

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

Diseño de un sistema de transporte y paletización automática para listones
de balsa

PROYECTO INTEGRADOR

Previo a la obtención del Título de:

Ingeniero en Mecatrónica

Presentado por:

Carlos Anthony Cardenas Vanoni

David Daniel Lara Pazmiño

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2021

DEDICATORIA

Esta dedicatoria es de manera humilde a usted, quien dedica parte de su tiempo a explorar logros para mejorar o adoptar trabajos académicos y/o laborales.

David Lara.

Dedico este trabajo a mi familia, quienes han sido mi apoyo fundamental, a lo largo de mi vida, por cada ejemplo de esfuerzo, voluntad y superación. Con cariño Carlos.

Carlos Cardenas Vanoni

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios y mi familia, el gran apoyo de Carlos Cardenas y Andrés Ante, junto al de muchos cercanos que de una u otra manera impactaron en mi vida y puedo ser la persona que soy.

David Lara

Mi total agradecimiento a Dios y mi familia, en especial a mis padres, por todo su esfuerzo y sacrificio realizado, que han sido parte de cada uno de mis logros en la vida. A mi compañero David Lara por su apoyo y dedicación a este trabajo. Al PhD Marcelo Fajardo nuestro tutor, por cada una de las oportunidades brindadas y soporte absoluto.

Carlos Cardenas Vanoni

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Carlos Anthony Cardenas Vanoni, David Daniel Lara Pazmiño* damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual".



Carlos Anthony Cardenas
Vanoni



David Daniel Lara
Pazmiño

EVALUADORES

.....
Bryan Puruncajas Maza

PROFESOR DE LA MATERIA

.....
Marcelo Fajardo Pruna

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El sector de exportación de madera de balsa de la provincia de Santo Domingo ha tenido que enfrentar desafíos por el crecimiento de la demanda de la balsa, debido a sus múltiples aplicaciones en la sociedad. En la actualidad el proceso de transporte y paletizado de la planta de corte de madera de balsa se ha realizado de forma manual, por lo que la eficiencia del sistema y la tasa de producción ha dependido de los operadores y su ritmo de trabajo. Por esta razón en el presente trabajo se ha propuesto el diseño de un sistema de transporte y paletizado de listones de balsa. Dicho trabajo consistió en el desarrollo de un método de transporte basado en rodillos y un sistema de elevación centrado en el uso de cadena. Así como de un proceso de paletización usando un elevador hidráulico, cilindros neumáticos, sensores, PLC como partes principales. Por medio de análisis de tiempo de los requerimientos del sistema, se pudo diseñar y seleccionar los elementos adecuados del proyecto, además de la realización de análisis estáticos de elementos claves del sistema que permitieron establecer factores de seguridad apropiados para la aplicación solicitada.

Palabras Clave: Transporte, Balsa, Paletizado, Automatización.

ABSTRACT

The balsa wood export sector in the province of Santo Domingo has had to face challenges due to the growth in the demand for balsa due to its multiple applications in society. At present, the transport and palletizing process of the balsa wood cutting plant has been carried out manually, so the efficiency of the system and the production rate have depended on the operators and their pace of work. For this reason, the present work has proposed the design of a raft slat transport and palletizing system. This work consisted of developing a transport method based on rollers and a lifting system focused on the use of chains and a palletizing process using a hydraulic lift, pneumatic cylinders, sensors, and PLC as main parts. Through time analysis of the system requirements, it was possible to design and select the appropriate elements of the project and conduct static simulations in the critical aspects of the system that allowed establishing relevant safety factors for the requested application.

Keywords: transport, balsa wood, palletization, automation.

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES.....	5
RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS	V
SIMBOLOGÍA	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
ÍNDICE DE PLANOS.....	XI
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción	1
1.1 Descripción del problema	2
1.2 Justificación del problema	3
1.3 Objetivos.....	4
1.3.1 Objetivo General.....	4
1.3.2 Objetivos Específicos	4
1.4 Marco teórico.....	4
CAPÍTULO 2.....	7
2. Metodología	7
2.1 Solución A: Resbaladera dispensadora de 2 GDL	7
2.2 Solución B: Resbaladera estática.....	8
2.3 Solución C: Paletizadora de mecanismo de 4 barras para caída controlada por grupo de listones	8
2.4 Solución D: Paletización por caída en grupo.....	10
2.5 Diseño del carro de transporte	14

2.6	Etapa 1 – Sistema de recolección, transporte y elevación de listones	15
2.6.1	Recolección por medio de transporte de rodillos.....	15
2.6.2	Transporte de elevación	17
2.7	Etapa 2 – Sistema de agrupamiento de listones	20
2.7.1	Diagrama de estados de la máquina de agrupamiento por caída	25
2.8	Etapa 3 – Sistema de paletización de listones.	28
CAPÍTULO 3.....		31
3.	Resultados Y ANÁLISIS	31
3.1	Análisis estático de los soportes.....	32
3.2	Diagrama Neumático y eléctrico del PLC	35
3.3	Análisis de costos.....	37
3.4	Renderizado del sistema completo.....	41
CAPÍTULO 4.....		43
4.	Conclusiones Y Recomendaciones	43
4.1	Conclusiones.....	43
4.2	Recomendaciones.....	44
BIBLIOGRAFÍA.....		45
APÉNDICES.....		46

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ASTM	American Society for Testing and Materials
ASME	American Society of Mechanical Engineers
ISO	International Organization for Standardization
PLC	Programmable Logic Controller
ATS	Average Tensile Stress
IoT	Internet of things

SIMBOLOGÍA

mil	Milésima de pulgada
mg	Miligramo
seg	Segundo
m	Metro
m/s	Metro por segundo
V	Voltio
mm	Milímetro
Kg	Kilogramo
Kg/m	Kilogramo por metro
°C	Grados centígrados
in	Pulgada
bar	Bar
N	Newton
Nm	Newton metro
Lb	Libra
bft	Board feet

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Apilamiento manual de los semi troncos de balsa. Algunos caen al suelo.	2
Figura 2.1 Solución A: Resbaladera dispensadora de 2 GDL.	7
Figura 2.2 Solución B: Resbaladera estática.	8
Figura 2.3 Solución C, no se muestra la banda transportadora ni la zona de apilamiento para mejor claridad del concepto.	9
Figura 2.4 Paletizadora de mecanismo de 4 barras, vistas ortogonales.	9
Figura 2.5 Paletizador de rieles por caída en grupo, vistas ortogonales.	10
Figura 2.6 Modelo de simulación de la solución en Flexsim.	13
Figura 2.7 Vista superior de la solución propuesta.	14
Figura 2.8 Dimensiones del transporte de rodillos.	17
Figura 2.9 Transporte de rodillos modificado. Las flechas señalan el espacio recortado donde atravesarán los ganchos del elevador.	18
Figura 2.10 Esqueleto del elevador de listones formado con cadena tipo M.	18
Figura 2.11 Dimensiones de la cadena tipo M aleta vertical.	19
Figura 2.12 Dimensiones de cadena para madera.	20
Figura 2.13 Gráfico representativo de tensión vs deformación.	21
Figura 2.14 (a) Rodillos Modulares 8 80. (b) Rodillos 8 80 unidos colocados en un perfil 8. (c) Esquemático del armado para un rodillo similar en un perfil 8.	22
Figura 2.15 Perfil 8 ligero de aluminio.	23
Figura 2.16 Área transversal del perfil 8.	23
Figura 2.17 Rueda fija D75.	24
Figura 2.18 Rueda D75 modificada, se rebana un cuadrado de 9mm desde el centro de los agujeros exteriores.	24
Figura 2.19 Ensamblaje del carril con las piezas seleccionadas.	25

Figura 2.20 Cilindro neumático FESTO DSBC-40-100.....	25
Figura 2.21 Diagrama de estados del sistema de paletizado.	26
Figura 2.22 Morfología de pistones y carriles con carga de listones.	27
Figura 2.23 Elevador hidráulico motorizado DAYTON 5RRY7.	28
Figura 2.24 Carro de transporte para carga KF00182.	30
Figura 3.1 (a) Carga del listón con un factor de seguridad de 3. (b) Análisis estático que muestra el desplazamiento en mm para una carga de 11.22 Kg. (c) Esquema de las partes del sistema de sujeción listón-cadena.	33
Figura 3.2 (a) Análisis estático del carril con una carga de 35 Kg (b) Deformación resultante en el carril.	34
Figura 3.3 Sistema paletizador de listones, estos en su máxima dimensión posible.....	35
Figura 3.4 Diagrama de conexiones de PLC y válvulas para los pistones de la máquina de agrupamiento.....	36
Figura 3.5 Diagrama de costos de ingeniería.	39
Figura 3.6 Diagrama de costos mecánicos.....	39
Figura 3.7 Diagrama de costos eléctricos.....	40
Figura 3.8 Comparación de costo entre sistema propuesto y operadores.....	41
Figura 3.9 Vista frontal del sistema propuesto.....	41
Figura 3.10 Vista en perspectiva del sistema propuesto.	42
Figura 3.11 Vista superior del sistema propuesto.....	42
Figura 4.1 Accesorios necesarios para los pistones neumáticos.	46
Figura 4.2 Programación del PLC para el sistema de paletizado.	47
Figura 4.3 Variables utilizadas en el PLC.	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Peso numérico de los criterios para el proyecto.	11
Tabla 2.2	Ponderación de Precio en las soluciones.	12
Tabla 2.3	Ponderación de Fiabilidad en las soluciones.	12
Tabla 2.4	Ponderación de Mantenimiento en las soluciones.	12
Tabla 2.5	Conclusiones en la matriz de decisión.	13
Tabla 2.6	Datos de un listón cualquiera que procede de la cortadora.	15
Tabla 2.7	Parámetros para la entrada del transporte de rodillos.	15
Tabla 2.8	Datos técnicos del sistema Interroll Recto RM8310.	16
Tabla 2.9	Datos técnicos del sistema.	17
Tabla 2.10	Características de la cadena tipo M para elevación de listones.	19
Tabla 2.11	Dimensiones de la cadena para transporte de madera que funciona como cola de servicio.	20
Tabla 2.12	Información del rodillo con perfil.	22
Tabla 2.13	Descripción del perfil 8 a utilizar como carril.	23
Tabla 2.14	Descripción de estados y Transiciones.	26
Tabla 2.15	Descripción del pistón del paletizador.	27
Tabla 2.16	Descripción del elevador hidráulico.	29
Tabla 2.17	Características del carro de transporte para listones.	30
Tabla 3.1	Parámetros de entrada de listones que ingresan al sistema.	31
Tabla 3.2	Velocidad y longitud del sistema de transporte (cola de servicio).	31
Tabla 3.3	Tiempos de la máquina de agrupamiento.	31
Tabla 3.4	Tiempos de la máquina de apilamiento en carro.	32
Tabla 3.5	Parámetros de análisis estático para el perfil 8.	34
Tabla 3.6	Partes del sistema electroneumático.	37

Tabla 3.7 Costos de Ingeniería.....	37
Tabla 3.8 Costos mecánicos.	38
Tabla 3.9 Costos Eléctricos.	38

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1	MCTG-21-00	Interroll RM8310 Roller Conveyor Straight 24 V
PLANO 2	MCTG-21-01	Profile 8 40x40 light L=1445
PLANO 3	MCTG-21-02	Roller Element 8 80
PLANO 4	MCTG-21-03	T-Slot_8_St_M4
PLANO 5	MCTG-21-04	Profile 8 40x40 L=40
PLANO 6	MCTG-21-05	Castor Wheel D75 fixed
PLANO 7	MCTG-21-06	Standart Fastening Set 8
PLANO 8	MCTG-21-07	Black Plastic Cap 40x40
PLANO 9	MCTG-21-08	Carril de Rodillos
PLANO 10	MCTG-21-09	Piston Fastener
PLANO 11	MCTG-21-ELEC-01	Sistema electro-neumático
PLANO 12	MCTG-22-01	Roller Block Assembly
PLANO 13	MCTG-30-00	Sistema de transporte y paletizador automático

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

La madera de balsa tiene mucha atracción comercial debido a sus propiedades excepcionales en ligereza y moderada resistencia mecánica. Su producción en Ecuador es una fuente de negocios para mercado, principalmente extranjero, dado que el material termina en productos para aeromodelismo, tableros para dibujo o pintura, lanchas motoras de gran velocidad, tablas de surf, estructuras para interiores de casa, entre otros, siendo muy preferida por su comparativa rapidez de producción frente a otras maderas [1].

El proceso de producción consiste en varias etapas, como en toda industria maderera dedicada a producirla. Primero, la madera verde – término para identificar a la madera recién cosechada y que tiene una humedad considerable – se adquiere en su forma de tronco o semi tronco (similar a un semi cilindro) y, dependiendo de la finalidad del producto en la fábrica, se obtendrá listones. Segundo, la balsa queda en cola al aire libre unas horas antes de entrar a un gran horno de deshumidificación que funciona por vapor. Esta parte del proceso logra que la madera alcance entre 10 a 20 por ciento de humedad en base seca [2]. Este es un proceso de sumo cuidado que eleva la temperatura en el horno progresivamente para no romper las fibras de la balsa debido a la evaporación de la humedad, y dura aproximadamente 9 días hasta su salida al aire libre, en el que se permite hasta 5 días para estabilizar el cambio volumétrico debido a que ahora debe acoplarse a la humedad en el ambiente después de su salida del horno.

Luego del secado, se procede a la elaboración de bloques, los cuales se crean uniendo los listones con cola blanca y se fijan con una presión mecánica adecuada [2]. Los tamaños de estos bloques pueden ser a conveniencia de la productora, pero no representa un inconveniente a la hora del comercio puesto que la unidad volumétrica para venderla es “board feet (bft)”, o “pie tabla (ptb)” en español, cuya medida se traduce en una plancha de 1 pie cuadrado por 1 pulgada de espesor.

Es conveniente mencionar que existe muchas zonas forestales productivas en el Ecuador gracias a sus condiciones naturales, sin embargo desde la planificación del cultivo hasta la salida del producto final para su posterior exportación, existen muchas aperturas para la optimización en las diferentes etapas involucrados como las estrategias de siembra, cultivo, cosecha, recorte, almacenamiento, secado, tratamiento y post tratamiento [3].

1.1 Descripción del problema

En una industria balsera ubicada en Santo Domingo, el apilamiento y transporte de los semi troncos después del primer corte de una cortadora mecánica en la entrada de la materia prima, requiere de personas para la carga de material. Esta actividad realizada manualmente opera a menor velocidad de trabajo de la que puede ofrecer la máquina cortadora que los entrega y, en consecuencia, impide aprovechar su máxima capacidad. Para esta tarea, aumentar obreros no es conveniente debido a que elevaría el costo asociado al proceso. Además, actualmente el trabajador no puede procesar el total de las maderas, por lo que algunas caen al suelo debido al alto ritmo de producción. En la Figura 1.1 se muestra una fotografía del proceso en ejecución.



Figura 1.1 Apilamiento manual de los semi troncos de balsa. Algunos caen al suelo.

Los semi troncos de madera cortados, que necesitan almacenarse en carros transportadores, tienen una dimensión de 24 pulgadas de largo por una dimensión entre 6 y 8 pulgadas de ancho, así como un alto entre 3.5 y 4 pulgadas. Cada mitad que proviene de la cortadora sale a una tasa de 60 listones por minuto, lo cual implica que en total provee 120 semi troncos por minuto. El listón es apilado manualmente en un carro transportador, cuya capacidad se llena hasta obtener una altura de 1.7 metros de alto, ocupando toda el área del vehículo transportador. El espacio disponible para el sistema automático a proponer en este trabajo debe ser preferentemente mínimo, mas no se omite el hecho que se cuenta con una alimentación de aire para operaciones neumáticas.

1.2 Justificación del problema

Considerando que la Industria 4.0 es una tendencia a seguir para las empresas que buscan un mayor desarrollo y productividad, se presenta un amplio campo para mejorar los procesos productivos de la industria balsera, la cual no se encuentra en un estado avanzado de tecnologización como otras industrias. Existen varios beneficios si se adoptan soluciones tecnológicas actuales:

- Aprovechar la capacidad de producción de las máquinas instaladas en la planta.
- Reducir los costos de operación.
- Evitar implicaciones de salud en los obreros, principalmente en la columna vertebral.
- Abrir el camino a la mejora continua en este o subsecuentes procesos en la industria maderera.

La automatización del proceso de apilamiento permitirá aprovechar una mayor tasa de salida de material proveniente de la cortadora aumentando el rendimiento del proceso. Asimismo, se evitarán caídas de listones por el factor humano y la producción será más continua. Esta mejora permitirá optimizar procesos asociados y llevar un registro de las condiciones de operación y producción de cara a la toma de decisiones operativas y productivas según los principios de la Industria 4.0.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar un sistema de transporte y apilamiento automático para listones de madera verde en balsa.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Diseñar y seleccionar elementos para el sistema transportador de listones que proviene de una cortadora automática de madera verde en balsa.
2. Diseñar y seleccionar elementos de un sistema mecatrónico para apilar y paletizar los listones en un nuevo transporte móvil.
3. Determinar el transporte necesario para incorporar el apilamiento a la tasa de producción requerida.
4. Crear el diagrama de flujo del proceso de paletizado.

1.4 Marco teórico

El sistema de transporte de material por bandas transportadoras es un elemento crucial en cualquier producción en línea, debido a que pueden asegurar una forma sólida y confiable de transporte. En un sistema electromecánico como tal, el control de los motores debe estar sincronizado con la parte mecánica lo cual se consigue con el uso de algoritmos de control, uno de los ejemplos más efectivos es el control de múltiples motores asíncronos desarrollado por Kovalchuk y Baburin [4]. Según los autores, la principal dificultad es el cálculo de la velocidad en la onda de propagación de la banda asociado a la carga que produce tensión cuando arranca y frena el movimiento. En este control hay que tomar en cuenta las condiciones de la carga en la banda, ya que de ello dependen diversos parámetros de control y su estructura a implementar, como también otros datos como la velocidad, el ancho y la estructura de rodillos a utilizar.

Según Kerezovic y Sziebig , en los últimos años sobre la optimización de procesos de empacado y paletizado se conoce que la implementación de soluciones automatizadas para empresas en desarrollo, es una alternativa poco implementada debido a los altos costos de inversión inicial en el proyecto, prefiriendo el uso de procesos donde la presencia de operadores para realizar las funciones es abundante [5]. Sin embargo, con procesos automatizados se adquieren múltiples ventajas como aumento de la velocidad de empacado y paletizado y por ende de producción, mejora de la calidad del producto, reducción de personal para efectuar la tarea, lo que se traduce en reducción de costos y ganancias para la empresa.

Los avances tecnológicos en la actualidad se han producido de manera creciente, de tal forma que han sido implementados en diversos sectores y áreas de la sociedad, una de ellas la industrial. Una de las soluciones más robustas es la aplicación de robots para procesos industriales, debido a las exigencias de flexibilidad, velocidad y repetitividad de tareas que se requieren, todo esto como consecuencia del cambio hacia la Industria 4.0. La tendencia de su utilización va en aumento en áreas como el paletizado, facilitando su implementación al contar con software e interfaces que ayudan a la programación de los mismo para desempeñar todo tipo de tareas [6].

Sistemas existentes de paletizado automático hacen uso de brazos robóticos con mecanismos de suspensión por copas de succión, acumuladores de abajo hacia arriba que elevan la carga mientras aumenta, acumuladores de arriba hacia abajo que hacen que el producto tenga una caída pequeña en altura sobre el pallet. Por último, los sistemas robóticos son de costos muy elevados (de entre 20 mil dólares a unos cientos de miles de dólares americanos [7]).

McGuire [8] presenta diversas técnicas de transporte entre las cuales están los rodillos, las bandas y las cadenas. Fayed y Skocir [9] desarrollan los conceptos inherentes al diseño del transporte. Para seleccionar la técnica más adecuada se necesita conocer el material y tipo de producto a transportar.

Finalmente, en el tema de automatización, los sistemas PLC son adecuados para controlar procesos industriales debido a su robustez, fiabilidad e integración posible con las tecnologías de la Industria 4.0 como la recopilación de información y el procesamiento e inferencia de decisiones con inteligencia artificial. Por ejemplo, Vaidya, Ambad y Bhosle [10] mencionan la evolución desde una producción en masa a una producción personalizada con más enfoque a procesos aditivos y menos desperdicio sobre la cadena de valor a lo largo de la vida de los productos desde la materia prima, impulsado principalmente por Internet de las cosas (IoT) en conjunto con la manufactura basada en la nube y sistemas flexibles de manufactura. En este sentido, la industria balsera en Ecuador tiene mucho por delante que brinda cabida a más proyectos interdisciplinarios.

Por lo tanto, es recomendado plantear bien el problema e idear varias soluciones que serán calculadas en relevancia bajo una matriz de decisión, para esto se adopta la sugerencia realizada por Carles Ribas en su trabajo “Diseño concurrente”, el primer paso es cuantificar la prioridad de los criterios en base a peso. Luego, en cada criterio se confronta una solución con respecto a otra para establecer una ponderación y finalmente se obtiene una tabla de conclusiones que, de acuerdo a la ponderación, establece numéricamente la prioridad de una solución [11].

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

El desarrollo de este proyecto se basará en el uso de la metodología de criterios ordinales corregido con criterios ponderados, analizando propuestas de soluciones, de tal forma que se establezca la óptima, a partir de la cual se desplegará las diferentes etapas del proyecto. Definido anteriormente, se justifica una automatización del proceso y en este sentido se han ideado varias soluciones que se muestra a continuación.

2.1 Solución A: Resbaladera dispensadora de 2 GDL

La paletización se realiza por caída a través de una resbaladera que se extiende y rota alrededor de un punto para distribuir a lo largo del vehículo transportador. Este mecanismo posee 2 GDL, un movimiento es de extensión y retracción, el otro movimiento es girar sobre un eje para que la paletización se realice por caída controlada del listón.

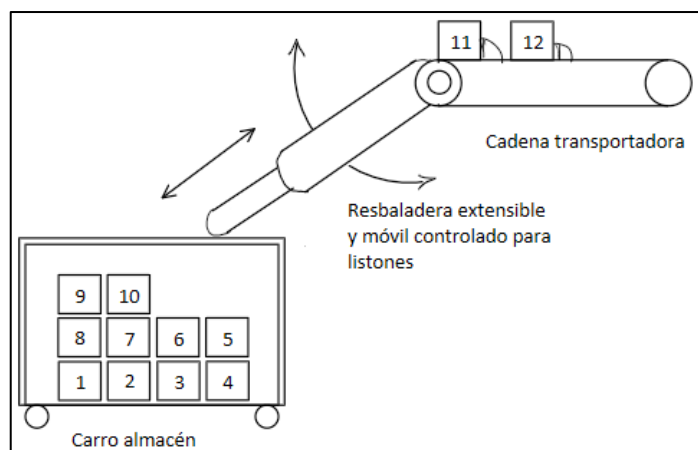


Figura 2.1 Solución A: Resbaladera dispensadora de 2 GDL.

La lista de elementos únicos para el sistema es la siguiente:

- Motor que rota la resbaladera sobre el eje que está justo después del transporte horizontal de los listones.
- Pistones hidráulicos o neumáticos que extiende/retrae la resbaladera.

- Un vehículo de carga.
- Sensores para la detección y posicionamiento de listones de listones durante la paletización.

2.2 Solución B: Resbaladera estática

Esta vez, la resbaladera es estática y el carro transportador es el que se eleva y moviliza para apilar los listones de forma uniforme.

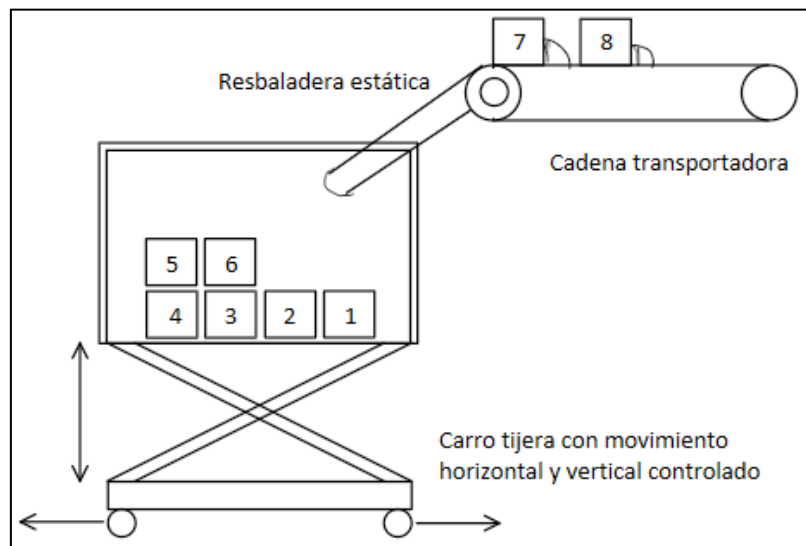


Figura 2.2 Solución B: Resbaladera estática.

Los elementos clave de este diseño son:

- Carro transportador con mecanismo o sistema para elevar y posicionar el vehículo de manera horizontal.
- Sensores de posicionamiento y detección.

2.3 Solución C: Paletizadora de mecanismo de 4 barras para caída controlada por grupo de listones

Los listones arriban y se agrupan hasta cierto número en una zona, para luego ser expulsados lateralmente por unos pistones mientras un mecanismo de 4 barras los sostiene momentáneamente desde un extremo para controlar la caída y apilar sin rozamiento entre los listones ya apilados y el nuevo grupo. El carro de transporte necesita un mecanismo o sistema para elevarse cuando está vacío y descender gradualmente mientras se acumulan los listones.

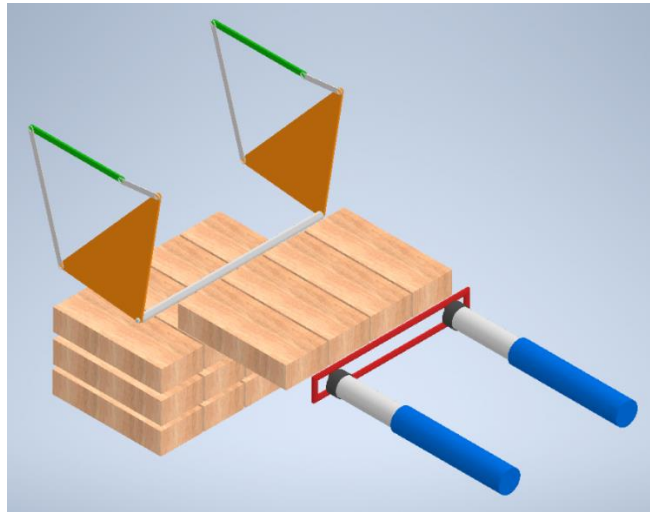


Figura 2.3 Solución C, no se muestra la banda transportadora ni la zona de apilamiento para mejor claridad del concepto.

Elementos previstos para el diseño:

- Plataforma de acumulación.
- Pistones para el empuje del grupo de listones.
- Mecanismo de 4 barras para para control de caída.
- Vehículo con mecanismo o sistema para elevación y despacho.
- Sensores de posicionamiento.

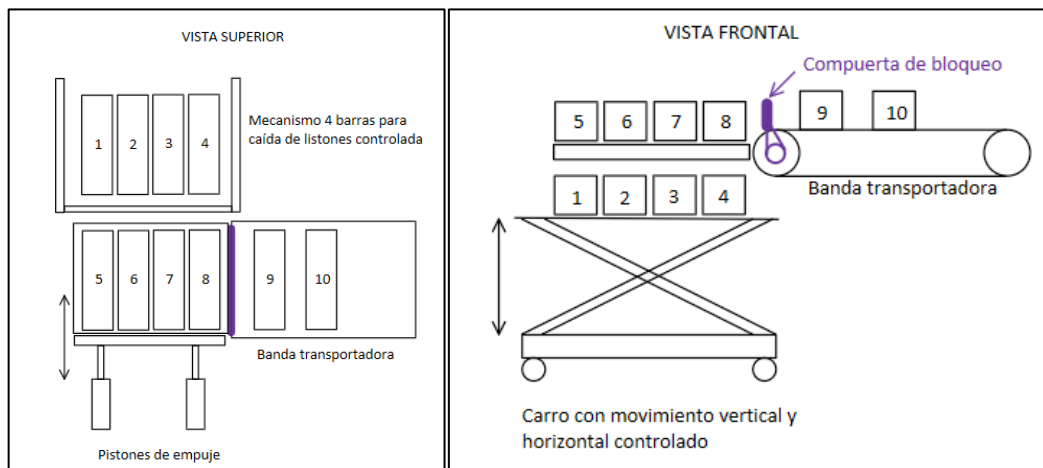


Figura 2.4 Paletizadora de mecanismo de 4 barras, vistas ortogonales.

2.4 Solución D: Paletización por caída en grupo

Adoptando soluciones similares observadas, el paletizado se realiza mediante caída después de acumular en una zona una cantidad de listones. La zona en cuestión se conforma por un par de carriles que funciona como plataforma de recepción y, al abrirse, estos se mueven perpendicular al movimiento en que ingresan los listones para dejarlos caer. Un carro de carga tiene movimiento controlado verticalmente para llenarlo gradualmente.

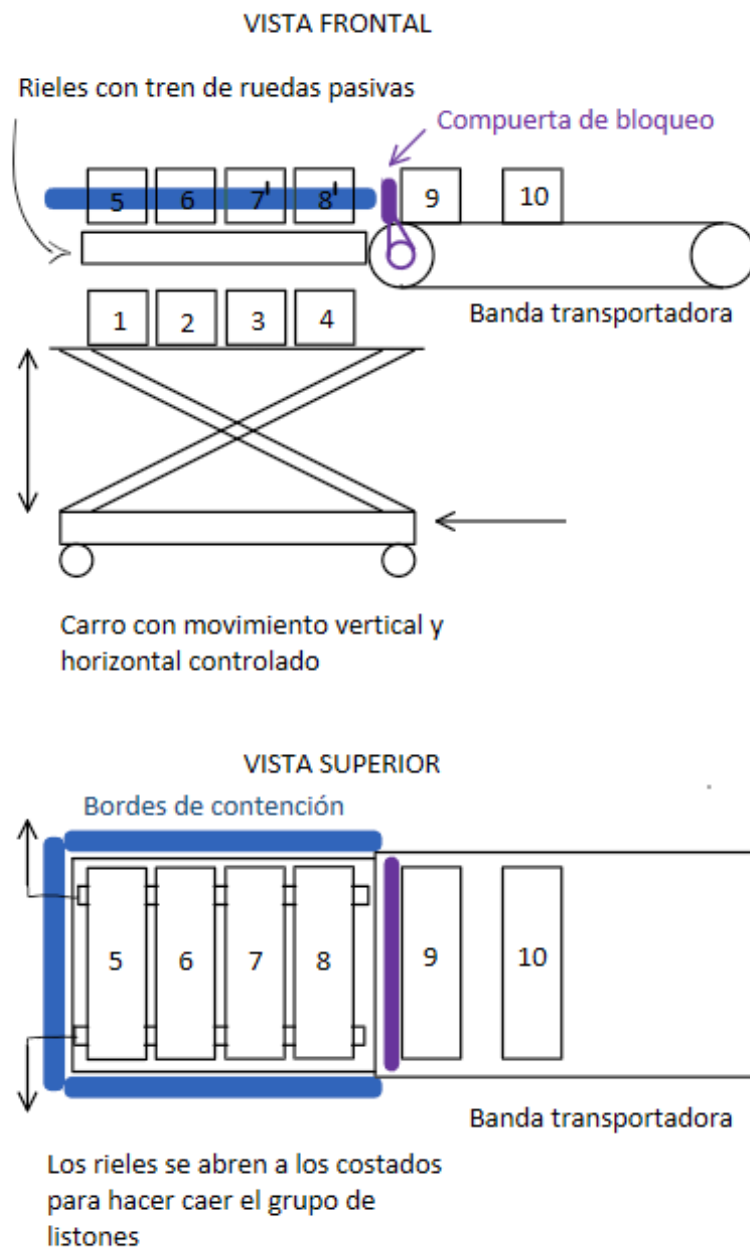


Figura 2.5 Paletizador de rieles por caída en grupo, vistas ortogonales.

Elementos involucrados:

- Banda transportadora.
- Plataforma formada por carriles de recepción para agrupamiento.
- Pistones para separar carriles de agrupamiento.
- Vehículo transportador del conjunto de listones.
- Plataforma de elevación.

Después de un diálogo con el cliente, los criterios importantes para elegir una de las soluciones fueron los siguientes:

- **Fiabilidad:** El sistema debe ser fiable, es decir, fallar muy rara vez en lo mejor posible.
- **Mantenimiento:** El mantenimiento debe ser lo menos frecuente y más rápido posible, y los elementos mecánicos/eléctricos involucrados debe ser lo menos posible.
- **Precio:** El precio de la solución debe ser viable, ser económico o rentable a largo plazo.

Para una conclusión sólida en base a los criterios importantes para el problema del proyecto, se calculó las siguientes tablas en que se aplicó método ordinal corregido de criterios ponderados.

Tabla 2.1 Peso numérico de los criterios para el proyecto.

	Precio	Fiabilidad	Manten.	Sum + 1	ponder.
Precio		0	0.5	1.5	0.25
Fiabilidad	1		0.5	2.5	0.42
Manten.	0.5	0.5		2	0.33
			suma	6	1

La Tabla 2.1 arroja como resultado: Fiabilidad > Mantenimiento > Precio.

Tabla 2.2 Ponderación de Precio en las soluciones.

Precio	A	B	C	D	Sum + 1	ponder.
A		1	1	1	4	0.4
B	0		1	1	3	0.3
C	0	0		0	1	0.1
D	0	0	1		2	0.2
				suma	10	1

Tabla 2.3 Ponderación de Fiabilidad en las soluciones.

Fiabilidad	A	B	C	D	Sum + 1	ponder.
A		0.5	0	0	1.5	0.15
B	0.5		0.5	1	3	0.3
C	1	0.5		0	2.5	0.25
D	1	0	1		3	0.3
				suma	10	1

Tabla 2.4 Ponderación de Mantenimiento en las soluciones.

Manten.	A	B	C	D	Sum + 1	ponder.
A		0	0.5	0	1.5	0.15
B	1		1	1	4	0.4
C	0.5	0		0	1.5	0.15
D	1	0	1		3	0.3
				suma	10	1

Tabla 2.5 Conclusiones en la matriz de decisión.

Concl.	Precio	Fiabilidad	Manten.	Sum	prioridad
A	0.10	0.06	0.05	0.21	3
B	0.03	0.13	0.13	0.28	2
C	0.05	0.10	0.05	0.20	4
D	0.08	0.13	0.10	0.30	1

Por lo obtenido en la Tabla 2.5, la solución D (paletización por caída en grupo) es la más apta según los criterios planteados. A continuación, se presenta los sistemas involucrados por separado con su respectivo desarrollo.

Antes de empezar cualquier diseño de sistema en línea de producción es importante considerar con que flujo de entrada y con qué flujo de salida de material se trabaja. Por lo tanto, se realizó una representación de la solución en Flexsim y se realizó una tabla de tiempos para la paletización por caída en grupo (solución D).

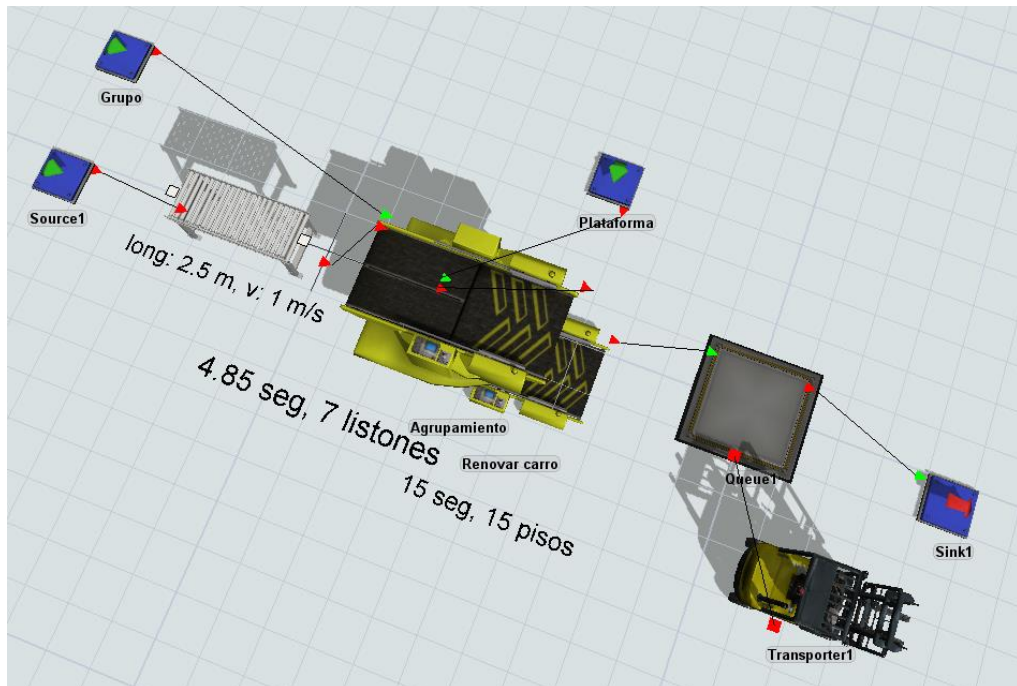


Figura 2.6 Modelo de simulación de la solución en Flexsim.

Durante el desarrollo de los sistemas, se observó que el proceso se puede dividir en las 3 etapas siguientes:

- Etapa de recolección, transporte y elevación.
- Etapa de agrupamiento y apilamiento.
- Etapa de transporte de apilamiento y renovación de vehículo.

Estas 3 etapas pueden visualizarse en la Figura 2.7.

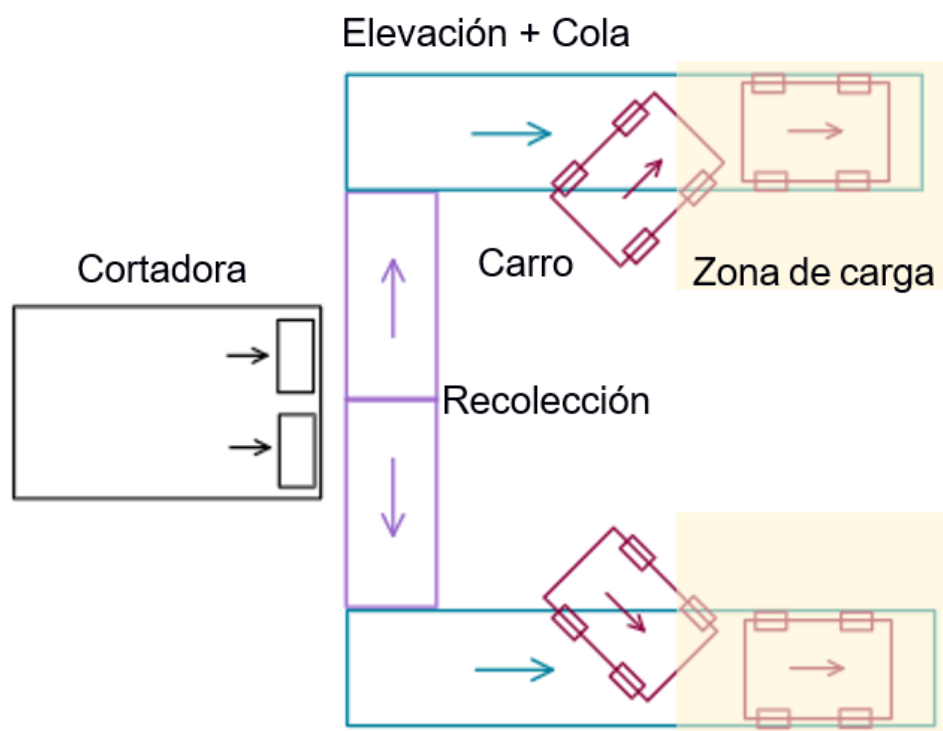


Figura 2.7 Vista superior de la solución propuesta.

2.5 Diseño del carro de transporte

A partir de modelos tradicionales de carros de carga, se estableció una plataforma en base a plancha de acero para recostar el apilamiento y luego se generó una evaluación de deformación en carga estática de la misma, dado que la carga no tiende a ser dinámica. Después de determinar el peso total sobre el carro conociendo los valores de la Tabla 2.6 y la presión teórica sobre la plataforma, se determinó la seguridad que tendría dos espesores de plancha de material de acero ASTM A36.

Tabla 2.6 Datos de un listón cualquiera que procede de la cortadora.

	Mínimo	Máximo	Unidad
Largo	24	24	In
Ancho	6	8	In
Alto	3.5	4	in
Volumen	0.0083	0.013	m ³
Densidad	240	320	kg/m ³
Masa	1.98	4.03	Kg

2.6 Etapa 1 – Sistema de recolección, transporte y elevación de listones

Esta etapa consistió en 2 fases, la primera basada en el transporte de listones provenientes de la cortadora, el cual fue realizada a través de un movimiento lateral por parte del transporte de rodillo. Seguido de la fase de elevación de listones, por medio de un transporte de cadena, con la ayuda de ganchos de sujeción.

2.6.1 Recolección por medio de transporte de rodillos

Este transporte se encarga del movimiento de los listones de la salida de la cortadora hasta la etapa de elevación de estos, por lo cual se deben tomar las características de la Tabla 2.7 para su selección.

Tabla 2.7 Parámetros para la entrada del transporte de rodillos.

Parámetro	Valor	Unidad
Velocidad de transporte requerida	1	m/s
Carga requerida	35	Kg/m
Ancho mínimo requerido (ancho del listón)	0.3	m
Largo mínimo requerido (2 veces la long. del listón)	1.5	m

En base a los parámetros requeridos de ingreso de transporte, se seleccionó el modelo de transporte de rodillos Interroll Recto RM8310 con accionamiento de 24V el cual cumple con los criterios al soportar una carga mayor a la solicitada e ir acorde a las dimensiones máximas de los listones. Otro aspecto importante del mismo es que el mecanismo cuenta con la velocidad requerida para el funcionamiento del conjunto. La Tabla 2.8 detalla todas las características relevantes. La Figura 2.8 muestra el esquema del dibujo con sus dimensiones.

Tabla 2.8 Datos técnicos del sistema Interroll Recto RM8310.

Parámetro	Valor	Unidad
Velocidad de transporte	1	m/s
Carga máxima	50	Kg/m
Temperatura de operación	5-40	°C
Tipo de rodillo	Interroll Serie 3500	N/A
Diámetro de rodillo	50	mm
Material de rodillo	Acero 1.5 mm, cincado	N/A
Cantidad máxima de rodillos por zona	20	un.
Tensión Nominal	24	V
Tipo de motor	RollerDrive Interroll EC310	N/A
Medio de accionamiento	Correa PolyVee	N/A
Transmisión	Rodillo - Rodillo	N/A

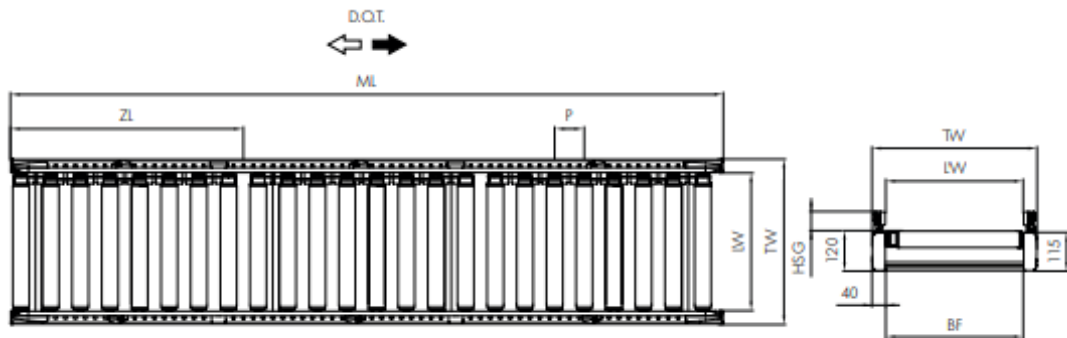


Figura 2.8 Dimensiones del transporte de rodillos.

Tabla 2.9 Datos técnicos del sistema.

Parámetro	Valor	Unidad
BF – Ancho entre perfiles	420	mm
LW-Ancho	BF(+120/-90 por lado con un guía lateral flexible)	mm
ML-Longitud del módulo	2.53	m
ZL-Longitud de la zona	1.265	m
TW-Ancho del módulo	BF+80	mm
P-Paso entre rodillos	60	mm
HSG-Altura guía lateral	35	mm

Es importante recalcar que el movimiento del mecanismo se ha dividido en 2 zonas, lo que quiere decir, tendrá 2 actuadores que facultarán un movimiento fluido de los listones por medio de los rodillos.

2.6.2 Transporte de elevación

Se consideró elevar los listones en una cadena de transporte con un par de “ganchos” que sostienen un listón a la vez, de esta manera el transporte puede tener un ángulo pronunciado de elevación y ocupar menos espacio. En conjunto

con este sistema, se propone modificar el transporte de rodillos que viene de fábrica para ocupar aún menos espacio, a la vez que se debe sincronizar la alimentación de listones. El bosquejo de la propuesta se muestra en la Figura 2.9, la modificación involucra recortar un segmento de barra que permite atravesar los ganchos a través de ella de manera perpendicular y recoger un listón que reposa en la zona de descarga.

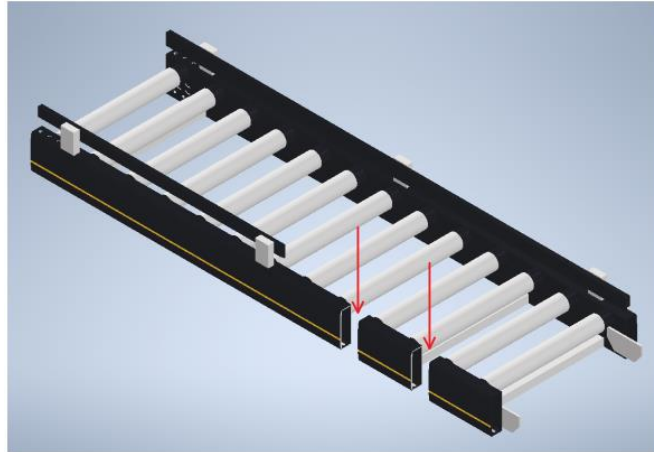


Figura 2.9 Transporte de rodillos modificado. Las flechas señalan el espacio recortado donde atravesarán los ganchos del elevador.

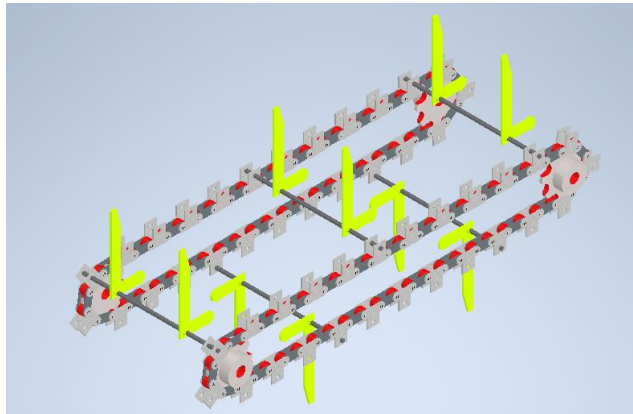


Figura 2.10 Esqueleto del elevador de listones formado con cadena tipo M.

Se procedió a seleccionar una cadena tipo M que cumpla con las características requeridas.

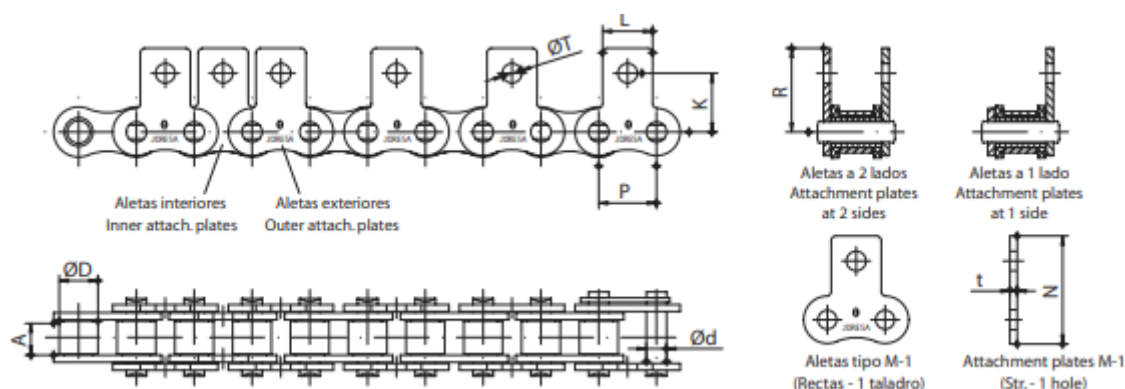


Figura 2.11 Dimensiones de la cadena M aleta vertical.

Tabla 2.10 Características de la cadena tipo M para elevación de listones.

Parámetro	Valor	Unidad
Paso – P	38.10	mm
Código ISO	24B-1M1	N/A
Ancho Interior - A	25.40	mm
Diámetro de Rodillo - ØD	25.40	mm
Altura Taladro – K	45	mm
Diámetro Taladro - ØT	10.5	mm
Altura de Aleta - R	54.5	mm
Ancho de Aleta – L	30	mm
Altura Total – N	70.50	mm
Espesor aleta – t	5.20	mm
Carga de rotura- A.T.S	17.8	Kg

Es importante resaltar que la carga de rotura es de 17.8 Kg por eslabón, teniendo una carga nominal máxima de 4 Kg por un listón de madera con dimensiones extremas, también aproximadamente 2 Kg del sistema de ganchos del mecanismo. Donde la carga de rotura es un 50% extra de la carga nominal lo que representa que se cuenta con 11.8 Kg.

2.7 Etapa 2 – Sistema de agrupamiento de listones

Para el desarrollo del sistema de agrupamiento es necesaria una cola de listones que permitan garantizar un flujo continuo, sin cuellos de botella, la cual tiene una longitud sugerida de 2.8 [m] obtenida de la Tabla 3.2, donde se realizó un análisis de tiempo de cada una de las etapas del sistema. A partir de lo cual se seleccionó la siguiente cadena.

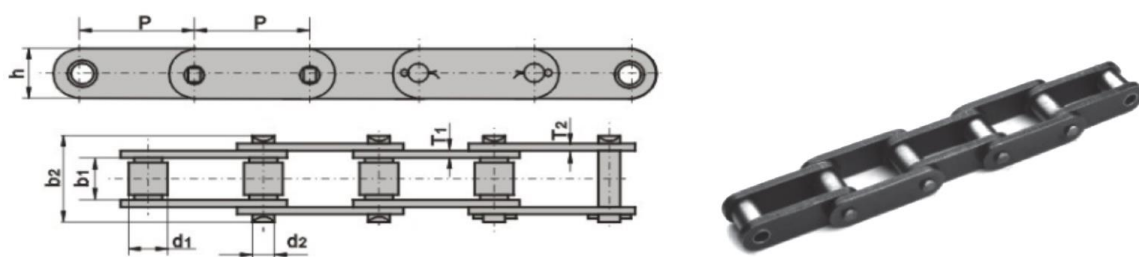


Figura 2.12 Dimensionas de cadena para madera.

Tabla 2.11 Dimensiones de la cadena para transporte de madera que funciona como cola de servicio.

Parámetro	Valor	Unidad
Paso – P	66.27	mm
Código	B1XHH	N/A
Estándar	ASME B29.15M	N/A
D1	23.02	mm
B1	26.99	mm
D2	11.10	mm
B2	63.50	mm
H	32.30	mm
T1	7.67	mm
T2	7.87	mm
Resistencia última a la tracción	186.70	KN
Capacidad de carga	350.25	Nm
Peso	6.52	Kg/m

La resistencia última a la tracción de la cadena es de 186.7 kN, que representa la fuerza máxima que esta cadena puede soportar para el transporte creándose una deformación permanente. Sin embargo, es conocido que esta fuerza es de 1.5 a 2 veces al límite de fluencia. Por lo tanto, si el eslabón de la cadena trabaja por debajo de 93.4 kN como tensión, es mejor para la vida útil de la cadena.

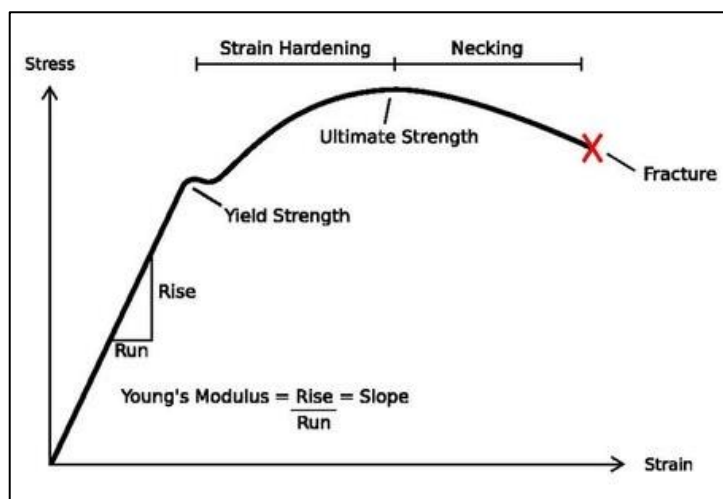


Figura 2.13 Gráfico representativo de tensión vs deformación.

Los dos carriles presentes en la solución se forman con perfiles y estos tendrán unas ruedas que permitan el fácil ingreso y agrupamiento de los listones. Para este fin, se optó por seleccionar unos rodillos modulares que se unen con unos perfiles personalizados y armables sin necesidad de maquinar, todos estos elementos provienen de un mismo proveedor. La Figura 2.14a presenta el rodillo con sus dimensiones. La Figura 2.14b exhibe la aplicación de estos rodillos sobre un perfil, que es para fines de transporte de material. Finalmente, la Figura 2.14c manifiesta la composición del conjunto armado junto con la carga que soporta, esta información se muestra en Tabla 2.12.

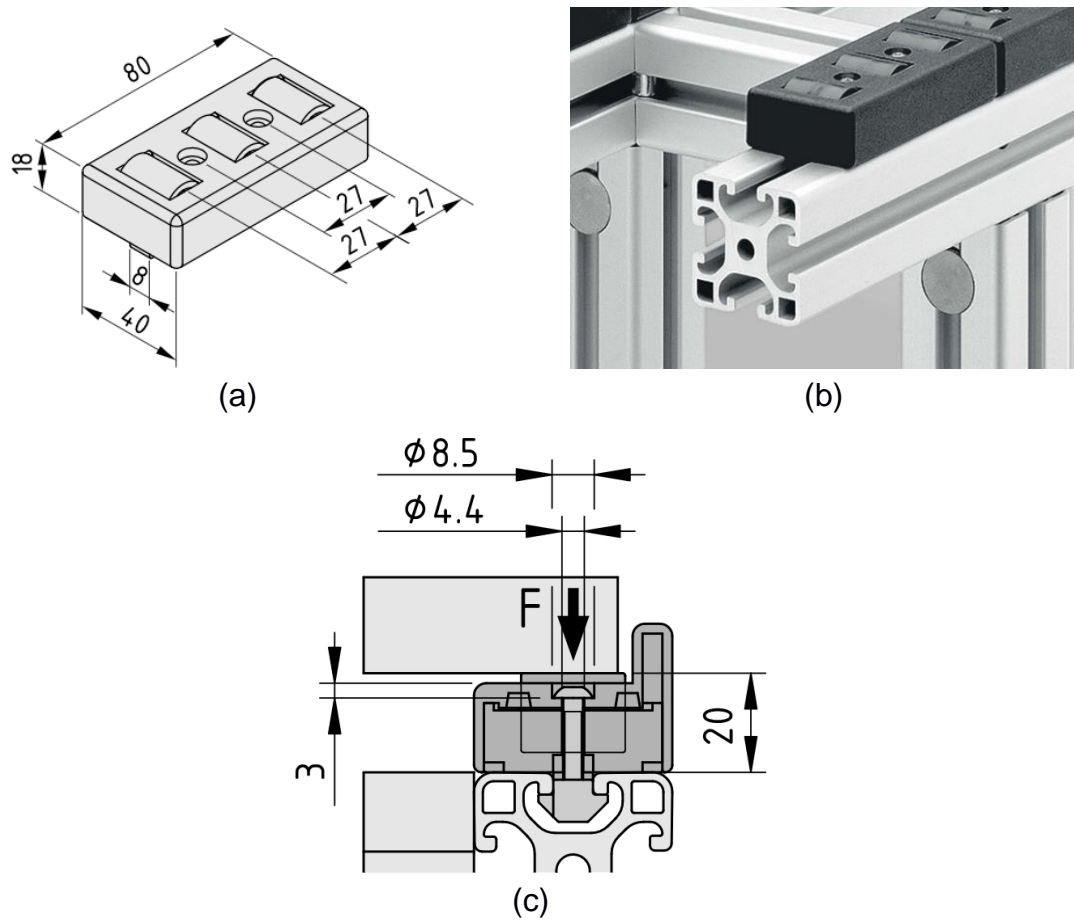


Figura 2.14 (a) Rodillos Modulares 8 80. (b) Rodillos 8 80 unidos colocados en un perfil 8. (c) Esquemático del armado para un rodillo similar en un perfil 8.

Tabla 2.12 Información del rodillo con perfil.

Parámetro	Descripción
F máx. por rodillo	50 N
Tornillo cabeza de botón	M4x25, 2 unidades
Tuerca	Tipo T perfil 8, 2 unidades

Con respecto a los perfiles, se seleccionó un modelo compatible con los rodillos presentados anteriormente, el cual es “perfil 8 ligero” (nombrado de fábrica), para comprobar que soporta bien el grupo de listones, se realizó un análisis estático.



Figura 2.15 Perfil 8 ligero de aluminio.

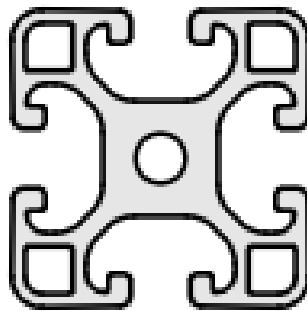


Figura 2.16 Área transversal del perfil 8.

Tabla 2.13 Descripción del perfil 8 a utilizar como carril.

Weight	Material	Delivery Unit	Sectional area
m=1.74 kg/m	Al, anodized	Máx. 6000 mm	A = 6.36 cm ²
Moment of inertia, x-axis	Moment of inertia, y-axis	Resistance Moment, x-axis	Resistance Moment, y-axis
I _x = 9 cm ⁴	I _y = 9 cm ⁴	W _x = 4.5 cm ³	W _y = 4.5 cm ³

El carril debe tener movimiento perpendicular a la dirección en que entran los listones, para esto se seleccionó unas ruedas que se empotra al perfil. La rueda seleccionada en cuestión es “Castor D75 fixed” con capacidad de carga hasta 50 Kg por rueda y peso de .25 Kg por unidad.

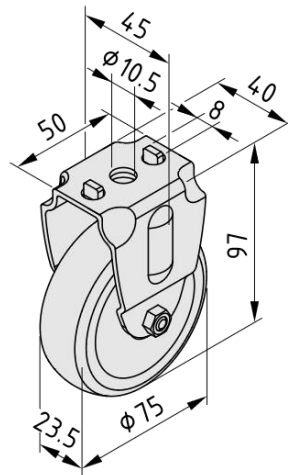


Figura 2.17 Rueda fija D75.

El modelo CAD presentado en la Figura 2.17 es como viene de fábrica, se propone modificar un poco para asegurar un broche al perfil que se une, la Figura 2.18 muestra tal modificación que se trata de una perforación a los agujeros exteriores.

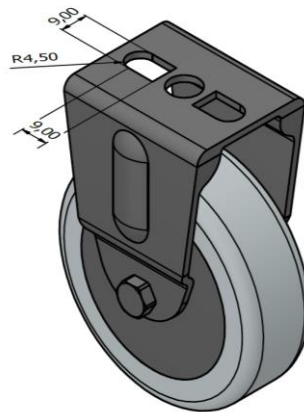


Figura 2.18 Rueda D75 modificada, se rebana un cuadrado de 9mm desde el centro de los agujeros exteriores.

A partir de los elementos, es preciso mostrar en la Figura 2.19 el ensamble de todos estos para formar un carril.

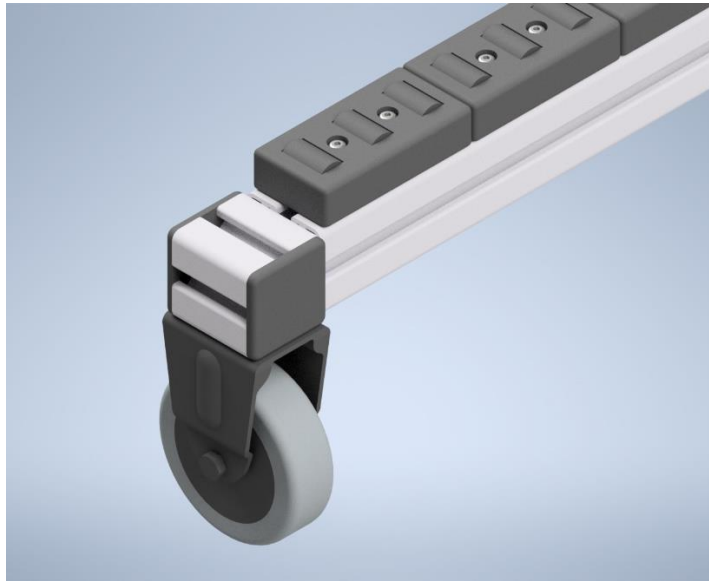


Figura 2.19 Ensamblaje del carril con las piezas seleccionadas.

Finalmente, para desplazar el carril fue necesario utilizar un pistón neumático de doble actuación por su rápida ejecución del movimiento, apto para los requerimientos de tiempo planteados. El pistón para esta tarea es FESTO DSBC-40-100-PPVA-N3 con una carrera de 100 mm y 40 mm de diámetro de émbolo con capacidad de fuerza de avance y retorno de 754 N y 633 N respectivamente [13].



Figura 2.20 Cilindro neumático FESTO DSBC-40-100.

2.7.1 Diagrama de estados de la máquina de agrupamiento por caída

Para el desarrollo del sistema de automatización del sistema de paletizado se utilizó la metodología del diagrama de estados que consiste en separar las etapas del proceso en estados por medio del control de variables, de este modo solo puede estar activo un estado a la vez. En el presente caso de estudio se usó un estado de marcha que faculta el arranque del sistema, seguido de la etapa de

“observación” donde gracias a un sensor capacitivo se verifica que existan 7 listones en la zona de descarga, una vez completa la cantidad deseada sigue la etapa de retracción de los pistones de la plataforma de descarga permitiendo que los listones caigan en el transporte de carga, un sensor final de carrera indicara que la retracción esta completa, activando el estado final de extensión del pistón en el cual intervendrá un final de carrera indicador de que el pistón está en la posición inicial, para repetir todo el ciclo desde el inicio tal como se lo puede observar en la Figura 2.21.

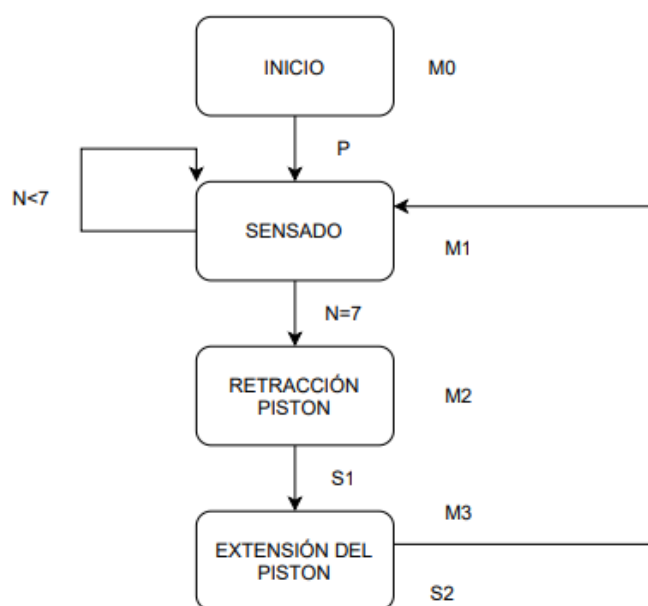


Figura 2.21 Diagrama de estados del sistema de paletizado.

En la siguiente tabla se observan las variables que intervienen en el proceso de automatización.

Tabla 2.14 Descripción de estados y Transiciones.

Parámetro	Descripción
M0	Marcha
M1	Detección de listones
M2	Retracción del pistón
M3	Extensión del pistón
P	Botonera de marcha
N	Contador de listones

S1	Final de carrera pistón retraído
S2	Final de carrera pistón extendido

Se analizó la fuerza producida por el peso del conjunto de listones a paletizar tal como se indica en la Figura 2.22, tomando en cuenta la masa máxima de un listón referenciada en la Tabla 2.6. Se obtuvo el cálculo de la ecuación (1) mostrada a continuación.

$$\text{Peso Total} = \text{Masa Listón} * \text{Número de listones} * \text{Gravedad} \quad (1)$$

$$\text{Peso Total} = 4.1[\text{kg}] * 7 * 9.8[\text{m/s}^2]$$

$$\text{Peso Total} = 281.26 \text{ N}$$



Figura 2.22 Morfología de pistones y carriles con carga de listones.

Dado que la fuerza para vencer la fricción entre los listones y los carriles será menor que el peso por su naturaleza física, sin descuidar algún factor de seguridad se puede seleccionar un pistón con aproximadamente 3 veces la carga. Por lo tanto, se escoge el cilindro marca FESTO modelo DSBC-40-100-PPVA-N3 el cual tiene una fuerza de retorno de 633 [N] trabajando con una presión de 6 bar, se recalca que el sistema usa 2 pistones por la estructura de este, con lo que la carga se divide en ambos actuadores y cumple con los criterios necesarios para mover los carriles. A continuación, se presentan las características del cilindro neumático.

Tabla 2.15 Descripción del pistón del paletizador.

Parámetro	Descripción
-----------	-------------

Marca	FESTO
Serie	DSBC
Modelo	DSBC-40-100-PPVA-N3
Carrera	100 mm
Amortiguación	Neumática, regulable ambos lados
Émbolo	Con anillo magnético
Accionamiento	Doble – Neumático
Estándar	ISO 15552
Presión de trabajo	0.6 bar ... 12 bar
Temperatura de trabajo	-20 °C ... 80 °C
Fuerza teórica de avance a 6 bar	754 N
Fuerza teórica de retorno a 6 bar	633 N

2.8 Etapa 3 – Sistema de paletización de listones.

Dado el sistema de agrupamiento, y como el sistema debe funcionar de manera continua, los carros de transporte se movilizarán con la asistencia de un operador, quien estará encargado de la subida y bajada del carro transportador de listones, así como de colocar el siguiente carro en la posición correcta para el nuevo inicio del proceso.



Figura 2.23 Elevador hidráulico motorizado DAYTON 5RRY7.

El sistema de elevación que se va a utilizar es el Dayton 5RRY7, el cual soporta el peso del vehículo de transporte más el peso de los listones, acorde a los criterios

del proyecto. Otra característica importante del sistema es que cuenta con un tiempo de subida con carga de 13 [s] y sin carga de 7 [s] conforme a lo analizado en la duración del tiempo de transportación para los listones. La máquina cuenta con las siguientes características técnicas.

Tabla 2.16 Descripción del elevador hidráulico.

Parámetro	Descripción
Marca	DAYTON
Mecanismo	Hidráulico
Modelo	5RRY7
Capacidad de carga	1000 Lb
Material	Acero
Longitud total	1257.3 mm
Ancho Total	774.7 mm
Longitud de la horquilla	635 mm
Ancho de la horquilla	76.2 mm
Tiempo de subida con carga	13 s
Tiempo de subida sin carga	7 s
Potencia del motor	2 hp
Voltaje de la Batería	12 V

Para el vehículo de transporte, se seleccionó el carro de transporte para grandes cargas modelo KF00182, del fabricante DISSET. En la Tabla 2.17 se muestra las características más relevantes.



Figura 2.24 Carro de transporte para carga KF00182.

Tabla 2.17 Características del carro de transporte para listones.

Parámetro	Valor	Unidad
Capacidad de carga	1200	Kg
Dimensiones totales	1810 x 800 x 1105h	mm x mm x mm
Superficie de carga	1640 x 880	mm x mm
Peso	67	Kg

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Del paletizador por caída en grupo indicado en la sección 2.4, se determinó tablas de tiempos para proponer los parámetros de la transportadora (velocidad y longitud) en función de los tiempos de servicio de las máquinas para el paletizado. La razón de hacer esto es que a la hora de construir las máquinas puede que no se obtenga los tiempos exactos, y como consecuencia, ajustar los demás sistemas para cumplir con el flujo de material será necesario. A continuación, se presenta dichas tablas.

Tabla 3.1 Parámetros de entrada de listones que ingresan al sistema.

Parámetro	Valor	Unidad
Tasa de entrada máxima	1	listón/seg
Ancho promedio de listón	7	in
Ancho promedio de listón en metros	0.1778	m

Tabla 3.2 Velocidad y longitud del sistema de transporte (cola de servicio).

Parámetro	Valor	Unidad
Velocidad de Cola	1.50	m/s
Longitud sugerida	2.80	m
Longitud mínima crítica	2.50	m

Tabla 3.3 Tiempos de la máquina de agrupamiento.

Parámetro	Valor	Unidad
Cantidad de listones en grupo	7	listones
Tiempo de admisión para llenarse	1.66	seg
Tiempo de servicio	4	seg
Tiempo operación entre máx. espera	5.66	seg
Tasa de servicio entre máx. espera	1.24	listones/seg

Tiempo de espera para liberar	13.34	seg
Cola acumulada	13.34	listones
Tasa de disminución de cola	0.24	listones/seg
Tiempo disponible para disminuir cola	79.23	seg
Listones paletizados antes del periodo	18.77	listones

De la Tabla 3.3, la cantidad de listones que se paletiza es mayor que la cantidad de listones que se acumula cuando se espera a la renovación del carro de carga en una relación de casi 3:2, por lo tanto, el sistema no colapsa ni necesita detenerse a no ser por causas externas.

De la misma manera, se calculó los tiempos para la máquina de apilamiento en carro cuando se renueva el carro de carga, que es el tiempo crítico de interés con el valor asignado de 15 segundos.

Tabla 3.4 Tiempos de la máquina de apilamiento en carro.

Parámetro	Valor	Unidad
Pisos	14	N/A
Tiempo de admisión para llenarse	79.23	seg
Tiempo de servicio	15	seg
Tiempo de operación	94.23	seg
Listones entregados	98	listones
Tasa de salida	1.04	listones/seg

3.1 Análisis estático de los soportes

Para el sistema de elevación de listones, se realizó un análisis de esfuerzo estático para los dos soportes que se conectan a una vara, y esta última se empotra a la cadena tipo M que eleva los listones. En la Figura 3.1, los tres elementos son de material ASTM A36. La carga de prueba es 3 veces más de lo que se espera como máximo de un listón de madera (4 Kg).

De esta forma se cuenta con un factor de seguridad de 3, ya que el sistema es capaz de soportar 3 veces el peso máximo ideal que se requiere para el transporte de listones brindando fiabilidad y confiabilidad al sistema. Con el dato obtenido para una carga 3 veces mayor a la máxima la deformación es de 0.02 mm, por lo que con la carga máxima en el proceso real la deformación será prácticamente nula.

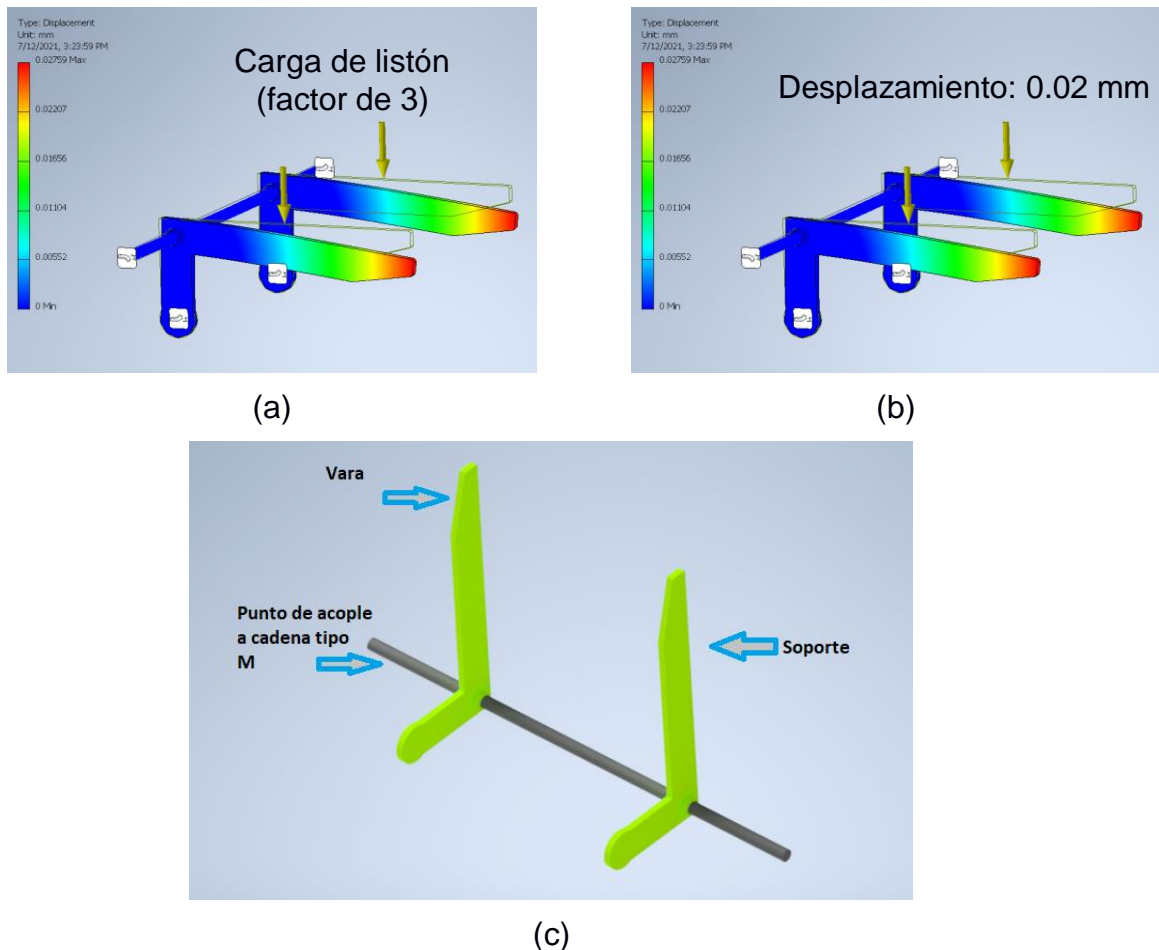


Figura 3.1 (a) Carga del listón con un factor de seguridad de 3. (b) Análisis estático que muestra el desplazamiento en mm para una carga de 11.22 Kg. (c) Esquema de las partes del sistema de sujeción listón-cadena.

Para el perfil utilizado como carril en la Etapa 2 – Sistema de agrupamiento de listones, se aplicó un análisis estático con una presión como se muestra en la Figura 3.2. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 3.5 Parámetros de análisis estático para el perfil 8. Se analizó con presión debido a que el grupo de listones estará distribuido sobre el carril, por lo tanto, ejercen una presión sobre el perfil. Se destaca para la aplicación requerida existe una deformación despreciable.

Es importante analizar que son 2 perfiles los que va a soportar la carga, por lo tanto, el factor de seguridad es de 2, al ejecutar el estudio con una carga de 35 Kg por perfil, obteniendo una deformación de 0.484 mm dando como resultado un cambio despreciable en el perfil.

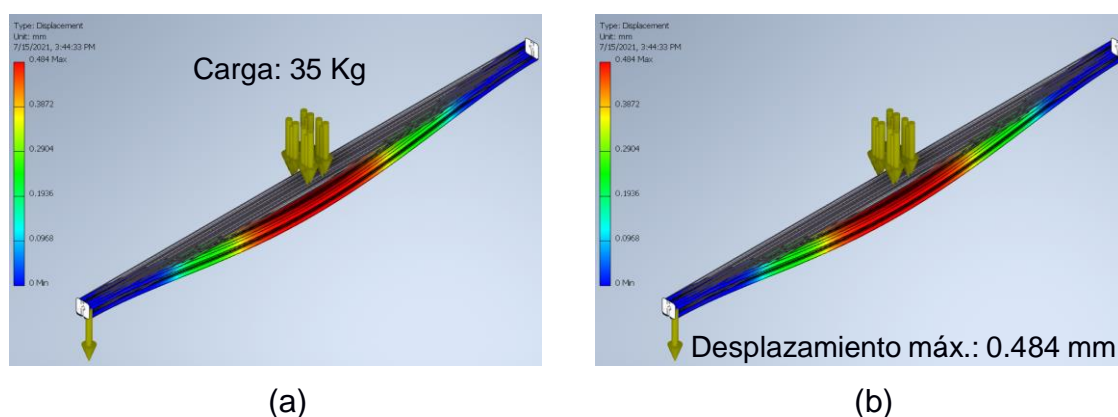


Figura 3.2 (a) Análisis estático del carril con una carga de 35 Kg (b) Deformación resultante en el carril.

Tabla 3.5 Parámetros de análisis estático para el perfil 8.

Parámetro	Valor
Carga	35 Kg, carga distribuida
Longitud de perfil	1445 mm
Desplazamiento máximo	0.0875 mm

Se conectó los elementos involucrados en la Etapa 2 – Sistema de agrupamiento de listones, y su resultado es el que se muestra en la Figura 3.3.



Figura 3.3 Sistema paletizador de listones, estos en su máxima dimensión posible.

3.2 Diagrama Neumático y eléctrico del PLC

Para la sección de automatización se utilizó el cilindro neumático DSBC-40-100-PPVA-N3 así como 2 válvulas de 5 vías con 2 posiciones, las cuales cuentan con accionamiento por solenoide alimentadas por una fuente de aire comprimido a 6 [bar]. Cada pistón cuenta con 2 sensores finales de carrera que indican la posición del actuador.

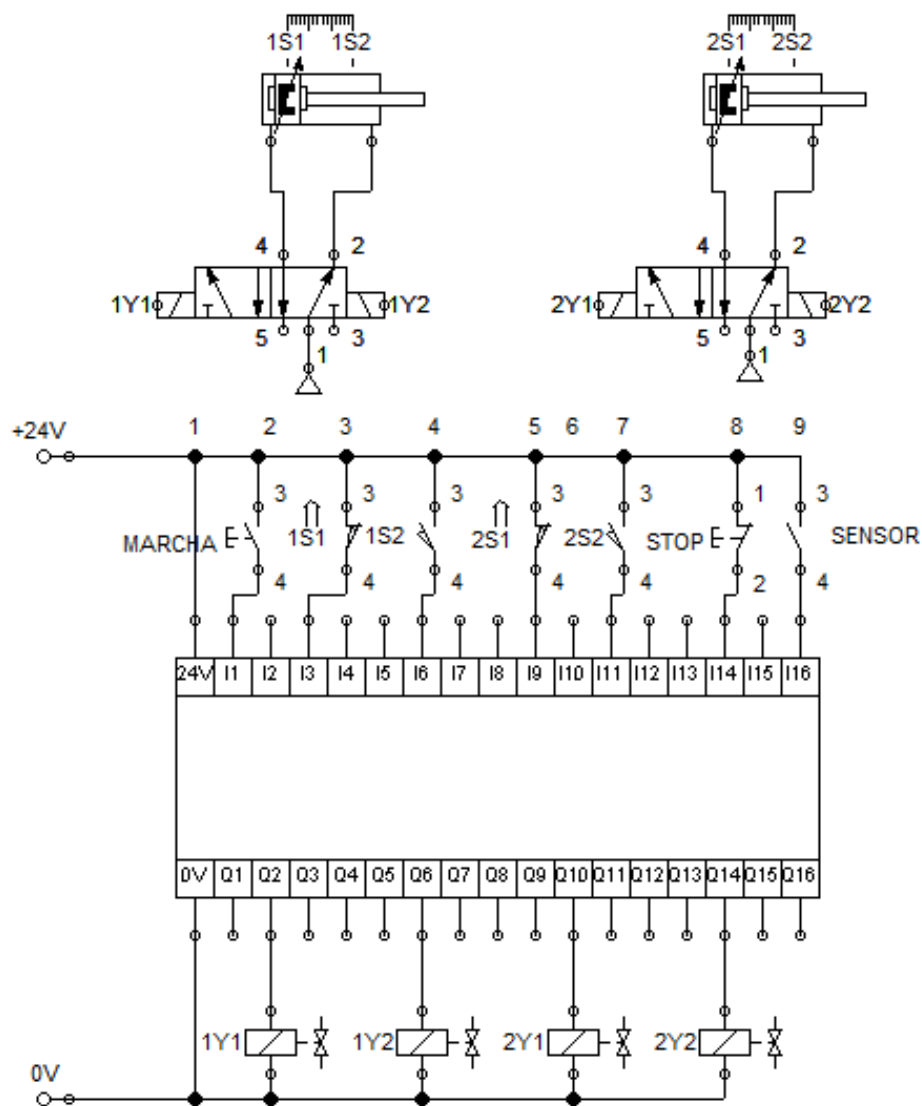


Figura 3.4 Diagrama de conexiones de PLC y válvulas para los pistones de la máquina de agrupamiento.

La señal de los sensores son las entradas digitales para el PLC, en el cual se realizará la programación en LADER (Figura 4.2) para el control de los pistones según el diagrama de estados de la Figura 2.19. Las salidas del controlador lógico programable son las electroválvulas que dirigen el movimiento del pistón.

Tabla 3.6 Partes del sistema electroneumático.

Parámetro	Descripción
1Y1	Electroválvula de extracción Pistón 1
1Y2	Electroválvula de retracción Pistón 1
2Y1	Electroválvula de extracción Pistón 2
2Y2	Electroválvula de retracción Pistón 2
1S1	Sensor posición 0 [mm] Pistón 1
1S2	Sensor posición 100 [mm] Pistón 1
2S1	Sensor posición 0 [mm] Pistón 2
2S2	Sensor posición 100 [mm] Pistón 2
Marcha	Botonera de marcha del sistema
Stop	Botonera de paro del sistema
Sensor	Sensor de conteo de listones

3.3 Análisis de costos

Para el presente proyecto se han realizado varios estudios, por lo cual el desglose se realizará contemplando los honorarios de los ingenieros de desarrollo de proyectos, así como tomando en cuenta 3 tipos de subdivisiones. Costos mecánicos, eléctricos y de ingeniería.

Tabla 3.7 Costos de Ingeniería

Concepto	Hora	Costo/hora [\$]	Total [\$]
Diseño del sistema de transporte	20	40	800
Análisis de Tiempo	10	20	200
Diseño del sistema de paletizado	20	40	800
Programación del sistema neumático	10	20	200
Ensamblaje del proyecto	50	20	1000
Costo Total	-	-	3000

Tabla 3.8 Costos mecánicos.

Concepto	Cantidad	Valor unitario [\$]	Total [\$]
Transporte de Rodillo ¹	1	2200	2200
Elevador hidráulico	1	5000	5000
Transporte de Elevación + Cola de servicio	1	8000	8000
Vehículo transportador	6	1200	7200
Cilindro neumático	2	171	342
Estructura de transporte	1	800	800
Costo total	-	-	23542

Tabla 3.9 Costos Eléctricos.

Concepto	Cantidad	Valor unitario [\$]	Total [\$]
Electroválvulas ²	2	58	106
PLC ³	1	450	450
Cable	2	23	46
Sensor final de carrera	2	37	74
Costo total	-	-	676

Como se puede observar en la Figura 3.5 el 33% del gasto total de ingeniería es producido por el ensamblaje del proyecto, seguido del diseño del sistema de transporte y paletizado ambos con 27%, es importante resaltar que las etapas de diseño tienen un valor considerable debido a que, en esta fase, se busca una solución para la implementación o desarrollo del sistema que se requiere. También se cuenta con gastos de análisis de tiempo y programación del sistema neumático

¹ Interroll Recto RM8310

² El modelo de las electroválvulas es: VUVS-LK25-M52-AD-G14-1B2-S

³ El modelo del PLC es el S7-1200

con un 6% y 7% respectivamente. Este coste es menor al de diseño debido a la gran oferta que existe en el mercado con respecto a servicios de programación en general.

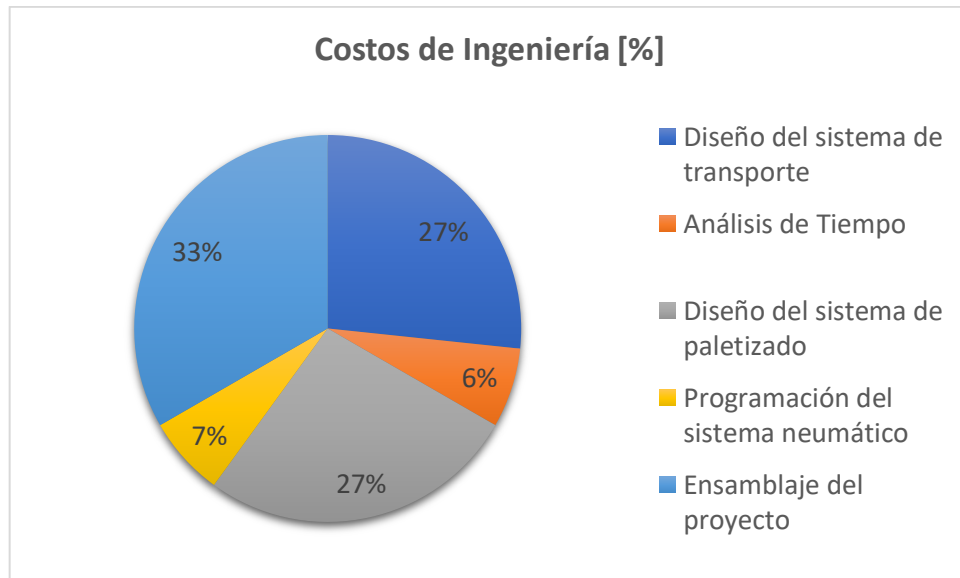


Figura 3.5 Diagrama de costos de ingeniería.

Refiriéndonos a los costos de elementos mecánicos presentados en la Figura 3.6 se tiene el costo más elevado en el sistema de elevación con el 33% del total, seguido del elevador hidráulico 31% y el vehículo transportador con el 27%. Estos valores se obtuvieron de los fabricantes, así como de cotizaciones del cliente que proveyeron estas cantidades.

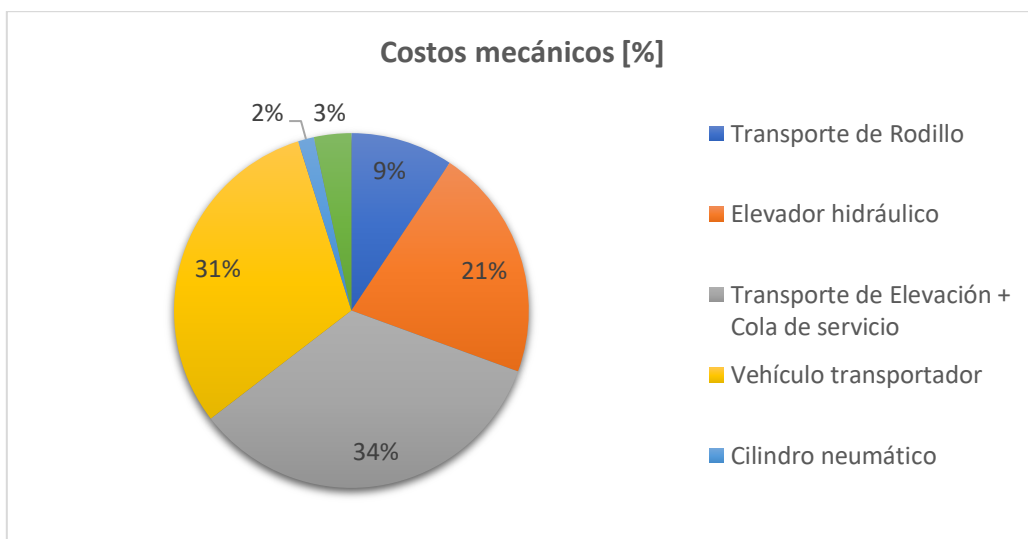


Figura 3.6 Diagrama de costos mecánicos.

Observando la Figura 3.7 se tiene que el controlador lógico programable es el elemento más costoso de esta subdivisión al contar con el 36% del gasto total.

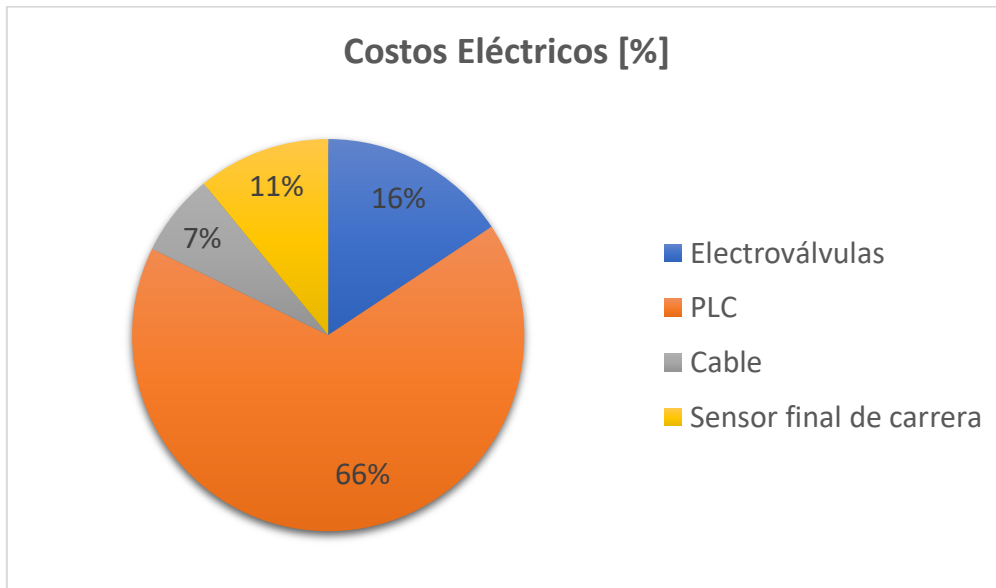


Figura 3.7 Diagrama de costos eléctricos.

Es importante analizar la inversión total del proyecto y cuál es su tiempo de retorno para la empresa, además de los beneficios inmediatos que esta solución propone. Como se puede observar en la Figura 3.8 el costo del proyecto es de aproximadamente 27 000 dólares, inicialmente en las operaciones de la empresa se usan 6 operarios para las tareas de transporte y paletizado a 3 jornadas laborales obteniendo un gasto por personal de cerca de 58 000 dólares, con la implementación del sistema se reduce los gastos operativos en aproximadamente un 50% lo que significa el costo del proyecto. Obteniendo una mayor utilidad económica desde el primer año de implementación, siendo un sistema sustentable a mediano y largo plazo.

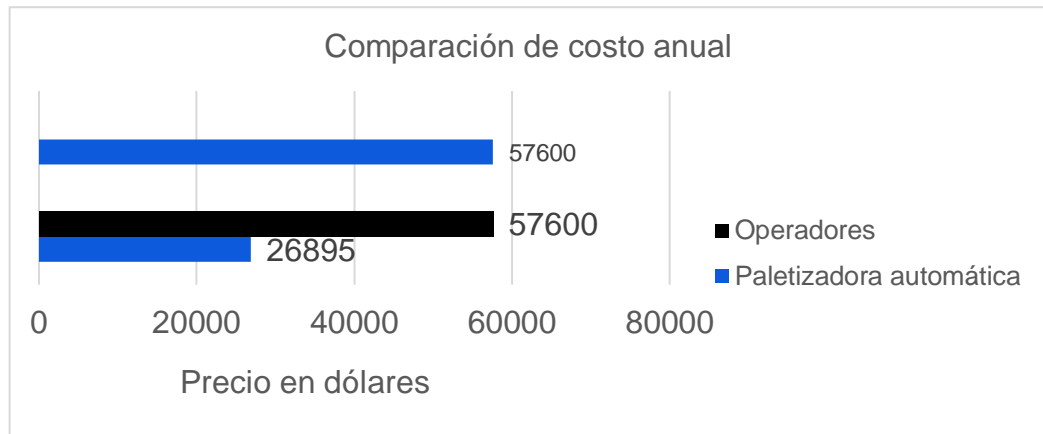


Figura 3.8 Comparación de costo entre sistema propuesto y operadores.

3.4 Renderizado del sistema completo

A continuación, se presenta las imágenes renderizadas del sistema completo, en todas sus etapas desde la fase de recolección hasta la paletización en el vehículo transportador. Como se puede observar en la **Error! Reference source not found.** el sistema inicia con el transporte de rodillos que transporta lateralmente los listones procedentes de la cortadora, luego estos son elevados por el elevador con ganchos, continúan por la cola de servicio hasta llegar a los rieles para su agrupación. Una vez que los listones estén agrupados, caen al vehículo transportador que se encuentra en posición de carga por medio del elevador hidráulico que desciende el carro a medida que llena el vehículo hasta alcanzar su máxima capacidad.

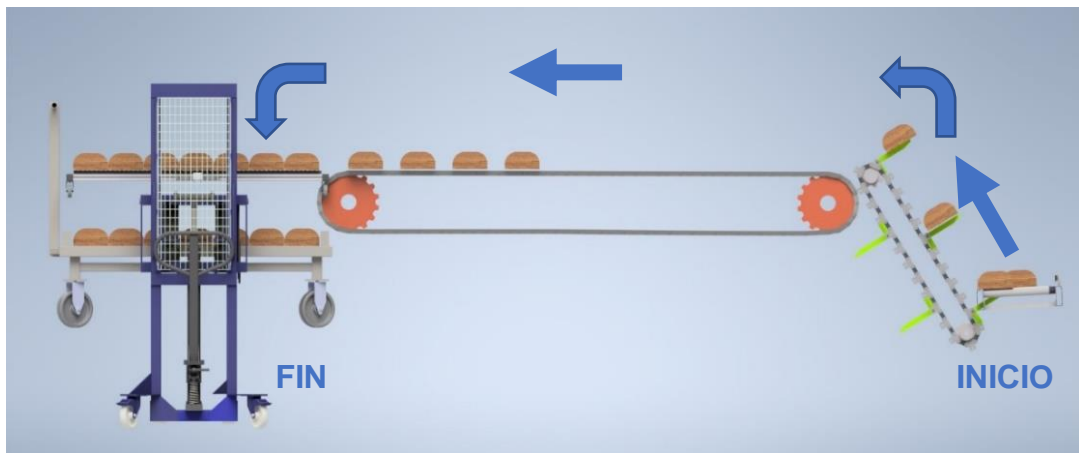


Figura 3.9 Vista frontal del sistema propuesto.

En la Figura 3.10 se aprecian las diferentes partes del mecanismo junto con sus etiquetas.

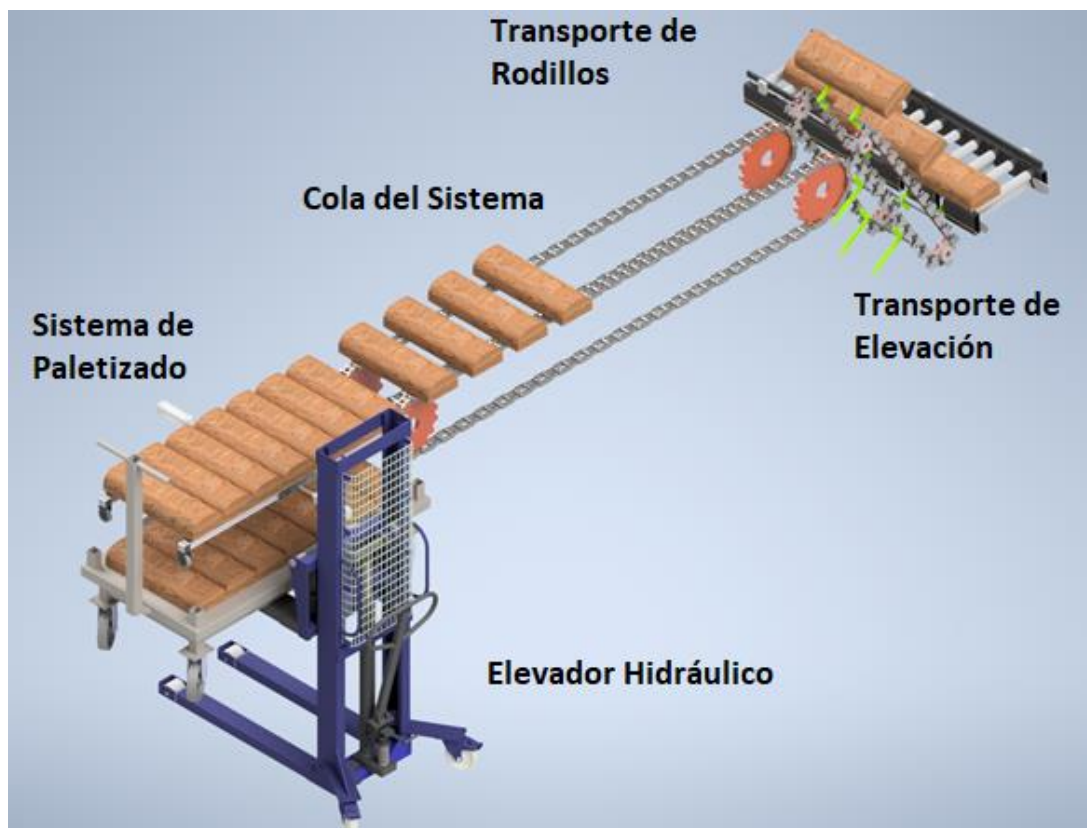


Figura 3.10 Vista en perspectiva del sistema propuesto.

La Figura 3.11 muestra una vista superior del sistema. Corresponde mencionar que tanto el modelo del vehículo de transporte como el elevador no coinciden con los elementos seleccionados previamente pero representan su función.

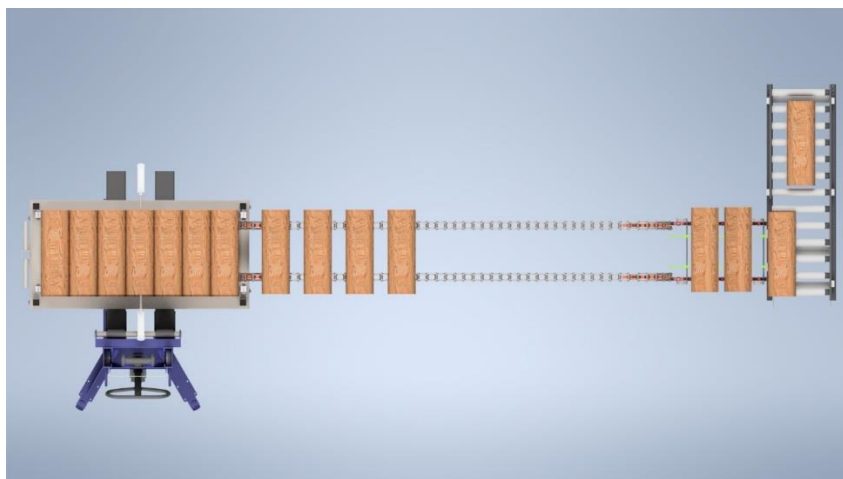


Figura 3.11 Vista superior del sistema propuesto.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Para el diseño de un sistema de transporte es importante realizar un análisis de tiempo completo del sistema, donde se tome en cuenta la tasa de entrada de ítems, el tiempo permitido en el que cada uno debería permanecer en la etapa de transporte, para no generar colas que deriven en un cuello de botella.

El estudio de elementos finitos para diferentes partes del proyecto determinó que los materiales usados fueron resistentes a las cargas requeridas por el cliente, con un factor de seguridad adicional, permitiendo que el diseño mecánico sea óptimo, para su posterior implementación.

El mecanismo móvil de transporte seleccionado representó una gran ventaja en el desarrollo del proyecto, ya que permitió apilar los listones de manera eficiente, así como ayudar en la transportación de los mismo, al ser un sistema con ruedas, evitando el uso de vehículos a base de combustibles fósiles para su transporte.

El uso del diagrama de estados posibilitó el desarrollo del sistema electroneumático, al ser un método eficiente para traducir el flujo de funcionamiento en la programación deseada, además permitió identificar los sensores y actuadores necesarios en el subsistema.

4.2 Recomendaciones

Diseñar un sistema automatizado de alimentación a la cortadora de la planta, para que el flujo de materia prima sea constante y no dependa directamente de la velocidad de los operadores.

Mejorar el sistema de paletizado, con el uso de un mecanismo automatizado y sincronizado para evitar el uso de un operador para elevar el vehículo transportador.

Realizar un estudio de producción, con el fin de encontrar la cantidad correcta de vehículos transportadores a construir, así como optimizar su uso según la demanda de mercado.

Elaborar planes de mantenimiento preventivo para las máquinas implementadas en el diseño, de tal forma que se alargue su tiempo de vida, y estas puedan trabajar de la manera más eficiente.

Almacenar la información de listones que se producen a través de la captación de esta información del sistema de paletizado. De tal forma que estos datos puedan guardarse en la nube, para realizar análisis posteriores con esta data.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] N. Mendoza, "Producción Y Exportación De Madera De Balsa," p. 80, 2013.
- [2] M. Varela García, "Pruebas para la determinación de secado en madera de balsa, en cámaras con vapor," 1994.
- [3] W. Villacís Pérez, "PROYECTO DE FACTIBILIDAD AGROFORESTAL PARA SIEMBRA DE Balsa (Ochroma pyramidale) PARA LA PENINSULA DE SANTA ELENA EN LA COMUNIDAD DE LIMONCITO," Universidad de Guayaquil, 2012.
- [4] M. S. Kovalchuk and S. V. Baburin, "Modelling and control system of multi motor conveyor," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 327, no. 2, 2018, doi: 10.1088/1757-899X/327/2/022065.
- [5] T. Kerezovic and G. Sziebig, "Case study: Optimization of end-of-line packaging in fishery industry," *SII 2016 - 2016 IEEE/SICE Int. Symp. Syst. Integr.*, no. August 2018, pp. 694–699, 2017, doi: 10.1109/SII.2016.7844080.
- [6] F. M. Moura and M. F. Silva, "Application for automatic programming of palletizing robots," *18th IEEE Int. Conf. Auton. Robot Syst. Compet. ICARSC 2018*, no. April, pp. 48–53, 2018, doi: 10.1109/ICARSC.2018.8374159.
- [7] Alibaba.com, "Search: robot palletizer - Alibaba.com," 2021. https://www.alibaba.com/showroom/robot+palletizer.html?fsb=y&IndexArea=product_en&CatId=&SearchText=robot+palletizer&isGalleryList=G (accessed Jun. 21, 2021).
- [8] P. M. McGuire, *Conveyors: Application, Selection and Integration*. Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis, 2010.
- [9] M. E. Fayed and T. S. Skocir, *Mechanical Conveyors: Selection and operation*, vol. 1. 1996.
- [10] S. Vaidya, P. Ambad, and S. Bhosle, "Industry 4.0 - A Glimpse," *Procedia Manuf.*, vol. 20, pp. 233–238, 2018, doi: 10.1016/j.promfg.2018.02.034.
- [11] C. Riba Romeva, *Diseño concurrente*. 2002.
- [12] Interroll, "Catálogo Módulos de transporte." Interroll, p. 23, 2014.
- [13] FESTO, "Cilindro normalizado DSBC-40-100-PPVA-N3." FESTO, p. 1, 2021.

APÉNDICES

APÉNDICE A

	standards-based cylinder DSBC-40-100-PPSA-N3 1376907 DSBC-40-100-PPSA-N3
	Solenoid valve VUVS-LK25-M52-AD-G14-1B2-S 8043218 VUVS-LK25-M52-AD-G14-1B2-S
	Plug socket with cable KMF-1-24DC-2.5-LED 30935 KMF-1-24DC-2.5-LED
	One-way flow control valve GRLA-1/4-QS-8-RS-D 534339 GRLA-1/4-QS-8-RS-D
	Plastic tubing PUN-H-8X1,25-BL 197385 PUN-H-8X1,25-BL
	Push-in fitting QS-1/4-8 153005 QS-1/4-8
	Silencer U-1/4-B 6842 U-1/4-B

Figura 4.1 Accesorios necesarios para los pistones neumáticos.

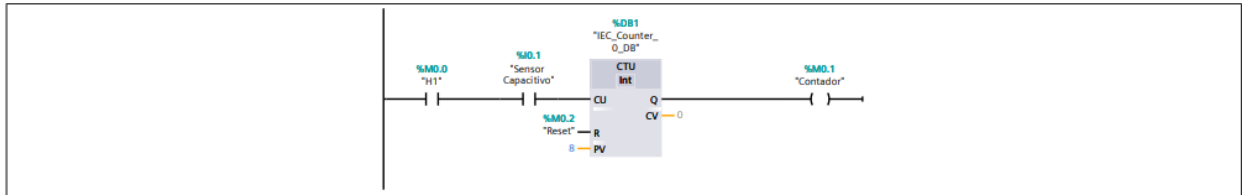
Segmento 1: Variable de encendido del sistema

Enendido del sistema



Segmento 2:

Contador de Listones



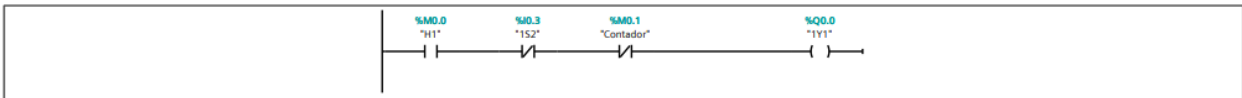
Segmento 3: Variable de reset del contador

Reset del Contador



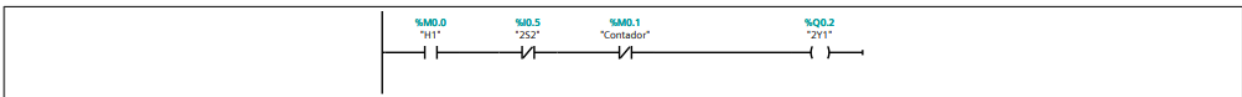
Segmento 4: Electroválvula para extraer pistón 1

Extracción del Pistón 1



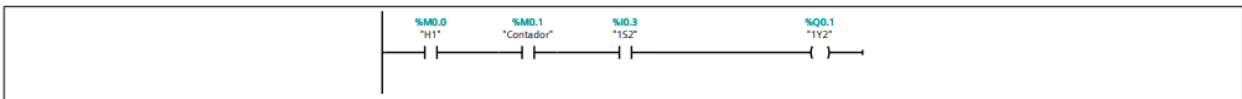
Segmento 5: Electroválvula para extraer pistón 2

Extracción del Pistón 2



Segmento 6:

Retracción Pistón 1



Segmento 7:

Retracción Pistón 2

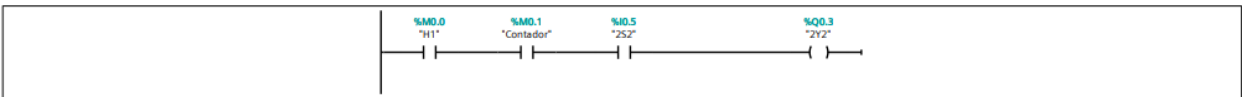


Figura 4.2 Programación del PLC para el sistema de paletizado.

Variables PLC















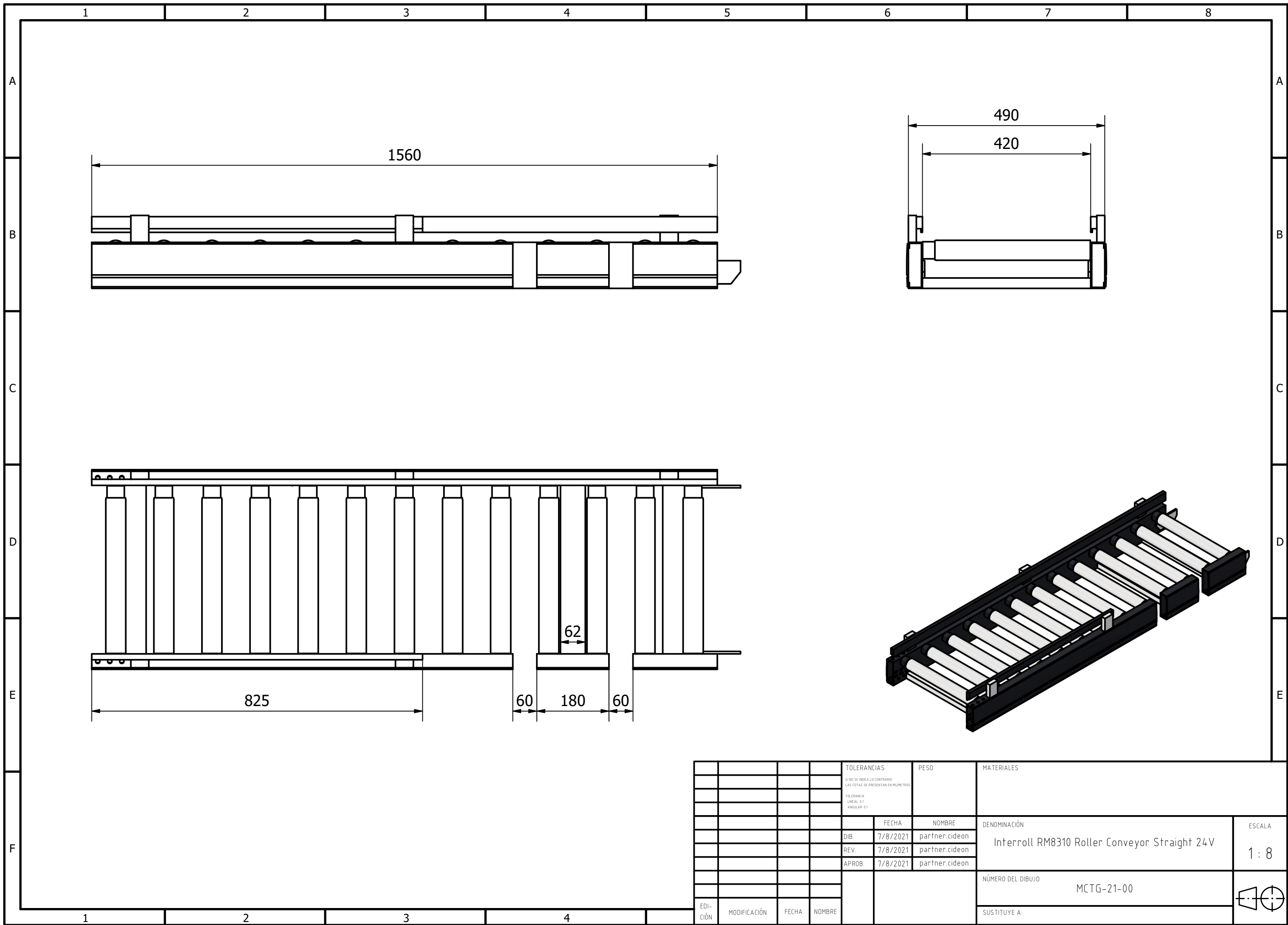
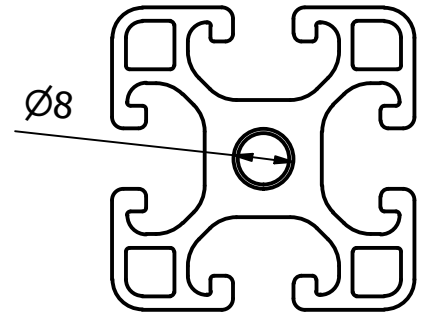
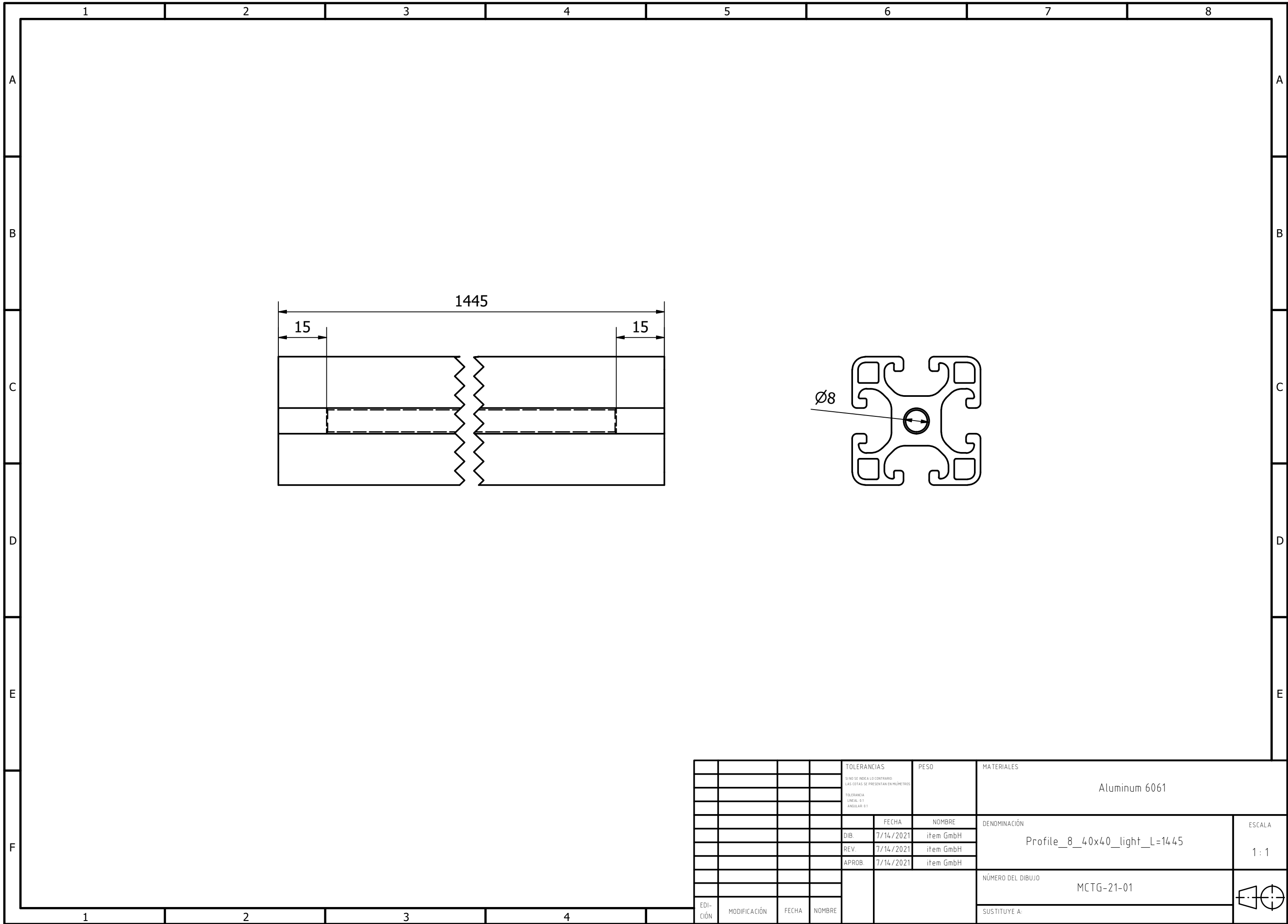
Variables PLC								
Nombre	Tipo de datos	Dirección	Remanencia	Accesible desde HMI/OPC UA	Escribible desde HMI/OPC UA	Visible en Supervisión HMI Engineering		Comentario
 Marcha	Bool	%I0.0	False	True	True	True		Botón de Marcha
 Sensor Capacitivo	Bool	%I0.1	False	True	True	True		Sensor para contar listones
 1S1	Bool	%I0.2	False	True	True	True		Sensor de posición 0 mm Pistón 1
 1S2	Bool	%I0.3	False	True	True	True		Sensor de posición 100 mm Pistón 1
 2S1	Bool	%I0.4	False	True	True	True		Sensor de posición 0 mm Pistón 2
 2S2	Bool	%I0.5	False	True	True	True		Sensor de posición 100 mm Pistón 1
 Stop	Bool	%I0.6	False	True	True	True		Botón de parada
 H1	Bool	%M0.0	False	True	True	True		Variable de encendido del sistema
 Contador	Bool	%M0.1	False	True	True	True		Variable Contador de 8 listones
 Reset	Bool	%M0.2	False	True	True	True		Variable de reset del contador
 1Y1	Bool	%Q0.0	False	True	True	True		Electroválvula para extraer pistón 1
 1Y2	Bool	%Q0.1	False	True	True	True		Electroválvula para retraer pistón 1
 2Y1	Bool	%Q0.2	False	True	True	True		Electroválvula para extraer pistón 2
 2Y2	Bool	%Q0.3	False	True	True	True		Electroválvula para retraer pistón 2

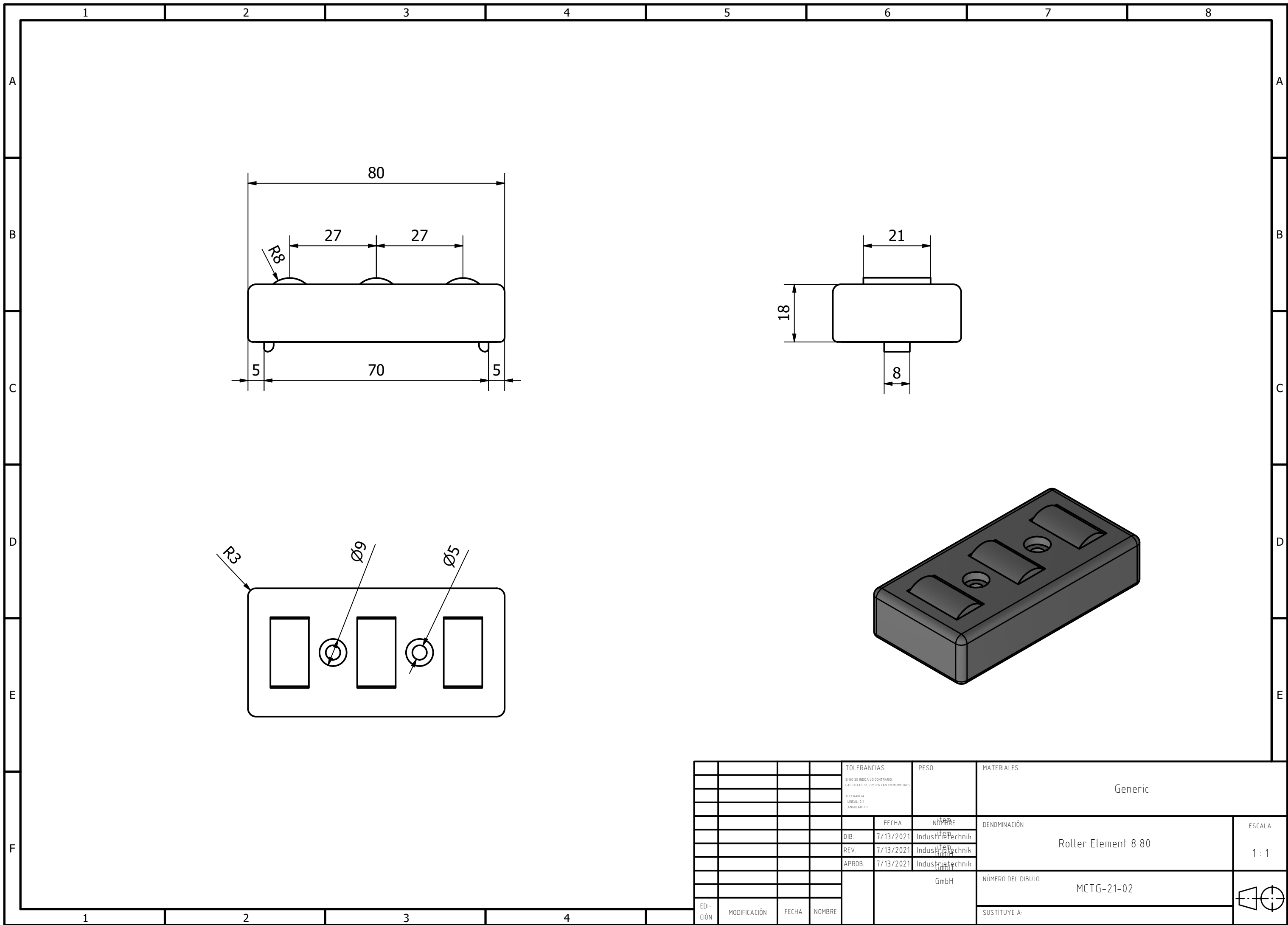
Figura 4.3 Variables utilizadas en el PLC.



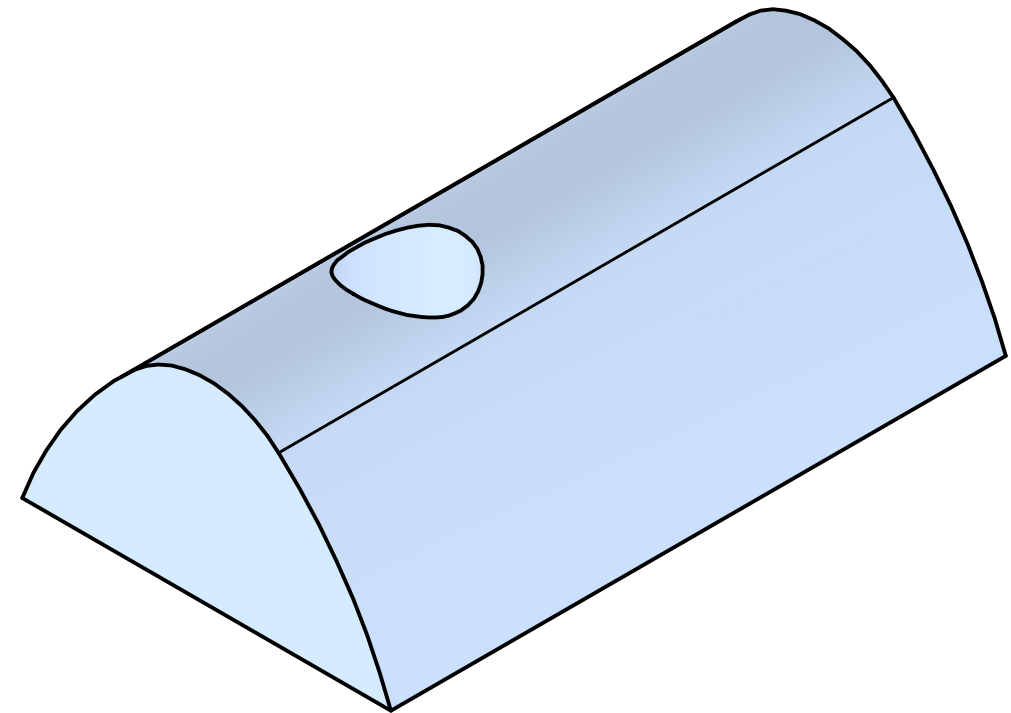
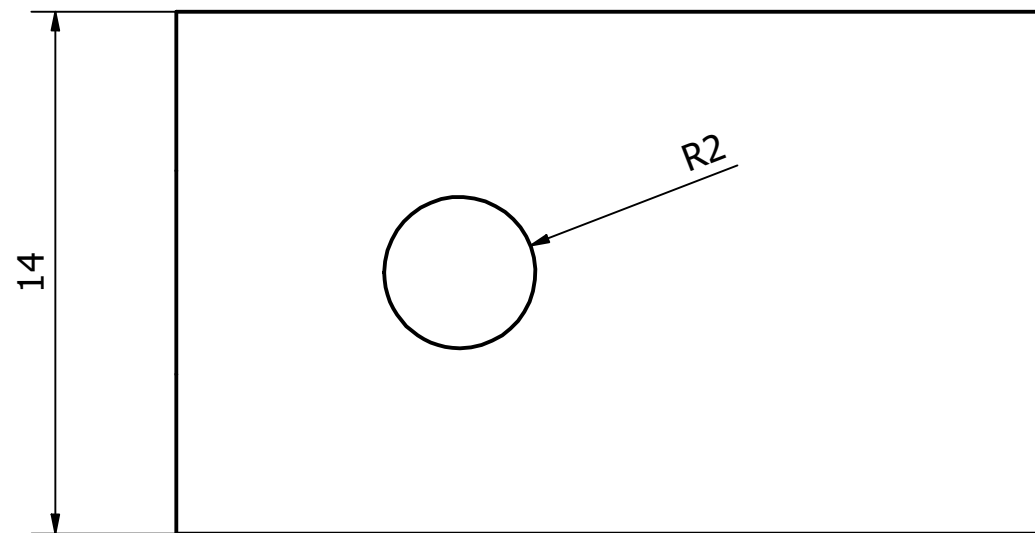
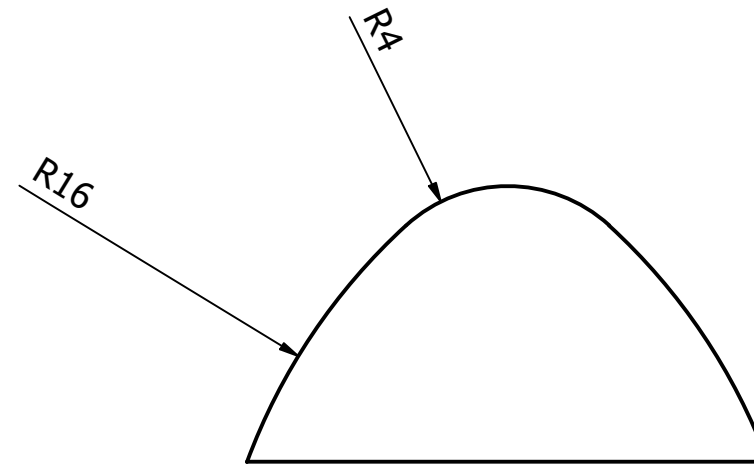
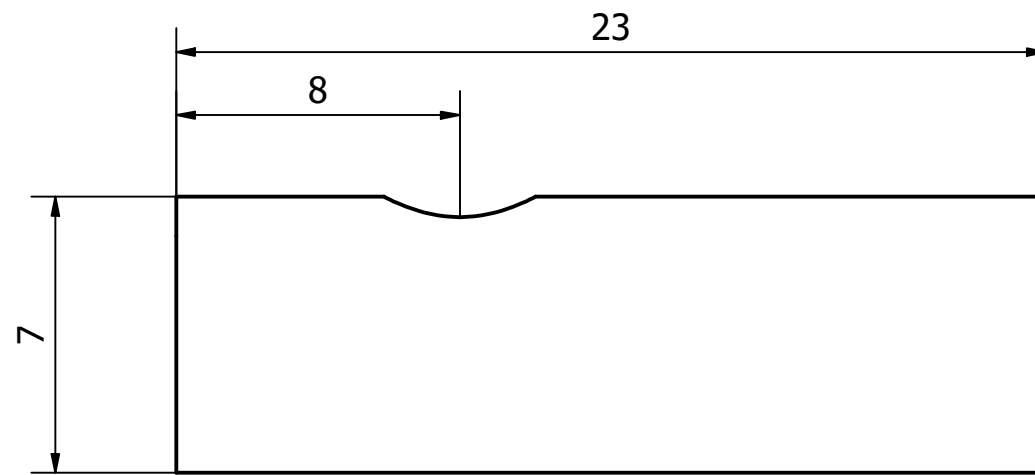
				TOLERANCIAS	PESO	MATERIALES		
				SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE PRESENTAN EN MILIMETROS				
				TOLERANCIA LINEAL: 0.1 ANGULAR: 0.1				
					FECHA	NOMBRE	DENOMINACIÓN	
				DIB.	7/8/2021	partner.cideon	Interroll RM8310 Roller Conveyor Straight 24V	
				REV.	7/8/2021	partner.cideon		
				APROB.	7/8/2021	partner.cideon		
							NÚMERO DEL DIBUJO	
							MCTG-21-00	
							SUSTITUYE A:	
EDI- CIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE					ESCALA 1 : 8



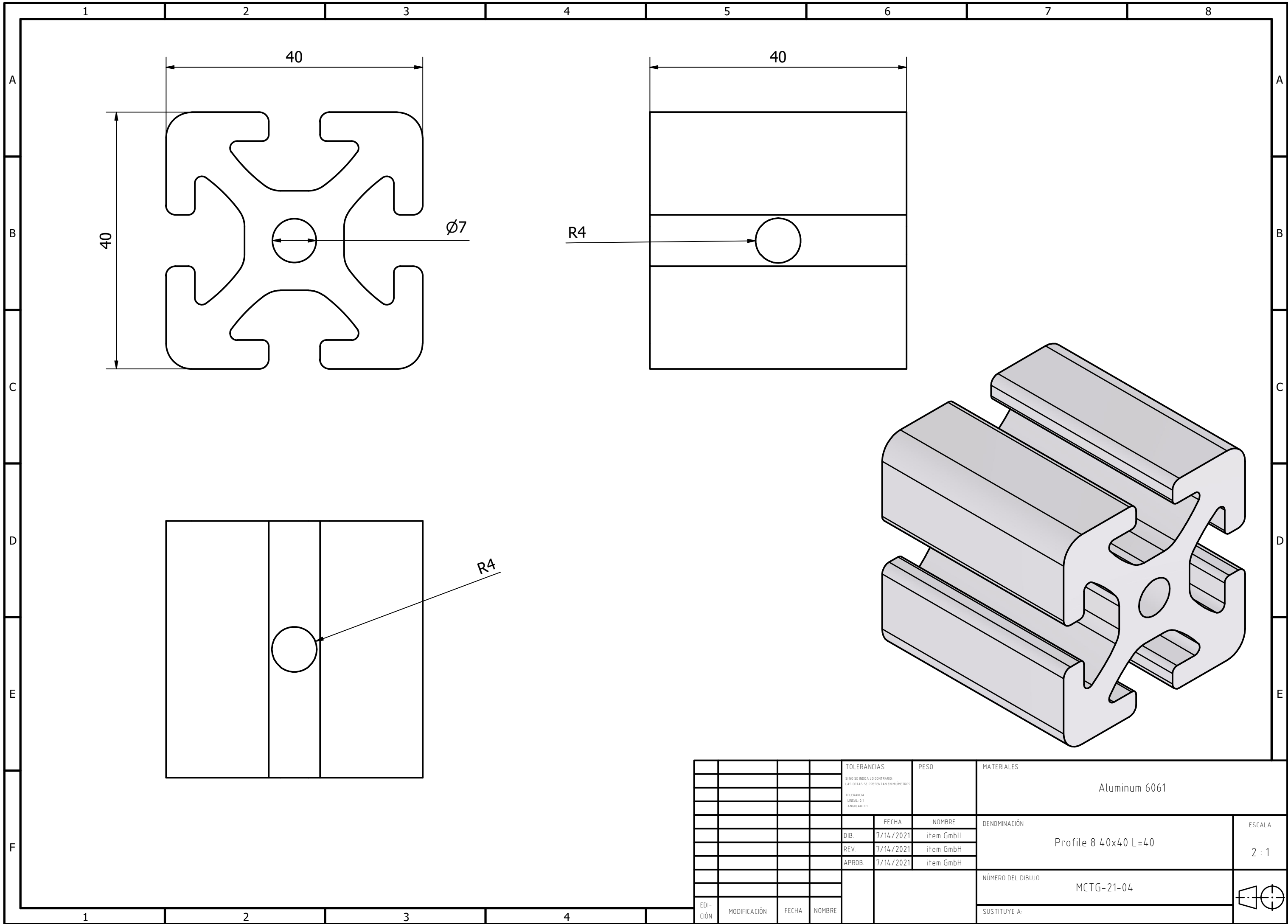
				TOLERANCIAS SI NO SE INDICA LO CONTRARIO, LAS COTAS SE PRESENTAN EN MILÍMETROS	PESO	MATERIALES Aluminum 6061		
				TOLERANCIA LINEAL: 0.1 ANGULAR: 0.1				
					FECHA	NOMBRE	DENOMINACIÓN	ESCALA
				DIB.	7/14/2021	item GmbH	Profile_8_40x40_light_L=1445	1:1
				REV.	7/14/2021	item GmbH		
				APROB.	7/14/2021	item GmbH		
							NÚMERO DEL DIBUJO	
							MCTG-21-01	
							SUSTITUYE A:	
EDI- CIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE					



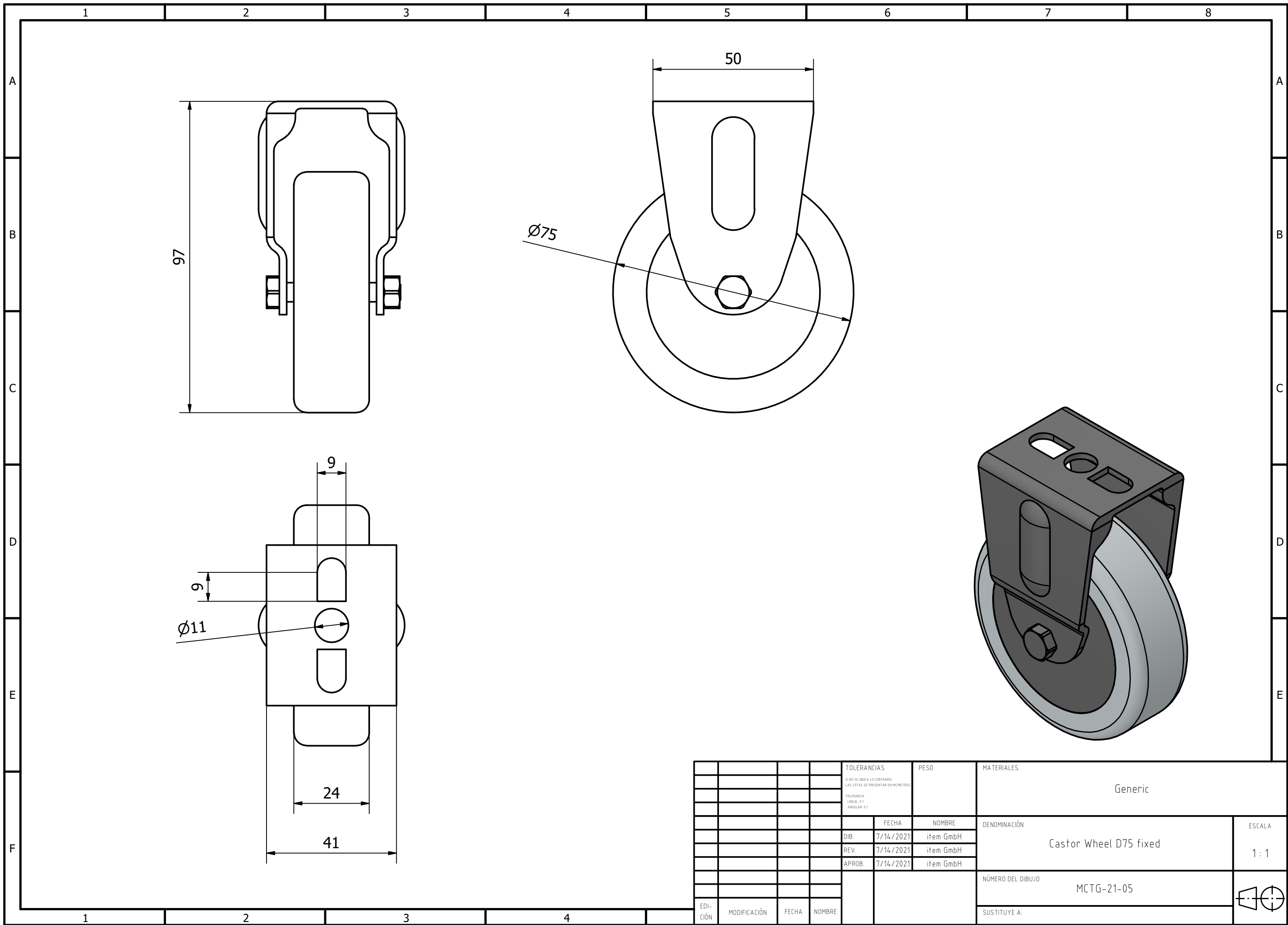
				TOLERANCIAS		PESO		MATERIALES	
				SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE PRESENTAN EN MILIMETROS				Generic	
				TOLERANCIA LINEAL: 0.1					
				ANGULAR: 0.1					
				FECHA		NOMBRE		DENOMINACIÓN	
				DIB. 7/13/2021		Industrietechnik GmbH		Roller Element 8 80	
				REV. 7/13/2021		Industrietechnik GmbH			
				APROB. 7/13/2021		Industrietechnik GmbH			
						GmbH		NÚMERO DEL DIBUJO	
								MCTG-21-02	
								SUSTITUYE A:	
EDICIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE					ESCALA	
								1 : 1	



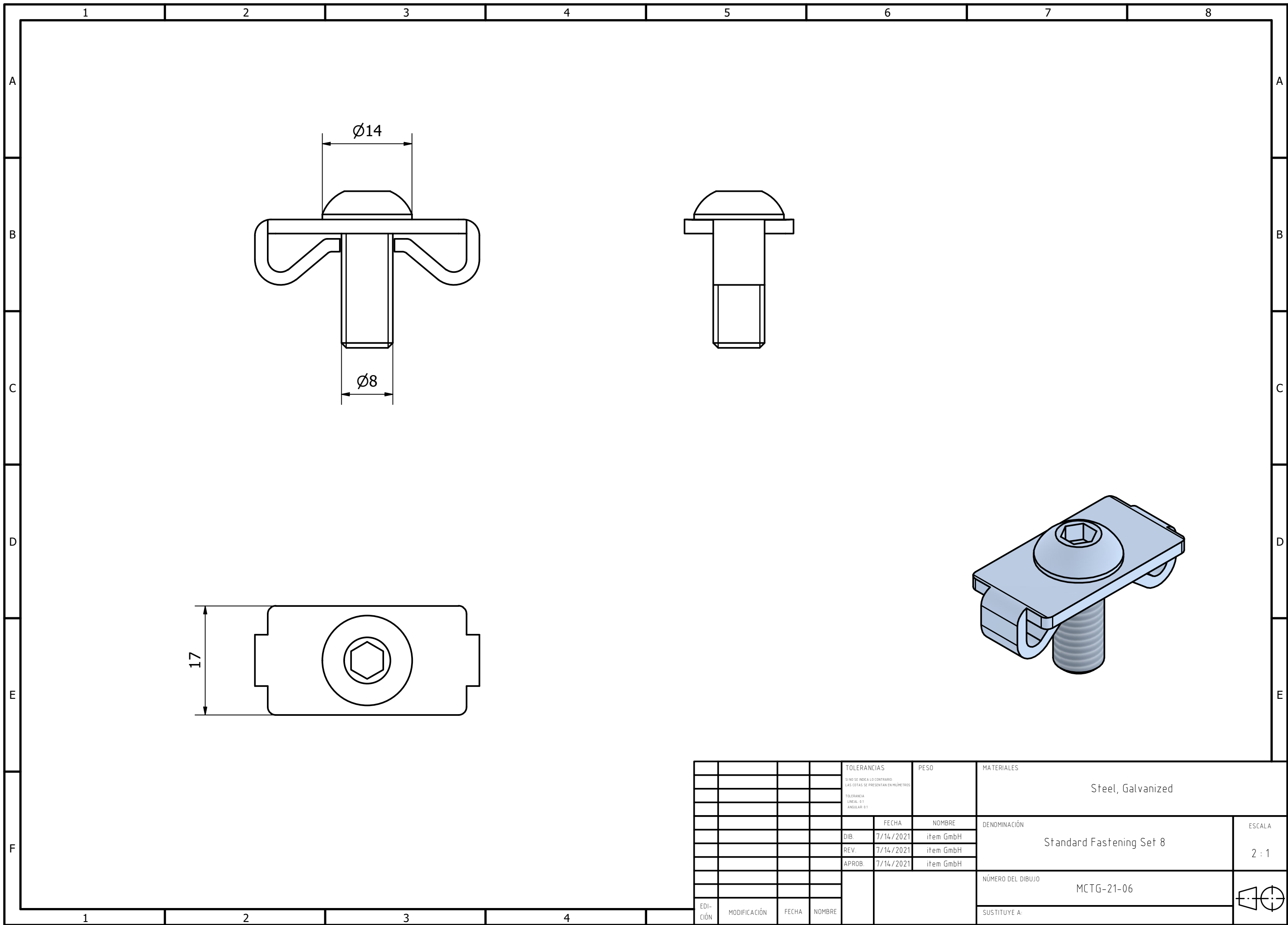
				TOLERANCIAS <small>SI NO SE INDICA LO CONTRARIO, LAS COTAS SE PRESENTAN EN MILIMETROS</small> TOLERANCIA LINEAL: 0.1 ANGULAR: 0.1		PESO		MATERIALES Generic		
				FECHA 7/13/2021		NOMBRE Industrietechnik GmbH		DENOMINACIÓN T-Slot_Nut_8_St_M4		ESCALA 5 : 1
				FECHA 7/13/2021		NOMBRE Industrietechnik GmbH		NÚMERO DEL DIBUJO MCTG-21-03		
				FECHA 7/13/2021		NOMBRE Industrietechnik GmbH		SUSTITUYE A:		
EDI- CIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE							



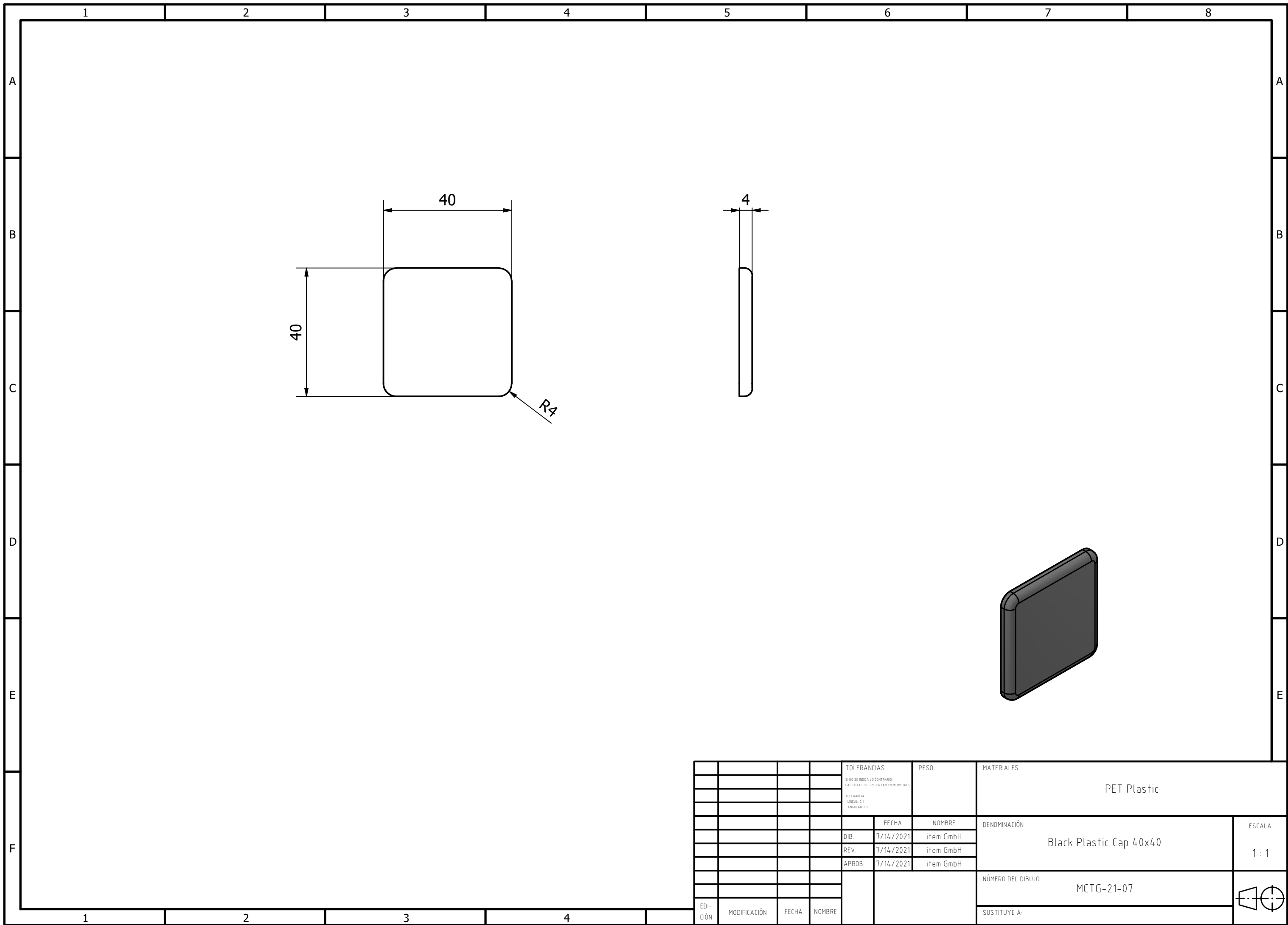
				TOLERANCIAS		PESO		MATERIALES	
				SI NO SE INDICA LO CONTRARIO, LAS COTAS SE PRESENTAN EN MILIMETROS				Aluminum 6061	
				TOLERANCIA LINEAL: 0.1 ANGULAR: 0.1					
						FECHA		NOMBRE	
				DIB.		7/14/2021		item GmbH	
				REV.		7/14/2021		item GmbH	
				APROB.		7/14/2021		item GmbH	
								DENOMINACIÓN	
								Profile 8 40x40 L=40	
								NÚMERO DEL DIBUJO	
								MCTG-21-04	
								ESCALA	
								2 : 1	
								SUSTITUYE A:	
EDI- CIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE						



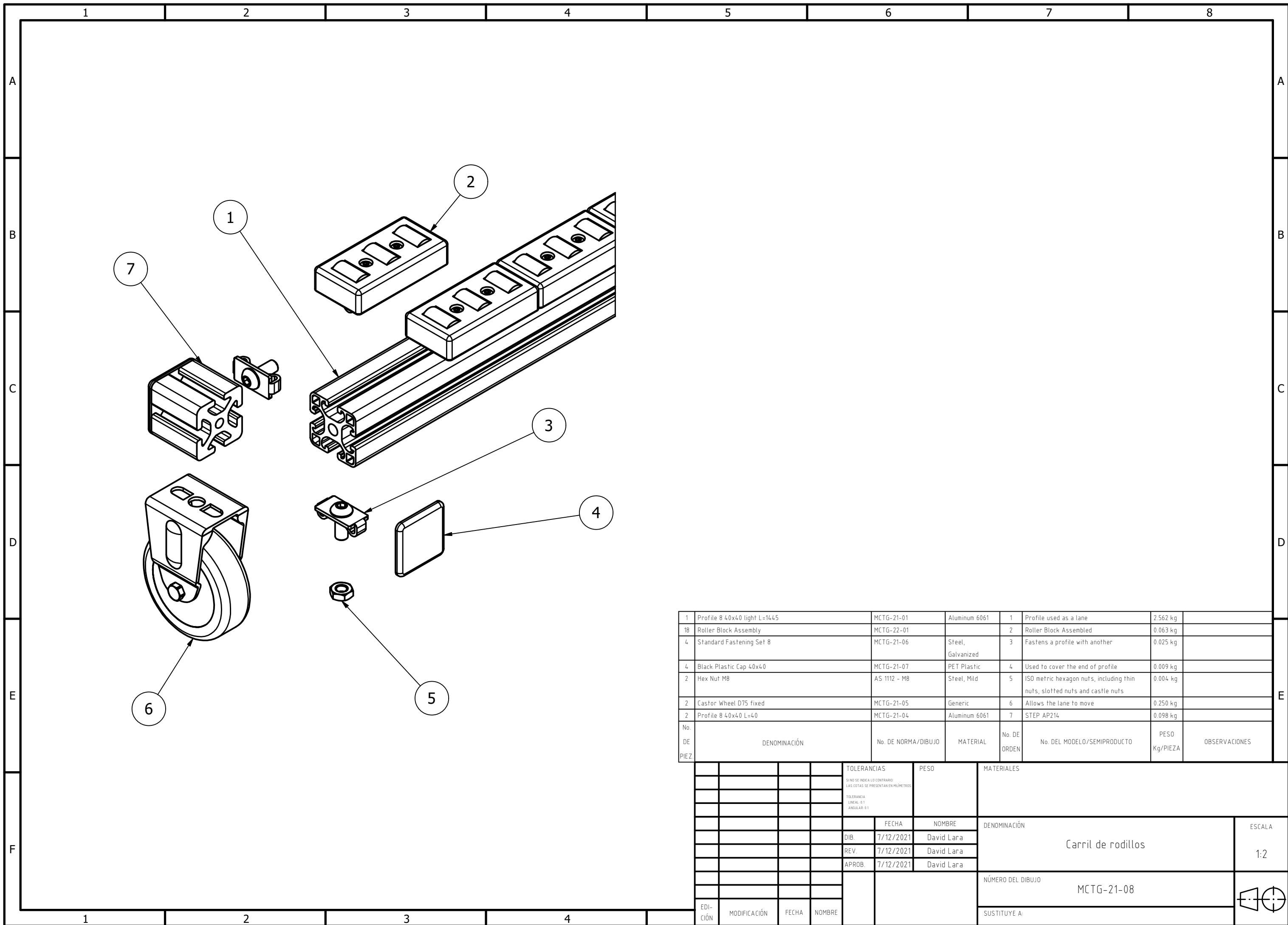
				TOLERANCIAS		PESO		MATERIALES	
				SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE PRESENTAN EN MILIMETROS				Generic	
				TOLERANCIA LINEAL: 0.1 ANGULAR: 0.1					
						FECHA		NOMBRE	
				DIB.		7/14/2021		item GmbH	
				REV.		7/14/2021		item GmbH	
				APROB.		7/14/2021		item GmbH	
								DENOMINACIÓN	
								Castor Wheel D75 fixed	
								NÚMERO DEL DIBUJO	
								MCTG-21-05	
								ESCALA	
								1 : 1	
								SUSTITUYE A:	
EDI- CIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE						



				TOLERANCIAS SI NO SE INDICA LO CONTRARIO, LAS COTAS SE PRESENTAN EN MILÍMETROS	PESO	MATERIALES Steel, Galvanized		
				TOLERANCIA LINEAL: 0.1 ANGULAR: 0.1				
					FECHA	NOMBRE	DENOMINACIÓN	ESCALA
				DIB.	7/14/2021	item GmbH	Standard Fastening Set 8	2 : 1
				REV.	7/14/2021	item GmbH		
				APROB.	7/14/2021	item GmbH		
							NÚMERO DEL DIBUJO	
							MCTG-21-06	
EDI- CIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE				SUSTITUYE A:	

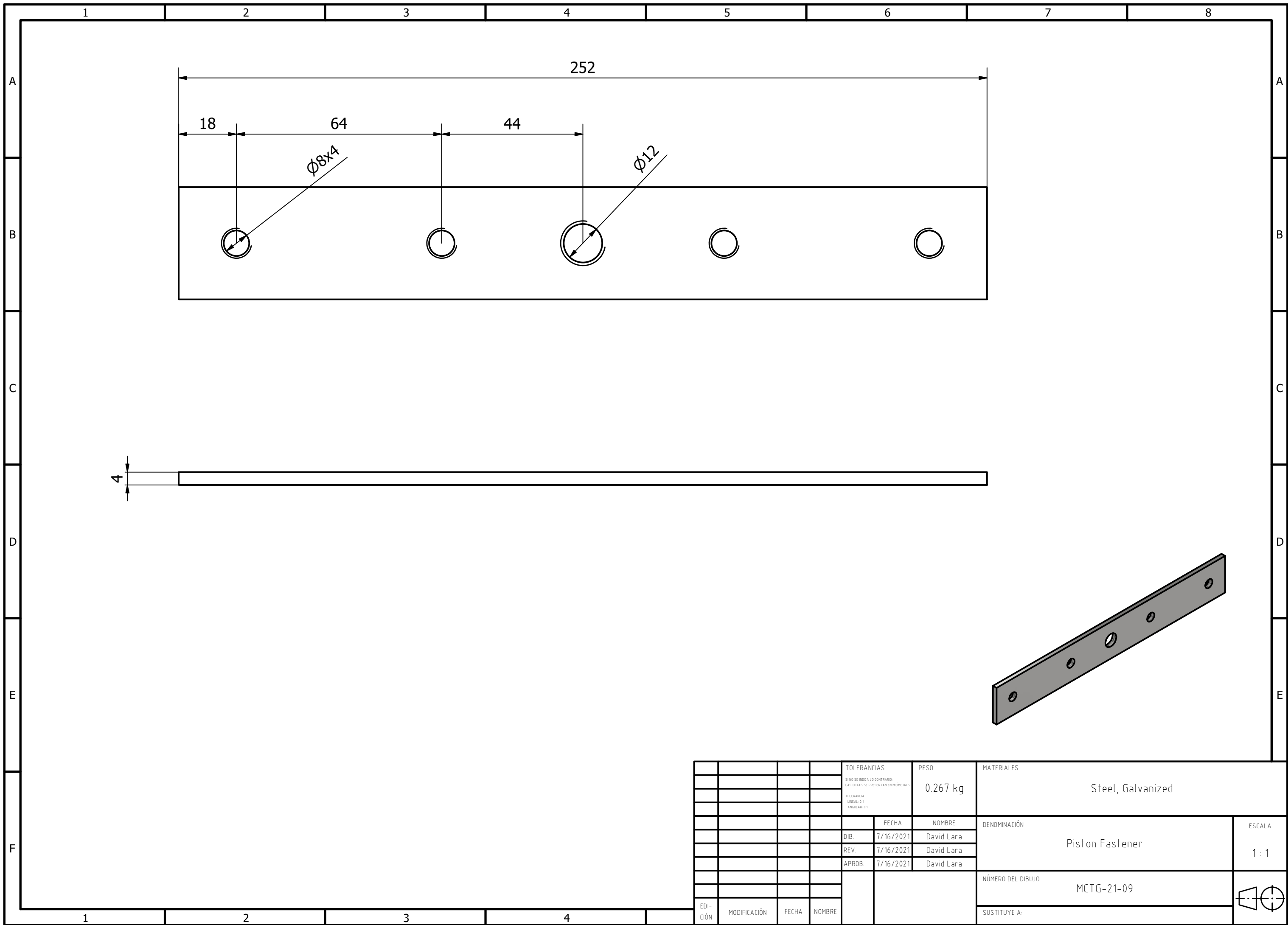


				TOLERANCIAS SI NO SE INDICA LO CONTRARIO, LAS COTAS SE PRESENTAN EN MILIMETROS	PESO	MATERIALES PET Plastic		
				TOLERANCIA LINEAL: 0.1 ANGULAR: 0.1				
					FECHA	NOMBRE	DENOMINACIÓN Black Plastic Cap 40x40	ESCALA 1:1
				DIB.	7/14/2021	item GmbH		
				REV.	7/14/2021	item GmbH		
				APROB.	7/14/2021	item GmbH		
							NÚMERO DEL DIBUJO MCTG-21-07	
EDI- CIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE				SUSTITUYE A:	

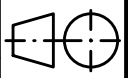


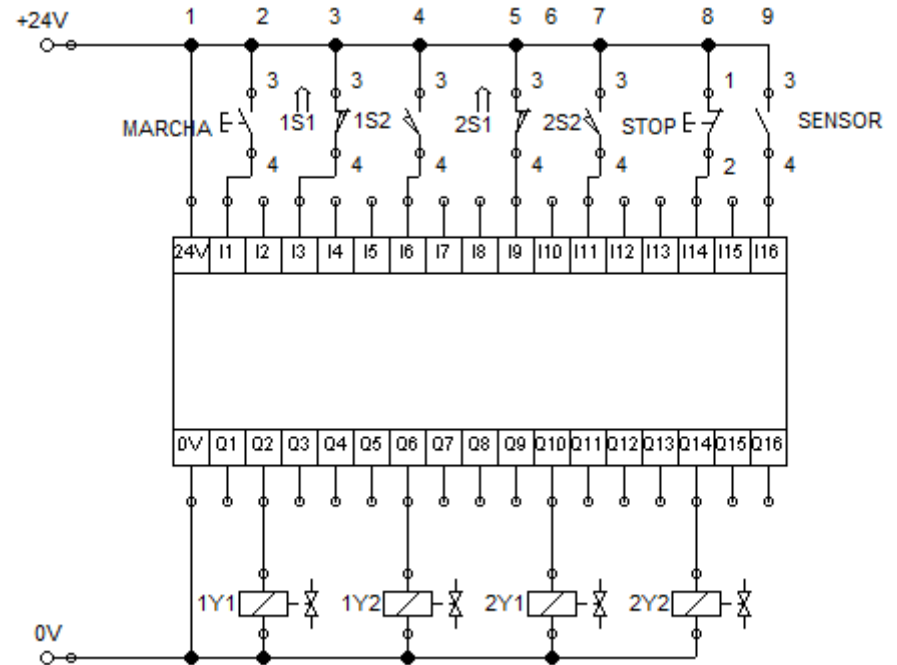
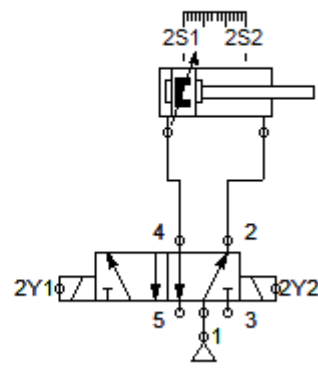
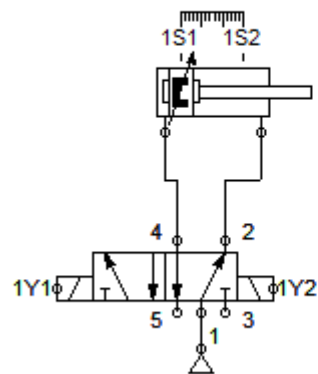
1	Profile 8 40x40 light L=1445	MCTG-21-01	Aluminum 6061	1	Profile used as a lane	2.562 kg	
18	Roller Block Assembly	MCTG-22-01		2	Roller Block Assembled	0.063 kg	
4	Standard Fastening Set 8	MCTG-21-06	Steel, Galvanized	3	Fastens a profile with another	0.025 kg	
4	Black Plastic Cap 40x40	MCTG-21-07	PET Plastic	4	Used to cover the end of profile	0.009 kg	
2	Hex Nut M8	AS 1112 - M8	Steel, Mild	5	ISO metric hexagon nuts, including thin nuts, slotted nuts and castle nuts	0.004 kg	
2	Castor Wheel D75 fixed	MCTG-21-05	Generic	6	Allows the lane to move	0.250 kg	
2	Profile 8 40x40 L=40	MCTG-21-04	Aluminum 6061	7	STEP AP214	0.098 kg	
No. DE PIEZ.	DENOMINACIÓN	No. DE NORMA/DIBUJO	MATERIAL	No. DE ORDEN	No. DEL MODELO/SEMIPRODUCTO	PESO Kg/PIEZA	OBSERVACIONES

TOLERANCIAS				PESO		MATERIALES		
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO, LAS COTAS SE PRESENTAN EN MILIMETROS								
TOLERANCIA LINEAL: 0.1								
ANGULAR: 0.1								
				FECHA	NOMBRE	DENOMINACIÓN Carril de rodillos		
				DIB.	7/12/2021			David Lara
				REV.	7/12/2021			David Lara
				APROB.	7/12/2021	David Lara	ESCALA 1:2	
				NÚMERO DEL DIBUJO MCTG-21-08				
				SUSTITUYE A:				
EDI-CIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE					



				TOLERANCIAS SI NO SE INDICA LO CONTRARIO LAS COTAS SE PRESENTAN EN MILIMETROS TOLERANCIA LINEAL: 0.1 ANGULAR: 0.1	PESO 0.267 kg	MATERIALES Steel, Galvanized	
						DENOMINACIÓN Piston Fastener	
						ESCALA 1:1	
						NÚMERO DEL DIBUJO MCTG-21-09	
						SUSTITUYE A:	
EDI- CIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE				

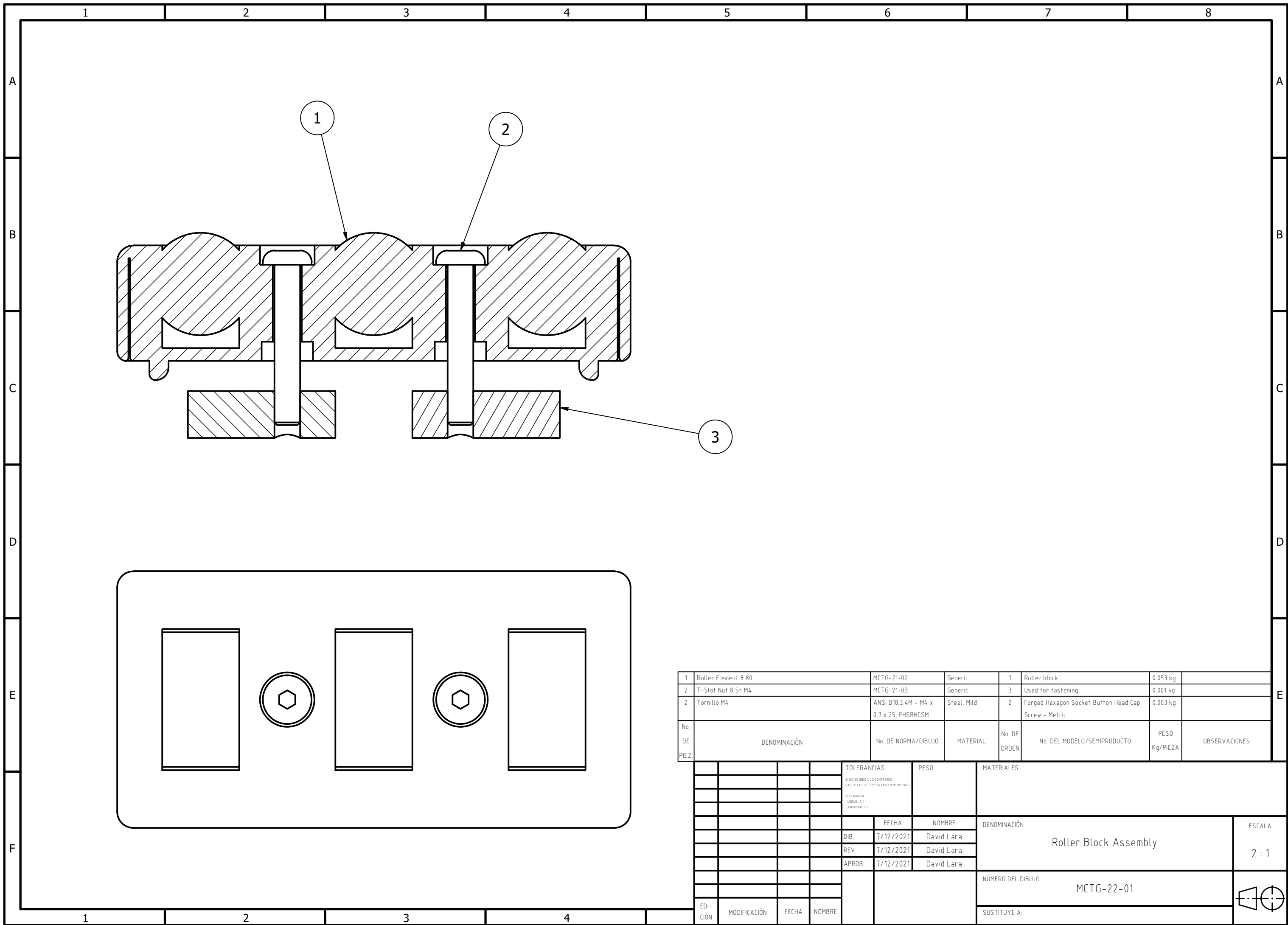




Marca	Denominación de componentes
1Y1	Electroválvula de extracción Pistón 1
1Y2	Electroválvula de retracción Pistón 1
2Y1	Electroválvula de extracción Pistón 2
2Y2	Electroválvula de retracción Pistón 2
1S1	Sensor posición 0 [mm] Pistón 1
1S2	Sensor posición 100 [mm] Pistón 1
2S1	Sensor posición 0 [mm] Pistón 2
2S2	Sensor posición 100 [mm] Pistón 2
Marcha	Botonera de marcha del sistema
Stop	Botonera de paro del sistema
Sensor	Sensor de conteo de listones

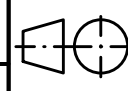
Cantidad	Denominación de componentes
2	Cilindro doble efecto
2	Fuente de aire comprimido
1	Fuente de tensión (0V)
1	Fuente de tensión (24V)
1	Módulo digital
5	Obturador
1	Pulsador (Franqueador)
1	Pulsador (Obturador)
2	Regla de distancia
4	Solenoides de válvula
2	Válvula de 5/n vías

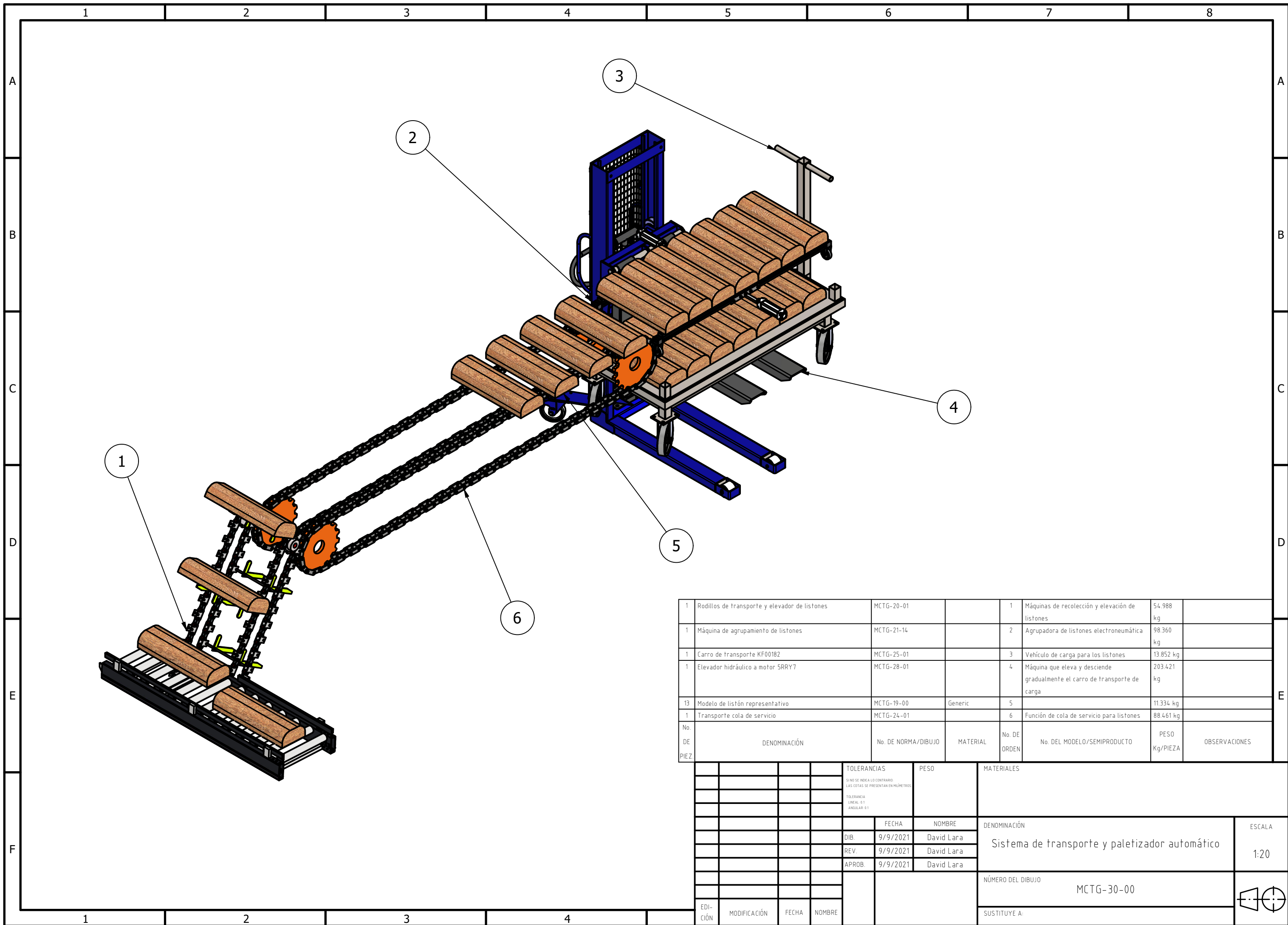
Fecha		Nombre		Firmas		Entidad		Título		Fecha		Núm:	
10/09/2021		Carlos Cardenas / David Lara				ESPOL		MCTG-21-ELEC-01		10-sep.-2021		1 de 1	
Dibujado										Archivo:			
Comprobado													



1	Roller Element 8 80	MCTG-21-02	Generic	1	Roller block	0.053 kg	
2	T-Slot Nut 8 St M4	MCTG-21-03	Generic	3	Used for fastening	0.001 kg	
2	Tornillo M4	ANSI B18.3.4M - M4 x 0.7 x 25, FHSBHCSM	Steel, Mild	2	Forged Hexagon Socket Button Head Cap Screw - Metric	0.003 kg	
No. DE PIEZ.	DENOMINACIÓN	No. DE NORMA/DIBUJO	MATERIAL	No. DE ORDEN	No. DEL MODELO/SEMIPRODUCTO	PESO Kg/PIEZA	OBSERVACIONES

TOLERANCIAS				PESO		MATERIALES		
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO, LAS COTAS SE PRESENTAN EN MILIMETROS								
TOLERANCIA LINEAL: 0.1								
ANGULAR: 0.1								
				FECHA	NOMBRE	DENOMINACIÓN Roller Block Assembly		
				DIB.	7/12/2021			David Lara
				REV.	7/12/2021			David Lara
				APROB.	7/12/2021	David Lara	ESCALA 2 : 1	
						NÚMERO DEL DIBUJO MCTG-22-01		
EDI-CIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE			SUSTITUYE A:		





1	Rodillos de transporte y elevador de listones	MCTG-20-01		1	Máquinas de recolección y elevación de listones	54.988 kg	
1	Máquina de agrupamiento de listones	MCTG-21-14		2	Agrupadora de listones electroneumática	98.360 kg	
1	Carro de transporte KF00182	MCTG-25-01		3	Vehículo de carga para los listones	13.852 kg	
1	Elevador hidráulico a motor 5RRY7	MCTG-28-01		4	Máquina que eleva y desciende gradualmente el carro de transporte de carga	203.421 kg	
13	Modelo de listón representativo	MCTG-19-00	Generic	5		11.334 kg	
1	Transporte cola de servicio	MCTG-24-01		6	Función de cola de servicio para listones	88.461 kg	
No. DE PIEZ.	DENOMINACIÓN	No. DE NORMA/DIBUJO	MATERIAL	No. DE ORDEN	No. DEL MODELO/SEMIPRODUCTO	PESO Kg/PIEZA	OBSERVACIONES

TOLERANCIAS				PESO		MATERIALES		
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO, LAS COTAS SE PRESENTAN EN MILIMETROS								
TOLERANCIA LINEAL: 0.1								
ANGULAR: 0.1								
				FECHA	NOMBRE	DENOMINACIÓN		
				DIB.	9/9/2021			David Lara
				REV.	9/9/2021			David Lara
				APROB.	9/9/2021	David Lara	SISTEMA DE TRANSPORTE Y PALETIZADOR AUTOMÁTICO	
						ESCALA		
						NÚMERO DEL DIBUJO		
						MCTG-30-00		
						SUSTITUYE A:		
EDI-CIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE					