



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DIDÁCTICO PARA SUPERVISAR UN PROCESO INDUSTRIAL EN LABORATORIO DE HIDRÓNICA Y NEUTRÓNICA”**





**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
EXTENSIÓN LATACUNGA**

# **INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**PROYECTO REALIZADO POR: MAYRA TAMARA JARAMILLO M.**

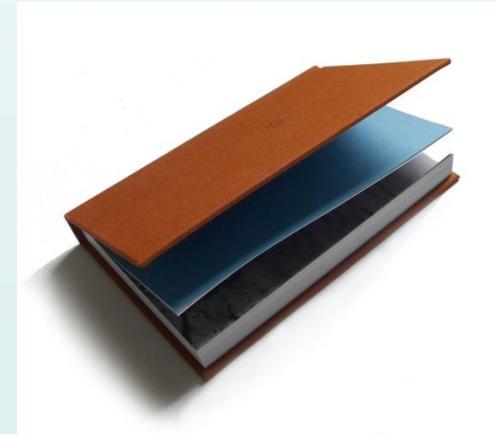
**DIRECTOR DEL PROYECTO: Ing. Wilson Sánchez M.Sc.**

**CODIRECTOR DEL PROYECTO: Ing. Mario Jiménez M.Sc.**

**JUNIO 2015**

# AGENDA

- ❖ Título del Proyecto.
- ❖ Línea de Investigación.
- ❖ Justificación e importancia.
- ❖ Objetivo General.
- ❖ Objetivos específicos.
- ❖ Diseño Mecánico.
- ❖ Diseño Eléctrico.
- ❖ Diseño Neumático.
- ❖ Conclusiones.
- ❖ Recomendaciones.



# Título del Proyecto

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DIDÁCTICO PARA SUPERVISAR UN PROCESO INDUSTRIAL EN EL LABORATORIO DE HIDRÓNICA Y NEURÓNICA

## Línea de Investigación

Automática y Control



# Justificación e Importancia

En la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga en el departamento de Eléctrica y Electrónica, carrera de Ingeniería Electromecánica no cuenta en sus laboratorios con un sistema de clasificación didáctico con fines educativos para los estudiantes, este proyecto tiene la finalidad de conocer el funcionamiento y comportamiento de dispositivos eléctricos-neumáticos además de homogenizar el conocimiento adquirido por parte de los alumnos al manejar los dispositivos reales de las mismas características de un proceso industrial



# Objetivo General

Diseñar e implementar un sistema de clasificación didáctico para supervisar un proceso industrial en el laboratorio de hidrónica y neutrónica.



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

# Objetivos Específicos:



1

- Diseñar y construir la banda transportadora de clasificación de piezas.

2

- Diseñar y construir la bancada para la sujeción de todos los componentes eléctricos y neumáticos del sistema de clasificación.

3

- Seleccionar componentes mecánicos, eléctricos y neumáticos para la construcción del módulo de clasificación de piezas.

4

- Modelar el sistema de clasificación de materia prima para desarrollar prácticas experimentales de modo real de procesos industriales.

# Objetivos Específicos:



5

- Programar el PLC para el control de sensores y actuadores de acuerdo a las condiciones que el modulo requiera para el sistema de clasificación didáctico.

6

- Diseñar e implementar los diagramas eléctricos y neumáticos del módulo de clasificación didáctico

7

- Diseñar e implementar un módulo de sistema de clasificación que permita asociar procesos industriales modulares didácticos, mediante la configuración de una Red Ethernet Industrial

9

- Desarrollar pruebas y guías de laboratorio para efectuar prácticas del sistema de clasificación didáctico.

# ***BANDAS TRANSPORTADORAS***



# PARAMETROS DE DISEÑO

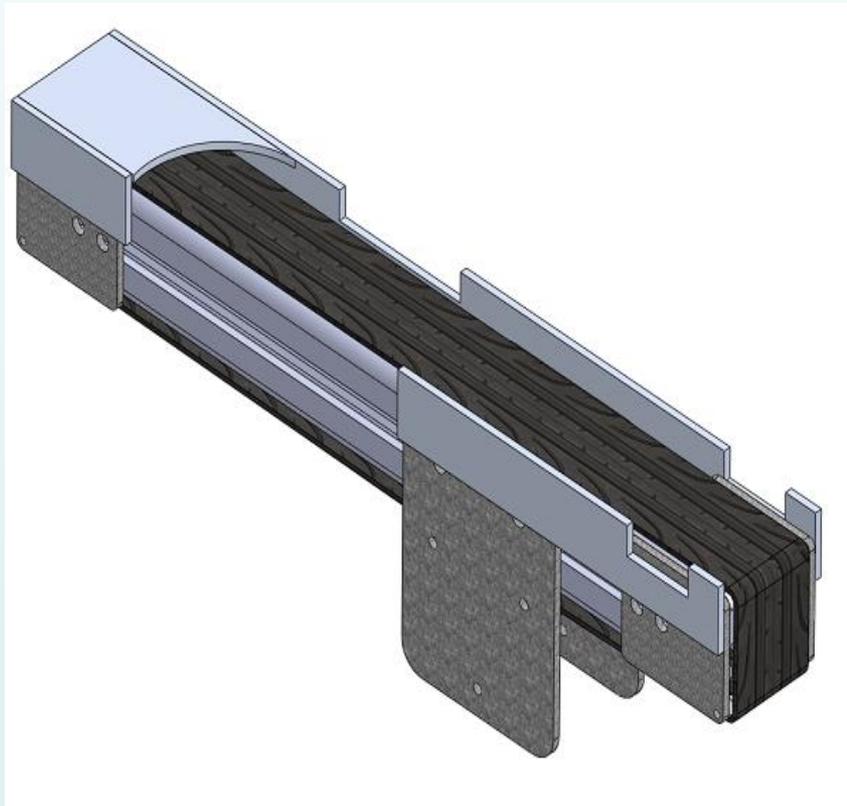
## BANDA

- Velocidad máxima de avance de la banda → 0,04 m/s
- Longitud máxima del espacio disponible → 350mm → 0,35 m
- Ancho máximo del espacio disponible → 40mm → 0,04 m
- Peso de la banda → 0,018 Kg

## PIEZAS DIDACTICAS

- Forma: CILINDRICA
- Dimensiones: 25 \* 40 mm
- Material : Nylon
- Peso: 0,2 Kg
- Colores: Rojo, Negro
- Material: Metálica

# DISEÑO MECÁNICO



- DISEÑO DE LA BANDA TRANSPORTADORA
- ANÁLISIS DE ESFUERZOS-DEFLEXIÓN-FACTOR DE SEGURIDAD



# Selección de la banda

factor	Factor de ponderación	Banda de dos rodillos	Bancada accionada por gravedad	Banda de múltiples rodillos
Costo	4	5	7	8
		2.0	2.8	3.2
Velocidad	4	8	7	8
		3.2	2.8	3.2
Construcción	1	6	7	8
		0.6	0.7	0.8
Fiabilidad	1	9	7	9
		0.9	0.7	0.9
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>6.7</b>	<b>7</b>	<b>8.1</b>



# SELECCIÓN DE LA CINTA TRANSPOTADORA

## HOLGURA DE LA BANDA

$$c \rightarrow \text{Holgura de la cinta [in]} \rightarrow 0,04 \text{ m} * \frac{39,37 \text{ in}}{1 \text{ m}} = 1,574 \text{ in}$$

B  $\rightarrow$  Ancho de la cinta [in]

$$c = 0,055(1,574 + 0,9)$$

$$c = 0,136 \text{ in} * \frac{1 \text{ m}}{39,37 \text{ in}}$$

$$c = 0,0033 \text{ m}$$



# SELECCIÓN DE LA CINTA TRANSPORTADORA

LONGITUD DE LA BANDA  $p \rightarrow$  Perímetro de los rodillos [m]

$\emptyset \rightarrow$  Diametro de los rodillos [m]

$$p = 0,040 \text{ m} * \pi$$

$$p = 0,1256 \text{ m}$$

$$L_{Tb} = 2(L) + p + c$$

Donde:

$L_{Tb} \rightarrow$  Longitud total de la banda [m]

$$L_{Tb} = 2 * 0,35 + 0,1256 + 0,0033$$

$$L_{Tb} = 0,828 \text{ m}$$



# SELECCIÓN DE LA CINTA TRANSPOTADORA

## PESO DE LA BANDA

$$A_b = 0,828 \text{ m} * 0,04 \text{ m}$$

$$A_b = 0,033 \text{ m}^2$$

$$w_c = w_{cf} * A_b$$

Donde:

$w_c \rightarrow$  Peso de la cinta [m]

$w_{cf} \rightarrow$  Peso de la cinta por el fabricante  $\left[\frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}\right]$

$$w_c = 1,3 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} * 0,033 \text{ m}^2$$

$$w_c = 0,043 \text{ Kg}$$



# SELECCIÓN DEL MOTOR

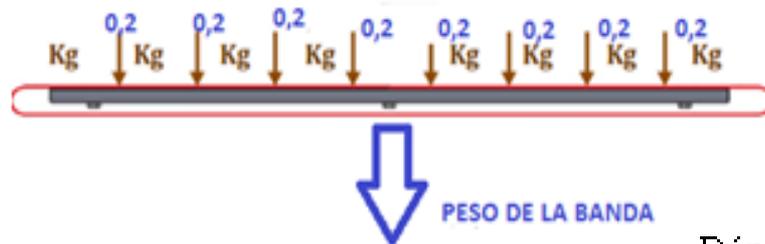


Figura 3. 5. Fuerza aplicada a la banda

$$F_T = (w_p + w_c + w_{rm} + w_{rf} + w_{sb}) * g$$

Dónde:

$F_T$  = Fuerza total [Kg]

$w_c$  = masa de la banda [Kg]

$w_p$  = masa de las piezas didacticas [Kg]

$w_{rm}$  = peso de rodillo movil [Kg]

$w_{rf}$  = peso de rodillos fijos [Kg]

$w_{sb}$  = peso de soporte de banda [Kg]

$g$  = gravedad  $\left[ 9,8 \frac{m}{s^2} \right]$

$$F_T = (1,90 + 0,043 + 0,05 + (0,03 * 6) + 0,43)Kg * 9,8 \frac{m}{s^2}$$

$$F_T = 25,50 N$$



# SELECCIÓN DEL MOTOR

$$f_r = \mu N_{max}$$

Donde:

$f_r$  = Fuerza de rozamiento entre la cinta transportadora y el aluminio ranurado

$\mu$  = Coeficiente d fricción entre la cinta transportadora y el aluminio ranurado

$N_{max}$  = Fuerza normal equivalente al peso máximo que soporta la banda.

$$f_r = (0,5 * 25,50 N)$$

$$f_r = 12,77 N$$



# SELECCIÓN DEL MOTOR

$$P = F * v$$

Donde:

P → Potencia de salida

F → Fuerza aplicada sobre la banda.

v → velocidad de la banda transportadora

$$P = 25,50 \text{ N} * 0,134 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$P = 3,41 \text{ W}$$

Tabla 3.6. Eficiencia mecánica de equipos reductores de velocidad

EFICIENCIAS MECÁNICAS DE EQUIPOS  
REDUCTORES DE VELOCIDAD

Tipo de reducción	Eficiencia (%)
Poleas y bandas en V	94%
Catalina y cadena de rodillos	93%
Catalina y cadena de rodillos, lubricados en aceite	95%
Reductor de engranes helicoidales, una reducción	95%
Reductor de engranes helicoidales, doble reducción	94%
Reductor de engranes helicoidales, triple reducción	93%
Reductor de tornillo sin-fin (ratio 20:1)	90%
Reductor de tornillo sin-fin (ratio de 20:1 a 60:1)	70%
Reductor de tornillo sin-fin (ratio de 60:1 a 100:1)	50%
Reductor de engranes rectos (maquinados)	90%
Reductor de engranes rectos (fundidos)	85%

$$\eta = \frac{P_{SAL}}{P_{ENT}} \quad \text{Ec. (3.13)}$$

Donde:

$\eta$  → rendimiento para reductor de tornillo sin fin

$P_{SAL}$  → Potencia de salida determinada por el estándar de la curva característica Figura 3.7 [W]

$P_{ENT}$  → Potencia de entrada [W]

$$P_{ENT} = \frac{P_{SAL}}{\eta} \quad \text{Ec. (3.14)}$$

$$P_{ENT} = \frac{15 \text{ W}}{0,5}$$

$$P_{ENT} = 30 \text{ W}$$



# SELECCIÓN DEL MOTOR

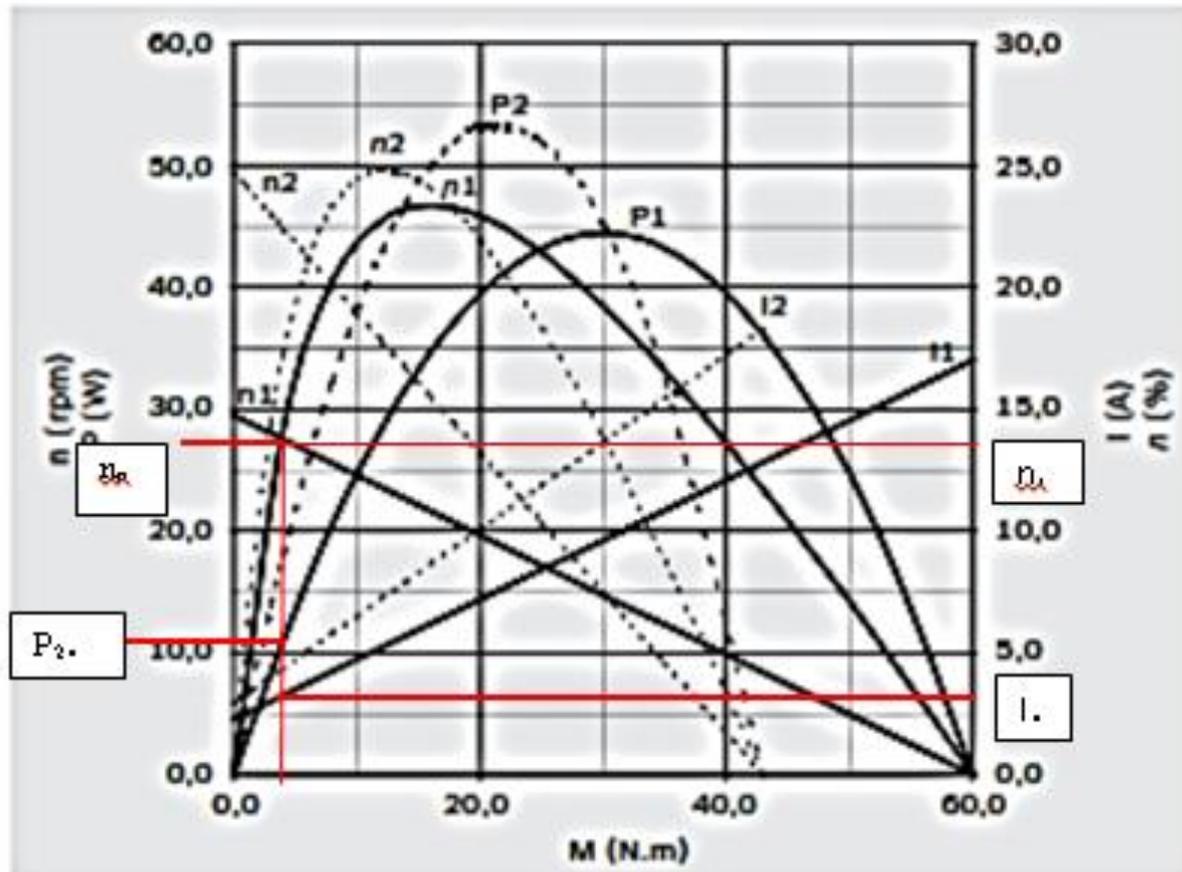
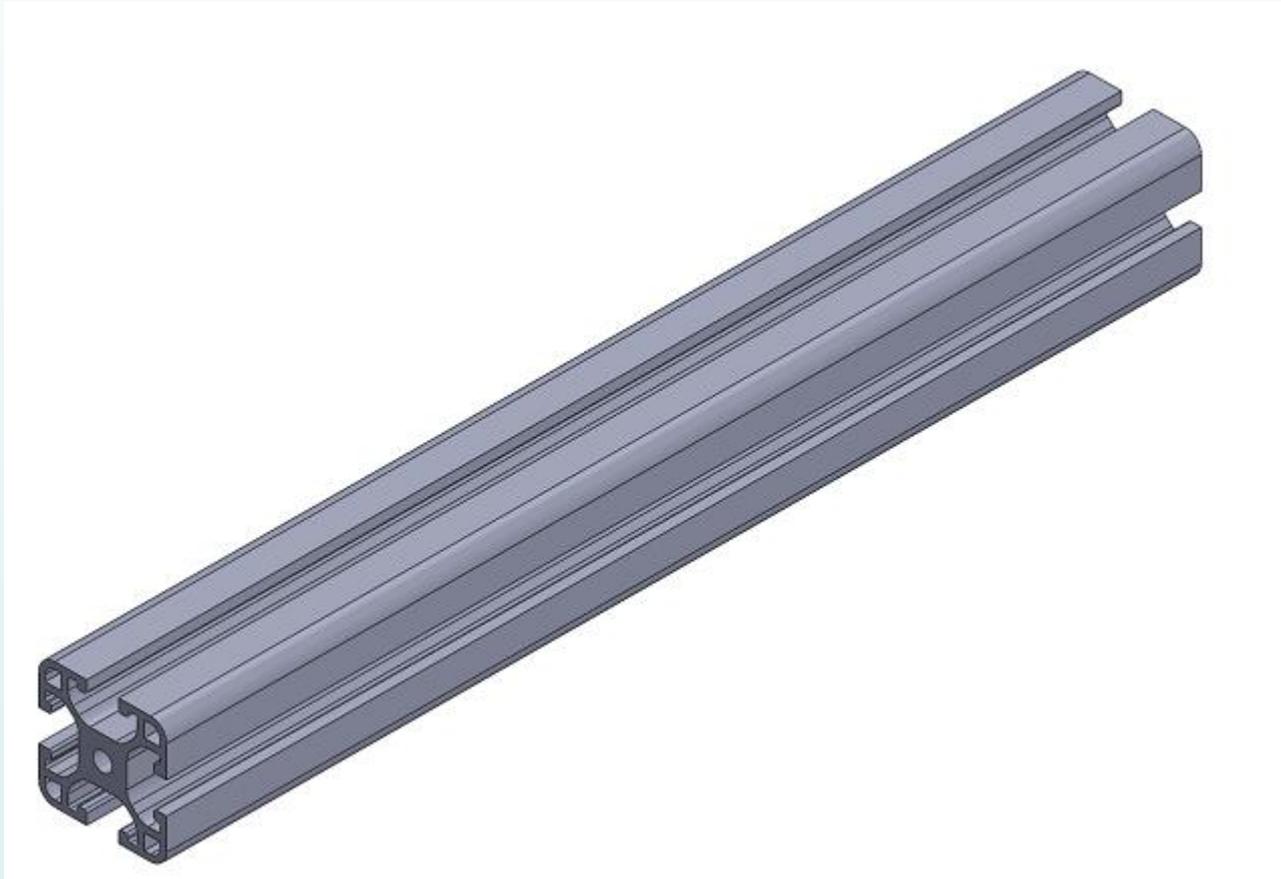


Figura 3. 6. Curva característica del motor seleccionado



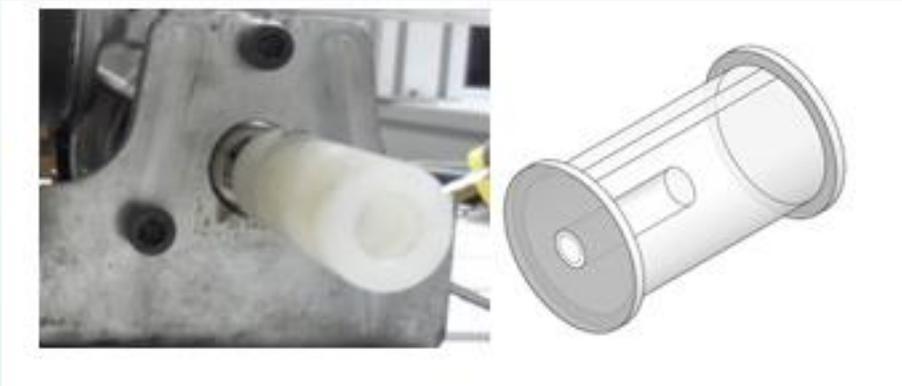
- $n = \frac{P_{entrada}}{P_{requerida}}$
- $P_{requerida} = \frac{P_{entrada}}{n}$
- $P_{requerida} = \frac{30 W}{0,75}$
- $P_{requerida} = 40 W$
  
- $P_{motor} = P_{requerida} * f_s$
- $P_{motor} = 40 W * 1,2$
- $P_{motor} = 48 W$

# SOPORTE DE LA BANDA



# DIMENSIONAMIENTO DE LOS RODILLOS

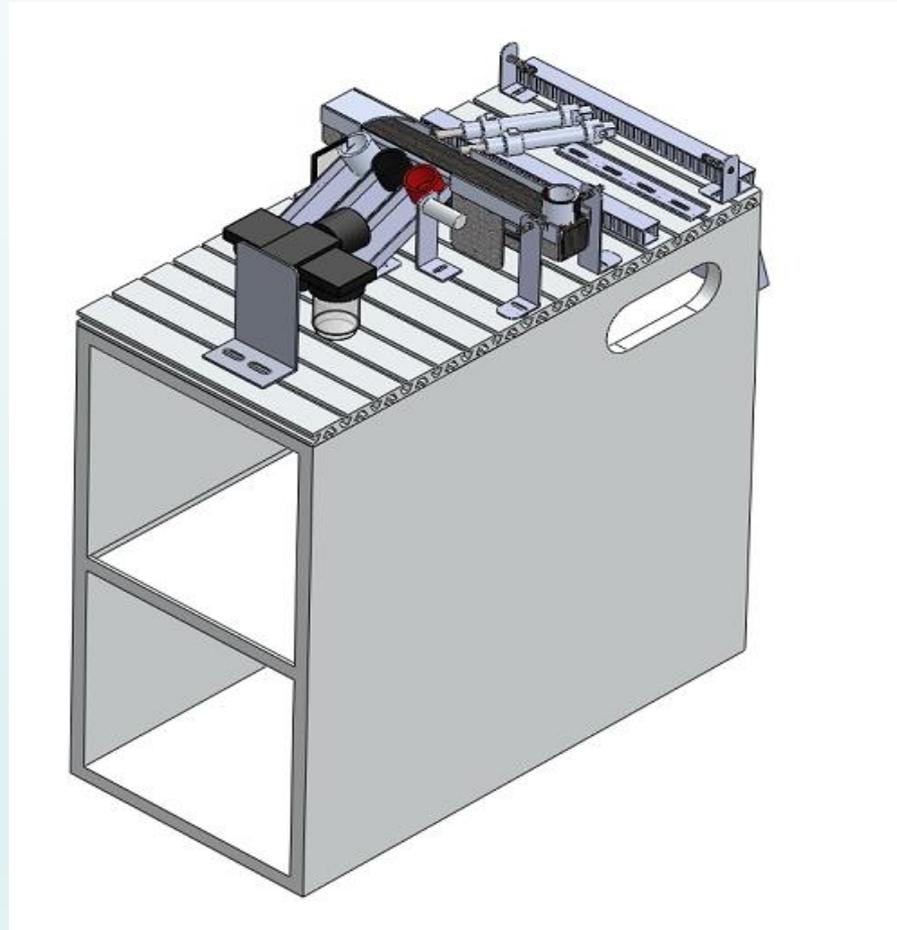
## RODILLO MOVIL



## RODILLO TENSORES

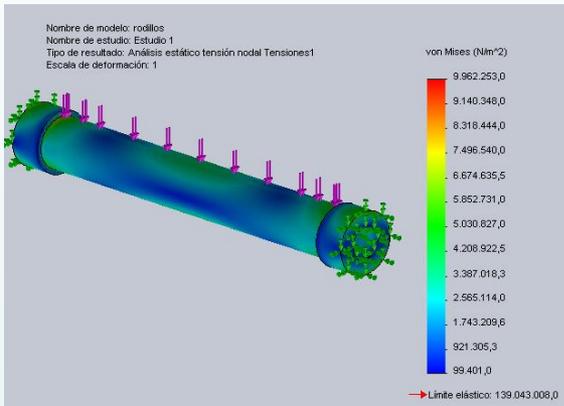


# ANÁLISIS DE ESFUERZOS-DEFLEXIÓN- FACTOR DE SEGURIDAD



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

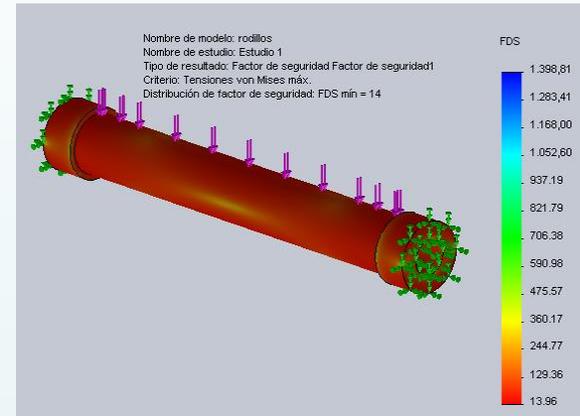
# RODILLOS TENSORES



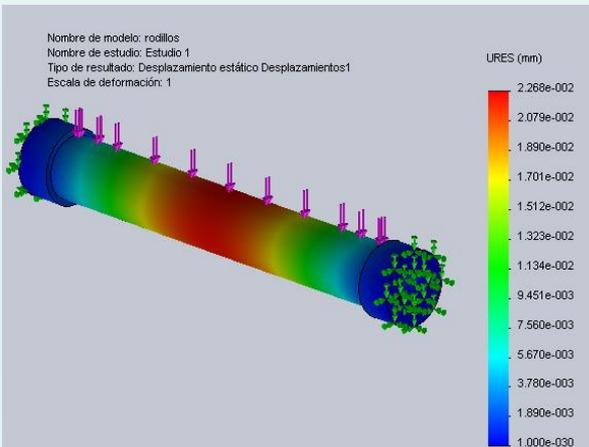
$$\sigma_r \leq [\sigma]$$

*Esfuerzo sobre el rodillo ≤ esfuerzo permisible del nylon*

$$9962253,00 \text{ Pa} \leq 139,043 \text{ MPa}$$



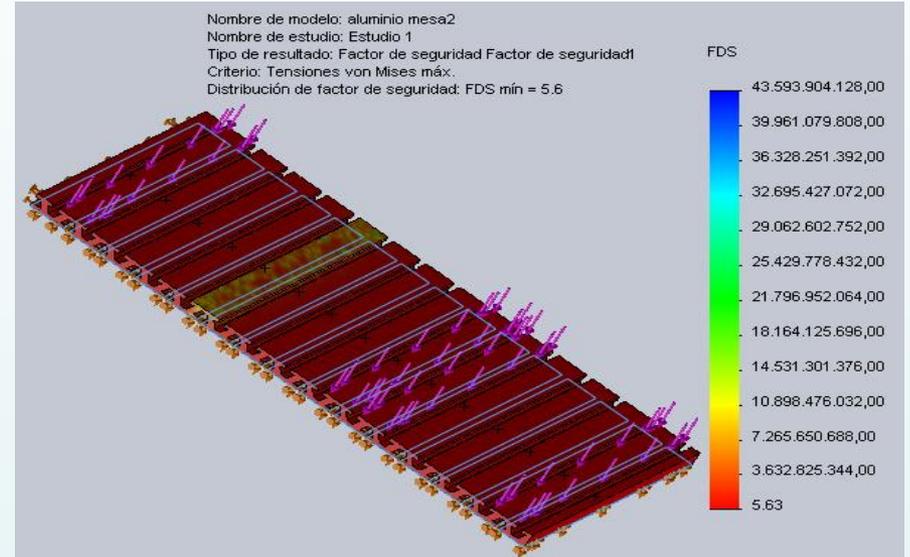
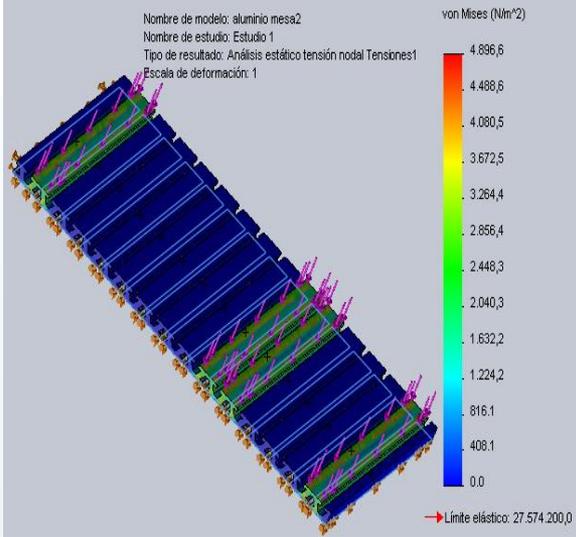
Factor de seguridad = 13,96



Deflexión permisible del rodillo

$$2.268 * 10^{-2} \text{ mm}$$

# PLACA DE ALUMINIO

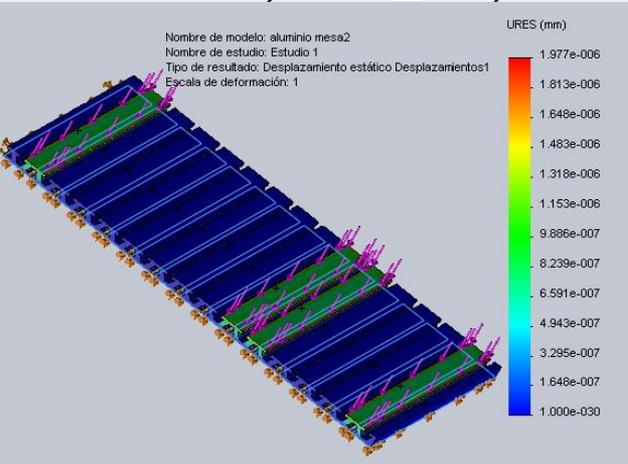


$$\sigma_r \leq [\sigma]$$

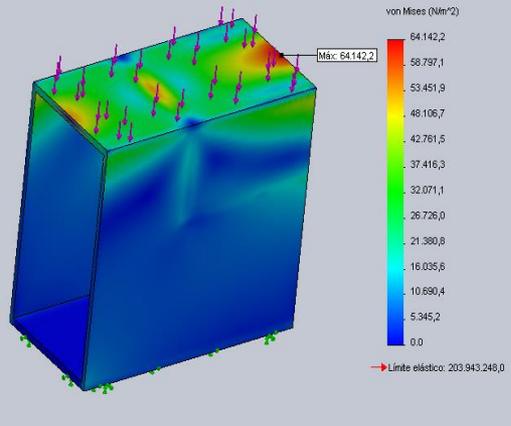
*Esfuerzo sobre la placa ≤ esfuerzo permisible del aluminio*  
 4986,6 Pa ≤ 18,198 MPa

Factor de seguridad = 5,83

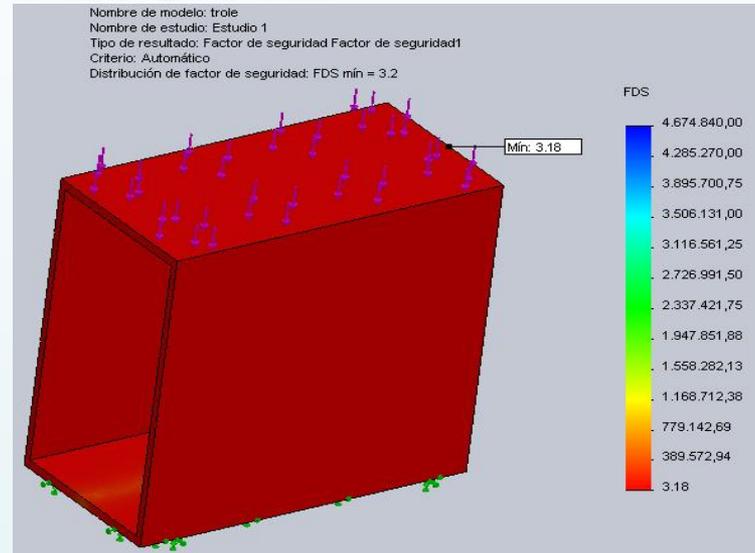
Deflexión permisible la placa  
 $1,977 * 10^{-6}$  mm



Nombre de modelo: trole  
 Nombre de estudio: Estudio 1  
 Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1  
 Escala de deformación: 1



# MESA MÓVIL



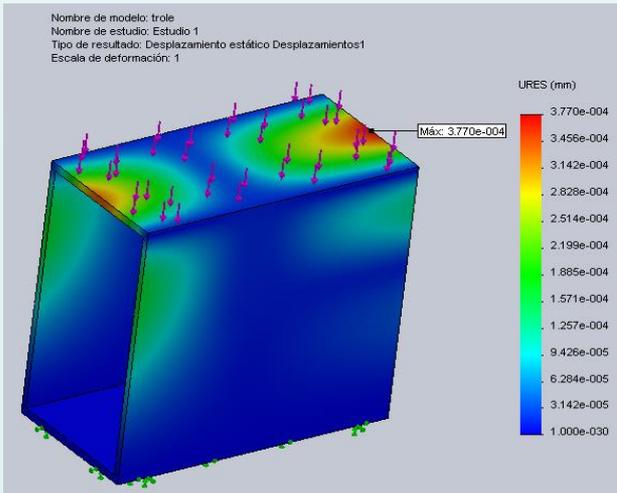
$$\sigma_r \leq [\sigma]$$

*Esfuerzo sobre la mesa ≤ esfuerzo permisible de la lamina de acero*

$$64142,2 \text{ Pa} \leq 133,602 \text{ MPa}$$

Factor de seguridad=3,18

Deflexión permisible la mesa  
 $3,77 * 10^{-4} \text{ mm}$



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

# SELECCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO

- Selección de sensores
- Selección del PLC
- Selección del fusible

# SENSOR DE COLOR



IBEST PESL-R18POC3MD	
<b>Distancia de detección</b>	Through-beam:10m / Retro-reflective: 3m/ Diffusec-reflective:10cm or30cm
<b>Voltaje</b>	DC:10-30
<b>Corriente</b>	DC 3 Wrie: $\leq 200\text{mA}$ / DC 2 Wire: $\leq 100\text{mA}$ / AC 2 Wire: $\leq 400\text{mA}$
<b>Tiempo de respuesta</b>	Through-beam: $< 5\text{ms}$ / Retro-reflective & Diffused-reflective: $< 3\text{ms}$

# SENSOR INDUCTIVO



IBEST IPS-8PO2B	
<b>Distancia de montaje</b>	shielded (1mm)/unshielded(2mm)
<b>Sensing distance</b>	shielded(0- 0.8mm)/unshielded(0- 1.8mm)
<b>Voltaje</b>	DC 10-30V

# SENSOR DE PRESENCIA



## IBEST PES-TC50

Distancia de detección	Through-beam: 5m / Retro-reflective: 2m/ Diffuse-reflective: 30cm
Alimentación	DC: 10-30V / AC: 90-250V
Current	DC 3 Wrie: $\leq 200\text{mA}$
Tiempo de respuesta	Through-beam: $< 5\text{ms}$ / Retro-reflective & Diffused-reflective: $< 3\text{ms}$



## IBEST LAS-T12PO3MD

Detectar de largo la distancia:	0-8M.
Respuesta rápida	$< 3\text{ms}$
Voltaje	DC-10 ~30V



# SENSOR DE PRESENCIA EN RAMPAS



## IBEST PESL-R18POC3MD

<b>Distancia de detección</b>	Through-beam:10m / Retro-reflective: 3m/ Diffusec-reflective:10cm or30cm
<b>Voltaje</b>	DC:10-30
<b>Corriente</b>	DC 3 Wrie: $\leq 200\text{mA}$ / DC 2 Wire: $\leq 100\text{mA}$ / AC 2 Wire: $\leq 400\text{mA}$
<b>Tiempo de respuesta</b>	Through-beam: $< 5\text{ms}$ / Retro-reflective & Diffused-reflective: $< 3\text{ms}$

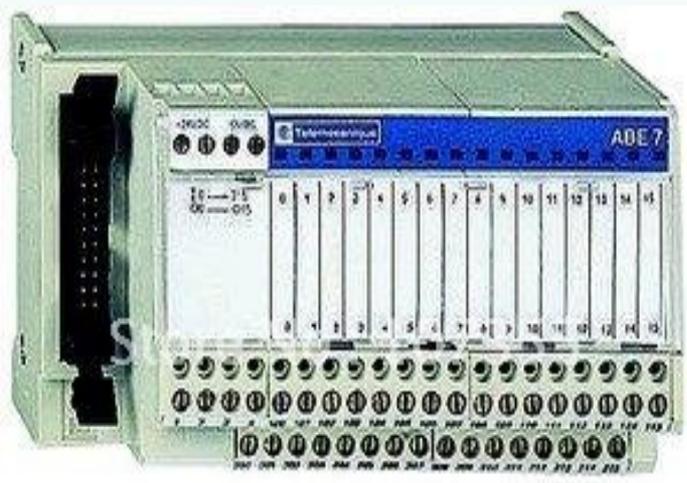
# PLC S7-1200 CPU 1214C



Características	CPU 1214C
Versión	AC/DC/Relé
Tensión de Entrada	110 - 220 VAc
Entradas Digitales (DI)	14 DI a 24 VDC
Salidas Digitales (DO)	10 DO tipo rele
Entradas Analógicas (AI)	2 AI (voltaje)
Salidas Analógicas (AO)	No
Tipo de las Salidas	Relé
Interfaz de Comunicación	Ethernet
Temperatura de trabajo	0°C a 45°C



# MODULO ABE7-HR1631



## Módulo de entradas y salidas ABE7-HR1631

Voltaje de control	24 VDC
Voltaje de salida	24 VDC
Corriente de salida	0,5 A
Número de canales	8 entradas y 8 salidas
Conector de 20 vías	HE-10
Indicación de estado	16 led



## Cable Telefast HE 10

Vías	20
Conectores	2 he 10 hembra
Cable calibre	22 AWG/ cada vía
Longitud	0,5-1-2-3-4-5 metros



# RELE Y FUSIBLE

$$I_{pc} = 1.25 * I_n$$

Donde:

$I_{pc}$  → La corriente del motorreductor a plena carga

$I_n$  → Corriente nominal del motorreductor

$$I_{pc} = 1.25 * 3A$$

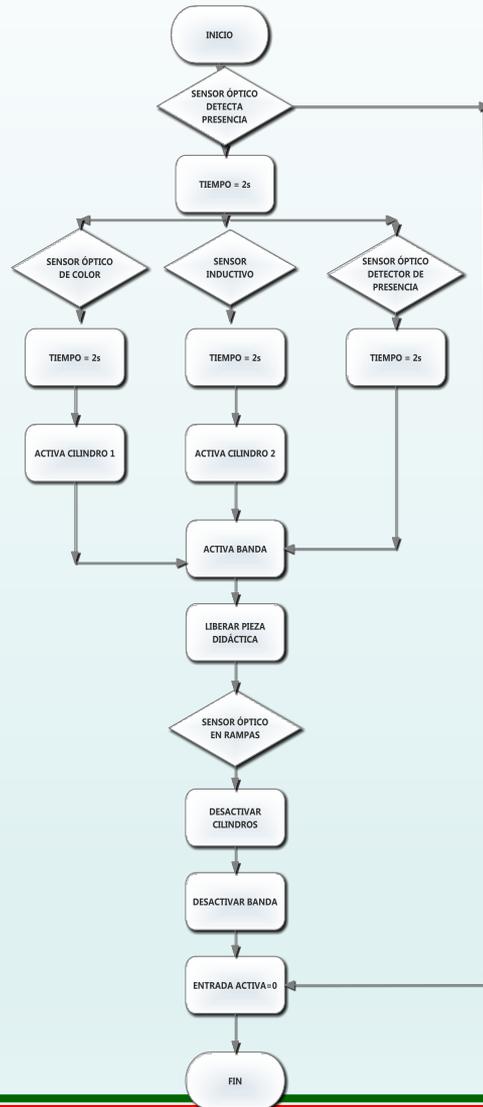
$$I_{pc} = 3,75 A$$



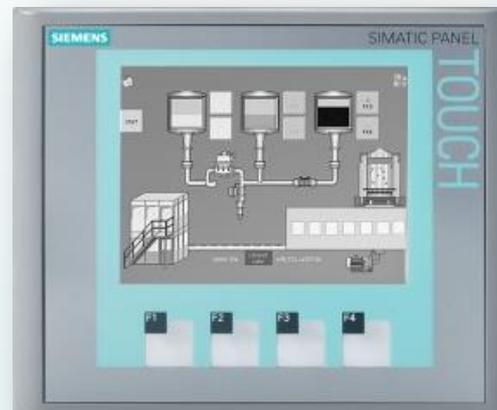
## DIMENSION

ITEM NO.	RT14-20	RT14-32	RT14-63	RT14-100
RATED VOLTAGE (V)	500V	500V	500V	500V
RATED CURRENT (A)	2, 4, 6, 8 10, 16, 20 25, 32	2, 4, 6, 10 16, 20, 25 32, 40, 50 63	10, 16, 20 25, 32, 40 50, 63, 80 100	63, 80 100, 125
DIMENSION (mm)	A	38	51	55
	B	10.3	14.3	22
	C	10	12	17

# ALGORITMO DE PROGRAMACIÓN



# TOUCH PANEL KTP 400 BASIC PN



	KTP400 Basic Mono PN	KTP600 Basic Mono PN	KTP600 Basic Color DP	KTP600 Basic Color PN
Tensión nominal	+24 V DC			
Rango admisible	de 19,2 V a 28,8 V (-20 %, +20 %)			
Transitorios, máximo admisible	35 V (500 ms)			
Tiempo entre dos transitorios, mínimo	50 s			
Consumo				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Típico</li> <li>• Corriente continua máx.</li> <li>• Corriente transitoria de conexión I<sup>2</sup>t</li> </ul>	aprox. 70 mA aprox. 150 mA aprox. 0,5 A <sup>2</sup> s	aprox. 240 mA aprox. 350 mA aprox. 0,5 A <sup>2</sup> s	aprox. 350 mA aprox. 550 mA aprox. 0,5 A <sup>2</sup> s	
Fusible interno	electrónico			

# SELECCIÓN DEL SISTEMA NEUMÁTICO

- UNIDAD DE MANTENIMIENTO FRL
- CILINDRO DE DOBLE EFECTO
- ELECTROVÁLVULAS



# UNIDAD DE MANTENIMIENTO

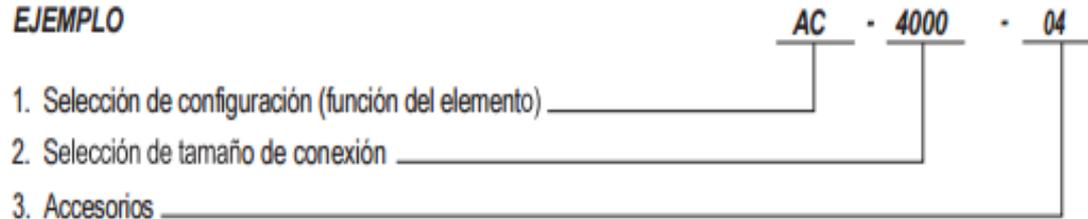
## FRL



### INFORMACIÓN DE ORDEN

<b>SERIE DE BAJA PRESIÓN</b>	AF	Filtro de aire	AL	Lubricador de aire	<b>SERIE DE ALTA PRESIÓN</b>	OF	Filtro de aire	OL	Lubricador de aire
	AR	Regulador de aire	AW	Filtro de aire y regulador		OR	Regulador de aire	OFR	Filtro de aire y regulador
	AC	Tres elementos (filtro, regulador y lubricador)				OU	Tres elementos (filtro, regulador y lubricador)		
<b>TAMAÑO DE CONEXIÓN</b>	2000-02	1/4" NPT (6.35 mm)	4000-06	3/4" NPT (19.05 mm)	<b>TAMAÑO DE CONEXIÓN</b>	MINI	1/4" NPT (6.35 mm)		
	3000-03	3/8" NPT (9.52 mm)	5000-10	1" NPT (25.4 mm)		MIDI	1/2" NPT (12.7 mm)		
	4000-04	1/2" NPT (12.7 mm)							
<b>ACCESORIOS</b>	IBRA14	1/4" bracket	IBRA100	1" bracket	<b>ACCESORIOS</b>	IBRA38MINI	3/8" bracket		
	IBRA38	3/8" bracket	02D	(Autodren exclusivo para 1/4")		IBRA34MIDI	3/4" bracket		
	IBRA12	1/2" bracket	04D	(Autodren exclusivo para 1/2")					
	IBRA34	3/4" bracket							

### EJEMPLO



# CILINDRO DE DOBLE EFECTO

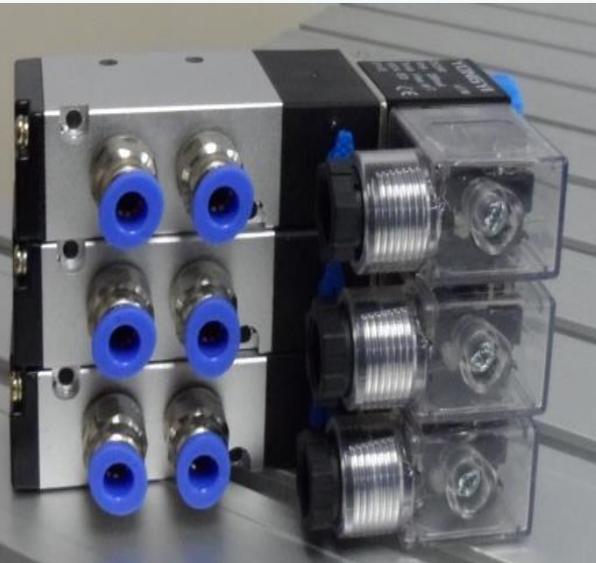


## ■ Carrera

Tamaño de diámetro (mm)	Estándar carrera(mm)	Max Carrera	Carrera ajustable	
Doble efecto	8	10 15 20 25 30 40 50 60 75 80 100 125 150	150	200
	10	10 15 20 25 30 40 50 60 75 80 100 125 150 160 175 200	200	200
	12	10 15 20 25 30 40 50 60 75 80 100 125 150 160 175 200 250	250	500
Doble efecto con Amortiguación	16	10 15 20 25 30 40 50 60 75 80 100 125 150 160 175 200 250 300	300	500
	20		500	700
	25	10 15 20 25 30 40 50 60 75 80 100 125 150 160 175 200 250 300	600	700
	32	350 400 450 500 600	600	700
	40		600	700
Simple efecto	8		-	-
	10	10 15 20 25 30 40 50	-	-
	12		-	-
	16	10 15 20 25 30 40 50 60 75 80 100	-	-
	20		-	-
	25	10 15 20 25 30 40 50 60 75 80 100 125 150	-	-
	32		-	-
40		-	-	

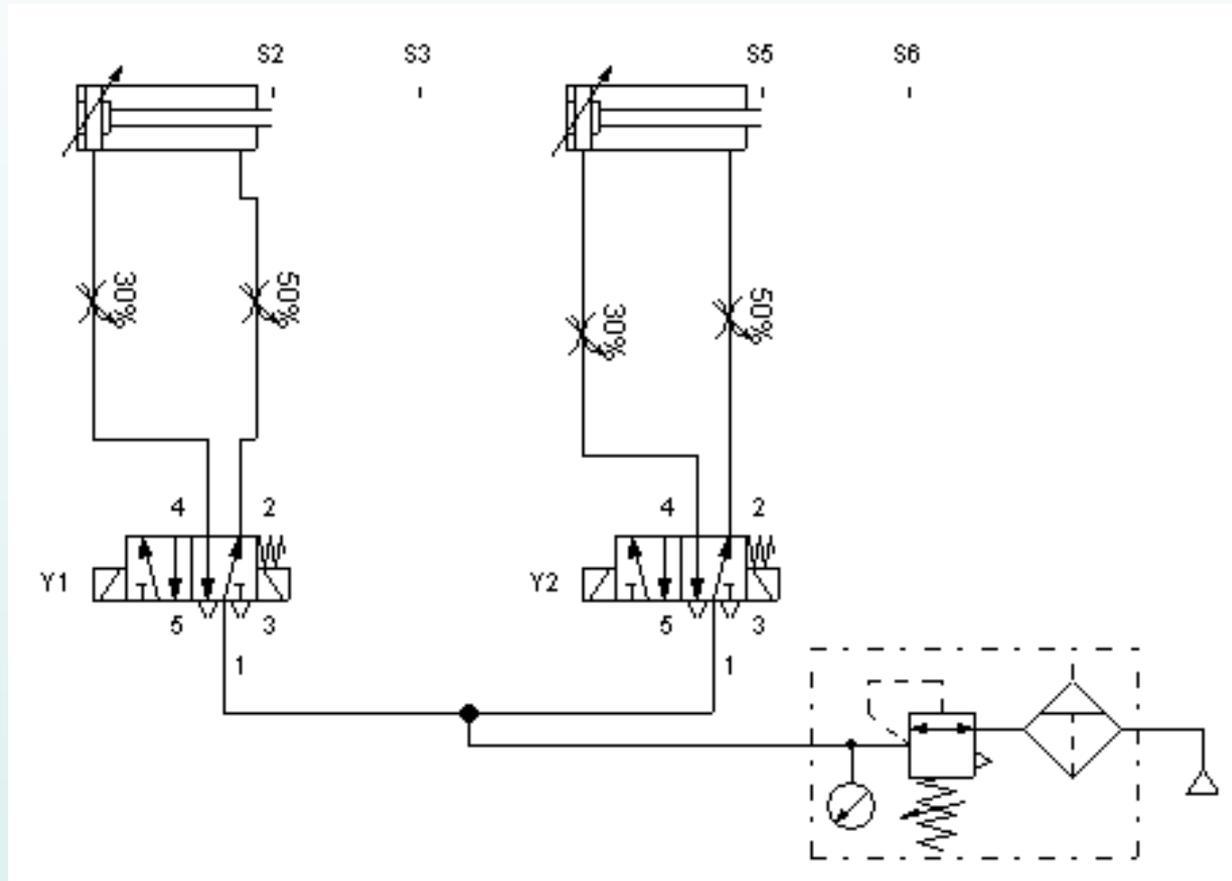


# ELECTROVÁLVULA

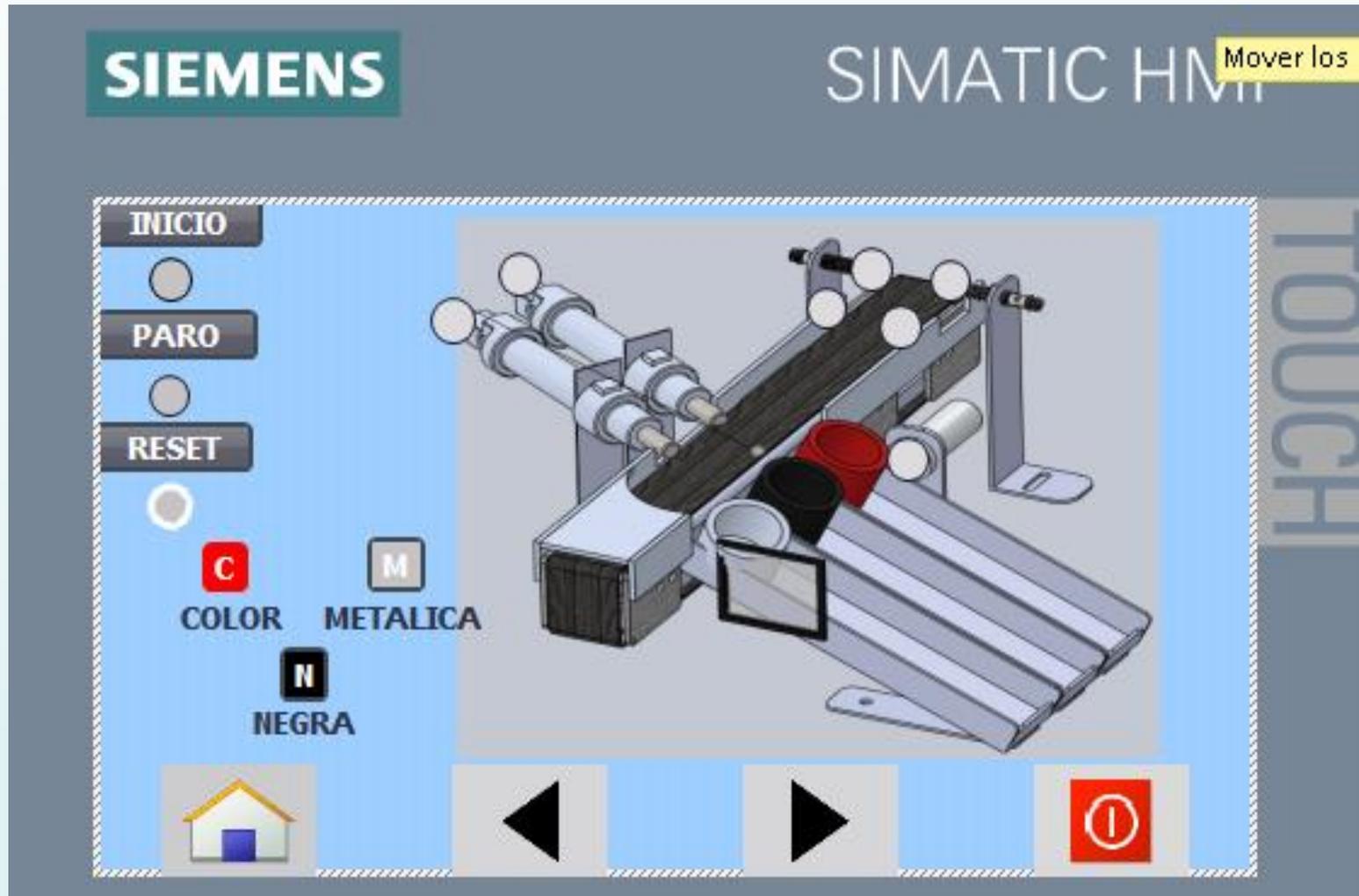


<b>PRESION DE TRABAJO</b>	<b>1.5 A 8 BAR</b>
TIEMPO DE RESPUESTA	0,05 segundos
Voltaje	24 V

# DISEÑO DEL CIRCUITO NEUMATICO



# DISEÑO DEL HMI



# CONFIGURACIÓN ETHERNET

The screenshot displays the Siemens SIMATIC Manager interface for configuring an Ethernet network. The main workspace shows a network topology with the following components and connections:

- HMI\_1** (KTP400 Basic PN) at the top center.
- PLC\_3** (CPU 1212C) at the bottom left.
- PLC\_2** (CPU 1214C) at the bottom middle.
- PLC\_1** (CPU 1214C) at the bottom right.

Green lines represent the network connections, all originating from a central point labeled **PNI/E\_1** and connecting to each of the three PLCs. The interface includes a left-hand project tree, a top menu bar, and a right-hand hardware catalog.



# CONCLUSIONES

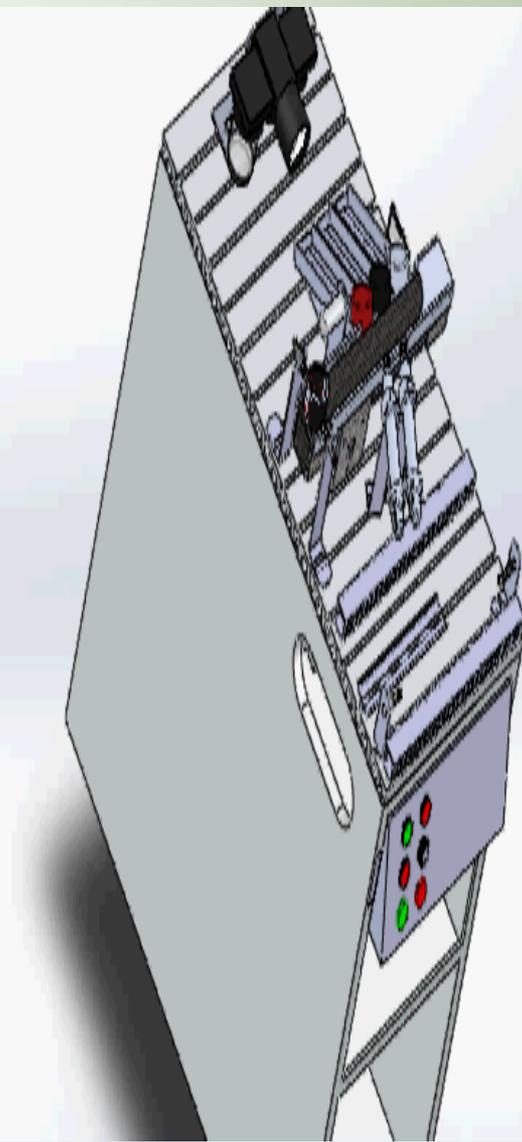
- El diseño y construcción del sistema de clasificación didáctico de piezas para supervisar un proceso industrial en una banda transportadora está orientado a fortalecer las competencias de los estudiantes, en el área del conocimiento de automática y robótica
- Se diseñó y construyó una banda transportadora la cual opera a una velocidad de 0,13 m/s y a una potencia de 50 W
- Se utilizaron los equipos adecuados, para facilitar el diseño mecánico del sistema, siempre velando por que sea modular, para poder realizar experimentos de manera flexible, explorando diversas formas de lograr el mismo resultado, llegando a una experiencia cercana a la industria.
- Se implementó la interfaz gráfica con una pantalla de visualización touch KTP400 con la finalidad de centralizar el sistema de control de los módulos, visualizar las variables de entradas y salidas en tiempo real y selecciona el funcionamiento individual de cada proceso que integra el Sistema de Producción Modular (MPS) diseñado.

- Se diseñó un manual para la operación y mantenimiento del módulo didáctico, así como guías prácticas de laboratorio que permitirá evidenciar el desarrollo del proceso de enseñanza, aprendizaje de los estudiantes.
- Los elementos del sistema mecánico fueron diseñados mediante los métodos analítico y tecnológico en el cual interviene el software SolidWorks 2013, con los cuales se estableció fundamentalmente parámetros como son: dimensión, movimiento, esfuerzo máximo, deflexión máxima y mínimo factor de seguridad, este último fue el de mayor importancia ya que aseguró una probabilidad mínima de falla y garantizar su fiabilidad.
- Se desarrolló el conocimiento del software TIA PORTAL que nos permite programar el PLC S7-1200 consiguiendo el control y la automatización de sensores y actuadores.
- El diseño del algoritmo de control de las pantallas HMI y la configuración de la red Ethernet se las realizo en la herramienta informática TIA PORTAL, que integra un sistema total de automatización.

# *RECOMENDACIONES*

- Emplear herramientas informáticas basadas en CBL, con la finalidad de optimizar el diseño y garantizar su construcción y operabilidad, de acuerdo a las exigencias del usuario-cliente.
- Revisar e interpretar el manual de usuario y mantenimiento, así como los diagramas eléctrico y neumático, antes de poner en funcionamiento del módulo didáctico de clasificación.
- Para la comunicación de la Red Ethernet se recomienda utilizar un cable RJ-45 la cual permite la comunicación con otros sistemas modulares

- Al configurar la Red Ethernet industrial, se recomienda, cargar nuevamente la programación de los PLC'S y HMI, información digital entregada al encargado del Laboratorio de Hidrónica y Neutrónica.
- Como futuros proyectos de investigación, se recomienda diseñar y construir un módulo de clasificación didáctico para control de calidad, empleando tecnologías de vanguardia como es la visión artificial.



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

**GRACIAS POR SU ATENCIÓN**



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