



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE MECATRÓNICA

**DISEÑO DE UNA ESTACIÓN AUTOMATIZADA PARA EL CANTEADO
DE TABLEROS PARA LA EMPRESA SUMIN CIA. LTDA.**

Trabajo de titulación previo a la obtención
del título de Ingeniera en Mecatrónica

AUTOR: GABRIELA ALEXANDRA VÉLEZ MEJÍA

TUTOR: ING. JULIO CESAR LOJA QUEZADA PhD.

Cuenca – Ecuador

2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Gabriela Alexandra Vélez Mejía con documento de identificación N° 0107529851 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 16 de febrero del 2024

Atentamente,



Gabriela Alexandra Vélez Mejía
0107529851

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Yo, Gabriela Alexandra Vélez Mejía con documento de identificación N° 0107529851, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto Técnico: "Diseño de una Estación Automatizada Para el Canteado de Tableros para la Empresa Sumin Cia. Ltda.", el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 16 de febrero del 2024

Atentamente,



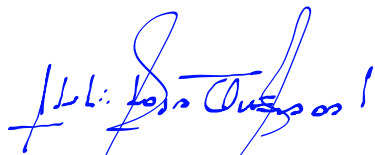
Gabriela Alexandra Vélez Mejía
0107529851

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Julio César Loja Quezada con documento de identificación N° 0102595527, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO DE UNA ESTACIÓN AUTOMATIZADA PARA EL CANTEADO DE TABLEROS PARA LA EMPRESA SUMIN CIA. LTDA., realizado por Gabriela Alexandra Vélez Mejía con documento de identificación N° 0107529851, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 16 de febrero del 2024

Atentamente,



Julio César Loja Quezada
0102595527

Dedicatoria

Dedicado a mis abuelos, Juan y Susana, sin su apoyo y compañía no hubiera alcanzado los objetivos trazados.

A mi mamá Susana, sin su paciencia y apoyo el camino hubiera sido incaminable.

Agradecimientos

Agradezco profundamente a mi familia por su compañía, consejo y apoyo. Sin ustedes este camino hubiera sido solitario y amargo.

Agradezco con mucho cariño a Juan, con tu apoyo he logrado culminar este trayecto.

Agradezco también a Ing, Julio Loja por su guía y apoyo para el presente proyecto.

Este documento fue realizado enteramente en L^AT_EX

Índice

Certificado de responsabilidad y autoría del trabajo de titulación	I
Certificado de cesión de derechos de autor del trabajo de titulación a la Universidad Politécnica Salesiana	II
Certificado de dirección del trabajo de titulación	III
Dedicatoria	IV
Agradecimientos	V
Resumen	XII
Abstract	XIII
1. Introducción	1
2. Problema	1
2.1. Antecedentes	1
2.2. Descripción del problema	3
2.3. Importancia y alcances	3
2.4. Delimitación	5
2.4.1. Espacial o geográfica	5
2.4.2. Temporal	5
2.4.3. Sectorial o institucional	6
2.5. Problema General	6
2.6. Problemas Específicos	6
3. Justificación	6
4. Objetivos	7
4.1. Objetivo General	7
4.2. Objetivos Específicos	7

5. Hipótesis	8
5.1. Hipótesis General	8
5.2. Hipótesis Específicas	8
6. Marco Teórico	8
6.1. Tablero	8
6.2. Tipos de tableros	8
6.2.1. Tablero Aglomerado	9
6.2.2. Tablero de Fibra	9
6.2.3. Tablero Contachapado	9
6.3. Proceso Industrial de Fabricación del Tablero	10
6.4. Proceso Industrial de Canteado	11
6.5. Elementos de Automatización	13
6.5.1. Sensores	13
6.5.2. Actuadores	13
6.6. Sistemas de Control	14
6.7. Automatismos Cableados	14
6.8. Automatismos Programados	14
6.9. Banda transportadora	15
6.10. Tipos de bandas transportadoras	15
6.10.1. Banda plana	15
6.10.2. Banda de rodillos	16
6.10.3. Banda modular	16
7. Marco metodológico	16
7.1. Metodología de la Investigación	16
7.2. Metodología del proceso	17
7.2.1. Establecimiento de parámetros iniciales para el diseño de una estación automatizada para el canteado de tableros	18
7.2.1.1. Parámetros del tablero	18
7.2.1.2. Parámetros de la máquina canteadora	19
7.2.1.3. Parámetros de la estación automatizada a diseñar	20
7.2.1.4. Selección de la banda transportadora	20
7.2.1.5. Selección de sistema de transmisión de la banda transportadora	22
7.2.1.6. Selección de cinta para la banda transportadora	23

7.2.2.	Diseño de la estación automatizada para el proceso de canteado . . .	23
7.2.2.1.	Diseño de la banda transportadora	25
7.2.2.2.	Dimensionamiento del motor de la banda transportadora . .	26
7.2.2.3.	Diseño del sistema tensor banda transportadora	29
7.2.2.4.	Diseño de mesa de esferas	32
7.2.2.5.	Diseño del alimentador	34
7.2.2.6.	Diseño del empujador neumático	36
7.2.2.7.	Propuesta de automatización del proceso	37
7.2.2.8.	Selección de los componentes de automatización	37
7.2.2.9.	Programación del controlador	39
7.2.3.	Análisis de costos de la estación automatizada para el proceso de canteado	49
7.2.3.1.	Subconjunto Banda	49
7.2.3.2.	Subconjunto Alimentador	50
7.2.3.3.	Subconjunto Mesa de Esferas	51
7.2.3.4.	Subconjunto Empujador	52
7.2.3.5.	Subconjunto Gabinete	53
8.	Resultados	54
8.1.	Parámetros establecidos para el diseño de la estación automatizada para el canteado de tableros	54
8.2.	Diseño de la estación automatizada para el canteado de tableros	54
8.3.	Análisis de costos de la estación automatizada para el canteado de tableros .	58
9.	Cronograma	59
10.	Presupuesto	61
10.1.	Talento humano	61
10.2.	Recursos materiales	61
11.	Conclusiones	62
12.	Recomendaciones	63
	Referencias	66
	ANEXOS	67

Lista de Tablas

1.	Características físicas del tablero	19
2.	Características físicas de la máquina canteadora	19
3.	Características físicas de la estación automatizada	20
4.	Tabla de ponderación del tipo de banda	21
5.	Tabla de ponderación del sistema de transmisión	22
6.	Características físicas de la cinta "Ropanol EX 10/2 0+00 black AS FR"	23
7.	Características del tornillo de rosca cuadrada	30
8.	Lista de etapas y transiciones	40
9.	Detalle de Costos de la Banda (Manufactura)	49
10.	Detalle de Costos de la Banda (Compra)	50
11.	Detalle de Costos del Alimentador (Manufactura)	50
12.	Detalle de Costos del Alimentador (Compra)	51
13.	Detalle de Costos de la Mesa de Esferas (Manufactura)	51
14.	Detalle de Costos de la Mesa de Esferas (Compra)	52
15.	Detalle de Costos del Empujador (Manufactura)	52
16.	Detalle de Costos del Empujador (Compra)	53
17.	Detalle de Costos del Gabinete	53
18.	Características de la Estación	55
19.	Características de la Banda	55
20.	Características del Alimentador	55
21.	Características de la Mesa de Esferas	56
22.	Características del Empujador	56
23.	Costos totales	59
24.	Cronograma de actividades.	60
25.	Recurso de talento humano	61
26.	Recursos de sub sistemas	61
27.	Costo Total	62

Lista de Figuras

1.	Ubicación empresa Sumin Cia. Ltda.	5
2.	<i>Tipos de tableros</i>	9
3.	<i>Diagrama de Bloques Fabricación de Tableros de Fibra</i>	11
4.	<i>Proceso Industrial de Canteado</i>	12
5.	<i>Tipo de bandas transportadoras</i>	15
6.	<i>Metodología de la Investigación</i>	17
7.	<i>Metodología del Proceso</i>	18
8.	<i>Primer Boceto</i>	24
9.	<i>Diseño del Cilindro</i>	26
10.	<i>Diagrama de cuerpo libre 1</i>	27
11.	<i>Diseño del sistema tensor</i>	29
12.	<i>Diagrama de cuerpo libre 2</i>	30
13.	<i>Diseño de la mesa de esferas</i>	33
14.	<i>Diseño de la junta rotativa</i>	34
15.	<i>Diseño del Alimentador</i>	35
16.	<i>Diseño del alineador del alimentador</i>	36
17.	<i>PLC y módulo de extensión</i>	38
18.	<i>Motor y variador de frecuencia</i>	39
19.	<i>Esquema Grafcet del programa propuesto</i>	40
20.	<i>Conexiones PLC</i>	43
21.	<i>Definición de variables</i>	44
22.	<i>Programación de la cadena 1</i>	45
23.	<i>Programación de la cadena 2</i>	46
24.	<i>Programación de la cadena 3</i>	47
25.	<i>Programación de la cadena 4</i>	48
26.	<i>Disposición de la estación automatizada</i>	57
27.	<i>Gabinete de control de estación automatizada</i>	58

Resumen

En este trabajo de titulación se presentara el diseño de una estación automatizada para el canteado de tableros, en la industria ecuatoriana el canteado de tableros se realiza en la gran mayoría de las empresas mediante un proceso semi-manual. Este proyecto propone la automatización de este proceso mediante el diseño de una estación capaz de llevar a cabo el canteo de los tableros de forma independiente. La estación cuenta con 3 conjuntos clave par su correcto funcionamiento los cuales fueron diseñados a medida para la canteadora (inserte modelo de la canteadora), la cual es la mas comúnmente utilizada en la industria. Para el diseño de la banda transportadora se tomaron en cuenta parámetros clave como la altura que debe tener y la velocidad a la que se debe mover el tablero para una correcta integración con la máquina canteadora. El alimentador cumple con la función de alinear el tablero de manera que su paso a través de la canteadora se realice de manera eficiente. La mesa de esferas planteada permite el libre movimiento del tablero sobre el plano asegurando así que los pistones de empuje puedan completar el proceso de giro. Durante el desarrollo de este trabajo se demuestra la viabilidad económica de la estación automatizada para el canteado de tableros además de ser un gran paso en pos de la automatización de la industria ecuatoriana presentándose como una alternativa no solo factible sino competitiva en el mercado actual

Palabras clave: Máquina Canteadora, Estación Automatizada, Tablero, Industria ecuatoriana, Automatización.

Abstract

In this degree work, the design of an automated station for board edging will be presented. In the Ecuadorian industry, board edging is carried out in the vast majority of companies through a semi-manual process. This project proposes the automation of this process through the design of a station capable of carrying out the edging of the boards independently. The station has 3 key components for its correct operation which were custom designed for the edger (insert edger model), which is the most commonly used in the industry. For the design of the conveyor belt, key parameters were taken into consideration such as the height it must have and the speed at which the board must move for correct integration with the edging machine. The feeder fulfills the function of aligning the board so that its passage through the edger is carried out efficiently. The proposed sphere table allows free movement of the board on the plane thus ensuring that the push pistons can complete the turning process. During the development of this work, the economic viability of the automated station for edging boards is demonstrated, in addition to being a great step towards the automation of the Ecuadorian industry, presenting itself as an alternative that is not only feasible but competitive in the current market.

Keywords: Edging Machine, Automated Station, Board, Ecuadorian Industry, Automation.

1. Introducción

Entre el año 2021 y 2020 existió un crecimiento de 5,19% en el sector de la agricultura, de la silvicultura, industria maderera y forestal (Corporación Financiera Nacional, 2022). Dentro de este sector económico se encuentran las empresas tableristas. También lo conforman las empresas que ofrecen productos y servicios para estas, la empresa Sumin Cia. Ltda forma parte de este último grupo. Con el objetivo de apoyar este crecimiento económico y fomentar la innovación, se propone el desarrollo del diseño de una estación automatizada para el canteado de tablero.

Para alcanzar estos objetivos se propone una serie de pasos, estos incluyen la caracterización de la materia prima, procesos y maquinaria involucrados en el canteado de tableros. A partir de la obtención de estos parámetros se propondrá un diseño automatizado de la estación de trabajo. Finalmente se realizará un análisis económico referente a la implementación de la estación automatizada en entornos industriales.

Dentro del contexto del crecimiento económico del sector maderero, se desea generar proyectos innovadores que asistan a mantener y mejorar la calidad de los tableros enchapados. Esto a su vez con la perspectiva de cambiar la categorización de los productos madereros de materia prima a productos terminados. De igual manera se pretende mejorar la gestión de recursos materiales y humanos que se disponen; sumado a ello existe el potencial de responder a la demanda de automatización como consecuencia directa de la transformación tecnológica de la industria ecuatoriana.

2. Problema

A continuación, se expondrá y contextualizará el problema.

2.1. Antecedentes

En el Ecuador el sector de la silvicultura, industria maderera y forestal representa el 1,01% de PIB del país, sumando un valor de USD 691,61 millones en el año 2021. Estos datos representan un crecimiento del 5,19% frente al año anterior. Para el año 2020 existe 209 empresas dentro del sector forestal y maderero, donde la concentración mayoritaria se encuentra en las

provincias de Guayas y Pichincha representando un 68% del sector. (Corporación Financiera Nacional, 2022)

De acuerdo con la Asociación Ecuatoriana de Industriales de la Madera, en 2021, se generan alrededor de 300 000 plazas de empleo del sector forestal, de manera directa e indirecta. De igual manera el sector económico de las industrias manufactureras representa el 20,97% de ventas y el 12,79% de plazas de empleo en el país, en el año 2020. Debido al importante impacto económico, así como, la cantidad de pequeñas, medianas y grandes empresas que se dedican a esta actividad económica resulta de gran interés automatizar y proponer estandarizar los procesos. (INEC, 2020; La Nota en Línea, 2022). La empresa Sumin forma parte de las empresas que brindan servicios e insumos a las empresas tableristas.

La empresa Sumin Cia. Ltda. es una empresa ecuatoriana que se dedica a la importación y venta de maquinaria y herramientas para la industria de la madera y metal mecánica. Además de la venta de maquinaria y herramientas cuentan con un departamento de servicios; afilado de herramientas, mantenimiento y automatización de maquinaria para la madera y producción. Fundada en 1986 , actualmente cuenta con 4 sucursales a nivel nacional. En su pagina web se puede leer “La Organización Global Trade Leaders Club, en Paris-Francia, entregó el TROFEO INTERNACIONAL A LA CALIDAD a la empresa SUMIN CÍA. LTDA. como un reconocimiento al prestigio, innovación, calidad y liderazgo en sus ámbitos de trabajo” (Sumin, 2022).

El proceso de enchapado de cantos o canteado consiste en colocar una cinta o moldura para ocultar el aglomerado, mejorando así su aspecto. Este proceso resulta de gran importancia para añadir un valor agregado al producto final, mejora el aspecto, evita que la humedad y el agua impregnen el aglomerado. Por todos estos motivos no se puede descuidar el canteado en la industria maderera (Fustes Montgròs, S.L., 2020).

En el mercado nacional no existe comercialización de estaciones automatizadas que permitan el acople a las máquinas utilizadas en la industria. Algunas de las alternativas existentes en el mercado internacional son la contratación de servicios de diseño y construcción; o la adquisición adicional de maquinaria. Estos servicios o maquinaria tienen altos costos económicos, motivo por el cual no resulta atractivo para los tableristas. Los costos de implementación de estaciones o maquinaria automatizada se encuentran entre los USD 100 a 500 mil (CEHISA, 2022).

Muchas empresas que se dedican al canteado de tableros ya disponen con máquinas canteadoras, las cuales representaron una inversión de entre USD 40 a 60 mil cada una. Por este motivo las empresas buscan soluciones acoplables a la maquinaria que ya disponen, buscando así optimizar los recursos con los que ya cuentan y reducir costos económicos. En el caso de adquirir soluciones del mercado internacional, esto representaría que se debe reemplazar la maquinaria actual.

El proceso de canteado consiste en pegar un canto a todos los lados vistos del tablero para mejorar su apariencia y propiedades ante los elementos. Para asegurar que el proceso de canteado se realiza de manera correcta, inicialmente se deben pegar los dos lados paralelos del tablero para concluir con los dos lados restantes redondeando las esquinas. De momento, el proceso es realizado por un operador, este alimenta a la máquina canteadora asegurándose que el tablero este alineado con el regle de entrada, esto definirá la correcta adhesión del canto al tablero. El operador además de alimentar la máquina, debe girar y transportar el tablero para volver a suministrar el tablero a la máquina.

2.2. Descripción del problema

La industria ecuatoriana cuenta con una gran oportunidad en mejorar sus sistemas productivos, sobre todo en cuanto a eficiencia y calidad. Estas mejoras se pueden realizar mediante la acogida de sistemas automatizados. Todo esto sumado a la gran cantidad de medianas y grandes empresas que aún no dan el salto tecnológico por la falta de asesoría, costos altos o desconocimientos de las ventajas que estos procesos representan.

En el mercado actual el proceso de canteado cuenta con un alto componente manual, en el que un operador debe ser el encargado de cargar, girar y asegurarse que el tablero sea alimentado de manera correcta. Este trabajo manual realizado de manera repetida compromete la calidad del acabado del tablero debido a que se descuida el alineamiento entre el tablero y regle de entrada de la máquina. Además, se debe considerar que el transporte y manipulación de los tableros puede llevar a la fatiga y aumentar el riesgo de lesiones ocupacionales.

2.3. Importancia y alcances

El estudio realizado asistirá en el diseño de una estación de automatizado que contribuya a mantener la calidad del producto acabado aprovechando los recursos ya existentes en las

industrias, procurando que se alcancen los parámetros necesarios para un correcto desarrollo del proceso. En la industria ecuatoriana se puede apreciar un incremento significativo en la industria de la silvicultura, maderera y forestal, sobre todo entre el año 2020 al 2021, con un incremento del 5,19% de la actividad. Este incremento al representar USD 275 millones representa una retribución económica de gran importancia para este sector industrial (Corporación Financiera Nacional, 2022; Guasch, Racine, Sánchez, y Diop, 2007). Por otro lado la necesidad de automatización se ve reflejada en los altos porcentajes de sectores productivos que cuentan con procesos sin automatizar, representando un 28,7%. Los procesos semi automatizados o automatizados con un alto componente manual, representan un 31%. (Sevilla, 2022) Permitiendo así generar cambios en el sector productivo de la madera para mejorar su productividad y rendimiento.

El trabajo presentado a continuación, pretende ofrecer una propuesta de diseño para una estación automatizada para el canteado de tableros, este diseño incluye la selección de banda transportadora, sistema de transporte y giro del tablero, alimentador a la máquina canteadora. Esto se conseguirá gracias a la definición clara de parámetros iniciales; estos nos ayudaran a definir los criterios a alcanzar durante el desarrollo del proyecto. A continuación se propondrá un diseño para la estación automatizada basado en cálculos y simulaciones para concluir considerando los costos de la posible implementación del diseño realizado.

Teniendo en consideración el ambiente económico, es importante realizar un diseño que sea acoplable a las máquinas existentes en el mercado ecuatoriano, dado que si se decidiera por adquirir maquinaria o implementos extranjeros estos reemplazarían a la maquinaria ya existente. Debido a la significativa inversión que representó adquirir la maquinaria, su actual utilidad y su considerable vida operativa futura, no se busca reemplazar la maquinaria. Como alternativa se busca optimizar y hacer uso de los recursos existentes con los que se cuenta en la industria.

Se considera este trabajo como el primer acercamiento a una estación automatizada para el canteado de tableros, su concepción es la de un proyecto inicial que establecerá las bases para posteriores mejoras y ampliaciones. Es fundamental destacar que, aunque el proyecto responde a necesidades inmediatas del mercado tablerista ecuatoriano; la construcción de la estación automatizada no se contempla dentro de los alcances del mismo. Permitiendo de esta manera futuras innovaciones al proyecto así como que su construcción permita el desarrollo de otro trabajo de titulación o pueda ser desarrollado dentro de la empresa.

2.4. Delimitación

El problema de estudio se verá delimitado de la siguiente manera:

2.4.1. Espacial o geográfica

El trabajo se desarrollará en la empresa Sumin Cia. Ltda. ubicada en Paseo de Milchichig en la ciudad de Cuenca en la provincia de Azuay.

Figura 1

Ubicación empresa Sumin Cia. Ltda.



Nota: Imagen satelital de la ubicación de la empresa Sumin Cia. Ltda. (Google, 2023).

2.4.2. Temporal

El tiempo implementado para la investigación y desarrollo del diseño es de 240 horas de Integración Curricular.

2.4.3. Sectorial o institucional

El presente trabajo de titulación se desarrollará dentro del sector industrial maderero con la empresa Sumin Cia. Ltda.

2.5. Problema General

- ¿Es posible proponer el diseño de una estación automatizada para el canteado de tableros para la empresa Sumin Cia. Ltda. en la ciudad de Cuenca?

2.6. Problemas Específicos

- ¿Se podrá establecer los parámetros iniciales para el diseño de una estación automatizada para el canteado de tableros para la empresa Sumin Cia. Ltda.?
- ¿Es posible proponer el diseño de una estación automatizada para el canteado de tableros para la empresa Sumin Cia. Ltda.?
- ¿Es factible analizar costos para la implementación de una estación automatizada para el canteado de tableros para la empresa Sumin Cia. Ltda.?

3. Justificación

Debido al impulso económico que ha tenido la industria maderera, existe un incremento en la demanda de tableros terminados de alta calidad y económicos. Además, existe interés en las empresas madereras de adquirir sistemas automatizados para mejorar la eficiencia en el proceso de canteado de tableros. En consecuencia, de estos factores y considerando la actividad económica de la empresa Sumin Cia. Ltda., como proveedora de maquinaria y servicios. Se encontró la necesidad de generar productos que satisfagan la demanda de automatizar procesos productivos en el área maderera del país.

Por otra parte, se busca proponer un diseño que optimice los recursos ya existentes frente a las alternativas en el mercado. Considerando la inversión ya realizada para cada máquina canteadora es de entre USD 40 a 60 mil; y en el caso de reemplazar la línea de producción se debería hacer una inversión superior a los USD 100 mil, dejando obsoletas a las máquinas canteadoras. Por tal motivo se busca hacer uso de aquellos recursos con las que las empresas madereras ya cuentan. Como sería el caso de las máquinas canteadoras modelo "PRO 12"

de la marca CEHISA, esto debido a que muchas empresas madereras cuentan ya con esta maquinaria, así como el deseo de la empresa Sumin Cia. Ltda. en continuar distribuyendo este modelo de equipo. Al proponer una estación automatizada se pretende tener una alternativas más atractiva económicamente, hacer uso de la maquinaria existente en la industria. De igual manera reducir costos laborales, mejorar la eficiencia y consistencia de los tableros terminados.

En el proceso actual, canteo un tablero toma un aproximado de 5 minutos, debido a que este es un proceso que cuenta con un componente manual es susceptible a variaciones en la velocidad de producción. El trabajo manual de la fabricación de tableros es monótono y repetitivo; aumentando la probabilidad de errores humanos que afectarían la calidad del producto final. La automatización del proceso permitiría que el trabajo repetitivo sea llevado a cabo por una máquina, permitiendo al operador dedicarse a tareas más especializadas. De igual manera se busca no comprometer la calidad del producto terminado, disminuyendo fatiga, errores humanos y variabilidad en el proceso.

El proyecto se enmarca dentro de la línea de investigación: simulación y optimización de procesos industriales.

4. Objetivos

4.1. Objetivo General

- Diseñar una estación automatizada para el canteo de tableros para la empresa Sumin Cia. Ltda.

4.2. Objetivos Específicos

- Establecer los parámetros iniciales para el diseño de una estación automatizada para el canteo de tableros para la empresa Sumin Cia. Ltda.
- Proponer el diseño de una estación automatizada para el canteo de tableros para la empresa Sumin Cia. Ltda.
- Analizar costos para la implementación de una estación automatizada para el canteo de tableros para la empresa Sumin Cia. Ltda.

5. Hipótesis

5.1. Hipótesis General

- El diseño de una estación automatizada para el canteado de tableros para la empresa Sumin Cia. Ltda.

5.2. Hipótesis Específicas

- Se establecerá los parámetros iniciales para el diseño de una estación automatizada para el canteado de tableros para la empresa Sumin Cia. Ltda.
- Se propondrá de una estación automatizada para el canteado de tableros para la empresa Sumin Cia. Ltda.
- Se realizará el estudio económico para la factibilidad de implementación de una estación automatizada para el canteado de tableros para la empresa Sumin Cia. Ltda.

6. Marco Teórico

A continuación se presenta el marco teórico referente al proyecto.

6.1. Tablero

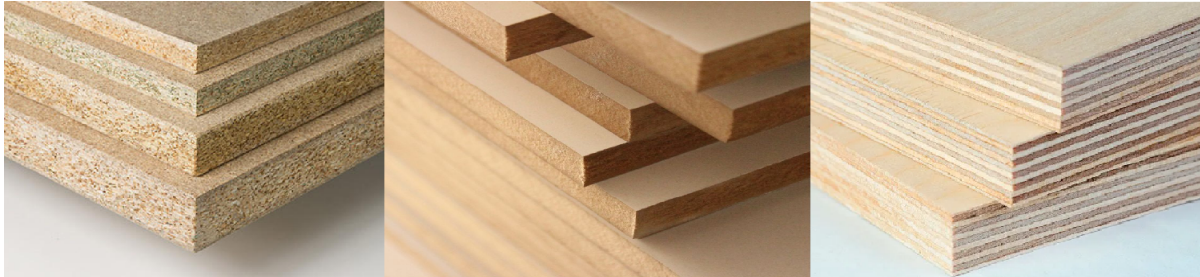
Dentro de la industria tablerista se entiende a tablero como aquellas planchas de madera fabricada a partir de astillas, virutas o laminas de madera; en el mercado existen tableros de madera masisa pero en menor medida y por eso no se considera. Como parte de las actividades comerciales en el Ecuador, la venta de tableros aumento en un 42% del año 2020 a 2021, representando un valor de USD 275 millones. (La Nota en Linea, 2022)

6.2. Tipos de tableros

Dependiendo del proceso de fabricación existen diferentes tipos de tableros, pero los tres más significativos en la industria ecuatoriana son los aglomerados, de fibra y contrachapados, se pueden visualizar los diferentes tipos de tableros en la Figura 2. Una porción importante de la materia prima para los tableros es pino y eucalipto.

Figura 2

Tipos de tableros



Nota: De izquierda a derecha: tablero aglomerado, de fibra y contrachapado (Maderas Frutos Relañó S.A., 2022; Mederea, 2016).

6.2.1. Tablero Aglomerado

El tablero aglomerado está conformado por virutas o astillas de madera de diferentes tamaños, estas a su vez son compactadas con adhesivos o resinas sintéticas que se unen gracias a una prensa caliente, no cuentan con vetas y puede estar recubierto con chapas de madera o materiales sintéticos. Soporta esfuerzos de flexión entre $10 - 11 MPa$ y tienen una densidad de $550-820 kg/m^3$. Durante el periodo 2020-2021 la venta de tableros aglomerados aumento en un 53%. (MDEC, 2022)

6.2.2. Tablero de Fibra

El tablero de fibra también conocido como MDF (tablero de densidad media) se fabrica con base en fibras de madera en un porcentaje aproximado al 85% y resinas sintéticas que se unen gracias una prensa. Logrando así características favorables frente a la humedad y resulta sencilla de barnizar o teñir. Gracias a este proceso se obtiene un tablero de color uniforme, maquinabilidad con desgaste menor en las herramientas, carece de vetas, nudos y retapes. Su densidad se encuentra entre $500 - 800 kg/m^3$. (Masia, 2014)

6.2.3. Tablero Contachapado

El tablero contrachapado, también conocido como triplay o plywood, se fabrica apilando 3 o más capas de tablero, con las vetas cruzadas de cada tablero unido con cola. Gracias a esta disposición de los tableros intermedios se mejora la resistencia y estabilidad de los

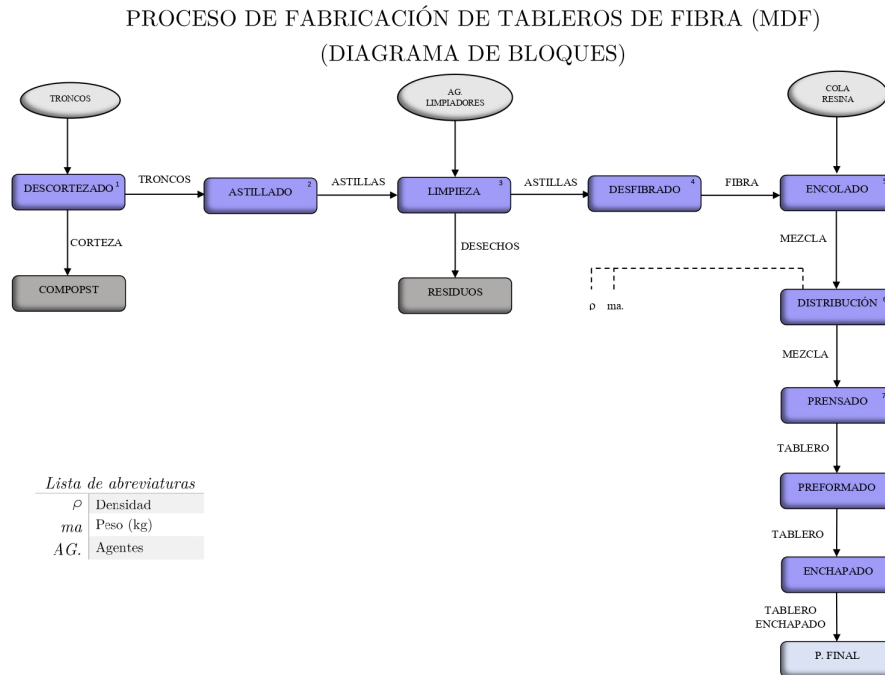
tableros. Pueden estar recubiertos de maderas nobles o melaminados. Tiene una densidad de $480 - 550 \text{ kg/m}^3$. (Maderame, 2021)

6.3. Proceso Industrial de Fabricación del Tablero

En entornos industriales la fabricación de los diferentes tipos de tableros cuenta con pasos y procesos característicos de cada tablero igualmente existen procesos propios. En todos los procesos se cuenta con el paso de descortezado, en el cual se elimina la corteza de los troncos con ayuda de un torno, esta corteza se descarta. Una vez que los troncos han sido descortezados, estos pasan al proceso de astillado donde son triturados por un astillador de tambor o de disco, el tamaño de las astillas definirá el tamaño de la fibra del producto final. En la limpieza o lavado se eliminan los cuerpos extraños como piedras, metales, arena, entre otros. En el proceso de desfibrado se ablandan las astillas con vapor de agua para luego ser desfibradas, la calidad de este proceso dictará, en gran medida, la calidad del producto final. En el encolado, la fibra se mezcla con los componentes adhesivos en función de su peso. Dependiendo de la humedad presente en la fibra se considerará un paso adicional de secado. En la distribución, se coloca la mezcla de fibra con adhesivo sobre banda transportadora, creando una estera. En esta estera la mezcla se aplica uniformemente donde las fibras no están alineadas. Cuando la mezcla se halla de manera uniforme, se coloca dentro de una prensa de varios pisos o continua. Donde la mezcla se endurece y obtiene su forma gracias a la alta presión y temperatura efectuada por la prensa, obteniendo un tablero. Para finalizar los tableros se recortan y enchapan (Russell, 2020). A continuación se puede observar un diagrama del proceso en la Figura 3.

Figura 3

Diagrama de Bloques Fabricación de Tableros de Fibra



Nota: Proceso de fabricación de tableros de MDF.

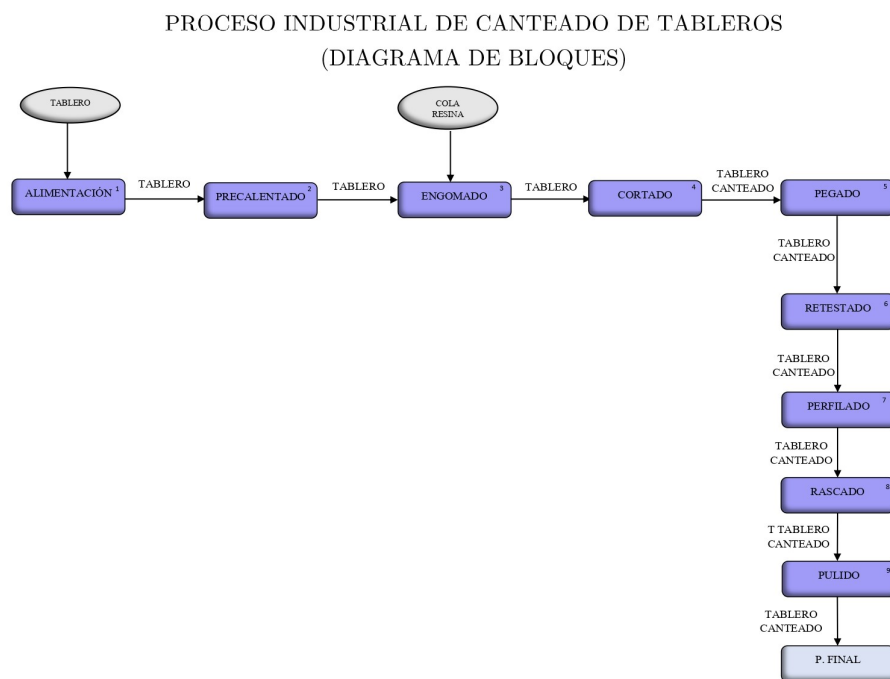
6.4. Proceso Industrial de Canteado

El proceso de canteado se entiende como el pegar un canto a los laterales de un tablero, esto con el objetivo de mejorar su apariencia, proteger al tablero contra los elementos y frente a golpes. En el ámbito industrial el canteado es realizado por las máquinas canteadoras. Dependiendo de la máquina el proceso tiene sus variaciones pero a rasgos generales se puede apreciar el proceso en la Figura 4. El proceso comienza al colocar de manera alineado el tablero sobre la banda transportadora de la máquina. Se debe asegurar que el tablero este contacto todo el tiempo con el regle de entrada de la máquina ya que de esto dependerá que el resto de pasos se lleven a cabo correctamente. El tablero luego pasa por una pistola de aire caliente o una guía precalentada para subir la temperatura del tablero y así evitar que al momento de colocar el pegamento este seque inmediatamente. El pegamento es colocado

gracias a un rodillo que distribuye el pegamento de manera homogénea sobre todo el lateral del tablero. Al mismo tiempo que esto ocurre se corta el canto, esto se consigue gracias a una configuración previa o sensores que definen el largo del tablero y una cuchilla que corta el canto considerando un excedente. Una vez que se tiene el canto cortado a medida y el tablero engomado se presiona el canto al tablero con la ayuda de rodillos de presión, esto asegura la correcta adhesión entre canto y tablero mientras la goma se seca. A continuación, unas cuchillas cortan el canto al ras del tablero, se conoce esto como retestar. En el proceso de perfilado, unas fresas cortan el excedente de canto y goma que queda en las partes superiores e inferiores del tablero. Seguidamente se redondean las esquinas y se elimina el excedente de goma de las esquinas con ayuda de cuchillas. Finalmente se pule el tablero y canto, mejorando el aspecto y eliminando aristas vivas (CEHISA, 2022).

Figura 4

Proceso Industrial de Canteado



Nota: Diagrama de bloques del proceso industrial de canteado

6.5. Elementos de Automatización

La automatización industrial hace referencia al manejo de procesos productivos mediante sistemas de control, elementos robotizados, tecnologías de la información, con el objetivo de minimizar la intervención de mano de obra y las operaciones peligrosas. Como se puede observar en la Figura los sistemas de control son los encargados de accionar los actuadores que llevarán a cabo el proceso; los sensores obtendrán información acerca del proceso y estas señales serán ingresadas al sistema de control. Dependiendo de la clasificación tecnológica de los elementos se pueden obtener automatismos cableados y programables. (AULA21, 2023; Sanchis, Romero, y Ariño, 2010)

6.5.1. Sensores

Son los componentes encargados de obtener la información del proceso. Dependiendo de sus salidas se pueden considerar:

- Captadores. “Son los sensores que proporcionan una salida continua proporcional a una magnitud física”.
- Detectores. “Son los sensores que proporcionan una salida binaria (activa o inactiva)”. Son utilizados frecuentemente en detectores de proximidad, nivel, temperatura y presión. (Sanchis y cols., 2010)

6.5.2. Actuadores

Son aquellos elementos que permiten convertir las señales eléctricas en actuaciones físicas. Actúan en función de las señales de salida de los sistemas de control. Se pueden subdividir en:

- Preactuadores. Algunos ejemplos de preactuadores neumáticos e hidráulicos son las válvulas; entretanto los preactuadores eléctricos suelen ser contactores, reles o variadores de frecuencia.
- Actuadores. Mientras que los actuadores neumáticos e hidráulicos son los pistones. Los principales actuadores eléctricos son las máquinas eléctricas, que en su mayoría son máquinas rotativas

6.6. Sistemas de Control

Los sistemas de control son aquellos que mediante un conjunto de dispositivos se encargan de obtener una salida deseada con un rendimiento deseado en función de sus entradas.

6.7. Automatismos Cableados

Funcionan mediante funciones lógicas donde sus señales de salida dependen de sus señales de entrada. La implementación se da por medio de uniones físicas para formar el elemento de control. Algunas de las ventajas que estos elementos representan son: su robustez, costos menores, tecnología más sencilla. Por otro lado, los impedimentos de estos elementos son: poca flexibilidad para modificación o ampliación, espaciosos, no permiten la implementación de funciones de control o comunicación complejas. Se clasifican en 3 tecnologías diferentes:

- Flúídica. Hace referencia a la neumática e hidráulica.
- Eléctrica. Aquellas cableadas como los relés y contactores.
- Electrónica biestable. Incluye a las compuertas lógicas y biestables.(Sanchis y cols., 2010)

6.8. Automatismos Programados

La implementación de estos elementos ocurre gracias a un microprocesador programables y es posible generar funciones más complejas entre la relación de entradas y salidas. Entre sus ventajas se encuentran: flexibilidad para ampliaciones y modificaciones. Se pueden definir 3 formas de implementación.

- Microcontrolador. Son circuitos integrados, conocidos como chips, que incluyen un microprocesador, memoria y periféricos necesarios para su programación. Para su proceso de diseño se realiza una tarjeta electrónica que incluye los circuitos electrónicos, microprocesador y una interfaz capaz de conectarse con actuadores y sensores.
- Autómata programable industrial. Componente que se programa en un lenguaje específico, diseñado con el objetivo de controlar en tiempo real en procesos secuenciales. Su uso es frecuente en la industria para el control de máquinas y procesos.
- Computador u ordenador industrial. (Sanchis y cols., 2010)

6.9. Banda transportadora

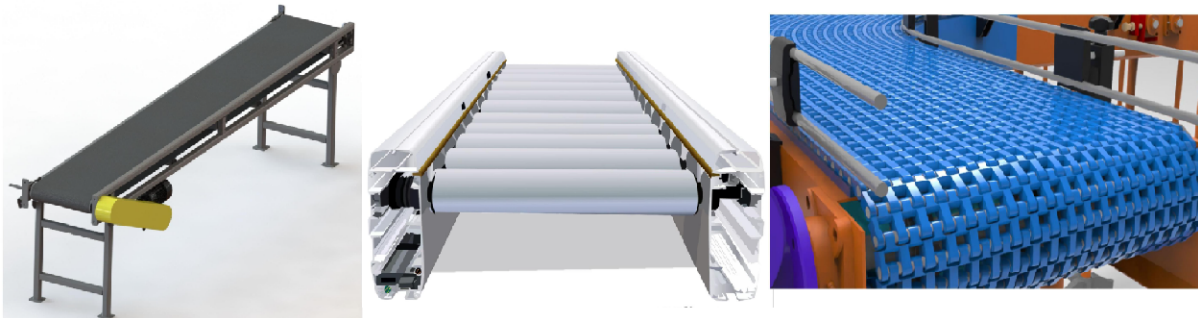
Una banda transportadora es una cinta tensada enrollada en rodillos o bucles. Es accionada por un motor y la cinta reposa sobre una placa metálica o rodillos. Es un sistema de transporte diseñado para mover materiales a granel, mercancía, objetos o personas. Dependiendo del área en las que se utilicen existen diferentes tipos (Industrial Quick Search, 2024b).

6.10. Tipos de bandas transportadoras

Dependiendo de la industria en la que se desea aplicar, existen diferentes tipos de bandas transportadoras. A continuación, se explorará bandas planas, de rodillos y modulares, en la Figura 5 se pueden observar diferentes tipos de bandas.

Figura 5

Tipo de bandas transportadoras



Nota: De izquierda a derecha, banda plana, banda de rodillos y banda modular (Industrial Quick Search, 2024a, 2024b).

6.10.1. Banda plana

Este tipo de bandas utiliza una serie de rodillos para mover materiales y suministros. Las cintas utilizadas para la banda transportadora plana pueden ser de tela, polímeros y cauchos naturales. Normalmente se utiliza en aplicaciones de baja velocidad, como líneas de montaje, aplicaciones con presencia de polvo y peso mediano (Industrial Quick Search, 2024a).

6.10.2. Banda de rodillos

La superficie de la banda transportadora de rodillos consta de un conjunto de rodillos sobre los cuales se mueve los materiales. Este tipo de bandas son adecuadas para aplicaciones de alto peso y procesos rápidos (Industrial Quick Search, 2024b).

6.10.3. Banda modular

Las bandas modulares constan de piezas entrelazadas de plástico con segmentos que se pueden quitar y reemplazar fácilmente. El diseño de las bandas transportadoras modulares las hace más fáciles de limpiar y el material es resistente a sustancias cortantes y abrasivas. Pueden variar sus configuraciones y formas (Industrial Quick Search, 2024a).

7. Marco metodológico

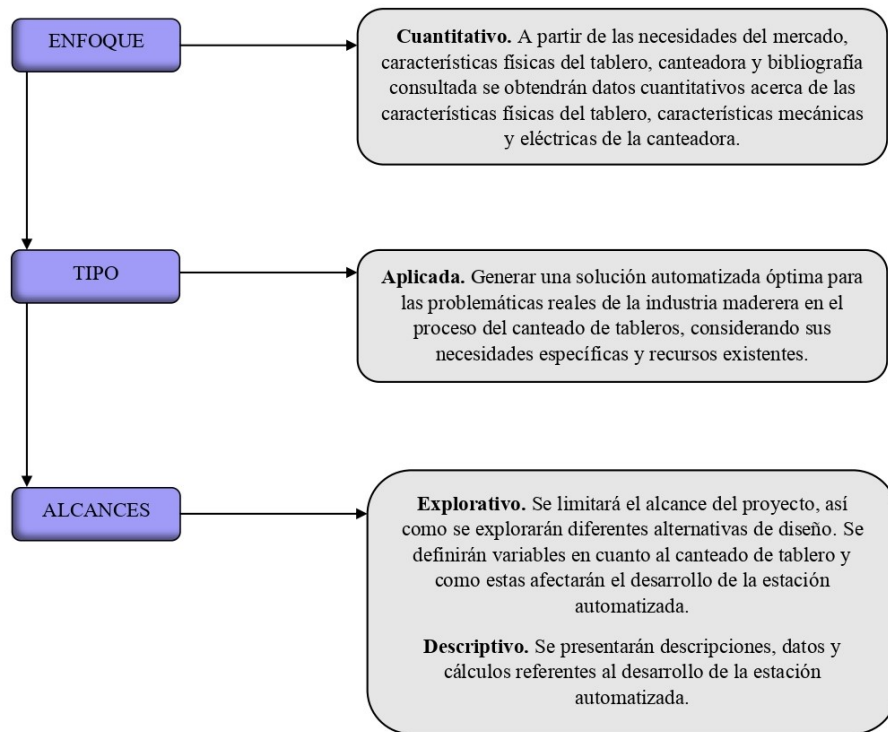
A continuación, se presentará la metodología de la investigación y del proceso que se utilizaron en el presente trabajo.

7.1. Metodología de la Investigación

El presente trabajo tiene un enfoque cuantitativo, donde se recolectarán datos acerca de los diferentes requisitos y requerimientos con los que debe contar la estación automatizada, entre ellos la velocidad de funcionamiento, dimensiones y peso del tablero. La investigación responde al tipo aplicada ya que pretende dar soluciones a necesidades reales de la industria maderera, esto se conseguirá gracias al desarrollo del marco teórico y los conocimientos que puede proporcionar la empresa acerca de la industria. Los alcances responden a exploratorios y descriptivos. En la Figura 6 presentada a continuación, se puede encontrar los componentes de la metodología de investigación a más detalle.

Figura 6

Metodología de la Investigación



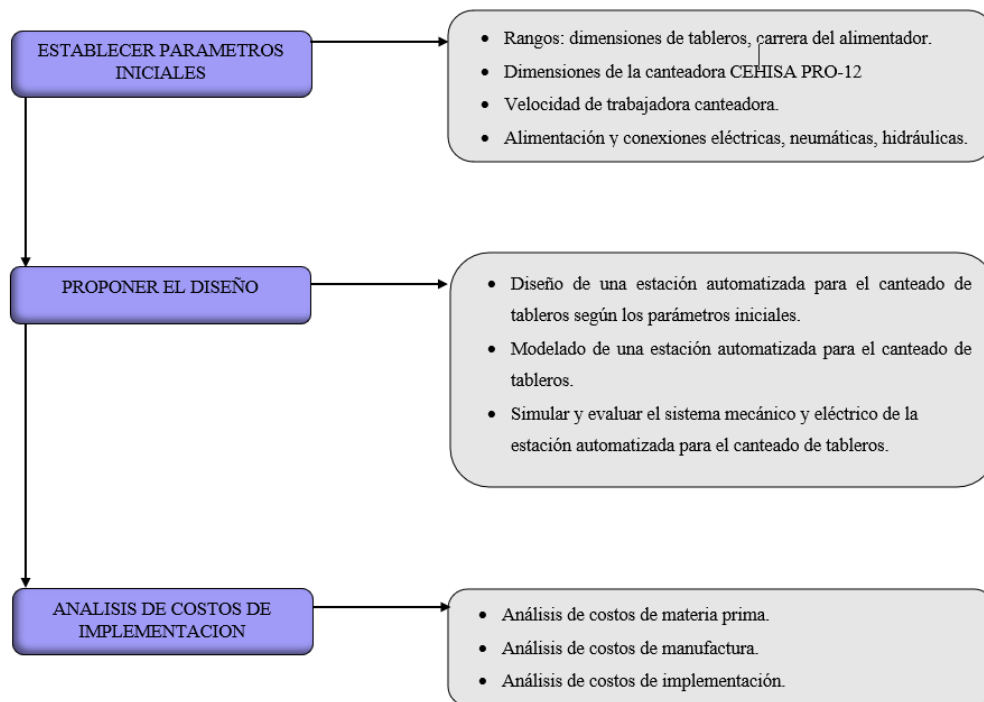
Nota: Descripción de la metodología de la investigación utilizada para este proyecto.

7.2. Metodología del proceso

La metodología utilizada para el desarrollo de este trabajo se dividirá en 3 pasos. En el primer paso se caracterizarán los tableros, especificaciones técnicas de la canteadora, y de la estación. A partir de esta caracterización se diseñará la estación; en este paso se modelará la estación y se realizará una propuesta de automatización. Finalmente, se realizará un análisis de costos con el objetivo de conocer los recursos financieros necesario para implementar la estación automatizada. Estos pasos se pueden ver en la Figura 7.

Figura 7

Metodología del Proceso



Nota: Descripción de la metodología de la investigación utilizada en este proyecto.

7.2.1. Establecimiento de parámetros iniciales para el diseño de una estación automatizada para el canteado de tableros

Para el establecimiento de parámetros iniciales se considerarán los parámetros del tablero, máquina canteadora marca CEHISA modelo "PRO 12", así como los requisitos y requerimientos de la empresa Sumin.

7.2.1.1 Parámetros del tablero

Dentro de las empresas tableristas se manejan diferentes tipos de tableros y cada uno de estos cuenta con diferentes parámetros físicos. De igual manera existe el requerimiento de que la estación sea regulable para sostener el canteado de tableros de diferentes medidas; estos

parámetros se ven expuestos en la Tabla 1 a continuación:

Tabla 1

Características físicas del tablero

Característica	Valor	Unidad
Densidad del tablero aglomerado	550-820	kg/m ³
Densidad del tablero de fibra	500-800	kg/m ³
Densidad de tablero contra enchapado	480-550	kg/m ³
Espesor mínimo	6	mm
Espesor máximo	30	mm
Largo mínimo	400	mm
Largo máximo	2100	mm
Ancho mínimo	400	mm
Ancho máximo	2100	mm
Peso máximo del tablero	108	kg
Tolerancia del tablero	5	mm

7.2.1.2 Parámetros de la máquina canteadora

Parte de la propuesta del diseño de la estación automatizada consiste en acoplar dos máquinas canteadoras a la estación; debido a esto se deben tener en cuenta las características físicas de las canteadoras. En consideración de las recomendaciones de la empresa Sumin en cuanto al modelo y marca de la canteadora se decide por el modelo "PRO 12" de la marca CEHISA, esto debido a que muchas empresas madereras cuentan ya con esta maquinaria, así como el deseo de la empresa en continuar distribuyendo este modelo de equipo. A continuación, se presenta un resumen, en la Tabla 2, de las características de la máquina canteadora.

Tabla 2

Características físicas de la máquina canteadora

Característica	Valor	Unidad
Alto de bancada canteadora	892	mm
Velocidad de trabajo	9-14	m/min
Largo	4443	mm
Ancho	678	mm
Alto	1466	mm

Los diferentes modelos de canteadoras de la serie "PRO" cuentan con diferentes dimensiones, pero aquellas que son constantes entre modelos son los de ancho y alto de bancada. Referente a la velocidad variable de la máquina esto se debe a que la máquina funciona a 14m/s y durante el proceso de cierre de canto funciona a 9m/s. Cierre de canto hace referencia al proceso de cortar y redondear el canto sobrante en la finalización del proceso de canteado.

7.2.1.3 Parámetros de la estación automatizada a diseñar

Teniendo en cuenta las consideraciones de la maquinaria a acoplar, el tablero y el objetivo de automatización, así como los requisitos existentes de la empresa se definen los parámetros de la estación automatizada para el canteado de tableros, estos se pueden observar a continuación, en la Tabla 3.

Tabla 3

Características físicas de la estación automatizada

Característica	Valor	Unidad
Velocidad lineal	9	m/min
Altura bandas y mesas	892	mm
Alimentación eléctrica	Trifásica	-
Adaptabilidad de alimentación de tableros	400-2100	mm
Controlador industrial	10-24	V

7.2.1.4 Selección de la banda transportadora

Parte de la propuesta de diseño de la estación automatizada consiste en el diseño de una banda transportadora, esto con el objetivo de transportar los tableros entre máquinas canteadoras. En esta sección se evaluarán los diferentes tipos de bandas transportadoras y mediante una ponderación se elegirá aquella con mejores características. Los tipos de bandas a evaluar será: de rodillos, planas y modular.

Los parámetros que se analizarán para la ponderación serán: costo de fabricación de la banda, peso que soportan, facilidad de mantenimiento y la fricción que se puede lograr entre la superficie de la banda y el tablero. Se busca la banda transportadora que cuenta con el menor costo de fabricación, el mantenimiento más sencillo, que soporte el peso máximo del tablero (108,5 kg) y asimismo que genere la mayor fricción entre la superficie de la banda y el

tablero para facilitar el movimiento de este último. Debido a que el proceso es lento no se considera la velocidad de las bandas para la ponderación, pero es un factor que tener en cuenta.

Para la banda plana se considera que tiene un costo bajo de fabricación, en comparación con las otras bandas; es la más adecuada para transporte de pesos medios. En cuanto al mantenimiento existe la desventaja de que si la cinta se desgarró o se agujerea se debe reemplazar, pero el resto de los elementos resultan fáciles de mantener. Para definir la fricción de la banda solo se debe seleccionar una cinta adecuada para la aplicación y se tiene la ventaja de que existe una gran variedad de cintas.

La banda de rodillos es más adecuada cuando se deben transportar pesos altos, su costo de fabricación es medio y su mantenimiento no resulta en extremo complicado. La fricción que se genere entre el rodillo y el tablero dependerá del material o recubrimiento de los rodillos.

La mayor ventaja de las bandas modulares es su mantenimiento ya que este se realiza solamente sobre el área descompuesta, evitando cambiar un componente en su totalidad. Son adecuadas para pesos bajos y medios. Su mayor desventaja es su costo de fabricación, ya que estos son los más elevados entre tipos de bandas.

A continuación, se exhibe la Tabla 4 de ponderación para el tipo de banda transportadora, donde:

Se define un valor porcentual a cada característica de las bandas transportadoras.

Se califica a cada tipo de banda con un puntaje de 1 a 5 (siendo 1=muy malo y 5= muy bueno).

Para calificar se halla el porcentaje de cada puntaje y se suman estos valores para obtener un porcentaje global sobre 100%.

Tabla 4

Tabla de ponderación del tipo de banda

	COSTOS	PESO	MANTENIMIENTO	FRICCIÓN	TOTAL
Factor de ponderación	20%	20%	25%	35%	100%
BANDA PLANA	5 (20%)	5 (20%)	3 (15%)	4 (28%)	83%
BANDA DE RODILLOS	3 (12%)	3 (12%)	3 (15%)	3 (21%)	60%
BANDA MODULAR	1 (4%)	5 (20%)	4 (20%)	3 (21%)	65%

La banda mejor puntuada por la ponderación es la banda plana con 83%, superior con 23% a la banda de rodillos y 18% a la banda modular, además de que resulta la mejor opción para aplicaciones de baja velocidad.

7.2.1.5 Selección de sistema de transmisión de la banda transportadora

Una vez seleccionada la banda transportadora, se selecciona un sistema de transmisión mediante ponderación. Los tipos de sistema de transmisión a evaluar serán los de polea y banda, y piñón y cadena. Los parámetros para evaluar son: costo, carga, mantenimiento e implementación. Se busca el sistema de transmisión más económico, que soporte una mayor carga, facilidad de mantenimiento e implementación.

Para la polea y banda se define como la opción más económica, no es la opción más adecuada frente a altas cargas, su mantenimiento e implementación resulta relativamente sencillo.

En cuanto al sistema de piñón y cadena no es tan económico como polea y banda. Su aplicación es más adecuada para altas cargas y su mantenimiento e implementación resultan sencillos.

A continuación, se expone la Tabla 5 de ponderación para el sistema de transmisión donde: Se define un valor porcentual a cada característica de los sistemas de transmisión.

Se califica a cada tipo de transmisión con un puntaje de 1 a 5 (siendo 1=muy malo y 5=muy bueno).

Para calificar se halla el porcentaje de cada puntaje y se suman estos valores para obtener un porcentaje global sobre 100%.

Tabla 5

Tabla de ponderación del sistema de transmisión

	COSTOS	PESO	MANTENIMIENTO	FRICCIÓN	TOTAL
Factor de ponderación	20%	20%	30%	30%	100%
POLEA Y BANDA	5 (20%)	2 (8%)	3 (18%)	4 (24%)	70%
PIÑÓN Y CADENA	4 (16%)	4 (16%)	4 (24%)	4 (24%)	80%

Según la ponderación, el sistema de transmisión mejor puntuado es el de piñón y cadena con 80%, superando con 10% al de polea y banda.

7.2.1.6 Selección de cinta para la banda transportadora

Para la selección de la cinta de la banda plana se considera que debe existir una alta fricción entre la cinta y el tablero. Revisando información acerca de los diferentes distribuidores y fabricantes se considera a la empresa Ammeraal Beltech como la mejor opción con la cinta “Ropanol EX 10/2 0+00 black AS FR” (Ammeraal Beltech, 2023). Las características que se buscan en la cinta son el ancho de la cinta y un alto coeficiente de fricción en la parte superior de la cinta. Entonces se presenta una tabla resumen de las características más relevantes de la cinta seleccionada.

Tabla 6

Características físicas de la cinta "Ropanol EX 10/2 0+00 black AS FR"

Característica	Valor	Unidad
Ancho estándar de manufactura	2020	mm
Temperatura de operación	-15 a 80	°C
Coefficiente de fricción parte superior	0,4	-
Coefficiente de fricción parte inferior	0,6 (con recubrimiento de caucho)	-
Color	Negro	-
Material	Tela y poliéster	-

Las aplicaciones recomendadas para esta cinta son en los segmentos de aeropuertos, logística, distribución y almacenamiento.

7.2.2. Diseño de la estación automatizada para el proceso de canteado

La propuesta de diseño de la estación automatizada se desarrolla desde las recomendaciones de trabajo del fabricante de la máquina, se deben cantear los lados paralelos opuestos del tablero, para identificar una trayectoria que debe seguir el tablero entre las máquinas canteadoras. La propuesta consiste en acoplar dos máquinas canteadoras con un sistema de bandas transportadoras y mesas de esferas, así como la incorporación de alimentadores automatizados.

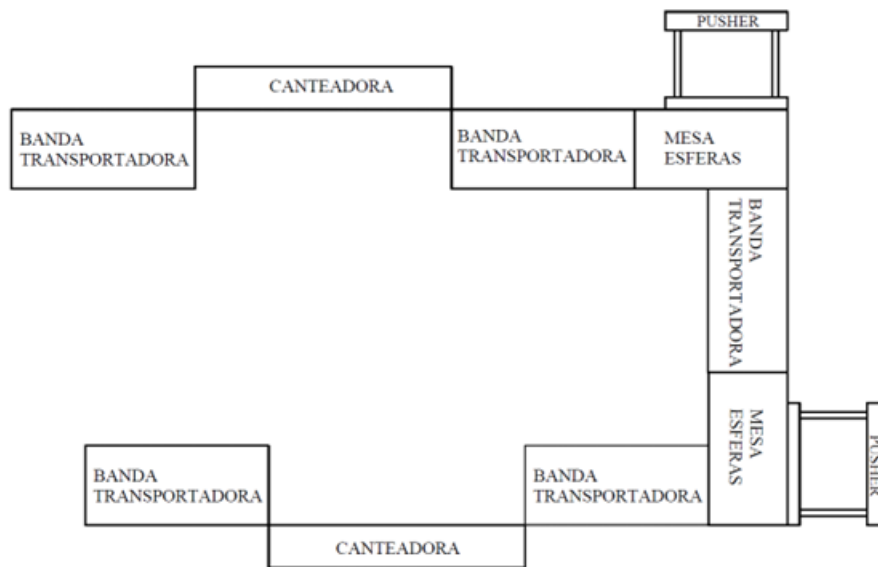
Las bandas transportadoras buscan trasladar los tableros entre maquinas; esto gracias a la implementación de bandas a la entrada y salida de cada canteadora. Las mesas de esferas permiten completar la trayectoria que debe seguir el tablero por la estación. Esto se logra gracias a que estas mesas funcionan de punto final de la línea de producción en un sentido e

inicio de línea en el siguiente sentido. Para asegurarse que el tablero alcance el extremo de la mesa, esta se inclina permitiendo que el tablero avance al extremo por gravedad. Una vez que el tablero alcanza el extremo deseado, la mesa se vuelve a nivelar y un empujador neumático empuja al tablero fuera de la mesa de esferas y hacia la siguiente banda transportadora. Parte de la propuesta consiste en incluir alimentadores automáticos en las bandas transportadoras a la entrada de las máquinas canteadoras. Estos alimentadores reemplazan al operador permitiendo que los tableros ingresen a la máquina de manera perpendicular y completamente asentados sobre el regle de la máquina.

En la Figura 8, se muestra un boceto de la distribución de bandas transportadoras y mesas de esferas en la estación.

Figura 8

Primer Boceto



Nota: Primer boceto para la distribución de la estación automatizada.

Parte de la propuesta para automatizar el proceso es que se realice el canteado de los tableros en 2 ciclos. El primer ciclo se encargará de cantear los dos lados paralelos y opuestos del tablero, asegurando así que durante el ciclo las dimensiones de los tableros a cantear sean homogéneas. El segundo ciclo canteará los lados restantes del tablero y cerrará el canto. En el caso

de que los tableros sean rectangulares se tendrá que reajustar los alimentadores entre los ciclos.

Es importante señalar que la propuesta de diseño se desarrolló en función de una futura implementación en un entorno industrial. A partir de su entorno se supone que el proceso operativo del canteado de tableros se llevara a cabo en lotes de tableros con dimensiones uniformes y con tolerancias en concordancia con lo expuesto anteriormente.

Además, se debe tener en cuenta que la propuesta presentada es solamente el primer acercamiento a la problemática planteada en las empresas tableristas. Se reconoce que existen matices y consideraciones particulares de cada una de las empresas. Dichas consideraciones pueden variar a lo propuesto en este trabajo en el espacio que se cuenta para la implementación, capacidades tecnológicas y diferentes requisitos de producción que los que se presentan. También se asimila que el proyecto es desarrollado junto a la empresa Sumin, que se dedica a venta de servicios e insumos para la industria maderera, significando así que en función de los requisitos de sus clientes se deba evaluar y ajustar lo aquí desarrollado para su implementación.

7.2.2.1 Diseño de la banda transportadora

En la sección anterior ya se definió el tipo de banda transportadora que se desea diseñar. En esta sección se identificarán el resto de las medidas de la banda transportadora, así como el desarrollo de su proceso de diseño.

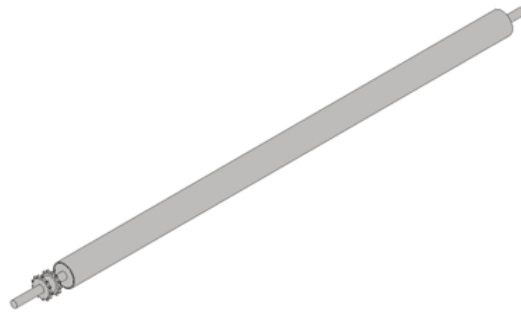
Por motivos de diseño se define el largo de la banda transportadora en 3m y su ancho en 1,5m, con un peso máximo de 108,5 kg, considerando un factor de seguridad de 1,5, el peso máximo resultante es de 163 kg. Asegurando de esta manera que el centro de gravedad del tablero se encuentre siempre dentro de la banda transportadora y el largo de tablero entra en su totalidad en la banda. Para la velocidad tangencial de la banda se definió una velocidad igual o menor a 9m/min para evitar estancamientos entre la banda y máquina.

Por condiciones de diseño de los cilindros para la banda plana, se seleccionó un tubo de 50,8mm de diámetro exterior con un espesor de 3mm para el cilindro principal a uno de los extremos de la banda, este tubo se recubre de una lámina de caucho de 6,35mm de espesor para asegurar una alta fricción entre la cinta y el cilindro principal. Para el resto de los cilindros (3) se seleccionó un tubo de 63,5mm de diámetro exterior y 3mm de espesor. Para el eje interno de los cilindros se seleccionó un eje de acero de transmisión de un diámetro

de 19,05mm. Para unir el eje con el tubo se propone soldar una placa circular de 44,8mm, para el cilindro principal, y 57,5mm, para el resto de los cilindros, de diámetro exterior y un agujero de 19,05mm (DIPAC). Para la transmisión de movimiento de manera adicional se suelda un doble piñón al eje. Esto se puede observar en la Figura 9.

Figura 9

Diseño del Cilindro



Nota: Diseño propuesto para el cilindro de la banda plana, incluye el sistema de transmisión.

Los cilindros se sujetan a la estructura de la banda mediante chumaceras que van empernadas a la estructura. Para el sistema de tensión de la banda se propone un sistema de movimiento lineal con un tornillo trapezoidal que permite el desplazamiento de la chumacera sobre la cual esta sujeta el cilindro de uno de los extremos de la banda, para definir la distancia de desplazamiento del cilindro se siguen las recomendaciones del fabricante, de la cinta, de que la tensión de la cinta debe ser alrededor del 1% de la longitud total de la cinta.

7.2.2.2 Dimensionamiento del motor de la banda transportadora

Parte del diseño de la banda transportadora es el dimensionamiento y selección del motor para generar el movimiento de la banda. Para hallar el par motor necesario de se resuelve la siguiente formula:

$$T_m = F_u * r + F_i * r \quad (1)$$

Donde:

T_m= par motor

Fu= fuerza de tracción efectiva

r= radio de rodillo principal

Fi= fuerza de inercia

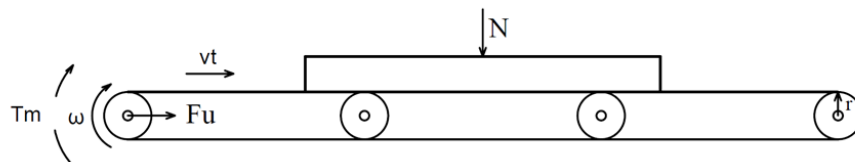
Se ignora la inercia debido a que su valor es muy pequeño dado que la aceleración de la banda no es relevante en el estudio de las fuerzas. Obteniendo así la siguiente formula.

$$Tm = Fu * r \quad (2)$$

Para hallar la fuerza de tracción efectiva se considera el coeficiente de fricción entre la banda y el rodillo principal, así como la suma de todas las masas móviles de la banda transportadora.

Figura 10

Diagrama de cuerpo libre 1



Nota: Diagrama de cuerpo libre para la tracción efectiva de la banda transportadora.

$$Fu = \mu * g(m + mb + mc) \quad (3)$$

Donde:

μ = coeficiente de fricción entre cilindro y banda

m= peso del tablero

mb= peso de la banda

mc= peso de los cilindros

Remplazando en la ecuación 3:

$$Fu = 0,6 * 9,81 \frac{m}{s^2} * (163kg + 22,62kg + 27,411kg)$$

$$Fu = 0,6 * 2089,3N$$

$$Fu = 1253,9N$$

Reemplazando en la ecuación 2

$$Tm = 1253,9N * 0,03175m$$

$$Tm = 39,81Nm$$

Para hallar la potencia del motor se ocupa la siguiente ecuación:

$$P = Tm * w \quad (4)$$

Donde:

w=velocidad angular de rodillo principal

Para obtener w, se despeja de la siguiente ecuación:

$$w = vt/r \quad (5)$$

Donde:

vt= velocidad tangencial de la banda

$$w = \frac{0,15\frac{m}{s}}{m}$$

$$w = 4,724\frac{1}{s}$$

$$P = 39,81Nm * 4,724\frac{1}{s}$$

$$P = 188,19W = 0,188kW$$

Transformando los kW a Hp

$$P = 0,25Hp$$

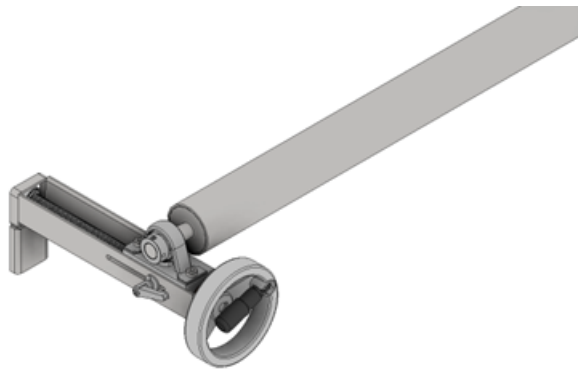
De esta manera se define la potencia del motor necesario para la banda transportadora.

7.2.2.3 Diseño del sistema tensor banda transportadora

Para el correcto funcionamiento de la banda se debe tensar la cinta entre los cilindros. Se propone un sistema de tornillo sin fin, como se puede apreciar en la Figura 11, utilizando un eje de rosca cuadrada, donde una rosca cuadrada es acoplada de cada lado de la pieza carro. Una chumacera esta empernada a la pieza carro, que a su vez sujeta al cilindro y de esta manera es posible el movimiento lineal del cilindro para tensar la cinta. El eje roscado esta sujetado dentro de la estructura mediante rodamientos de cada lado, el movimiento se logra gracias a una rueda de mano y se ajusta mediante una palanca de sujeción para detener el movimiento rotativo de los rodamientos. El rango de movimiento lineal permitido es de 92mm representando un 3,17% de la longitud total de la cinta (2 900mm), considerandose así adecuado.

Figura 11

Diseño del sistema tensor



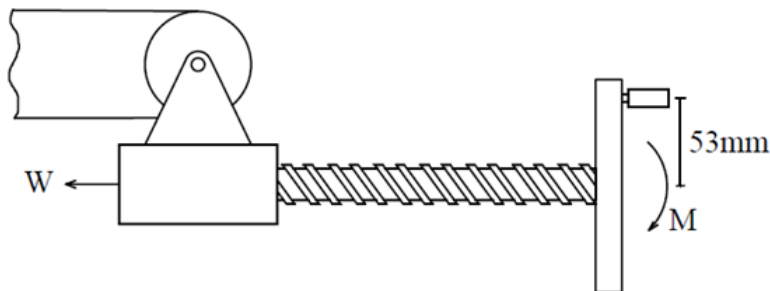
Nota: Diseño propuesto para tensar la cinta de la banda transportadora.

Tabla 7*Características del tornillo de rosca cuadrada*

Característica	Valor	Unidad
Diámetro	12,7	mm
Diámetro medio	11,43	mm
Paso	2,54	mm
Longitud	304,8	mm
Coefficiente de fricción	0,2	-

Nota: En la tabla se definen las características más importantes del tornillo de rosca cuadrada

Para comprobar que los elementos propuestos soporten la carga de tensión, se hallará el momento tensor y la fuerza necesaria para aplicarlo en el mecanismo. No se considerará tensiones de tornillo autobloqueante porque la palanca de sujeción mantendrá el mecanismo en su sitio. El momento tensor se hallará mediante las siguientes ecuaciones:

Figura 12*Diagrama de cuerpo libre 2*

Nota: Diagrama de cuerpo libre para hallar el momento tensor.

$$M = r * W * \tan(\phi_s + \theta) \quad (6)$$

$$\phi_s = \tan^{-1}(\mu_s) \quad (7)$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{l}{2\pi r}\right) \quad (8)$$

Donde:

W=fuerza de tracción efectiva

r=radio medio del tornillo

l=paso del tornillo

μ_s =fricción entre el tornillo y la tuerca

Para hallar el momento tensor se reemplazan los valores en las ecuaciones 7 y 8, y se obtienen los siguientes resultado:

$$\phi_s = \tan^{-1}(0,2)$$

$$\phi_s = 11,31^\circ$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{2,54mm}{2\pi * 5,715mm}\right)$$

$$\theta = 4,046^\circ$$

Considerando la fuerza de tracción efectiva la misma que se obtuvo del paso anterior pero dado que se está realizando el análisis de tensión en uno de los dos tensores de la banda, se la dividirá para 2. Reemplazando valores en la ecuación 6, se resuelve:

$$M = 5,715mm * 626,95N * \tan(11,31^\circ + 4,046^\circ)$$

$$M = 983,968N * mm$$

$$M = 0,983N * m$$

Para hallar la fuerza requerida para tensar la máquina, se utilizará la siguiente ecuación:

$$F = \frac{M}{d} \quad (9)$$

Donde:

F=fuerza de tensión

M=momento tensor

d=distancia

Resolviendo al ecuación 9:

$$F = \frac{983,968N * mm}{53mm}$$
$$F = 18,565N$$

Conociendo que la fuerza promedio que puede ejercer un adulto con su mano es de 270N (Lázaro, Lázaro, Losantos, y Bayo, 2008). Se puede concluir que la fuerza esta dentro de los rangos aceptables de fuerza de un adulto, por ende el dimensionamiento del tornillo de rosca cuadrada también es aceptable.

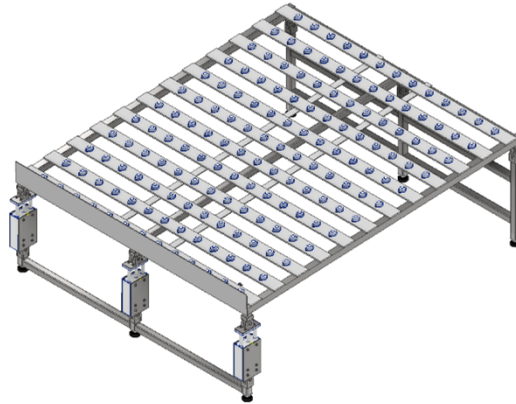
7.2.2.4 Diseño de mesa de esferas

Parte de la propuesta del diseño de la estación automatizada en el diseño de una mesa de esferas que funcione como fin de línea e inicio de línea en otro sentido; esto se logra mediante un sistema de inclinación que permite que el tablero alcance los extremos de la mesa mediante gravedad.

Según las tendencias del mercado se emplearon esferas de acero al carbono situadas en una platina a 150mm entre sí. A su vez estas platinas están soldadas a la estructura superior de la mesa de esferas a una distancia de 200mm. Las dimensiones generales de la mesa de esfera son: largo de 2,5m y 2,1m de ancho, se definieron estas dimensiones teniendo en cuenta las dimensiones máximas del tablero a cantear, para así evitar voladizos del tablero y asegurarse que este se encuentra siempre dentro de la mesa. En la Figura 13, se muestra el diseño de la mesa de esfera.

Figura 13

Diseño de la mesa de esferas



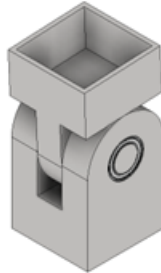
Nota: Diseño propuesto para la mesa de esferas.

Para el sistema de inclinación de la mesa se diseñó un sistema neumático en conjunto con juntas rotativas para lograr la inclinación de la mesa. Para el componente neumático se emplearon 3 pistones de alta carga con una carrera de 200mm y se siguieron las recomendaciones del fabricante para la selección del pistón; esta carrera representa una inclinación de $4,57^\circ$ de la mesa. Para la cual se consideró el peso máximo del tablero (163kg) y el peso de la parte superior de la mesa (116kg).

Con el fin de permitir la inclinación se diseñaron juntas rotativas para permitir un movimiento con dos grados de libertad de la parte superior de la mesa frente a las patas de esta. A continuación, en la Figura 14 se muestra la junta rotativa diseñada. Dependiendo de los diferentes componentes unidos a la junta rotativa, este se modificó parcialmente, como la sujeción entre los pistones y estructura de la mesa.

Figura 14

Diseño de la junta rotativa



Nota: Diseño propuesto para la junta rotativa de la mesa de esferas.

Adicionalmente se colocó una platina en el extremo al que debe llegar el tablero para detenerlo y así asegurar que siempre se mantendrá dentro de la mesa.

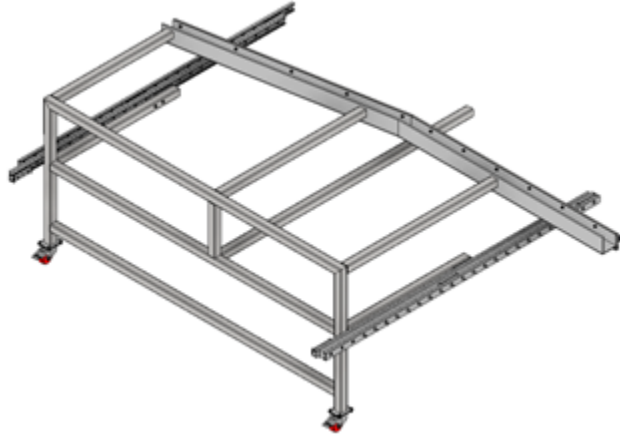
7.2.2.5 Diseño del alimentador

En esta sección se desarrollará el diseño del alimentador, el objetivo de este componente es automatizar la alimentación del tablero a la máquina canteadora, alinear el tablero al regle de la máquina, así como definir un sistema que permita la adaptabilidad a diferentes tamaños de tablero.

El alimentador se incluirá a la banda a la entrada de la máquina canteadora y se propone un sistema de sujeción y regulación mediante rieles. Estos rieles unen la banda al alimentador y a la vez permiten que este se desplace de 400 a 2100 mm del regle de la máquina. El alimentador se deberá ajustar de manera manual al iniciar el proceso de canteado, en función del tamaño de tablero a cantear y se mantendrá hasta cumplir el primer ciclo de canteado. Dependiendo de la geometría del tablero se deberá ajustar el alimentador antes de empezar con el segundo ciclo. A continuación, se presenta en la Figura 15, la propuesta de alimentador.

Figura 15

Diseño del Alimentador



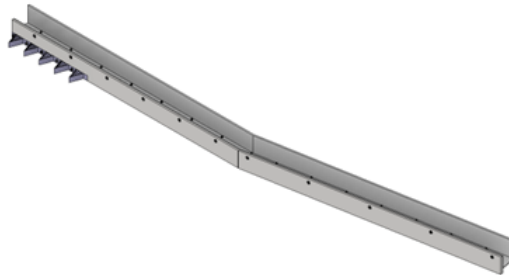
Nota: Diseño propuesto para el alimentador, esto va unido a una banda y se encuentra a la entrada de la máquina canteadora.

Para facilitar el movimiento del alimentador a su posición se han incluido ruedas de goma que permitan el deslizamiento de toda la estructura; esto con el objetivo de mantener siempre el alimentador alineado. Estas ruedas de goma también serán las encargadas de posicionar el alimentador de manera fija, gracias a los frenos integrados a estas.

La parte superior del alimentador tiene como base una estructura sostén, la cual se puede observar en la Figura 20, esta estructura sujeta dos platinas rectificadas; una hilera de esferas (como las utilizadas en la mesa de esferas); y sistema de empuje.

Figura 16

Diseño del alineador del alimentador



Nota: Diseño propuesto para el alineador del alimentador, es la pieza encargada de alinear el tablero antes de entrar a la máquina canteadora.

Las platinas rectificadas permiten que los tableros se desplacen por esta sin generar fricción mientras son alineadas al regle de máquina. La hilera de esferas genera un punto de apoyo adicional cuando el alimentar este situado sobre la banda transportadora. El sistema de empuje es el encargado de alinear el tablero al regle de la cantadora, considerando las tolerancias del tablero. Este sistema de empuje se desarrolló de manera experimental considerando las tolerancias del tablero.

Considerando que, si bien la propuesta de diseño busca automatizar el proceso de canteado de tableros, este trabajo constituye un primer acercamiento a la problemática. La propuesta de solución presentada no reemplaza en su totalidad al operador y depende de un trabajo en lotes durante el canteado.

7.2.2.6 Diseño del empujador neumático

El empujador neumático es una parte fundamental para completar la trayectoria del tablero alrededor de la estación automatizada. El reto de este paso es la adquisición de un pistón con una carrera suficiente para empujar el tablero fuera de la mesa de esferas. La propuesta de diseño del empujador neumático consiste en diseñar una estructura que sujete dos pistones neumáticos a 1 500mm de distancia el uno del otro, unidos por una platina en el extremo de sus vástagos. Estos pistones funcionan de manera conjunta y gracias a esta platina se empuja al tablero fuera de la mesa de esferas hacia la siguiente banda transportadora.

7.2.2.7 Propuesta de automatización del proceso

Como parte del diseño de la estación automatizada para el canteado de tableros, se considera la propuesta de automatizar del proceso. Para esta automatización se propone el uso de un controlador industrial, sensores y actuadores. Estos elementos en conjunto con los diferentes actuadores serán los encargados de guiar y controlar el movimiento de los tableros a lo largo de la estación.

En esta línea, la automatización permitirá poner en marcha las bandas transportadoras, que en conjunto a un controlador alcancen la velocidad requerida para el flujo correcto de tableros por la estación. Además, como fin e inicio de línea se encuentran las mesas de esferas, el control de estas mesas radica en activar los actuadores neumáticos que permiten que la mesa se incline permitiendo que el tablero llegue al extremo mediante gravedad. Una vez que el tablero ha llegado al extremo es sensado y se vuelve a activar los actuadores neumáticos de la mesa para que esta se nivele. Una vez que la mesa está nivelada el actuador del empujador se activa y empuja el tablero, el empujador llega a su punto máximo de extensión y regresa, para finalizar la secuencia la mesa se vuelve a inclinar. Para lograr que la secuencia se complete se propone utilizar sensores fin carrera para los pistones y sensores capacitivos para identificar que el tablero está posicionado al extremo de la mesa. A continuación, se presentarán los elementos de automatizados seleccionados y el desarrollo de la programación del controlador.

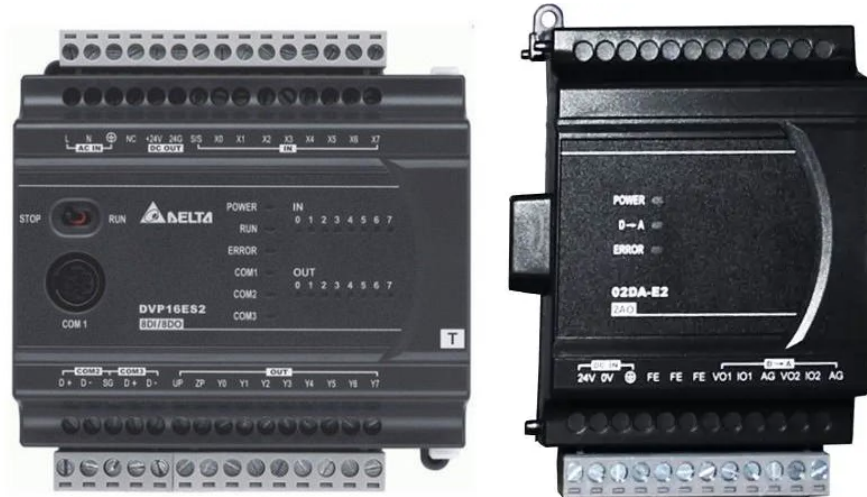
7.2.2.8 Selección de los componentes de automatización

En esta sección se enlistarán los componentes que formarán parte de la automatización de la estación. Se identificaron controladores, sensores y actuadores.

El controlador principal del sistema de automatización es un PLC, se seleccionó este controlador en concordancia con las tendencias en la industria y la facilidad de programación. El PLC que se seleccionó es el modelo: "DVP-ES2 Series Standard", también se seleccionó el módulo de extensión: "DVP-ES2 /EX2 Series Digital /Analog/Special Module (24VDC)", ambos de la marca Delta (Delta, 2023). A continuación, en la Figura 17 se puede observar estos componentes.

Figura 17

PLC y módulo de extensión

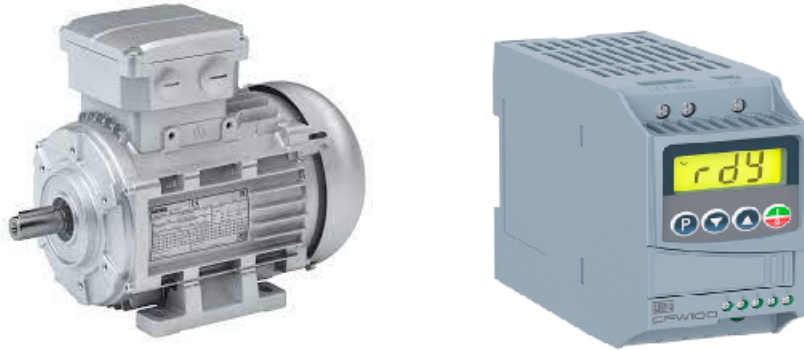


Nota: "PLC DVP-ES2 Series Standard" y módulo "DVP-ES2 /EX2 Series Digital /Analog/Special Module (24VDC)" de la marca Delta (Delta, 2023).

Además del PLC se necesita un controlador que permita controlar la velocidad de las bandas transportadoras. En la sección 6.2.2.2 se definió la potencia del motor para la banda transportadora, en función de esto se seleccionó el motor: "m550-H 63/S4" de la marca Lenze con una potencia de 0,25 Hp (Lenze, 2024). Para alcanzar las velocidades adecuadas en la banda transportadora, se propone el variador de frecuencia: "CFW100 G2" de la marca Weg, se seleccionó este variador de frecuencia en concordancia con el motor (WEG, 2024). En la Figura 21 se puede apreciar el motor y variador de frecuencia.

Figura 18

Motor y variador de frecuencia



Nota: Motor "m550-H 63/S4" de 0,25 Hp de la marca Lenze y variador de frecuencia "CFW100 G2" (Lenze, 2024; WEG, 2024) .

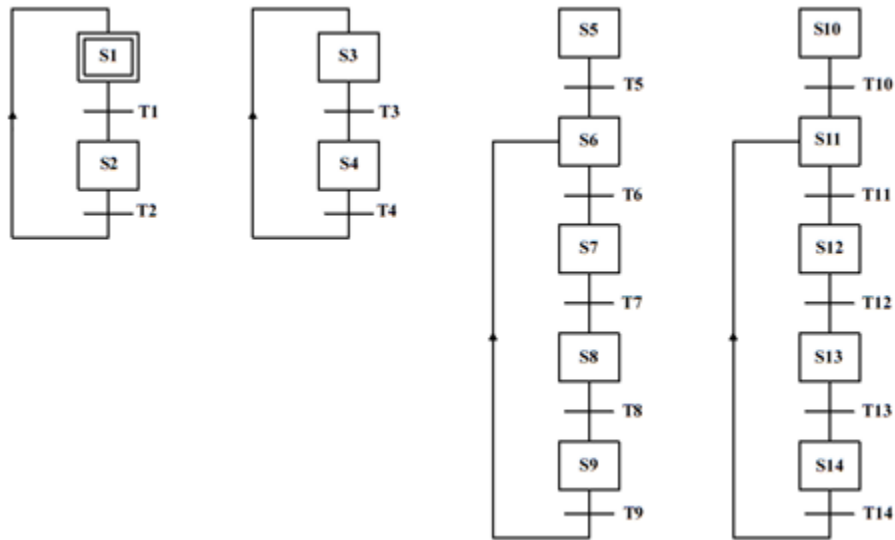
Parte de los actuadores necesarios son pistones, por cada mesa de esferas se proponen pistones de alta carga y biestables para la inclinación, una de las opciones en el mercado son los pistones: "DFM-63-200-P-A-GF" de la marca Festo (Festo, 2023). Para el empujador se propone utilizar pistones de la marca Nelco con carrera personalizable. Para estos actuadores se propone la integración de fines de carrera. Además de los fines de carrera se propone la integración de un sensor capacitivo en el extremo de la mesa de esferas para identificar cuando el tablero ha llegado al extremo. El sensor seleccionado es el modelo: "CM12-08EBP-KC1" de la marca Sick (Sick, 2023).

7.2.2.9 Programación del controlador

Ya que se han definido los componentes para la automatización de la estación es posible continuar con la programación del PLC, para este paso se propone el uso del lenguaje de programación Grafset. A continuación, se presenta un boceto de la programación en la Figura 19.

Figura 19

Esquema Grafcet del programa propuesto



Nota: Esquema lineal en Grafcet, las cadenas se numeran de izquierda a derecha.

La primera cadena es la secuencia de seguridad, la segunda cadena es la que manda el movimiento de las bandas transportadoras y las cadenas 3 y 4 son de la mesa de esferas 1 y 2 respectivamente. A continuación, se presenta en la Tabla 8 las acciones de cada paso y las condiciones de transición entre etapas.

Tabla 8

Lista de etapas y transiciones

S1	Reset todos los motores Reset todos los pistones Desactivar todas las etapas Set piloto rojo	T1	Pulsante de emergencia liberado
S2	Set piloto amarillo Activar las etapas S3, S5, S10	T2	Pulsante de emergencia presionado
S3	Reset todos los motores	T3	Pulsante verde presionado

Reset piloto verde			
S4	Set todos los motores Set piloto verde	T4	Pulsante rojo presionado
S5-S10	Set pistón mesa contraído Set pistón empujador contraído	T5-T10	Sensor capacitivo activo y etapa 4 activa
S6-S11	Reset pistón mesa contraído Set pistón mesa extendido	T6-T11	Fin de carrera mesa e. max
S7-S12	Set pistón empujador extendido	T7-T12	Fin de carrera empujador e. max
S8-S13	Set pistón empujador contraído Reset pistón empujador extendido	T8-T13	Fin de carrera empujador e. min
S9-S14	Set pistón mesa extendido	T9-T14	Sensor capacitivo activo y etapa 4 activa

Este código tiene como etapa inicial la etapa S1 donde empieza todo el proceso y sirve de etapa para generar el paro de emergencia de la estación. En esta etapa se detienen todas las demás etapas activas y se indica a todos los actuadores que se detengan. Además, existe una señal luminosa que indica que la estación se encuentra en modo de emergencia. Para generar la transición de esta etapa se debe liberar el botón de emergencia y en la etapa S2 se activan las etapas S3, S5 y S10. Estas etapas representan el inicio de la cadena de control de las bandas transportadoras, conjunto de mesa de esferas y empujador neumático 1 y 2, respectivamente. También se prende un piloto led amarillo que indica que la estación esta alimentada y lista para empezar a trabajar. El piloto de alimentación debe estar encendido todo el tiempo, de lo contrario indica que hay un problema en la alimentación eléctrica de la estación. Esta primera cadena de emergencia regresa a la etapa S1 cuando se presiona el botón de emergencia. Esta secuencia asegura que en cualquier momento del proceso que se presione el botón de emergencia los actuadores de detendrán.

La cadena de control de la banda empieza en el paso S3 que solo se activa cuando el botón de emergencia se encuentra levantado. En la primera etapa se establece que todos los motores y el piloto verde están desactivados. La transición entre etapas es el activar el pulsante verde de marcha. En el siguiente paso, S4, se activan los motores, el piloto verde y una marca de memoria. Dado a que las bandas transportadoras funcionan de manera continua durante todo el proceso de canteado estas solo se detendrán al generar la transición T4 que se genera al

presionar el botón de paro y la cadena regresa para a la etapa S3.

El control de la mesa de esferas y empujador neumático se genera dentro de la misma cadena, debido a que estos dos componentes trabajan en conjunto. Para la propuesta de la estación de trabajo se proponen dos grupos mesa esferas-empujador y la programación de la cadena 3 y 4 es la misma solo cambian las variables. La cadena empieza en la etapa S5 donde se contrae tanto el pistón que permite la inclinación de la mesa como del pistón del empujador. La condición de la transición es que el sensor capacitivo y la marca de memoria este activa (T5). La marca de memoria solo se activa al presionar el pulsante verde en la cadena anterior. En el paso S6 la mesa se nivela hasta llegar al fin carrera (T6) que identifica la extensión máxima del pistón de la mesa. En el paso S7 el empujador se despliega hasta llegar a su extensión máxima, donde la transición se genera al llegar al fin carrera, dando paso a la etapa S8. En esta etapa se recoge el pistón del empujador y al llegar a su fin carrera de extensión mínima se genera la transición a la siguiente etapa. En la etapa S9 se retrae nuevamente el pistón de la mesa de esferas. La transición T9 es igual a la T5 y cierra el lazo dando paso nuevamente a la etapa S6. Cuando se presiona el botón de paro se completa la secuencia y todos los pistones terminan retraídos. A continuación, se presentan las conexiones del PLC, en la Figura 20.

Figura 20

Conexiones PLC

MARCHA	I0.0	Q0.0	MOTOR 1 (+)
PARO	I0.1	Q0.1	MOTOR 2 (+)
EMERGENCIA	I0.2	Q0.2	MOTOR 3 (+)
sensor 1	I0.3	Q0.3	MOTOR 4 (+)
sensor 2	I0.4	Q0.4	MOTOR 5 (+)
MESA1 (Front Limit)	I0.5	Q0.5	MOTOR 1 (-)
MESA 1 (Back Limit)	I0.6	Q0.6	MOTOR 2 (-)
MESA 2 (Front Limit)	I0.7	Q0.7	MOTOR 3 (-)
MESA 2 (Back Limit)	I1.0	Q1.0	MOTOR 4 (-)
Pusher 1 (Front Limit)	I1.1	Q1.1	MOTOR 5 (-)
Pusher 1 (Back Limit)	I1.2	Q1.2	MESA 1 (+)
Pusher 2 (Front Limit)	I1.3	Q1.3	MESA 2 (+)
Pusher 2 (Back Limit)	I1.4	Q1.4	MESA 1 (-)
	I1.5	Q1.5	MESA 2 (-)
	I1.6	Q1.6	Pusher 1 (+)
	I1.7	Q1.7	Pusher 2 (+)
		Q2.0	Pusher 1 (-)
		Q2.1	Pusher 2 (-)
		Q2.2	ALIMENTACION
		Q2.3	MARCHA
		Q2.4	EMERGENCIA
		Q2.5	
		Q2.6	
		Q2.7	

Nota: Conexiones de las entradas y salidas del PLC.

Para la programación se consideró que se necesitan dos salidas digitales para cada variador de frecuencia, una de ellas para la marcha y la otro para el paro. El variador de frecuencia se deberá programar de manera previa para que mantenga la velocidad angular de 4, 724 rad/s. Para los pistones neumáticos recordando que estos son de doble efecto se necesita una salida para estirarlos y otra para contraerlos, esto mediante una electroválvula 5/2. Como primer paso de la programación del PLC, se identificaron las variables y definieron las variables en concordancia con sus salidas y entradas, en la Figura 21 se pueden ver estas variables.

Figura 21

Definición de variables

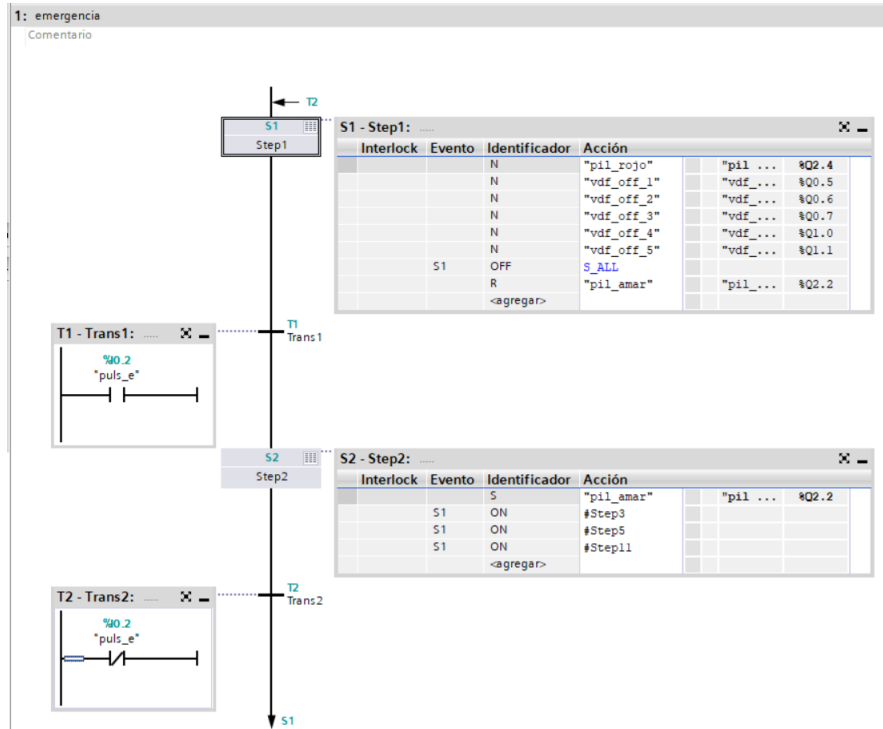
Variables PLC								
	Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...
1	puls_v	Standard-Variablen...	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	puls_r	Standard-Variablen...	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	puls_e	Standard-Variablen...	Bool	%I0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	sen_1	Standard-Variablen...	Bool	%I0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	sen_2	Standard-Variablen...	Bool	%I0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	vdf_on_1	Standard-Variablen...	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	vdf_on_2	Standard-Variablen...	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	vdf_on_3	Standard-Variablen...	Bool	%Q0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	vdf_on_4	Standard-Variablen...	Bool	%Q0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10	vdf_on_5	Standard-Variablen...	Bool	%Q0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11	vdf_off_1	Standard-Variablen...	Bool	%Q0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
12	vdf_off_2	Standard-Variablen...	Bool	%Q0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
13	vdf_off_3	Standard-Variablen...	Bool	%Q0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
14	vdf_off_4	Standard-Variablen...	Bool	%Q1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
15	vdf_off_5	Standard-Variablen...	Bool	%Q1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
16	pist_mesa_on_1	Standard-Variablen...	Bool	%Q1.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
17	pist_mesa_on_2	Standard-Variablen...	Bool	%Q1.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
18	pist_mesa_off_1	Standard-Variablen...	Bool	%Q1.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
19	pist_mesa_off_2	Standard-Variablen...	Bool	%Q1.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
20	pil_amar	Standard-Variablen...	Bool	%Q2.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
21	pil_verde	Standard-Variablen...	Bool	%Q2.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
22	pil_rojo	Standard-Variablen...	Bool	%Q2.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
23	pist_pusher_on_1	Standard-Variablen...	Bool	%Q1.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
24	pist_pusher_on_2	Standard-Variablen...	Bool	%Q1.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
25	pist_pusher_off_1	Standard-Variablen...	Bool	%Q2.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
26	pist_pusher_off_2	Standard-Variablen...	Bool	%Q2.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
27	finc_mesa_up_1	Standard-Variablen...	Bool	%I0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
28	finc_mesa_down_1	Standard-Variablen...	Bool	%I0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
29	finc_mesa_up_2	Standard-Variablen...	Bool	%I0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
30	finc_mesa_down_2	Standard-Variablen...	Bool	%I1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
31	finc_pusher_up_1	Standard-Variablen...	Bool	%I1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
32	finc_pusher_down_1	Standard-Variablen...	Bool	%I1.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
33	finc_pusher_up_2	Standard-Variablen...	Bool	%I1.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
34	finc_pusher_down_2	Standard-Variablen...	Bool	%I1.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
35	m1	Standard-Variablen...	Bool	%M0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Nota: Tabla de definición de variables para la programación del PLC.

Una vez definidas las variables y con el esquema que se desea seguir se programa el PLC, este código se puede ver en las Figuras 22 a la 25. Durante la programación se hizo uso de las instrucciones N (activar mientras la etapa esta activa),S (poner a 1), R (poner a 1), marcas, y eventos de activación y desactivación de etapas.

Figura 22

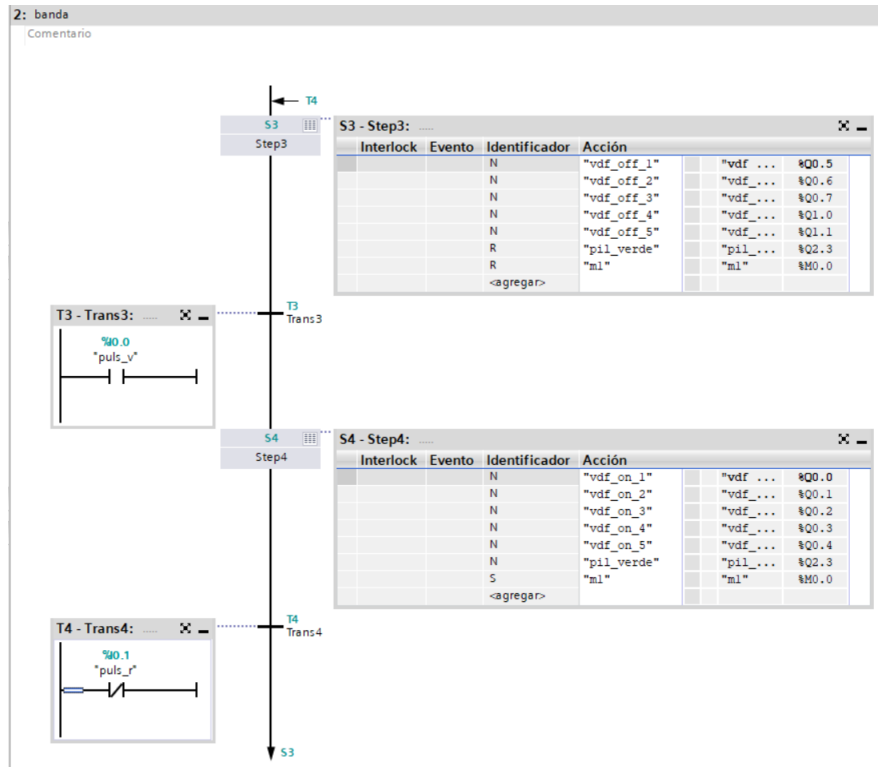
Programación de la cadena 1



Nota: Programación de la cadena 1 correspondiente a la secuencia lineal de emergencia.

Figura 23

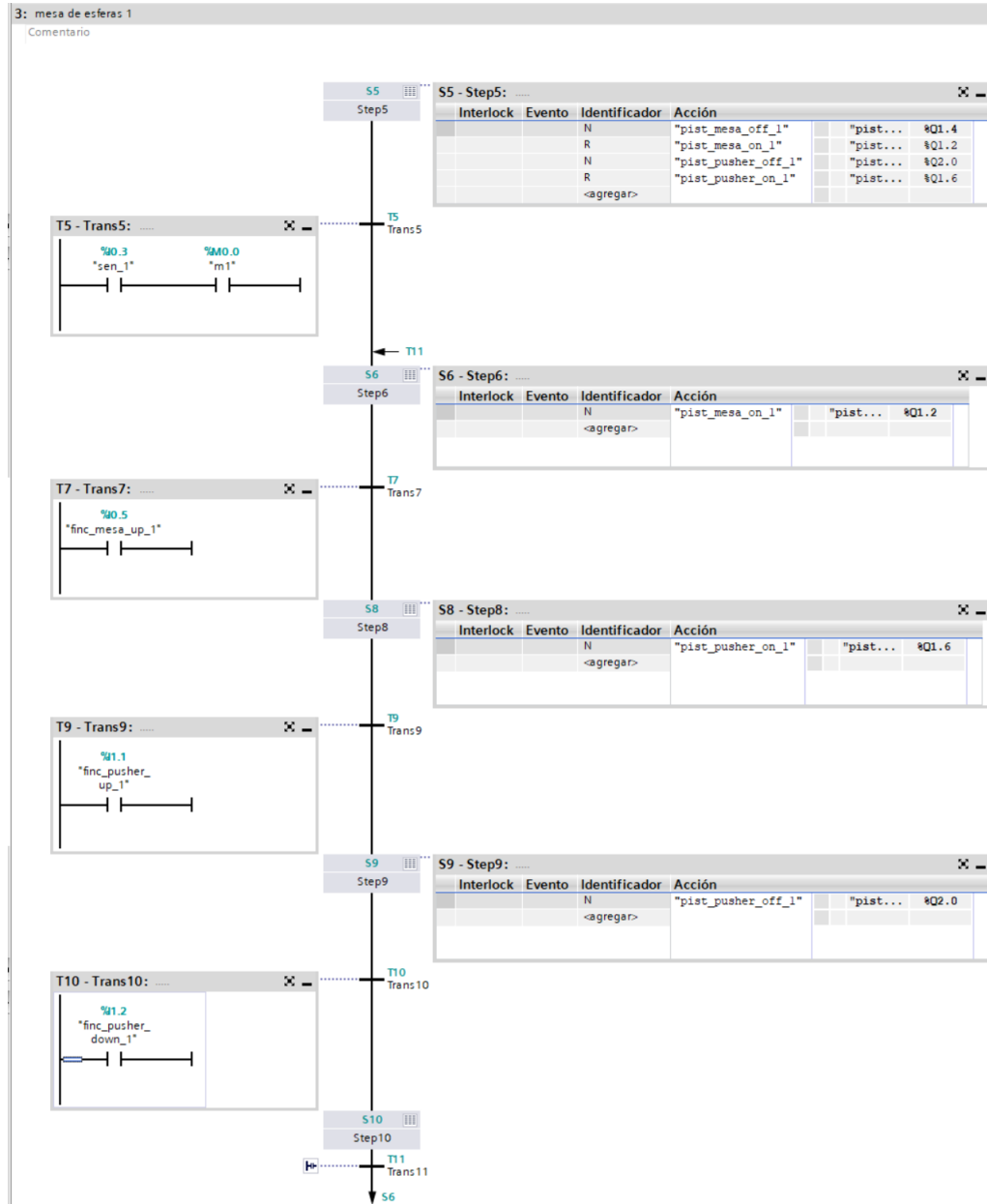
Programación de la cadena 2



Nota: Programación de la cadena 2 correspondiente a la secuencia lineal de marcha y paro de la banda.

Figura 24

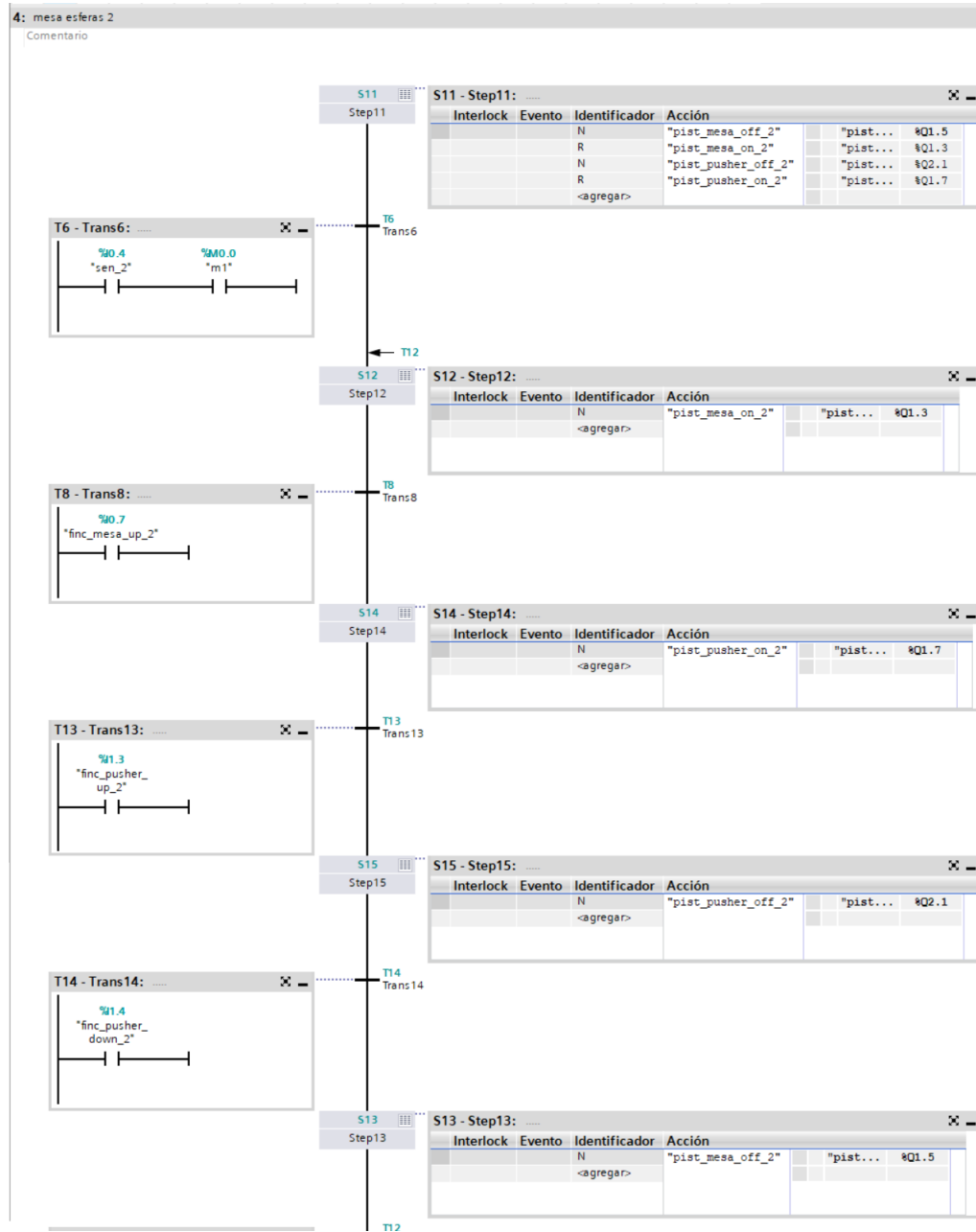
Programación de la cadena 3



Nota: Programación de la cadena 3 correspondiente a la secuencia lineal de la mesa de esferas 1 y empujador 1.

Figura 25

Programación de la cadena 4



Nota: Programación de la cadena 4 correspondiente a la secuencia lineal de la mesa de esferas 2 y empujador 2.

7.2.3. Análisis de costos de la estación automatizada para el proceso de canteado

En esta sección se explorará el análisis de costos de la implementación del diseño de la estación automatizada para el canteado de tableros. de manera general se dividieron los componentes en aquellos manufacturados y comprados. Para la manufactura de elementos se considera la plantilla de costos unitarios. Esta plantilla toma en consideración la materia prima, insumos, costo del trabajo, mano de obra y transporte para cada una de las piezas. Además de esto se le suma un valor del 20% que representa elementos de sujeción, cable, terminales e insumos varios que sean requeridos en el proceso de manufactura. Para facilitar el análisis de costos se dividió la estación en subconjuntos: banda, alimentador, mesa de esferas, pusher y gabinete. Además del costo de las piezas manufacturadas, también se realizó el costo de aquellos elementos que se deben comprar. Resultando así que por cada subconjunto existan dos tablas, elementos manufacturados y comprados.

7.2.3.1 Subconjunto Banda

Para el subconjunto banda se obtuvo la Tabla 9 para los costos de manufactura.

Tabla 9

Detalle de Costos de la Banda (Manufactura)

Elemento	Costo
Banda:	
Anillo del rodillo (8 unidades)	\$17,55
Rodillo (4 unidades)	\$40,60
Eje del rodillo (4 unidades)	\$52,80
Carro (2 unidades)	\$100,80
Estructura de la banda	\$113,26
Cubierta fina	\$17,88
Cubierta motor	\$31,19
Cubierta ancha	\$20,60
Costo total banda	\$394,68

Y la Tabla 10 para los elementos comprados.

Tabla 10*Detalle de Costos de la Banda (Compra)*

Elemento	Costo
Banda:	
Tapon de la pata (6 unidades)	\$30,00
Rodamiento (4 unidades)	\$8,00
Motor	\$117,00
Pata (6 unidades)	\$30,00
Catalina (5 unidades)	\$95,55
Tornillo trapezoidal (2 unidades)	\$4,00
Chumacera (8 unidades)	\$80,00
Manija de ajuste (2 unidades)	\$6,00
Volante de mano (2 unidades)	\$10,00
Cadena	\$82,00
Tuerca trapezoidal (4 unidades)	\$8,00
Costo total bandas	\$470,55

7.2.3.2 Subconjunto Alimentador

Para el alimentador se tienen los siguientes valores en la Figura 11 para la manufactura.

Tabla 11*Detalle de Costos del Alimentador (Manufactura)*

Elemento	Costo unitario
Alimentador:	
Platina para la riel (2 unidades)	\$58,52
Estructura del alimentador	\$81,85
Base del alimentador	\$84,86
Pared de ruedas	\$39,92
Platina rectificadora 1	\$206,45
Platina rectificadora 2	\$202,91
Triángulos de empuje	\$10,80
Costo total alimentador	\$685,31

Los valores de los elementos comprados para el subconjunto alimentador se encuentran en la Tabla 12. Este subconjunto es el que representa el mayor costo de manufactura de todo el proyecto.

Tabla 12

Detalle de Costos del Alimentador (Compra)

Elemento	Costo unitario
Alimentador:	
Riel (4 unidades)	\$300
Rueda (2 unidades)	\$10
Carro (8 unidades)	\$600
Costo total alimentadores	\$910

7.2.3.3 Subconjunto Mesa de Esferas

Para el conjunto correspondiente a mesa de esfera se obtuvieron los costos mostrados en la Figura 13.

Tabla 13

Detalle de Costos de la Mesa de Esferas (Manufactura)

Elemento	Costo unitario
Mesa de esferas:	
Soporte interno (2 unidades)	\$18,21
Platina para las esferas (12 unidades)	\$197,33
Ángulo de soporte lateral (2 unidades)	\$35,33
Soporte para el sensor	\$3,83
Junta rotatoria inferior (6 unidades)	\$150,56
Junta rotatoria superior (6 unidades)	\$150,56
Pivote (9 unidades)	\$9,19
Camisa del pistón (3 unidades)	\$47,17
Junta rotatoria del pistón (3 unidades)	\$29,44

Continúa en la siguiente página

Elemento	Costo unitario
Camisa del pistón II (3 unidades)	\$45,50
Estructura superior de la mesa de esferas	\$68,96
Estructura patas cortas	\$14,90
Estructura patas largas	\$31,82
Tope	\$23,37
Costo total Mesas	\$826,17

Los costos de los elementos a adquirir para el subconjunto mesa de esfera, se muestran en la Tabla 14. Estos valores son los más altos de cualquier de los subconjuntos para los elementos a comprar.

Tabla 14

Detalle de Costos de la Mesa de Esferas (Compra)

Elemento	Costo unitario
Banda:	
Sensor capacitivo	\$168,00
Pata (6 u)	\$5,00
Esfera (156 u)	\$452,40
Piston (3u)	\$2173,14
Costo total Mesa	\$2798,54

7.2.3.4 Subconjunto Empujador

Dada la simplicidad de la estructura del empujador neumático, su costo de manufactura es el menor de todos los subconjuntos. Esta tabla se puede ver a continuación, en la Tabla 15.

Tabla 15

Detalle de Costos del Empujador (Manufactura)

Elemento	Costo unitario
Pusher	

Tabla 15: continúa de la página anterior

Elemento	Costo unitario
Estructura pusher	\$82,22
Platina pusher	\$6,42
Sostenedor piston I	\$18,18
Sostenedor piston II	\$25,00
Costo total Empujador	\$131,82

El valor más considerable en el costo del subconjunto Empujador es la adquisición de los pistones neumáticos, esto debido a la carrera tan excesiva de los pistones. El resumen de costos se puede ver en la Tabla 16.

Tabla 16

Detalle de Costos del Empujador (Compra)

Elemento	Costo unitario
Piston (2)	\$2400,00
Costo total Empujador	\$2400,00

7.2.3.5 Subconjunto Gabinete

El subconjunto gabinete comprende todos los elementos eléctricos. Todos los elementos en este subconjunto se deben adquirir, en la Tabla 17 se muestran los costos de estos elementos.

Tabla 17

Detalle de Costos del Gabinete

Elemento	Cantidad	Costo unitario
Gabinete		
Pulsante e	1	\$10,00
Pulsante nc	1	\$10,00
Pulsante na	1	\$10,00

Continúa en la siguiente página

Elemento	Cantidad	Costo unitario
Pilotos	3	\$11,26
Plc	1	\$260,00
Variador de frecuencia	1	\$206,35
Gabinete eléctrico	1	\$60,00
Relé térmico	1	\$14,68
Fusibles	3	\$4,93
Breaker	1	\$6,64
Selector	1	\$8,60
Módulo de extensión	1	\$79,88
Costo total gabinete		\$682,34

8. Resultados

En este capítulo se presentarán los resultados obtenidos en el desarrollo del diseño de una estación automatizada, se presentarán los parámetros establecidos, el diseño y análisis de costo de implementación de la estación automatizada para el canteado de tableros.

8.1. Parámetros establecidos para el diseño de la estación automatizada para el canteado de tableros

A partir de los parámetros definidos en la sección 7.2.1, se puede definir las propiedades del tablero a enchapar, considerando que la estación debe ser óptima para diferentes tipos y medidas de tablero. De igual manera se definieron las características de la estación, en cuanto a alimentación, dimensiones, y particularidades de sus subconjuntos. Algunas de las particularidad que se definieron fueran: la implementación de bandas planas con un sistema de transmisión de movimiento de piñón- cadena. Además, se definió el uso de la cinta "Ropanol EX 10/2 0+00 black AS FR".

8.2. Diseño de la estación automatizada para el canteado de tableros

Se logró modelar diseñar una estación automatizada, donde se muestran sus características generales a continuación

Tabla 18*Características de la Estación*

Característica	Valor	Unidad
Largo	15	m
Ancho	9,9	m
Alimentación Eléctrica	Trifásica	-
Interfaz con el usuario	Botonera	-
Canteadora acoplada	"PRO 12"	-
	CEHISA	

Para la banda se obtienen los siguientes datos después de su diseño.

Tabla 19*Características de la Banda*

Característica	Valor	Unidad
Largo	3000	mm
Ancho	1500	mm
Alto	892	mm
Tipo de banda	Banda plana	-
Cinta	Ropanol EX 10/2 0+00 black AS FR	-

Para la banda y alimentador se obtiene la siguiente tabla:

Tabla 20*Características del Alimentador*

Característica	Valor	Unidad
Largo	3350	mm
Ancho mínimo	1550	mm
Ancho máximo	3300	mm
Alto	1025	mm

Para la mesa de esferas se obtuvo la siguiente tabla:

Tabla 21

Características de la Mesa de Esferas

Característica	Valor	Unidad
Largo	3350	mm
Ancho mínimo	1550	mm
Ancho máximo	3300	mm
Alto	1025	mm

Finalmente, para el empujador neumático se obtiene la siguiente tabla:

Tabla 22

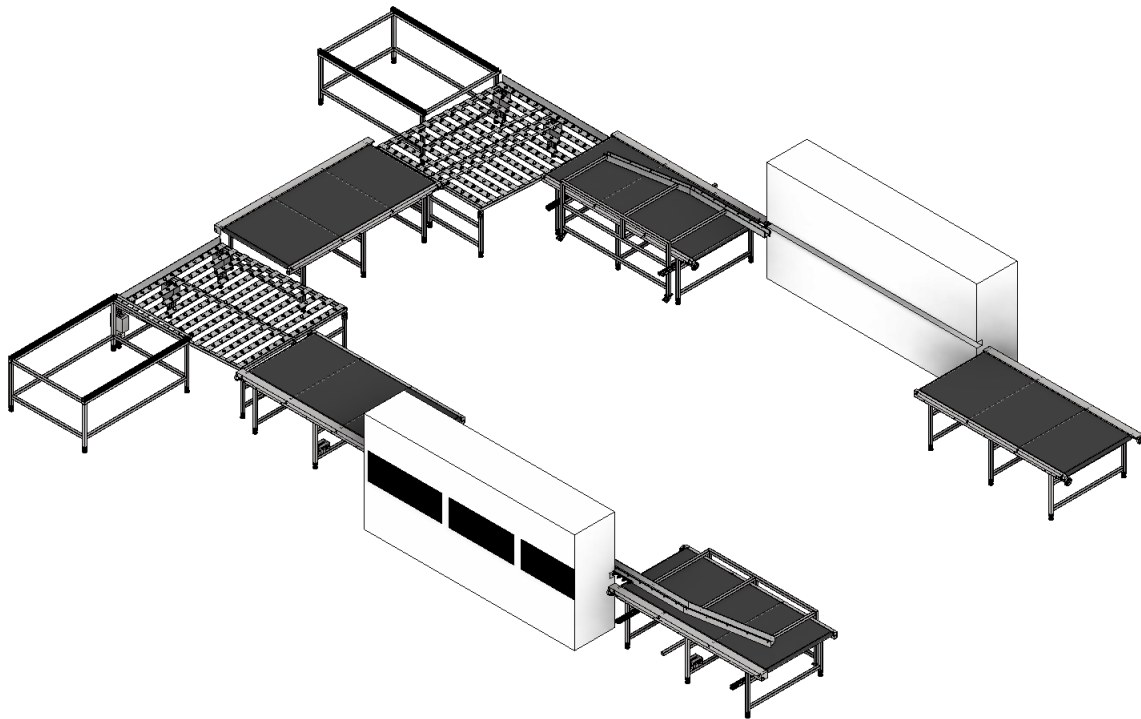
Características del Empujador

Característica	Valor	Unidad
Largo	2100	mm
Ancho	1500	mm
Alto (incluyendo pistones)	935	mm

A continuación, se presenta la Figura 26 donde se muestra el modelado de la estación automatizada. La imagen incluye la disposición de la máquina canteadora.

Figura 26

Disposición de la estación automatizada



Nota: Modelado de la estación automatizada, incluye todos los componentes y máquinas canteadoras.

Además, se incluye la Figura 27 donde se puede observar el gabinete de control.

Figura 27

Gabinete de control de estación automatizada



Nota: Simulación del gabinete eléctrico de la estación automatizada.

8.3. Análisis de costos de la estación automatizada para el canteado de tableros

Una vez realizado el análisis de costos de la estación automatizada de canteado de tableros se ha determinado que su costo total sería de \$20 563,77 antes de la costo del diseño. El valor presentado en la Tabla 23 incluye los costos de manufactura, materiales y mano de obra de cada una de las piezas a fabricarse tomando como costos referenciales los precios estándar del mercado ecuatoriano. Para los materiales comprados se realizó la cotización respectiva entre los meses de diciembre de 2023 y enero de 2024.

Para obtener el total de la estación se consideraran la cantidad de cada subconjunto que se necesitan: banda (5), alimentador (2), mesa de esferas (2), empujador (2) y gabinete (1).

Tabla 23*Costos totales*

Elemento	Cantidad	Costo unitario	Costo total	Porcentaje
Banda	5	865,23 \$	4326,15\$	21 %
Alimentador	2	1595,31\$	3190,62\$	16 %
Mesa de esferas	2	3624,71\$	7249,42\$	35 %
Gabinete eléctrico	1	733,94\$	733,94\$	4 %
Pusher	2	2531,82\$	5063,63\$	25 %
Total		9351,0	20563,77	100 %

Como se puede observar en la tabla, el rublo más significativo es la mesa de esferas, representando un costo de 35% del total de la mesa de esferas. El porcentaje resulta gran alto debido a la cantidad de elementos comprados, además de ser necesarios 3 pistones neumáticos de alta carga para su correcto funcionamiento. Por el mismo motivo el empujador resulta tan costo, debido a los pistones.

9. Cronograma

Tabla 24

Cronograma de actividades.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES																										
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5				MES 6				HORAS
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Establecer, los parámetros iniciales para el diseño de la fase I de una estación automatizada para el canteado de tableros para la empresa Sumin Cia. Ltda.	Identificar requisitos y requerimiento de la estación automatizada para el canteado de tableros.	X	X																						4	
	Revisión bibliográfica de la máquina Canteadora CEHISA modelo "PRO 12".			X	X																				4	
	Identificación de los subsistemas de la estación automatizada para el canteado de tableros.					X	X																		4	
Elaborar, el diseño mecatrónico de la fase I de una estación automatizada para el canteado de tableros para la empresa Sumin Cia. Ltda.	Elaboración del diseño mecánico.					X	X	X																	40	
	Elaboración del diseño eléctrico-electrónico.								X	X															30	
	Revisión de los diseños elaborados.									X	X	X													25	
	Depuración de los diseños elaborados.												X	X											18	
Simular y evaluar, el diseño de la fase I de una estación automatizada para el canteado de tableros para la empresa Sumin Cia. Ltda.	Simular el sistema mecánico (Software).																X	X	X						25	
	Simulación sistema eléctrico-electrónico (Software).															X	X	X							20	
	Evaluar el diseño mecatrónico.																	X	X						20	
Realizar, el análisis de costos para la implementación del diseño para la fase I de una estación automatizada para el canteado de tableros para la empresa Sumin Cia. Ltda.	Análisis de costos de materia prima.																					X	X		4	
	Análisis de costo de manufactura.																					X	X		4	
	Análisis de costo de implementación.																					X	X		8	
	Redacción de documento		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	30	
Total de horas empleadas																							240			

Nota: La tabla presenta las actividades para cumplir con los objetivos planteados.

10. Presupuesto

En esta sección se describen los gastos y recursos necesarios para desarrollar el proyecto.

10.1. Talento humano

En la tabla 25 se presenta la descripción del recurso humano para este proyecto.

Tabla 25

Recurso de talento humano.

Cargo	Nombre	Costo hora	horas al mes	Total de horas	Costo total
Diseñador	Gabriela Vélez	8\$	–	240	1920 \$

10.2. Recursos materiales

La tabla 26 presenta los costos de los recursos necesarios para el desarrollo del proyecto.

Tabla 26

Recursos de sub sistemas

Elemento	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Banda	5	865,23\$	4326,15\$
Alimentador	2	1595,31\$	3190,62\$
Mesa de esferas	2	3624,71\$	7249,42\$
Gabinete eléctrico	1	733,94\$	733,94\$
Pusher	2	2531,82\$	5063,63\$

Tabla 27*Costo Total.*

–	Costo por Hora	Horas al mes	Total de horas	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Diseñador	8\$	48	240	–	–	1920 \$
Banda	-	-	-	5	865,23\$	4326,15\$
Alimentador.	-	-	-	2	1595,31\$	3190,62\$
Mesa de esferas.	-	-	-	2	3624,71\$	7249,42\$
Gabinete eléctrico	-	-	-	1	733,94\$	733,94\$
Pusher	-	-	-	2	2531,82\$	5063,63\$
Total.	48 \$	56	388	-	9351,01 \$	22483,77 \$

Nota: La tabla presentada, muestra el costo total del proyecto de titulación.

11. Conclusiones

Para el desarrollo de la estación automatizada para el canteado de tableros se definieron sus parámetros iniciales de manera exitosa. Se logro definir los parámetros del tablero, máquina canteadora a ensamblar y los requerimientos de la empresa para la estación. Se definió una estación automatizada que permite el acople de tableros de diferentes medidas, con un sistema de bandas transportadoras planas. Un sistema alimentador regulable para acoplar diferentes tamaños de tableros. Los resultados de la parametrización del canteado de tableros permitieron diseñar una estación de trabajo que cumpla la trayectoria requerida, así como las particularidades del canteado de tablero.

Se diseño de manera exitosa una estación automatizada para el canteado de tablero. Esta estación consiste en varios subconjuntos que permiten cumplir con los objetivos de transportar y alinear el tablero a la máquina canteadora. Gracias a la implementación de un PLC se logra generar el flujo del material a través de la estación.

En cuanto a costos se ha definido que el costo total de la implementación es de \$ 20 563,77, este valor ignora el capital humano que se involucro en el desarrollo de este proyecto. La ventaja de desarrollar este proyecto como un trabajo de titulación es que el costo de

implementación no incluye el del capital humano. Este costo resulta relativamente elevado, pero se debe considerar que algunos procesos de manufactura se pueden realizar dentro de la misma empresa. Así como la búsqueda de proveedores que ofrezcan elementos más económicos. De este costo, la porción que representa el costo más elevado son los pistones neumáticos con costo de \$ 9 146,28. Este costo no se considera viable debido a que representa un 44,47% del costo total de implementación.

12. Recomendaciones

Para trabajos futuros se recomienda realizar una exploración más detallada del entorno en el que se desea implementar una estación automatizada para el canteado de tableros. Dado que el trabajo se desarrolló junto con Sumin, empresa que vende servicios a los tableristas, y no directamente con los tableristas. Por este motivo se ignoran muchas de las particularidades y necesidades específicas que pueden tener los tableristas.

Se recomienda realizar una evaluación más exhaustiva del desarrollo de este proyecto con un enfoque de optimización de costos. De manera generalizada se puede concluir que los costos más representativos son de aquellos elementos que se deben comprar. Para disminuir estos costos se recomienda realizar una mejor investigación acerca de proveedores de estos elementos. De manera más puntual, los componentes que representan el costo más elevado son los pistones utilizados en los subconjuntos: mesa de esferas y empujador. Estos pistones representan un valor de \$ 9 146,28 que a su vez es un 44,47% del costo total de implementación. Por este motivo se recomienda investigar alternativas para reemplazar los pistones u otras alternativas a los subconjuntos: mesa pistón y empujador.

Para implementar una estación de automatizado se recomienda partir desde el presupuesto que pueda tener la empresa tablerista, sus necesidades y condiciones específicas. Dado que pueden existir restricciones de presupuesto, espacio instalaciones, entre otras.

Durante el desarrollo de este proyecto se diseñaron y analizaron diferentes subconjuntos para el desarrollo de la estación. Se recomienda que se utilicen los subconjuntos o elementos que resulten útiles para innovaciones futuras.

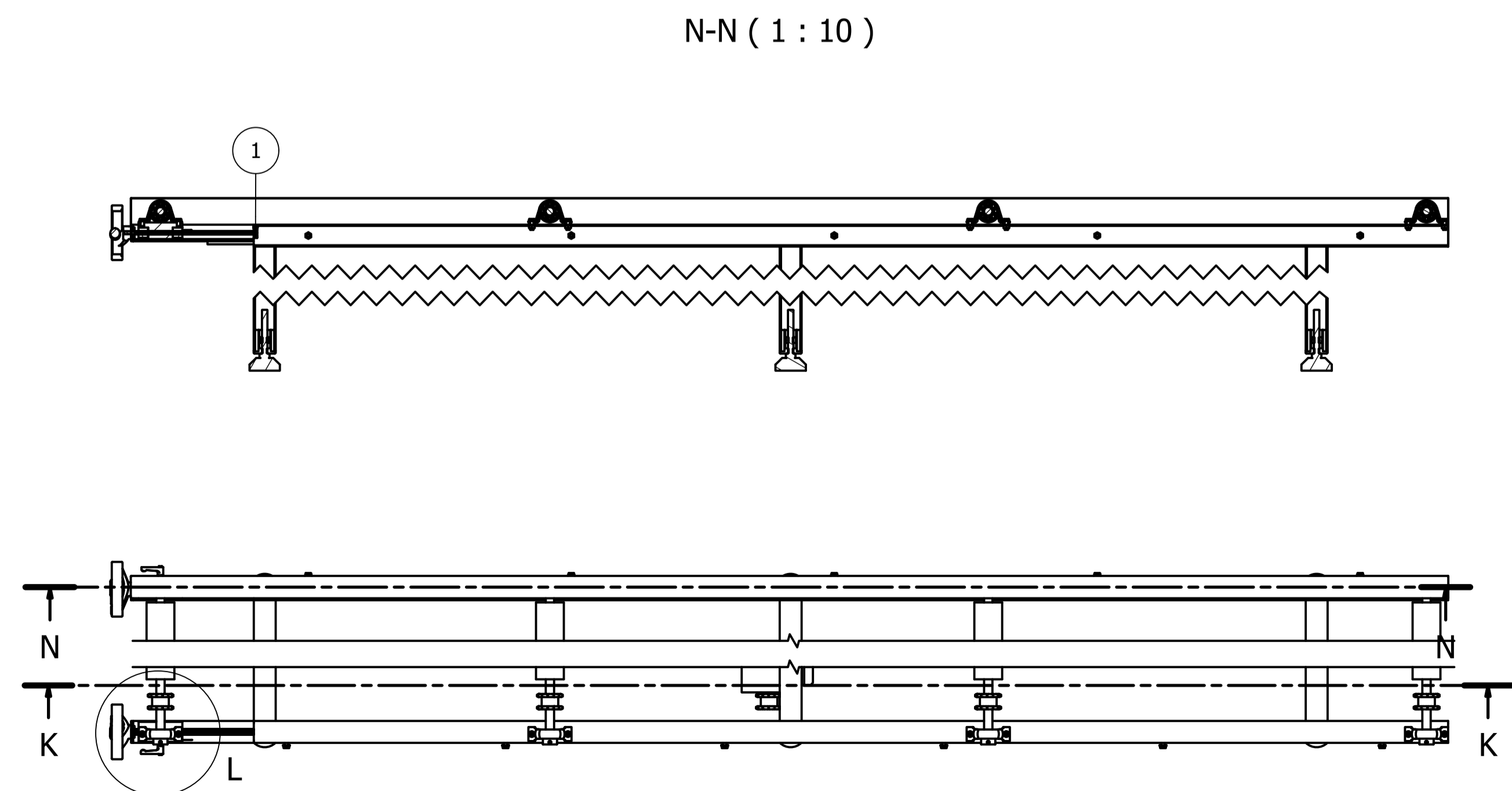
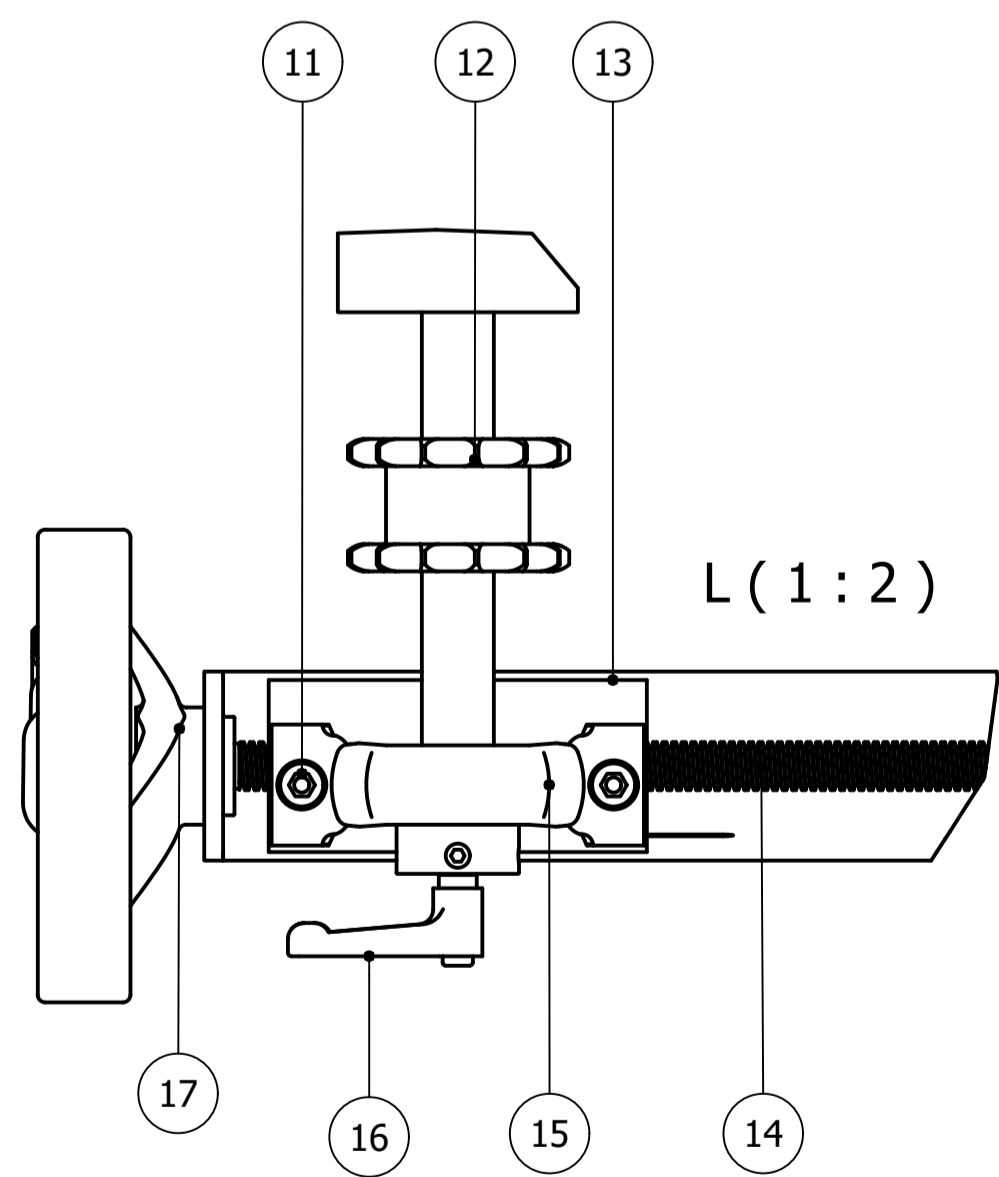
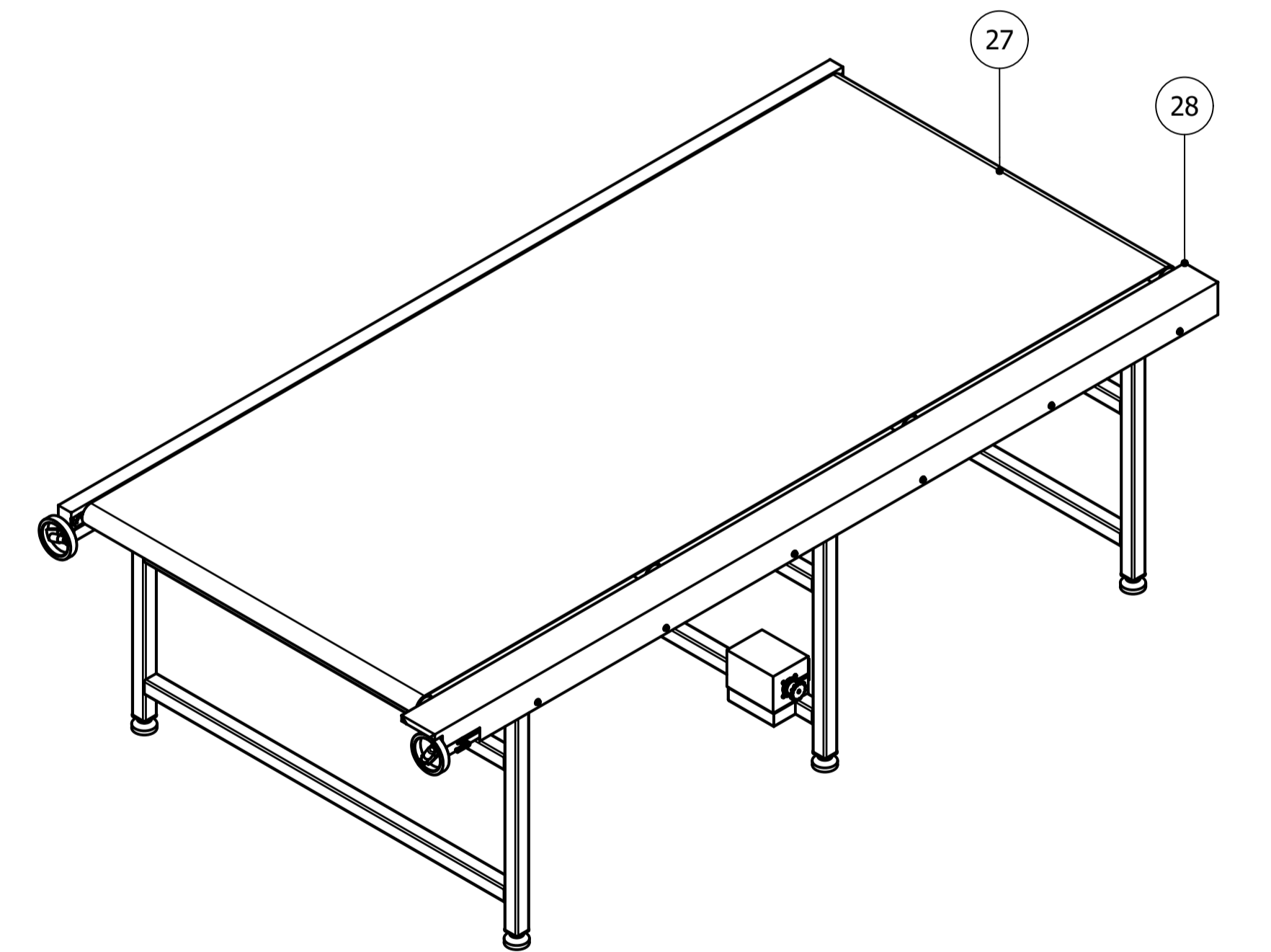
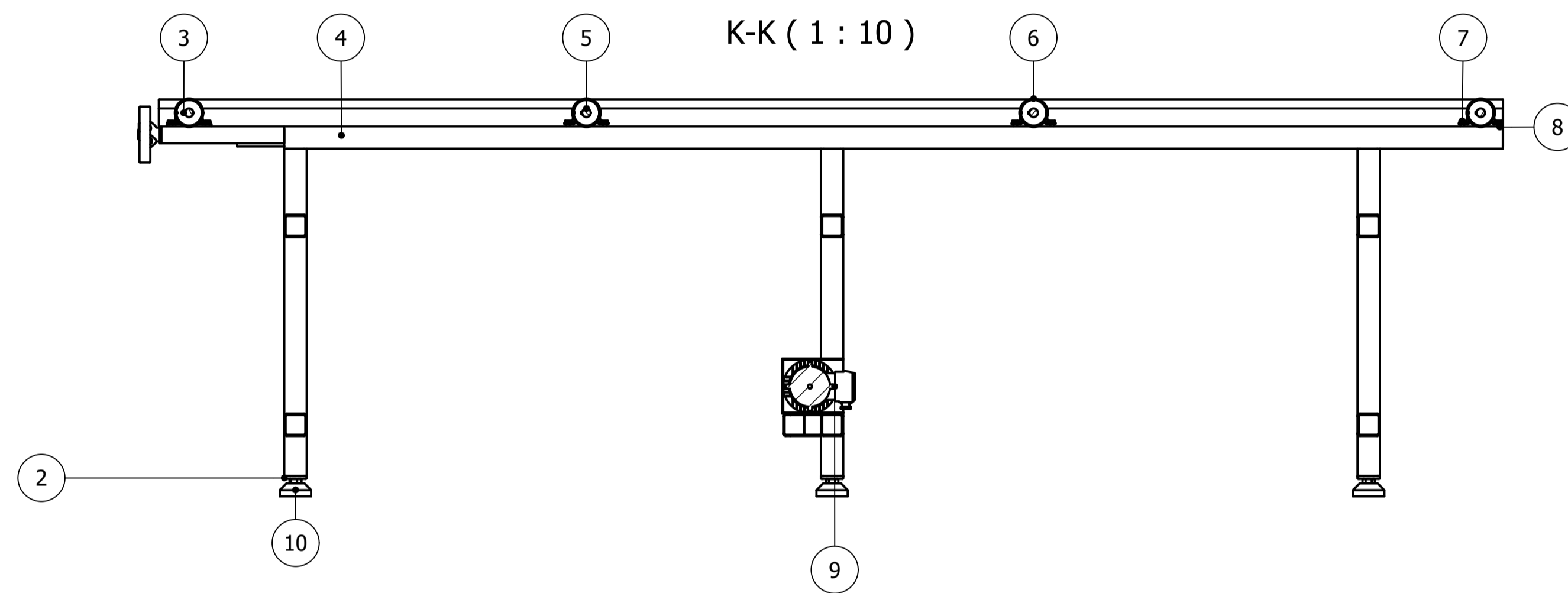
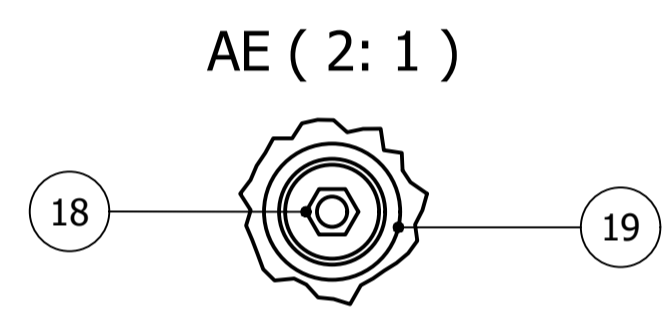
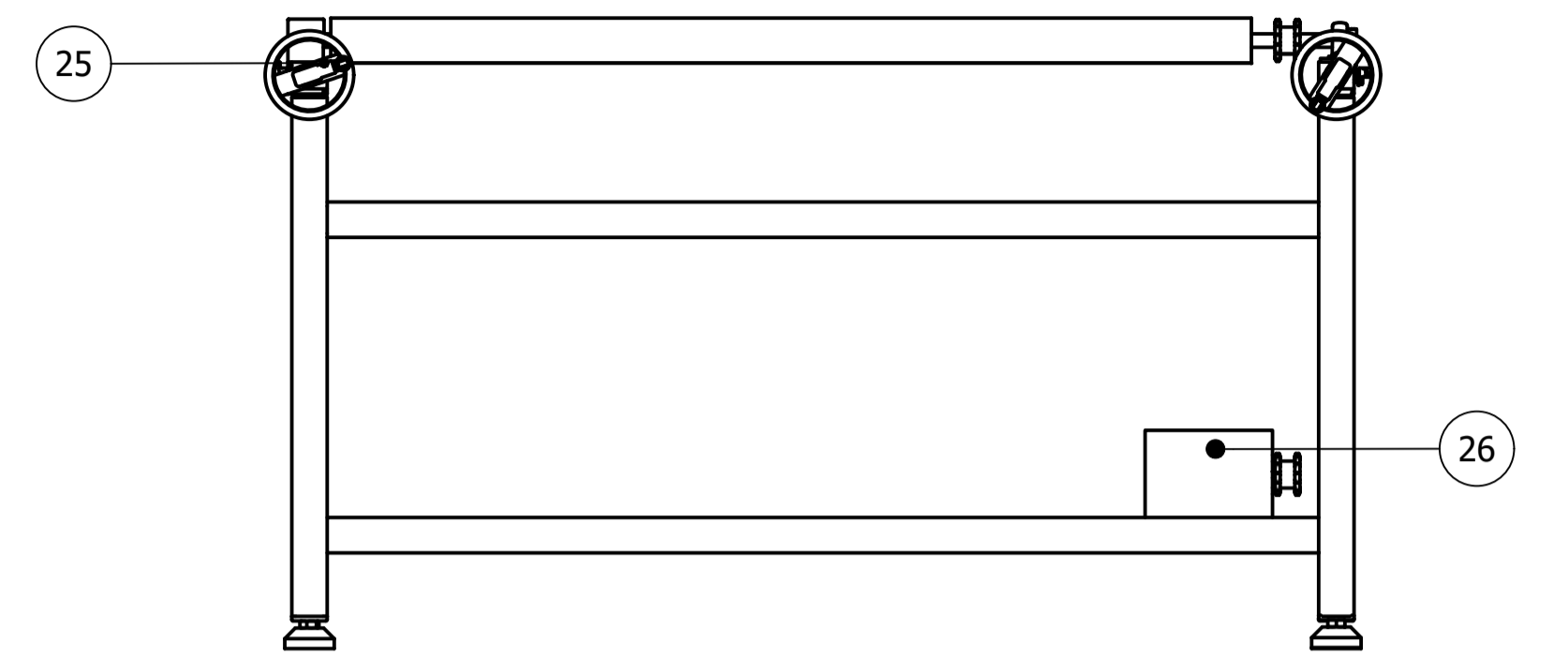
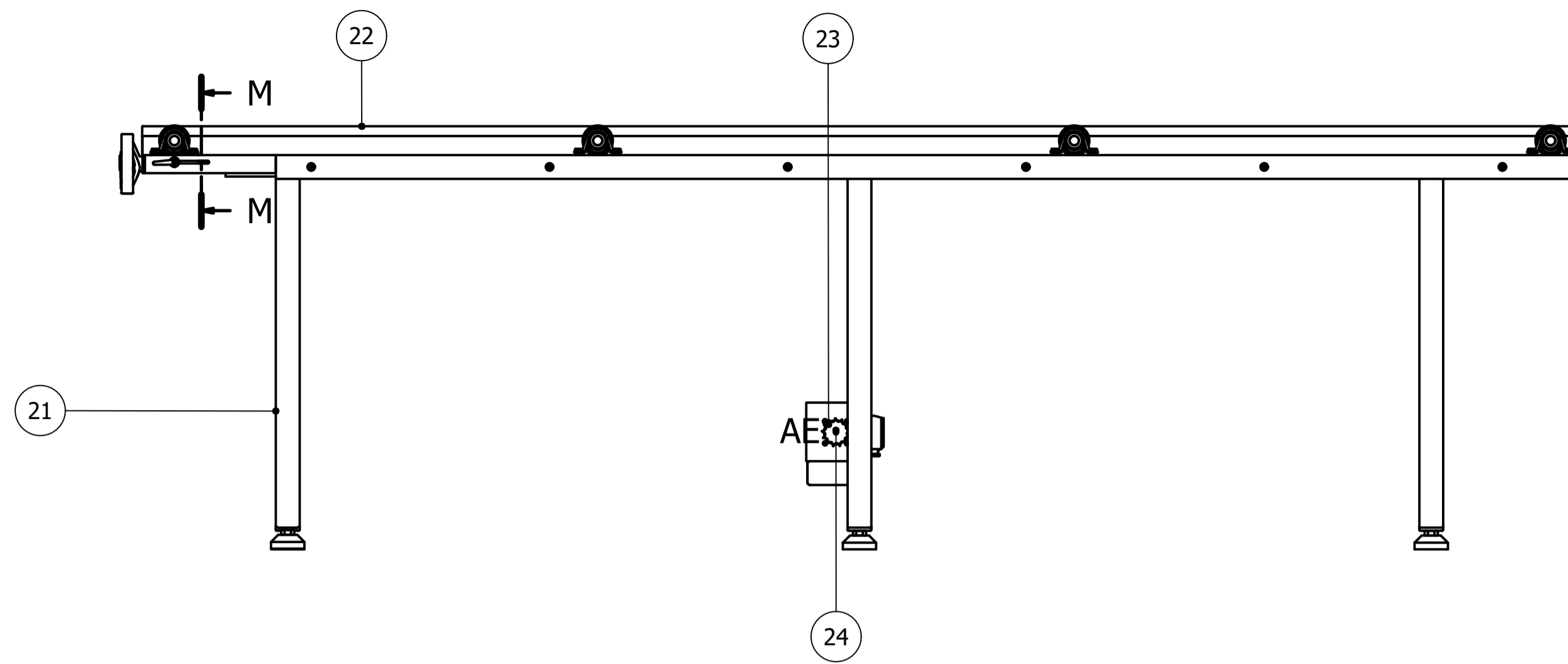
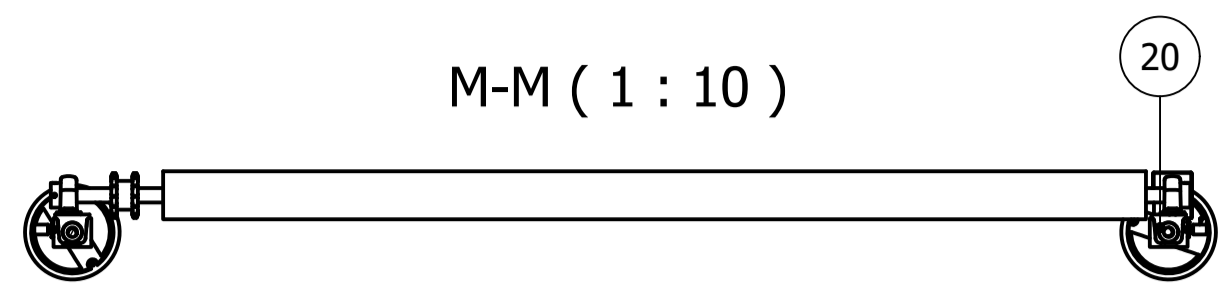
Referencias


- Ammeral Beltech. (2023). *Technical datasheet ropanol ex 10/2 0+00 black as fr*. Hoja de Datos. (Fabricante: Ammeral Beltech)
- AULA21. (2023). *Automatización industrial: Qué es y cómo funciona*. <https://www.cursosaula21.com/que-es-la-automatizacion-industrial/>. (Accedido en septiembre de 2023)
- CEHISA. (2022). *Cehisa edge line*. <https://www.cehisa.es/cehisa-edge-line?lang=es>. (Accedido en septiembre de 2023)
- Corporación Financiera Nacional. (2022, marzo). *Ficha sectorial; silvicultura y extracción de madera*. <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2022/fichas-sectoriales-1-trimestre/Ficha-Sectorial-Silvicultura-y-extraccion-de-madera.pdf>. (Accedido en marzo de 2023)
- Delta. (2023). *Delta programmable logic controller dvp series*. Hoja de Datos. (Fabricante: Delta)
- Festo. (2023). *Technical datasheet cilindros guiados dfm/dfm-b*. Hoja de Datos. (Fabricante: Festo)
- Fustes Montgròs, S.L. (2020, marzo). *Cantear madera: el trabajo decorativo y protector para tableros de madera*. <https://www.montgros.com/es/fabricacion/fustesmontgros/noticias-2/95489/cantear-madera/146.html#:~:text=Hoy%20en%20dÃa%2C%20el%20canteado,antiestÃtica%20parte%20interna%20del%20tablero>. (Accedido en abril de 2023)
- Google. (2023). *Sumin suministros industriales*. https://www.google.com/maps/place/Sumin+Suministros+Industriales/@-2.8845023,-78.9738874,262m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x91cd19d548d88555:0x9ff8705a73557b4f!8m2!3d-2.8843711!4d-78.9739084!16s%2Fg%2F11c5_xj5wp?entry=ttu. (Accedido en septiembre de 2023)
- Guasch, J. L., Racine, J.-L., Sánchez, I., y Diop, M. (2007). *Sistemas de calidad y estándares hacia la construcción de ventaja competitiva*. <https://www.g10muebles.com/blog/tableros-de-aglomerado-como-se-hace/>. (Accedido en septiembre de 2023)
- Industrial Quick Search. (2024a). *Belt conveyors*. <https://www.iqsdirectory.com/articles/conveyors/belt-conveyors.html1>. (Accedido en junio de 2023)
- Industrial Quick Search. (2024b). *Conveyor belts*. <https://www.iqsdirectory.com/articles/conveyor-belts.html>. (Accedido en junio de 2023)

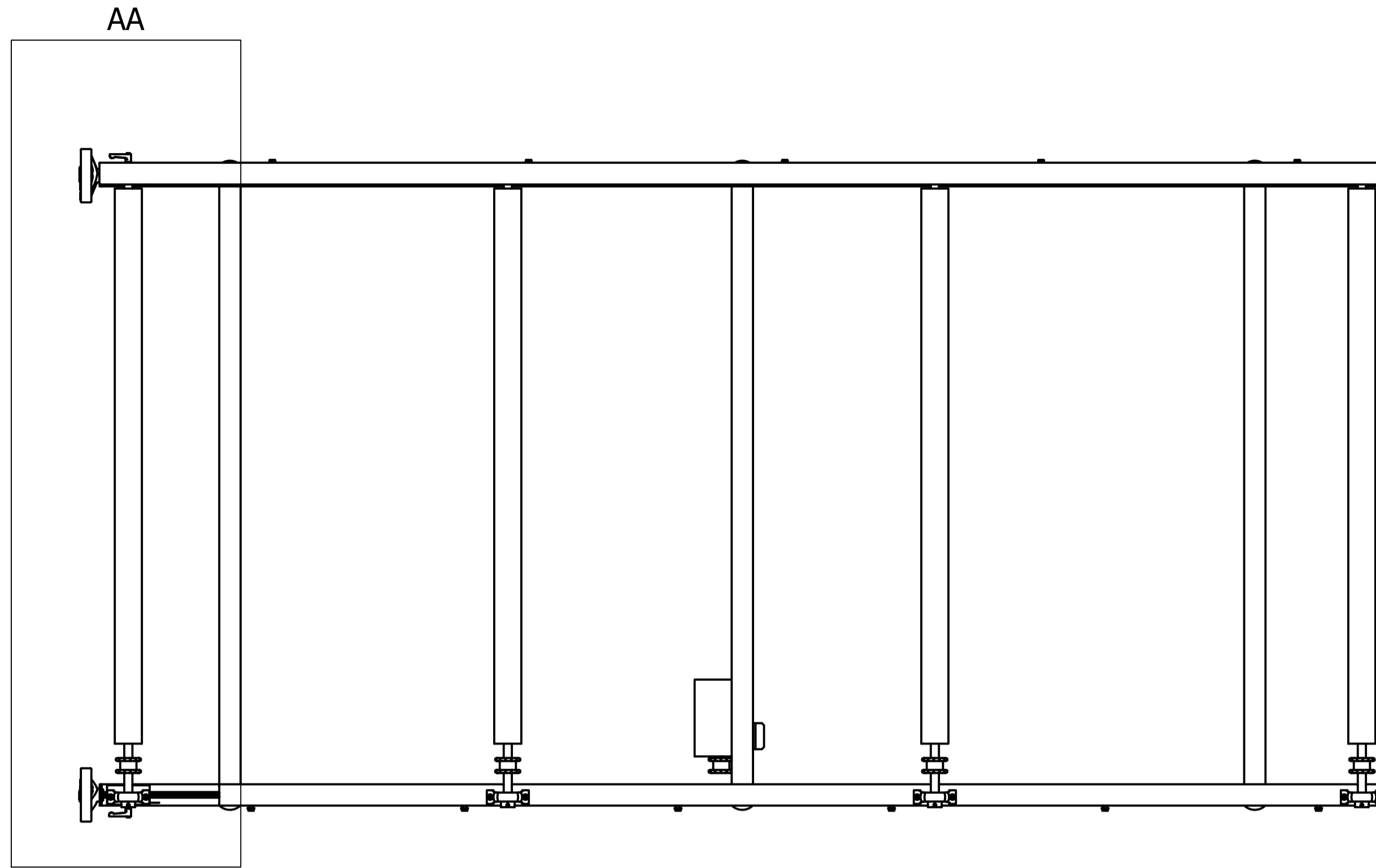
- INEC. (2020, octubre). *Directorio de empresas y establecimientos 2019*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/DirectorioEmpresas/Directorio_Empresas_2019/Boletin_Tecnico_DIEE_2019.pdf. (Accedido en octubre de 2023)
- La Nota en Línea. (2022). *Exportaciones de la industria forestal ecuatoriana registraron un crecimiento*. <https://lanotaenlinea.com/component/content/article/90-personaje-destacado/nota-de-economia/2101-exportaciones-de-la-industria-forestal-ecuatoriana-registraron-un-42-de-crecimiento?Itemid=437>. (Accedido en marzo de 2023)
- Lenze. (2024). *Motores trifásicos ie2/ie3 m500 + 8400 motec*. <https://www.lenze.com/es-es/productos/motores/motores-trifasicos/motores-trifasicos-ie2/ie3-m500-8400-motec>. (Accedido en enero de 2024)
- Lázaro, M., Lázaro, P., Losantos, B., y Bayo, B. (2008). Nuevas tablas de fuerza de la mano para población adulta de teruel. *Nutrición Hospitalaria*, 23(1). doi: ISSN1699-5198
- Maderame. (2021). *Clases de tableros de madera: Clasificación, propiedades y utilización*. <https://maderame.com/clases-de-tableros/>. (Accedido en septiembre de 2023)
- Maderas Frutos Relano S.A. (2022). *Tablero de contrachapado: Todo lo que necesita saber*. <https://mafresa.es/tablero-contrachapado/tablero-de-contrachapado-todo-lo-que-necesita-saber/>. (Accedido en enero de 2024)
- Masia. (2014, octubre). *Mdf enchapado*. https://neufert-cdn.archdaily.net/uploads/product_file/file/2623/FICHA_ENCHAPADO.PDF. (Accedido en septiembre de 2023)
- MDEC. (2022, abril). *Aglomerado: propiedades y características*. <https://www.emedec.com/aglomerado-propiedades-caracteristicas/#:~:text=Resistencia%20y%20densidad%20del%20tablero%20aglomerado&text=Son%20mãas%20resistentes%20a%20la,es%20la%20capacidad%20de%20fijaciãsn>. (Accedido en septiembre de 2023)
- Mederea. (2016). *Diferencias entre tableros de partículas y tableros de fibras*. <https://www.maderea.es/diferencias-entre-tableros-de-particulas-y-tableros-de-fibras/>. (Accedido en enero de 2024)
- Russell, M. (2020). *Proceso de fabricación de tableros contrachapados*. <https://www.tpinspection.com/uploads/file/479/plywood-manufacturing-process-spanish>. (Accedido en septiembre de 2023)
- Sanchis, R., Romero, J., y Ariño, C. (2010). *Automatización industrial*. <https://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/24182/s31.pdf?sequence=6&isAllowed=y>. (Accedido en septiembre de 2023)

- Sevilla, P. B. (2022, marzo). *Ecuador: Nivel de automatización en las organizaciones*. <https://es.linkedin.com/pulse/ecuador-nivel-de-automatizaci3n-en-las-organizaciones#:~:text=Para%20el%20a3o%202022%2C%20las,a3n%20con%20alto%20componente%20manual>. (Accedido en septiembre de 2023)
- Sick. (2023). *Capacitive proximity sensors: Cm*. (<https://www.sick.com/us/en/catalog/products/detection-sensors/capacitive-proximity-sensors/cm/cm12-08ebp-kc1/p/p312838?tab=detail>)
- Sumin. (2022). *Sobre nosotros*. <https://sumin.com.ec/empresa-sumin/>. (Accedido en septiembre de 2022)
- WEG. (2024). *Convertidor de frecuencia cfw100 g2*. https://www.weg.net/catalog/weg/NI/es/Drives/Convertidores-de-Frecuencia/Micro-y-Mini-Drives/Convertidor-de-Frecuencia-CFW100-G2/Convertidor-de-Frecuencia-CFW100-G2/p/MKT_WDC_GLOBAL_PRODUCT_INVERTER_CFW100_G2. (Accedido en enero de 2024)

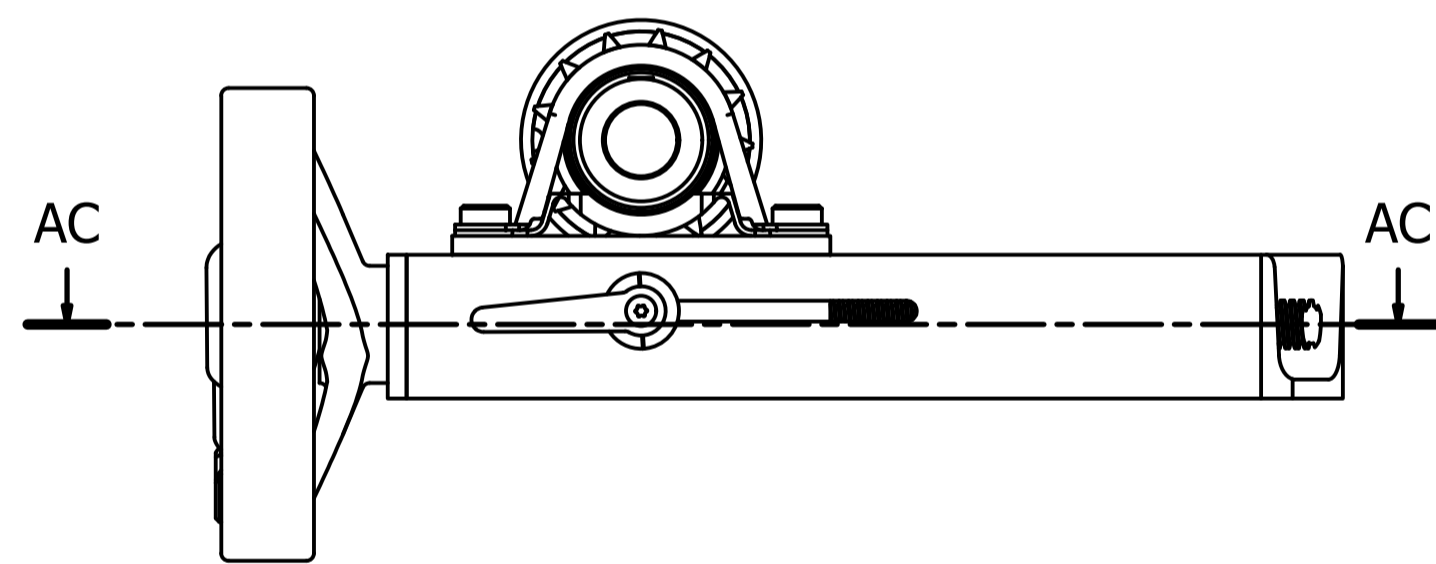
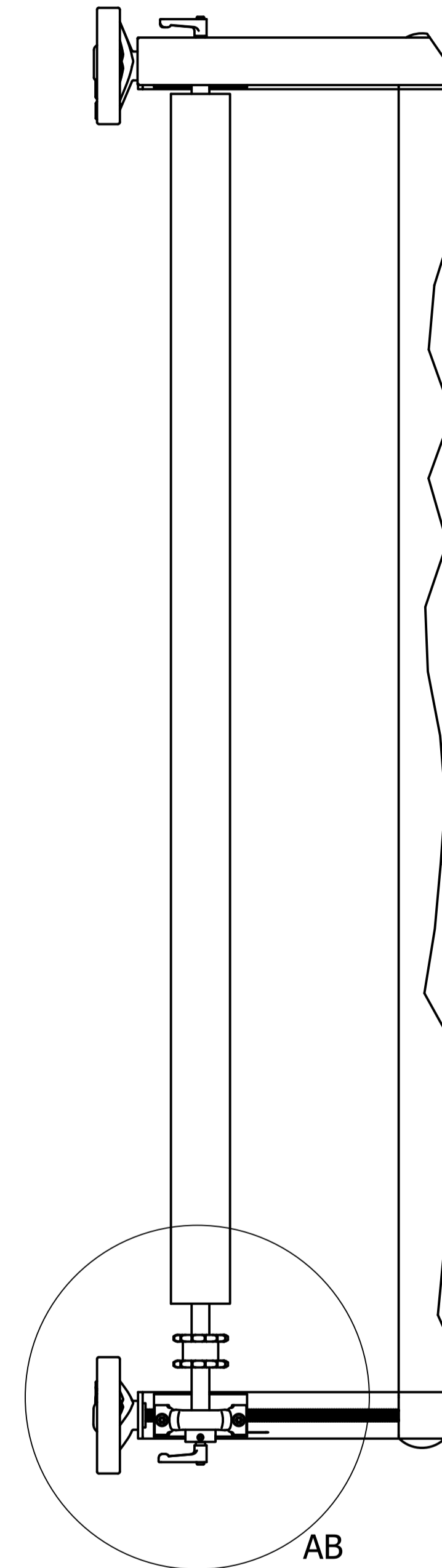
ANEXOS



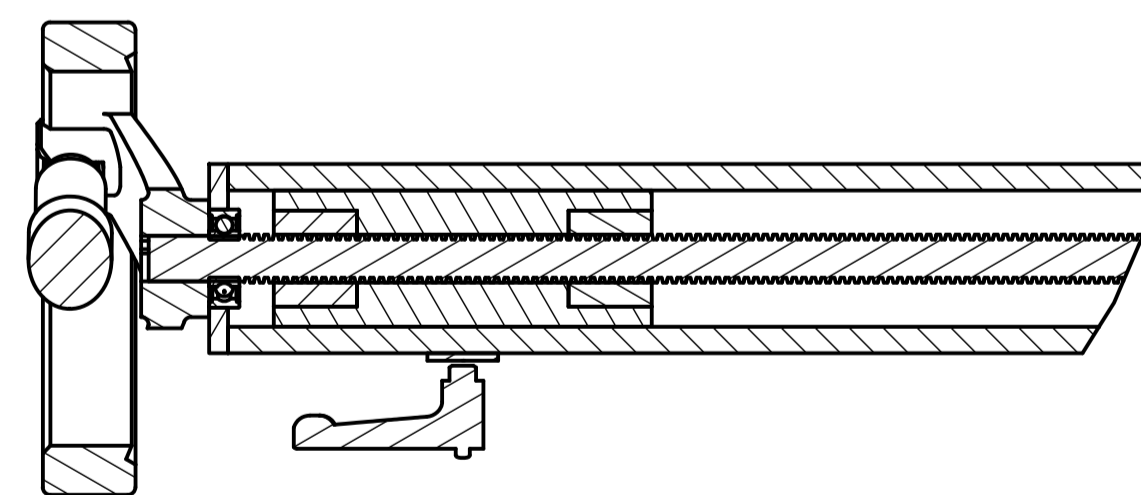
-----	1	Banda		Varios materiales	SAE 1018	-----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas	
VIII CICLO	Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecatrónica			
Dibujado	30/01/24	G. Velez				
Comprobado	14/02/24	Ing. J. Loja				
Integración curricular						
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto:				
1:10						
Lámina:	CAV 01	Banda				



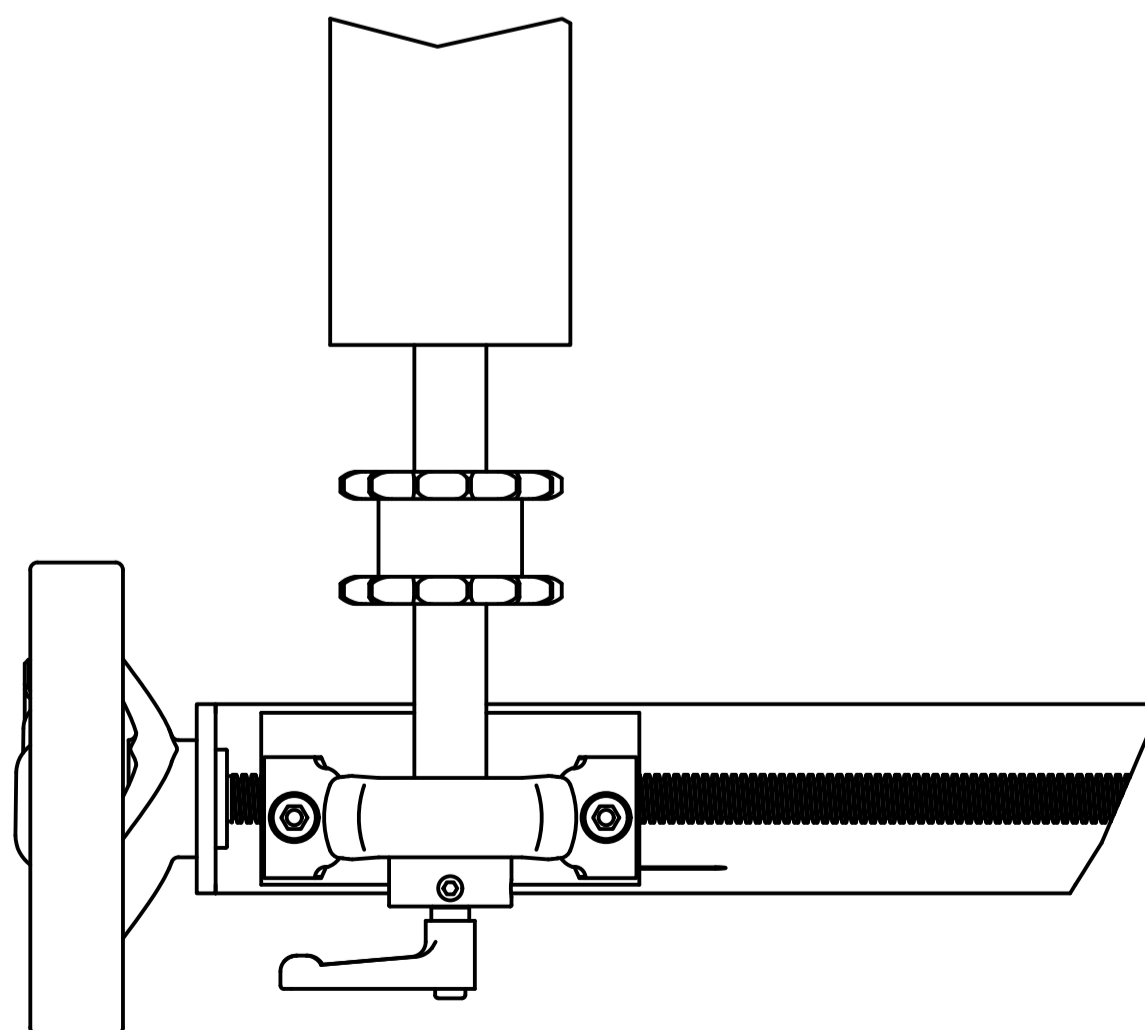
AA (1 : 5)




AC-AC (1 : 2)




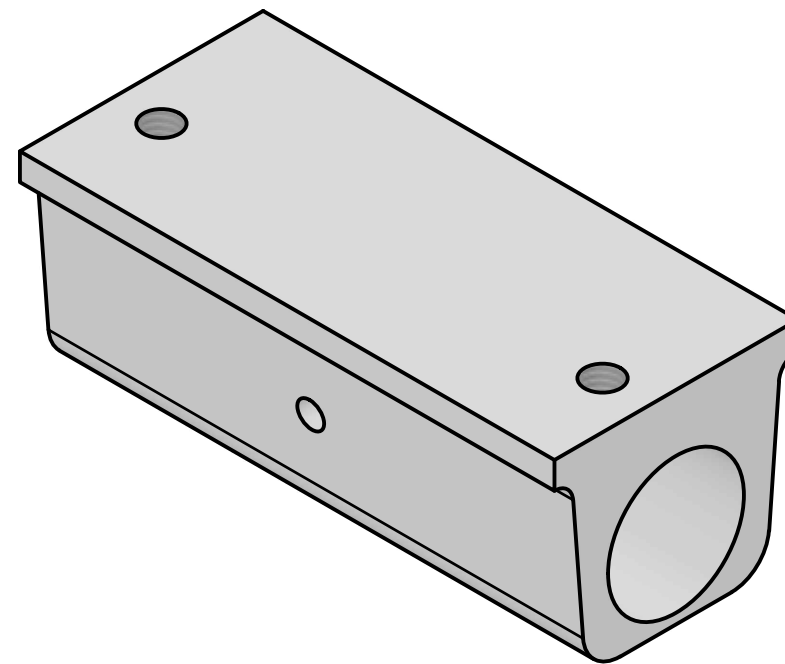
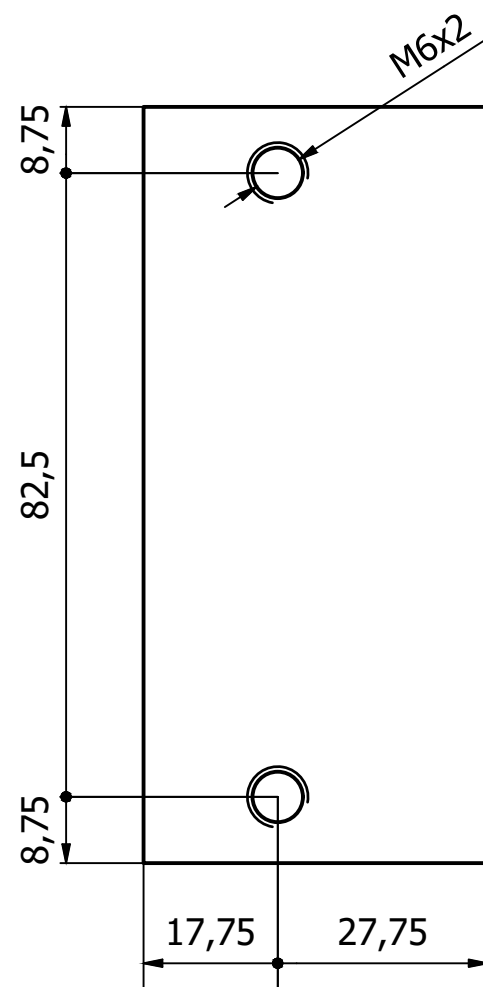
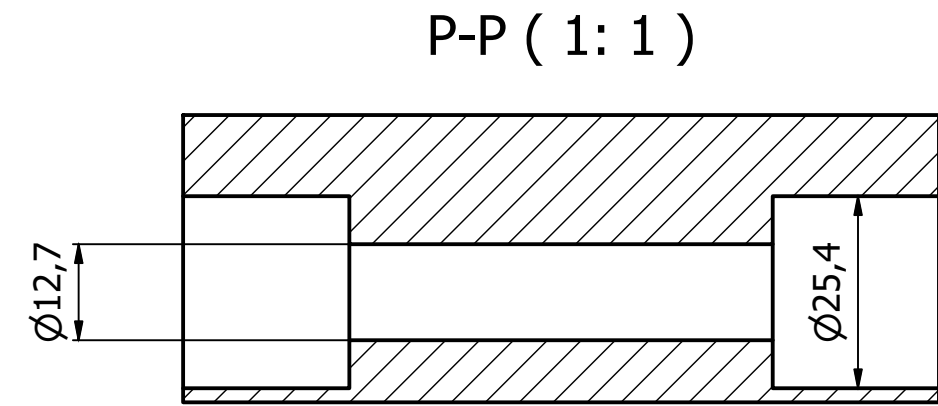
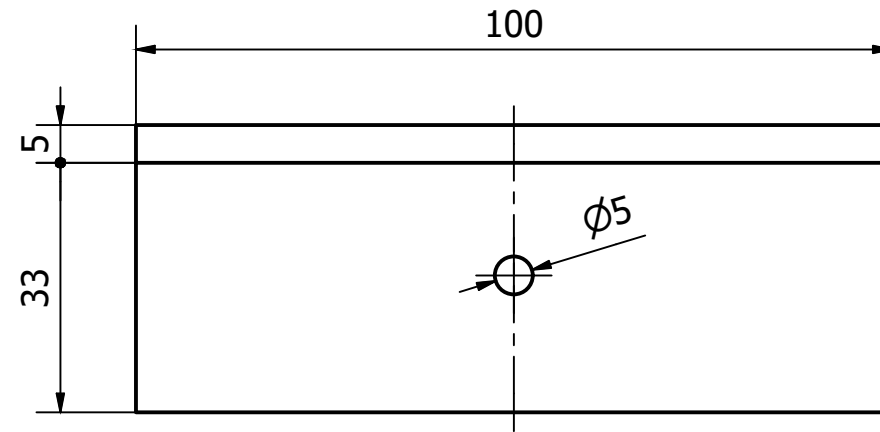
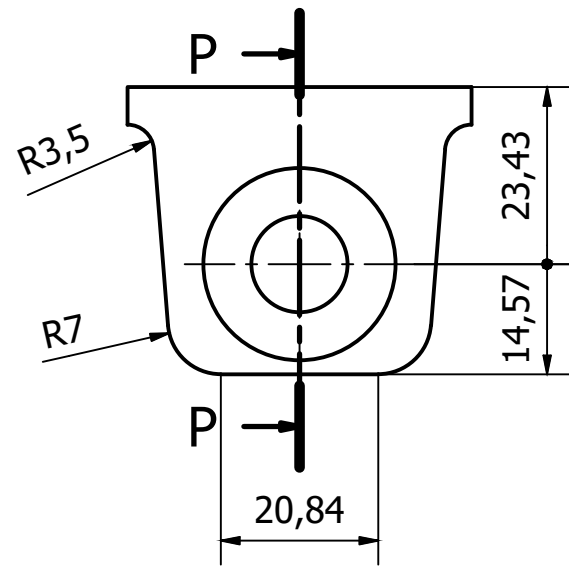
AB (1 : 2)




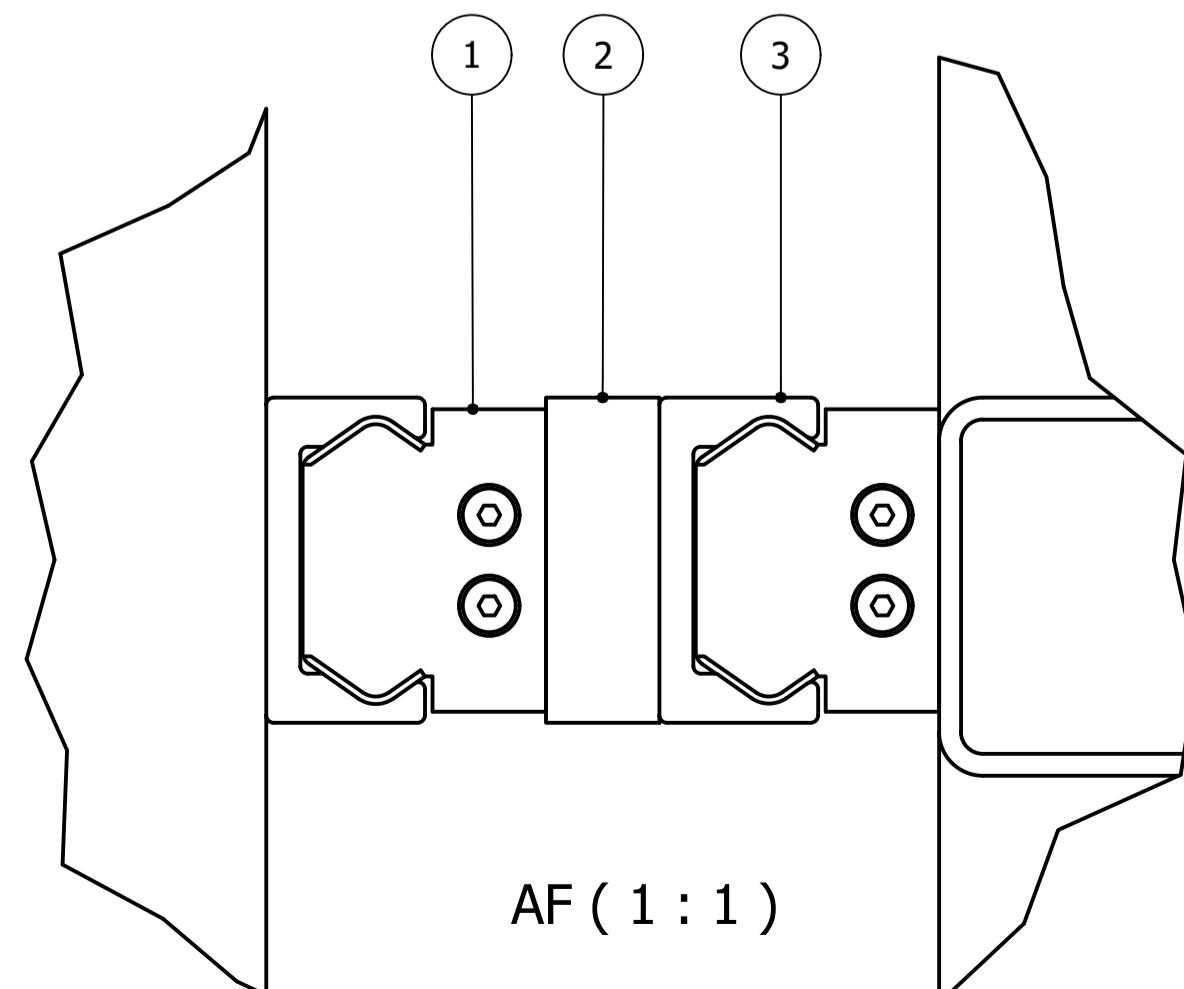
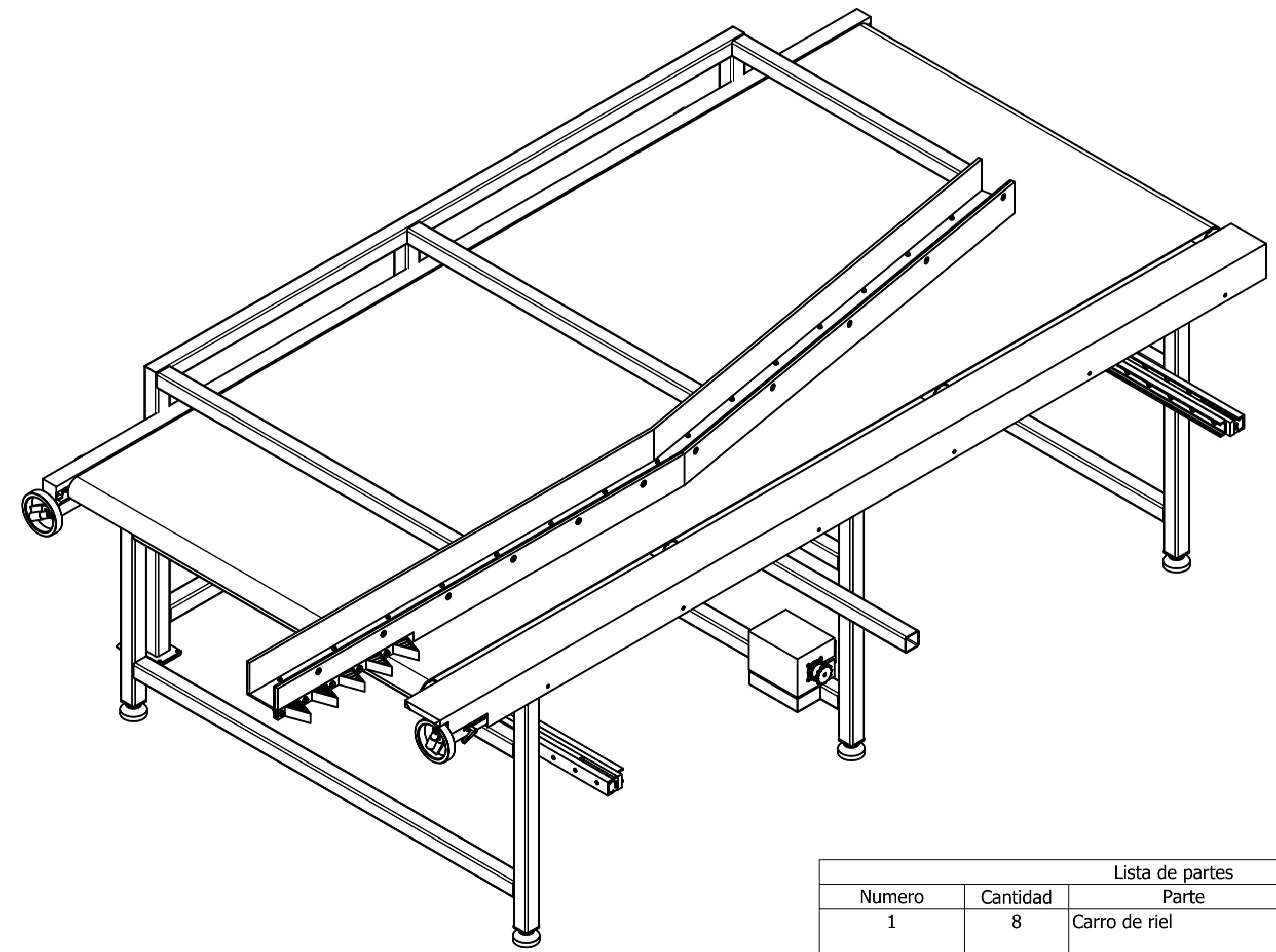
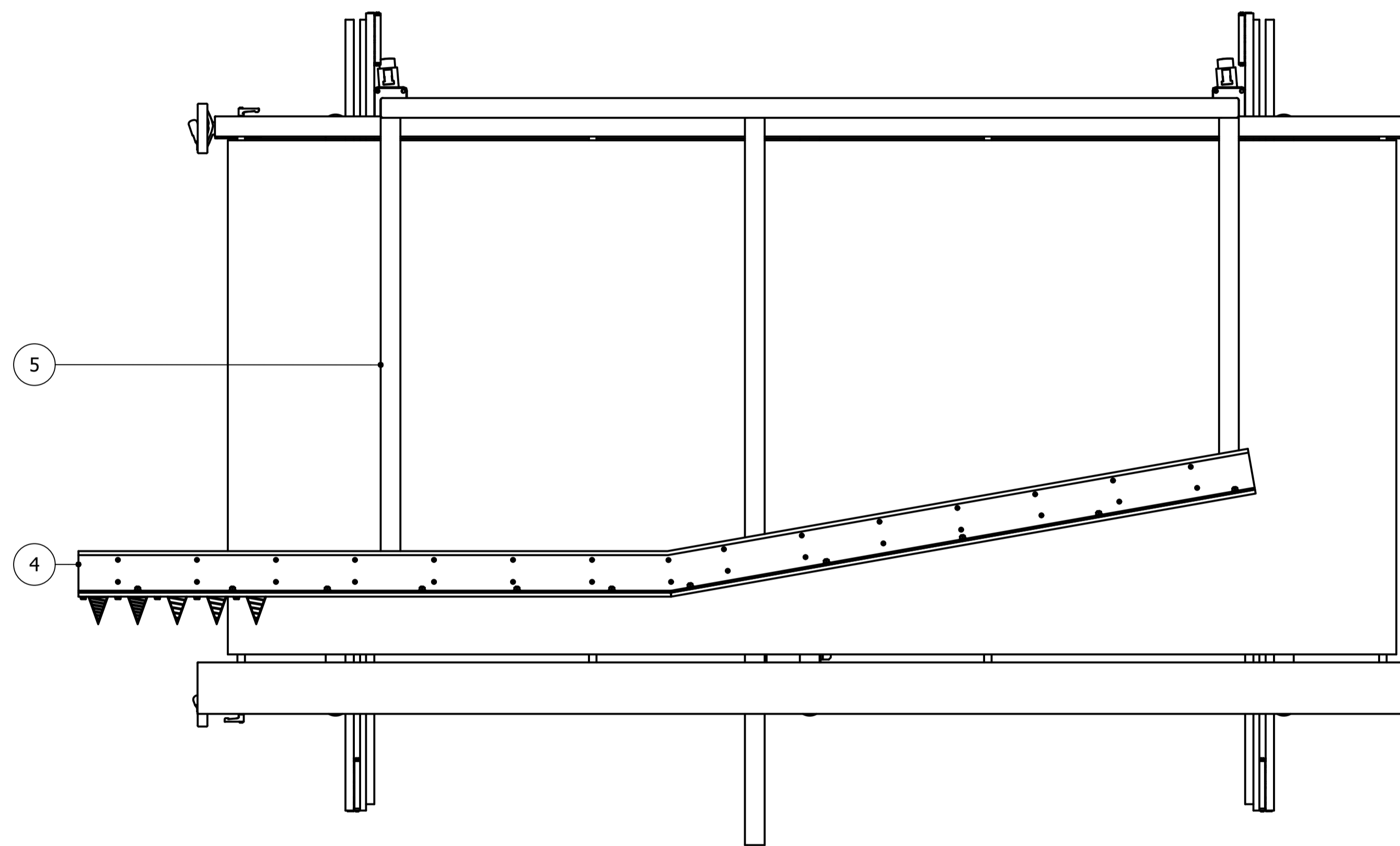
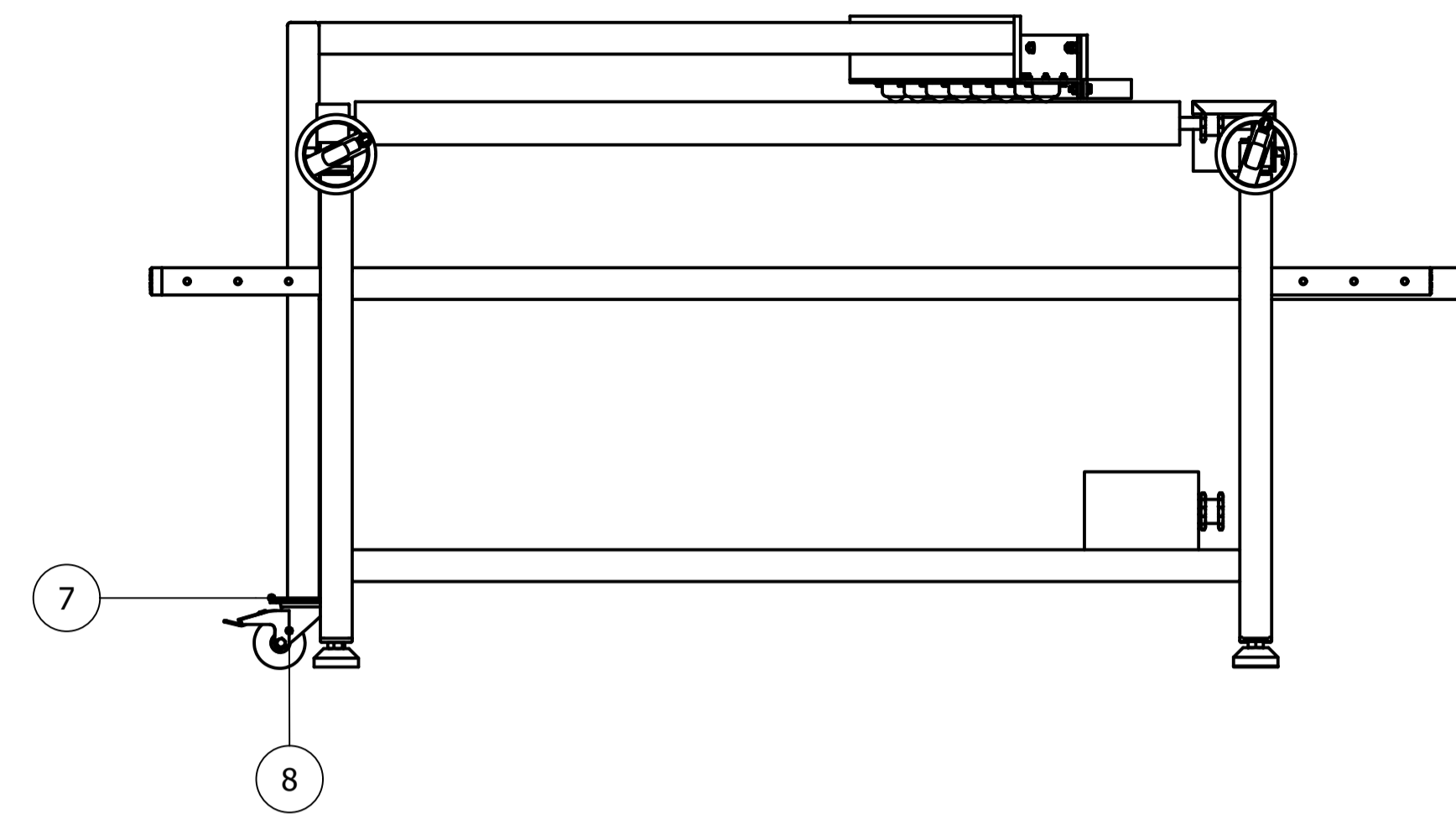
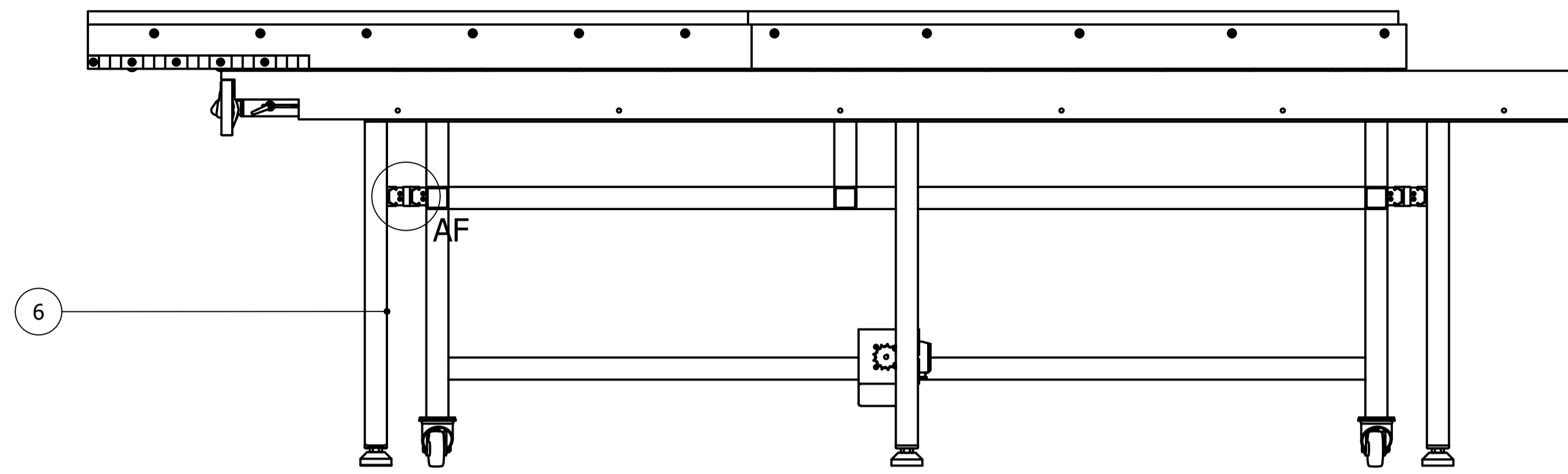
-----	1	Banda	Varios materiales	SAE 1018	-----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecatrónica		
Dibujado	30/01/24	G. Velez			
Comprobado	14/02/2024	Ing. J. Loja			
Integración curricular					
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto:			
1:10					
Lámina:	CAV 02	Banda			

Lista de partes			
Numero	Cantidad	Parte	Descripcion
1	4	Rodamiento 26mm	skf_bearing_6000_2
2	6	Tapon de la pata	BK38.0206.05005001615I NOX
3	8	Anillo del rodillo	
4	23	DIN 555-5 - M8	Hex Nut
5	4	Eje del rodillo	
6	4	Rodillo	
7	23	DIN 6912 - M8 x 20	Cylinder Head Cap Screw
8	34	DIN 125 - A 8,4	Washer
9	1	Motor	HPC - CHT56B4-B14
10	6	Pata	C-CFBR70-16-100
11	4	DIN 6912 - M8 x 12	Cylinder Head Cap Screw
12	4	Catalina	40SD13D13
13	2	Carro	
14	2	Tornillo trapezoidal	STEP AP203
15	8	Chumacera 3/4	SKF_P 3/4 FM
16	2	Manija de ajuste	LHM-5-12-LWP20-BK
17	2	Volante de mano	Handwheel with retractable handle GN
18	4	DIN 6912 - M4 x 10	Cylinder Head Cap Screw
19	4	DIN 125 - A 4,3	Washer
20	4	Tuerca trapezoidal	
21	1	Estructura	
22	1	Cubierta fina	
23	1	Catalina del motor	40SD-Un-finished
24	1	Chaveta del motor	
25	2	Manija del volante	322.7-hebel-Handwheels
26	1	Soporte del motor	
27	1	Banda	
28	1	Cubierta ancha	

-----	1	Lista de partes		-	SAE 1018	-----
Pos.	Cant.	Denominación		Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre			UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA	
Dibujado	30/01/24	G. Velez				
Comprobado	14/02/2024	Ing. J. Loja				
Integración curricular				INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto:				
Lámina: CAV 03		Banda				

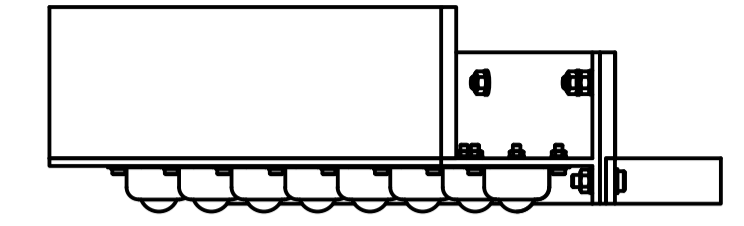
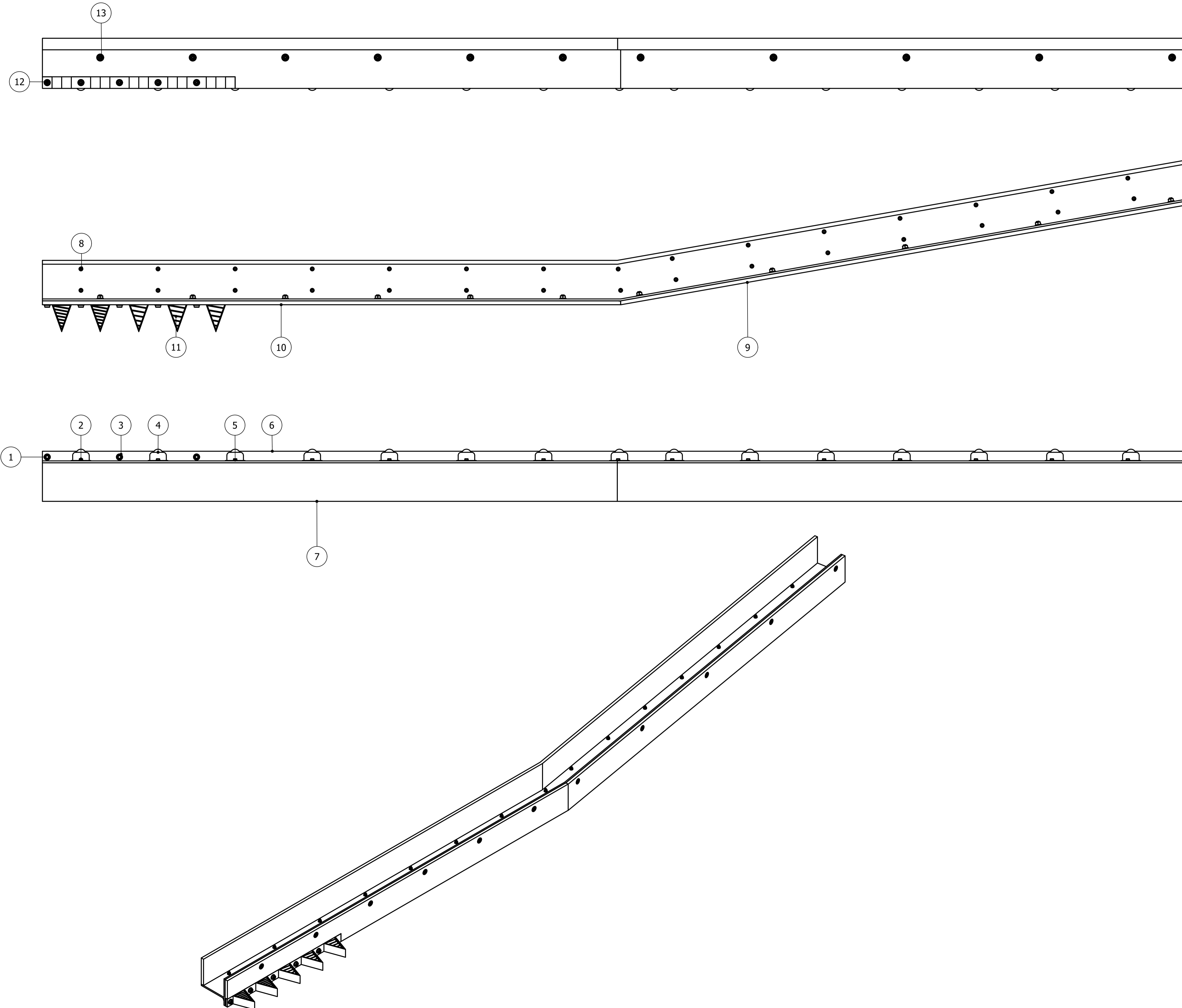


----	2	Carro		Acero de transmisión	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación		Material	Norma	Notas
VIII CICLO		Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Dibujado	30/01/24	G. Velez				
Comprobado	14/02/2024	Ing. J. Loja				
Integración curricular						
Escala:	Tol. gen.:	Subconjunto:				
1:1						
Lámina:	CAV 04	Banda				



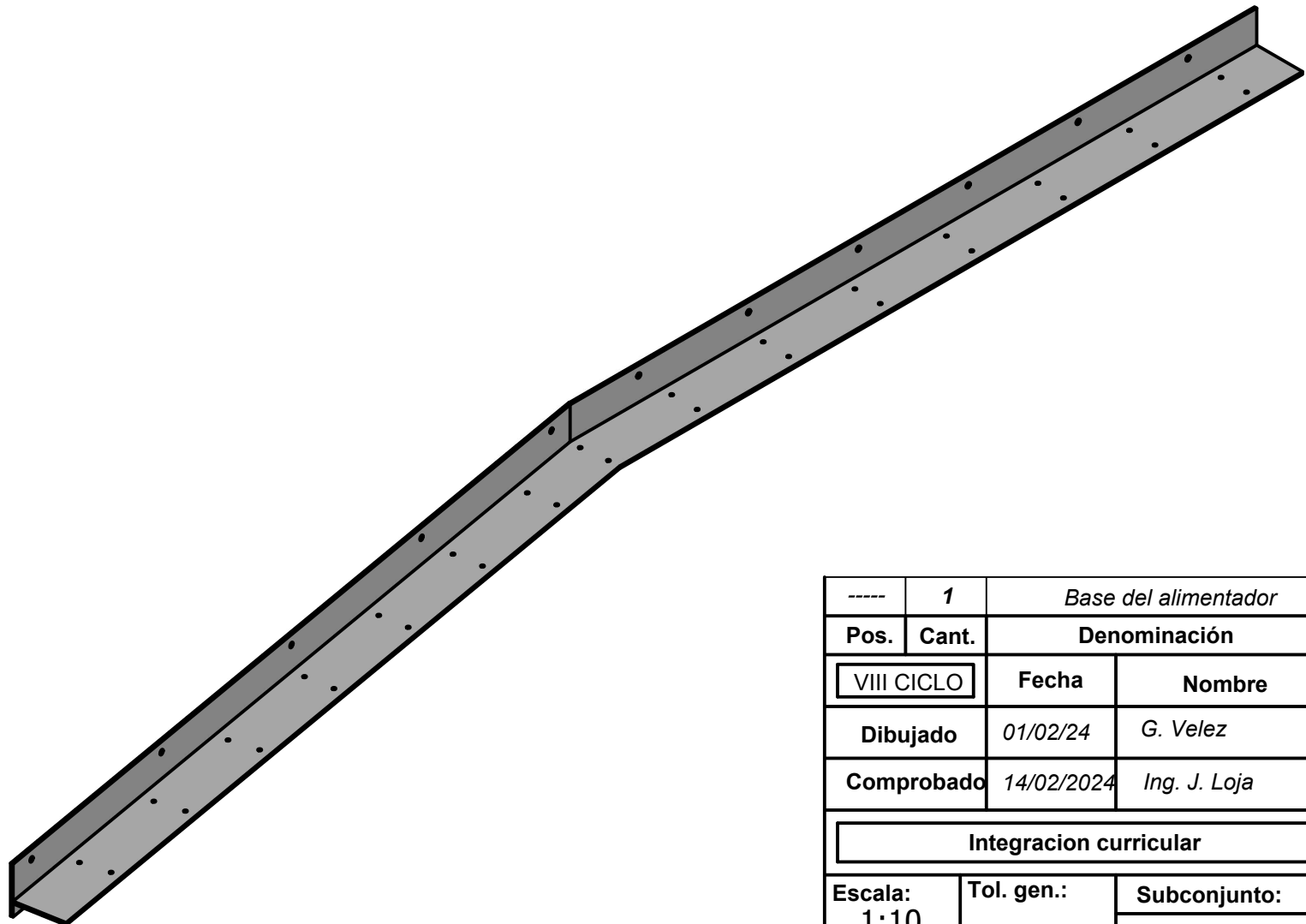
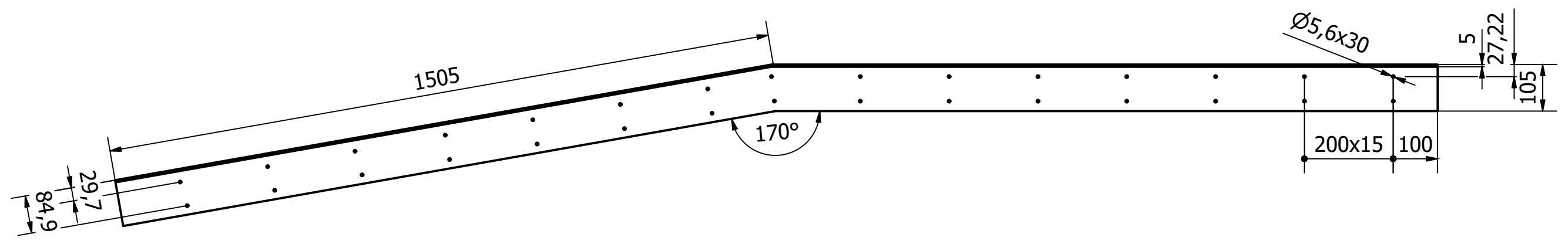
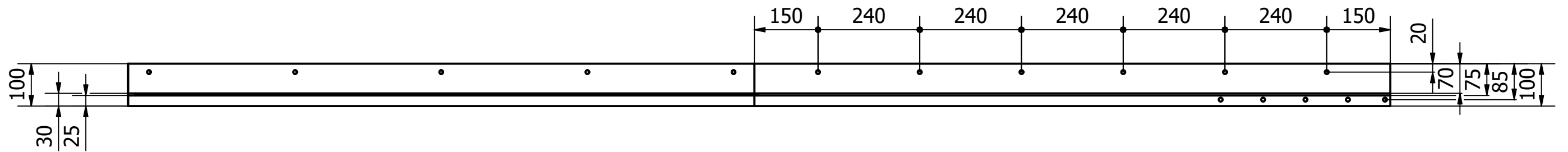
Lista de partes			
Numero	Cantidad	Parte	Descripcion
1	8	Carro de riel	Rollenlaeuffer GN2424-43-S-X
2	2	Platina para la riel	
3	4	Riel	Laufschiene GN2422-43-2000-40-XT
4	1	Alimentador	
5	1	Estructura alimentador	
6	1	Banda	
7	2	Adaptador para la rueda	
8	2	Rueda	C-CSDS80-U

Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
----	1	Banda y alimentador	Varios materiales	SAE 1018	----
VIII CICLO	Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecatrónica		
Dibujado	30/01/24	G. Velez			
Comprobado	14/02/2024	Ing. J. Loja			
Integración curricular					
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto:			
1:10		Banda y alimentador			
Lámina:	CAV 05				

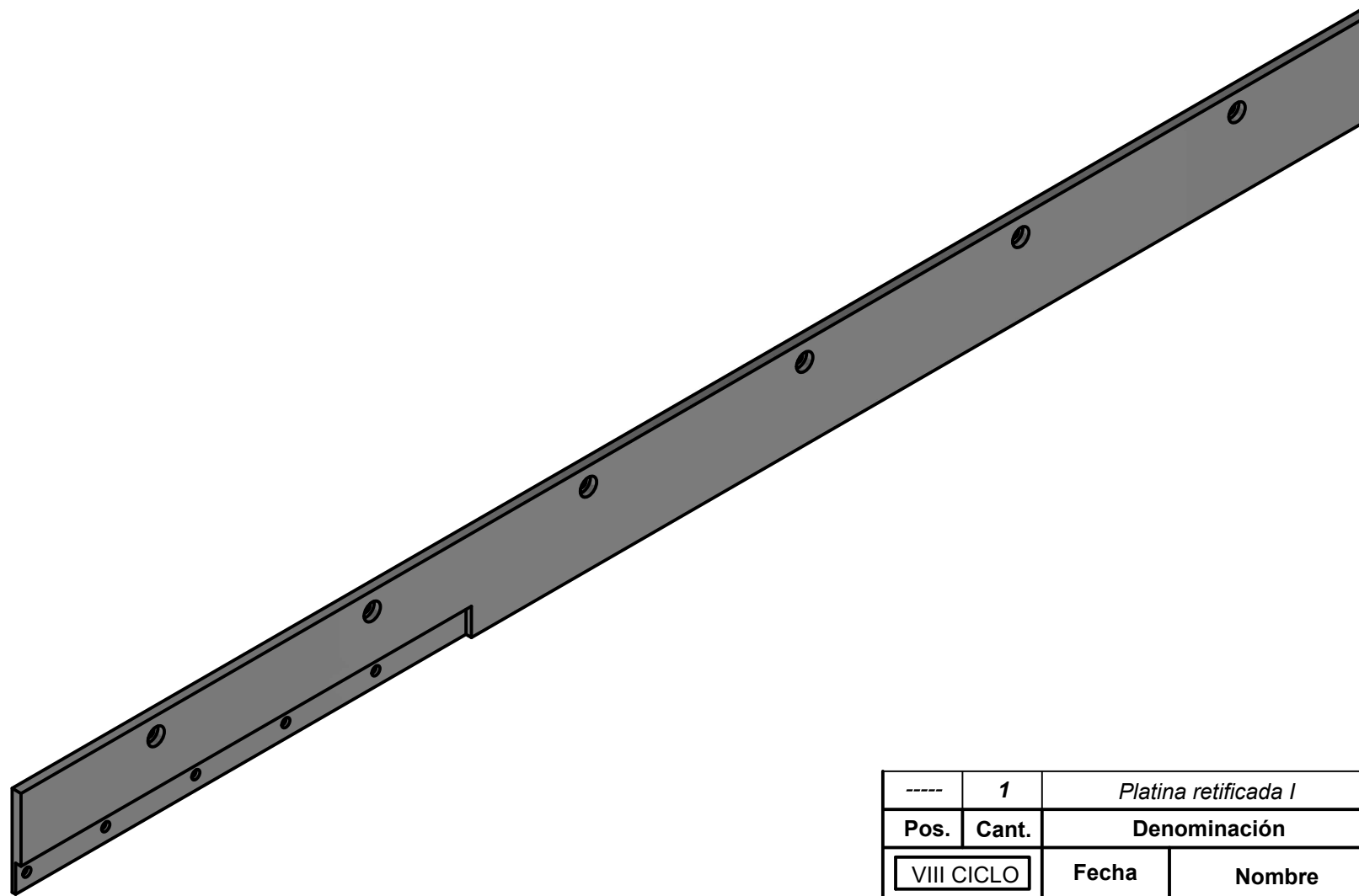
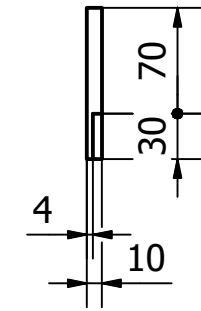
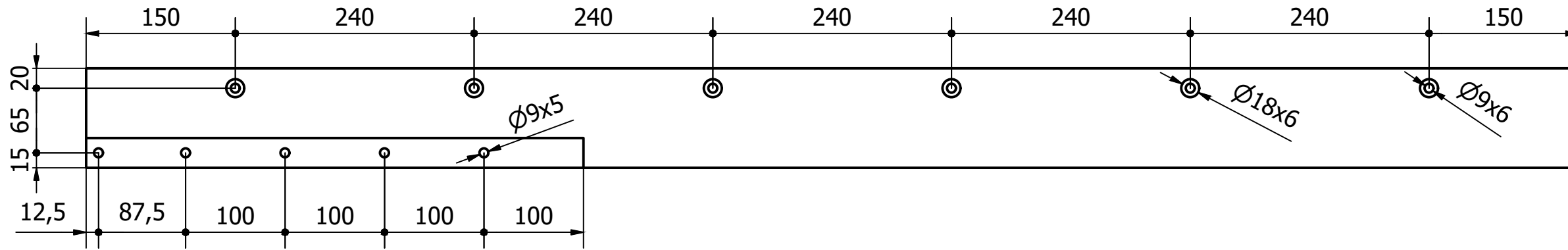


Lista de partes					
Numero	Cantidad	Parte	Descripcion		
1	16	DIN 555-5 - M8	Hex Nut		
2	30	DIN 6912 - M5 x 16	Cylinder Head Cap Screw		
3	32	DIN 125 - A 8,4	Washer		
4	15	Esfera			
5	60	DIN 125 - A 5,3	Washer		
6	1	Base del alimentador			
7	1	Pared de ruedas			
8	30	DIN 555-5 - M5	Hex Nut		
9	1	Platina rectificada de 1500			
10	1	Platina rectificada de 1200			
11	1	Triangulos de empuje			
12	5	DIN 6912 - M8 x 30	Cylinder Head Cap Screw		
13	11	DIN 6912 - M8 x 20	Cylinder Head Cap Screw		

-----	1	Alimentador	Varios materiales	SAE 1018	-----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecatrónica		
Dibujado	30/01/24	G. Velez			
Comprobado	14/02/2024	Ing. J. Loja			
Integración curricular					
Escala:	Tol. gen.:	Subconjunto:			
1 : 5					
Lámina:	CAV 06	Banda y alimentador			

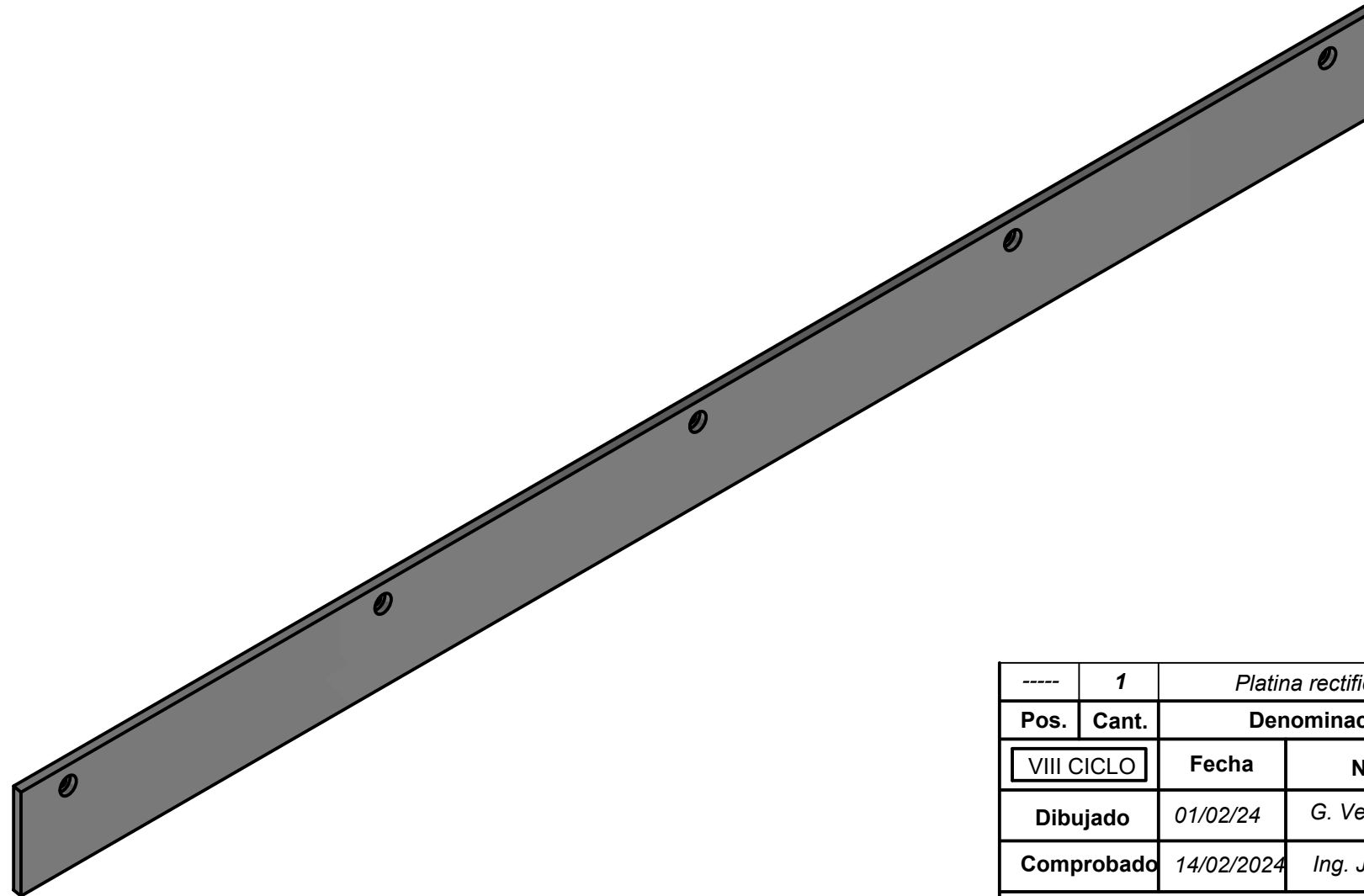
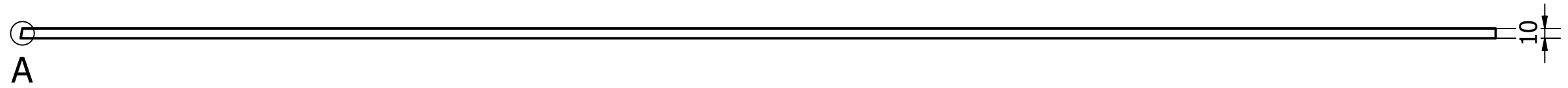
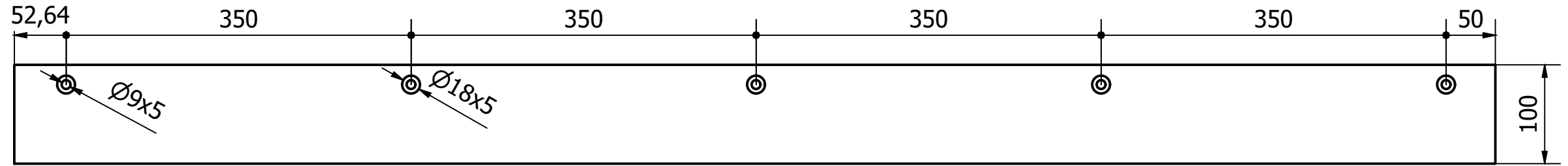
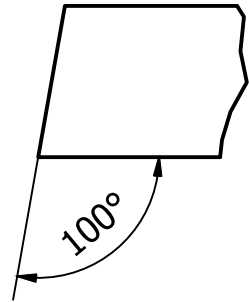


----	1	Base del alimentador		Acero de transmisión	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación		Material	Norma	Notas
VIII CICLO		Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Dibujado	01/02/24	G. Velez				
Comprobado	14/02/2024	Ing. J. Loja				
Integración curricular						
Escala:	Tol. gen.:	Subconjunto:				
1:10		Alimentador				
Lámina:	CAV 07					

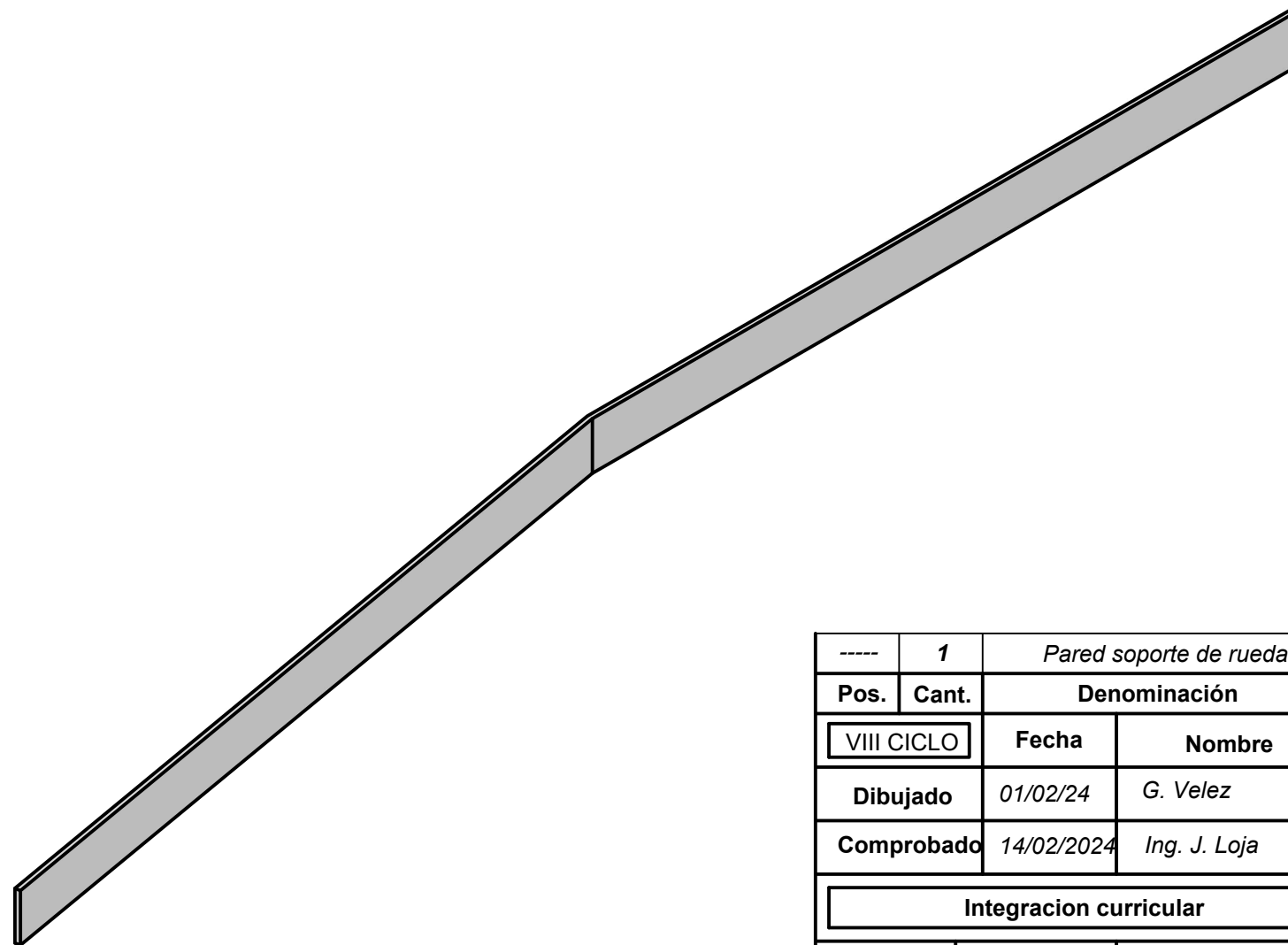
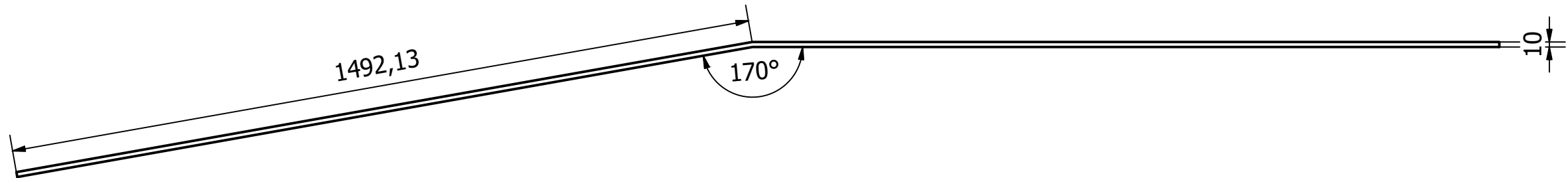
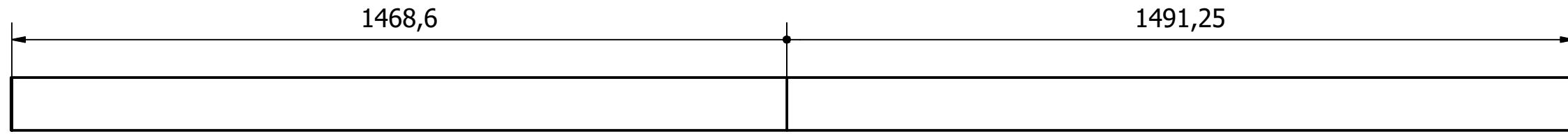


----	1	Platina retificada I		Acero de transmisión	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación		Material	Norma	Notas
VIII CICLO		Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Dibujado		01/02/24	G. Velez			
Comprobado		14/02/2024	Ing. J. Loja			
Integración curricular						
Escala: 1:5		Tol. gen.:		Subconjunto:		
Lámina: CAV 08		Alimentador				

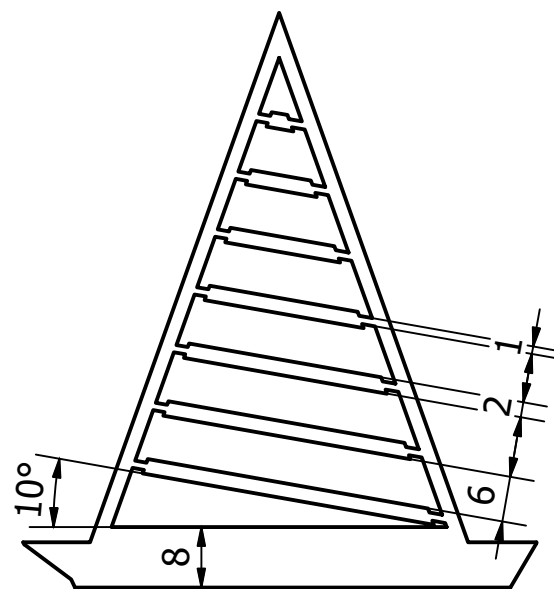
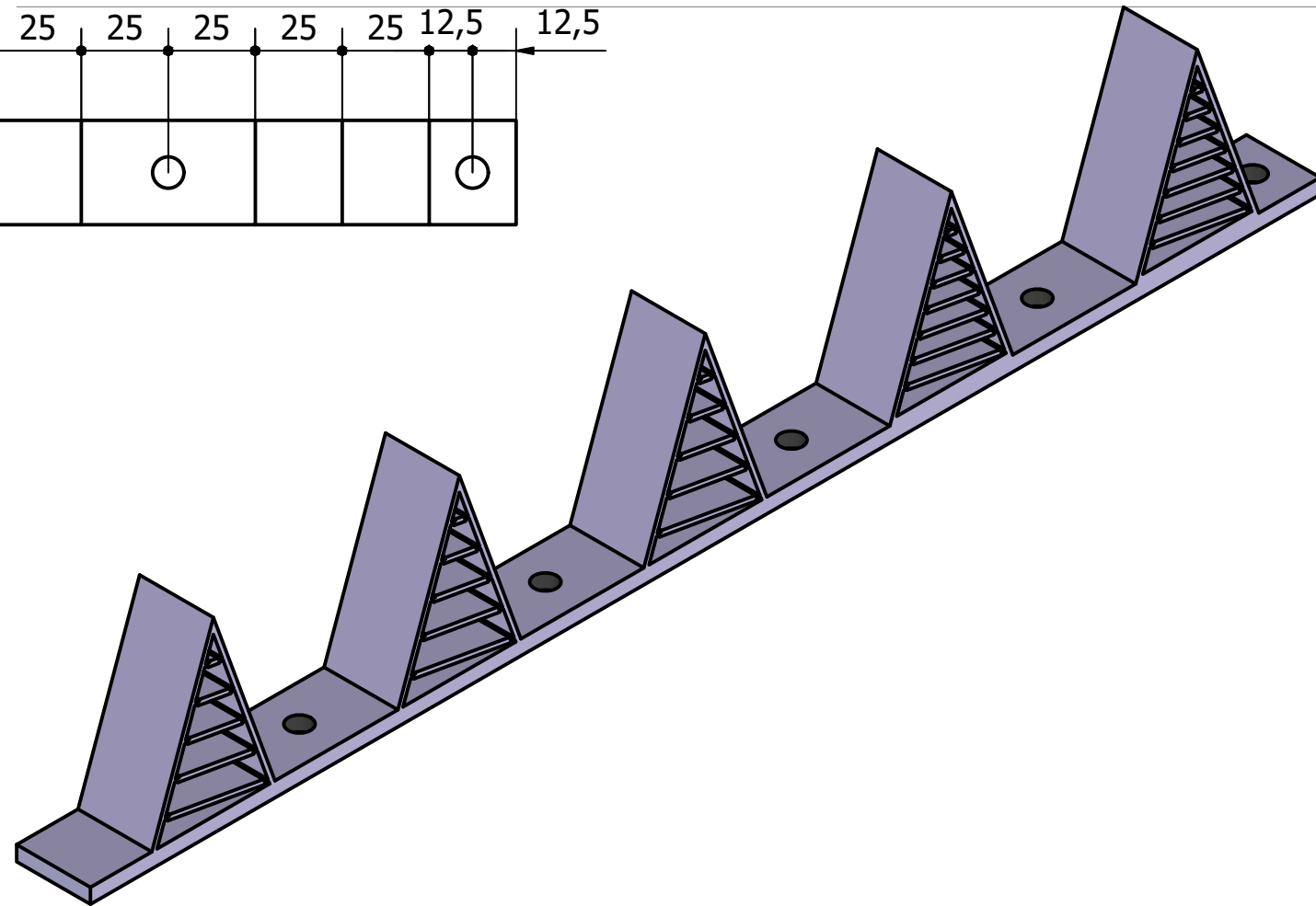
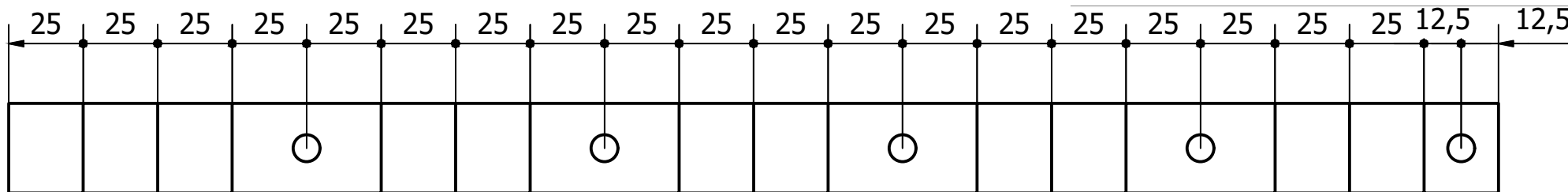
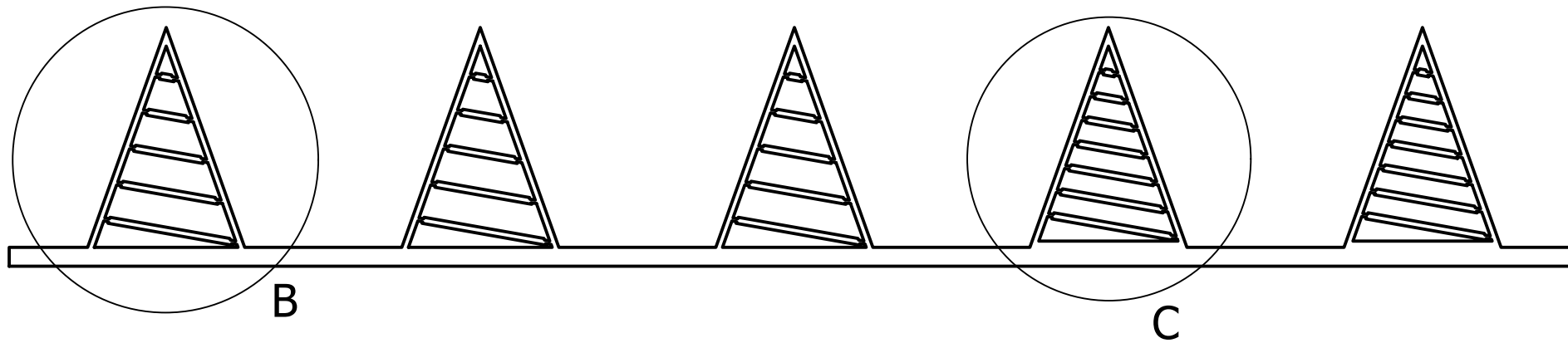
A (2: 1)



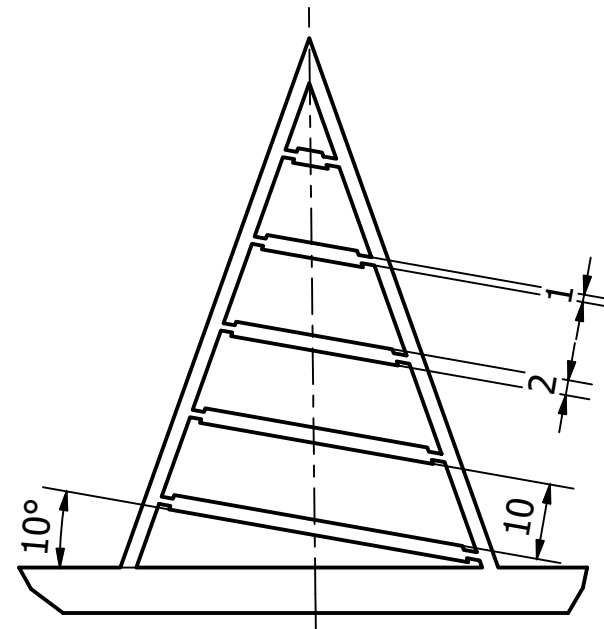
----	1	Platina rectificada II		Acero de transmisión	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación		Material	Norma	Notas
VIII CICLO		Fecha	Nombre	<p>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA</p> <p>INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica</p>		
Dibujado		01/02/24	G. Velez			
Comprobado		14/02/2024	Ing. J. Loja			
Integración curricular						
Escala: 1:5		Tol. gen.:		Subconjunto:		
Lámina: CAV 09		Alimentador				



----	1	Pared soporte de ruedas		Acero de transmisión	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación		Material	Norma	Notas
VIII CICLO		Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Dibujado	01/02/24	G. Velez				
Comprobado	14/02/2024	Ing. J. Loja				
Integración curricular						
Escala:	Tol. gen.:	Subconjunto:				
1:5		Alimentador				
Lámina:	CAV 10					

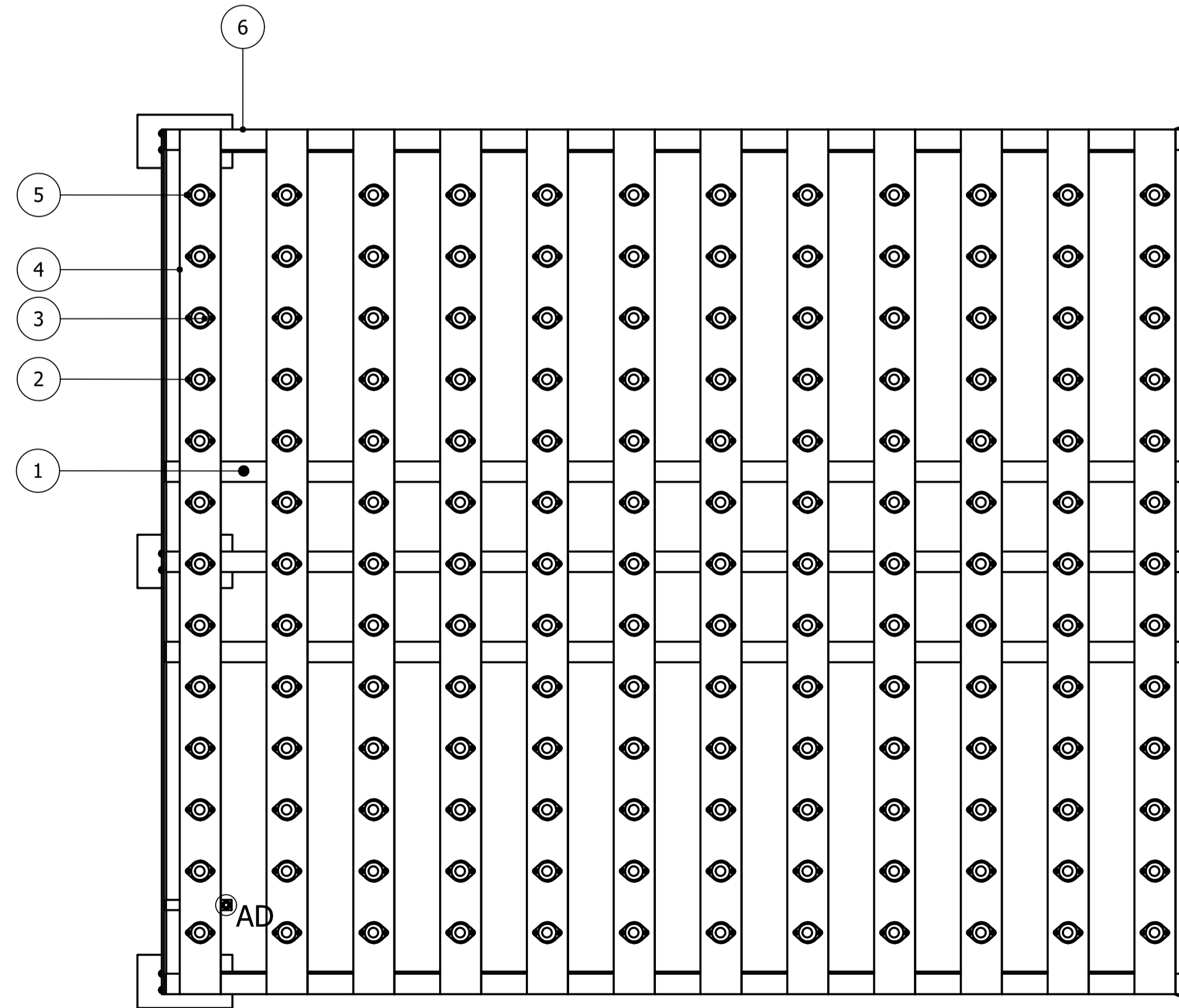
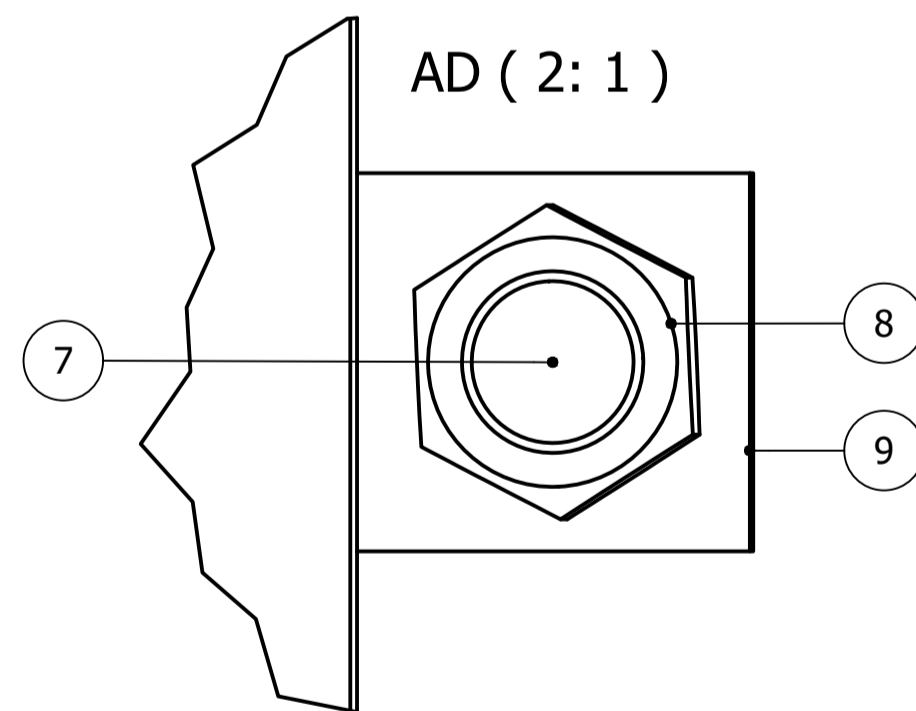
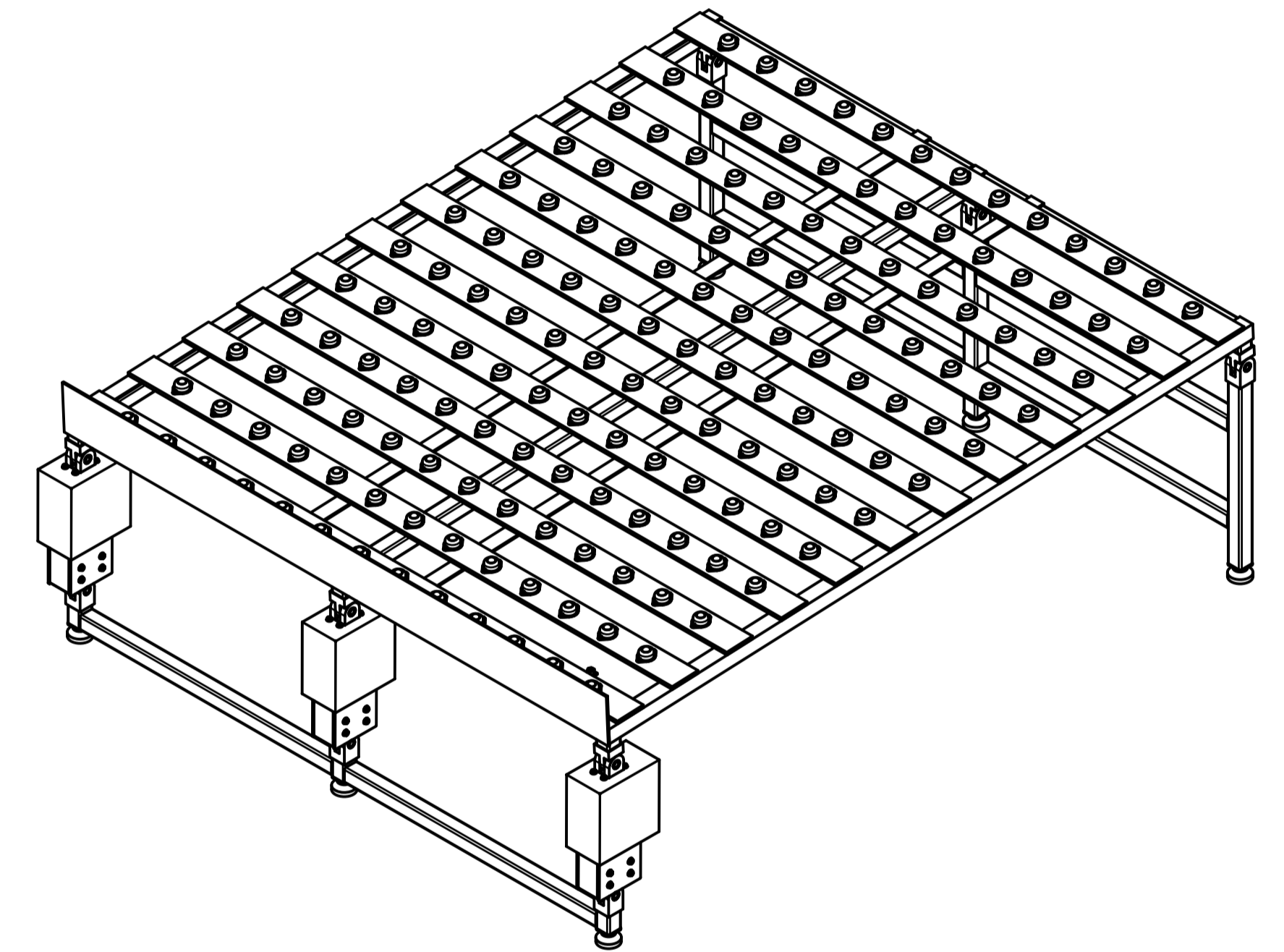
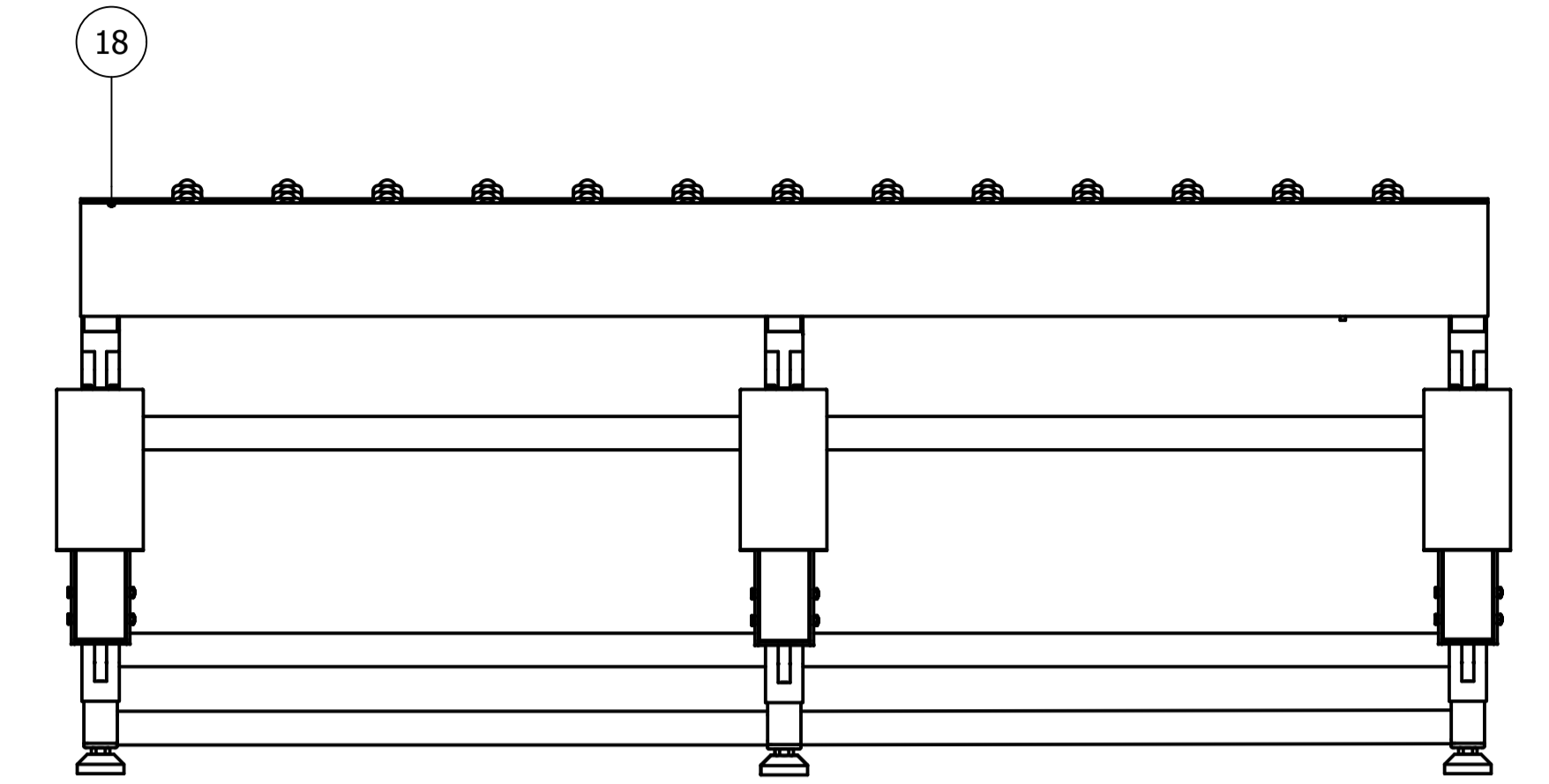
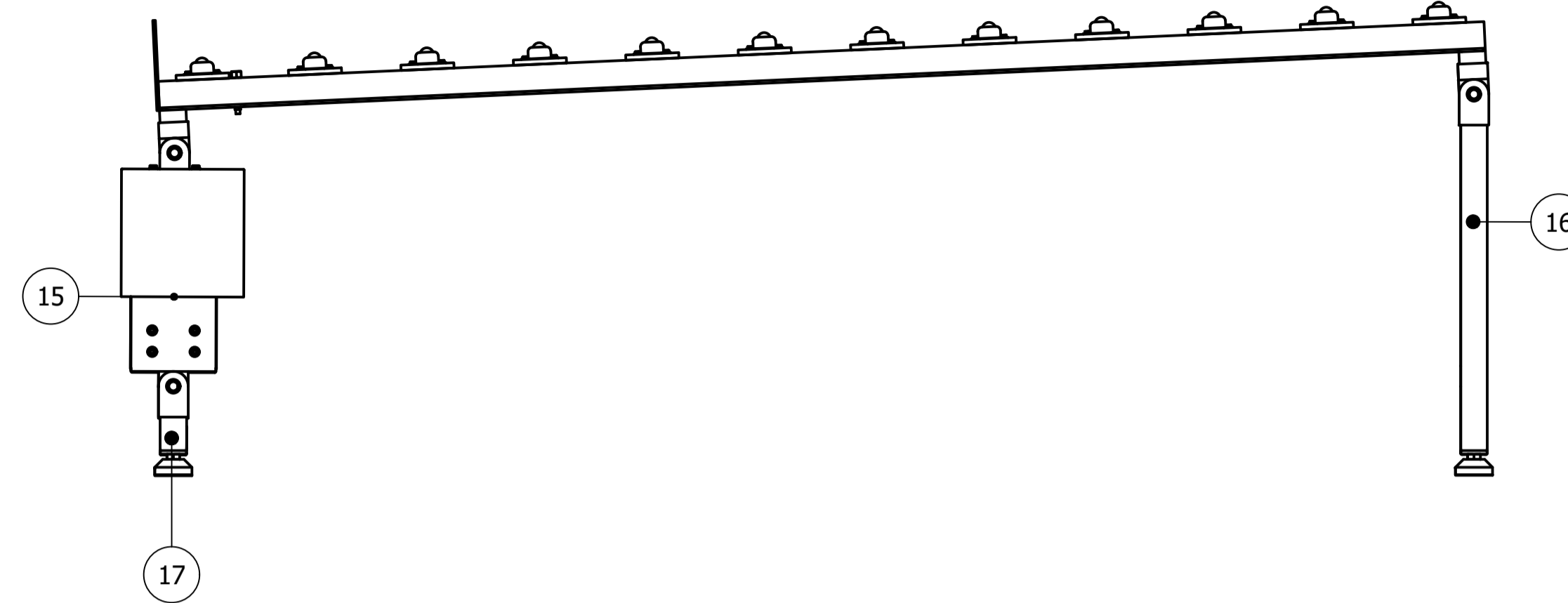
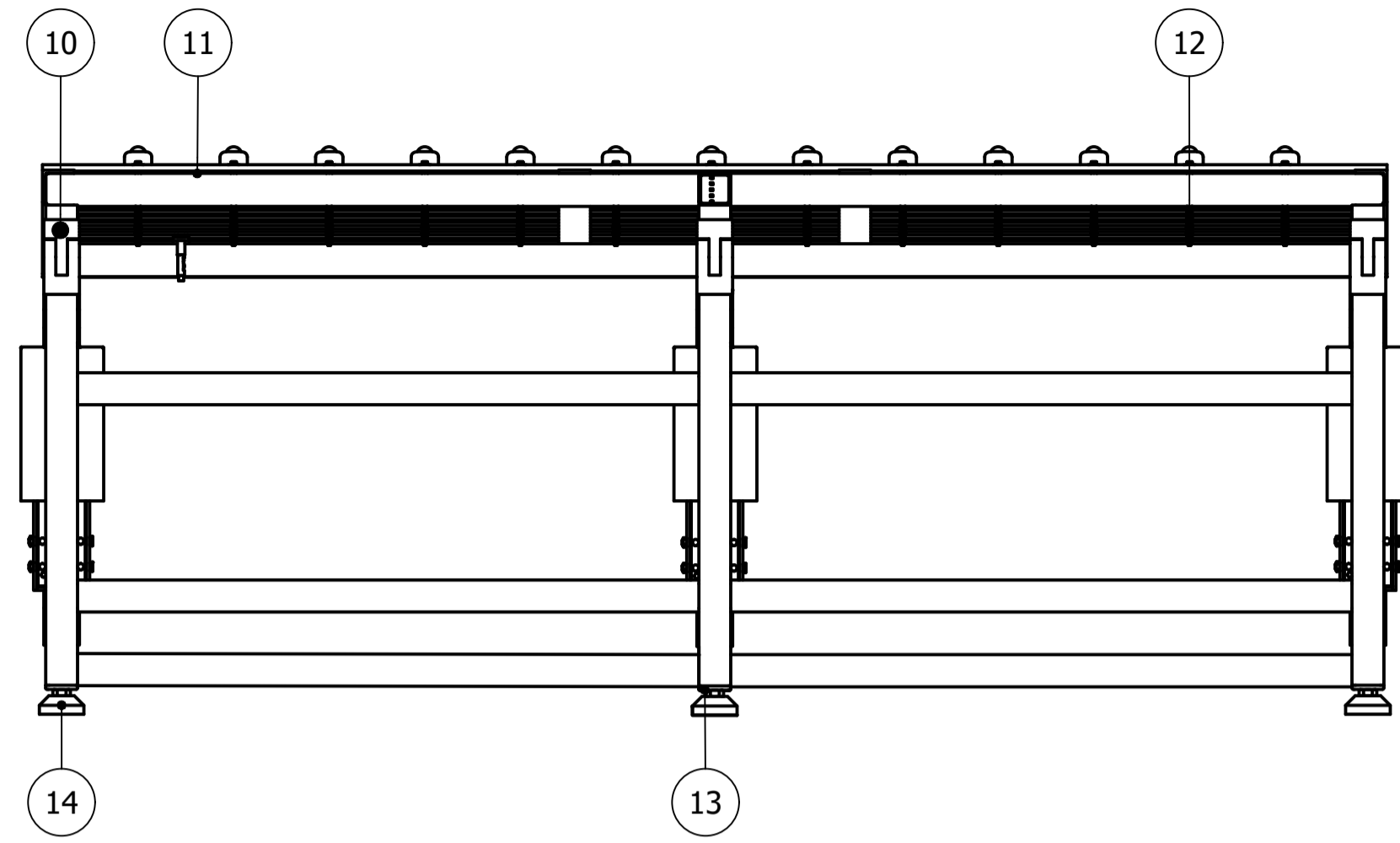


C (1:1)



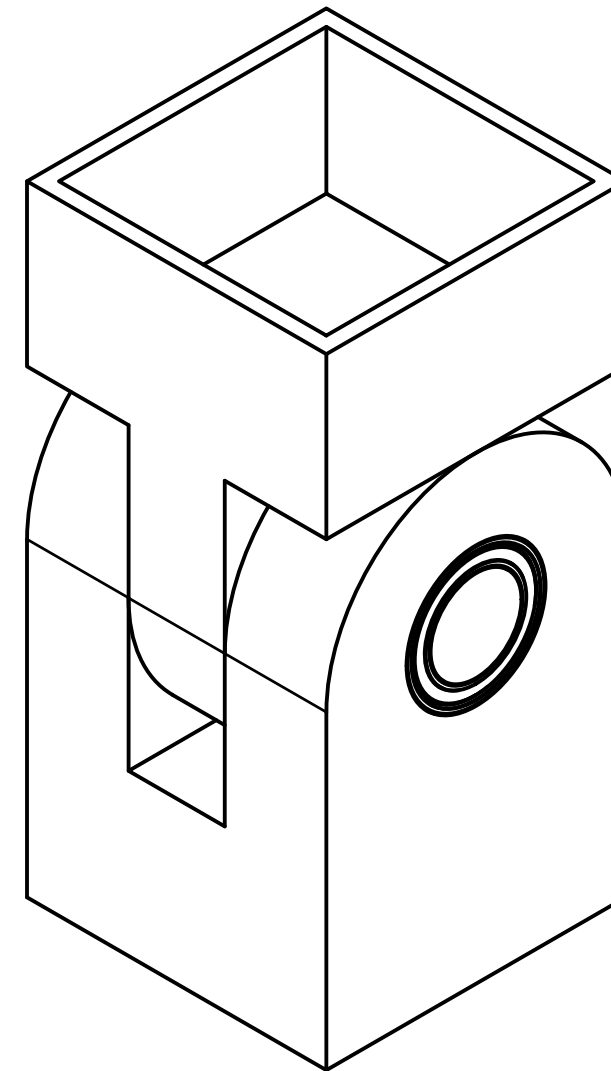
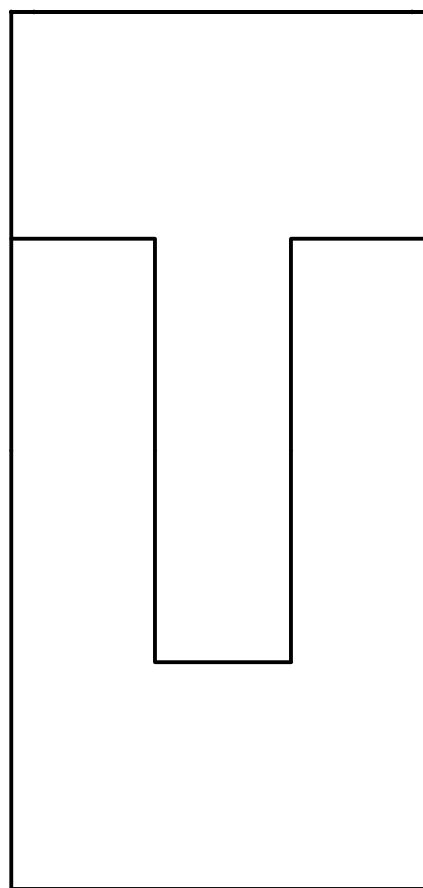
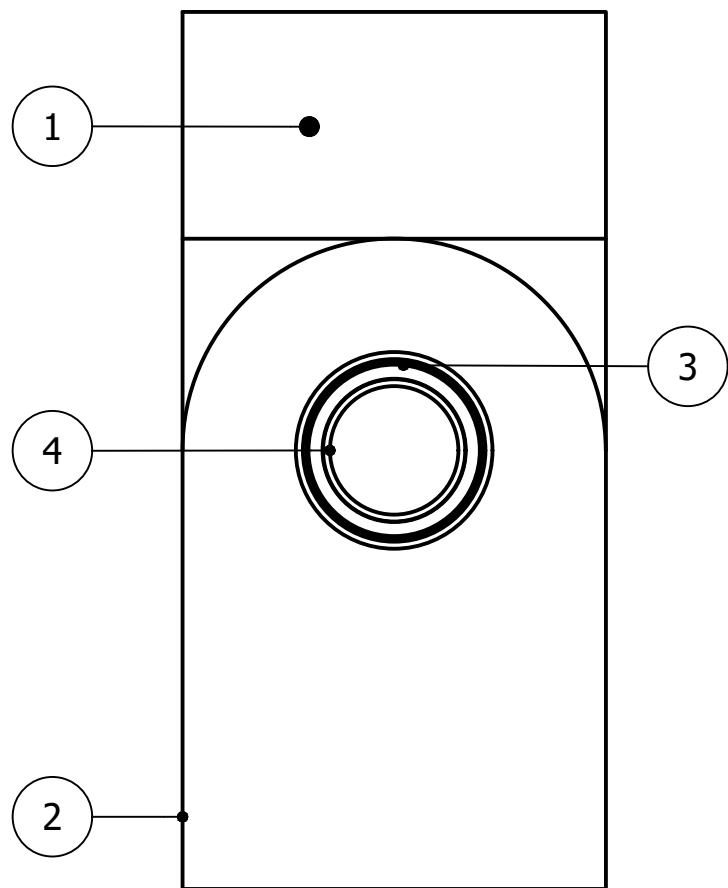
B (1:1)


----	1	Triangulos de empuje	Acero de transmisión	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Dibujado	01/02/24	G. Velez			
Comprobado	14/02/2024	Ing. J. Loja			
Integración curricular					
Escala: 1:2	Tol. gen.:	Subconjunto:			
Lámina: CAV 11	Alimentador				

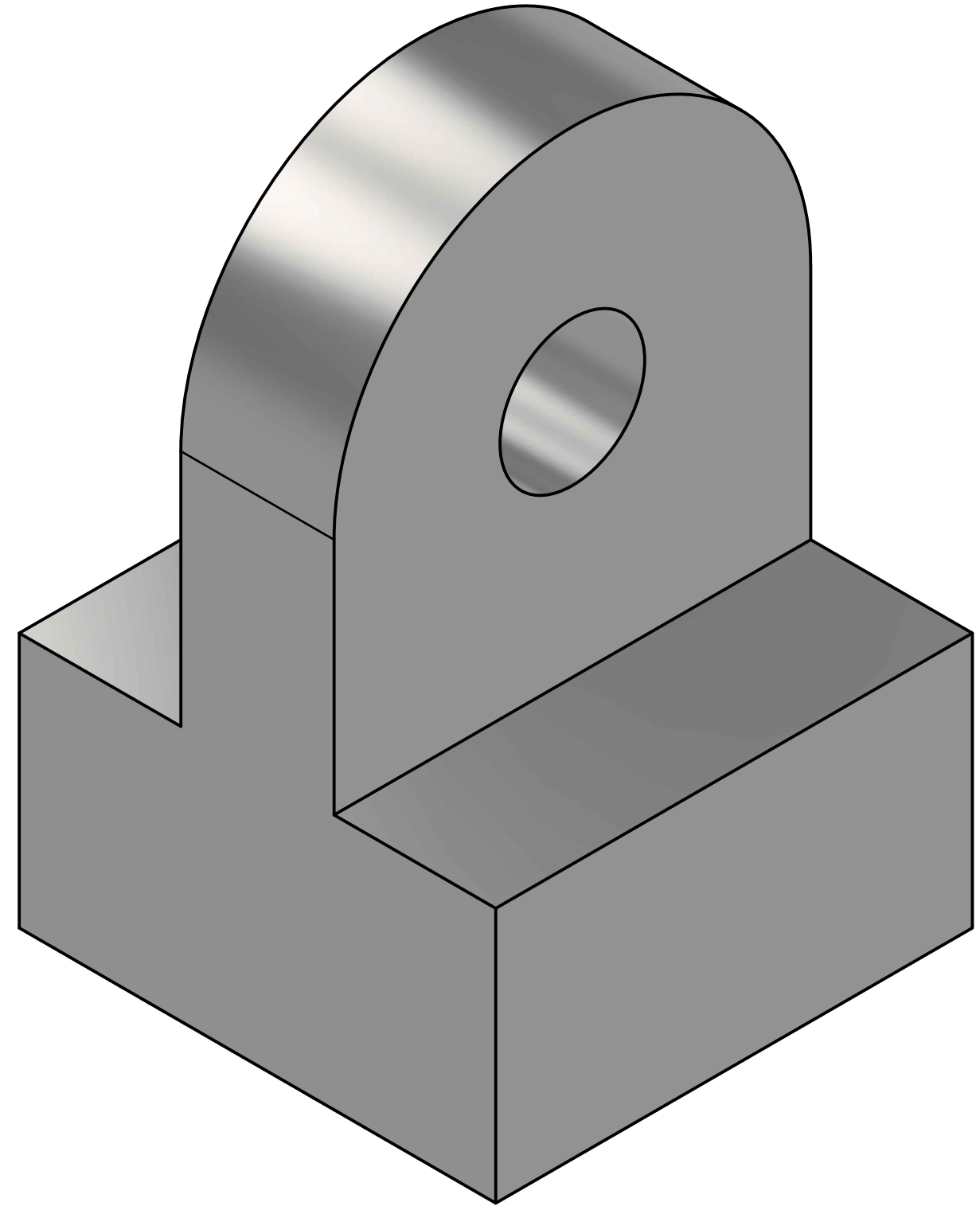
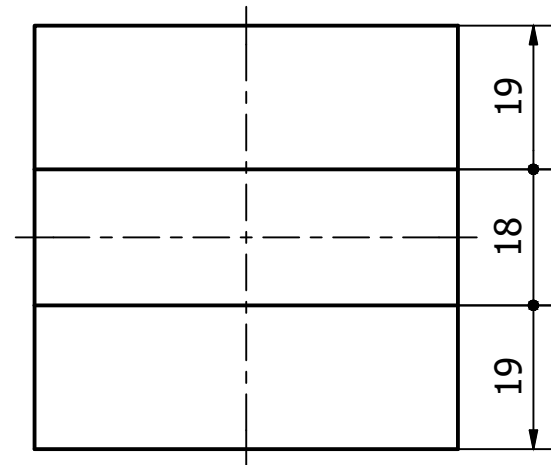
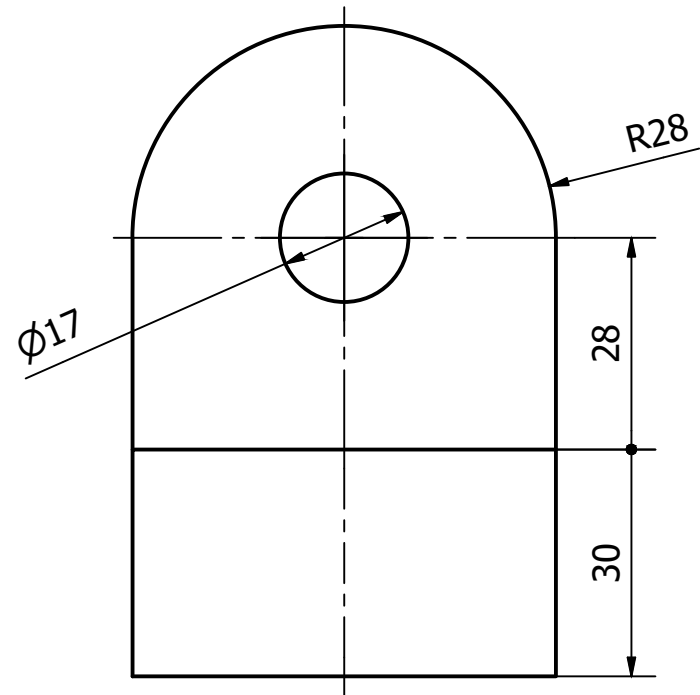


Lista de partes			
Numero	Cantidad	Parte	Descripcion
1	2	Soporte interno	
2	312	DIN 6912 - M5 x 20	Cylinder Head Cap Screw
3	156	Esfera	
4	12	Platina para las esferas	
5	624	DIN 125 - A 5,3	Washer
6	2	Angulo de soporte lateral	
7	1	Sensor Capacitivo	
8	1	ISO 4034 - M12	Hex Nut
9	1	Soporte para el sensor	
10	6	Junta rotatoria	
11	1	Estructura superior	
12	312	DIN 555-5 - M5	Hex Nut
13	6	Tapon de las patas	BK38.0206.050050016151 NOX
14	6	Pata	C-CFBR70-16-100
15	3	Conjunto piston	
16	1	Estrutura patas largas	
17	1	Estrutura patas cortas	Washer
18	1	Tope	

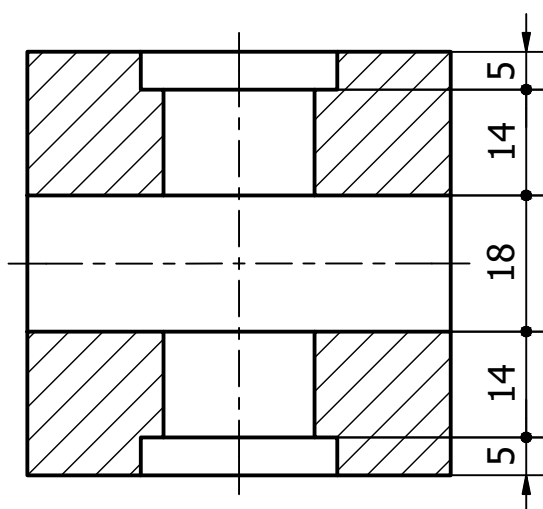
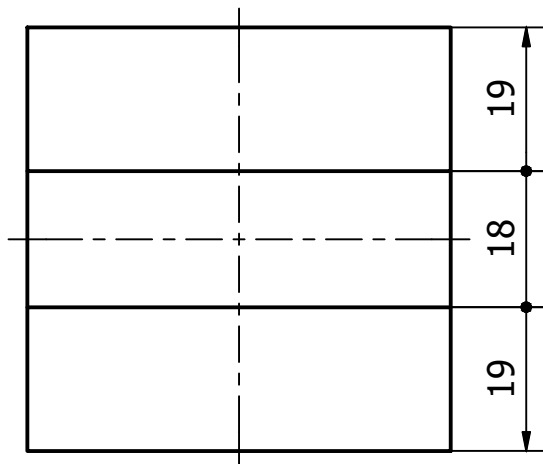
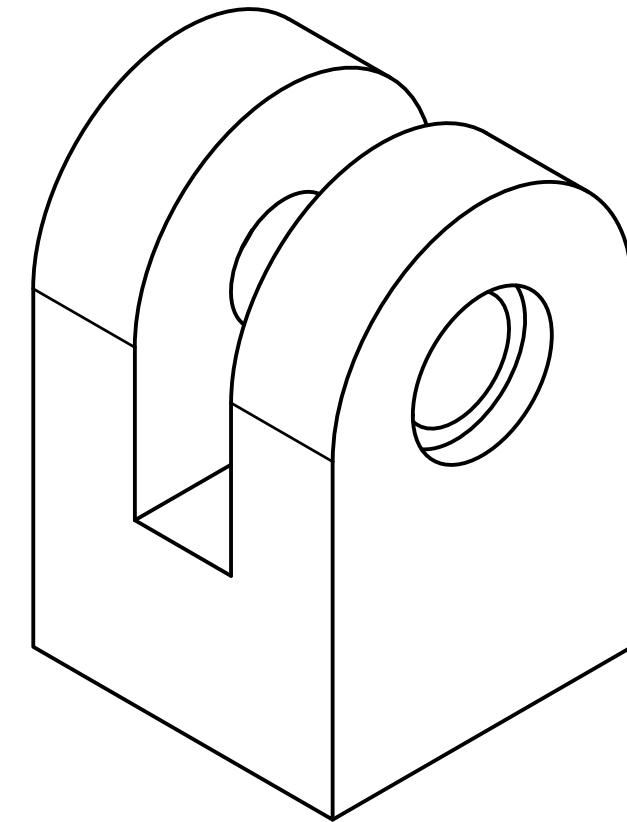
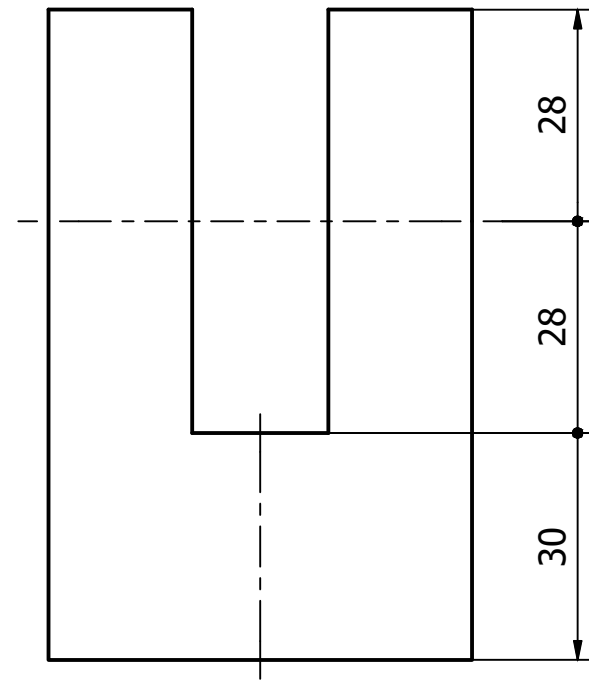
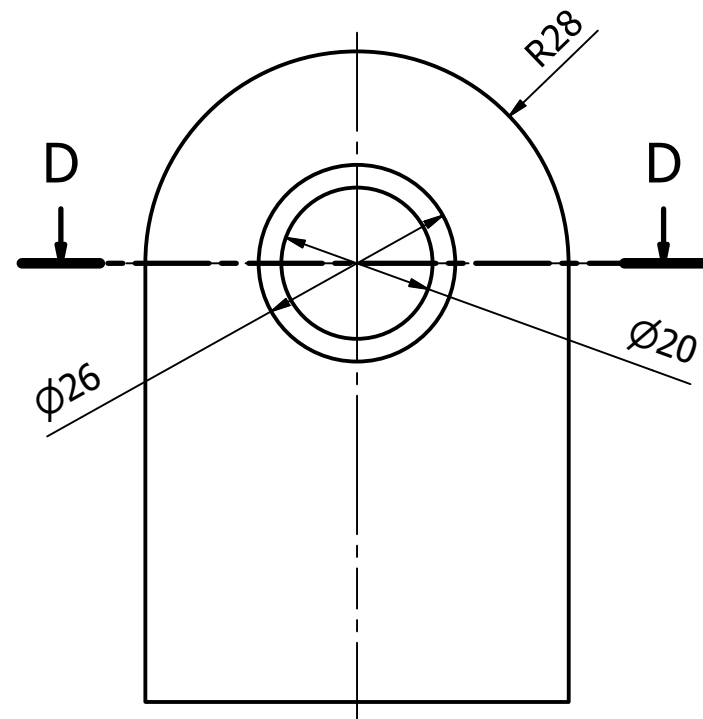
-----		Mesa de esferas		Varios materiales		SAE 1018		-----	
Pos.	Cant.	Denominación		Material		Norma		Notas	
VIII CICLO	Fecha	Nombre		 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecatrónica					
Dibujado	01/02/24	G. Velez							
Comprobado	14/02/2024	Ing. J. Loja							
Integración curricular									
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto:							
1:10		Mesa de esferas							
Lámina:	CAV 12								



Lista de partes				-----	1	Junta rotatoria	Acero de transmision	SAE 1018	-----
Numero	Cantidad	Parte	Descripcion	Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
1	1	Seccion superior de junta rotatoria		VIII CICLO		Fecha	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
				Dibujado	01/02/24	G. Velez			
				Comprobado	14/02/2024	Ing. J. Loja			
2	1	Seccion inferior de junta rotatoria		Integracion curricular					
3	2	Rodamiento 26mm	skf_bearing_w_61803-2z_2	Escala: 1:1	Tol. gen.:	Conjunto:			
4	1	Pivote de junta rotatoria		Lámina: CAV 13	Mesa de esferas				

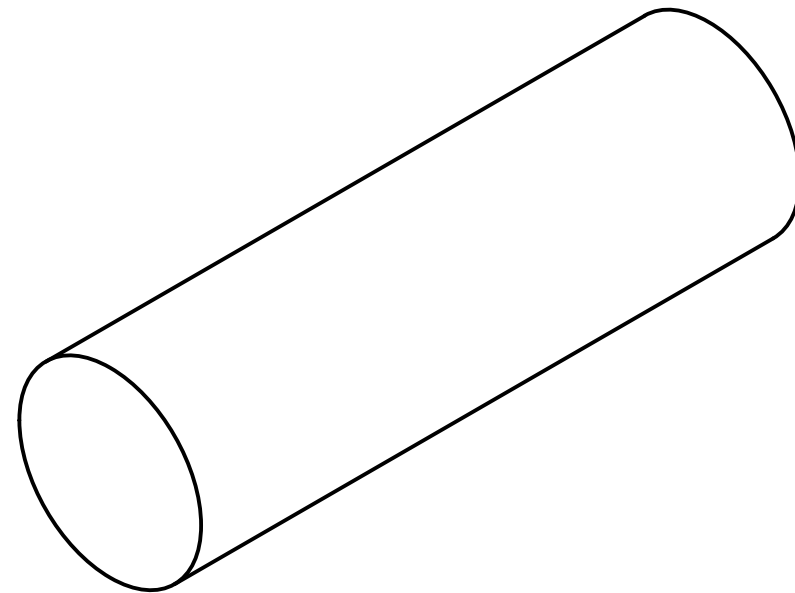
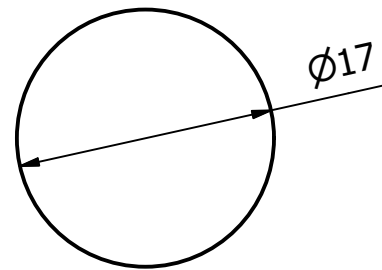
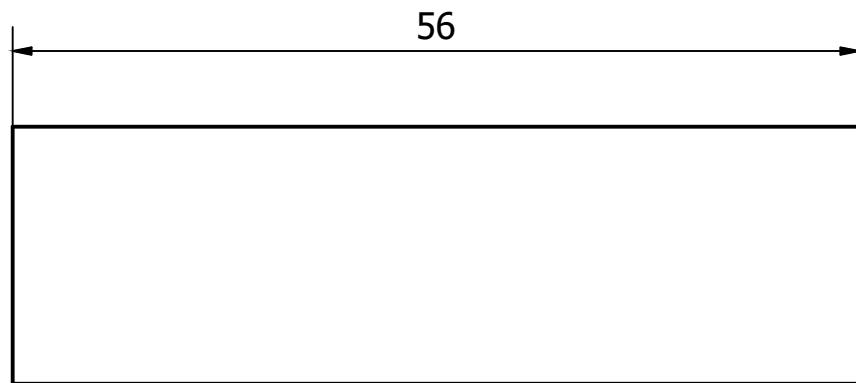


----	1	Junta rotatoria inferior	Acero de transmision	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Dibujado	01/02/24	G. Velez			
Comprobado	14/02/2024	Ing. J. Loja			
Integracion curricular					
Escala:	Tol. gen.:	Subconjunto:			
1:1		Junta rotatoria			
Lámina:	CAV 14				

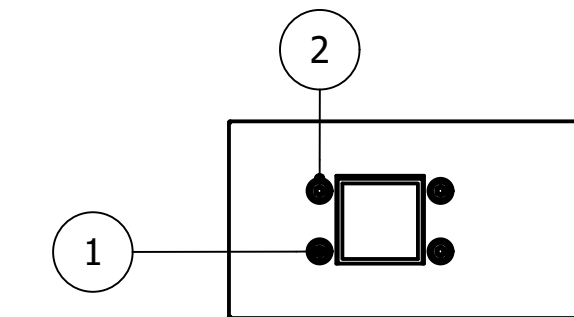
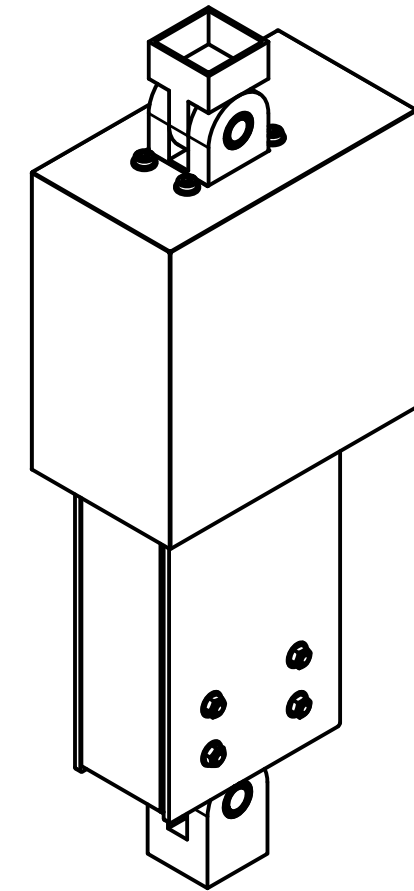
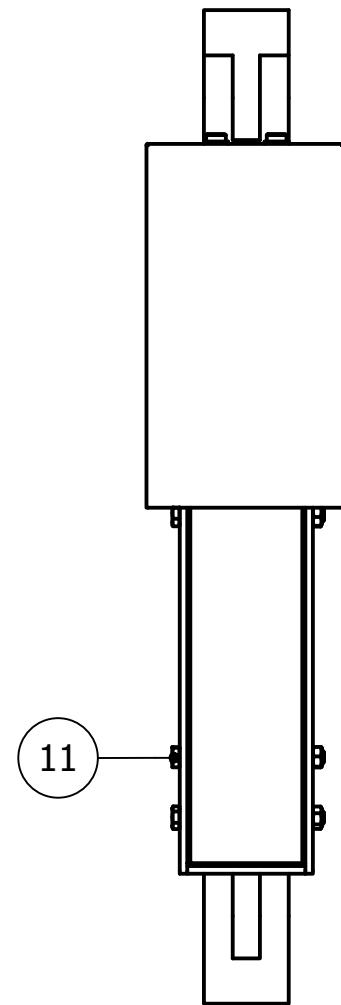
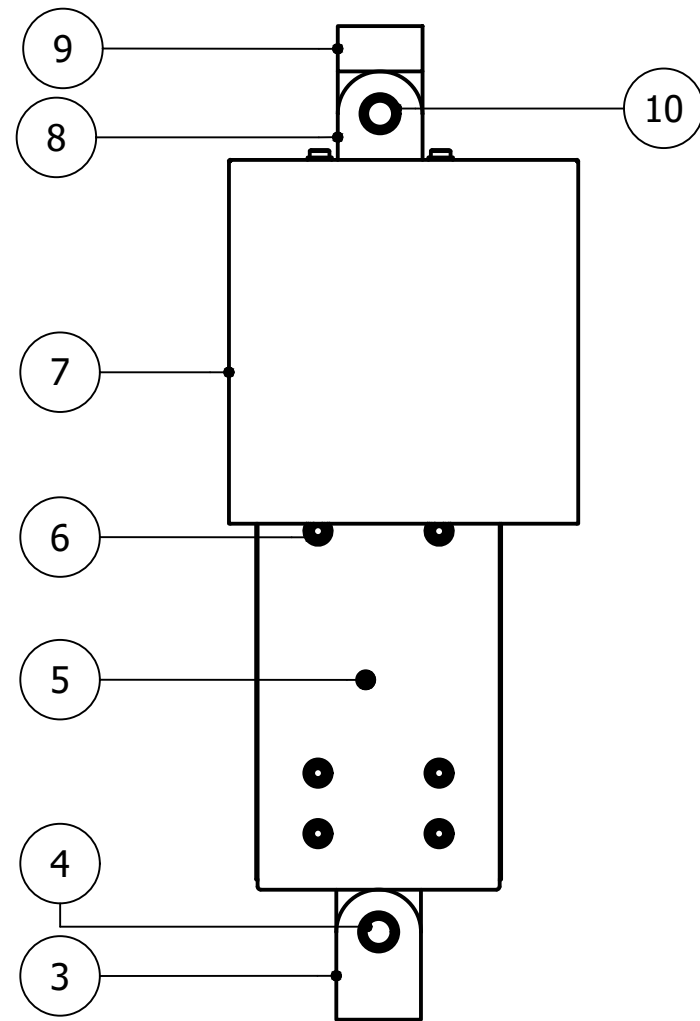


D-D (1 : 1)

----	1	Junta rotatoria superior		Acero de transmision	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación		Material	Norma	Notas
VIII CICLO		Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Dibujado	01/02/24	G. Velez				
Comprobado	14/02/2024	Ing. J. Loja				
Integracion curricular						
Escala:	Tol. gen.:	Subconjunto:				
1:1		Junta rotatoria				
Lámina:	CAV 15					



----	1	Pivote		Acero de transmision	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación		Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre			UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA	
Dibujado	01/02/24	G. Velez				
Comprobado	14/02/2024	Ing. J. Loja				
Integracion curricular				INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto:				
1:1		Junta rotatoria				
Lámina:	CAV 16					



Lista de partes

Numero	Cantidad	Parte	Descripcion
1	4	DIN 6912 - M8 x 20	Cylinder Head Cap Screw
2	16	DIN 125 - A 8,4	Washer
3	1	Inferior junta rotatoria	
4	2	Pivote junta rotatoria	
5	1	Piston	
6	6	DIN 555-5 - M8	Hex Nut
7	1	Cobertura del piston	
8	1	Junta rotatoria piston	
9	1	Superior junta rotatoria	
10	4	Rodamiento 26mm	skf_bearing_w_61803-2z_2
11	6	DIN 933 - M8 x 95	Hex-Head Bolt

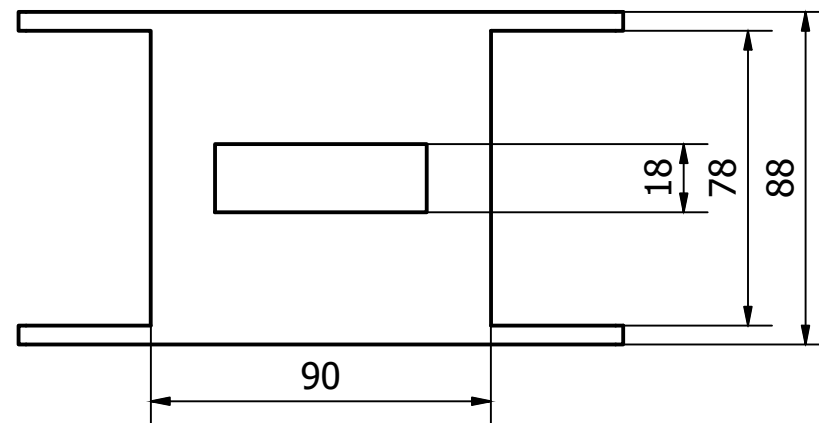
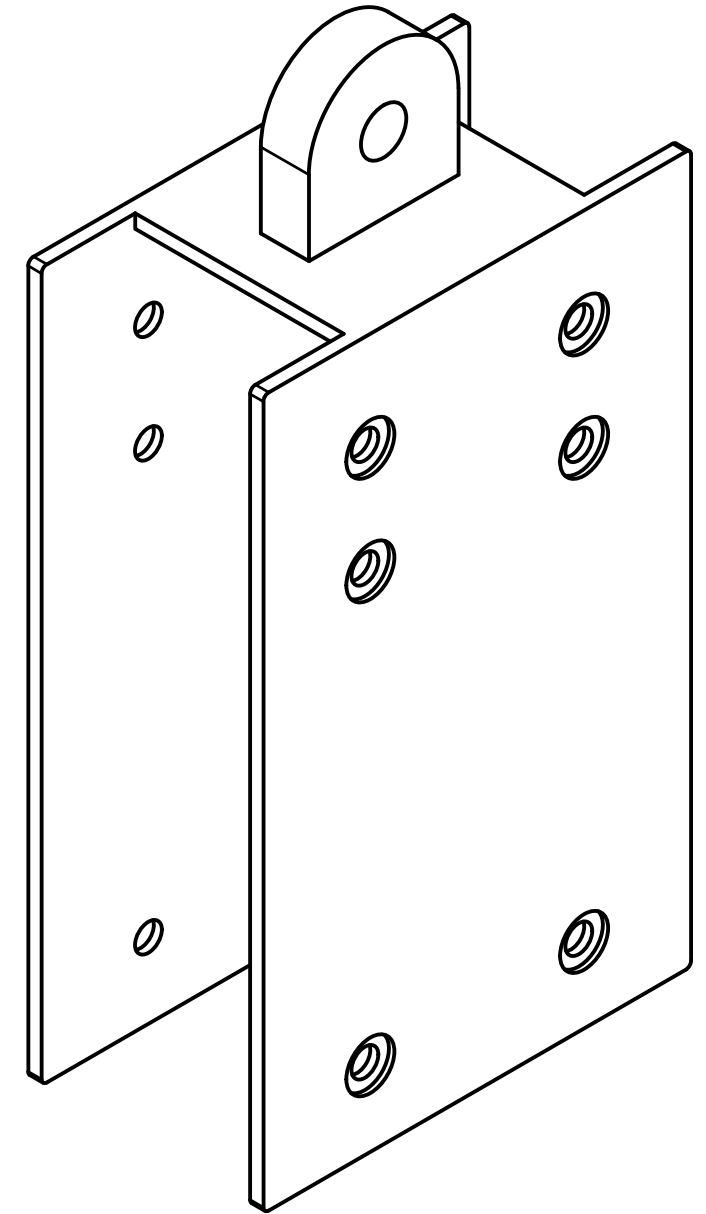
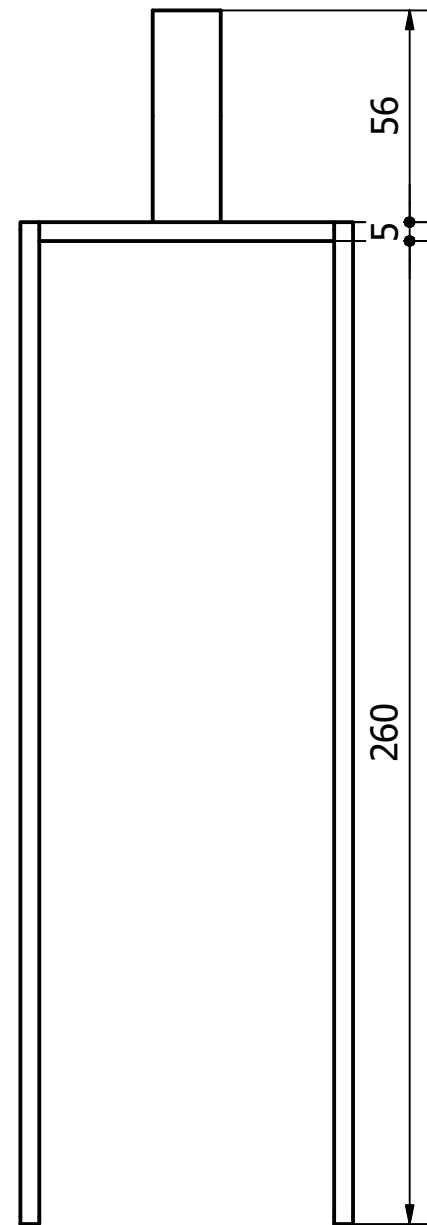
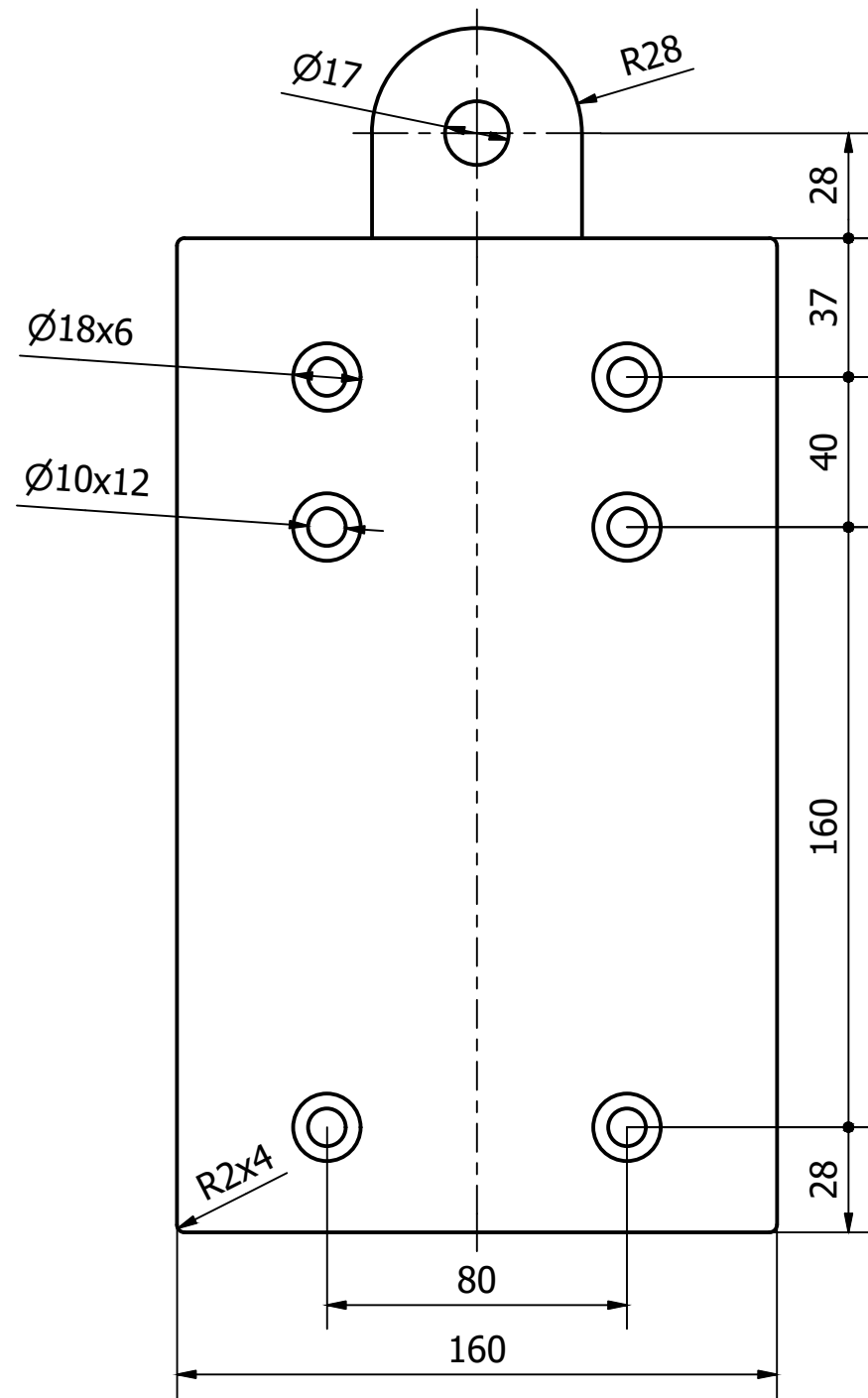
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
-----	1	Conjunto piston	Varios materiales	SAE 1018	-----

VIII CICLO	Fecha	Nombre	
Dibujado	01/02/24	G. Velez	
Comprobado	14/02/2024	Ing. J. Loja	

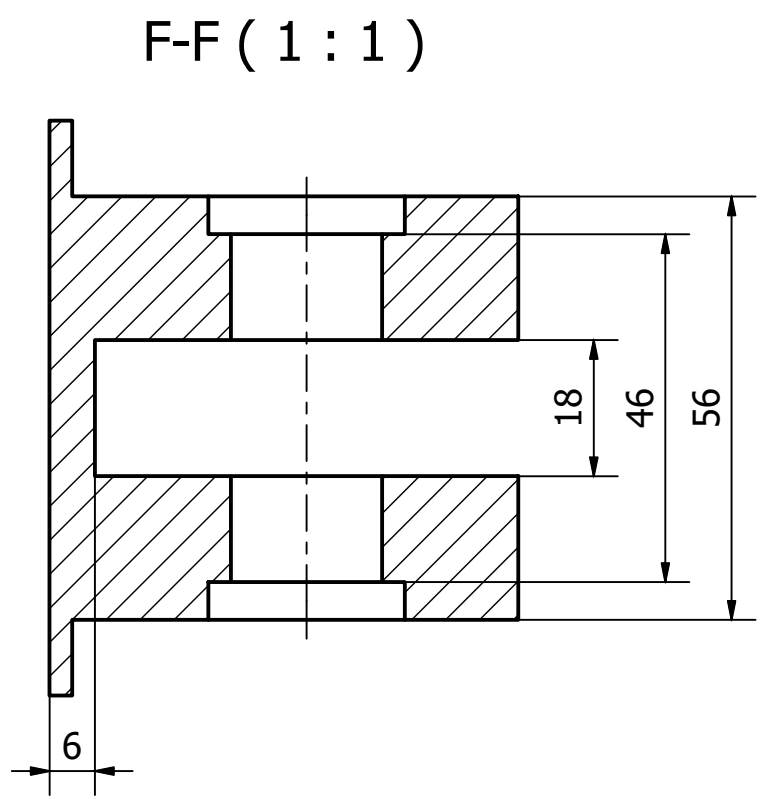
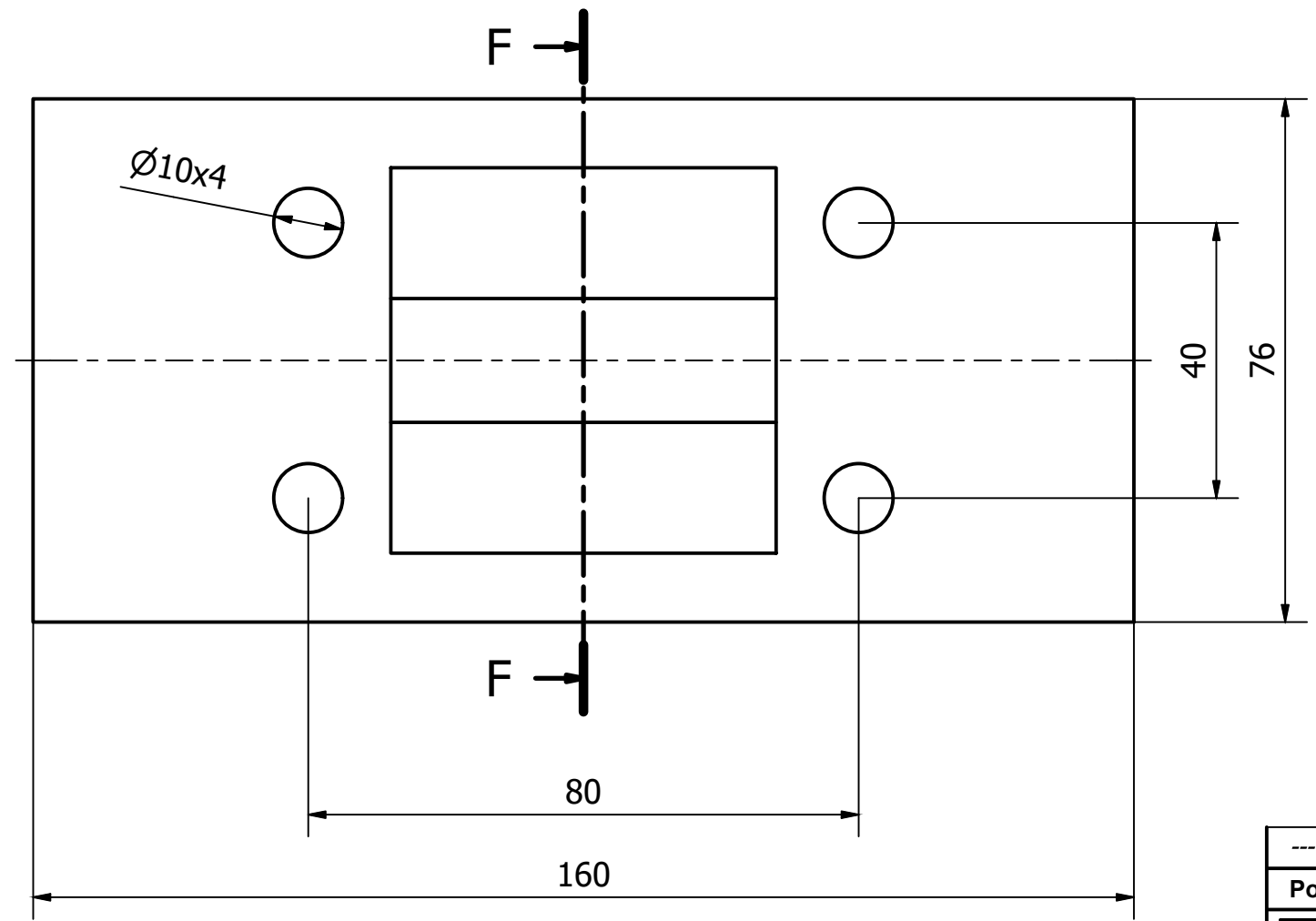
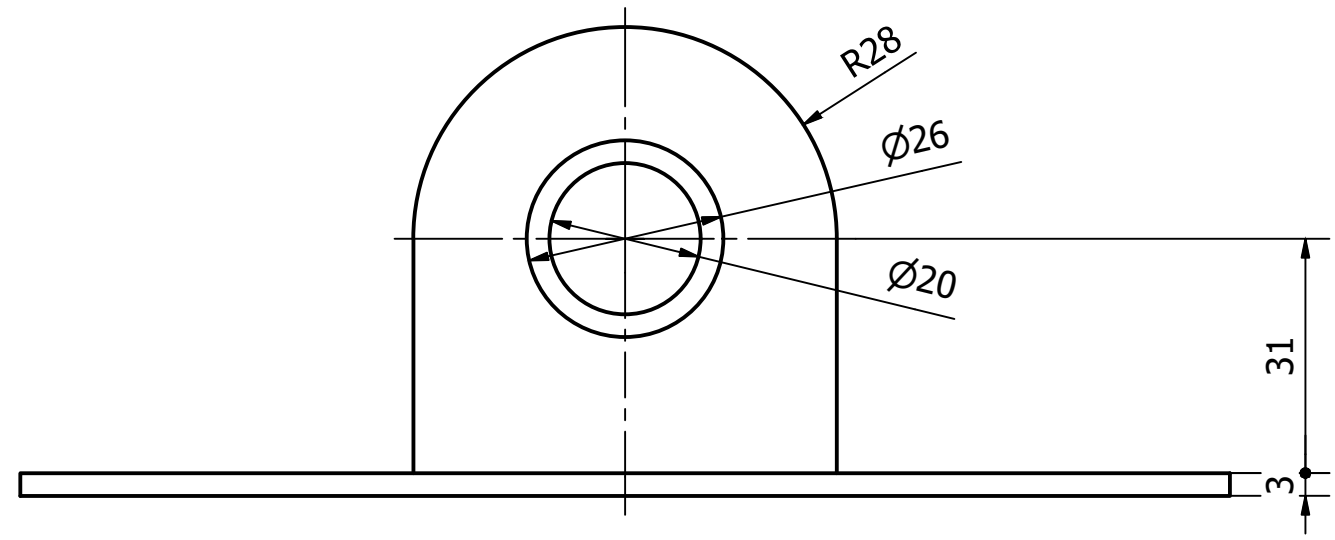
Integracion curricular	INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica
------------------------	--

Escala: 1:5	Tol. gen.:	Conjunto:
----------------	------------	-----------

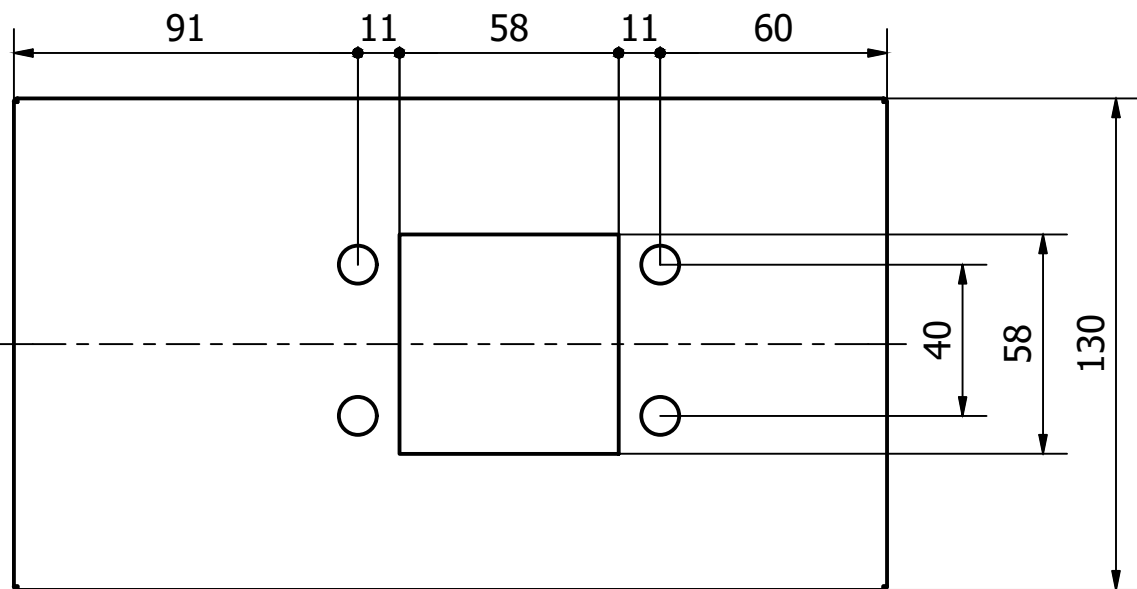
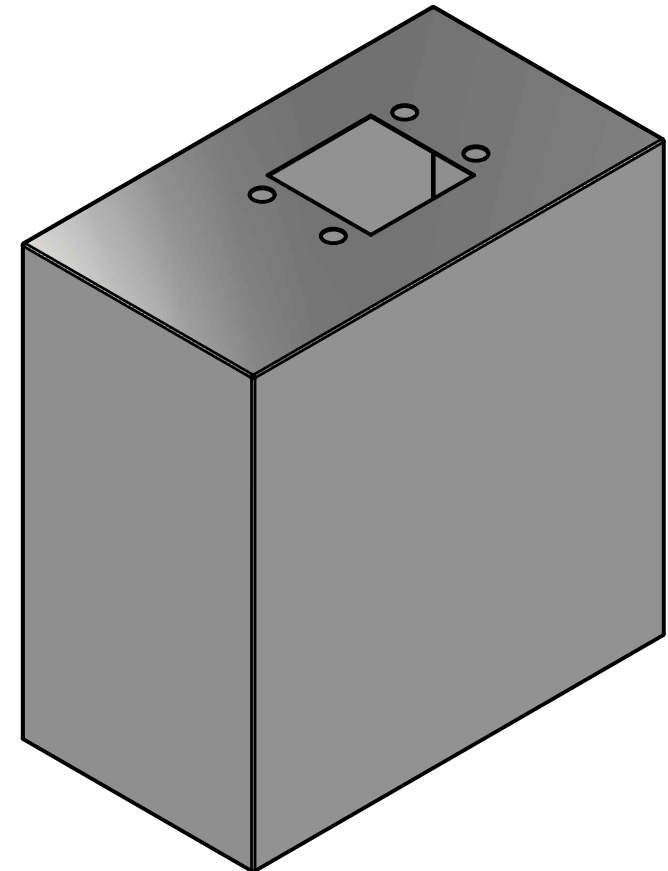
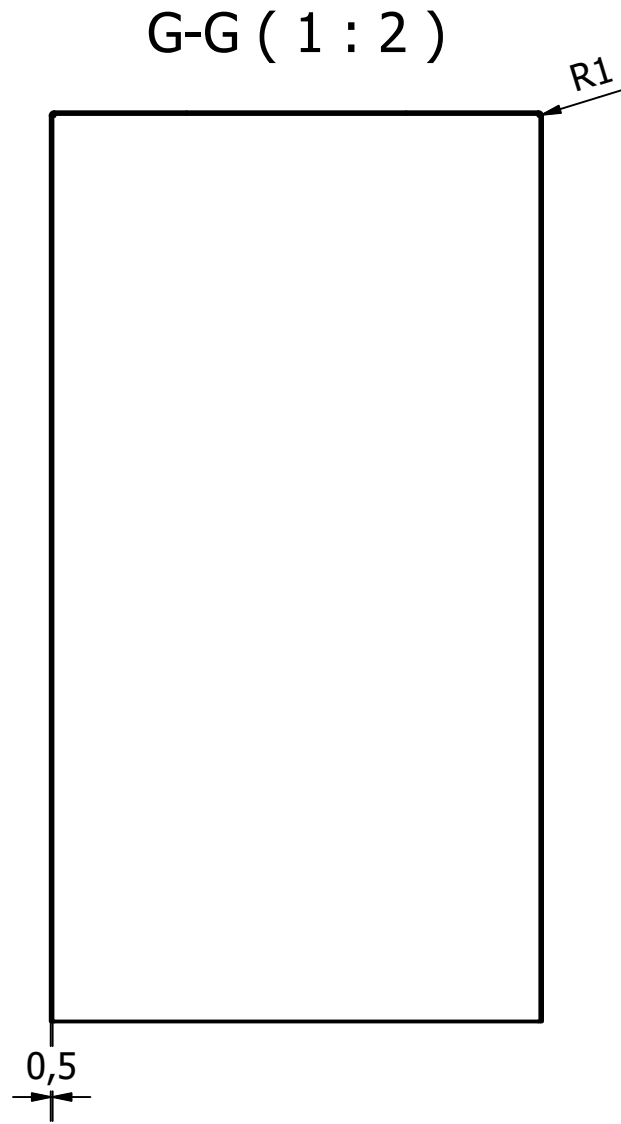
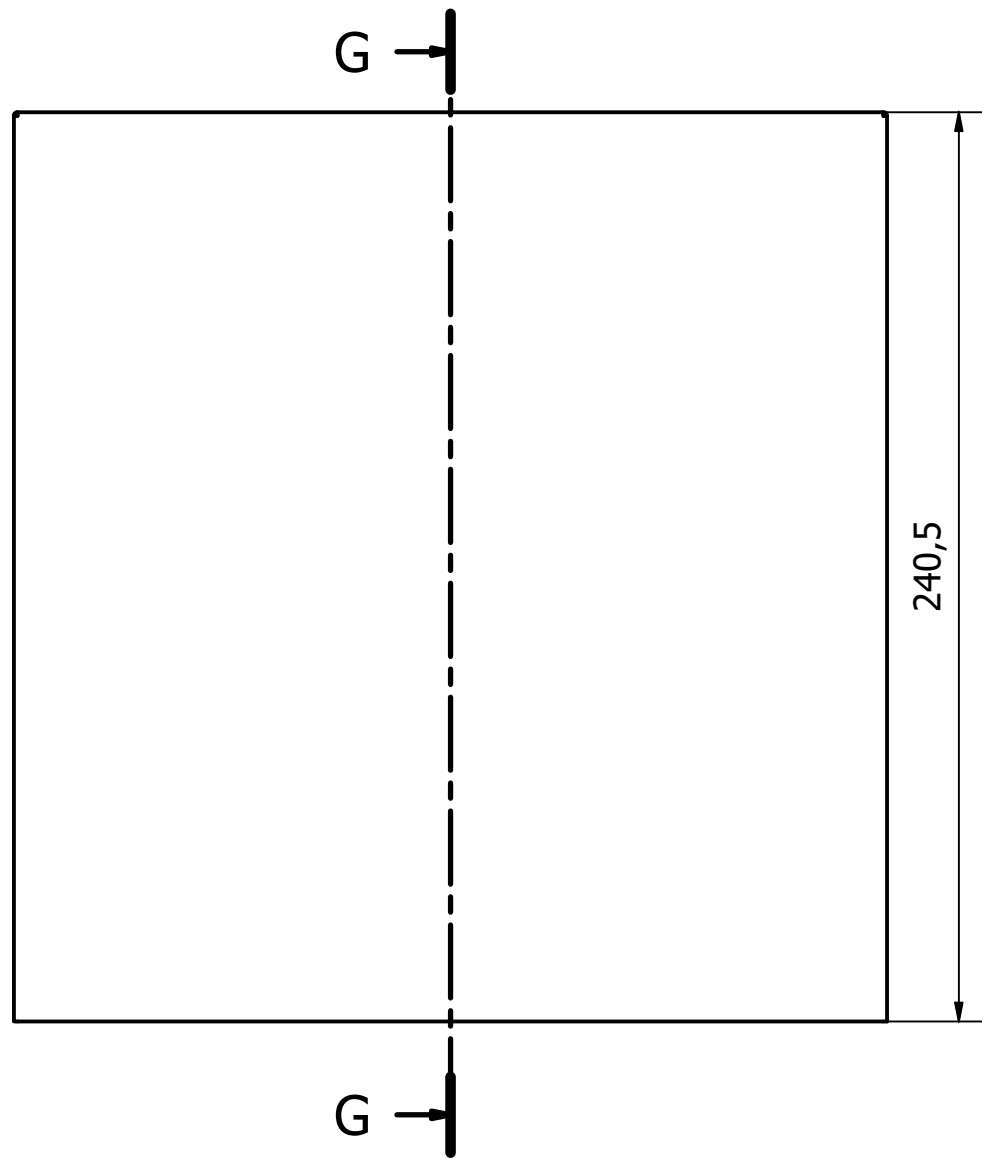
Lámina: CAV 17	Mesa de esferas
----------------	------------------------



----	1	Camisa del piston	Acero de transmision	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Dibujado	01/02/24	G. Velez			
Comprobado	14/02/2024	Ing. J. Loja			
Integracion curricular					
Escala:	Tol. gen.:	Subconjunto:			
1:2		Conjunto piston			
Lámina:	CAV 18				



----	1	Junta rotatoria piston	Acero de transmision	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Dibujado	01/02/24	G. Velez			
Comprobado	14/02/2024	Ing. J. Loja			
Integracion curricular					
Escala: 1:1	Tol. gen.:	Subconjunto:			
Lámina: CAV 19	Conjunto piston				



----	1	Camisa del piston II	Acero de transmision	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Dibujado	01/02/24	G. Velez			
Comprobado	14/02/2024	Ing. J. Loja			
Integracion curricular					
Escala:	Tol. gen.:	Subconjunto:			
1:2		Conjunto piston			
Lámina:	CAV 18				

Análisis de Precios Unitarios

Código:

Descrip.: Anillo del rodillo (8 unidades)

Cantidad 5

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Cortadora laser	Hora	0,67	\$ 20,00	1,00000	\$ 13,33	91,19%
Subtotal de Equipo:						\$ 13,33	91,19%

Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Plancha de acero galvanizado	m2	0,026	\$ 48,71	69,11%	\$ 1,29	8,81%
Subtotal de Materiales:						\$ 1,29	8,81%

Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra

Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
Subtotal de Mano de Obra:						\$ -	0,00%

Costo Directo Total: \$ 14,62

COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 2,92

Precio Unitario Total \$ 17,55

Son:

Análisis de Precios Unitarios

Código:

Descrip.: Rodillo (4 unidades)

Cantidad 5 bandas

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Tronsadora	Corte	4,00	\$ 0,50	1,00000	\$ 2,00	5,91%
Subtotal de Equipo:						\$ 2,00	5,91%

Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Tubo de acero galvanizado 2.5 in	m	5,200	\$ 6,12	1,00000	\$ 31,83	94,09%
Subtotal de Materiales:						\$ 31,83	94,09%

Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra

Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
Subtotal de Mano de Obra:						\$ -	0,00%

Costo Directo Total: \$ 33,83

COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 6,77

Precio Unitario Total	\$ 40,60
------------------------------------	-----------------

Son:

Análisis de Precios Unitarios

Código:

Descrip.: Eje del rodillo (4 unidades)

Cantidad 5 bandas

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Tronsadora	Corte	4,00	\$ 0,50	1,00000	\$ 2,00	4,55%
Subtotal de Equipo:						\$ 2,00	4,55%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Eje de acero 3/4 in	m	6,000	\$ 7,00	1,00000	\$ 42,00	95,45%
Subtotal de Materiales:						\$ 42,00	95,45%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
Subtotal de Mano de Obra:						\$ -	0,00%

Costo Directo Total: \$ 44,00

COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 8,80

Precio Unitario Total	\$ 52,80
------------------------------------	-----------------

Son:

Análisis de Precios Unitarios

Código:

Descrip.: Carro (2 unidades)

Cantidad 5

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Fresa cnc	Hora	2,00	\$ 26,00	1,00000	\$ 52,00	61,90%
Subtotal de Equipo:						\$ 52,00	61,90%

Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Platina de aluminio	m2	0,009	\$ 3.516,48	1,00000	\$ 32,00	38,10%
Subtotal de Materiales:						\$ 32,00	38,10%

Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra

Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%
Subtotal de Mano de Obra:					\$ -	0,00%

Costo Directo Total: \$ 84,00

COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 16,80

Precio Unitario Total	\$ 100,80
-----------------------------	-----------

Son:

Análisis de Precios Unitarios

Código:

Descrip.: Estructura de la banda

Cantidad 5

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Tronsadora	Corte	17,00	\$ 0,50	1,00000	\$ 8,50	9,01%
	Soldadora	Hora	2,00	\$ 3,50	1,00000	\$ 7,00	7,42%
Subtotal de Equipo:						\$ 15,50	16,42%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Tubo cuadrado 50 mm	m	19,148	\$ 3,33	1,00000	\$ 63,76	67,56%
	Electrodo 6011	Electrodo	8,000	\$ 0,14	1,00000	\$ 1,12	1,19%
Subtotal de Materiales:						\$ 64,88	68,74%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra						
Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%
	Soldador	2,00000	\$ 7,00	1,00000	\$ 14,00	14,83%
					\$ -	
Subtotal de Mano de Obra:					\$ 14,00	14,83%

Costo Directo Total: \$ 94,38

COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 18,88

nitario Total	\$ 113,26
----------------------------	------------------

Son:

Análisis de Precios Unitarios

Código:

Descrip.: Cubierta fina

Cantidad 5

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Cortadora	Corte	7,00	\$ 1,00	1,00000	\$ 7,00	46,98%
	Dobladora	Dobleza	3,00	\$ 1,00	1,00000	\$ 3,00	20,13%
	Soldadora	Hora	0,20	\$ 3,50	1,00000	\$ 0,70	4,70%
Subtotal de Equipo:						\$ 10,70	71,81%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Plancha de acero	m2	0,517	\$ 4,87	1,00000	\$ 2,52	16,91%
	Electrodo 6011	Electrodo	2,000	\$ 0,14	1,00000	\$ 0,28	1,88%
Subtotal de Materiales:						\$ 2,80	18,79%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
	Soldador	0,20000	\$ 7,00	1,00000	\$ 1,40	9,40%	
					\$ -		
Subtotal de Mano de Obra:						\$ 1,40	9,40%

Costo Directo Total: \$ 14,90

COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 2,98

Precio Unitario Total	\$ 17,88
------------------------------------	-----------------

Son:

Análisis de Precios Unitarios

Código:

Descrip.: Cubierta motor

Cantidad 1

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Cortadora	Corte	16,00	\$ 1,00	1,00000	\$ 16,00	61,57%
	Dobladora	Dobleza	4,00	\$ 1,00	1,00000	\$ 4,00	15,39%
	Soldadora	Hora	0,30	\$ 3,50	1,00000	\$ 1,05	4,04%
Subtotal de Equipo:						\$ 21,05	81,00%

Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Plancha de acero galvanizado	m2	0,105	\$ 24,36	1,00000	\$ 2,56	9,84%
	Electrodo 6011	Electrodo	2,000	\$ 0,14	1,00000	\$ 0,28	1,08%
Subtotal de Materiales:						\$ 2,84	10,92%

Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra

Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%
	Soldador	0,30000	\$ 7,00	1,00000	\$ 2,10	8,08%
					\$ -	
Subtotal de Mano de Obra:					\$ 2,10	8,08%

Costo Directo Total: \$ 25,99

COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 5,20

Precio Unitario Total	\$ 31,19
------------------------------------	-----------------

Son:

Análisis de Precios Unitarios

Código:

Descrip.: Cubierta ancha

Cantidad 1

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Cortadora	Corte	9,00	\$ 1,00	1,00000	\$ 9,00	52,43%
	Dobladora	Dobleza	3,00	\$ 1,00	1,00000	\$ 3,00	17,48%
	Soldadora	Hora	0,10	\$ 3,50	1,00000	\$ 0,35	2,04%
Subtotal de Equipo:						\$ 12,35	71,95%

Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Plancha de acero galvanizado	m2	0,787	\$ 4,87	1,00000	\$ 3,83	22,34%
	Electrodo 6011	Electrodo	2,000	\$ 0,14	1,00000	\$ 0,28	1,63%
Subtotal de Materiales:						\$ 4,11	23,97%

Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra

Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%
	Soldador	0,10000	\$ 7,00	1,00000	\$ 0,70	4,08%
					\$ -	
Subtotal de Mano de Obra:					\$ 0,70	4,08%

Costo Directo Total: \$ 17,16

COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 3,43

Precio Unitario Total	\$ 20,60
------------------------------------	-----------------

Son:

Análisis de Precios Unitarios

Código:

Descrip.: Platina para la riel 2 unidades

Cantidad 2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Cortadora	Hora	3,00	\$ 1,00	1,00000	\$ 3,00	6,15%
	Taladro	Ajugero	42,00	\$ 0,50	1,00000	\$ 21,00	43,06%
Subtotal de Equipo:						\$ 24,00	49,21%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Platina de aluminio	m2	0,169	\$ 146,13	1,00000	\$ 24,77	50,79%
Subtotal de Materiales:						\$ 24,77	50,79%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
Subtotal de Mano de Obra:						\$ -	0,00%

Costo Directo Total: \$ 48,77

COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 9,75

Unitario Total	\$ 58,52
-----------------------------	-----------------

Son:

Análisis de Precios Unitarios

Código:

Descrip.: Estructura del alimentador

Cantidad 2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Tronsadora	Corte	12,00	\$ 0,50	1,00000	\$ 6,00	8,80%
	Soldadora	Hora	1,00	\$ 3,50	1,00000	\$ 3,50	5,13%
Subtotal de Equipo:						\$ 9,50	13,93%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Tubo cuadrado 50 mm	m	15,108	\$ 3,33	1,00000	\$ 50,31	73,76%
	Electrodo 6011	Electrodo	10,000	\$ 0,14	1,00000	\$ 1,40	2,05%
Subtotal de Materiales:						\$ 51,71	75,81%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra						
Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%
	Soldador	1,00000	\$ 7,00	1,00000	\$ 7,00	10,26%
					\$ -	
Subtotal de Mano de Obra:					\$ 7,00	10,26%

Costo Directo Total: \$ 68,21

COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 13,64

Unitario Total	\$ 81,85
-----------------------------	-----------------

Son:

Análisis de Precios Unitarios

Código:

Descrip.: Base del alimentador

Cantidad 1

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Cortadora	Corte	7,00	\$ 1,00	1,00000	\$ 7,00	8,85%
	Taladro	Ajugero	46,00	\$ 0,50	1,00000	\$ 23,00	29,09%
	Soldadora	Hora	1,50	\$ 3,50	1,00000	\$ 5,25	6,64%
Subtotal de Equipo:						\$ 35,25	44,59%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Platina de acero	m2	0,597	\$ 48,71	1,00000	\$ 29,10	36,81%
	Electrodo	-	30,000	\$ 0,14	1,00000	\$ 4,20	5,31%
Subtotal de Materiales:						\$ 33,30	42,13%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
	Soldador	1,50000	\$ 7,00	1,00000	\$ 10,50	13,28%	
Subtotal de Mano de Obra:						\$ 10,50	13,28%

Costo Directo Total: \$ 79,05

COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 15,81

Precio Unitario Total	\$ 94,86
------------------------------------	-----------------

Son:

Análisis de Precios Unitarios

Código:

Descrip.: Pared de ruedas

Cantidad 1

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Cortadora	Corte	3,00	\$ 1,00	1,00000	\$ 3,00	9,02%
	Soldadora	Hora	0,10	\$ 3,50	1,00000	\$ 0,35	1,05%
Subtotal de Equipo:						\$ 3,35	10,07%

Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Platina de acero	m2	0,298	\$ 97,42	1,00000	\$ 29,07	87,40%
	Electrodo	-	1,000	\$ 0,14	1,00000	\$ 0,14	0,42%
Subtotal de Materiales:						\$ 29,21	87,82%

Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra

Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%
	Soldador	0,10000	\$ 7,00	1,00000	\$ 0,70	2,10%
Subtotal de Mano de Obra:					\$ 0,70	2,10%

Costo Directo Total: \$ 33,26

COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 6,65

Costo Total	\$ 39,92
--------------------------	-----------------

Son:

Análisis de Precios Unitarios

Código:

Descrip.: Platina rectificada 1

Cantidad 1

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Cortadora	Corte	2,00	\$ 1,00	1,00000	\$ 2,00	1,16%
	Rectificadora	cm	150,00	\$ 1,00	1,00000	\$ 150,00	87,19%
	Taladro	Agujero	11,00	\$ 0,50	1,00000	\$ 5,50	3,20%
Subtotal de Equipo:						\$ 157,50	91,55%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Platina de acero	m2	0,149	\$ 97,42	1,00000	\$ 14,54	8,45%
Subtotal de Materiales:						\$ 14,54	8,45%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
Subtotal de Mano de Obra:						\$ -	0,00%

Costo Directo Total: \$ 172,04

COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 34,41

Precio Unitario Total	\$ 206,45
-----------------------------	------------------

Son:

Análisis de Precios Unitarios

Código:

Descrip.: Platina rectificada 2

Cantidad 1

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Cortadora	Corte	2,00	\$ 1,00	1,00000	\$ 2,00	1,18%
	Rectificadora	cm	150,00	\$ 1,00	1,00000	\$ 150,00	88,71%
	Taladro	Agujero	5,00	\$ 0,50	1,00000	\$ 2,50	1,48%
Subtotal de Equipo:						\$ 154,50	91,37%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Platina de acero	m2	0,150	\$ 97,42	1,00000	\$ 14,59	8,63%
Subtotal de Materiales:						\$ 14,59	8,63%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
Subtotal de Mano de Obra:						\$ -	0,00%

Costo Directo Total: \$ 169,09

COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 33,82

ario Total	\$ 202,91
------------------	------------------

Son:

Análisis de Precios Unitarios

Código:

Descrip.: Triangulos de empuje

Cantidad 2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Impresora 3d	Hora	9,00	\$ 1,00	1,00000	\$ 9,00	100,00%
Subtotal de Equipo:						\$ 9,00	100,00%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
Subtotal de Materiales:						\$ -	0,00%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
Subtotal de Mano de Obra:						\$ -	0,00%

Costo Directo Total: \$ 9,00

COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 1,80

ario Total	\$ 10,80
------------------	-----------------

Son:

Análisis de Precios Unitarios

Código:

Descrip.: Soporte interno (2 unidades)

Cantidad 2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Cortadora	Corte	3,00	\$ 1,00	1,00000	\$ 3,00	19,77%
Subtotal de Equipo:						\$ 3,00	19,77%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Platina de acero	m2	0,250	\$ 48,71	1,00000	\$ 12,18	80,23%
Subtotal de Materiales:						\$ 12,18	80,23%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
Subtotal de Mano de Obra:						\$ -	0,00%

Costo Directo Total: \$ 15,18

COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 3,04

nitario Total \$ 18,21

Son:

Análisis de Precios Unitarios

Código:

Descrip.: Platina para las esferas (12 unidades)

Cantidad 2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Cortadora	Corte	13,00	\$ 1,00	1,00000	\$ 13,00	7,89%
	Taladro	Agujero	312,00	\$ 0,25	1,00000	\$ 78,00	47,34%
Subtotal de Equipo:						\$ 91,00	55,23%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Platina de acero	m2	2,524	\$ 29,23	1,00000	\$ 73,78	44,77%
Subtotal de Materiales:						\$ 73,78	44,77%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
Subtotal de Mano de Obra:						\$ -	0,00%

Costo Directo Total: \$ 164,78

COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 32,96

Unitario Total	\$ 197,73
-----------------------------	------------------

Son:

Análisis de Precios Unitarios

Código:

Descrip.: Angulo de soporte lateral (2 unidades)

Cantidad 2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Cortadora	Corte	3,00	\$ 1,00	1,00000	\$ 3,00	10,22%
	Dobladora	Doblez	2,00	\$ 1,00	1,00000	\$ 2,00	6,81%
Subtotal de Equipo:						\$ 5,00	17,03%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Platina de acero	m2	0,500	\$ 48,71	1,00000	\$ 24,36	82,97%
Subtotal de Materiales:						\$ 24,36	82,97%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
Subtotal de Mano de Obra:						\$ -	0,00%

Costo Directo Total: \$ 29,36

COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 5,87

Unitario Total	\$ 35,23
-----------------------------	-----------------

Son:

Análisis de Precios Unitarios

Código:

Descrip.: Soporte para el sensor

Cantidad 2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Cortadora	Corte	3,00	\$ 1,00	1,00000	\$ 3,00	94,06%
Subtotal de Equipo:						\$ 3,00	94,06%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Platina de acero	m2	0,004	\$ 48,71	1,00000	\$ 0,19	5,94%
Subtotal de Materiales:						\$ 0,19	5,94%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
Subtotal de Mano de Obra:						\$ -	0,00%

Costo Directo Total: \$ 3,19

COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 0,64

Unitario Total	\$ 3,83
-----------------------------	-------------------

Son:

Análisis de Precios Unitarios

Código:

Descrip.: Junta rotatoria inferior (6 unidades)

Cantidad 2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Fresa cnc	Hora	3,00	\$ 26,00	1,00000	\$ 78,00	62,17%
Subtotal de Equipo:						\$ 78,00	62,17%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Platina de acero	m2	0,087	\$ 545,55	1,00000	\$ 47,46	37,83%
Subtotal de Materiales:						\$ 47,46	37,83%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
Subtotal de Mano de Obra:						\$ -	0,00%

Costo Directo Total: \$ 125,46

COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 25,09

Unitario Total \$ 150,56

Son:

Análisis de Precios Unitarios

Código:

Descrip.: Junta rotatoria superior (6 unidades)

Cantidad 2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Fresa cnc	Hora	3,00	\$ 26,00	1,00000	\$ 78,00	62,17%
Subtotal de Equipo:						\$ 78,00	62,17%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Platina de acero	m2	0,087	\$ 545,55	1,00000	\$ 47,46	37,83%
Subtotal de Materiales:						\$ 47,46	37,83%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
Subtotal de Mano de Obra:						\$ -	0,00%

Costo Directo Total: \$ 125,46

COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 25,09

Unitario Total	\$ 150,56
-----------------------------	------------------

Son:

Análisis de Precios Unitarios

Código:

Descrip.: Pivote (9 unidades)

Cantidad 2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Tronsadora	Hora	9,00	\$ 0,50	1,00000	\$ 4,50	58,78%
Subtotal de Equipo:						\$ 4,50	58,78%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Eje de acero 17 mm	m	0,504	\$ 6,26	1,00000	\$ 3,155	41,22%
Subtotal de Materiales:						\$ 3,155	41,22%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
Subtotal de Mano de Obra:						\$ -	0,00%

Costo Directo Total: \$ 7,66

COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 1,53

Unitario Total	\$ 9,19
----------------------	---------

Son:

Análisis de Precios Unitarios

Código:

Descrip.: Camisa del piston (3 unidades)

Cantidad 2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Cortadora laser	Hora	0,75	\$ 20,00	1,00000	\$ 15,00	38,16%
	Dobladora	Doblez	6,00	\$ 1,00	1,00000	\$ 6,00	15,26%
	Soldadora	Hora	0,30	\$ 3,50	1,00000	\$ 1,05	2,67%
Subtotal de Equipo:						\$ 22,05	56,09%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Platina de acero 5mm	m2	0,270	\$ 48,75	1,00000	\$ 13,16	33,48%
	Electrodo 6011	-	3,000	\$ 0,14	1,00000	\$ 0,42	1,07%
	Platina de acero 18mm	m2	0,009	\$ 175,50	1,00000	\$ 1,58	4,02%
Subtotal de Materiales:						\$ 15,16	38,57%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
	Soldador	0,30000	\$ 7,00	1,00000	\$ 2,100	5,34%	
Subtotal de Mano de Obra:						\$ 2,10	5,34%

Costo Directo Total: \$ 39,31

COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 7,86

Unitario Total	\$ 47,17
-----------------------------	-----------------

Son:

Análisis de Precios Unitarios

Código:

Descrip.: Junta rotatoria del piston (3 unidades)

Cantidad 2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Cortadora laser	Hora	0,75	\$ 20,00	1,00000	\$ 15,00	61,13%
	Soldadora	Hora	0,30	\$ 3,50	1,00000	\$ 1,05	4,28%
Subtotal de Equipo:						\$ 16,05	65,41%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Platina de acero 3 mm	m2	0,036	\$ 29,25	1,00000	\$ 1,05	4,29%
	Electrodo 6011	-	3,000	\$ 0,14	1,00000	\$ 0,42	1,71%
	Platina de acero 18 mm	m2	0,009	\$ 546,00	1,00000	\$ 4,91	20,03%
Subtotal de Materiales:						\$ 6,39	26,03%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
	Soldador	0,30000	\$ 7,00	1,00000	\$ 2,10	8,56%	
Subtotal de Mano de Obra:						\$ 2,10	8,56%

Costo Directo Total: \$ 24,54

COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 4,91

Costo Unitario Total	\$ 29,44
-----------------------------------	-----------------

Son:

Análisis de Precios Unitarios

Código:

Descrip.: Camisa del piston II (3 unidades)

Cantidad 2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Cortadora laser	Hora	0,75	\$ 20,00	1,00000	\$ 15,00	39,56%
	Soldadora	Hora	0,60	\$ 3,50	1,00000	\$ 2,10	5,54%
	Dobladora	Doble	12,00	\$ 1,00	1,00000	\$ 12,00	31,65%
Subtotal de Equipo:						\$ 29,10	76,74%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Platina de acero 0.5 mm	m2	0,603	\$ 4,88	1,00000	\$ 2,94	7,75%
	Electrodo 6011	-	12,000	\$ 0,14	1,00000	\$ 1,68	4,43%
Subtotal de Materiales:						\$ 4,62	12,18%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
	Soldador	0,60000	\$ 7,00	1,00000	\$ 4,20	11,08%	
Subtotal de Mano de Obra:						\$ 4,20	11,08%

Costo Directo Total: \$ 37,92

COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 7,58

Unitario Total	\$ 45,50
----------------------	-----------------

Son:

Análisis de Precios Unitarios

Código:

Descrip.: Estructura superior de la mesa de esferas

Cantidad 2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Tronsadora	Corte	13,00	\$ 0,50	1,00000	\$ 6,50	11,31%
	Soldadora	Hora	1,00	\$ 3,50	1,00000	\$ 3,50	6,09%
Subtotal de Equipo:						\$ 10,00	17,40%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Tubo cuadrado 50 mm	m	11,900	\$ 3,33	1,00000	\$ 39,63	68,96%
	Electrodo 6011	Electrodo	6,000	\$ 0,14	1,00000	\$ 0,84	1,46%
Subtotal de Materiales:						\$ 40,47	70,42%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra						
Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%
	Soldador	1,00000	\$ 7,00	1,00000	\$ 7,00	12,18%
					\$ -	
Subtotal de Mano de Obra:					\$ 7,00	12,18%

Costo Directo Total: \$ 57,47

COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 11,49

Costo Unitario Total	\$ 68,96
-----------------------------------	-----------------

Son:

Análisis de Precios Unitarios

Código:

Descrip.: Estructura patas cortas

Cantidad 2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Tronsadora	Corte	5,00	\$ 0,50	1,00000	\$ 2,50	20,14%
	Soldadora	Hora	0,20	\$ 3,50	1,00000	\$ 0,70	5,64%
Subtotal de Equipo:						\$ 3,20	25,78%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Tubo cuadrado 50 mm	m	2,220	\$ 3,33	1,00000	\$ 7,39	59,56%
	Electrodo 6011	Electrodo	3,000	\$ 0,14	1,00000	\$ 0,42	3,38%
Subtotal de Materiales:						\$ 7,81	62,94%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
	Soldador	0,20000	\$ 7,00	1,00000	\$ 1,40	11,28%	
Subtotal de Mano de Obra:						\$ 1,40	11,28%

Costo Directo Total: \$ 12,41

COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 2,48

Costo Unitario Total	\$ 14,90
-----------------------------------	-----------------

Son:

Análisis de Precios Unitarios

Código:

Descrip.: Estructura patas largas

Cantidad 2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Tronsadora	Corte	7,00	\$ 0,50	1,00000	\$ 3,50	13,20%
	Soldadora	Hora	0,40	\$ 3,50	1,00000	\$ 1,40	5,28%
Subtotal de Equipo:						\$ 4,90	18,48%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Tubo cuadrado 50 mm	m	5,820	\$ 3,33	1,00000	\$ 19,38	73,08%
	Electrodo 6011	Electrodo	6,000	\$ 0,14	1,00000	\$ 0,84	3,17%
Subtotal de Materiales:						\$ 20,22	76,24%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra						
Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%
	Soldador	0,20000	\$ 7,00	1,00000	\$ 1,40	5,28%
					\$ -	
Subtotal de Mano de Obra:					\$ 1,40	5,28%

Costo Directo Total: \$ 26,52

COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 5,30

Precio Unitario Total	\$ 31,82
-----------------------------	-----------------

Son:

Análisis de Precios Unitarios

Código:

Descrip.: Tope

Cantidad 2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Cortadora	Corte	2,00	\$ 1,00	1,00000	\$ 2,00	10,27%
Subtotal de Equipo:						\$ 2,00	10,27%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Platina de acero	m2	0,359	\$ 48,71	1,00000	\$ 17,47	89,73%
Subtotal de Materiales:						\$ 17,47	89,73%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
Subtotal de Mano de Obra:						\$ -	0,00%

Costo Directo Total: \$ 19,47

COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 3,89

Unitario Total	\$ 23,37
-----------------------------	-----------------

Son:

Análisis de Precios Unitarios

Código:

Descrip.: Estructura pusher

Cantidad 2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Tronsadora	Corte	12,00	\$ 0,50	1,00000	\$ 6,00	8,76%
	Soldadora	Hora	0,40	\$ 3,50	1,00000	\$ 1,40	2,04%
Subtotal de Equipo:						\$ 7,40	10,80%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Tubo cuadrado 50 mm	m	17,176	\$ 3,33	1,00000	\$ 57,20	83,48%
	Electrodo 6011	Electrodo	8,000	\$ 0,14	1,00000	\$ 1,12	1,63%
Subtotal de Materiales:						\$ 58,32	85,11%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
	Soldador	0,40000	\$ 7,00	1,00000	\$ 2,80	4,09%	
					\$ -		
Subtotal de Mano de Obra:						\$ 2,80	4,09%

Costo Directo Total: \$ 68,52

COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 13,70

Unitario Total	\$ 82,22
-----------------------------	-----------------

Son:

Análisis de Precios Unitarios

Código:

Descrip.: Platina pusher

Cantidad 2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Cortadora	Corte	2,00	\$ 1,00	1,00000	\$ 2,00	37,38%
Subtotal de Equipo:						\$ 2,00	37,38%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Platina de acero	m2	0,069	\$ 48,71	1,00000	\$ 3,35	62,62%
Subtotal de Materiales:						\$ 3,35	62,62%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
Subtotal de Mano de Obra:						\$ -	0,00%

Costo Directo Total: \$ 5,35

COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 1,07

Unitario Total	\$ 6,42
-----------------------------	----------------

Son:

Análisis de Precios Unitarios

Código:

Descrip.: Platina pusher

Cantidad 2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Cortadora	Corte	3,00	\$ 1,00	1,00000	\$ 3,00	39,63%
	Taladro	Agujero	8,00	\$ 0,50	1,00000	\$ 4,00	52,84%
Subtotal de Equipo:						\$ 7,00	92,48%

Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Platina de acero	m2	0,012	\$ 48,71	1,00000	\$ 0,57	7,52%
Subtotal de Materiales:						\$ 0,57	7,52%

Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra

Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
Subtotal de Mano de Obra:						\$ -	0,00%

Costo Directo Total: \$ 7,57

COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 1,51

nitario Total	\$ 9,08
---------------------	------------

Son:

Análisis de Precios Unitarios

Código:

Descrip.: Platina pusher

Cantidad 2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Cortadora	Corte	3,00	\$ 1,00	1,00000	\$ 3,00	28,38%
	Taladro	Agujero	14,00	\$ 0,50	1,00000	\$ 7,00	66,23%
Subtotal de Equipo:						\$ 10,00	94,61%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Platina de acero	m2	0,012	\$ 48,71	1,00000	\$ 0,57	5,39%
Subtotal de Materiales:						\$ 0,57	5,39%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
Subtotal de Mano de Obra:						\$ -	0,00%

Costo Directo Total: \$ 10,57

COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 2,11

Unitario Total	\$ 12,68
-----------------------------	-----------------

Son: