



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



**Departamento de Eléctrica y Electrónica**  
**Carrera de Ingeniería en Electromecánica**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título  
de Ingeniero en Electromecánica**

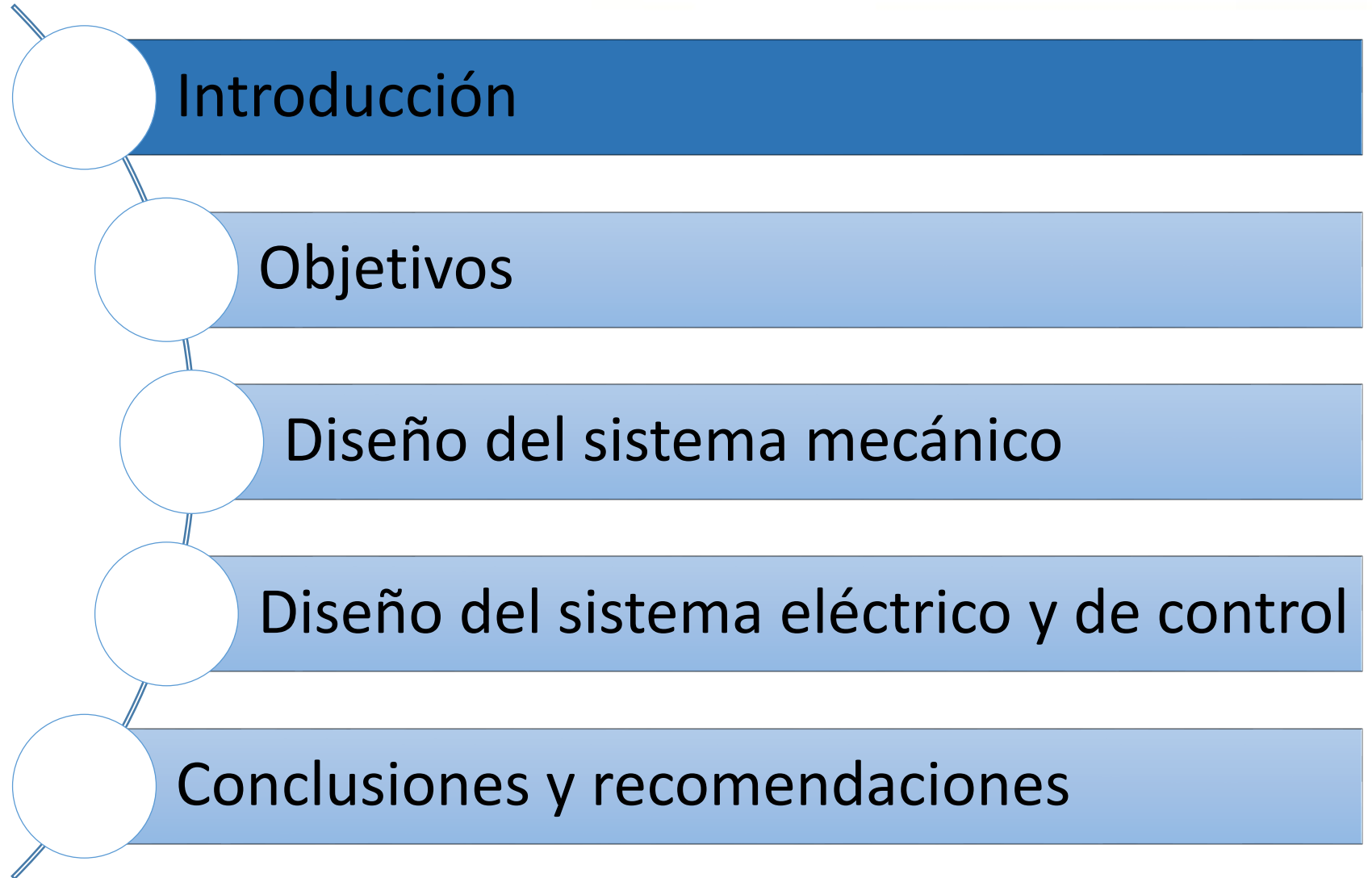
**Autores:** Heredia Jaramillo, Tito Jordan

**Tutora:** Ing. Torres Vásquez, Katya Mercedes

**Latacunga 2023**



# Agenda



# Introducción:



33



## Countries

- Mejora continua (Kaisen)
- Optimización del uso de los recursos
- Separación Hombre-Máquina
- Detección y solución de problemas desde su origen eliminando defectos (Poka-yoke)

- Ford
- FCA\*
- PACCAR
- General Motors
- Renault/Nissan
- Toyota
- Tata
- Volkswagen\*\*
- Deere
- Daimler
- Others

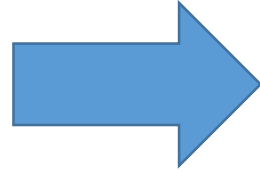


**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# Introducción:

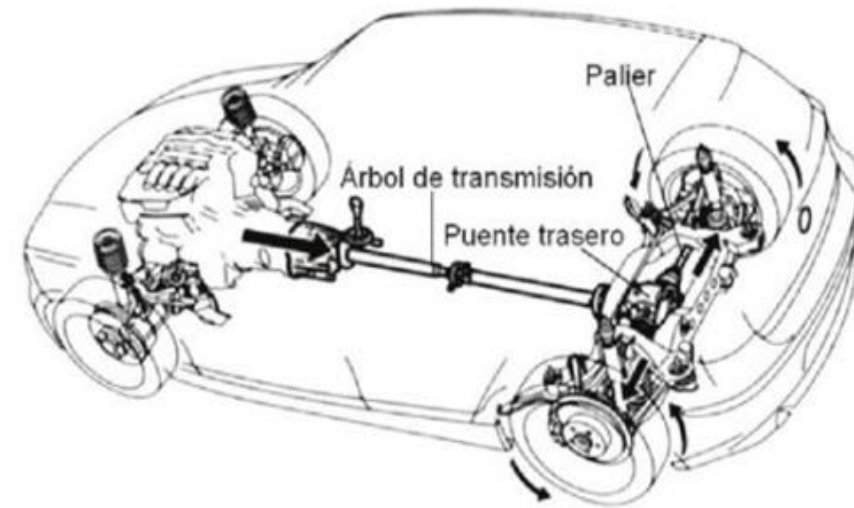
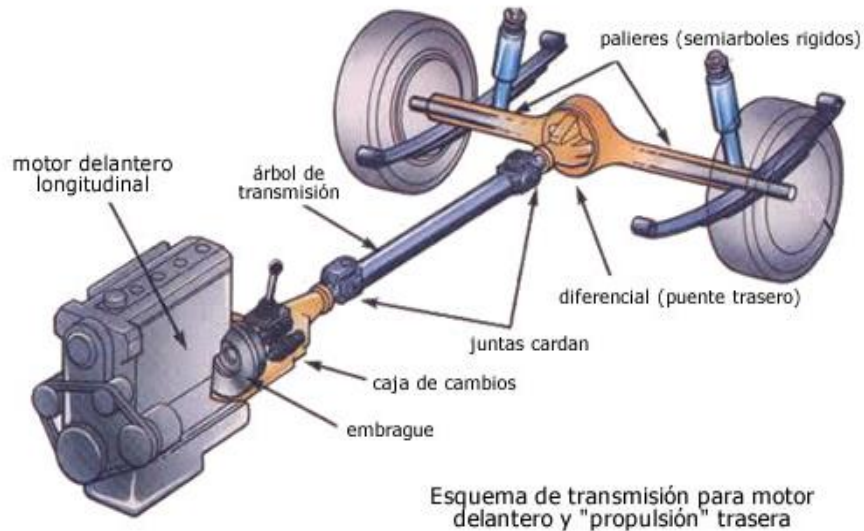
## Líneas de producción:

- Tubos
- Ejes diferenciales
- Cardanes
- Vestidura de ejes

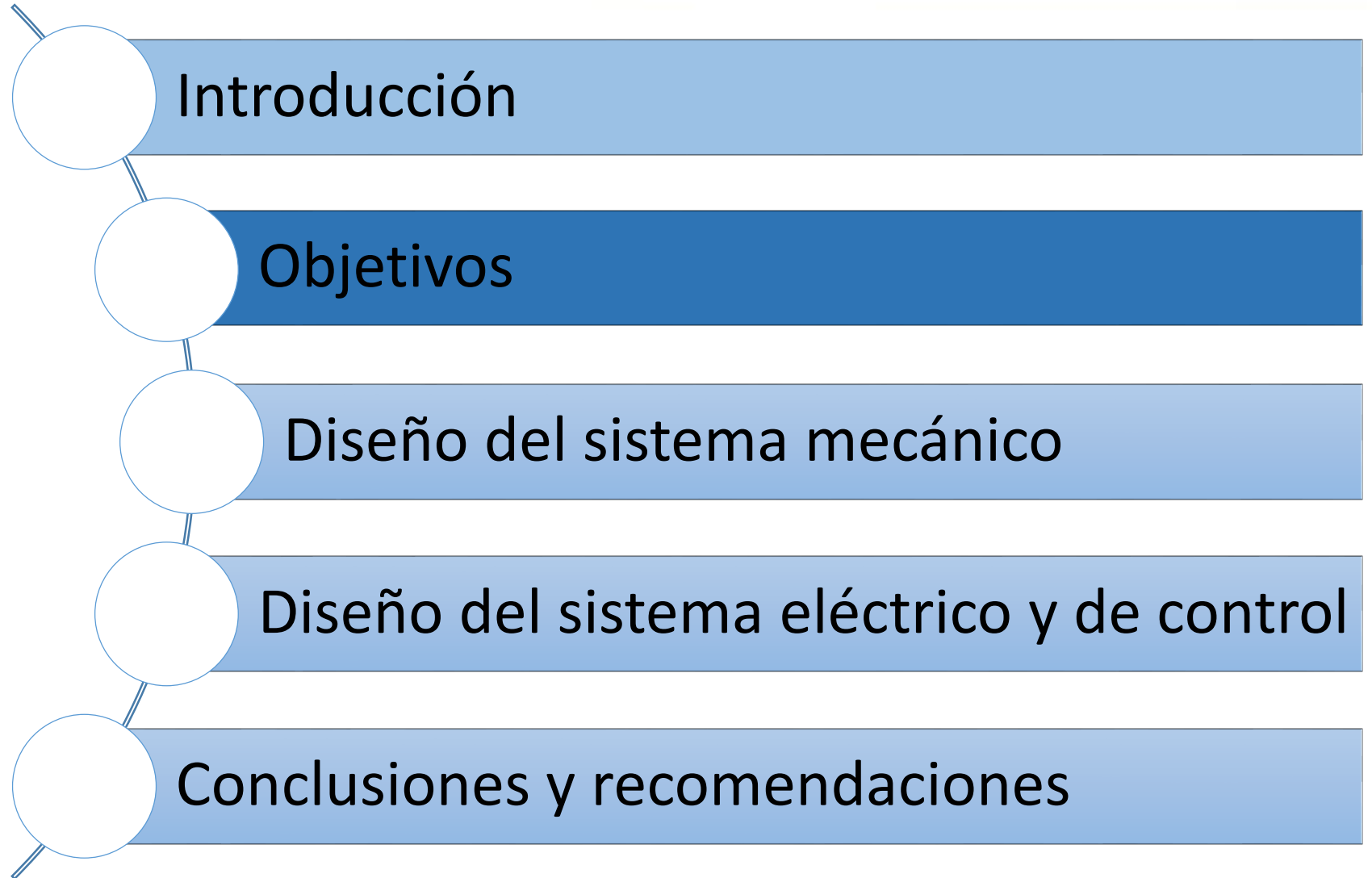


## Productos finales:

- Ejes cardan o Árbol de transmisión
- Ejes diferenciales vestidos



# Agenda





# Objetivos:

## **Objetivo General:**

Diseñar un sistema automático de pintado líquido para la línea de cardanes en la empresa Dana Transejes Ecuador S.A.

## **Objetivos Específicos:**

Realizar una investigación teórica y de campo sobre cuál es el mejor método para implementar la automatización del proceso de pintura en la línea de cardanes, tomando en cuenta la disponibilidad y distribución del espacio, y el proceso que se lleva a cabo manualmente.

# Objetivos:

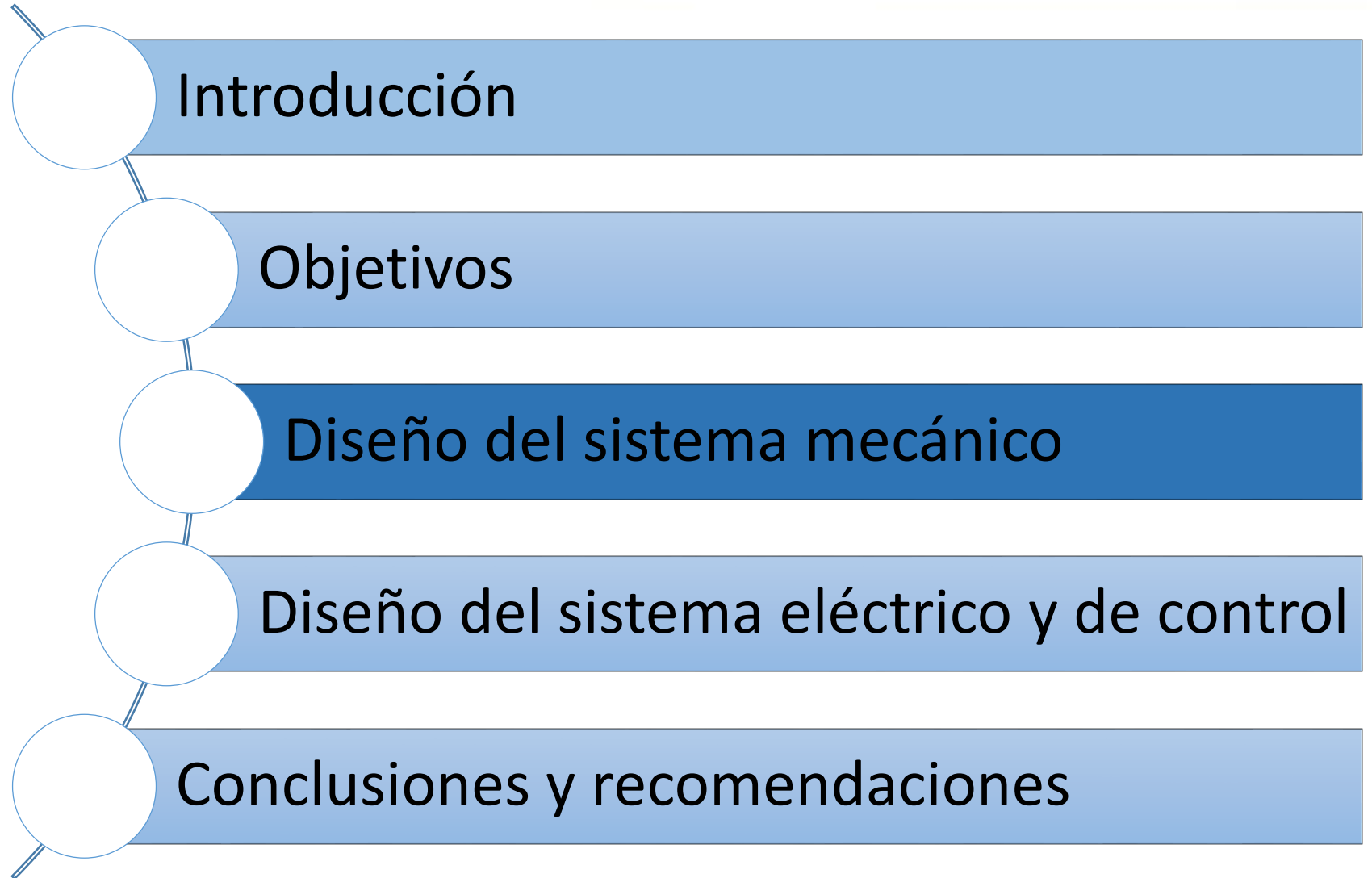
## Objetivos Específicos:

Seleccionar y dimensionar el sistema de movimiento lineal automatizado más conveniente para el proceso de pintura, aplicado para los diferentes modelos de ejes de transmisión presentes en el catálogo de la empresa.

Realizar el diseño CAD del sistema mecánico y la simulación del sistema de control para la puesta en marcha del todo sistema automático de pintura.

Detallar el diseño al departamento competente para la adquisición de los equipos y elementos necesarios en la instalación y puesta en marcha del sistema mecánico, de control y aplicación de pintura.

# Agenda



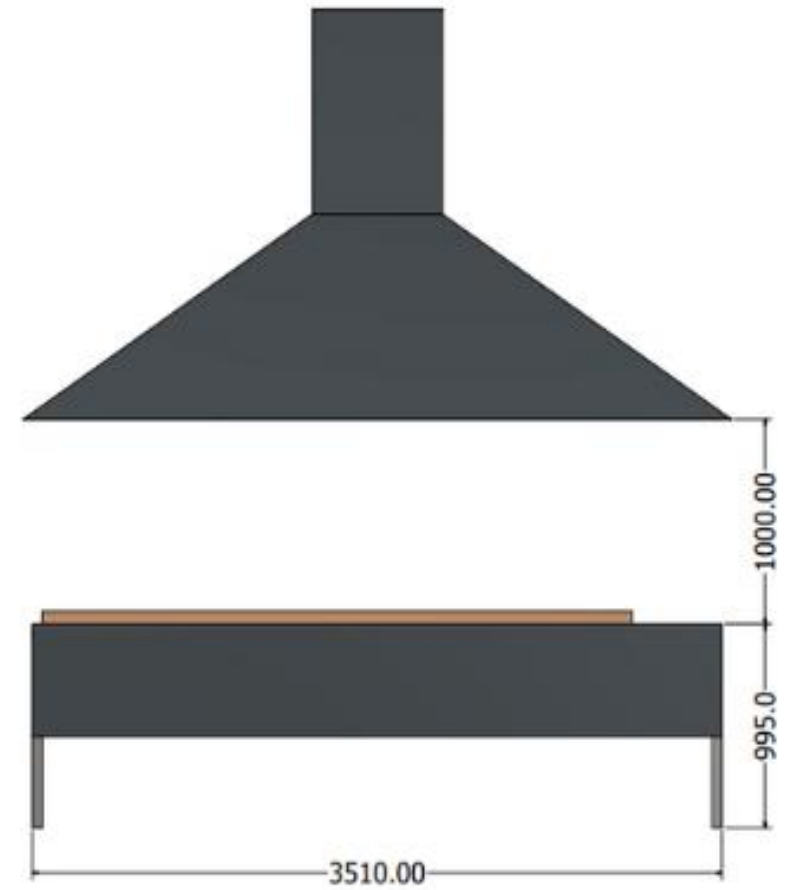
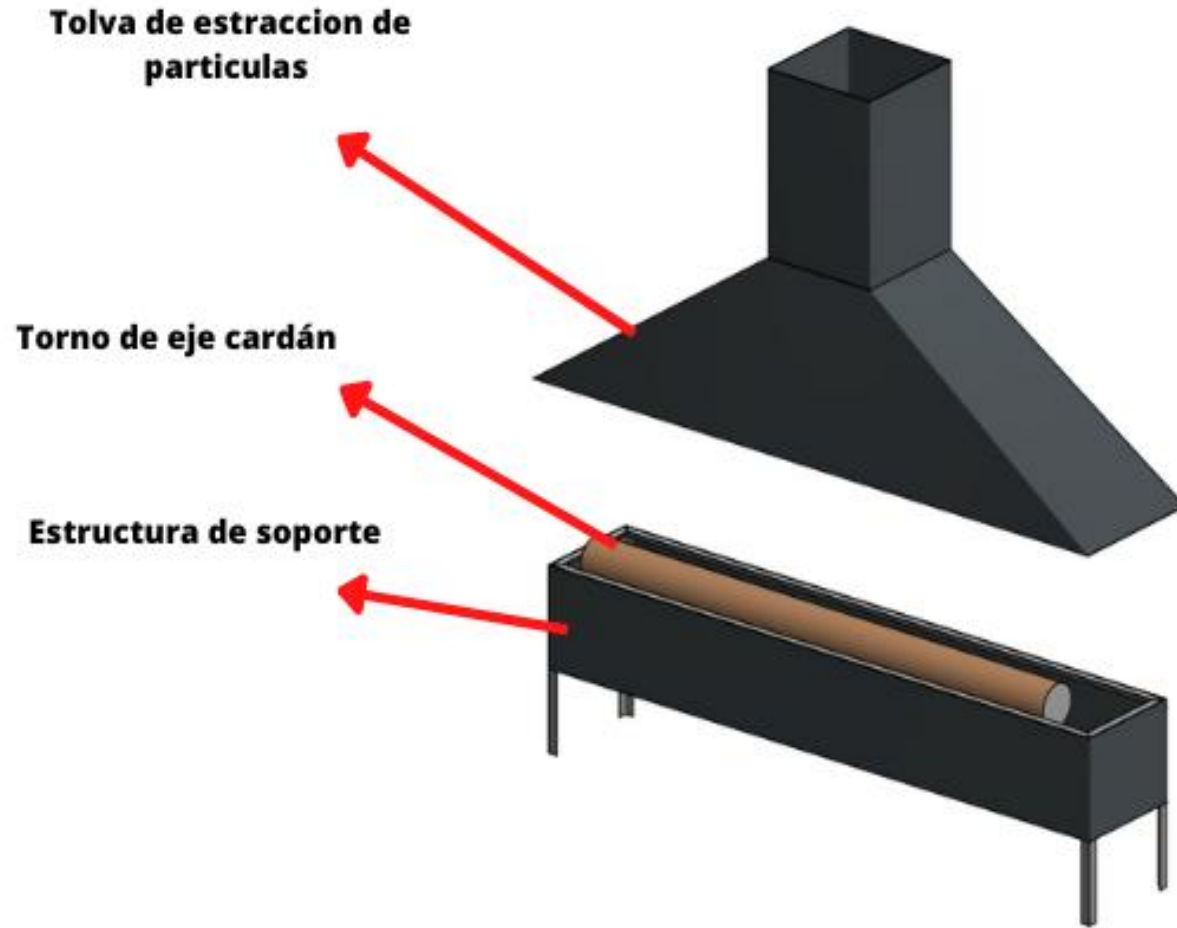


## Introducción

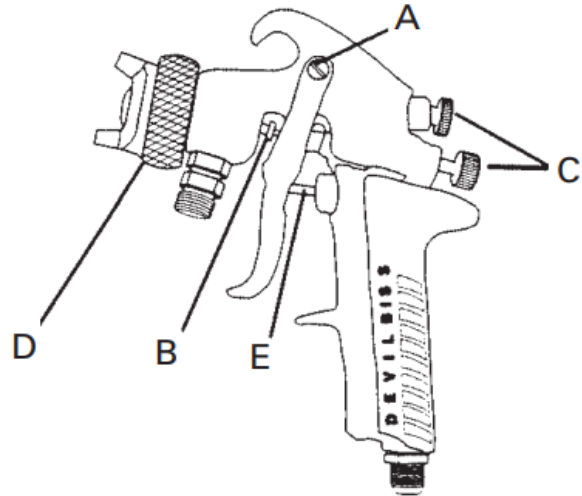
El proceso manual de pintado de ejes cardanes de la empresa cuenta con una cabina de pintado, en el cual se tiene una estructura metálica que permite alojar al eje cardán en un torno que lo hace girar longitudinalmente para facilitar el pintado alrededor de este.



## Mediciones del espacio de trabajo



## Sistema de aplicación de pintura



Índice	Descripción
A	Puntos de activación
B	Empaque
C	Válvulas de ajuste
D	Hilos de la pantalla del pulverizador
E	Cartucho de válvula de aire

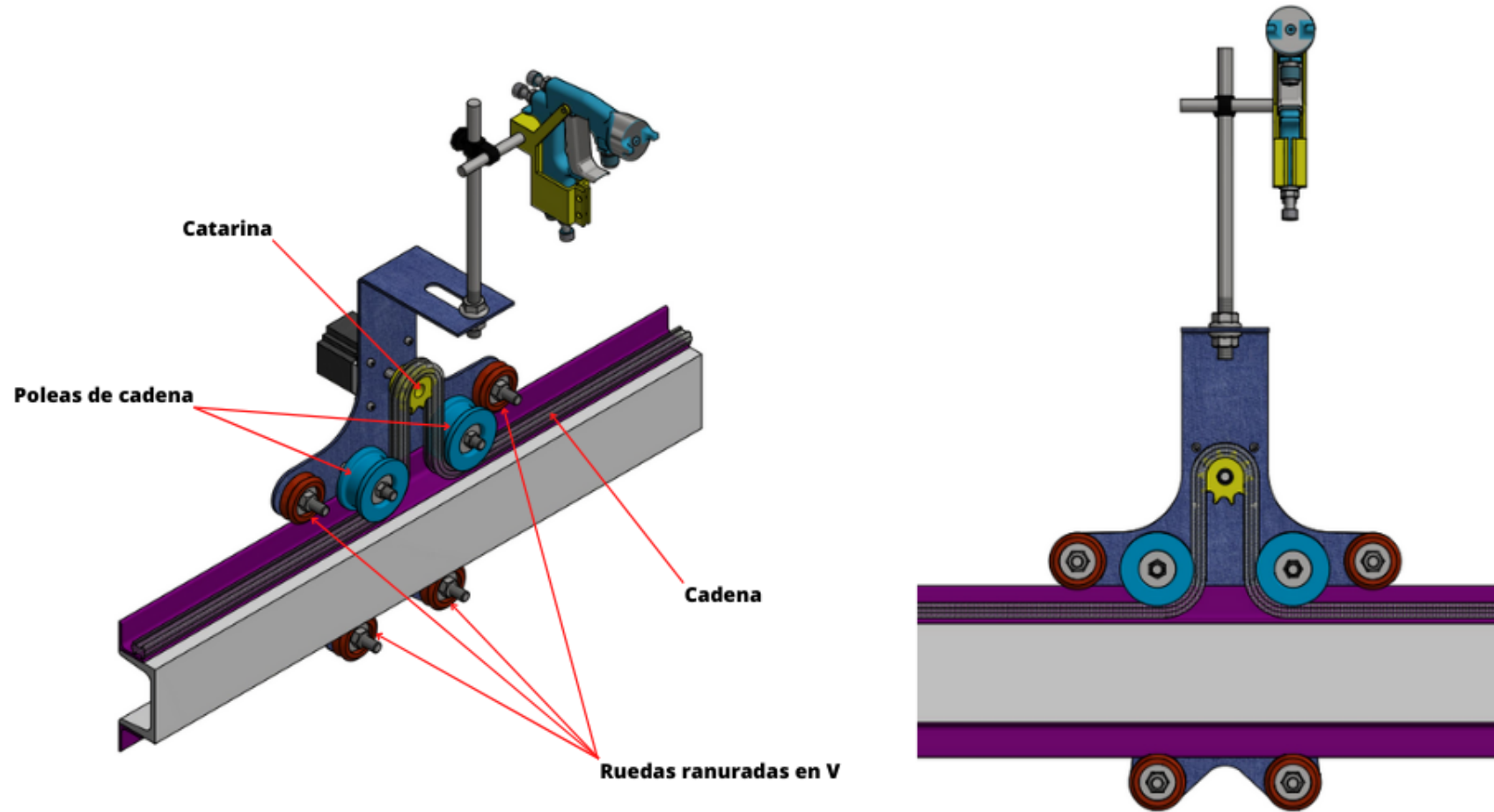
Los ejes cardanes son rociados con un material denominado TAN ANTIOX, que consiste en un recubrimiento anticorrosivo que cura y protege al metal de oxidaciones. La viscosidad a 25°C del material es de 90-95 KU.

## Selección del sistema de transmisión mecánica

Se propuso diferentes tipos de sistemas de transmisión entre estos tenemos:

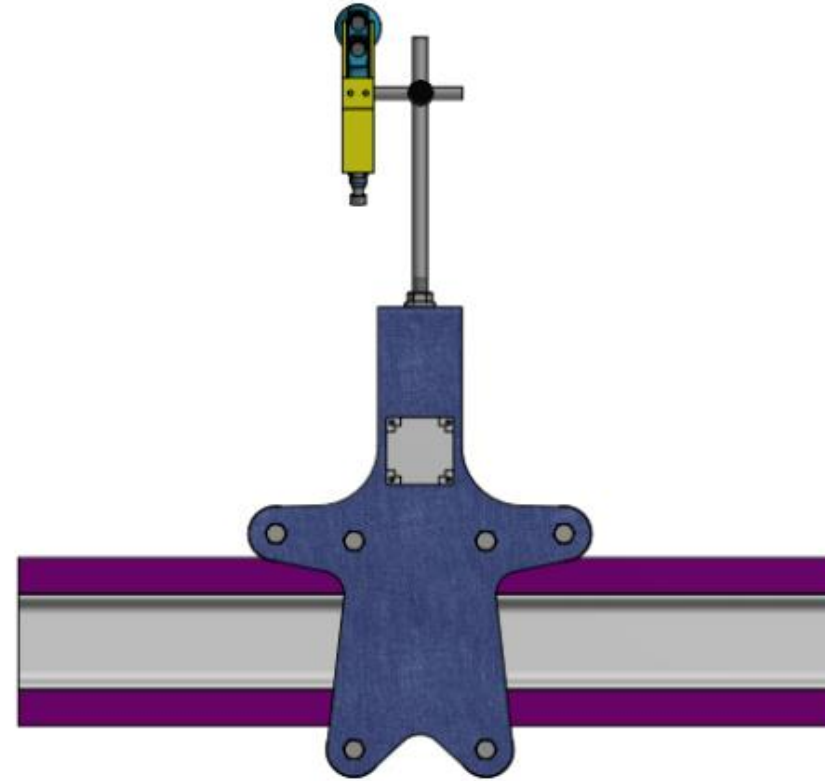
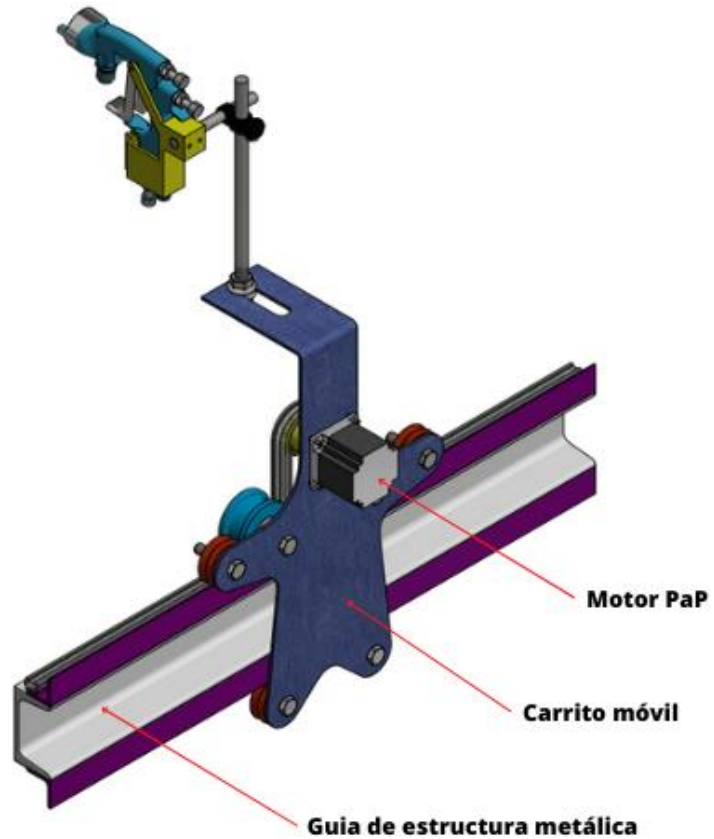


## Selección del sistema de transmisión mecánica



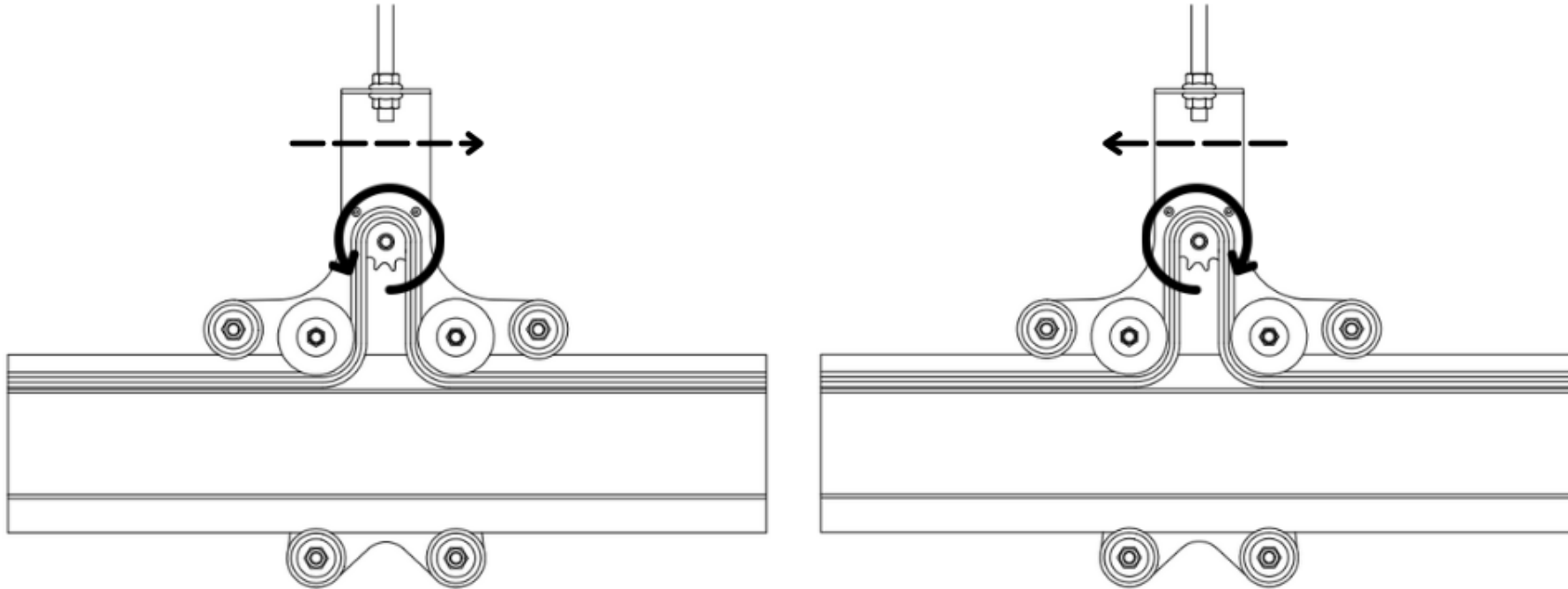


## Selección del sistema de transmisión mecánica





## Selección del sistema de transmisión mecánica



## Selección del sistema de transmisión mecánica

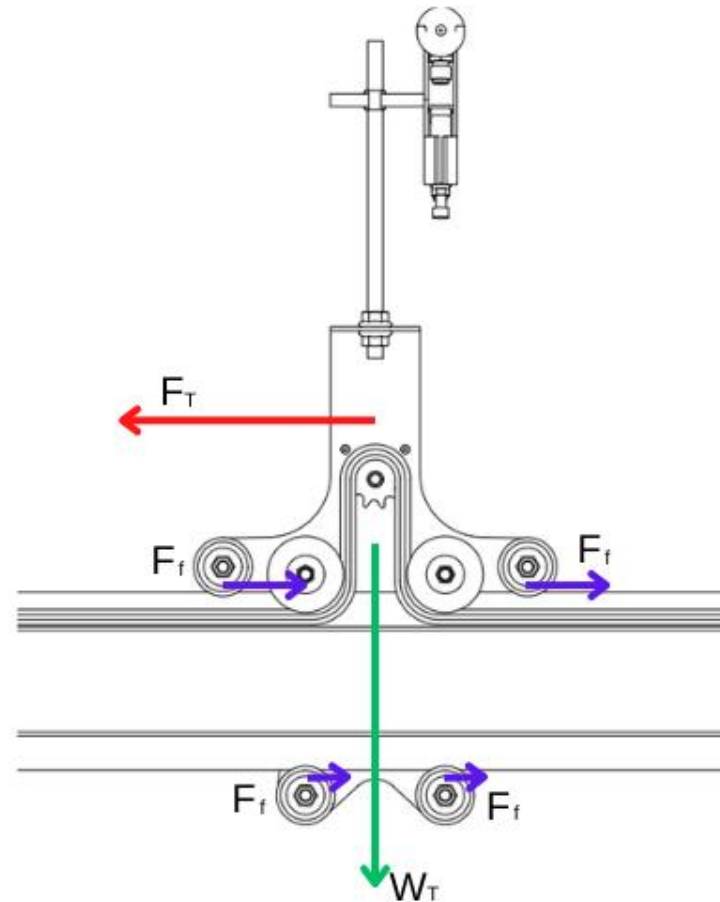
$$F_T = 4 \cdot F_f$$

$$F_T = 4 \cdot (\mu_R \cdot N)$$

$$F_T = 4 \cdot (\mu_R \cdot W_T)$$

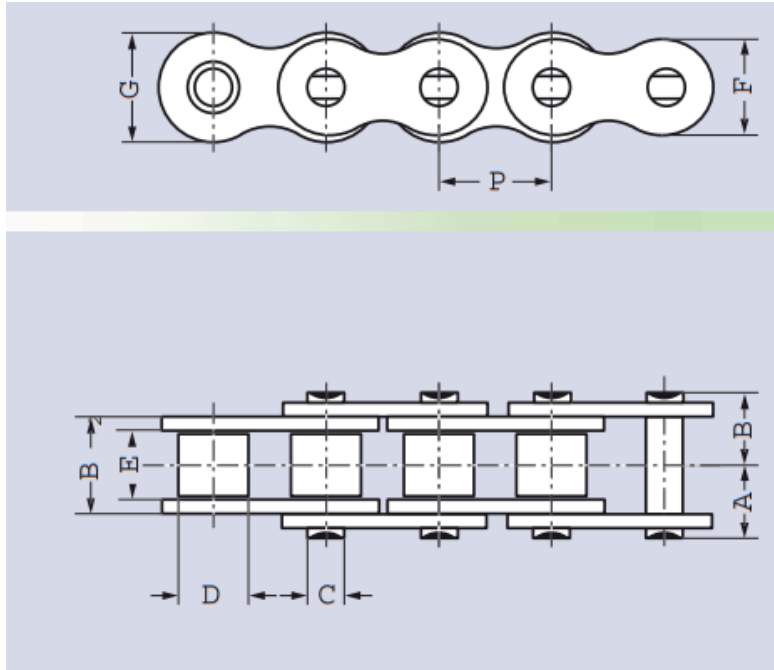
$$F_T = 4 \cdot (0.0015 \cdot 45N)$$

$$F_T = 0.27N$$



Teniendo en cuenta el coeficiente de fricción normalizado de los rodamientos de bolas  $\mu_R=0.0015$  y el peso total de los componentes del sistema de sujeción y movimiento  $W_T \approx 45N$ .

## Selección del sistema de transmisión mecánica



### Cadena de rodillos simple ANSI

No. cadena	Paso p		Dimensiones en mm										Carga de rotura mín. N	Peso q kg/m
	Ansi	inch	mm	B	B <sub>1</sub> max.	B <sub>2</sub> max.	C max.	D max.	E min.	F	G	K		
25-1		0,250	6,350	3,91	4,71	4,80	2,32	3,30	3,18	5,01	5,81	–	3470	0,130
35-1		0,375	9,525	5,89	6,79	7,46	3,59	5,08	4,78	7,80	9,04	–	7825	0,320
40-1		0,500	12,700	8,22	10,32	11,17	3,98	7,92	7,92	10,41	12,06	–	14100	0,620
50-1		0,625	15,875	10,15	12,40	13,84	5,09	10,16	9,52	13,01	15,08	–	22200	1,010
60-1		0,750	19,050	12,72	15,27	17,75	5,96	11,91	12,70	15,64	18,09	–	31800	1,450
80-1		1,000	25,400	16,50	19,85	22,60	7,94	15,87	15,88	20,82	24,13	–	56700	2,550
100-1		1,250	31,750	20,19	23,19	27,45	9,54	19,05	19,05	26,03	30,16	–	88500	3,950
120-1		1,500	38,100	25,53	29,83	35,45	11,11	22,22	25,40	31,24	36,19	–	127000	5,640
140-1		1,750	44,450	27,27	32,17	37,18	12,71	25,40	25,40	36,44	42,22	–	172400	7,380
160-1		2,000	50,800	32,76	37,06	45,21	14,29	28,57	31,75	41,65	48,26	–	226800	9,400
200-1		2,500	63,500	40,15	46,35	54,88	19,85	39,67	38,10	52,07	60,32	–	353800	15,900
240-1		3,000	76,200	48,95	55,35	67,81	23,81	47,63	47,63	62,48	72,39	–	510300	24,400

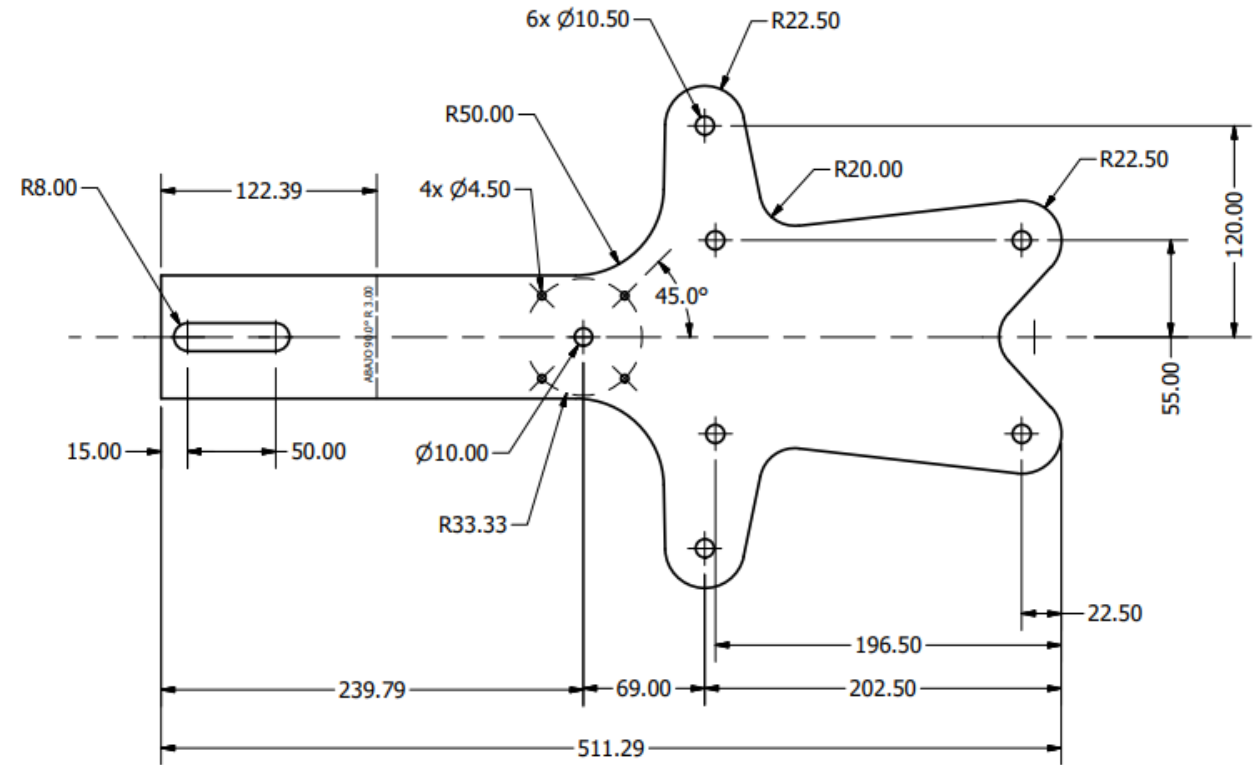
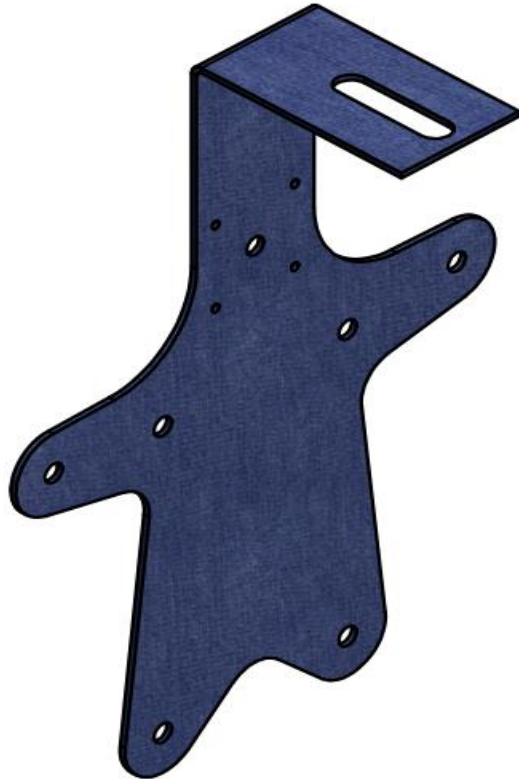
## Selección del sistema de transmisión mecánica

Material	Steel	Hub Configuration	B
Chain Number	40	Hub Outside Diameter	1.563 in.
Chain Pitch	0.500 in.	Length thru Bore	0.875 in.
Number of Chain Rows	1	Hub Recessed For Chain	No
Number of Teeth	13	Construction Detail	Solid
Outside Diameter	2.329 in.	Bore Type	Stock Bore
Pitch Diameter	2.089 in.	Min Bore Size	0.500 in.
Single Strand Tooth Thickness	0.284 in.	Max Bore Size	1.063 in.
Hardened Teeth	No		

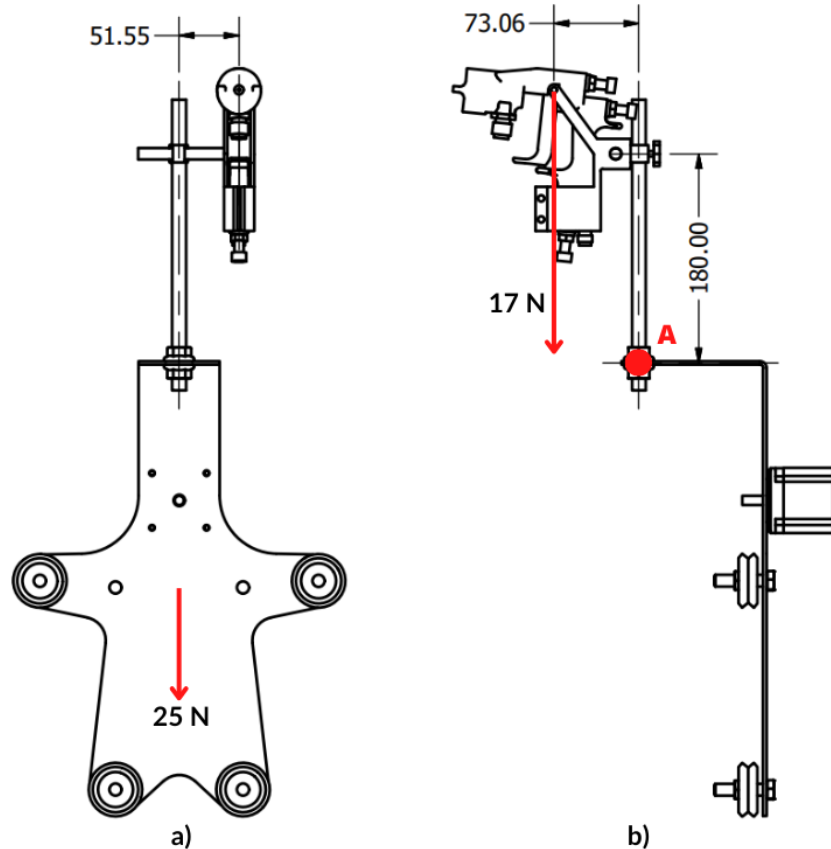
Sprockets de Acero - Paso 1/2 " ANSI N°40 - 13 Dientes



## Diseño de carrito móvil



## Diseño de carrito móvil



$$\vec{M}_A = \vec{r} \times \vec{f}$$

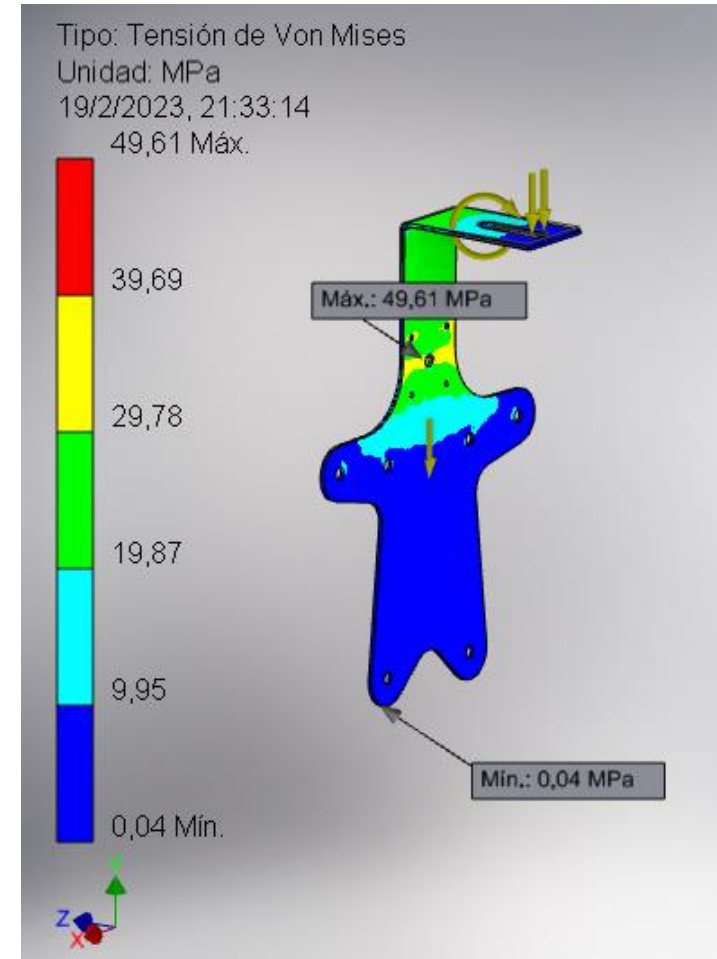
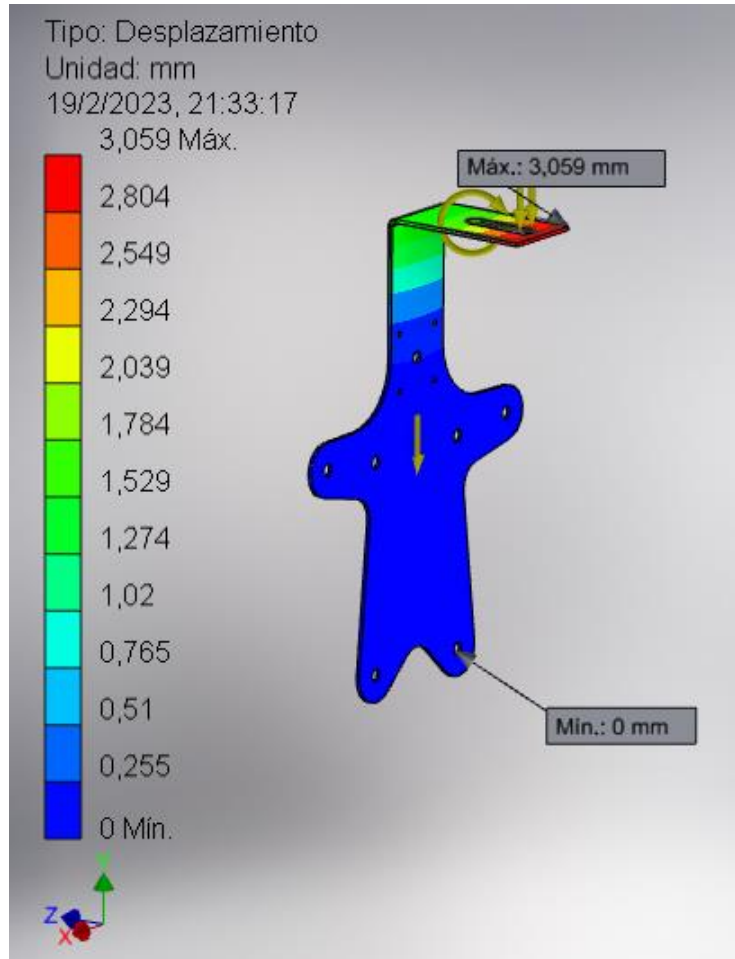
$$\vec{M}_A = (0.073\vec{i} + 0.180\vec{j} - 0.0515\vec{k}) \times (-17\vec{j})$$

Teniendo como resultado:

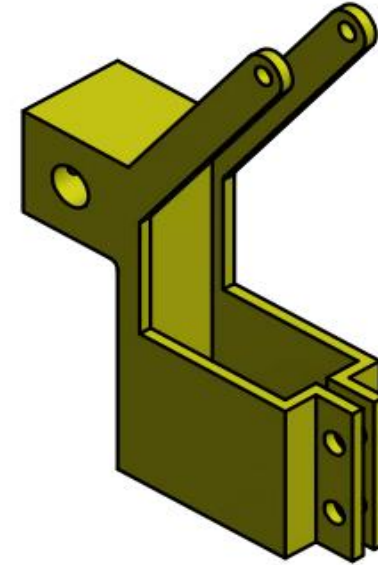
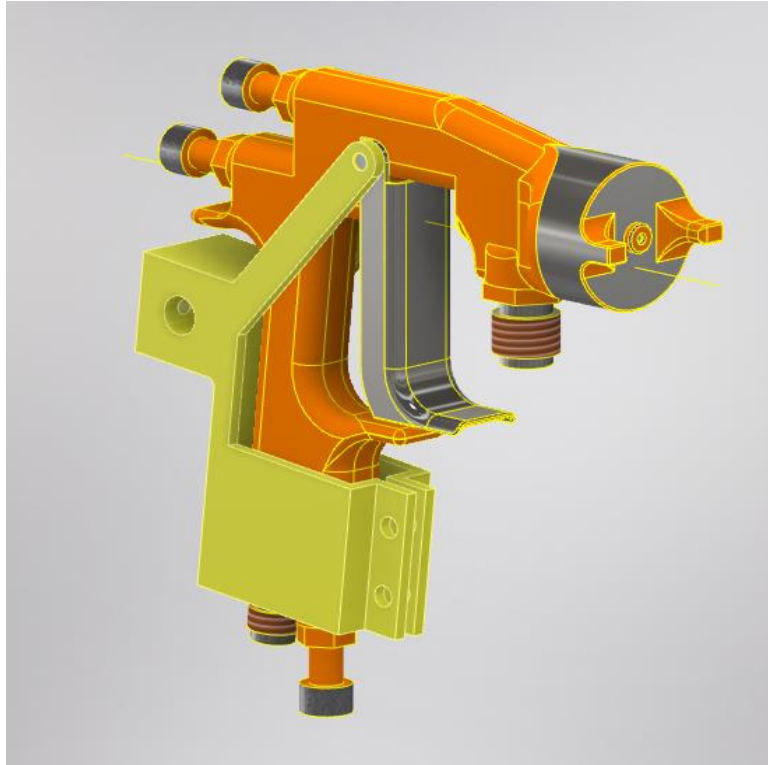
- $\vec{M}_A = (0.876\vec{i} - 1.241\vec{k})$
- $\vec{F}_A = (-17\vec{j})$



## Diseño de carrito móvil

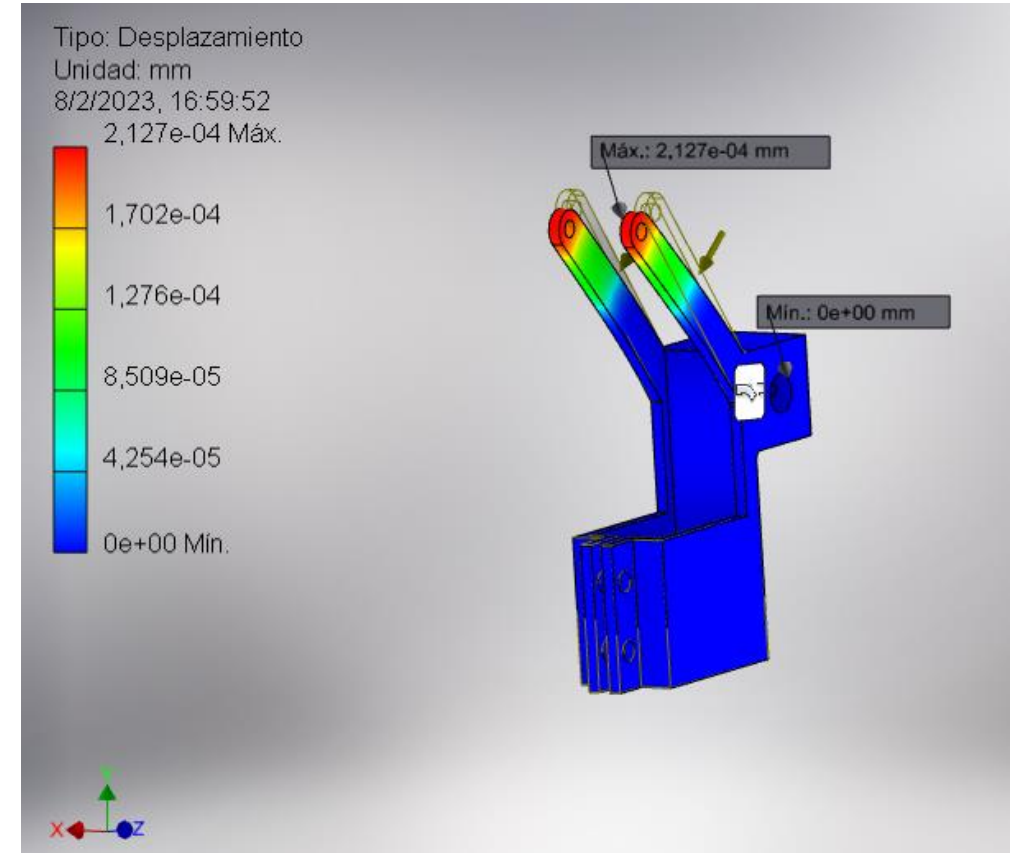
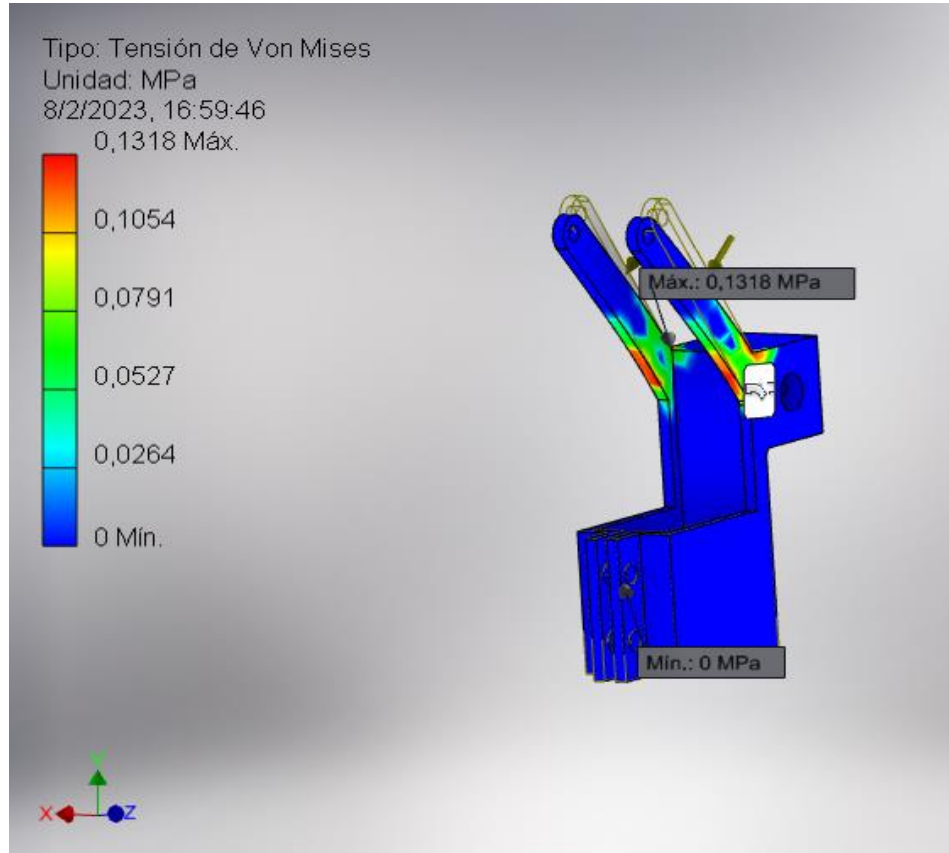


## Diseño del soporte de pistola de pintura

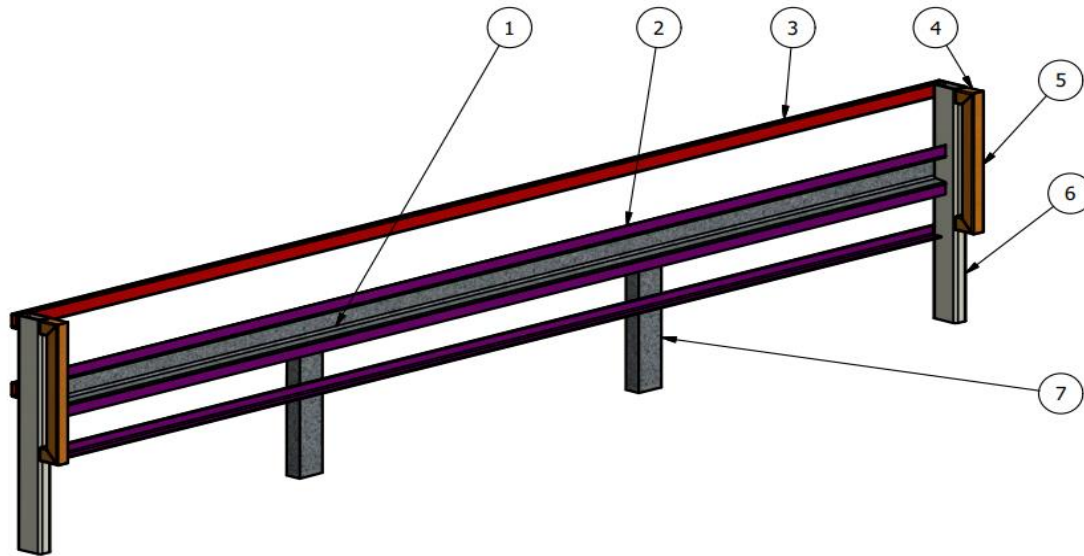


En este caso se consideró solo la carga de la pistola de pintura que es de 0.55kg datos obtenidos de parte del fabricante, teniendo un peso de 5.39N.

## Diseño del soporte de pistola de pintura



## Diseño de la estructura metálica base



Nº	CTDAD mm	CTDAD ELEMENT	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	LARGO DE CORTE mm	PESO Kg/6m	PESO TOTAL (Kg)	MINIATURA	POSIBLE ADQUISICIÓN	PRECIO 6M	Columna1
1	3200	1	PERFILES DE ACERO U (CANAL) - CH 80 x 40 x 2 - 3200 mm	PERFILES DE ACERO U (CANAL) - ASTM A36	3200	14,46	7,71		<a href="https://dis-metal.ec/productos/perfiles/u-canal">https://dis-metal.ec/productos/perfiles/u-canal</a>	\$24,42	13,02
2	945	2	PERFILES DE ACERO U (CANAL) - CH 80 x 40 x 2 - 472,5 mm	PERFILES DE ACERO U (CANAL) - ASTM A36	472,5	14,46	2,28		<a href="https://dis-metal.ec/productos/perfiles/u-canal">https://dis-metal.ec/productos/perfiles/u-canal</a>	\$24,42	3,85
3	9600	3	ÁNGULOS DE ACERO NEGROS - L30x30x2-3200 mm	ÁNGULOS DE LADOS IGUALES DE ACERO NEGROS ASTM A36	3200	8,24	13,18		<a href="https://dis-metal.ec/productos/angulos/negros">https://dis-metal.ec/productos/angulos/negros</a>	\$10,98	17,57
4	6560	2	TUBERÍA ESTRUCTURAL DE ACERO (RECTANGULAR) - 40x20x2 - 3280 mm	TUBERÍA ESTRUCTURAL DE ACERO (RECTANGULAR) ASTM A36	3280	10,08	11,02		<a href="https://dis-metal.ec/productos/tuberias/estructural/rectangular">https://dis-metal.ec/productos/tuberias/estructural/rectangular</a>	\$16,35	17,88
5	1330	2	TUBERÍA ESTRUCTURAL DE ACERO (RECTANGULAR) - 80x40x4 - 665 mm	TUBERÍA ESTRUCTURAL DE ACERO (RECTANGULAR) ASTM A36	665	10,08	2,23		<a href="https://dis-metal.ec/productos/tuberias/estructural/rectangular">https://dis-metal.ec/productos/tuberias/estructural/rectangular</a>	\$26,00	5,76
6	240	4	TUBERÍA ESTRUCTURAL DE ACERO (CUADRADA) - 40x40x1,2 - 60 mm	TUBERÍA ESTRUCTURAL DE ACERO (CUADRADA) ASTM A36	60	8,82	0,35		<a href="https://dis-metal.ec/productos/tuberias/estructural/cuadrada">https://dis-metal.ec/productos/tuberias/estructural/cuadrada</a>	\$16,30	0,65
7	800	2	TUBERÍA ESTRUCTURAL DE ACERO (CUADRADA) - 40x40x1,2 - 120 mm	TUBERÍA ESTRUCTURAL DE ACERO (CUADRADA) ASTM A36	400	8,82	1,18		<a href="https://dis-metal.ec/productos/tuberias/estructural/cuadrada">https://dis-metal.ec/productos/tuberias/estructural/cuadrada</a>	\$16,30	2,17
<b>TT</b>	<b>22675</b>	<b>16</b>					<b>37,96</b>				<b>\$60,90</b>

## Diseño de la estructura metálica base

Teniendo en cuenta que se utilizará 3.5m de cadena se tiene que la presión ejercida por un cuerpo solido es:

$$P[Pa] = \frac{F[N]}{S[m^2]}$$

Determinación del peso de la cadena:

$$M_{cadena} = 3.5m \times 0.62kg/m$$

$$M_{cadena} = 2.17kg$$

$$F_{cadena} = M_{cadena} \times 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$F_{cadena} = 21.28N$$

## Diseño de la estructura metálica base

Determinación del área de aplicación de la presión ejercida sobre el perfil en U:

$$S = \text{Ancho} \times \text{Longitud sobre perfil}$$

$$S = 0.00822m \times 3m$$

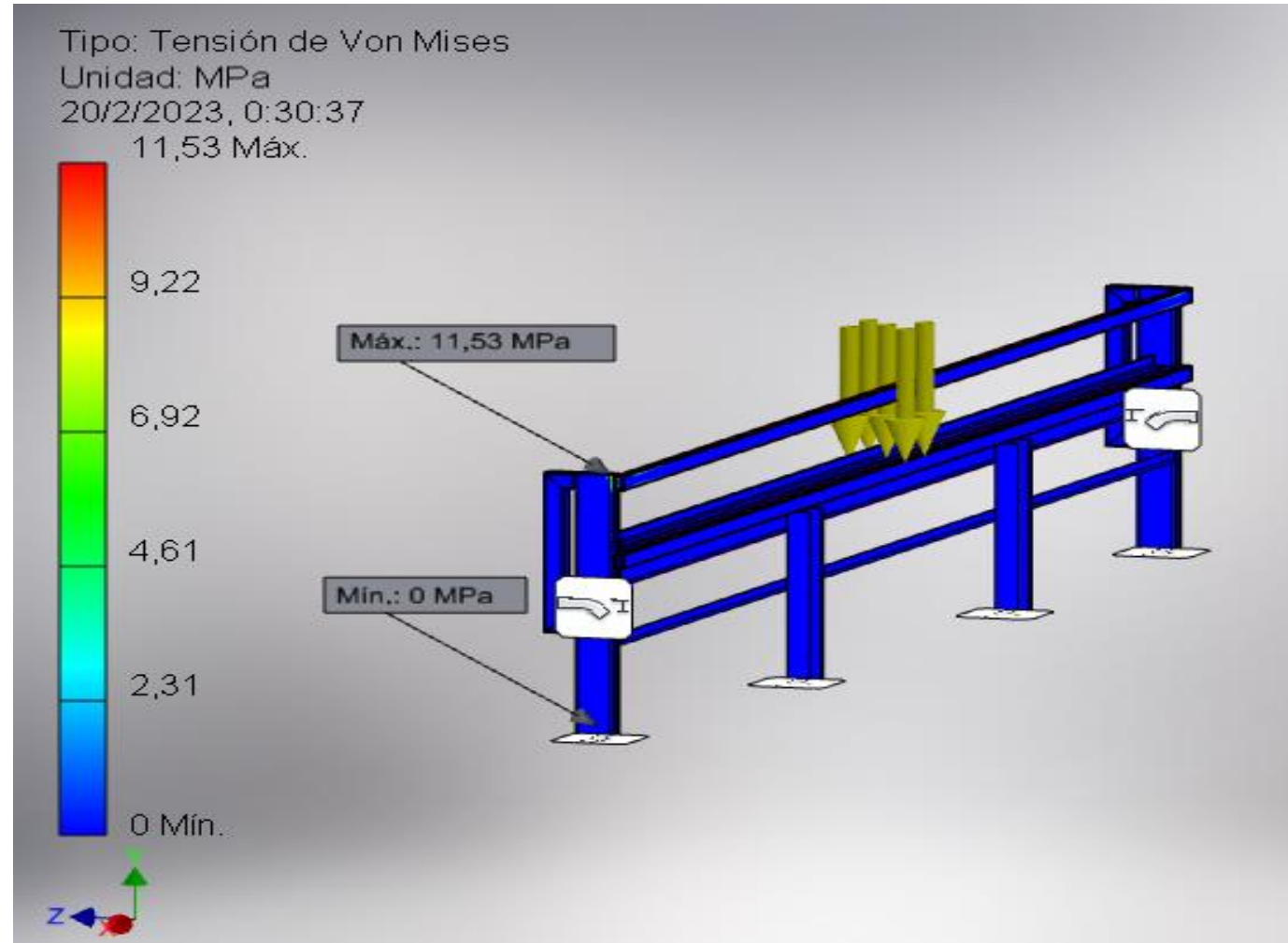
$$S = 0.25m^2$$

Determinación de la presión ejercida sobre el perfil en U:

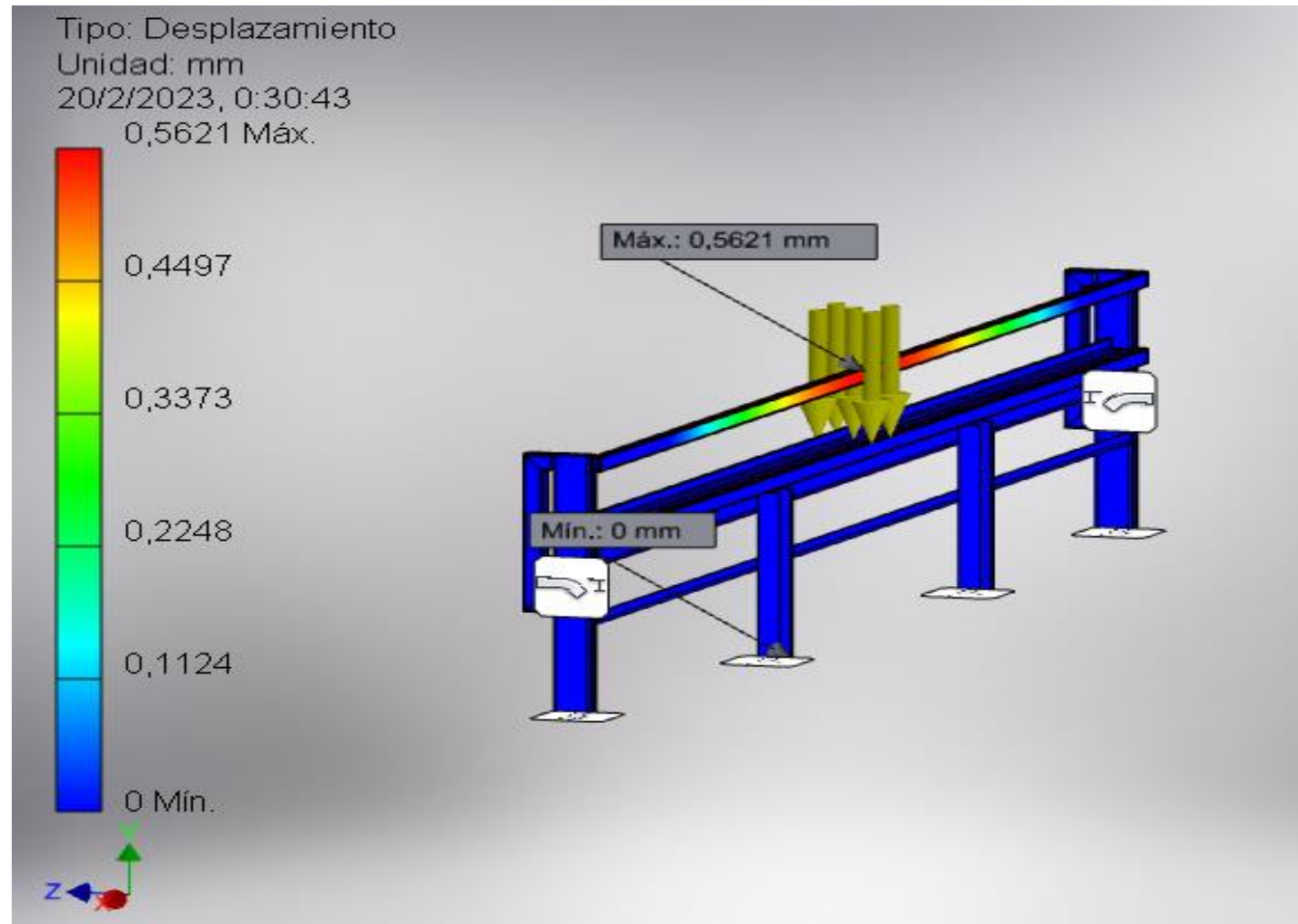
$$P = \frac{21.28 N}{0.25m^2} = 85.15Pa$$



## Diseño de la estructura metálica base

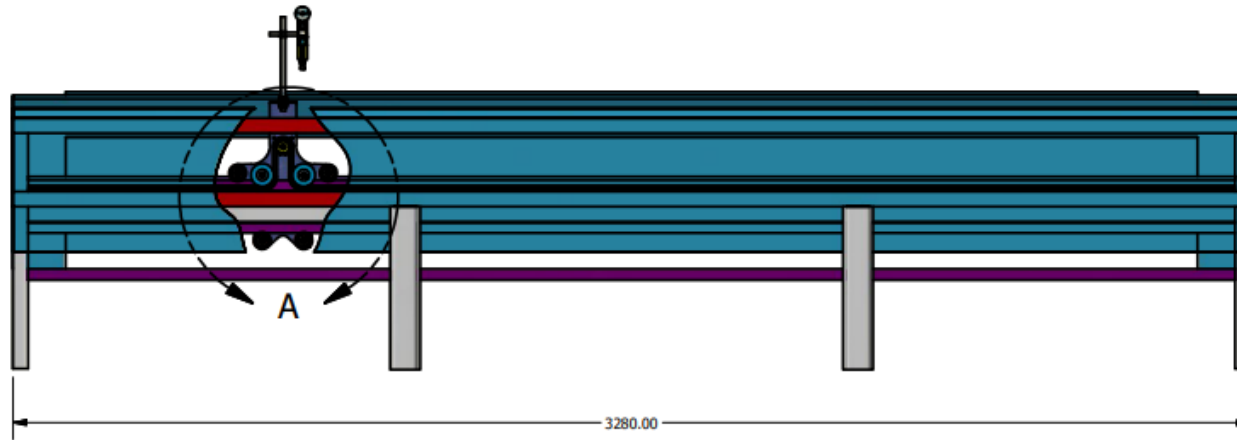


## Diseño de la estructura metálica base

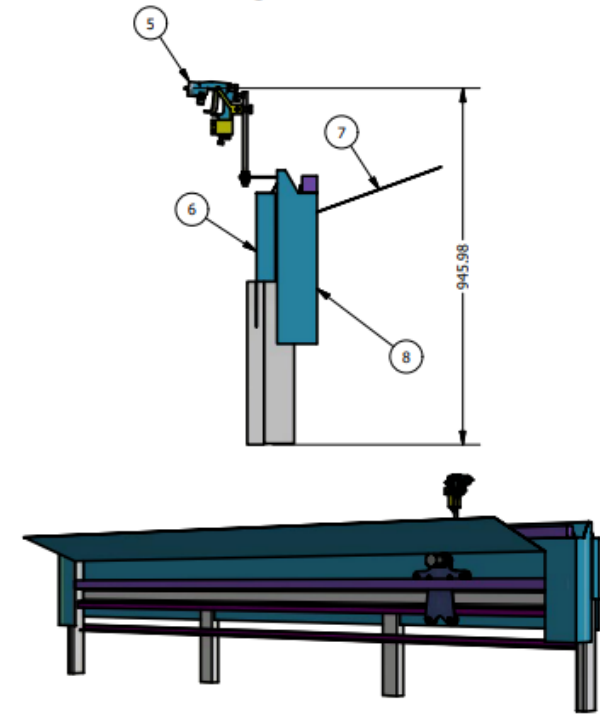


# Diseño del sistema mecánico

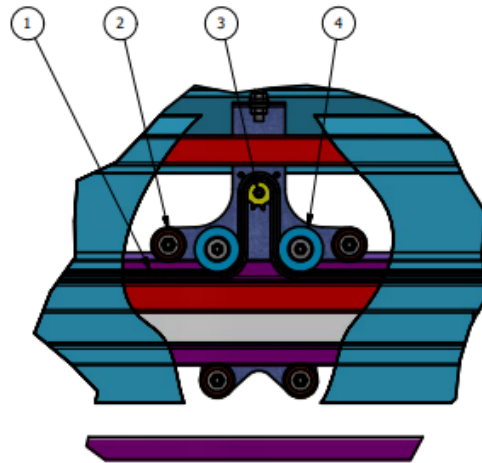
VISTA POSTERIOR



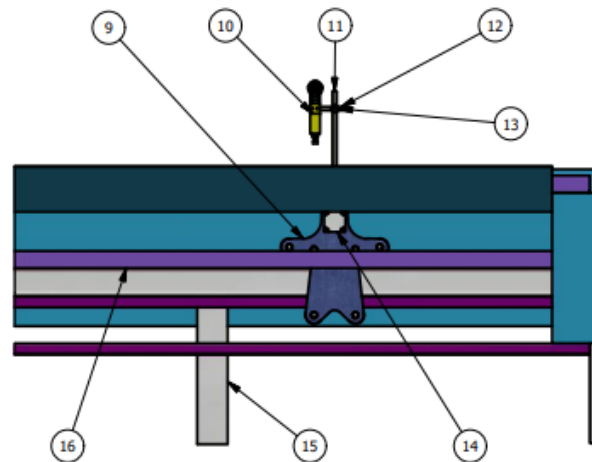
VISTA LATERAL



DETALLE A



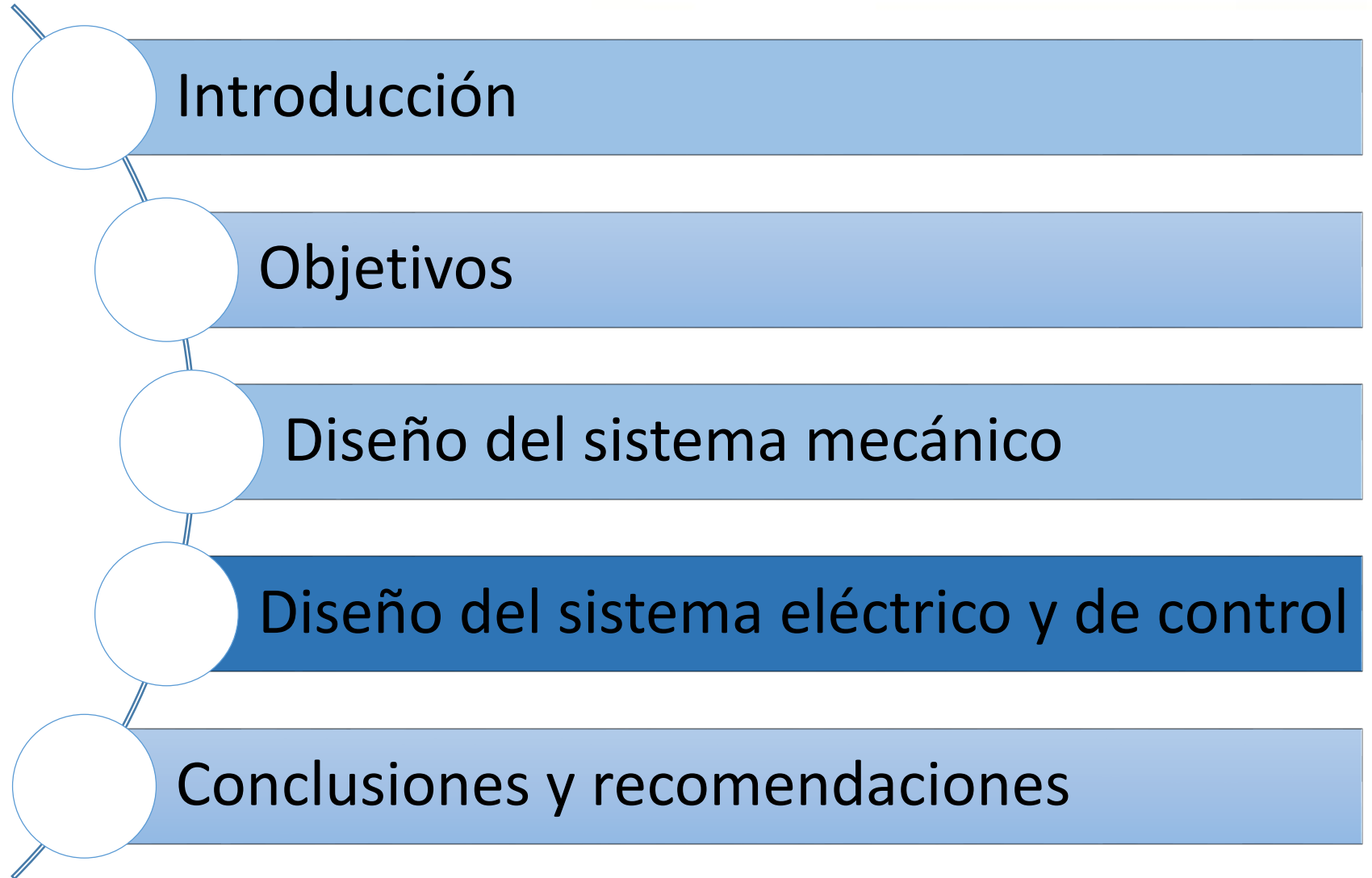
VISTA FRONTAL RECORTADA



LISTA DE PIEZAS

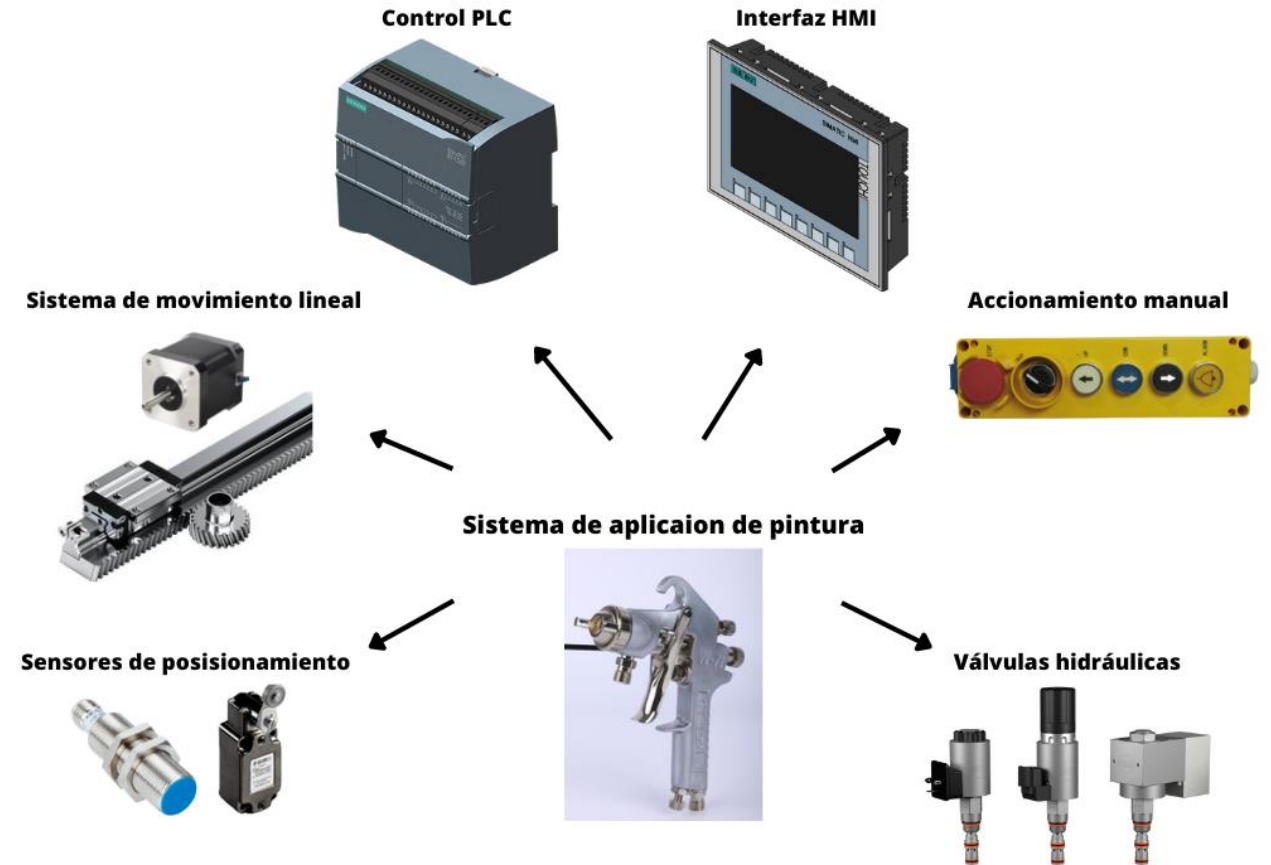
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	1	CADENA
2	4	RUEDA EN V
3	1	Rueda dentada de cadena de rodillos2
4	2	POLEA DE CADENA
5	1	PAINT GUN DeVILBISS
6	1	CARCASA INTERIOR
7	1	TAPA CARCASA EXTERIOR
8	1	CARCASA EXTERIOR
9	1	CARRITO
10	1	SOPORTE PISTOLA
11	150,000 mm	Barras redondas de acero: - D:12 - L:150
12	100,000 mm	Barras redondas de acero: - D:10 - L:100
13	1	ABRAZADERA
14	1	NEMA 23 MOTOR A PASOS
15	1	ESTRUCTURA METALICA
16	2	CANAleta PARA ORUGA INTERNA

# Agenda



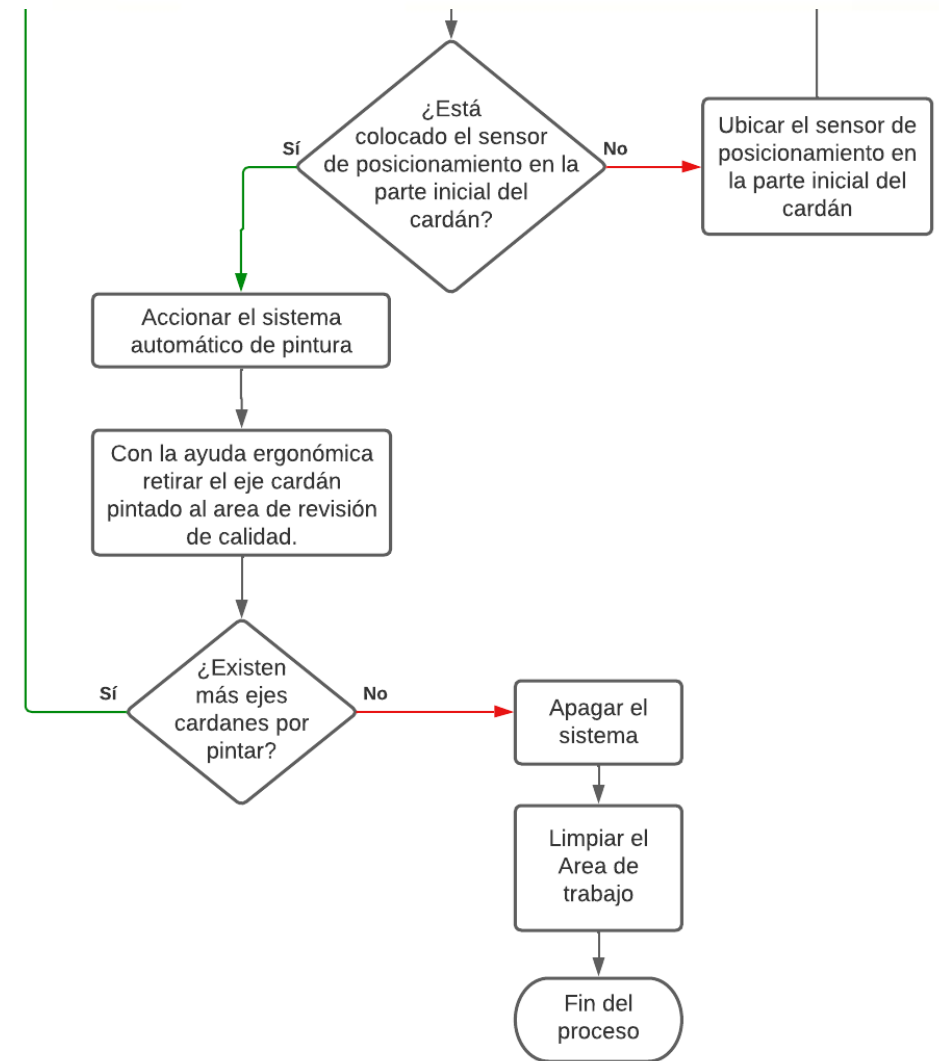
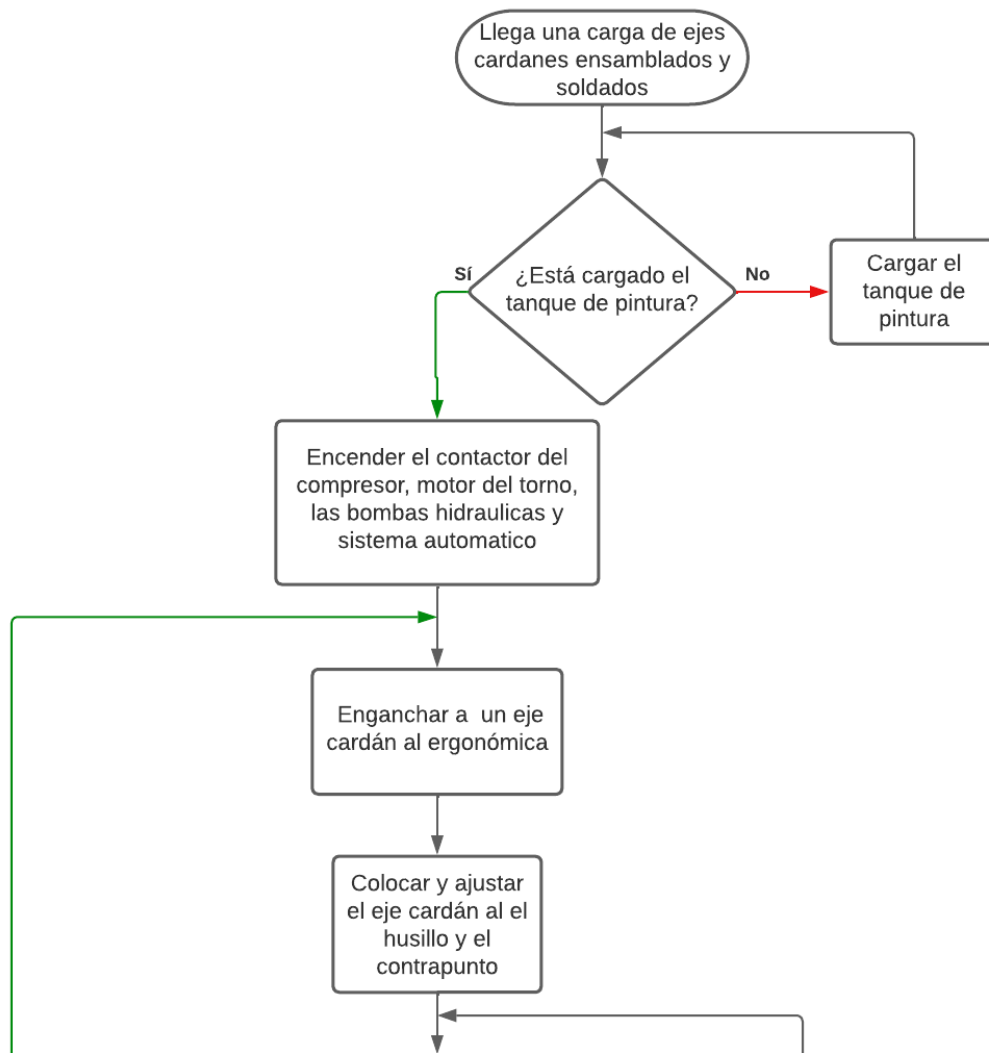
## Análisis funcional

El objetivo de este proyecto es el diseño de una máquina automatizada que permita al operador controlar (mediante una botonera) una válvula pulverizadora que se mueve a lo largo de la guía para la aplicación de convertidor de óxido sobre toda la superficie exterior del eje cardán, con el fin de optimizar tiempos y recursos de producción.



# Diseño del sistema eléctrico y de control

## Diagrama funcional del proceso automático



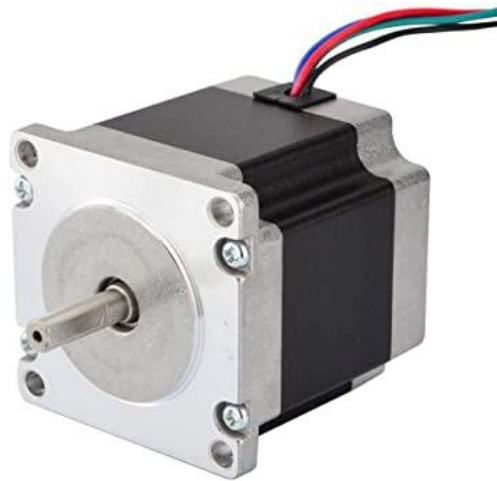


## Selección del motor

Se tomó en cuenta las siguientes opciones para transmitir fuerza y movimiento al sistema:

- Motor AC, caja reductora y variador de frecuencia.
- Servomotor y Servo drive acoplado.
- Motor a pasos y Drive acoplado.

Después de un análisis de costos, baja velocidad y torque requerido y espacio disponible se decidió utilizar motores paso a paso Nema 23.



Características	Valor
Tipo de motor	Bipolar
Angulo del motor	1.8° es decir
200 pasos/rev.	
Corriente nominal / fase	2.8A
Voltaje	2.5V



## Selección del Driver del motor paso a paso



### Parámetros

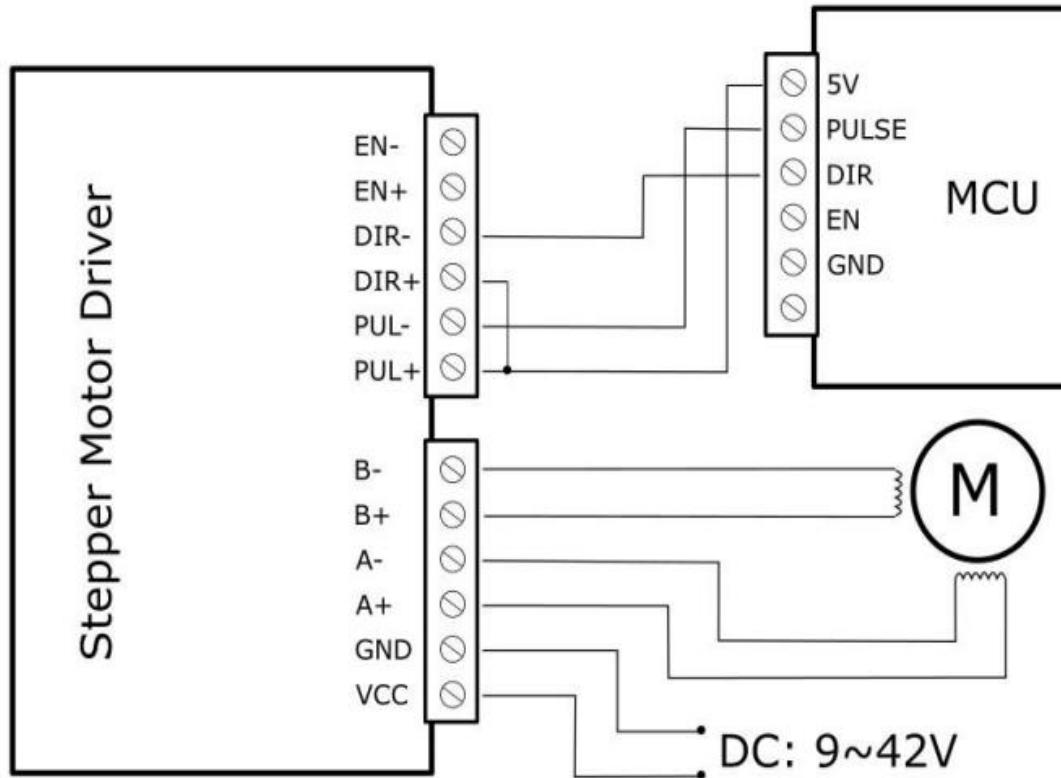
Corriente de entrada  
Voltaje de alimentación  
Corriente de salida  
Potencia (max)  
Micro Step

### Característica

1 - 5A  
9 – 42VDC  
0.5 - 4.0 A  
160 W  
8 – 10 – 15

# Diseño del sistema eléctrico y de control

## Selección del Driver del motor paso a paso



### Señal de entrada:

PUL+	Señal de pulso +
PUL-	Señal de pulso -
DIR+	Dirección +
DIR-	Dirección -
EN+	Deshabilitar +
EN-	Deshabilitar -

### Conexión del motor:

A+	Stepper motor A+
A-	Stepper motor A-
B+	Stepper motor B+
B-	Stepper motor B-

### Fuente de energía:

VCC	VCC (DC9-42V)
GND	GND

## Selección del Driver del motor paso a paso



### Microstep Driver

Micro step	Pulse/rev	S1	S2	S3
NC	NC	ON	ON	ON
1	200	ON	ON	OFF
2/A	400	ON	OFF	ON
2/B	400	OFF	ON	ON
4	800	ON	OFF	OFF
8	1600	OFF	ON	OFF
16	3200	OFF	OFF	ON
32	6400	OFF	OFF	OFF

Current(A)	PK Current	S4	S5	S6
0.5	0.7	ON	ON	ON
1.0	1.2	ON	OFF	ON
1.5	1.7	ON	ON	OFF
2.0	2.2	ON	OFF	OFF
2.5	2.7	OFF	ON	ON
2.8	2.9	OFF	OFF	ON
3.0	3.2	OFF	ON	OFF
3.5	4.0	OFF	OFF	OFF

- $\text{Ángulo de paso} = \text{Ángulo de paso del motor} / \text{Micro paso}$

## Selección del PLC

- 2 salidas para el driver TB6600, una salida para generador de pulsos PTO / PWM y una de dirección.
- 2 Salidas para las solenoides de activación de la pistola
- 3 entradas para los sensores fin de carrera e inductivo.
- 2 entradas para la botonera de Start y Stop de emergencia.

Por lo tanto el controlador PLC seleccionado es un modelo CPU 1211C DC/DC/DC Firmware versión V4.5.





## Selección del PLC



Características	Valor
Voltaje de entrada	24VDC
Corriente de entrada	300mA
Voltaje de salida	5VDC
Corriente máx. de salida	750mA
Entradas digitales	6
Salidas digitales	4
Entradas análogas	2
Salidas análogas	0



## Selección del PLC

### Variables de entrada del PLC

<u>Nombre</u>	<u>Dirección</u>
<i>Eje_1_FinalCarreraHwInferior</i>	<i>%I0.0</i>
<i>Eje_1_FinalCarreraHwSuperior</i>	<i>%I0.1</i>
<i>Eje_1_Sensor del punto de referencia</i>	<i>%I0.2</i>
<i>ACTIVAR EJE</i>	<i>%I0.3</i>
<i>STOP</i>	<i>%I0.4</i>
<i>START</i>	<i>%I0.5</i>

### Variables de salida del PLC

<u>Nombre</u>	<u>Dirección</u>
<i>Eje_1_Impulso</i>	<i>%Q0.0</i>
<i>Eje_1_Sentido</i>	<i>%Q0.1</i>
<i>AIRE</i>	<i>%Q0.2</i>
<i>PINTURA</i>	<i>%Q0.3</i>

### Variables de memoria del PLC

<u>Nombre</u>	<u>Dirección</u>
<i>MANDAR A HOME</i>	<i>%M0.1</i>
<i>MOVER A LA DERECHA</i>	<i>%M0.2</i>
<i>MOVER A LA IZQUIERDA</i>	<i>%M0.3</i>
<i>EN HOME</i>	<i>%M0.4</i>

## Selección del PLC

The screenshot displays the Siemens TIA Portal interface for configuring a motor drive. The main window shows the 'Objeto tecnológico: Eje' configuration for 'Eje\_1'. The configuration is divided into several sections:

- Objeto tecnológico: Eje:** A flow diagram showing the sequence: Programa de usuario → Objeto tecnológico: Eje → PTO (Pulse Train Output) → Accionamiento.
- Accionamiento:** Radio buttons for selecting the drive type:  PTO (Pulse Train Output),  Conexión analógica del accionamiento, and  PROFdrive.
- Unidad de medida:** A dropdown menu for 'Unidad de medida posición' set to 'mm'.

The left sidebar shows a tree view of parameters, with 'General' selected under 'Parámetros básicos'. The status bar at the bottom indicates 'Se han imprimido 1 objetos correctame...'

## Selección del PLC

The screenshot displays the Siemens TIA Portal software interface for configuring a drive system. The main window is titled "Siemens - D:\ESPE-LITESISITIA PORTAL\PROYECTO DE PINTURA CNC CARDANES\PROYECTO DE PINTURA CNC CARDANES" and shows the "Totally Integrated Automation PORTAL" environment.

The left-hand navigation tree is expanded to show the "Accionamiento" (Drive) configuration options under "Parámetros básicos". The tree includes sections for "Parámetros básicos" (General, Accionamiento), "Parámetros avanzados" (Mecánica, Límites de posición), "Dinámica" (General, Parada de emergencia), and "Referenciando" (Activo, Pasivo).

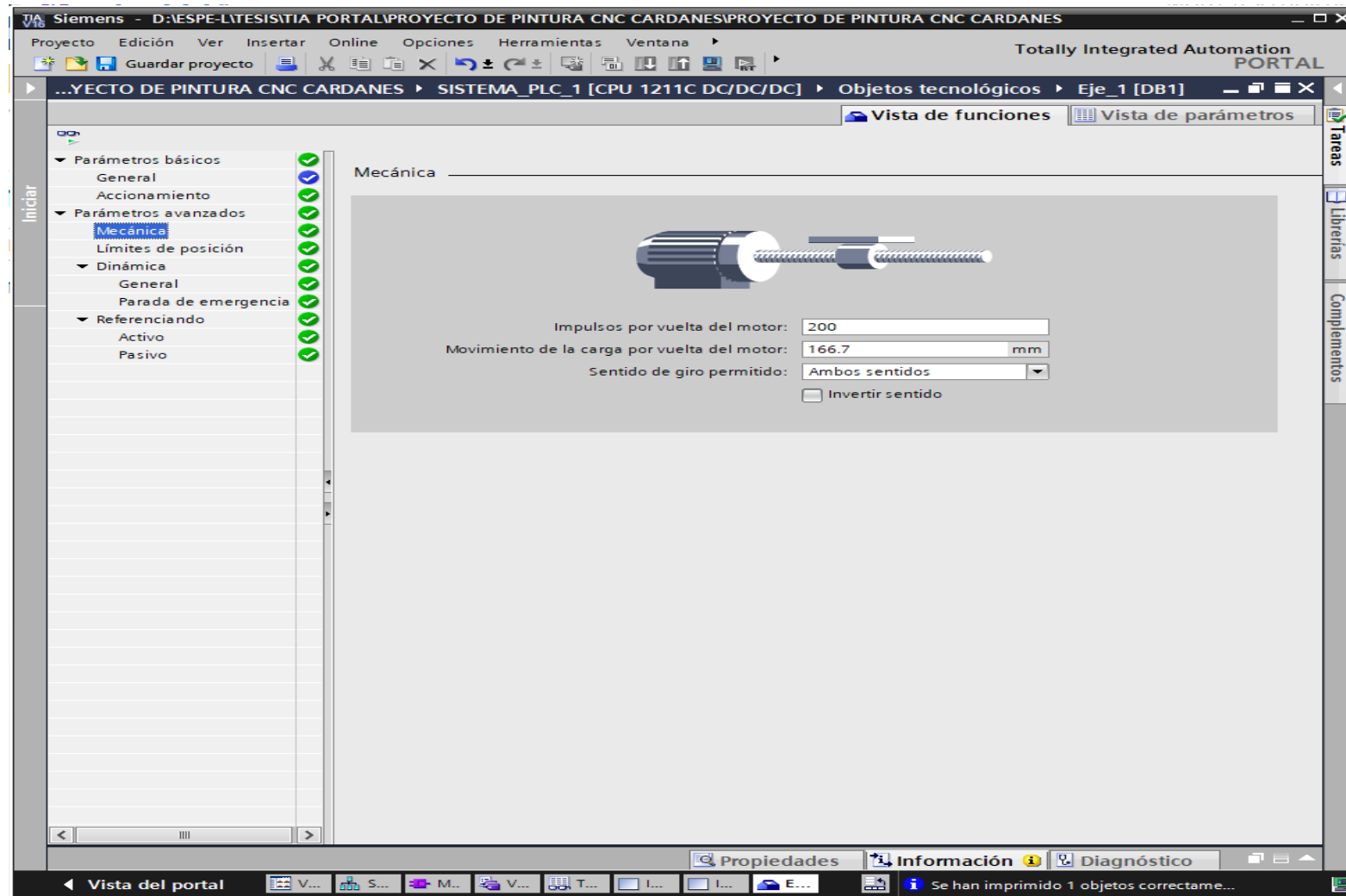
The central diagram, titled "Accionamiento", illustrates the connection between the PLC, the Drive, and the Motor. The PLC sends a "Señal PTO" (Pulse Train Output) signal to the Drive and provides "Habilitar" (Enable) to the Drive. The Drive sends a "Listo" (Ready) signal back to the PLC and provides "Potencia" (Power) to the Motor.

The configuration panel below the diagram is divided into several sections:

- Interfaz de hardware:** Configures the drive's hardware interface. It includes fields for "Generador de impulsos" (Pulse generator) set to "Pulse\_1", "Tipo de señal" (Signal type) set to "PTO (impulso A y sentido B)", "Salida de impulsos" (Pulse output) set to "Eje\_1\_Impulso" and "%Q0.0", and "Salida de sentido" (Direction output) set to "Eje\_1\_Sentido" and "%Q0.1". There is a checkbox for "Activar salida de sentido" (Enable direction output) which is checked.
- Habilitación y respuesta del accionamiento:** Configures the drive's enable and response signals. It includes fields for "Selección salida de habilitación" (Enable output selection) and "Selección entrada de disponibilidad" (Availability input selection) set to "TRUE".
- Accionamiento:** Provides buttons for "Habilitar accionamiento" (Enable drive) and "Accionamiento listo" (Drive ready).

The bottom status bar shows "Se han imprimido 1 objetos correctamente..." (1 objects printed successfully...).

## Selección del PLC



## Selección del PLC

The screenshot displays the Siemens TIA Portal interface for configuring a motor axis. The main window is titled "Límites de posición" (Position Limits) and is divided into two sections: "Final de carrera por hardware y software" (End of travel by hardware and software) and a graphical representation of the axis.

**Final de carrera por hardware y software**

- Activar final de carrera por HW
- Activar final de carrera por SW

Entrada final de carrera por HW inferior: Eje\_1\_FinalCarreraHwInf [%I0.0]

Entrada final de carrera por HW superior: Eje\_1\_FinalCarreraHwSup [%I0.1]

Selección de nivel: Nivel inferior

Selección de nivel: Nivel superior

Posición de final de carrera por SW inferior: -10000.0 mm

Posición de final de carrera por SW superior: 10000.0 mm

The graphical representation shows a horizontal axis with a central blue dot representing the zero position. Red vertical lines indicate the hardware end-of-travel limits, and blue vertical lines indicate the software end-of-travel limits. The axis is labeled with a minus sign (-) on the left and a plus sign (+) on the right.

## Selección del PLC

The screenshot displays the Siemens Totally Integrated Automation (TIA) PORTAL software interface. The main window shows the configuration for 'Eje\_1 [DB1]' under the 'SISTEMA\_PLC\_1 [CPU 1211C DC/DC/DC]' project. The 'General' tab is selected, showing motion control parameters. A note at the top states: 'Nota: cualquier modificación de los límites de velocidad repercutirá en la aceleración y deceleración; el tiempo de aceleración y deceleración se conserva'. The interface includes two graphs: 'Velocidad' (Velocity) and 'Aceleración/deceleración' (Acceleration/Deceleration). The velocity graph shows a trapezoidal profile with a maximum velocity of 500.0 mm/s and a start/stop velocity of 50.0 mm/s. The acceleration/deceleration graph shows a step function with an acceleration of 90.0 mm/s² and a deceleration of 90.0 mm/s². The time of acceleration and deceleration is set to 5.0 s. Other parameters include 'Unidad de los límites de velocidad' (mm/s), 'Activar limitación de tirón' (unchecked), 'Tiempo de redondeo' (tr: 0.0 s, tz: 0.0 s), and 'Tirón' (0.0 mm/s³). The bottom status bar indicates 'Se han imprimido 1 objetos correctamente...'. The left sidebar shows a tree view of parameters, and the right sidebar shows 'Tareas', 'Librerías', and 'Complementos'.

Siemens - D:\ESPE-LITESISITIA PORTAL\PROYECTO DE PINTURA CNC CARDANES\PROYECTO DE PINTURA CNC CARDANES

Totally Integrated Automation  
PORTAL

Proyecto Edición Ver Insertar Online Opciones Herramientas Ventana

Guardar proyecto

...YECTO DE PINTURA CNC CARDANES > SISTEMA\_PLC\_1 [CPU 1211C DC/DC/DC] > Objetos tecnológicos > Eje\_1 [DB1]

Vista de funciones Vista de parámetros

Iniciar

- Parámetros básicos
- General
- Accionamiento
- Parámetros avanzados
- Mecánica
- Límites de posición
- Dinámica
- General
- Parada de emergencia
- Referenciando
- Activo
- Pasivo

General

Nota: cualquier modificación de los límites de velocidad repercutirá en la aceleración y deceleración; el tiempo de aceleración y deceleración se conserva

Velocidad

Unidad de los límites de velocidad: mm/s

Velocidad máxima: 500.0 mm/s

Velocidad de arranque/parada: 50.0 mm/s

Aceleración/deceleración

Aceleración: 90.0 mm/s²

Deceleración: 90.0 mm/s²

Tiempo de aceleración: 5.0 s

Tiempo de deceleración: 5.0 s

Activar limitación de tirón

Tiempo de redondeo: tr: 0.0 s tz: 0.0 s Tirón: 0.0 mm/s³

Nota: Activando la limitación de tirón se prolonga el tiempo total de aceleración y deceleración del eje.

Propiedades Información Diagnóstico

Vista del portal

Se han imprimido 1 objetos correctamente...



## Selección del PLC

The screenshot displays the Siemens TIA Portal interface for configuring a digital input sensor for a reference point on a CNC axis. The main window is titled "Siemens - D:\ESPE-LTESISITIA PORTAL\PROYECTO DE PINTURA CNC CARDANES\PROYECTO DE PINTURA CNC CARDANES" and shows the "Totally Integrated Automation PORTAL" environment.

The left sidebar shows the project tree with the following structure:

- Inicio
- Parámetros básicos
  - General
  - Accionamiento
- Parámetros avanzados
  - Mecánica
  - Límites de posición
- Dinámica
  - General
  - Parada de emergencia
- Referenciando
  - Activo
  - Pasivo

The main configuration area is titled "Activo" and contains the following settings:

- Entrada digital sensor pto. referencia:**
  - Entrada del sensor del punto de referencia: Eje\_1\_Sensor del punto d [I] %I0.2
  - Selección de nivel: Nivel superior
  - Permitir inversión de sentido en final de carrera por HW
- Sentido de aproximación/referen:**
  - Sentido positivo
  - Sentido negativo
- Lado del sensor del punto de refe:**
  - Lado superior
  - Lado inferior
- Velocidad de aproximación:** 200.0 mm/s
- Velocidad de búsqueda del punto de referencia:** 100.0 mm/s
- Decalaje del punto de referencia:** 0.0 mm
- Posición punto de referencia:** "MC\_Home".Position

A diagram illustrates the reference point search process on a coordinate system with vertical axis 'v' and horizontal axis 's'. A blue line shows the approach to the sensor, a red line shows the reference point, and a green line shows the displacement to the reference point position.

The bottom status bar shows "Vista del portal" and "Se han imprimido 1 objetos correctame..."



## Selección del módulo HMI

Se eligió la pantalla SIMATIC HMI KTP400 BASIC PN por su tamaño y precio. El modelo de pantalla inferior en características tiene la pantalla de menor tamaño y monocromática, lo que dificulta la visualización para el operador.



## Selección del módulo HMI



## Selección de sensores

*Sensor final de carrera.*



*Sensor de proximidad inductivo.*

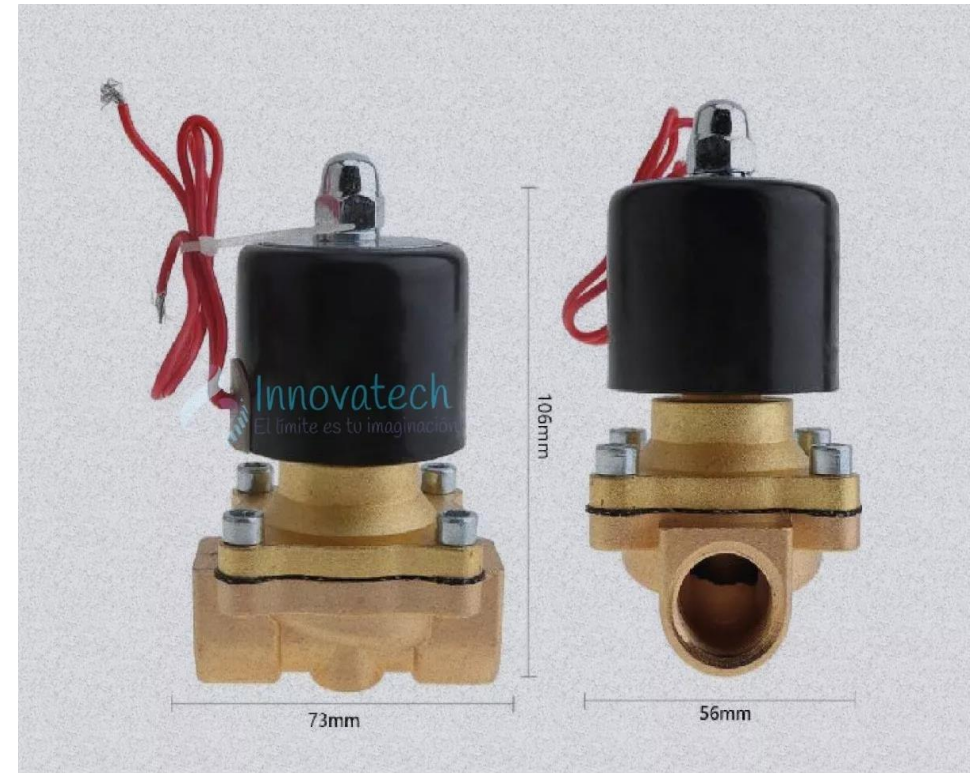


## Selección de los solenoides de aire y pintura.

El parámetro más importante es la dimensión del conducto de pintura y aire que son: 3/8 y 1/2 de pulgada respectivamente.

Además, hay que tener en cuenta que el fluido de la pintura con el solvente tiene una viscosidad de 18- 22 segundos copa Zahn #2. Con esto se tiene:

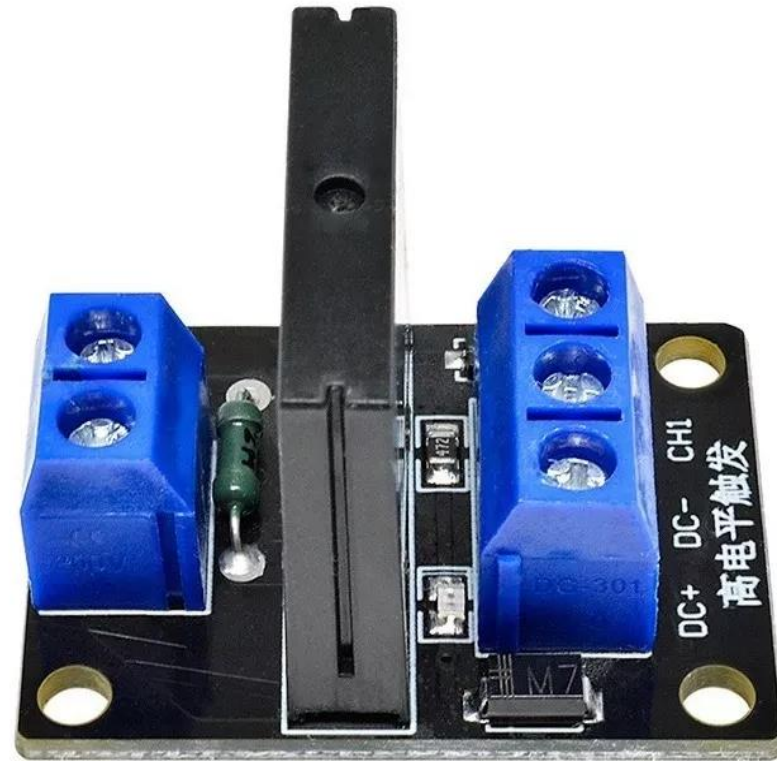
- $V=3.5(t-14)$
- $V=3.5(20-14)$
- $V=21CsT$





## Selección del relé para los solenoides

Este dispositivo soporta un voltaje de 220V y una corriente de 2A, con un voltaje de entrada de 5V DC y corriente de entrada de 160mA lo hace perfecto para la comunicación del PLC.



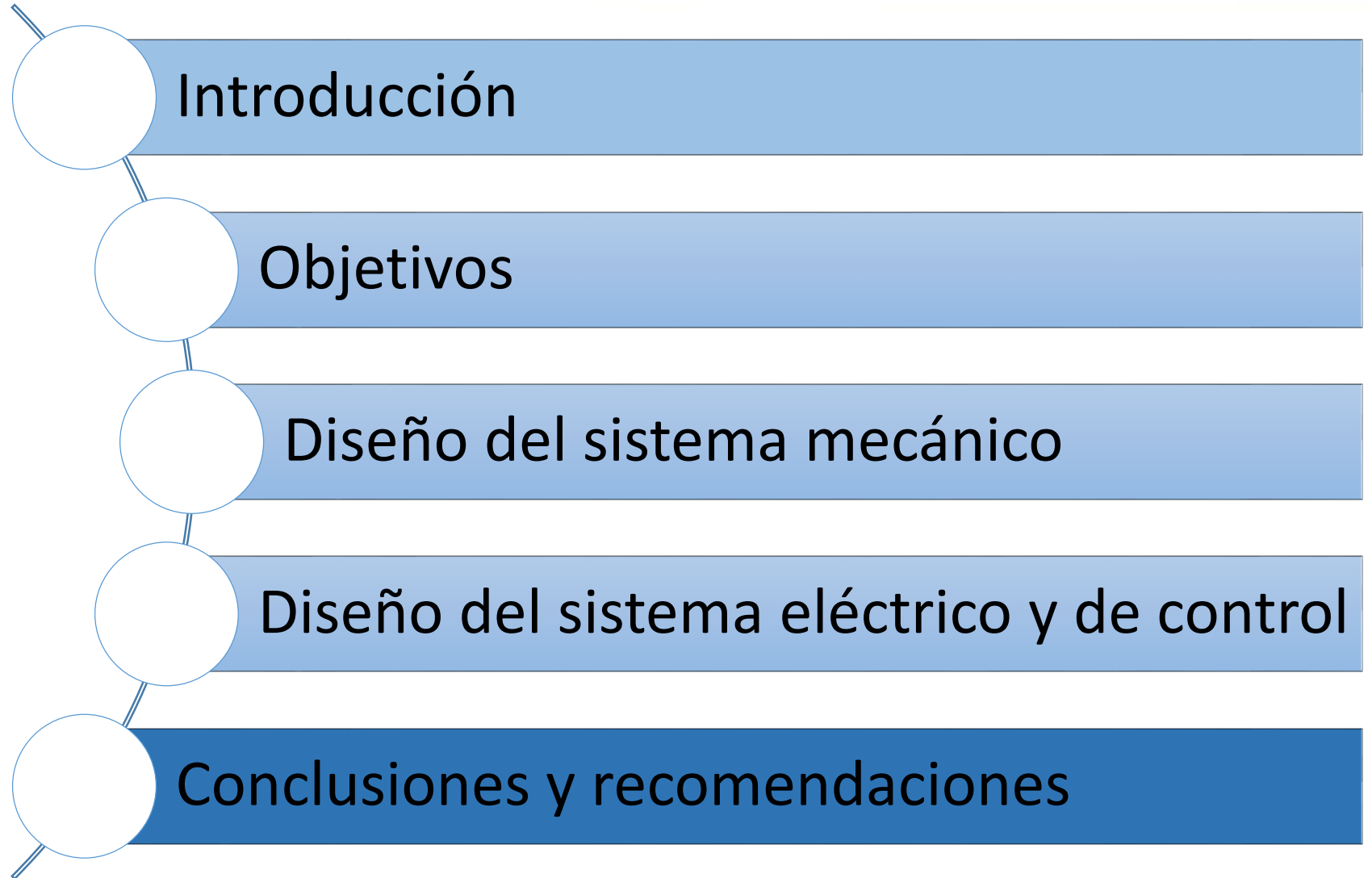


## Selección del relé para los solenoides

El voltaje que se requiere para el funcionamiento del PLC y el driver del motor es de 24 VDC, y la corriente total que consumirá el sistema será de 5.26A. Con estos parámetros se adquirió una fuente de  $\pm 24$  VDC / 10A / 240W



# Agenda



## Conclusiones

- Se analizaron diferentes sistemas para la implementación del proyecto tomando en cuenta la disponibilidad del espacio de trabajo dentro de la cámara de pintura del proceso, teniendo como resultado un sistema delgado de fácil maniobrabilidad y mantenimiento, para contribuir con los procesos realizados para la obtención del producto final.
- Se diseñó un sistema de transmisión cadena-catarina poco convencional que utiliza el movimiento de un motor paso a paso para la transmisión de energía, controlado por un PLC que genera una señal de pulsos para el funcionamiento del driver del motor, llegando a un acuerdo con la empresa en utilizar materiales a disposición dentro de la industria, para facilitar los procesos de mantenimiento y remplazo de dispositivos.

## Conclusiones

- Se realizaron los diseños mecánicos de las piezas con la herramienta de Inventor de Autodesk para crear un ensamble que permita analizar las medidas y realizar un análisis de tensión y estructural para identificar posibles fallas en el diseño.
- Se realizó el diseño de la programación del PLC con la ayuda de la herramienta “Objetos tecnológicos” dentro del programa TIA Portal V16 de la marca Siemens, que permitió crear comandos de control para la activación del driver TB6600 del motor paso a paso de acuerdo a las necesidades del programa, además se diseñó imágenes de la pantalla HMI que permitirá facilitar la interacción hombre-máquina.

## Conclusiones

- Se a presentó a la empresa el diseño mecánico y de control para su revisión, la cual fue aprobada en su totalidad, indicando fecha de implementación del sistema para el segundo semestre del 2023, con la seguridad del mejoramiento de la producción del área de cardanes.

## Recomendaciones

- Con el diseño presentado que permite la activación y pintado a distancia se podrá implementar mecanismos de protección que permitan cerrar la cámara de pintura para proteger al operador de las partículas de pintura que se esparcen en el aire causando daños a la salud y generando gastos en equipos de protección persona.
- El diseño implementado puede adaptarse a nuevos modelos de cardanes de mayor longitud con lo que se recomienda reutilizar el sistema realizando un alargamiento en el eje guía de la base metálica, para ahorrar costos con la generación de un nuevo mecanismo y diseño.



## Recomendaciones

- Algunos ejes cardanes tienen partes que no es necesario aplicar el convertidor de óxido por lo que se recomienda utilizar las herramientas de programación del PLC expuestas en este proyecto para generar un código que permita ahorrar pintura en estos modelos de ejes cardanes.
- Este proyecto en el sistema de aplicación de pintura se realizó una adaptación a una pistola manual por medio de dos solenoides que permiten activar la pistola. Existe en el mercado internacional válvulas de pulverización se activan neumáticamente, permitiendo ahorrarse una válvula solenoide, además que evita activaciones bruscas en el sistema.

Gracias por su atención



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA