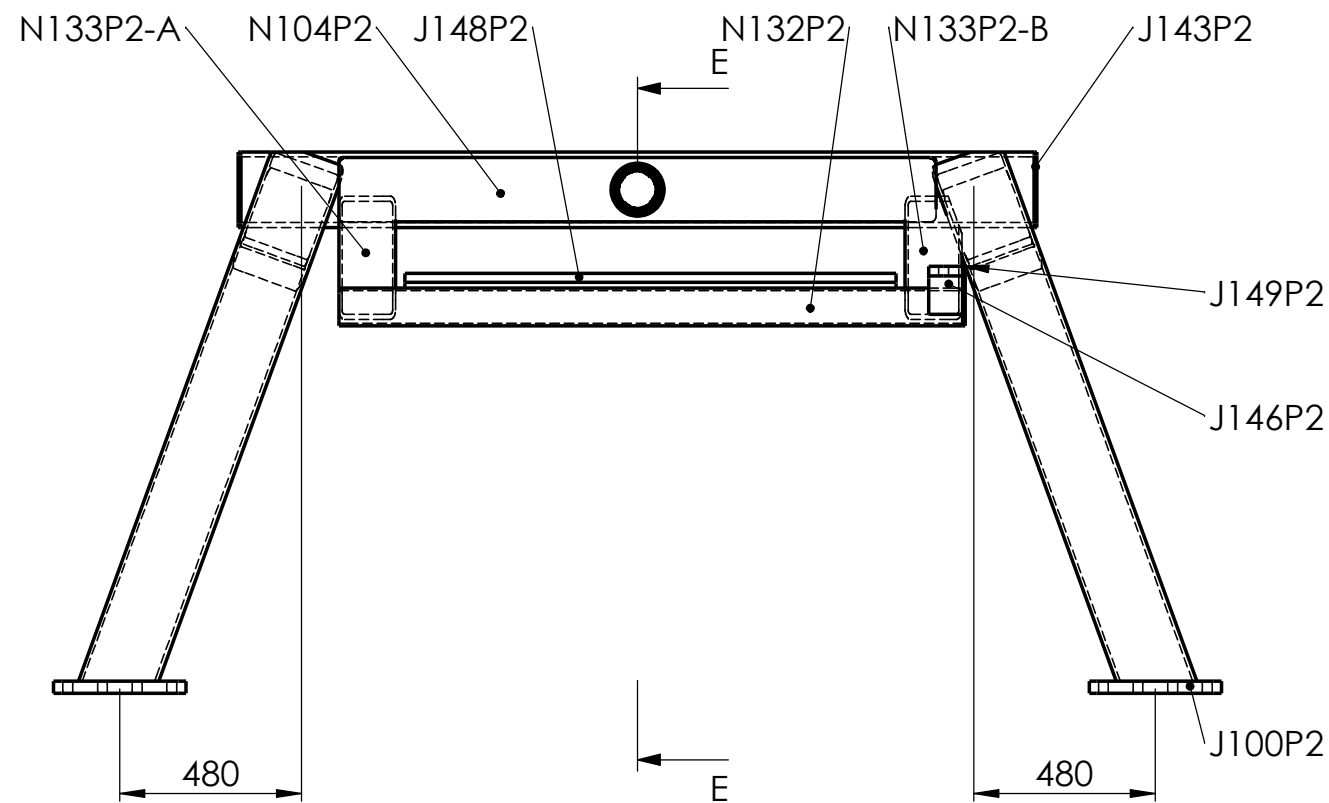
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		ETAPA 6: TUBOS PORTAHERRAMIENTAS	
DIBUJO	FECHA 14-09-24	NOMBRE Pividori, Juan	Numero de pieza: B100P2
Escala 1:25			



SECCIÓN G-G
ESCALA 1 : 5

L123P2-B	BUJE SEPARADOR 100x120x95	1
L123P2-A	BUJE SEPARADOR 100x120x35	1
E102P2	CONJUNTO AGARRE MOVIL	1
E101P2	CONJUNTO ESTRUCTURA PRINCIPAL CON AGARRE FIJO	1
R101P2	TOMA CON EJE A CABALLETE	2
R100P2-B	CABALLETE BASE IZQUIERDO	1
R100P2-A	CABALLETE BASE DERECHO	1
U117P2	CILINDRO 5"x530 EL TORITO	1
R115P2-A	CONJUNTO CREMALLERA CON OJO DERECHA	1
R115P2-B	CONJUNTO CREMALLERA CON OJO IZQUIERDA	1
U120P2	TUERCA CASTILLO M60	2
U115P2	ENGRANAJE RECTO Z24 DIAM322	2
U100P2	TUERCA PESADA 1"	28
U109P2	BULON HEXAGONAL 1"	24
U109P2-B	BULON HEXAGONAL 1"x4	4
N.PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTID AD

	PROYECTO FINAL		ESTRUCTURA PRINCIPAL	
	ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO			
	FECHA	NOMBRE	Escala 1:30	
DIBUJO	08-09-24	Pividori, Juan	Numero de pieza: B100P2-9	



J151P2	REFUERZO 170x25.4	2
J149P2	TAPA DE TUBO 150x100 CON OREJA	1
J148P2	GUIA DE CREMALLERA	1
J146P2	OJO FIJO DE CILINDRO DERECHO	1
N133P2-B	TUBO 150x150x300 SOPORTE DE TUBO REC GUIA	1
N133P2-A	TUBO 150x150x300 SOPORTE DE TUBO GUIA	1
N132P2	TUBO 150x100x1650	1
J143P2	TAPA DE 200x200x1/4'	2
N108P2-I	TUBO 200x150x1400 PATA DELANTERA IZQUIERDA	1
N107P2-D	TUBO 200x150x1400 PATA DELANTERA DERECHA	1
N105P2-I	TUBO 200x200x1600 PATA TRASERA IZQUIERDA	1
N103P2-D	TUBO 200x200x1600 PATA TRASERA DERECHA	1
N104P2	TUBO LARGERO 200x200x1500 CON PERFORACION	1
L101P1	BUJE DE FUNDICION PARA BOTELLON	2
L100P2	BUJE SOPORTE DE CABALLETE PRINCIPAL	1
J100P2	PLACA SOPORTE DE SUELO	4
N.PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD



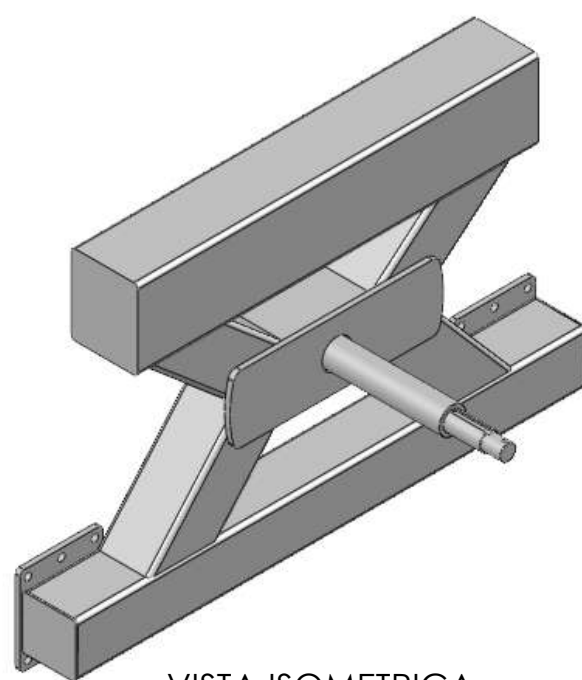
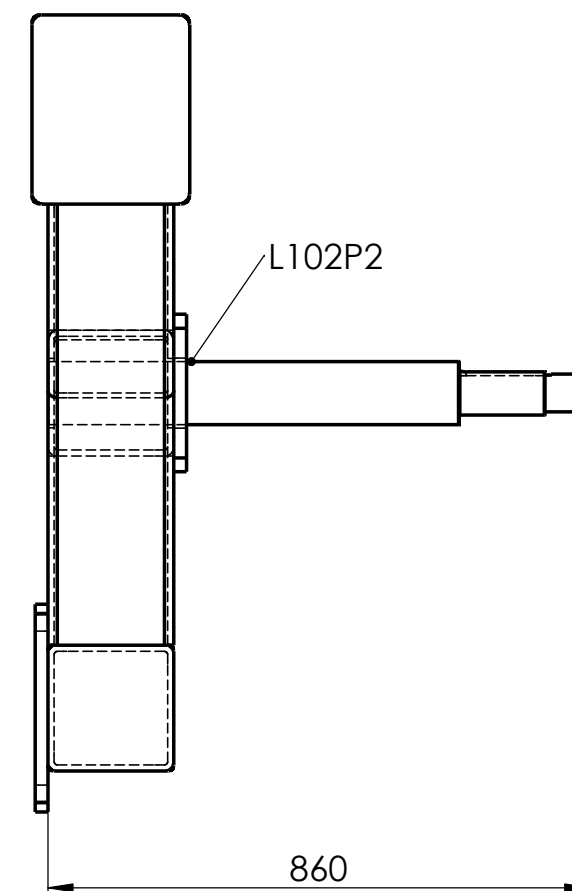
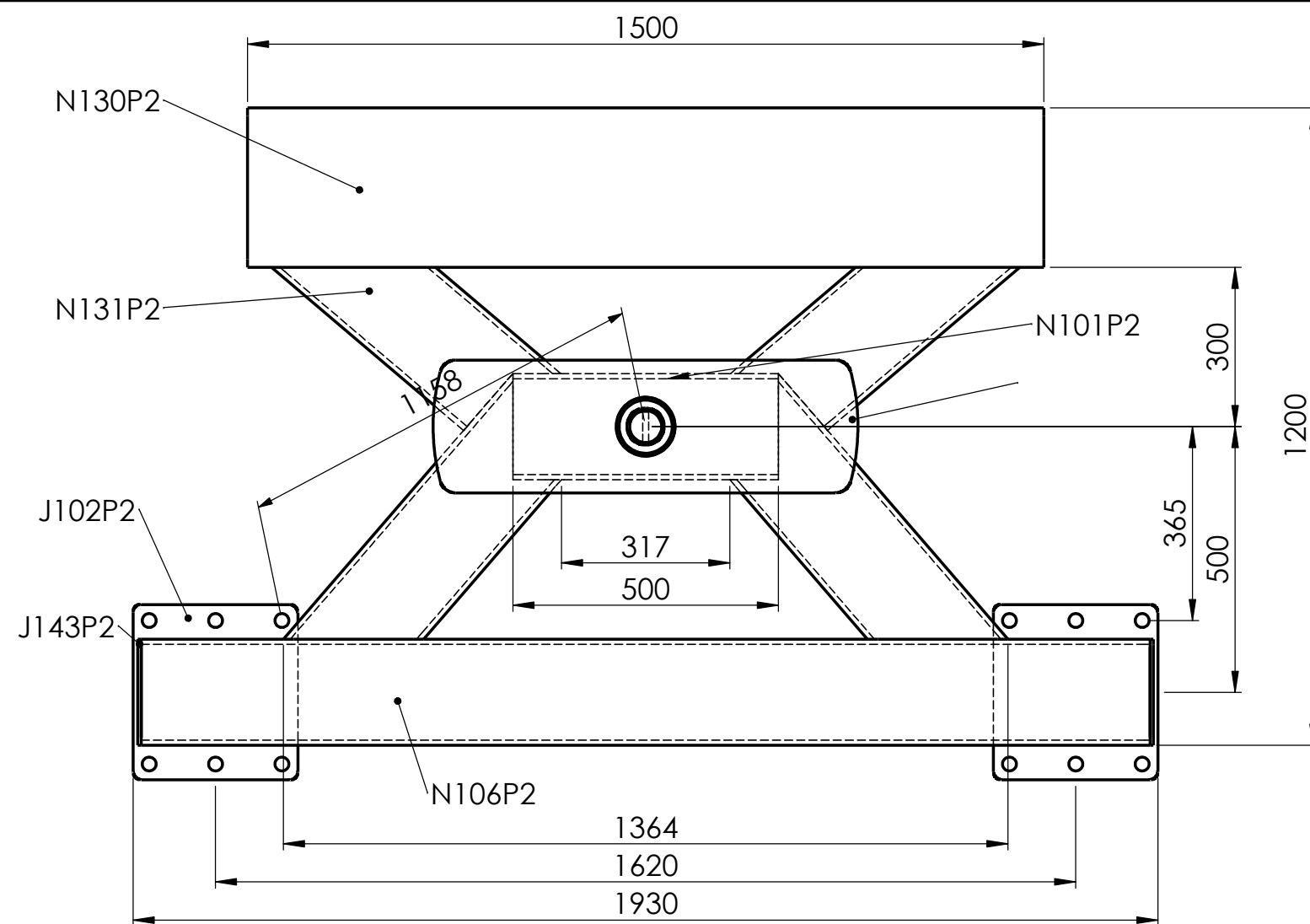
PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

CABALLETE BASE DERECHO

DIBUJO	FECHA	NOMBRE
	08-09-24	Pivadori, Juan

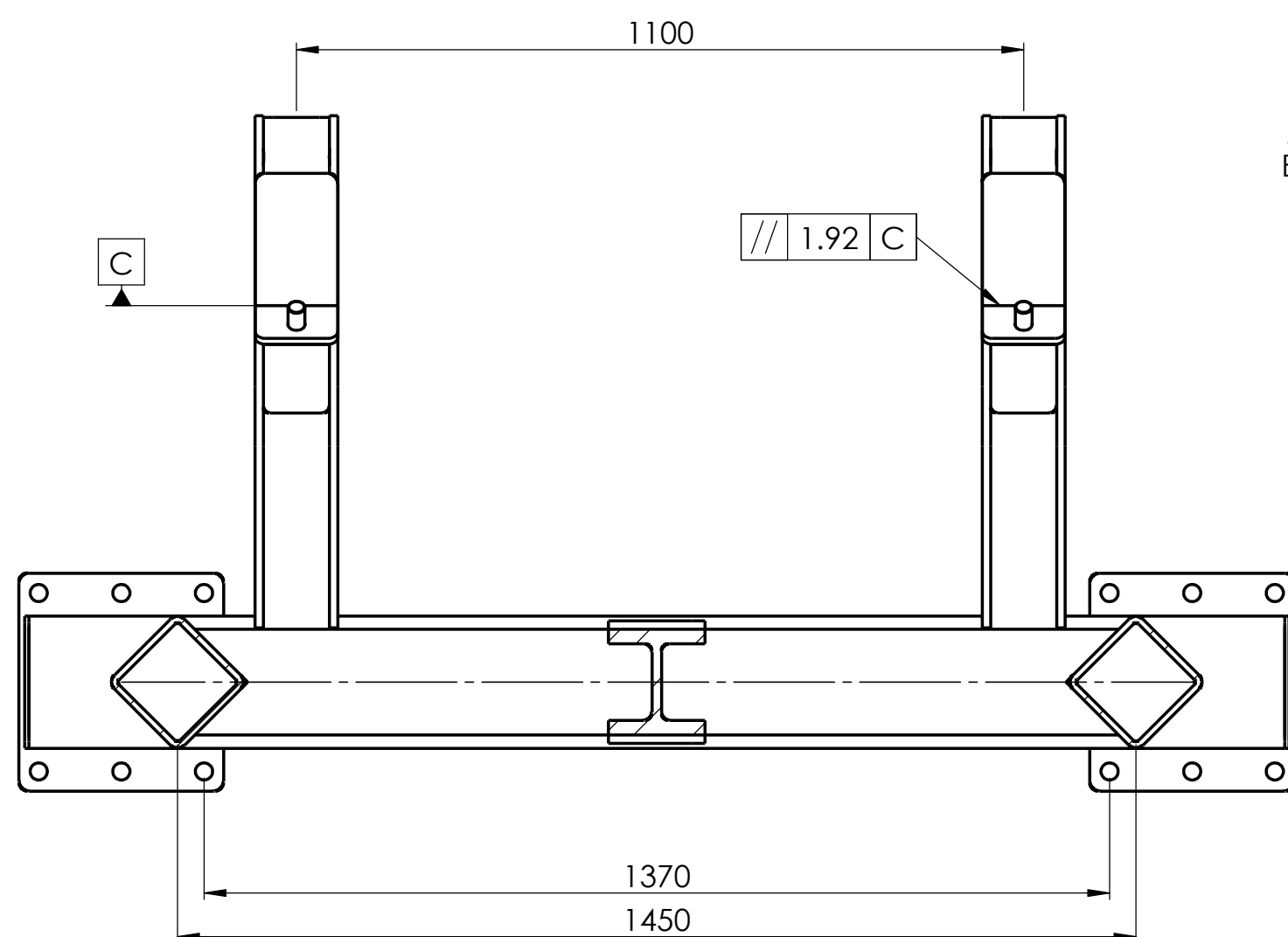
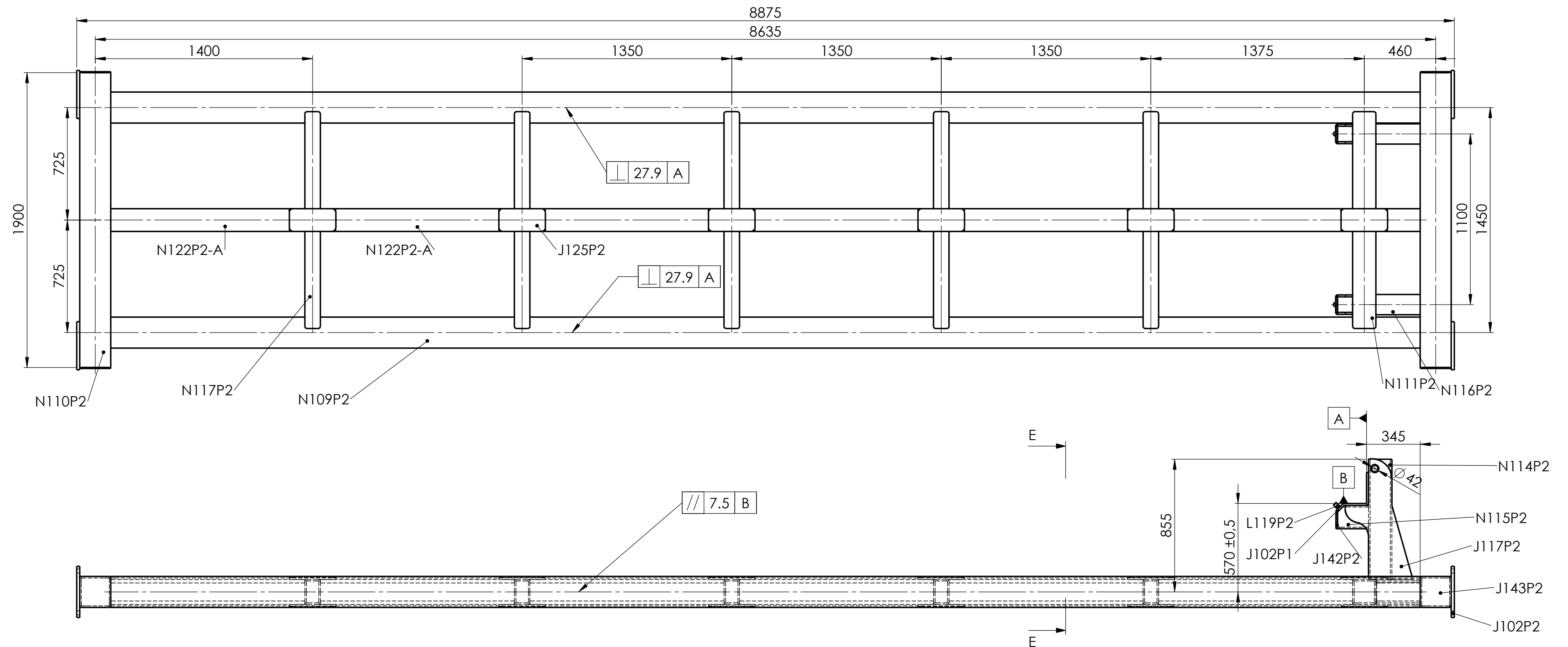
Escala
1:20

Numero de pieza: R100P2-A



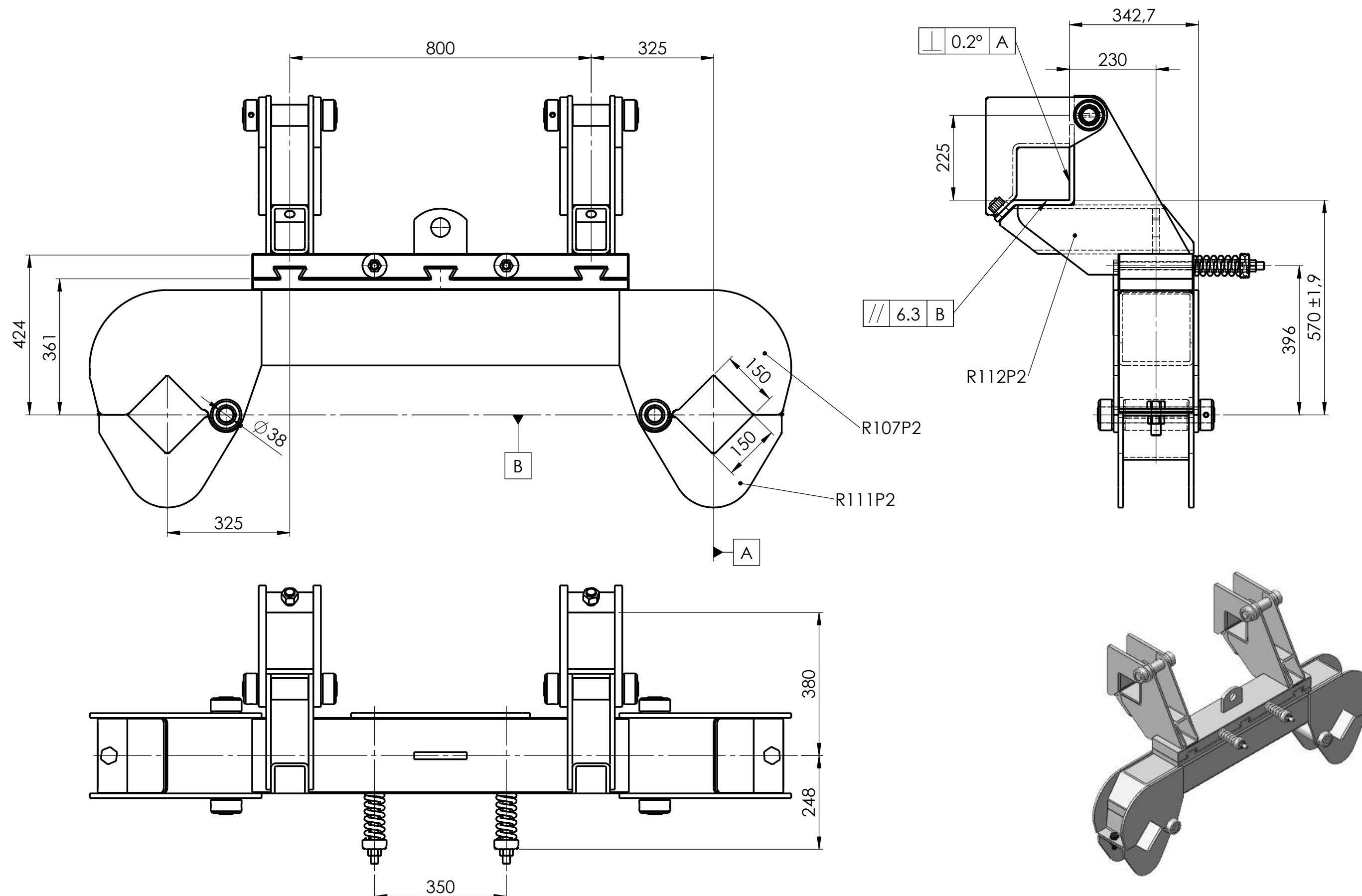
VISTA ISOMETRICA

N131P2	SOPORTE DE CONTRAPESO	2
N130P2	CONTRAPESO DE 880KG	1
J143P2	TAPA DE 200x200x1/4'	2
J102P2	PLACA 330x310x20mm	2
N106P2	TUBO 200x200x1900	1
N102P2	TUBO TOMA 200x200x660 RECORTADO	2
L102P2	EJE PRINCIPAL DE ROTACION	1
N101P2	TUBO 200x200x500 CON PERFORACION	1
N.PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		TOMA CON EJE A CABALLETE
DIBUJO	FECHA 08-09-24	NOMBRE Pivadori, Juan
Escala 1:12		Numero de pieza: R101P2



L119P2	VARILLA ROSCADA 1"x50MM	2
J142P2	TAPA DE TUBO CORTADO 100x150	2
L120P2	BUJE De52xDi42x100	2
J117P2	PLACA LATERAL DE TOMA FIJA	4
N115P2	TUBO 150x100x200 TOMA FIJAPARTE INFERIOR	2
J102P1	SOPORTE DE TUBOS	2
N114P2	TUBO 150x100 x775 AGARRE FIJO SOPORTE DE EJE	2
N111P2	TUBO 150x160x1400	1
J143P2	TAPA DE 200x200x1/4'	4
N116P2	TUBO 150x130x285 BASE TOMA FIJA	2
J102P2	PLACA 330x310x20mm	4
J125P2	CHAPA UNION DE PERFIL REFUERZO	12
N122P2-B	PERFIL IPBv140x500	1
N122P2-A	PERFIL IPBv140x1250	6
N117P2	TUBO 100x160x1400 RECORTADO	5
N109P2	TUBO 150x150x8345	2
N110P2	TUBO 200x200x1900	2
N.PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD

			PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		ESTRUCTURA FIJA SOLDADA	
DIBUJO	FECHA 10-09-24	NOMBRE Pividori, Juan	Escala 1:20		Numero de pieza: R102P2	



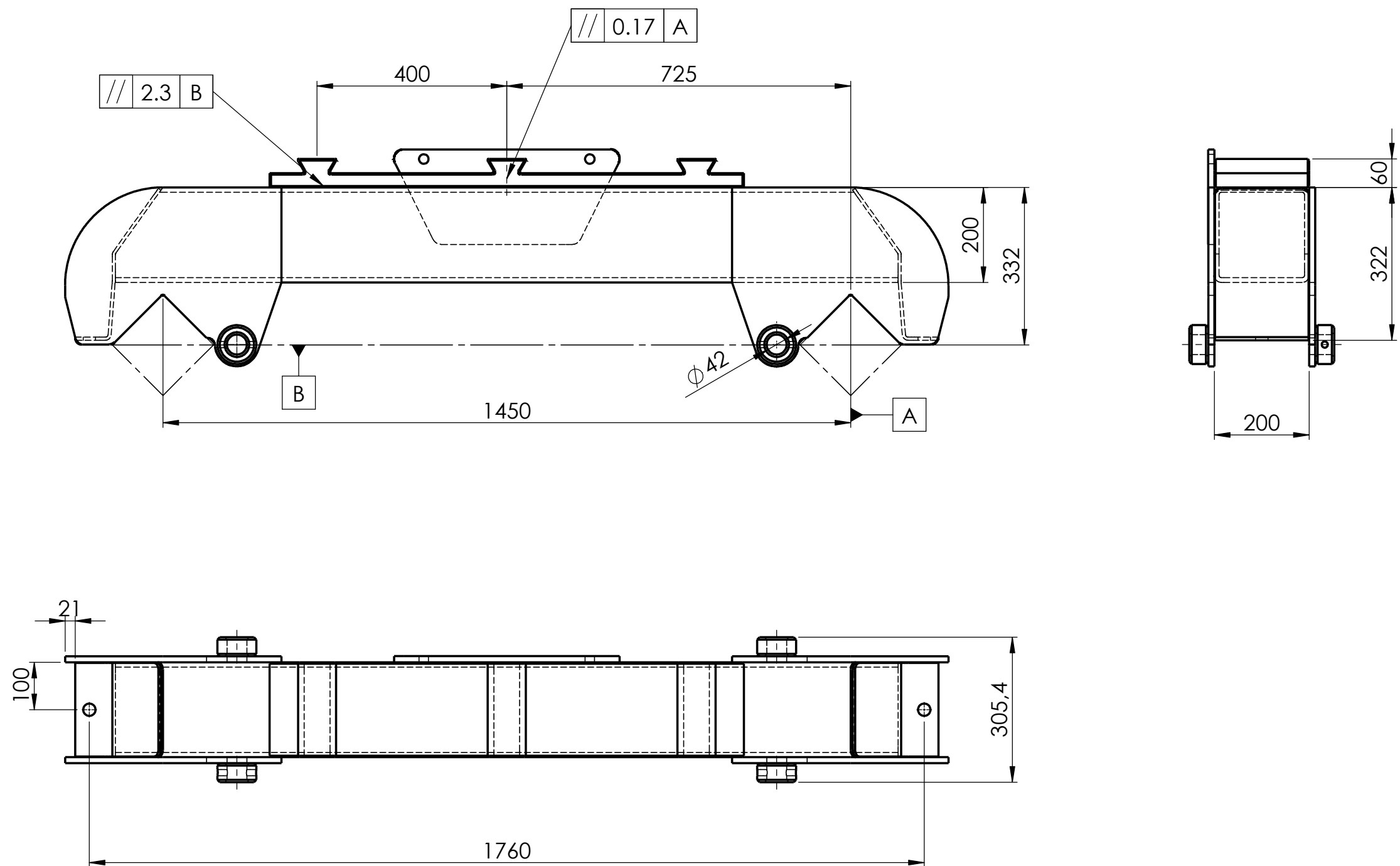
PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

CONJUNTO AGARRE MOVIL

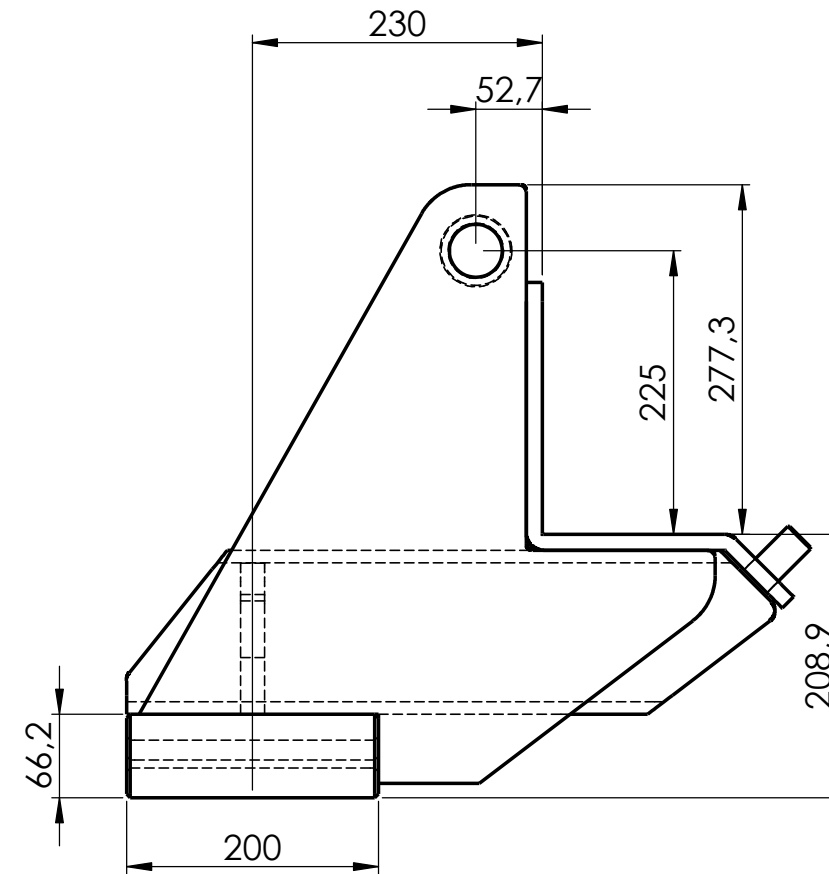
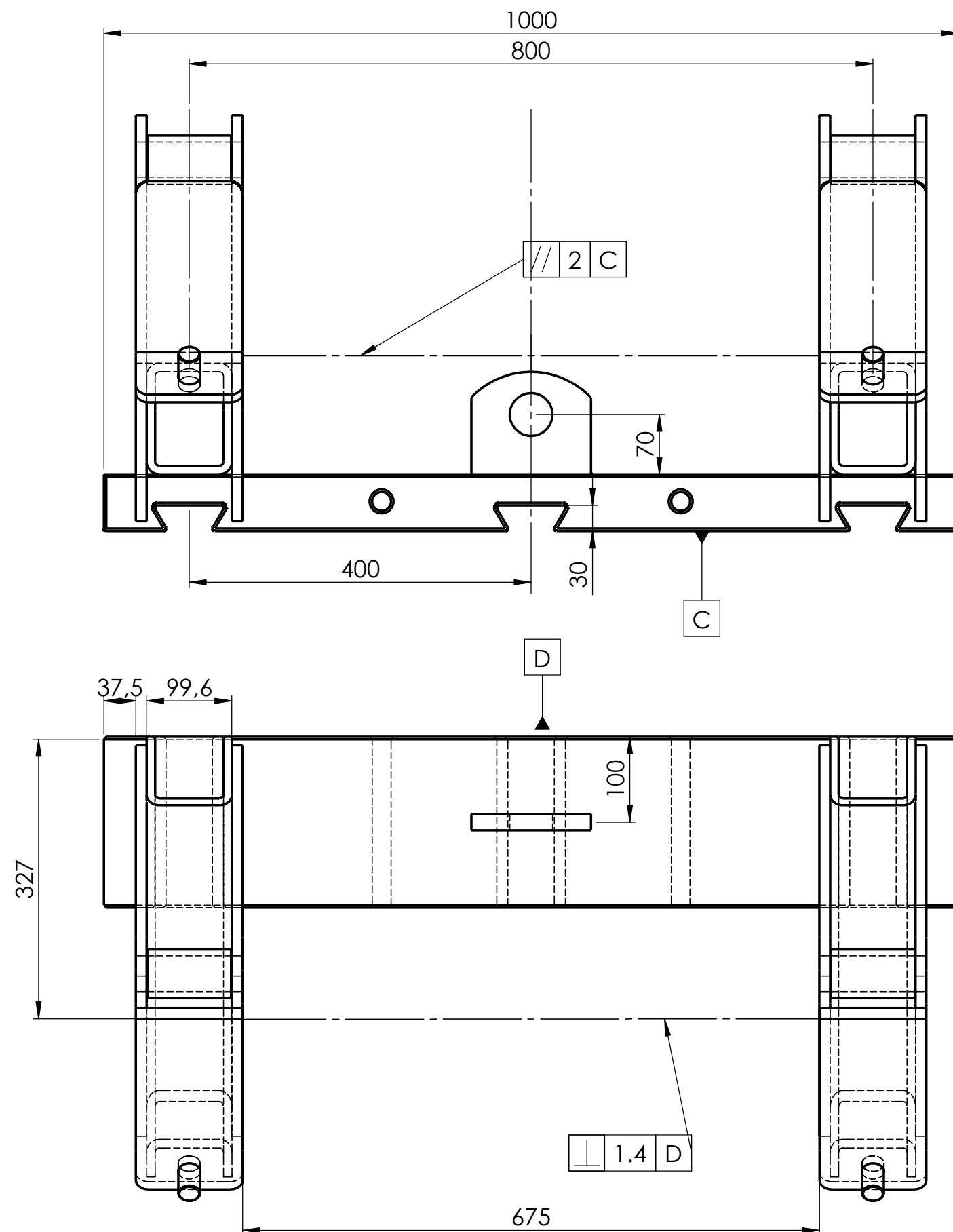
DIBUJO	FECHA	NOMBRE
	08-09-24	Pivadori, Juan

Escala
1:10

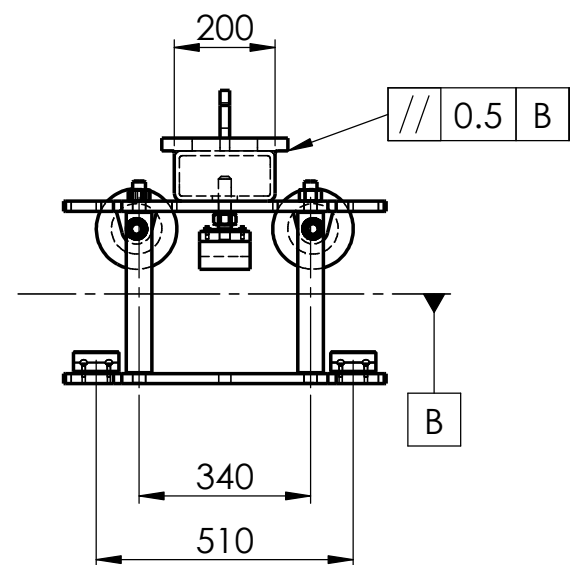
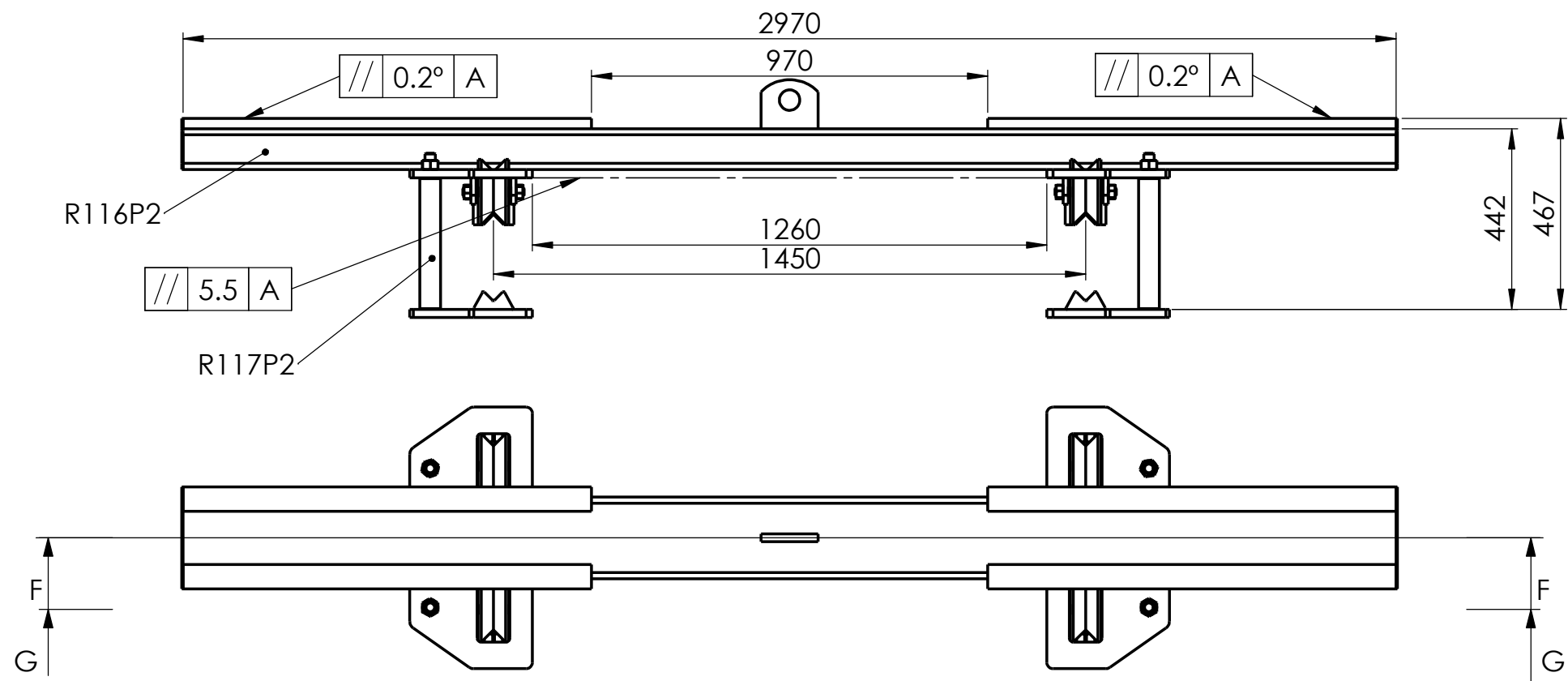
Numero de pieza: E102P2



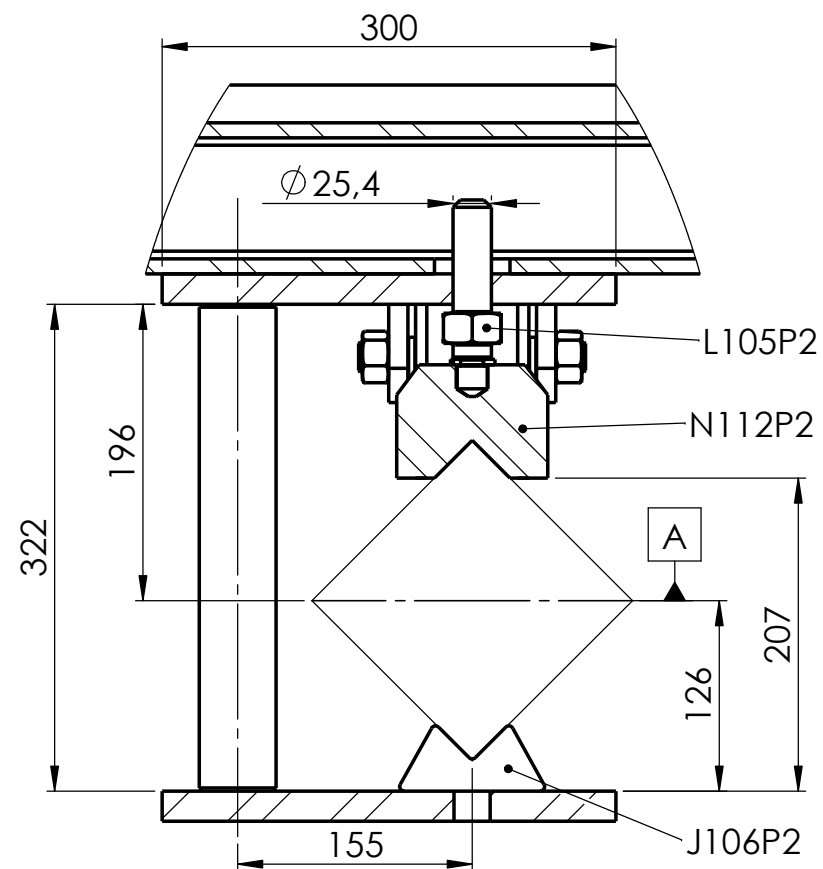
			PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		PARTE INFERIOR APOYO MOVIL
DIBUJO	FECHA	NOMBRE	Escala 1:10		Numero de pieza: R107P2
	20-09-24	Pivadori, Juan			



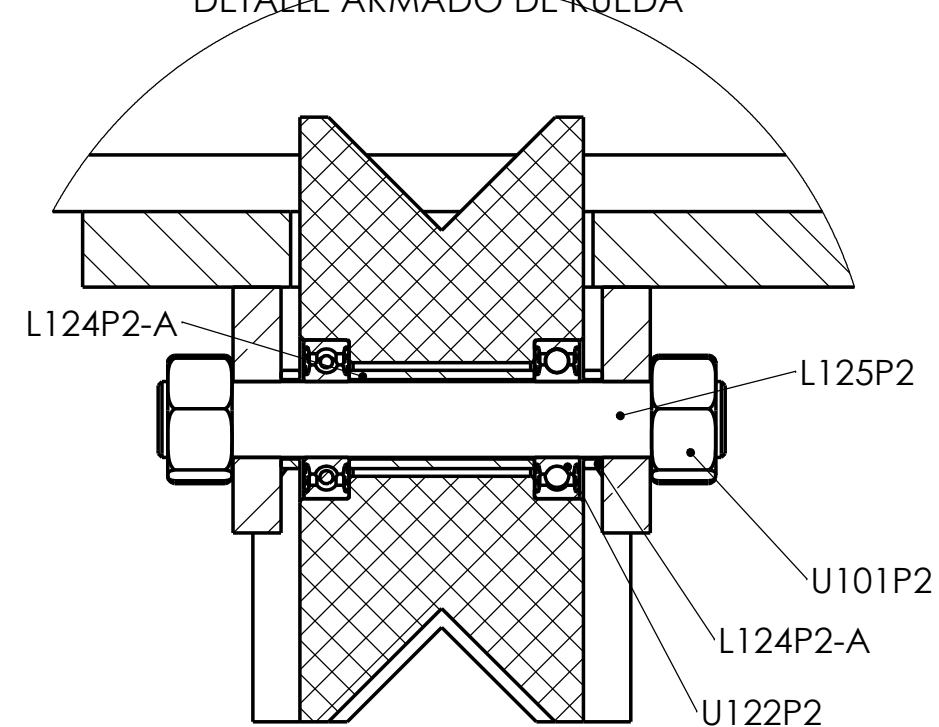
			PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		PARTE SUPERIOR APOYO MOVIL
DIBUJO	FECHA	NOMBRE	Escala 1:6		Numero de pieza: R112P2
	20-09-24	Pivadori, Juan			



SECCIÓN F-F
ESCALA 1 : 5
DETALLE AGARRE MORDAZA



SECCIÓN G-G
ESCALA 1 : 2
DETALLE ARMADO DE RUEDA



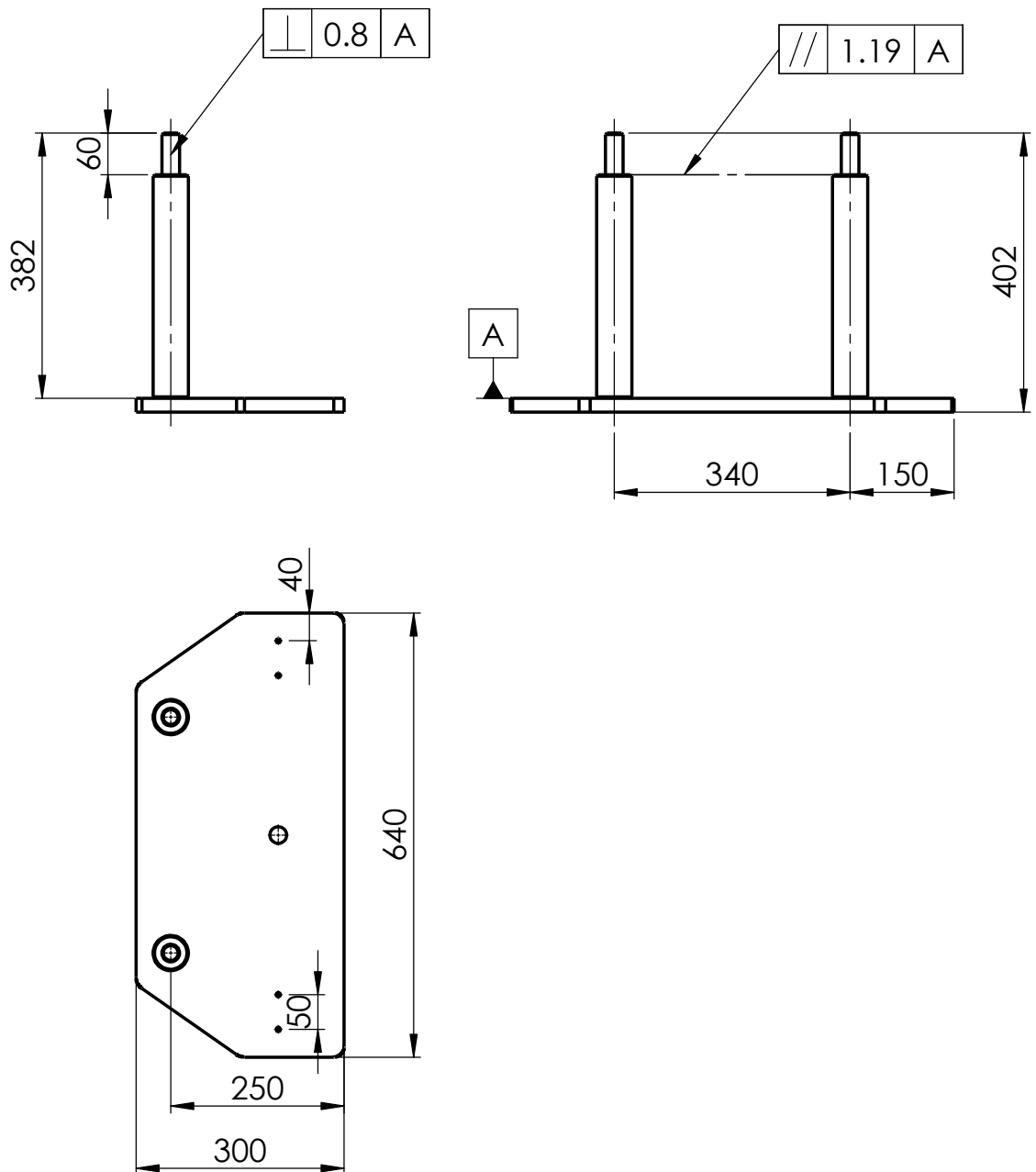
PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

CARRO SOPORTE DE
DISPOSITIVOS DE PLACA

DIBUJO	FECHA	NOMBRE
	14-09-24	Pivadori, Juan

Escala
1:15

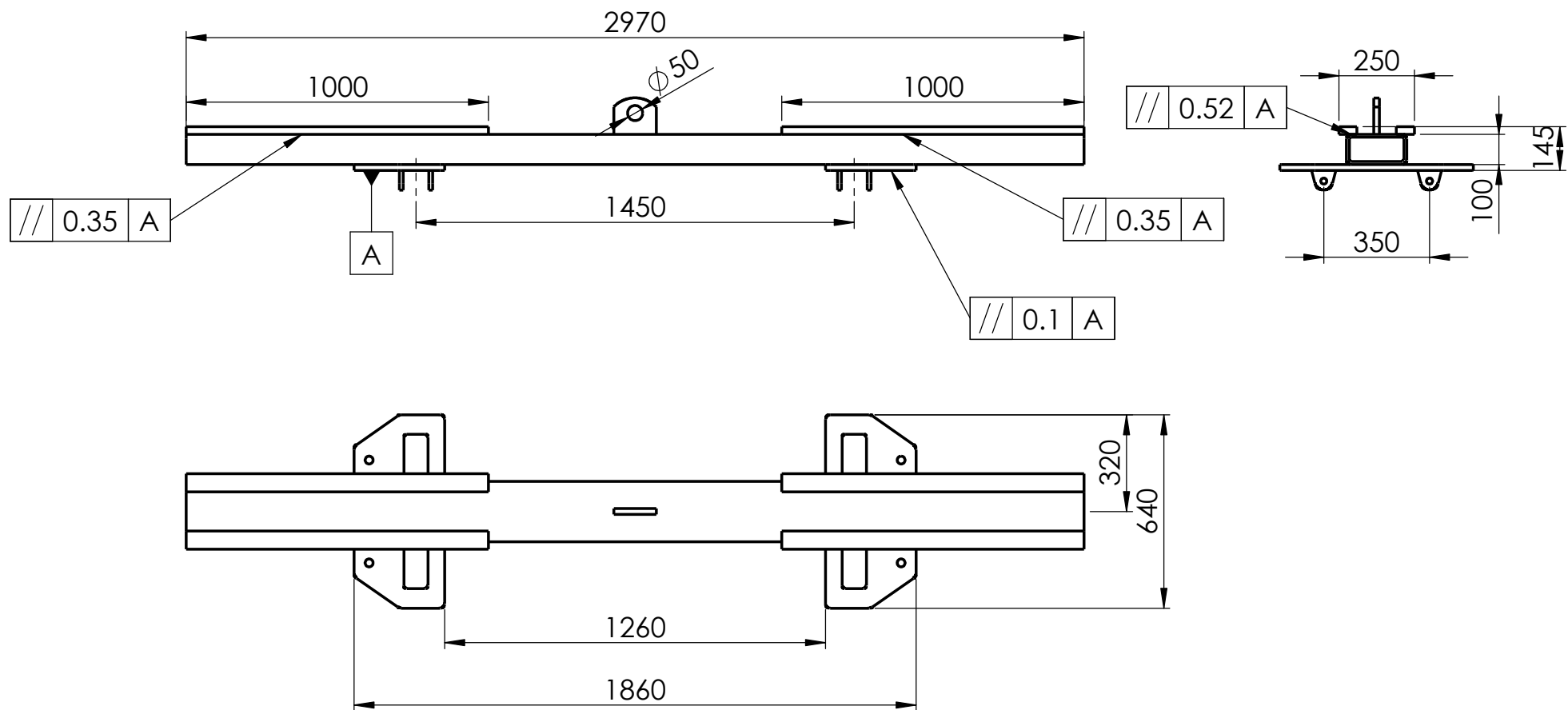
Numero de pieza: E105P2



PROYECTO FINAL
 ESCUELA INGENIERIA MECANICA
 ROSARIO

**PARTE INFERIOR DE CARRO
 POSICIONADOR**

	FECHA	NOMBRE	Escala 1:10	Numero de pieza: R117P2
DIBUJO	12-09-24	Pivadori, Juan		



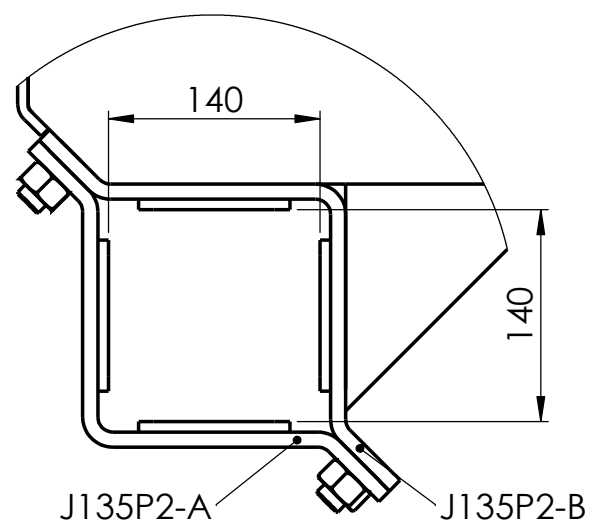
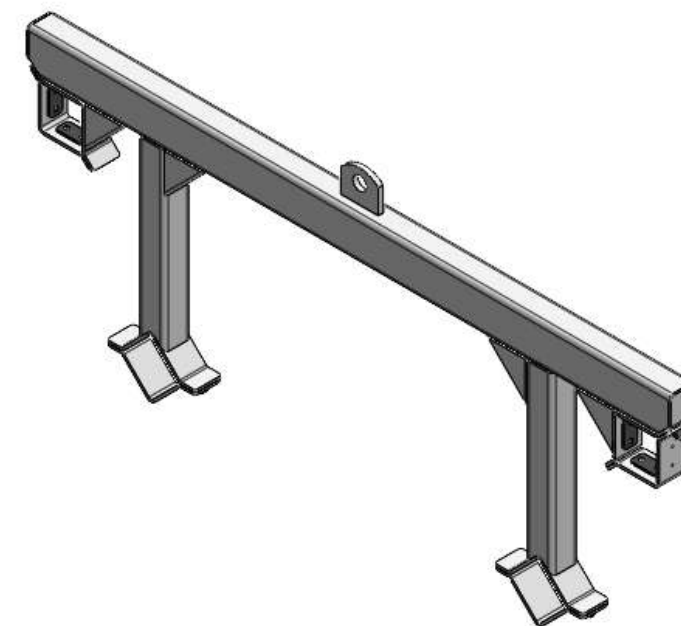
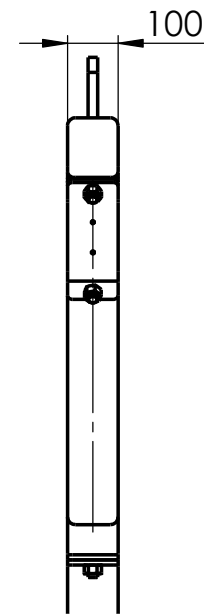
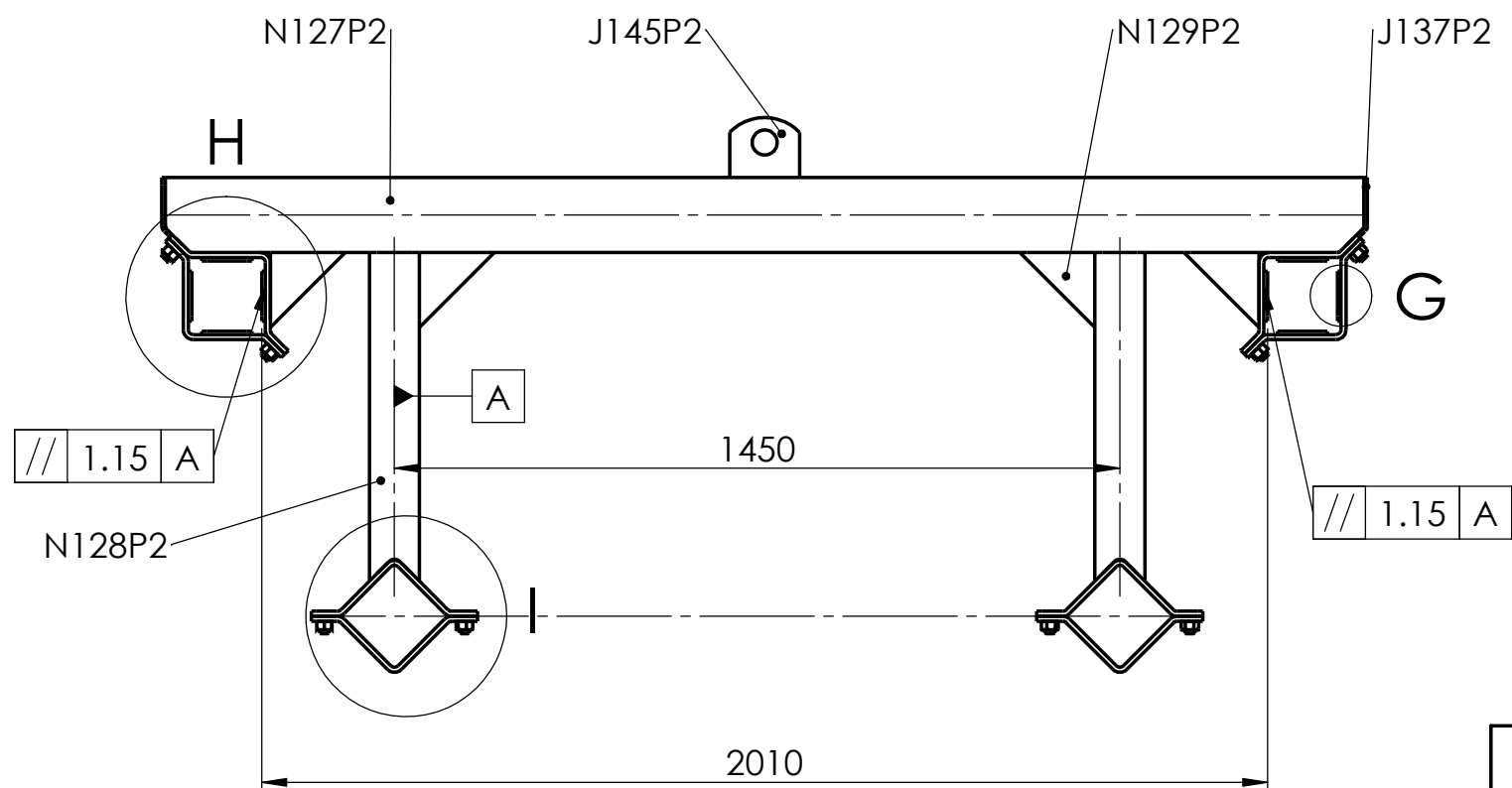
PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

PARTE SUPERIOR DE
CARRITO SOPORTE

	FECHA	NOMBRE
DIBUJO	11-09-24	Pivadori, Juan

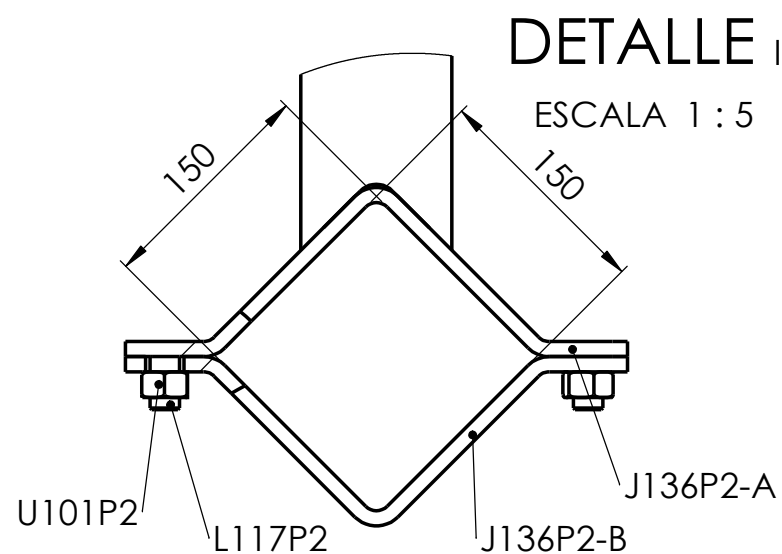
Escala
1:20

Numero de pieza: R116P2

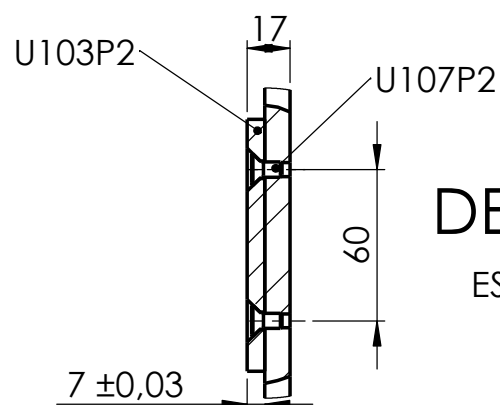


DETALLE H
ESCALA 1 : 5

1.12 A



DETALLE I
ESCALA 1 : 5



DETALLE G
ESCALA 1 : 3

J145P2	CANCAMO DE 1"	1
U107P2	BULON ALLEN M6x12	16
U101P2	TUERCA ANCHA DE 3/4"	8
L117P2	VARILLA ROSCADA DE DIAM:3/4"	8
J136P2-B	AGARRE TUBO 150x150 CON PERFORACIONES	2
J136P2-A	AGARRE TUBO 150x150 SIN PERFORACIONES	2
U103P2	TACO BRONCE DE 50x100x7 DOBLE PERFORACION	8
J135P2-A	SOPORTE TUBO 140x140 CON PERFORACION	2
J135P2-B	SOPORTE TUBO 140x140 SIN PERFORACION	2
J137P2	TAPA DE TUBO RECORTADO 150x100	2
N129P2	REFUERZO ESCUADRA DE TUBO 150x100	4
N128P2	TUBO 100x100x730 RECORTADO EN V	2
N127P2	TUBO 100x150x2400 PRINCIPAL SOPORTE 1	1
N.PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD



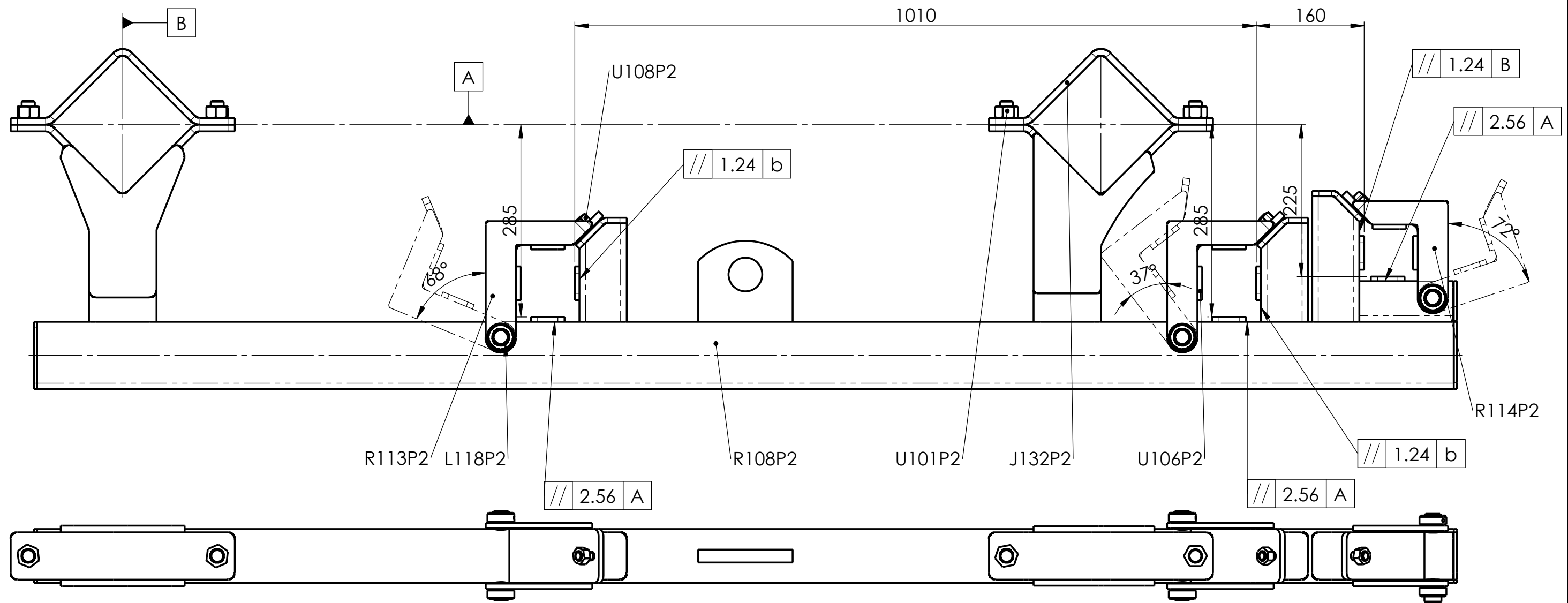
PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

**SOPORTE DE TUBOS
FRONTALES**

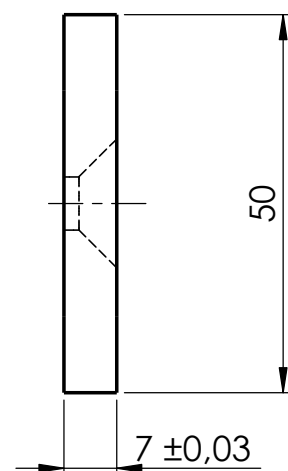
DIBUJO	FECHA	NOMBRE
	20/08/24	Pivadori, Juan

Escala
1:15

Numero de pieza: R109P2



DETALLE DE TACO
DE BRONCE
ESCALA 1:1



J132P2	TOMA PLEGADFA DE 150x150x70 CON PERFORACION	2
U101P2	TUERCA ANCHA DE 3/4"	4
R113P2	MORDAZA CON TACO 80x100	2
U108P2	TUERCA DE 1/2'	3
R114P2	MORDAZA CON TACO 70x70	1
L118P2	EJE 25x100	3
U107P2	BULON ALLEN M6x12	12
U106P2	TACO DE BRONCE 7MM	12
R108P2	ESTRUCTURA SOLDADA DE DISPOSITIVO PORTAHERRAMIENTA	1
N.PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD



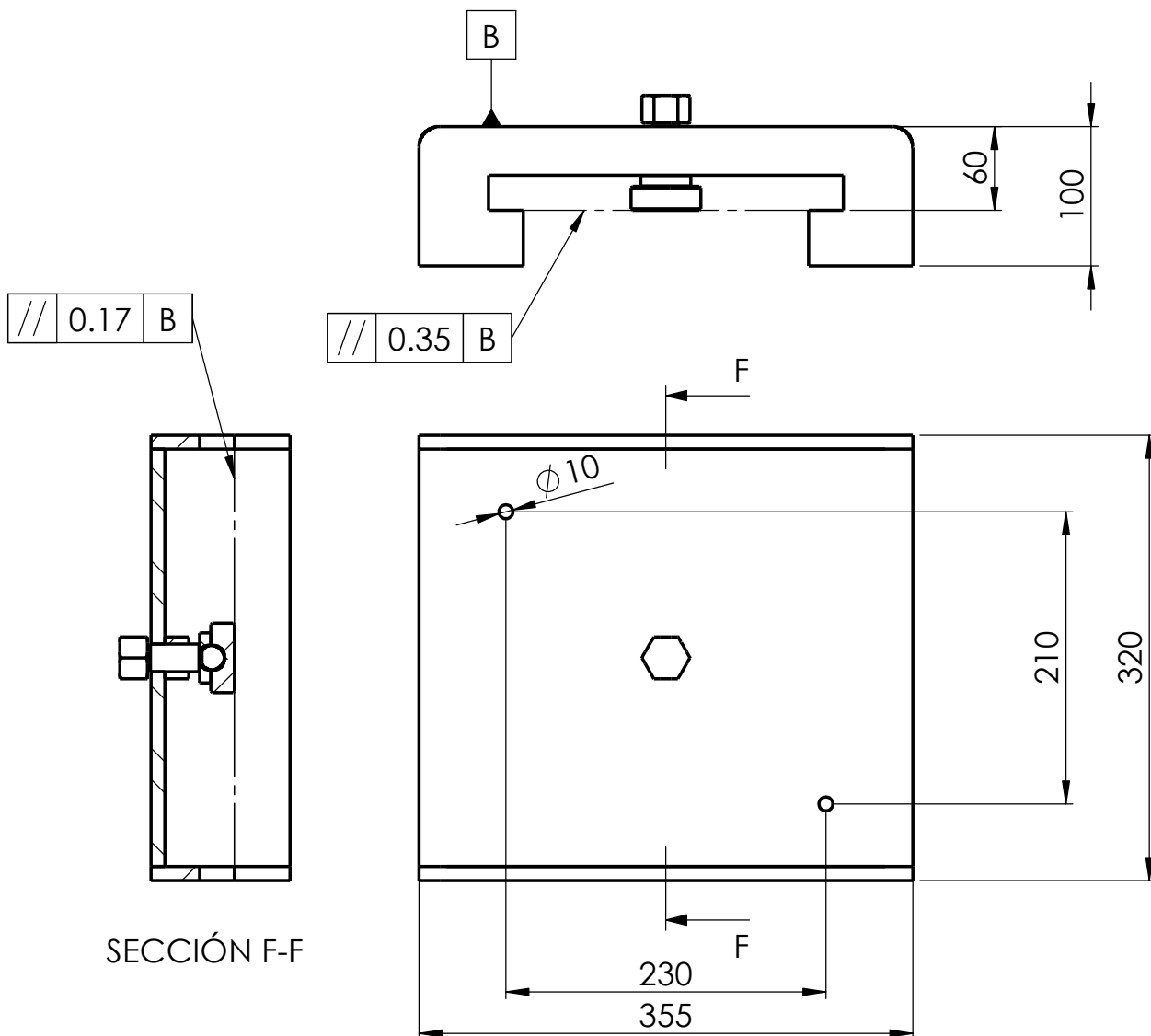
PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

DISPOSITIVO DE TUBO
PORTAHERRAMIENTA

DIBUJO	FECHA	NOMBRE
	11-09-24	Pivadori, Juan

Escala
1:6

Numero de pieza: E104P2



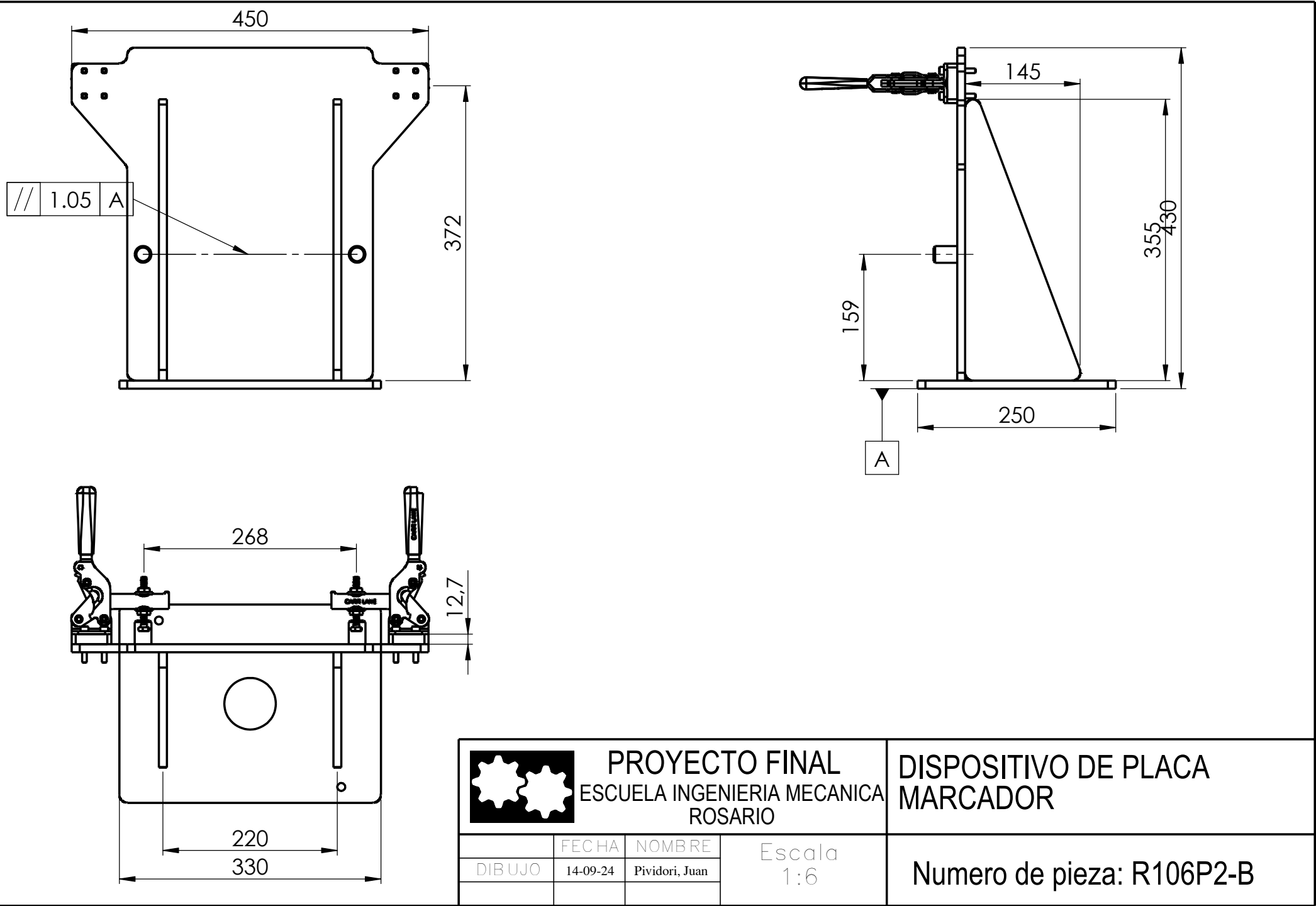
PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

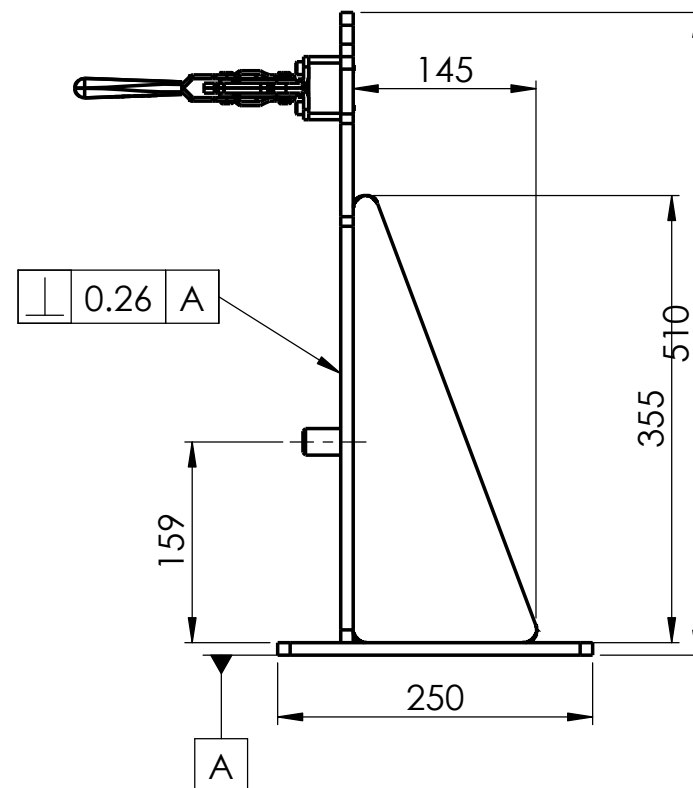
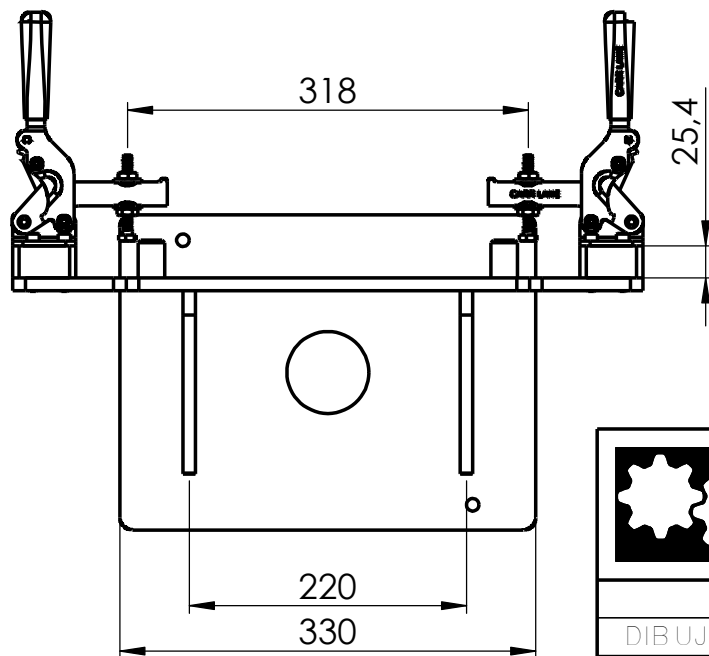
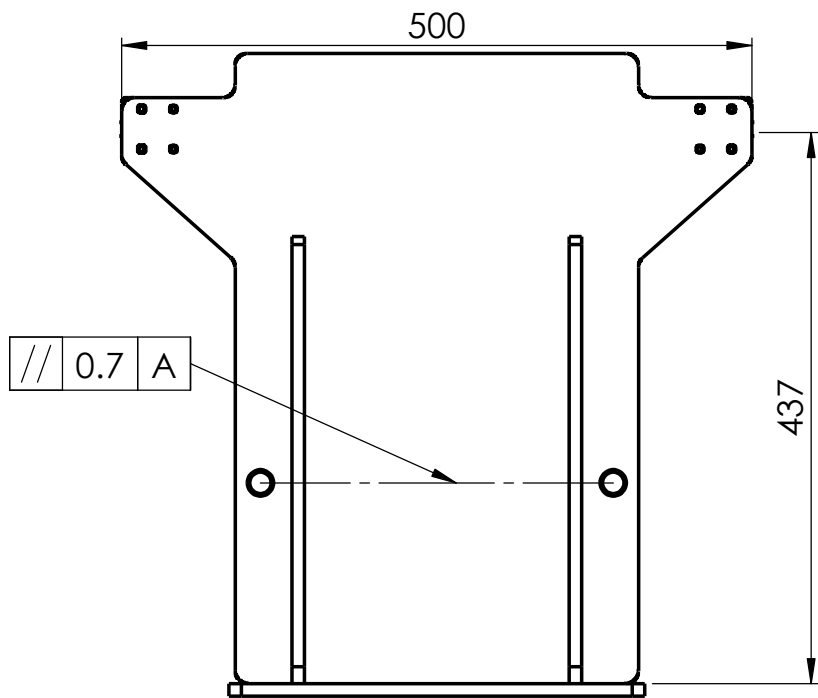
CAJA GUIA DE PLACAS

	FECHA	NOMBRE
DIBUJO	14-09-24	Pividori, Juan

Escala
1:5

Numero de pieza: R105P2





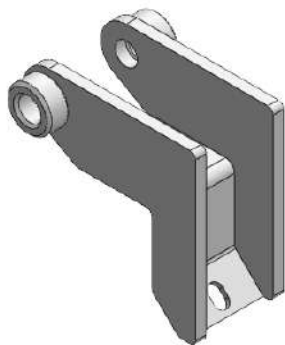
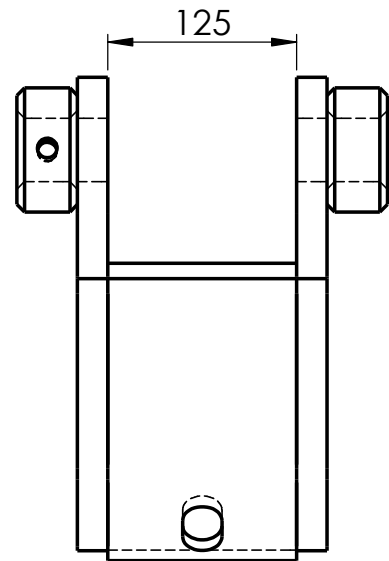
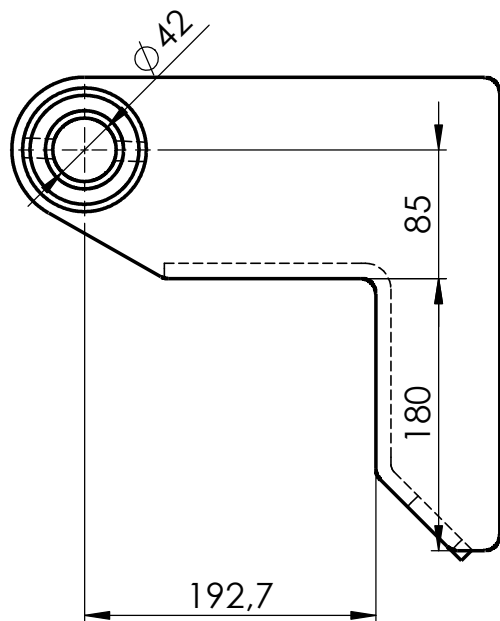
PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

	FECHA	NOMBRE
DIBUJO	14-09-24	Pivadori, Juan

Escala
1:6

DISPOSITIVO DE PLACA
BAJADA DE RUEDA

Numero de pieza: R106P2-A



L110P2	BUJE De82xDi42x40 SIN PERFORACION		1
L110P2-A	BUJE De82xDi42x40 CON PERFORACION		1
J141P2	CHAPA COBERTORA		1
J140P2	MORDAZA PARA TUBO 140x140		2
N.PIEZA	DESCRIPCIÓN		CANTIDAD
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO			MORDAZA 140x140 SOLDADA
	FECHA	NOMBRE	Escala 1:5
DIBUJO	10-09-24	Pividori, Juan	
Numero de pieza: R110P2			