

ANEXOS

Diseño de una estación de grabado en el Centro de Tecnologías Avanzadas de  
Manufactura (CETAM) – PUCP

Cristian Ágreda Álvarez Pontificia Universidad Católica del Perú

## Índice

Anexo 1: Cálculos para selección de actuadores y accesorios.....	3
Anexo 2: Selección de tipo de material .....	21
Anexo 3: Cálculos de estructuras mecánicas.....	25
Anexo 4: Selección de controladores y módulos de comunicación:.....	39
Anexo 5: Selección de fuentes eléctricas y protección eléctrica .....	45
Anexo 6: Sistema de manufactura flexible en el CETAM-PUCP.....	47
Anexo 7: Acerca del proceso de grabado .....	51
Anexo 8: Hoja de datos y planos de actuadores eléctricos y neumáticos de fabricantes.....	52
Anexo 9: Lista de planos de ensamble y despiece de la estación de grabado.....	80
Anexo 10: Pruebas con el analizador de redes WireShark.....	81
Anexo 11: Proformas de venta.....	83

## Anexo 1: Cálculos para selección de actuadores y accesorios

El presente sistema mecatrónico se divide en subsistema de movimiento y grabado que tendrán sus respectivos actuadores y accesorios; para justificar la selección de estos se tendrán sus correspondientes cálculos.

A1.1 Selección de actuadores y accesorios para el subsistema de grabado:

A1.1.1 Cálculo para la selección de cilindro neumático DSGB:

Para elegir adecuadamente el cilindro neumático se escoge el área de la superficie sobre la que va a trabajar el cilindro. Se halla el esfuerzo mecánico, a partir del cálculo de la fuerza de impacto y el área de trabajo en la placa de aluminio.

$$\sigma_{Mec} = \frac{F_1}{A_{trab}} \quad (A1.1)$$

Donde:

$\sigma_{Mec}$ : Esfuerzo de mecanizado de la placa de aluminio. (MPa)

$F_1$ : Fuerza del cilindro neumático sobre la placa. (N)

$A_{trab}$ : Área sobre la que actuará el cilindro neumático ( $\text{mm}^2$ )

De acuerdo a información del modelado (Inventor) se tiene el área de la placa punzón ( $A_{trab}=188.5 \text{ mm}^2$ ). En esta área se mecanizará la placa de metal, se usa como material a mecanizar el aluminio de serie 1100 de norma ASTM B289 [28] cuyas principales propiedades se encuentran descritas en el anexo 2.

A continuación se tiene el esfuerzo de fluencia del aluminio cuyo valor se justifica en el anexo A2.1:

$$\sigma_{Mec} = \sigma_{Fluencia} = 51 \text{ MPa}$$

Reemplazando los datos correspondientes en la ecuación A1.1.

$$51 \text{ MPa} = \frac{F_{Final}}{188.5 \text{ mm}^2}$$

Se resuelve:

$$F_{final} = 9613.5 \text{ N}$$

De acuerdo a la información técnica proveniente del catálogo Festo [11] se considera una fuerza de rozamiento del 10% de la fuerza teórica para un cilindro neumático, la cual se visualiza en la figura A1.1.

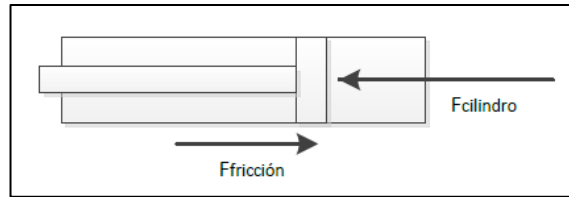


Figura A1.1: Diagrama de cuerpo libre de cilindro neumático

Fuente: Elaboración propia

A partir de la figura A1.1 se obtendrán las siguientes ecuaciones con las que se quiere despejar el área del embolo del cilindro neumático.

$$F_{\text{final}} = F_{\text{cilindro}} - F_{\text{fricción}} \quad (\text{A1.2})$$

$$F_{\text{cilindro}} = A_{\text{emb}} * P \quad (\text{A1.3})$$

$$F_{\text{fricción}} = F_{\text{cilindro}} * 10\% \quad (\text{A1.4})$$

Donde:

$A_{\text{emb}}$ : Área del embolo

$F_{\text{fricción}}$ : Fuerza de Fricción

P: Presión Neumática (0.6 MPa)

De acuerdo al anexo A6.1, el compresor del CETAM provee de una presión de 6 bar (0.6 MPa) a todas las estaciones que requieran aire presurizado, cada una de estas adaptará la presión necesaria para sus necesidades.

Reemplazando A1.3 y A1.4 en A1.2:

$$9613.5 \text{ N} = A * 0.6 - A * 0.1 * 0.6$$

$$9613.5 \text{ N} = A * (0.6) * (0.9)$$

$$A_{\text{emb}} = 17802.78 \text{ mm}^2$$

Entonces:

$$A_{\text{emb}} = \frac{\pi}{4} D_1^2$$

Donde:

$D_1$ : Diámetro del émbolo del cilindro neumático

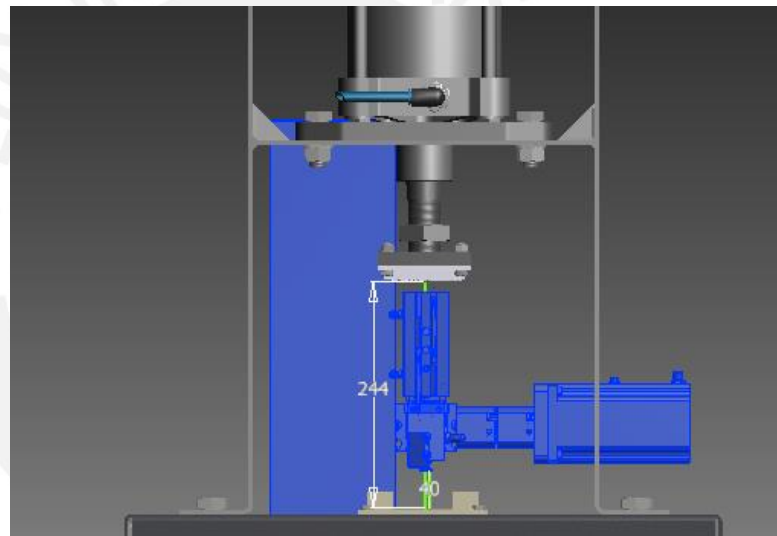
Se obtiene:

$$D_1 = 150.56 \text{ mm}$$

En consecuencia, se selecciona el diámetro estandarizado de 160 mm, así como una carrera mínima de 244 mm para evitar colisión entre el subsistema de movimiento y el subsistema de grabado (Fig. A1.2). Finalmente se escoge del catálogo Festo [8] el cilindro neumático DSGB-160-250-P-A cuyas principales características se encuentran en la tabla A1.1

**Tabla A1.1: Datos técnicos de cilindro DSBG 160-250-P-A**  
Fuente: Festo [11]

Fuerza teórica con 6 bar, avance	12064 N
Fuerza teórica con 6 bar, retroceso	11310 N
Energía máx. de impacto en las posiciones finales	
DSBG-...	3,3 J



**Figura A1.2: Ubicación de subsistema de movimiento y actuador DSGB**

**A1.1.2. Cálculo de la carga máxima que sostendrá el actuador DSGB:**

Se calcula la fuerza aproximada ( $F_T$ ) del cilindro neumático DSBG-160-250-P-A para verificar que puede sostener la masa sujeta a su extremo. Los componentes de esta masa se detallan en la tabla A1.3

**Tabla A1.2: Masa del punzón y sus accesorios.**  
Fuente: Elaboración propia

Elementos	Cantidad	Tipo	Modelo	Material	Masa Unitaria (gramos)	Masa (gramos)	Subtotal Masa M1 (gramos)
Punzon	1	Placa Punzon	Acero Inoxidable AISI304	Acero Inoxidable austenitico	817	817	1474
	1	Punzón	Acero Inoxidable AISI304	Acero Inoxidable austenitico	557	557	
	4	Tornillos de sujeción para brida de fijación	ISO 4017 M8x30	Acero inoxidable 8.8	17	68	
	4	Arandelas para tornillo de sujeción	ISO 7090 M8 140 HV	Acero inoxidable	2	8	
	4	Tuercas para tornillo de sujeción	ISO 4032 M8	Acero inoxidable	6	24	

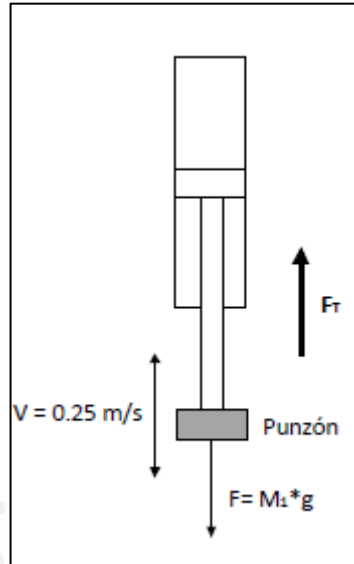


Figura A1.3: Diagrama de Fuerzas sobre el vástago de cilindro neumático DSGB  
Fuente: Elaboración propia

Donde:

$M_1$ : Masa de la matriz punzón incluido accesorios de sujeción (Tabla A1.2).

$V_1$ : Velocidad del vástago del cilindro neumático.

Entonces de la figura A1.3:

$$F_2 = M_1 * g = 1.474 \text{ kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 14.44 \text{ N}$$

La fuerza  $F_2$  se reemplaza en la siguiente ecuación dada por el fabricante Festo:

$$F_T = \frac{F_2}{\gamma \mu} \tag{A1.5}$$

Donde:

$\gamma$  : Factor de Carga para velocidades normales ( $V_1 = 0.25 \text{ m/s}$ )  $\gamma = 0.7$

$\mu$  : Rendimiento interno del cilindro por rozamiento  $\mu = 0.9$

Reemplazando las constantes anteriores en la ecuación A1.5:

$$F_T = \frac{14.44}{0.7 * 0.9} = 22.93 \text{ N}$$

De acuerdo a la tabla A1.1 la fuerza teórica en el retroceso es de 11310N, fuerza superior a la hallada de 22.93 N.

A1.1.3. Cálculo de sección mínima de sección circular en caso de pandeo:

Se analizará el fallo de estabilidad por pandeo en el caso de elementos estructurales sometidos a compresión, como lo es el vástago del actuador neumático DSGB, el cual será sometido a una compresión en dirección vertical (Fig. A1.4).

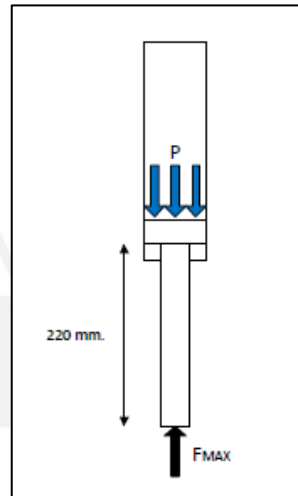


Figura A1.4: Diagrama de fuerzas del cilindro DSGB – Análisis de Pandeo  
Fuente: Elaboración propia

Se hallará el momento de inercia mínimo a partir de la fórmula de Euler A1.6, para determinar el diámetro mínimo del vástago del cilindro.

$$F_{max} = \frac{\pi^2 E I_{min}}{L_k^2} \quad (A 1.6)$$

Donde:

E: Módulo elástico del acero aleado del vástago del cilindro neumático.

$$(E=210 * 10^9 \frac{N}{m^2})$$

$I_{min}$ : Momento de inercia mínimo de la sección circular del vástago.

$L_k$ : Longitud para el caso de columna empotrada con una carga vertical en su extremo libre. ( $L = 220 \text{ mm.} = 0.22 \text{ m.}$ )

$$L_k = 2L \quad (A 1.7)$$

$$I_{min} = \frac{\pi D^4}{64} \quad (A 1.8)$$

Reemplazando A1.7 y A1.8 en A1.6:

$$I_{min} = \frac{F_{max} * (2L)^2}{\pi^2 E} = \frac{10857.34 \text{ N} * (0.44 \text{ m})^2}{\pi^2 * 210 * 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}} = 1.0142 * 10^{-9} \text{ m}^4$$

Reemplazando con la fórmula del momento de inercia para una sección circular:

$$I = \frac{\pi(D_{min})^4}{64}$$

$$D_{min} = \sqrt[4]{\frac{64 * I}{\pi}}$$

$$D_{min} \geq \sqrt[4]{\frac{64 * 4.0566 * 10^{-9} \text{ m}^4}{\pi}} = 0.012 \text{ mm.}$$

El diámetro del cilindro DSGB es de 40 mm. Dado que el diámetro mínimo del vástago debe ser superior a 0.012 mm. se concluye que no habrá falla por pandeo.

#### A1.1.4. Selección de accesorios de conexión el cilindro neumático DSGB:

De acuerdo a la tabla A1.3, para la conexión neumática se conectara a un racor adaptador de rosca G<sub>3/4</sub> a G<sub>1/2</sub>, NPFC-R-G34-G12-MF (Ver tabla A8.4). Este se conecta al racor estándar QS de rosca G<sub>1/2</sub>, QSL-G1/2-12 (Ver tabla A8.5). Luego este se conectará al tubo flexible de poliuretano PUN-12X2-BL (Ver Tabla A1.4). Dicho cableado neumático se conectará con la electroválvula del cilindro neumático DSGB.

**Tabla A1.3: Tipo de conexiones en el cilindro neumático**  
Fuente: Festo [11]

Diámetro del émbolo	160 mm.
Forma constructiva	Émbolo/Vástago/Camisa del cilindro
Funcionamiento	Doble efecto
Conexión neumática	G $\frac{3}{4}$
Rango de carrera	1 ... 2700 mm.

**Tabla A1.4: Tubo flexible azul para conexión neumática**  
Fuente: Festo [12]

Diámetro exterior	Diámetro interior	Radio de curvatura mínima	Peso	Color	Tipo
12 mm.	8 mm.	33 mm.	0.0767 kg/m	Azul	PUN-12x2-BL



### A1.1.5. Selección de electroválvula para el cilindro neumático DSGB:

Se escogerá una electroválvula que cumpla con las siguientes características:

- Control sobre la válvula de 5 vías y 2 posiciones desde un PLC.
- Tensión de funcionamiento de 24 VDC.
- Presión de funcionamiento de 6 bar.
- Conexión de racor de 12 mm tanto para la entrada como salida de aire.

Se concluye que la electroválvula CPE24-M1H-5J-QS-12 cumple con las características anteriormente descritas, en la tabla A1.5 se tiene sus principales características.

**Tabla A1.5: Electroválvula CPE24-M1H-5J-QS-12**  
Fuente: Festo [27]

Tipo de válvula	5/2
Comportamiento	Biestable
Tipo de accionamiento	Eléctrico
Tipo de mando	Servopilotaje
Caudal Nominal	1650 l/min
Tensión de funcionamiento	24 VDC
Presión de funcionamiento	2.5 – 10 bar

### A1.2. Selección de actuadores y accesorios para el subsistema de movimiento:

#### A1.2.1. Cálculo para la selección de la ventosa de sujeción.

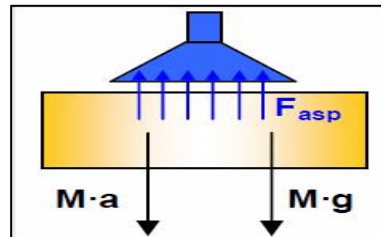
Para la sujeción de la placa de aluminio se hará uso de una ventosa plana recomendada por Festo [22] para sujetar superficies planas como lo es la placa de aluminio. A continuación se calcula la masa de la placa de aluminio:

$$m_1 = \rho \cdot V = 2.71 \text{ g/cm}^3 \cdot 8 \text{ cm}^3 = 21.68 \text{ g.}$$

Donde:

$\rho$  : Densidad del aluminio ( $2.71 \text{ g/cm}^3$ )

V: Volumen de placa de aluminio ( $100 \cdot 80 \cdot 2 \text{ mm}^3 = 8 \text{ cm}^3$ )



**Fig. A1.5 Diagrama de cuerpo libre de ventosa (Movimiento Vertical)**  
Fuente: Festo [22]

Se halla la fuerza de aspiración sobre la placa de aluminio en su caso más crítico es decir en el descenso del actuador neumático. A partir de la figura A1.5 se llega a la siguiente ecuación dada por Festo:

$$F_{ASP} = m_1 * (g + a_1) * S \quad (A1.9)$$

Dónde:

$F_{ASP}$ : Fuerza de aspiración de la ventosa (N)

$m_1$ : Masa (21.68 g.= 0.02168 kg.)

$g$  : Aceleración de gravedad (9,81 m/s<sup>2</sup>)

$a_1$  : Aceleración del vástago del cilindro neumático ( $a= 30$  m/s<sup>2</sup>)

$S$  : Factor de seguridad ( $S=1,5$  para movimiento lineal)

$\mu$  : Coeficiente de fricción

Reemplazando los datos anteriores en la ecuación A1.9 se tiene:

$$F_{ASP} = 21.68 * 10^{-3} \text{ kg} * (9.8 + 30) \text{ m/s}^2 * 1.5 = 1.294 \text{ N} \approx 1.30 \text{ N}$$

De acuerdo al resultado anterior se necesita una fuerza de aspiración superior a 1.3 N para sostener la placa de aluminio. De la tabla A1.6; se escoge el modelo VAS-15-1/8-NBR el cual tiene una fuerza de aspiración máxima de 7.9 N, fuerza superior a la mínima necesaria para realizar la sujeción.

**Tabla A1.5: Datos técnicos de la ventosa**  
Fuente: Festo [28]

Diámetro de ventosa	15 mm.
Conexión de vacío	G 1/8
Fuerza de sujeción con presión nominal (-0.7 bar)	7.9 N
Presión nominal de aspiración	-0.7 bar
Peso	11 g.

A1.2.2. Accesorios para la ventosa de sujeción:

Los accesorios de la ventosa se determinaran en las tablas A1.6 y A1.7 donde se describe al racor de modelo LJK-1/8-I/I y al racor de modelo QS-G1/8-6 respectivamente.

De acuerdo a la tabla A1.6, este racor se conectará a la ventosa dado que ambos tienen una conexión G 1/8.

**Tabla A1.6: Racor LJK-1/8-I/ Fuente: Festo [13]**

Presión de funcionamiento	-0.95 - 8 bar
Fluido	Aire Comprimido
Peso	25 g.
Fijación de la ventosa	G1/8
Conexión de vacío	G1/8

De acuerdo a la tabla A1.7, el racor QS-G1/8-6 se conectará al anterior racor LJK-1/8-I/ y a su vez con un tubo flexible por el cual recibirá el aire con presión negativa.

**Tabla A1.7: Racor QS-G1/8-6 Fuente: Festo [13]**

Presión de funcionamiento	-0.95 - 8 bar
Fluido	Aire Comprimido
Conexión Neumática 1	G1/8
Conexión Neumática 2	6 mm.
Peso	9.1 g.

A1.2.3. Selección de tubo flexible para la ventosa de sujeción:

De acuerdo a las recomendaciones del fabricante (Tabla A1.8) el racor QS seleccionado anteriormente irá acoplado a un tubo flexible tipo PUN.

**Tabla A1.8 Tipos de combinaciones recomendadas Fuente: Festo [13]**

Beneficiéese de nuestras mejores combinaciones					
Estándar					
	+				Múltiples usos – a un precio ventajoso Flexibilidad y gran resistencia al desgaste por abrasión
	+				Numerosas combinaciones para una máxima versatilidad en aplicaciones estándar
	+				Aplicaciones estándar con márgenes ampliados de presión y temperatura

A partir de la tabla A1.9 se escogerá un tubo de material sintético PUN-6X1-SI de color plateado para la tubería que viene del generador de vacío y de color plateado para el tubo flexible que transporta aire presurizado a -0.7 bar.

**Tabla A1.9 Dimensiones de Tubo Flexible PUN Fuente: Festo [12]**

Diámetro exterior	Diámetro interior	Radio de curvatura mínima	Peso	Color	Tipo
6 mm.	4 mm.	16 mm.	0.0192 kg/m	Plateado	PUN-6x1-SI

#### A1.2.4. Cálculo para la selección del generador de vacío:

Dentro de las diferentes opciones que Festo ofrece, se escoge una tobera de aspiración tipo VADMI, ya que posee un montaje sencillo y con varias funciones integradas en una sola unidad. El dispositivo VADMI cuenta con dos electroválvulas una para el impulso de vacío y la otra para la conexión/desconexión del vacío.

Se determina una electroválvula de vacío VADMI-95. Los datos generales de la electroválvula se encontraran en la tabla A1.10 y los datos eléctricos se encuentran en la tabla A1.11.

**Tabla A1.10: Datos generales del generador de vacío VADMI-95 Fuente: Festo [24]**

Construcción	En forma de T
Característica de conexión	G1/8 - G1/8
Diámetro Tobera Laval	0.95 mm.
Peso	240 g.
Tiempo de expulsión del vacío	0.24 s
Presión de salida	-0.95 - 0 bar
Presión de entrada	6 bar

**Tabla A1.11: Datos eléctricos del generador de vacío VADMI-95 Fuente: Festo [24]**

Tensión de funcionamiento	24 VDC
Consumo de potencia	1.5 W
Consumo interno máximo	25 mA
Corriente en la salida de conexión	130 mA

#### A1.2.5. Cálculo para la selección del actuador neumático DPZ:

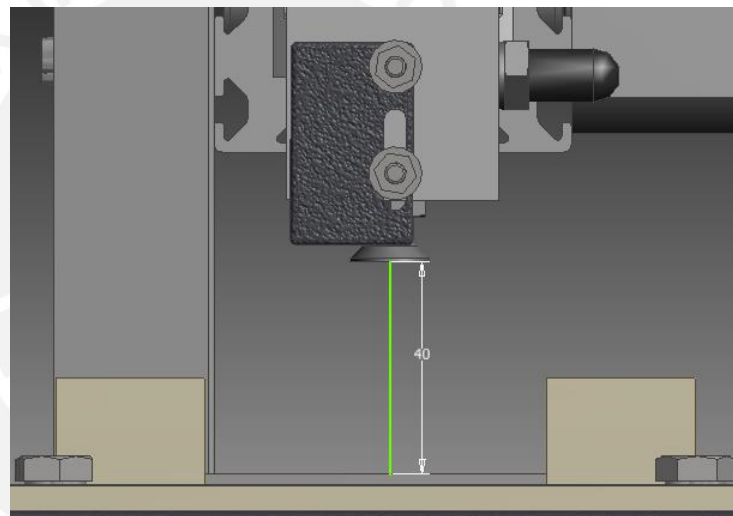
Para la elección del actuador neumático vertical este deberá tener bloqueada la posibilidad de giro del vástago, por ello se escoge un actuador con doble embolo, siendo el modelo DPZ el seleccionado de acuerdo al catálogo Festo [10].

A continuación se observa la lista de materiales (tabla A1.12) que se encuentran sujetos por el actuador neumático DPZ que dan como masa total,  $m_2=142.74$  g.

**Tabla A1.12: Masa de elementos de ventosas y accesorios**  
Fuente: Elaboración propia

Elementos	Cantidad	Tipo	Modelo	Masa Unitaria (gramos)	Masa (gramos)	Subtotal Masa (gramos)
Ventosa y Accesorios	1	Placa de Aluminio	-	21.68	21.68	142.74
	1	Ventosa VAS 30 G1/8 NBR	VAS-30-1/8-NBR	11	11	
	1	Racor Intermedio LJK-1/8-I/I	LJK-1/8-I/I	25	25	
	1	Racor QSL-G1/8-4	QSL-G1/8-4	9.1	9.1	
	2	Tornillos de sujeción	ISO 1207 M5x8	2	4	
	1	Tornillos de sujeción	ISO 4032 M10	10	10	
	2	Tornillos de sujeción	ISO 1207 M5x6	2	4	
	1	Accesorio de sujeción DPZ/ventosa		20	20	
	2	Tornillos de sujeción sensor optico/DPZ	ISO 4017 M4x16	2	4	
	2	Tuercas para tornillo sensor optico/DPZ	ISO 4032 M4	1	2	
	2	Arandela para tornillo de sujecion Sensor optico/DPZ	ISO 7090 M4 140 HV	0.5	1	
	1	Accesorio de sujeción Sensor optico/DPZ		10	10	
	1	Sensor Optico	BGS-DL25TN	20	20	
	5	Tubo Flexible azul	PUN-6X1-BL	0.096	0.48	
5	Tubo Flexible plateado	PUN-6X1-SI	0.096	0.48		

De acuerdo a la figura A1.6 la extensión del vástago del cilindro neumático retraído será de 40 mm.



**Fig. A1.6: Distancia entre ventosa y placa.**  
Fuente: Elaboración propia

Para definir el diámetro del embolo del cilindro neumático, se debe verificar el peso que tendrá que sostener en el extremo de sus vástago el actuador. A partir de la ecuación A1.10 y sus datos correspondientes se halla:

$$F_2 = S \cdot (g + a_1) \cdot m_2 \tag{A1.10}$$

$$F_2 = 1.5 \cdot (9.8 + 30) \text{ m/s}^2 \cdot 142.74 \cdot 10^{-3} \text{ kg} = 8.48 \text{ N} \approx 9 \text{ N}$$

De acuerdo a la tabla A1.13 se tiene que la fuerza teórica en avance del actuador DPZ es de 94 N, que resulta superior al resultado hallado; se concluye que el diámetro del embolo será de 10 mm.

**Tabla A1.13: Relación entre diámetro de émbolo y fuerza teórica de avance.**  
Fuente: Festo [10]

Diámetro del émbolo		10
Fuerza teórica con 6 bar		94
en avance	S2/S20, DPZJ	60
Fuerza teórica con 6 bar		60
en retroceso	S2/S20, DPZJ	60

Finalmente se tiene el modelo del actuador neumático será DPZ-10-40-P-A (Ver tabla A1.14), sus características completas se encuentran en su respectivo catalogo Festo [10].

**Tabla A1.14: Cilindro neumático DPZ-10-40-P-A.**  
Fuente: Festo [10]

Diámetro del embolo	10 mm.
Presión de funcionamiento	2,5 ... 10
Conexión neumática	M5
Construcción	Embolo y vástago en paralelo
Fuerza teórica de avance (6 bar)	94 N

A1.2.5. Selección de electroválvula para cilindro neumático DPZ-10-40-P-A

Se escogerá la electroválvula CPE14-M1BH-5J-1/8, dentro de sus principales características (Tabla A1.15), se encuentra la conexión neumática G1/8.

**Tabla A1.15: Electroválvula CPE14-M1BH-5J-1/8**  
Fuente: Festo [27]

Tipo de Válvula	5/2
Comportamiento	Biestable
Conexión Neumática	G1/8
Caudal Nominal	800l/min
Tipo de accionamiento	Eléctrico
Tipo de mando	Servopilotaje

A1.2.6. Selección de accesorios de electroválvula CPE14-M1BH-5J-1/8

Se selecciona la electroválvula CPE14-M1BH-5J-1/8 para el suministro de aire al cilindro neumático DPZ-10-40-P-A, por medio del tubo flexible PUN-6x1BL, cuyas características se describen en la tabla A1.16.

**Tabla A1.16: Tubo flexible PUN-6x1-BL Fuente: Festo [12]**

Diámetro exterior	Diámetro interior	Radio de curvatura mínima	Peso	Color	Tipo
6 mm.	4 mm.	16 mm.	0.0192 kg/m	Azul	PUN-6x1-BL

El tubo flexible se conectará al racor QSML-B-M5-6-20 (tabla A1.17), este se conectará al actuador neumático DPZ.

**Tabla A1.17: Racor QSML-B-M5-6-20 Fuente: Festo [12]**

Diámetro nominal	2.1 mm.
Presión de funcionamiento	-0.95 - 10 bar
Conexión Neumática 1	Roca Exterior M5
Conexión Neumática 2	Diámetro exterior de 6 mm.
Masa	4.5 g.

A1.2.7. Cálculo para la selección el actuador eléctrico lineal DGEA:

De acuerdo a la tabla A1.18 se tiene la masa del actuador DPZ y sus accesorios ( $m_3 = 480.88$  g).

**Tabla A1.18: Masa de elementos del actuador neumático DPZ Fuente: Elaboración propia**

Elementos	Cantidad	Tipo	Modelo	Masa Unitaria (gramos)	Masa (gramos)	Subtotal Masa (gramos)
DPZ	2	Racor QSM-B-M5-4-20	QSML-B-M5-4-20	18.2	36.4	480.88
	1	Actuador neumático DPZ	DPZ 10-40-P-A	325	325	
	1	Accesorio sujeción de DPZ/DGEA		100	100	
	5	Tubo Flexible Azul	PUN-4x0,75-BL	0.096	0.48	
	2	Tornillos de sujeción para accesorio DPZ/DGEA	ISO 4017 M5x40	8	16	
	2	Tuercas para tornillo para accesorio DPZ/DGEA	ISO 4032	1	2	
	2	Arandela para tornillo para accesorio DPZ/DGEA	ISO 7090	0.5	1	

Entonces la masa total ( $m_4$ ) que sostendrá el actuador eléctrico DGEA en su extremo será:

$$m_4 = m_3 + m_2 = 480.88 \text{ g.} + 142.74 \text{ g.} = 623.62 \text{ g.}$$

Donde:

$m_3$ : Actuador neumático DPZ y accesorios.

$m_2$ : Masa la ventosa y accesorios.

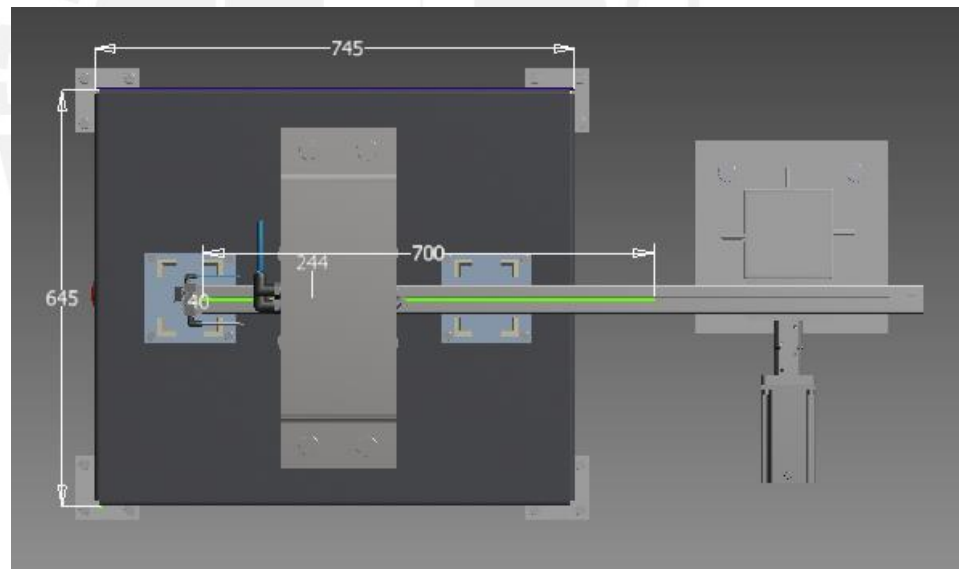
A continuación se muestra en la tabla A1.19 los datos técnicos generales características del actuador lineal DGEA entre varias opciones, y se escoge la de tamaño 18, dado que puede movilizar como carga útil horizontal, 6 kg ,cifra superior a la masa que se acoplara en uno de sus extremos que tiene el valor de 0.62362 kg.

**Tabla A1.19: Datos técnicos generales DGEA**  
Fuente: Festo [17]

Datos técnicos generales		
Tamaño		18
Construcción		Eje en voladizo, de accionamiento eléctrico
Guía		Guías con rodamiento de bolas
Posición de montaje		Indistinta
Carrera útil máxima <sup>1)</sup>	[mm]	1 ... 800
Carga útil máx., horizontal <sup>2)</sup>	[kg]	6
Carga útil máxima, en vertical	[kg]	10
Fuerza máx. de avance $F_x$	[N]	230
Velocidad máxima	[m/s]	3
Aceleración máxima <sup>3)</sup>	[m/s <sup>2</sup> ]	50
Precisión de repetición	[mm]	< ±0,05
Ejecución básica		
Par motor máximo	[Nm]	3
Momento de impulsión máximo en reposo <sup>4)</sup>	[Nm]	0,4
Revoluciones máximas del motor	[1/min]	2222

Dada las dimensiones de la mesa de trabajo (Fig. A1.7), la carrera necesaria para realizar los movimientos en las zonas de trabajo, será de 700 mm.

Entonces el modelo del actuador será DGEA-18-700-ZR-WH-KH.



**Fig. A1.7: Carrera del actuador eléctrico DGEA**  
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla A1.20 se tiene la masa ( $m_5 = 8330$  g.) del actuador lineal eléctrico DGEA y sus accesorios. Además el actuador eléctrico tiene una masa sujeta en su extremo ( $m_4$ ). Entonces hallando la masa total ( $m_6$ ) del subsistema de movimiento:

$$m_6 = m_4 + m_5$$

$$m_6 = 8330 \text{ g.} + 623.62 \text{ g.} = 8953.32$$



**Tabla A1.20: Masa de elementos del actuador neumático DGEA Fuente: Elaboración Propia**

Elementos	Cantidad	Tipo	Modelo	Masa Unitaria (gramos)	Masa (gramos)	Subtotal Masa (gramos)
DGEA	1	Eje Actuador Lineal Eléctrico DGEA	DGEA-18-700-ZR-WH-KH	5250	5250	8330
	1	Motor paso a paso	EMMS-ST-87-S-SEB-G2	2500	2500	
	1	Conjunto de accesorios de motor	EAMM-A-F28-87A	450	450	
	1	Cable Encoder	NEBM-M12G8-E-5-S1G9	50	50	
	1	Cable del motor	NEBM-S1G15-E-5-LE6	50	50	
	6	Tornillos de Sujeción Vertical DGEA/Soporte Vertical	ISO 1207 M4x40	5	30	

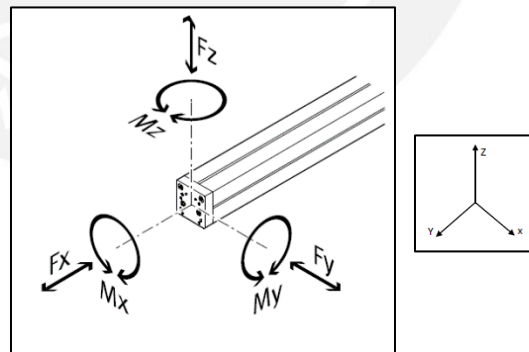
**A1.2.8. Cálculo de la deflexión del actuador eléctrico DGEA según el fabricante:**

Se calculara la deflexión del actuador eléctrico producido por el peso que sostiene en su extremo. Se hará uso de las ecuaciones dadas por el fabricante y se comprobaran los resultados hallados.

**Tabla A1.21: Fuerzas y Momentos máximos Fuente: Elaboración Propia**

Tamaño	18
F <sub>x</sub> máx. [N]	6000
F <sub>y</sub> máx. [N]	2240
F <sub>z</sub> máx. [N]	2240
M <sub>x</sub> máx. [Nm]	30
M <sub>y</sub> máx. [Nm]	125
M <sub>z</sub> máx. [Nm]	185

$$\left| \frac{F_x}{F_{xmax}} \right| + \left| \frac{F_y}{F_{ymax}} \right| + \left| \frac{F_z}{F_{zmax}} \right| + \left| \frac{M_x}{M_{xmax}} \right| + \left| \frac{M_y}{M_{ymax}} \right| + \left| \frac{M_z}{M_{zmax}} \right| \leq 1 \quad (A1.11)$$



**Fig. A1.8: Diagrama de Fuerzas en el extremo del actuador Fuente: Festo [17]**

Se reemplaza los valores de la tabla A1.21 en la ecuación A1.10, dada por el fabricante, que tiene como variables las fuerzas y momentos en el extremo del manipulador, las cuales se visualizan en la figura A1.8.

La fuerza en la dirección X e Y es igual cero; así como el momento en los ejes X y Z.

Se halla la fuerza vertical en el eje Z ( $F_z$ ):

$$F_z = 0.62362 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2 = 6.12 \text{ N}$$

El momento producido en el eje Y debido a la fuerza  $F_z$  será:

$$M_y = (2 \times 81 + 700) \text{ mm} \times 6.12 \text{ N}$$

$$M_y = 5.13 \text{ Nm}$$

Reemplazando los datos hallados en la ecuación A1.8:

$$\left| \frac{0}{6000} \right| + \left| \frac{0}{2240} \right| + \left| \frac{6.12}{2240} \right| + \left| \frac{0}{30} \right| + \left| \frac{5.13}{125} \right| + \left| \frac{0}{185} \right| \leq 1$$

$$\frac{6.12 \text{ N}}{2240 \text{ N}} + \frac{5.13 \text{ Nm}}{125 \text{ Nm}} \leq 1$$

$$0.043 \leq 1$$

Entonces se concluye que las fuerzas y momentos en el extremo del actuador no supera los límites permisibles.

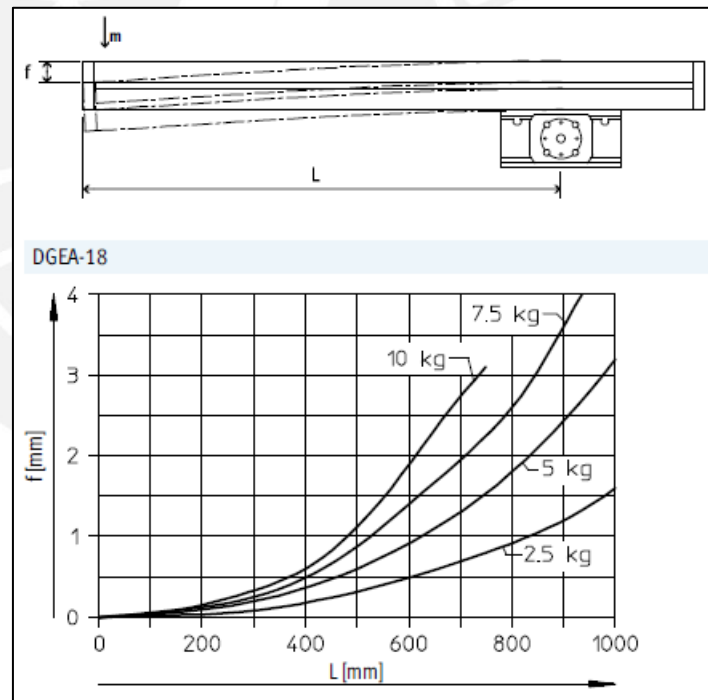
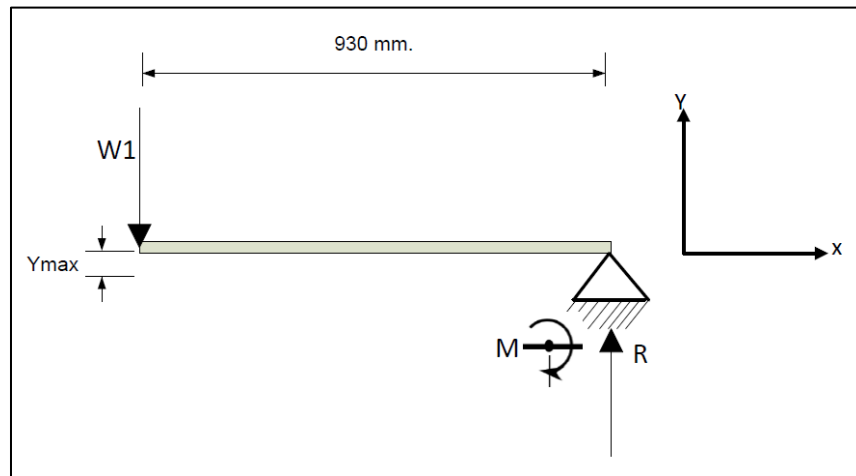


Fig. A1.9: Flexión  $f$  del perfil en función de la distancia  $L$  y de la carga útil  $m$   
Fuente: Festo [17]

A continuación se tiene la figura A1.9 dada por el fabricante que analiza el efecto de la deflexión para una carrera de 700 mm. Para una masa de alrededor de 2.5 kg hay una deflexión de 0.6 mm., para una masa de 0.623 kg se tendría una deflexión de 0.10 mm.

Verificación de deflexión del actuador eléctrico DGEA:

De acuerdo a la figura A1.10 se tiene discretizado el actuador eléctrico DGEA a una viga en voladizo, empotrada en un extremo y libre en el otro.



**Fig. A1.10: Diagrama de cuerpo libre de actuador eléctrico DGEA**  
Fuente: Elaboración Propia

A partir del diagrama de fuerzas de la tabla A1.8. En la tabla A1.22 se describe en que ejes (X, Y y Z) hay presencia de fuerza o momento:

**Tabla A1.22: Tabla de fuerzas y momentos**  
Fuente: Elaboración Propia

Fuerzas			Momentos		
X	Y	Z	X	Y	Z
NO	SI	NO	NO	NO	SI

De acuerdo a la ecuación A1.11 de deflexión se reemplaza los valores correspondientes para hallar la distancia máxima en que variará el extremo del actuador con la fuerza aplicada.

$$Y_{MAX} = \frac{W_1 L^3}{3EI} \tag{A1.11}$$

Donde:

$W_1$  : Fuerza en el extremo de la viga (6.12 N)

$L$  : Longitud desde el punto de apoyo al extremo libre (0.93 m)

$E$  : Módulo de elasticidad (200 GPa)

$I$  : Momento de inercia de la sección del actuador ( $173 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$ )

El valor de momento de inercia fue extraída del anexo 8 de hoja de datos, así como el material del actuador eléctrico; el cual define su módulo elástico.

Reemplazando calculamos la distancia que se deflexiona:

$$Y_{MAX} = \frac{6.12 \text{ N } (0.930 \text{ m})^3}{3 * 200 * 10^3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * 173 * 10^3 \text{ mm}^4}$$

$$Y_{MAX} = 0.04742 \text{ mm}$$

La distancia de deflexión en su punto más crítico es de 0.04742 mm. mucho menor a la aproximación de 0.1 mm de acuerdo a la figura A1.9. Por lo que no hay problema en el posicionamiento del actuador neumático DPZ cuando se extiende para sostener o dejar la placa de aluminio.

A continuación se determina el motor paso a paso adecuado para el actuador lineal DGEA-18, el cual será el modelo EMMS-ST-87-S-SEB-G2 y su conjunto para montaje axial EAMF-A-44A/B-87A. La tabla de combinaciones para seleccionar el motor y sus accesorios de sujeción se encuentra en el anexo 8.

Las especificaciones técnicas del motor paso a paso EMMS-ST-87-S-SEB-G2 se encuentran en la tabla A1.23, este motor paso a paso tendrá su correspondiente controlador CMMS-ST-C8-7-G2, el cuál será descrito en el anexo 4.

**Tabla A1.23: Datos generales del motor paso a paso EMMS-ST-87-S-SEB-G2**  
Fuente: Festo [20]

Tamaño	87-S
Tensión Nominal	48 VDC
Corriente Nominal	9.5 A
Momento de sujeción	2.5 Nm
Velocidad de giro	2130 rev/min
Carga radial en el eje	200 N
Carga axial en el eje	65 N
Transmisor de posición del rotor	Óptico Incremental
Peso	2500 g.

## Anexo 2: Selección de tipo de material

### A2.1. Selección de materiales para el proceso de grabado.

De acuerdo a James Shackelford: “Aunque se está centrando la atención en el comportamiento de los metales bajo cargas de tracción, el aparato de ensayo (...) se emplea también para realizar ensayos de compresión. En realidad el módulo elástico tiende a ser el mismo cuando se ensaya una aleación metálica bien a tracción, bien a compresión” (Shackelford 2007: 183). De esto se concluye que la información de límite de fluencia (límite de esfuerzo antes que el material se deforme de manera permanente) que aparecen en los ensayos de tracción, son válidos tanto si el metal está siendo sometido a tracción como a compresión. Esta conclusión también aplica al aluminio serie de 1100, aleación al 99% de aluminio que se va a usar en las placas que serán mecanizadas en la estación de grabado. Cabe añadir que el aluminio escogido es una aleación comercial de uso en aplicaciones donde se requiere realizar grandes deformaciones.

De acuerdo con la norma ASTM B209: Standard Specification for Aluminum and Aluminum Alloy Sheet and Plate, la norma para el acero AISI 1045 y el acero estructural de uso genérico ASTM A36 galvanizado se tiene la tabla A2.1.

**Tabla A2.1: Propiedades Mecánicas de Materiales**  
Fuente: [32] [33] [34]

Propiedades	Aluminio 1100 O1 (Recocido)	Acero AISI 1045	ASTM A36 Galvanizado
Resistencia a la tracción	90 MPa	585 MPa	400 MPa
Resistencia a la fluencia	34 MPa	505 MPa	250 MPa
Dureza	23HB	170 HB	
Composición	Al 99%, Cu 0.12%	C 0.43%, Mn 0.60%, P 0.04%, S 0.05%	C 0.26%, Mn 1.20%, Si 0.40%, P 0.04 %

El  $\sigma_{Fluencia}$  es el esfuerzo mínimo para deformar el aluminio, el  $\sigma_{Máximo}$  significa que al superar ese esfuerzo se estaría cortando el aluminio.

$$\sigma_{Fluencia} < \sigma_{Mecanizado} < \sigma_{Máximo}$$

Para el acero y aluminio, metales dúctiles, según Faïres [6] propone considerar como factor de seguridad 1.5 para el esfuerzo límite de fluencia. Este valor se

multiplica al valor de fluencia del aluminio. El esfuerzo de mecanizado queda definido por el siguiente valor.

$$\sigma_{mec} = 1.5 * 34Mpa = 51 Mpa$$

A2.2 Selección de material para la base de las zonas de trabajo:

Se escoge como material de base, el ABS (Acrilonitrilo butadieno estireno), dado que es un plástico muy resistente de uso común en la industria se verificará si puede soportar el impacto del actuador DSGB en la zona de grabado. De acuerdo a la tabla A2.2 se tiene como límite de fluencia 6030 psi del material ABS (Figura A2.1). El área sobre la cual se va a calcular el esfuerzo mecánico de la placa ABS es la mismo que ocupa la placa de aluminio.

$$\sigma_{fluencia-ABS} = 6030 \text{ psi} = 6030 * 6.894 \text{ kPa} = 41570.82 \text{ kPa} = 41.57 \text{ MPa}$$

$$Area_{placa-ABS} = 100 \text{ mm.} * 80 \text{ mm.} = 8000 \text{ mm}^2$$

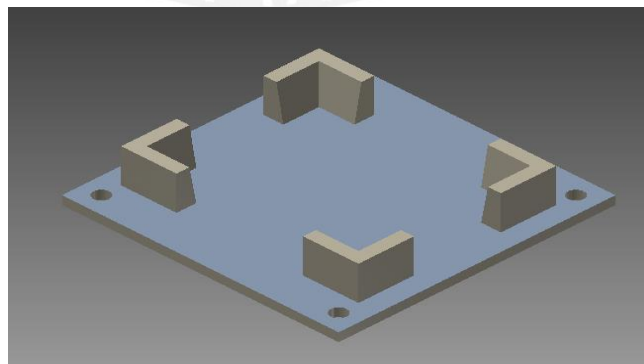
La fuerza del vástago del cilindro DSBG-160-250-PPV-A

$$F_{cilindro} = F_{teorica} - F_{fricción}$$

$$F_{cilindro} = 12064 \text{ N} * (1 - 0.1) = 10857.6 \text{ N}$$

$$\sigma_{placa-ABS} = \frac{10857.6 \text{ N}}{8000 \text{ mm}^2} = 1.3572 \text{ Pa} \approx 1.36 \text{ MPa}$$

Comparando el esfuerzo sobre la placa ABS es de 1.36 MPa, la cual es menor que el esfuerzo de fluencia de ABS 41.57 MPa calculado anteriormente. Así que no habría ningún problema en la elección del material.



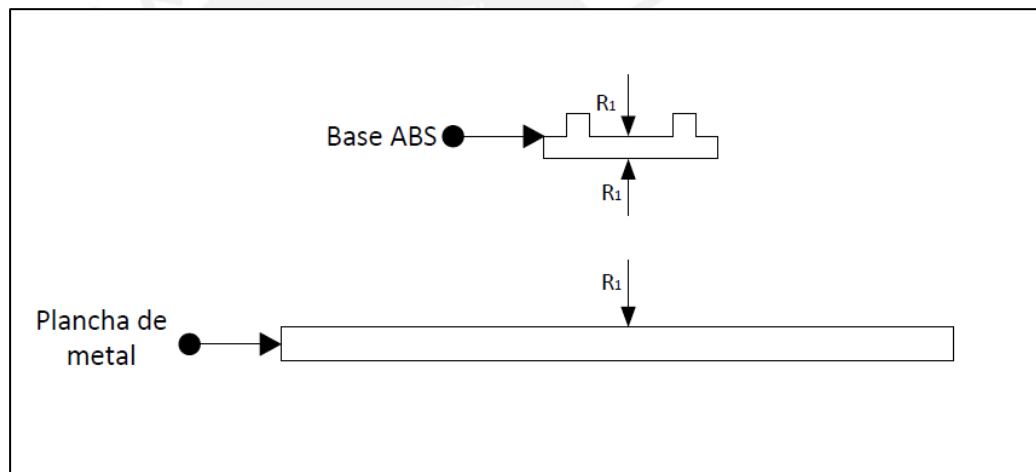
**Figura A2.1 Base ABS**  
Fuente: Elaboración propia

**Tabla. A2.2 Propiedades mecánicas del plástico ABS**  
Fuente: [1]

Prop. mecánicas	Valor Típico	Unidad	Método de Ensayo
Módulo de tensión			
73°F	246000 a 410000	psi	ASTM D638
73°F	251000 a 400000	psi	ISO 527-2
--	311000	psi	ISO 527-2 <sup>2</sup>
Tensión			
Punto de Fluencia, 73°F	4940 a 7420	psi	ASTM D638
Punto de Fluencia, 73°F	5200 a 9210	psi	ISO 527-2
Punto de Fluencia	6030	psi	ISO 527-2 <sup>2</sup>
Rotura, 73°F	3830 a 7260	psi	ASTM D638
Rotura, 73°F	4190 a 6080	psi	ISO 527-2
73°F	4660 a 7750	psi	ASTM D638
73°F	5800 a 7030	psi	ISO 527-2

**A2.3 Selección del material de la plancha metálica para la mesa:**

Dado que la fuerza  $R_1$  del cilindro neumático sobre la base ABS es la misma que sobre la plancha metálica. Concluyo que el esfuerzo sobre la base ABS será el mismo sobre la plancha metálica que la sostiene; como se observa en la figura A2.2.;



**Figura A2.2 DCL Plancha de metal AISI1045 Fuente: Propia**

Entonces de acuerdo a la tabla A2.1 la resistencia a la fluencia es 505 MPa del acero AISI1045, la fuerza  $R_1$  genera un esfuerzo de 1.36 MPa que es menor al de la plancha de metal.

**A2.4 Cálculo de esfuerzo alternante sobre la mesa de trabajo (AISI 1045):**

De acuerdo a la tabla A2.3 se calcula la resistencia a la fatiga dado que la plancha de metal que conforma la mesa de trabajo, será sometida a una carga alternante de compresión. Debido a que tiene que impactar repetidamente sobre placas de metal como consecuencia del proceso de grabado

## RESISTENCIAS A LA FATIGA (VALORES ESTIMADOS)

$$S_e' \approx \left\{ \begin{array}{ll} 0.5 S_u, & \text{si } S_u < 1380 \text{ MPa (200 ksi)} \\ 690 \text{ MPa} = 100 \text{ ksi}, & \text{si } S_u \geq 1380 \text{ MPa (200 ksi)} \end{array} \right\} \text{ Aceros}$$

$$S_{f'@5 \times 10^8} \approx \left\{ \begin{array}{ll} 0.4 S_u, & \text{si } S_u < 330 \text{ MPa (48 ksi)} \\ 132 \text{ MPa} = 19 \text{ ksi}, & \text{si } S_u \geq 330 \text{ MPa (48 ksi)} \end{array} \right\} \text{ Aleaciones de aluminio}$$

$$S_e' \approx 0.4 S_u, \quad \text{Acero fundido} \qquad S_e' \approx 0.4 S_u, \quad \text{Hierro fundido nodular}$$

$$S_e' \approx 0.35 S_u, \quad \text{Hierro fundido gris} \qquad S_e' \approx 0.33 S_u, \quad \text{Hierro fundido nodular normalizado}$$

Figura A2.3 Cálculo de resistencia a la fatiga (Estimados)  
Fuente: [6]

Dónde:

$S_u$ : Límite de fluencia del acero AISI 1045 ( $S_u=505$  MPa)

$S_e$ : Límite de resistencia a la fatiga

Calculando:

$$S_e = 0.5 * S_u$$

$$S_e = 505 \text{ MPa} * 0.5$$

$$S_e = 252.5 \text{ MPa}$$

Dado que la mesa es sometida a un esfuerzo de 1.36 MPa alternante, el límite para que se falla por fatiga es de 252.5 MPa, cifra mucho mayor que el esfuerzo que va a soportar. Se descarta falla por fatiga y se concluye que el acero estructural AISI 1045 cumple con las características mecánicas para ser la plancha metálica en la mesa de trabajo.

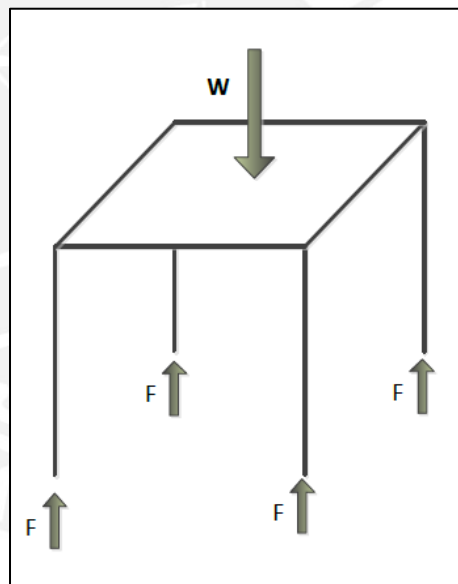


## Anexo 3: Cálculos de estructuras mecánicas

### A3.1 Mesa de trabajo de la estación de grabado.

**Tabla. A3.1 Lista de materiales del subsistema de grabado**  
Fuente: Elaboración propia

Elementos	Cantidad	Tipo	Modelo	Masa Unitaria (gramos)	Masa (gramos)	Subtotal Masa M1 (gramos)	Total (Kg)
DSGB	1	Cilindro Neumatico DSGB	DSGB-160-250-P-A	19376	19376	24242.48	44.51
	2	Racor adaptador 3/4 a 1/2	NPFC-R-G34-G12-MF	39.3	78.6		
	2	Racor 1/2	QSL-G1/2-12	70	140		
	1	Tubo Flexible Azul	PUN-12X2-BL	0.0767	0.0767		
	1	Brida de Fijación	FNG-160	3550	3550		
	2	Sensor Magnetoresistivo	SMT-8M-A-PS-24V-E-2,5-OE	8.9	17.8		
	2	Elemento de sujeción de sensor Reed	SMBR-8-8/100-S6	100	200		
	4	Tornillos de sujeción para brida de Fijación	ISO 4017 M18x50	153	612		
	4	Arandelas para tornillo de sujeción de brida de Fijación	ISO 7090 M18 140 HV	14	56		
	4	Tuercas para tornillo de sujeción de brida de Fijación	ISO 4032 M18	53	212		
Soporte Metálico	4	Apoyo rígido	Acero ASTM A36	25	100	18795	
	1	Soporte de cilindro neumatico DSGB	Acero ASTM A36	2444	2444		
	1	Soporte Metálico principal	Acero ASTM A36	16251	16251		
Punzon	1	Placa Punzon	Acero ASTM A36	817	817	1474	
	1	Punzón	Acero ASTM A36	557	557		
	4	Tornillos de sujeción para brida de fijación	ISO 4017 M8x30	17	68		
	4	Arandelas para tornillo de sujeción	ISO 7090 M8 140 HV	2	8		
4	Tuercas para tornillo de sujeción	ISO 4032 M8	6	24			



**Fig. A3.1 Diagrama de cuerpo libre de mesa de trabajo.**  
Fuente: Propia

La masa que tendrá que soportar la mesa es de  $m_2 = 44.511$  Kg. De acuerdo a la tabla 3.1; a partir de la figura 3.1, se realizará un análisis estático para hallar las fuerzas de soportaran las soportes verticales de la mesa de trabajo.

$$W = 4 * F$$

Donde: W: Peso que soporta la mesa de trabajo

F: Fuerza de reacción repartida en los 4 soportes de la mesa de trabajo.

$$W = m_2 * g = 44.51 * 9.8 = 4 * F$$

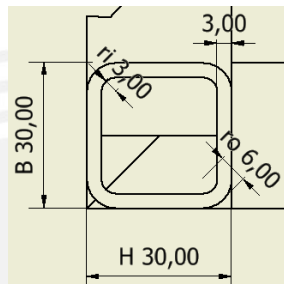
$$F = 112.48 \text{ N}$$

Se hallará el momento de inercia de área del perfil cuadrado hueco. Se reemplazan los valores de la figura A3.2 en las las variables que aparece en la fórmula momento de inercia de sección cuadrada de la tabla A3.2, serán los siguientes:

$$B = H = 30 \text{ mm.}$$

$$\text{Espesor} = 3 \text{ mm.}$$

$$r_o = 6 \text{ mm.} \quad r_i = 3 \text{ mm.}$$



**Fig. A3.2 Perfil Cuadrado hueco**  
Fuente: Elaboración propia

**Tabla. A3.2 Formula de momento de inercia de perfil cuadrado hueco**  
Fuente: Departamento de Construcción y Vías Rurales - UPM

Momento de inercia de flexión:	Eje y-y	$I_y = \frac{1}{10^4} \left[ \frac{B \cdot H^3}{12} - \frac{(B-2 \cdot T) \cdot (H-2 \cdot T)^3}{12} - 4 \cdot (I_{zz} + A_z \cdot h_z^2) + 4 \cdot (I_{\xi\xi} + A_{\xi} \cdot h_{\xi}^2) \right]$
	Eje z-z	$I_z = \frac{1}{10^4} \left[ \frac{H \cdot B^3}{12} - \frac{(H-2 \cdot T) \cdot (B-2 \cdot T)^3}{12} - 4 \cdot (I_{zz} + A_z \cdot h_z^2) + 4 \cdot (I_{\xi\xi} + A_{\xi} \cdot h_{\xi}^2) \right]$
Donde:	$A_z = \left( 1 - \frac{\pi}{4} \right) \cdot r_o^2$ $A_{\xi} = \left( 1 - \frac{\pi}{4} \right) \cdot r_i^2$ $h_z = \frac{H}{2} - \left( \frac{10 - 3\pi}{12 - 3\pi} \right) \cdot r_o$	$h_{\xi} = \frac{H - 2 \cdot T}{2} - \left( \frac{10 - 3\pi}{12 - 3\pi} \right) \cdot r_i$ $I_{zz} = \left( \frac{1}{3} - \frac{\pi}{16} - \frac{1}{3 \cdot (12 - 3\pi)} \right) \cdot r_o^2$ $I_{\xi\xi} = \left( \frac{1}{3} - \frac{\pi}{16} - \frac{1}{3 \cdot (12 - 3\pi)} \right) \cdot r_i^2$

Se tiene como momento de inercia de perfil cuadrado el siguiente valor:

$$I_{sec.cuad.} = 3.53 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

Se hace uso de la fórmula de Euler para verificar si hay pandeo:

$$F_{max} = \frac{\pi^2 EI}{L_k^2}$$

Se reemplaza el momento de inercia, el modulo elástico y la longitud de pandeo:

$$E = 200 \text{ Gpa} = 200 \cdot 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$L_k = 2L = 2 * 900 \text{ mm.} = 1.8 \text{ m}$$

Reemplazando:

$$F_{\max} = \frac{\pi^2 * 200 * 10^3 \frac{N}{\text{mm}^2} * 3.53 * 10^4 \text{ mm}^4}{(1.8\text{m})^2} = 21.5 \text{ kN} = 21\,500 \text{ N}$$

Para una fuerza superior a 21 500 N se produciría la falla por pandeo, la fuerza que recibe el soporte de la mesa es de 112.48 N, cifra mucho menor que la anterior por lo cual no se produciría falla por pandeo.

A3.2 Calculo de resistencia de fuerza cortante de los tornillos de sujeción del actuador eléctrico lineal DGEA con el soporte vertical:

De acuerdo a la figura A3.3 se tiene los seis tornillos que unen el elemento vertical con el subsistema de movimiento que contiene al actuador eléctrico lineal DGEA, el actuador neumático DPZ, la ventosa de vacío y sus correspondientes accesorios.

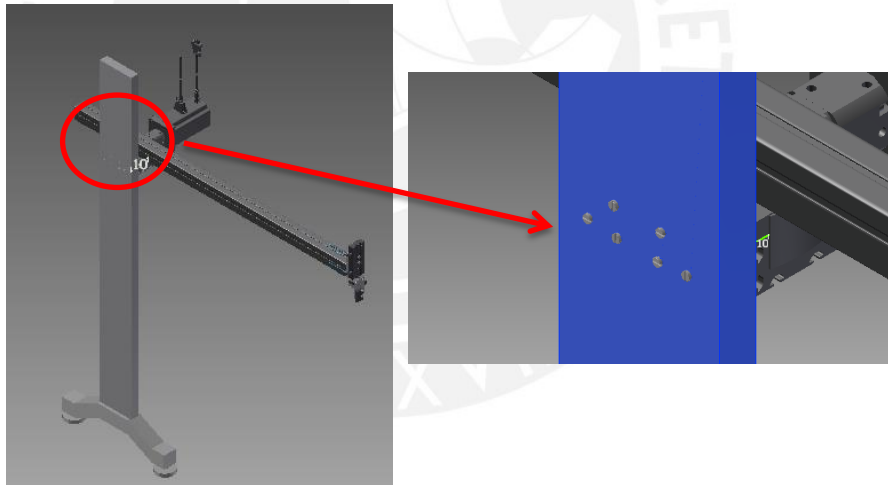


Figura A3.3 Tornillos de sujeción de subsistema de movimiento  
Fuente: Elaboración Propia

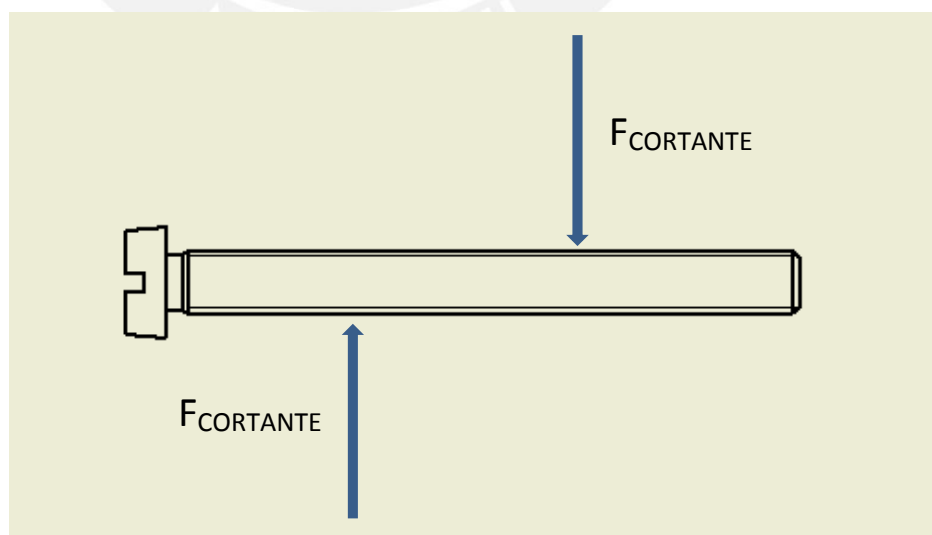
**Tabla. A3.3 Masa de elementos del subsistema de movimiento**  
Fuente: Elaboración propia

Elementos	Cantidad	Tipo	Modelo	Material	Masa Unitaria (gramos)	Masa (gramos)	Subtotal Masa (gramos)	Total (Kg)
Ventosa y Accesorios	1	Placa de Aluminio	-	1100		21.68	21.68	9.07
	1	Ventosa VAS 30 G1/8 NBR	VAS-30-1/8-NBR	NBR		11	11	
	1	Racor Intermedio LJK-1/8-1/8	LJK-1/8-1/8	Latón Niquelado		25	25	
	1	Racor QSL-G1/8-4	QSL-G1/8-4	Latón Niquelado		9.1	9.1	
	2	Tornillos de sujeción	ISO 1207 M5x8	Acero Inoxidable 440C		2	4	
	1	Tornillos de sujeción	ISO 4032 M10	Acero Inoxidable 440C		10	10	
	2	Tornillos de sujeción	ISO 1207 M5x6	Acero Inoxidable 440C		2	4	
	1	Accesorio de sujeción DPZ/ventosa		Acero Inoxidable 440C		20	20	
	2	Tornillos de sujeción sensor optico/DPZ	ISO 4017 M4x16	Acero Inoxidable 440C		2	4	
	2	Tuercas para tornillo sensor optico/DPZ	ISO 4032 M4	Acero Inoxidable 440C		1	2	
	2	Arandela para tornillo de sujeción Sensor optico/DPZ	ISO 7090 M4 140 HV	Acero Inoxidable 440C		0.5	1	
	1	Accesorio de sujeción Sensor optico/DPZ				10	10	
	1	Sensor Optico	BGS-DL25TN	Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS)		20	20	
	5	Tubo Flexible azul	PUN-6X1-BL	Poliuretano		0.096	0.48	
	5	Tubo Flexible plateado	PUN-6X1-SI	Poliuretano		0.096	0.48	
DPZ	2	Racor QSM-B-M5-4-20	QSM-B-M5-4-20			18.2	36.4	597.48
	1	Actuador neumatico DPZ	DPZ 10-40-P-A			325	325	
	2	Sensor Reed	SME-8M-DS-24V-K-5.0-OE			58.3	116.6	
	1	Accesorio sujeción de DPZ/DGEA	-	Acero Inoxidable 440C		100	100	
	5	Tubo Flexible Azul	PUN-4x0.75-BL	Plástico sintético		0.096	0.48	
	2	Tornillos de sujeción para accesorio DPZ/DGEA	ISO 4017 M5x40	Acero Inoxidable 440C		8	16	
DGEA	2	Tuercas para tornillo para accesorio DPZ/DGEA	ISO 4032	Acero Inoxidable 440C		1	2	8330
	2	Arandela para tornillo para accesorio DPZ/DGEA	ISO 7090	Acero Inoxidable 440C		0.5	1	
	1	Eje Actuador Lineal Eléctrico DGEA	DGEA-18-700-ZR-WH-KH	Aluminio anodizado		5250	5250	
	1	Motor paso a paso	EMMS-ST-87-S-SEB-G2	Aluminio anodizado		2500	2500	
	1	Conjunto de accesorios de motor	EAMM-A-F28-87A			450	450	
	1	Cable Encoder	NEBM-M12G8-E-5-S1G9			50	50	
1	Cable del motor	NEBM-S1G15-E-5-LE6			50	50		
6	Tornillos de Sujeción Vertical DGEA/Soporte Vertical	ISO 1207 M4x40	Acero Inoxidable 440C		5	30		

De acuerdo a la tabla A3.3 la masa total que tendrán que soportar los 6 tornillos será de 9.07 Kg. Para calcular la fuerza que soportara cada tornillo, se realiza del diagrama de fuerzas que se observa en la figura A3.4

$$F_{TOTAL} = 9.07kg * 9.8 \frac{m}{s^2} = 88.886 N$$

$$F_{CORTANTE} = \frac{F_{TOTAL}}{\#Total\ del\ tornillos} = \frac{88.886}{6} = 14.81N$$



**Figura A3.4 Diagrama de fuerzas de tornillo M4 ISO1207**  
Fuente: Elaboración propia

Haciendo uso de la siguiente fórmula A3.1 hallaremos la fuerza cortante máxima sobre el tornillo, que no debe ser superada sobre la fuerza que actualmente soporta cada uno de los 6 tornillos que sostienen al subsistema de movimiento.

$$F_{cortante\_maxima} = \frac{0.6 * f_{ub} * A_s}{\gamma} \quad (A3.1)$$

Donde:  $A_s$ : Área de sección del vástago del tornillo ISO1207-M4x40

$f_{ub}$ : Tensión última a tracción del tornillo ISO1207 A2-70

$\gamma$  : coeficiente de seguridad recomendado [39]

Reemplazando en A3.1:

$$F_{cortante\_maxima} = \frac{0.5 * f_{ub} * A_s}{\gamma} = \frac{0.5 * 700 \frac{N}{mm^2} * \pi \frac{(4 mm)^2}{4}}{1.25}$$

$$F_{cortante\_maxima} = 3518.58 N$$

En conclusión para que se produzca falla por fuerza cortante esta tendría que superar los 3518.58 N, cosa que no sucede ya que la fuerza cortante por tornillo es de 14.81 N.

A3.3 Calculo para selección del soporte vertical del subsistema de movimiento:

A continuación se evaluará el pandeo con carga excéntrica en el soporte vertical, como se observa en la figura A3.5, se tiene que calcular la distancia máxima ( $y_m$ ) que se produce con la carga  $F_v$ . Luego se calcula el esfuerzo máximo ( $\sigma_m$ ) y se compara con el esfuerzo de fluencia del perfil cuadrado hueco que actuará como soporte vertical de material ASTM A36.

Hallando  $y_m$ :

$$y_m = e * \left( \sec \left( \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{F_v}{F_{CR}}} \right) - 1 \right) \dots\dots\dots(A3.2)$$

Donde:

$e$ : Distancia del eje axial al punto excéntrico ( $e=67.5$  mm.)

$F_{CR}$ : Fuerza crítica

$F_v$ : 88.88 N (Carga excéntrica)

La fuerza crítica se calcula a partir de la formula de Euler (A1.6):

$$F_{CR} = \frac{\pi^2 E I_{perfil}}{L_k^2}$$

Donde:

$I_{perfil} = 449.8 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$  (Inercia de perfil cuadrado hueco)

$L = 990 \text{ mm}$ . (Longitud efectiva de pandeo)

$L_k = 2 \cdot L = 2 \cdot 990 = 1980 \text{ mm}$ .

$$F_{CR} = \frac{\frac{\pi^2 200 \cdot 10^3 \text{ N}}{\text{mm}^2} \cdot 449.8 \cdot 10^4 \text{ mm}^4}{(1980 \text{ mm})^2}$$

$$F_{CR} = 2\,264\,742 \text{ N}$$

Reemplazando  $F_{CR}$  en la ecuación A3.2:

$$y_m = 67.5 \text{ mm} \cdot \left( \sec \left( \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{88.88 \text{ N}}{2\,264\,742 \text{ N}}} \right) - 1 \right)$$

$$y_m = 3.27 \cdot 10^{-3} \text{ mm}.$$

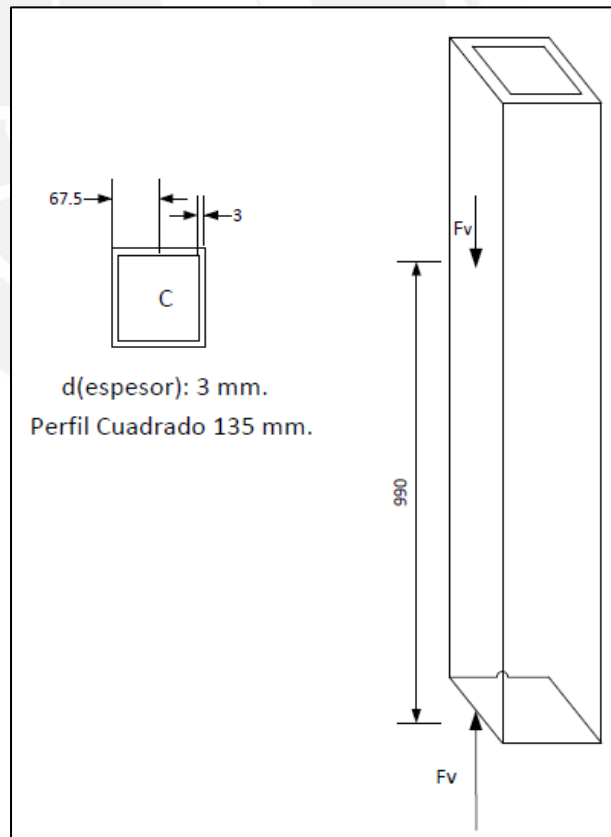


Figura A3.5 DCL de soporte vertical de subsistema de movimiento  
Fuente: Elaboración propia

Se tiene como deflexión máxima una milésima parte de un milímetro, se concluye que el elemento vertical se mantendrá rígido.

A continuación se calcula el esfuerzo máximo que se produce por la carga excéntrica a partir de la siguiente fórmula:

$$\sigma_{max} = \frac{F_V}{A} * \left( 1 + \frac{ec}{r^2} \sec\left(\frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{F_V}{F_{CR}}}\right) \right) \dots\dots\dots (A3.3)$$

Donde:

e: 67.5 mm (Distancia del eje simétrico al punto excéntrico)

c: 67.5 mm. (Distancia del eje neutro al extremo del perfil cuadrado)

r: 52.73 mm. (radio de giro de área)

A: 1560.82 mm<sup>2</sup> (Área de sección de perfil cuadrado hueco)

$$\sigma_{max} = \frac{88.88 \text{ N}}{1560.82 \text{ mm}^2} * \left( 1 + \left( \frac{67.5 \text{ mm.}}{2 * 52.73 \text{ mm.}} \right)^2 * \sec\left(\frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{88.88 \text{ N}}{264742 \text{ N}}}\right) \right)$$

$$\sigma_{max} = 0.08 \text{ MPa}$$

Verificando que el esfuerzo máximo en la columna sea menor que el esfuerzo de fluencia del acero estructural ASTM A36 galvanizado.

$$\sigma_{max} < \sigma_{fluencia}$$

$$0.08 \text{ MPa} < 250 \text{ MPa}$$

Se concluye que el esfuerzo producto de la carga excéntrica no afecta al soporte vertical que sostendrá al actuador eléctrico lineal DGEA.

#### A3.4. Cálculo de cordones de soldadura:

##### A3.4.1 Cálculo de soldadura de 45° de soporte de cilindro neumático DSGB:

Para el caso de la estructura que soporta al actuador DSGB y sus accesorios tienen una masa en conjunto de 44.51 kg. A partir de esto se calcula la fuerza (Fv) que ejerce:

$$F_v = 44.51 \text{ kg} * 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$F_v = 436.2 \text{ N}$$

A continuación hallamos el área sobre la cual actúa el cordón de soldadura:

$$A_s = a_1 * l = a_1 * (L - 2a_1)$$

Donde:

$a_1$ : Espesor del cordón de soldadura

L Longitud del cordón de soldadura

l: Longitud efectiva del cordón de soldadura (Si la costura del cordón esta interrumpida  $l=L-2a$ , en caso sea continua  $l=L$ )

$$A_s=5 \text{ mm. (180mm. - 2 *5 mm.)}$$

$$A_s= 850 \text{ mm}^2$$

Se tiene que probar que el esfuerzo cortante que hay en el cordón de soldadura unión en T es menor al esfuerzo admisible:

$$\sigma_{sol} \leq \sigma_{adm}$$

$$\sigma_{sol} = \frac{F_1}{A_s} \leq \sigma_{adm} = v * v_2 * \sigma_{fl} \dots \dots \dots (A3.4)$$

Donde:

$v$  : Factor para el caso que el cordón sea en ángulo.

$v_2$  : Factor de forma o de concentración de esfuerzos efectivo

$\sigma_{fl}$ : Esfuerzo de fluencia del cordón de soldadura de acero galvanizado  
ASTM A36

$F_1$ : Fuerza sobre el cordón de soldadura

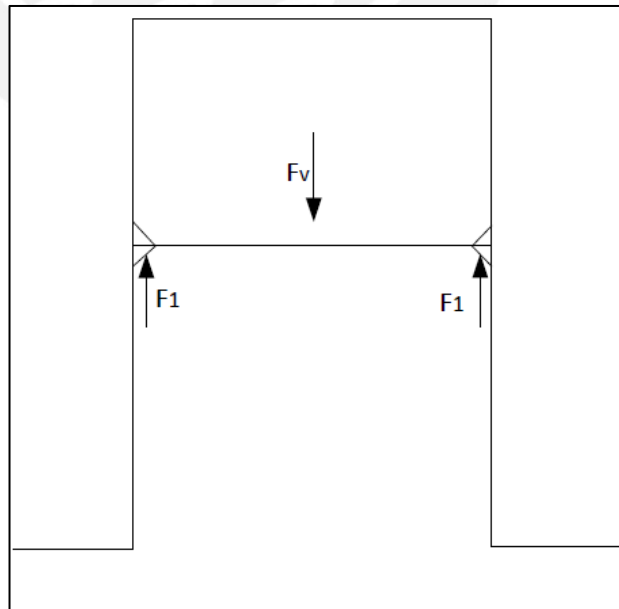


Figura A3.6 DCL de soporte vertical de subsistema de movimiento  
Fuente: Elaboración propia



Se calcula la fuerza  $F_1$ , a partir del DCL de la figura A3.6:

$$\sum F_y = 0$$

$$F_v - 2 * F_1 = 0$$

$$F_v = 2 * F_1$$

$$249.9 = 2 * F_1$$

$$F_1 = 124.95 \text{ N}$$

$$\frac{F_1}{A_s} = v * v_2 * \sigma_{fl}$$

Reemplazando valores:

$$\frac{124.95}{850 \text{ mm}^2} \leq 0.35 * .8 * 350 \text{ MPa}$$

$$0.147 \text{ MPa} \leq 98 \text{ MPa}$$

Se comprueba que el esfuerzo que alcanza el cordón de soldadura es menor al esfuerzo admisible que puede alcanzar antes de fallar. Se concluye que puede sostener al actuador neumático DSGB y sus accesorios.

#### A3.4.2 Calculo de soldadura de ángulo de 45° de soporte de elementos verticales

A continuación se calculará el esfuerzo del cordón más crítico del soporte vertical del subsistema de movimiento. Se observa que sobre el cordón de soldadura actuará un momento flector producto de la carga excéntrica sobre el elemento vertical, como se señala en la figura A3.7, y se verificara que no exceda el esfuerzo admisible del cordón de soldadura.

Se tiene el esfuerzo calculado ( $\sigma_{max} = 0.08 \text{ MPa}$ ) a partir de la formula A3.3 a este se agrega el formado para el caso de una fuerza externa ( $F_{ext}$ ) a la que podría ser sometida el soporte vertical de la Fig. A3.3. La fuerza externa que una persona podría ejercer horizontalmente sobre el soporte vertical de acuerdo a tablas de ergonomía es de 225 N [41].

$$\sigma_{total} = \sigma_{max} + \sigma_{ext} = 0.08 \text{ MPa} + \frac{F_{ext} * d_1 * c}{I_{perfil}}$$

Donde:

$I_{perfil}$  : Inercia de perfil cuadrado hueco

$c$  : Distancia del eje neutro al extremo del perfil

$$\sigma_{total} = 0.08MPa + \frac{225N * 1000 * 67.5 \text{ mm}^2}{449.8 * 10^4 \text{ mm}^4}$$

$$\sigma_{total} = 3.45 \text{ MPa}$$

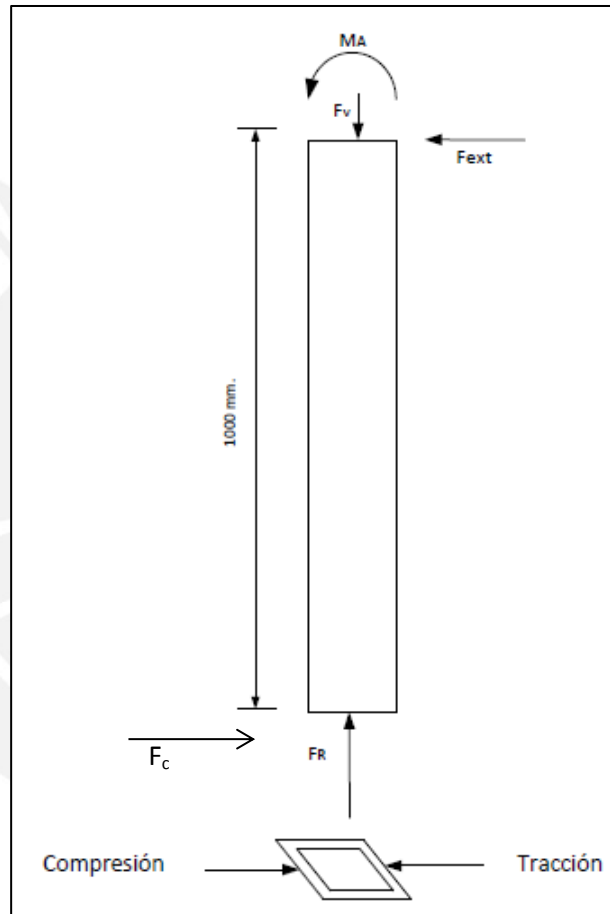


Figura A3.7 DCL de fuerzas y momentos en el cordón de soldadura  
Fuente: Elaboración propia

A continuación se calcula el esfuerzo cortante sobre el cordón

$$\tau = \frac{F_{ext}}{A_{corte}} = \frac{F_{ext}}{a * L}$$

$$\tau = \frac{225N}{2 * 135 * 5 \text{ mm}^2} = .16 \text{ MPa}$$

Dado que se tiene un esfuerzo cortante y un esfuerzo normal se hace uso de la fórmula de esfuerzo equivalente:

$$\sigma_{equi} = \sqrt{\sigma_{total}^2 + 1.8\tau^2} \dots \dots \dots (A3.5)$$

Reemplazando los datos anteriormente calculados en A3.5:

$$\sigma_{equi} = \sqrt{(3.45 \text{ MPa})^2 + 1.8(0.16 \text{ MPa})^2}$$

$$\sigma_{equi} = 3.46 \text{ MPa}$$

Se debe probar que el esfuerzo máximo en el cordón de soldadura sea menor al admisible:

$$\sigma_{equi} < \sigma_{admisible}$$

$$3.46 \text{ MPa} \leq 0.22 * .8 * 250 \text{ MPa}$$

$$3.46 \text{ MPa} \leq 44 \text{ MPa}$$

Entonces se comprueba que el esfuerzo equivalente que actúa sobre el cordón de soldadura es menor al esfuerzo admisible, para el caso crítico que se tenga una fuerza externa sobre el soporte vertical.

A3.5 Calculo de los pernos de anclaje y la base cuadrado

A3.5.1 Soporte de subsistema de movimiento:

De acuerdo con la tabla A8.42 ubicada en el anexo 8, se escoge como perno de anclaje marca Hilti al modelo Kwik bolt 3 de tamaño 3/8 x 1 5/8 pulg. Se compara la tensión de tracción/compresión calculada anteriormente con la tensión máxima del tornillo de anclaje.

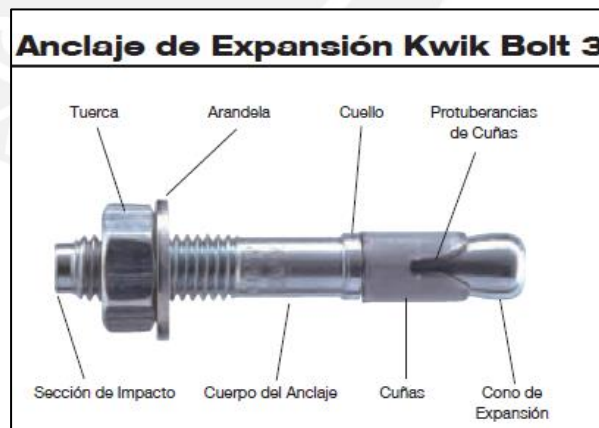


Figura A3.8 Tornillo de anclaje de expansión Kwik Bolt 3  
Fuente: Hilti [30]

$$F_{total} \leq F_{tornillo}$$

$$\sigma_{total1 * A_1} \leq F_{tornillo}$$

Donde:

$\sigma_{total1}$ : Esfuerzo en un tornillo

$A_1$ : Área de sección transversal del tornillo.

Reemplazando:

$$(3.45 \text{ MPa}) * \pi * \frac{9.53^2 \text{ mm}^2}{4} \leq 2.7 \text{ kN} = 2700 \text{ N}$$

$$245.8 \text{ N} \leq 2700 \text{ N}$$

Se concluye que el esfuerzo de tracción/compresión máximo es mucho menor a la tensión máxima que puede alcanzar el tornillo antes de fallar.

De acuerdo a la figura A3.9 se tiene una fuerza externa que se puede ejercer sobre el elemento vertical de soporte del subsistema de movimiento de la estación de trabajo de grabado.

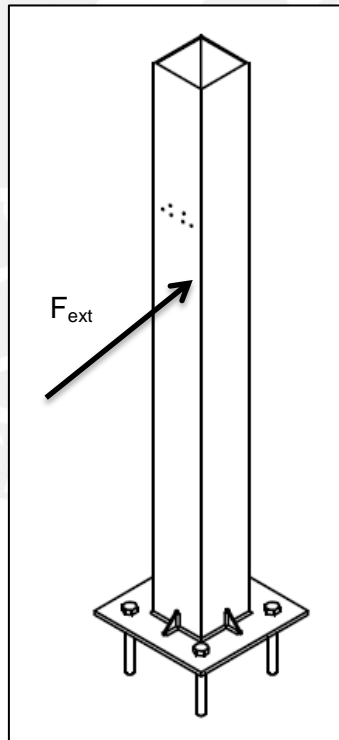


Figura A3.9 Tornillo de anclaje de expansión Kwik Bolt 3

Fuente: Elaboración propia

Comparando la máxima fuerza cortante ( $F_{ext}$ ) que ejerce una persona de acuerdo con manual de ergonomía [8], con la máxima fuerza cortante admisible ( $F_{adm}$ ) en cada tornillo de anclaje se tiene:

$$F_{ext} \leq F_{adm}$$

$$\frac{F_{ext}}{4} \leq F_{adm}$$

$$56.25 \text{ N} \leq 3900 \text{ N}$$

La fuerza cortante no representa problema para el tornillo de anclaje, el valor de 56.25 N es el máximo que una persona puede ejercer con sus brazos, dado que de acuerdo al catálogo.

### 3.5.2 Mesa de trabajo:

A partir de las tablas A8.42 y A8.43 se tiene que se usa el tornillo de anclaje de adhesión de marca Hilti y modelo Kwik bolt 3 de tamaño 1/4 x 11/8 pulg. Se verificará que la fuerza exterior que provoca una fuerza cortante en los pernos de anclaje de la mesa de trabajo (Fig. A3.8). no superé el límite admisible según las tablas anteriores ubicadas en el anexo 8.

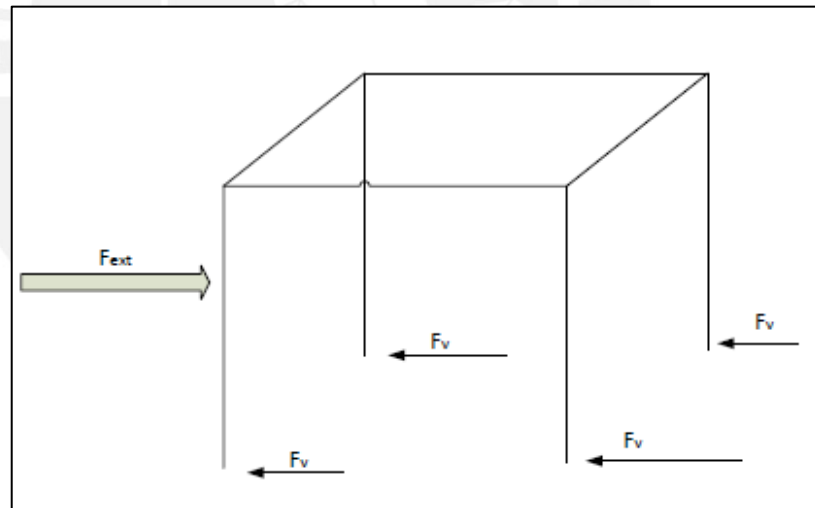


Fig. A3.10 DCL de fuerzas y momentos en los extremos de la mesa de trabajo  
Fuente: Elaboración propia

Se tiene como  $F_{ext}=225 \text{ N}$ , fuerza máxima que puede ejercer una persona estándar para empujar, entonces por equilibrio estático:

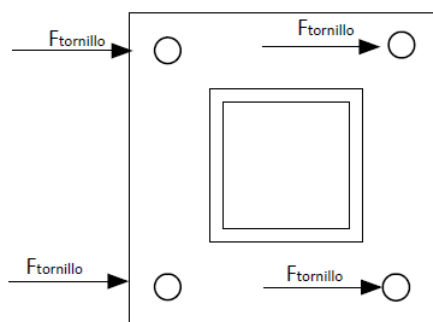
$$\sum F_y = 0$$

$$F_{ext} = 4 * F_v$$

$$F_v = 56.25 \text{ N}$$

A partir del dato anterior se halla la fuerza cortante sobre cada los 4 tornillos ( $F_{\text{tornillo}}$ ) que sujetan la base sobre la que se apoya la pata de la mesa (Fig. A3.9).

$$F_{\text{tornillo}} = \frac{F_v}{4} = \frac{56.25 \text{ N}}{4} = 14.07 \text{ N}$$



**Fig. A3.11 DCL de fuerza cortante en los tornillos de anclaje Hilti**  
Fuente: Elaboración propia

A continuación a partir de los datos de la tabla para fuerza cortante ( $F_{\text{corte}}$ ) del tornillo de anclaje se tiene:

$$F_{\text{tornillo}} = \frac{F_v}{4} \leq F_{\text{corte}}$$

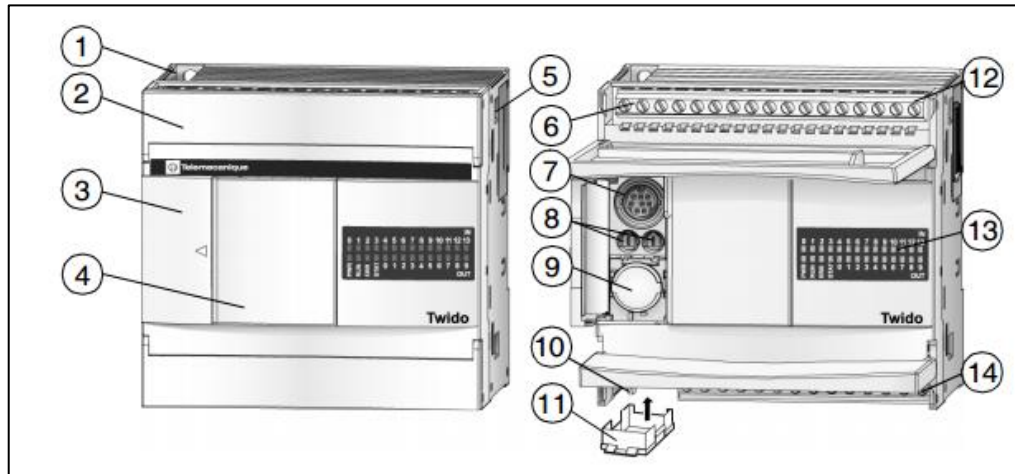
$$\frac{56.25}{4} \text{ N} \leq 2600 \text{ N}$$

$$14.07 \text{ N} \leq 2600 \text{ N}$$

Se concluye que no hay falla por fuerza cortante sobre el tornillo de anclaje de la mesa de trabajo.

## Anexo 4: Selección de controladores y módulos de comunicación:

### 4.1 PLC Twido



**Fig. A4.1 Principales elementos del PLC Twido Compacto Modelo: TWDLCA24DRF**  
Fuente: Schneider [36]

En la siguiente tabla se describirá la ubicación de los diferentes elementos de conexión que componen el controlador PLC Twido TWDLCA24DRF:

1	Orificio de montaje
2	Cubierta de terminal
3	Tapa con bisagra
4	Cubierta extraíble del conector de monitor de operación
5	Conector de ampliación (en ambos controladores base de las series 24DRF y 40DRF)
6	Terminales de potencia del sensor
7	Puerto serie 1
8	Potenciómetros analógicos (No será utilizado en este caso)
9	Conector de puerto serie 2
10	Terminales de fuente de alimentación de 100 a 240 V CA en la serie TWDLCA
11	Terminales de fuente de alimentación de 24 V CC en la serie TWDLCD
12	Conector de cartuchos (ubicado en la parte inferior de la base)
13	Terminales de entradas
14	Indicador luminoso
15	Terminales de salidas

De acuerdo a la tabla A4.1 se tiene las siguientes características eléctricas, tiene una tensión de 24 VDC, cuenta con 14 entradas discretas y 10 salidas discretas. Dado que se usan 6 salidas discretas y 4 entradas discretas, el modelo TWDLCA24DRF cubre las necesidades requeridas. Las características principales del PLC se encuentran en la tabla A4.1. Cabe añadir que de acuerdo a la figura A4.1 se tiene en la posición 5 el conector de ampliación que se acoplará, dado que es un sistema modular, al módulo de comunicación TWNDCO1M.

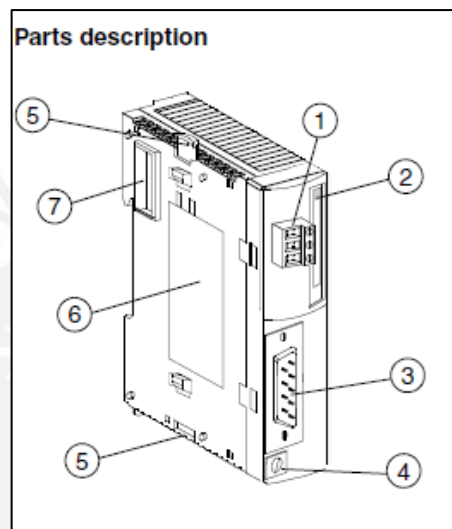
**Tabla A4.1: Características eléctricas principales**  
Fuente: Schneider [36]

Main	
Range of product	Twido
Product or component type	Compact base controller
Discrete I/O number	24
Discrete input number	14
Discrete input voltage	24 V
Discrete input voltage type	DC
Discrete output number	10 relay
Number of I/O expansion module	4
[Us] rated supply voltage	24 V DC
Use of slot	Memory cartridge or realtime clock cartridge
Data backed up	Internal RAM lithium 30 days 10 hrs 10 yr
Integrated connection type	Non isolated serial link mini DIN Modbus/character mode master/slave RTU/ASCII RS485 half duplex 38,4 kbit/s Power supply Serial link interface adaptor RS232C/RS485
Complementary function	PID Event processing



#### 4.2. Módulo de Comunicación - Twido CANopen TWDNCO1M:

El Twido CANopen modulo maestro TWDNCO1M será usado con el PLC TWDLCA24DRF, este permitirá la comunicación con esclavos CANopen como lo es el controlador de velocidad CMMM-ST que controla la velocidad del motor paso a paso EMMS-ST-87-S-SEB-G2 del actuador lineal eléctrico DGEA-18-700-ZR-WH-KH. Las partes que conforman el módulo de comunicación se describen en la figura A4.3.

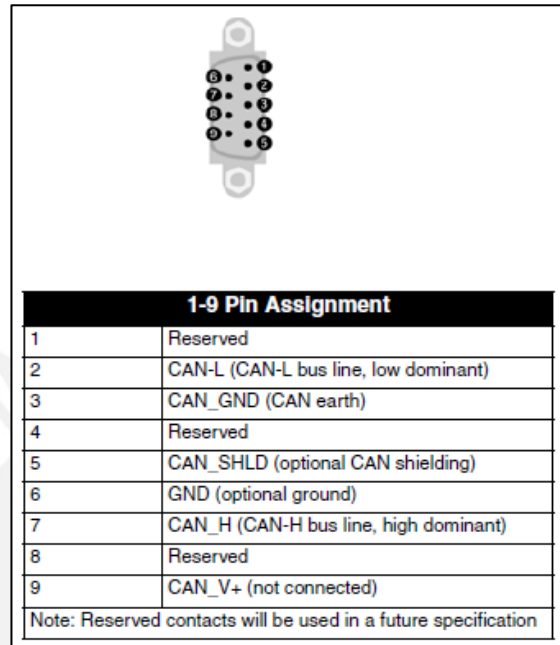


**Figura A4.3: Descripción de partes del TWDNCO1M**  
Fuente: Schneider [7]

- ( 1 ) Fuente de alimentación del conector extraíble
- ( 2 ) LED indicador de estado CANopen
- ( 3 ) D -Sub ( DB9 ) masculino (Conexión esclavo )
- ( 4 ) tornillo de puesta a tierra PE
- ( 4 ) tornillo de puesta a tierra PE
- ( 5 ) botones de cierre (arriba y abajo )
- ( 6 ) Nombre del módulo
- ( 7 ) Conector de expansión ( a un PLC)

De acuerdo a la figura el conector de expansión se conecta de la figura A4.3 se acopla al PLC Twido para que haya comunicación entre ambos. Se tiene un puerto DB9 macho, para conectarse mediante al controlador de velocidad del actuador eléctrico.

El cable conector DB9 hembra - DB9 macho será usado para la conexión entre el módulo de comunicación TWDNCO1M (Maestro) y el controlador de motor (esclavo) por medio del protocolo de comunicación CANopen. Las especificaciones de las terminales se presentan en las imágenes A4.4.



**Fig. A4.4: Conector DB9 – CANopen**  
Fuente: Schneider

#### 4.3. Controlador CMMS-ST-C8-7-G2:

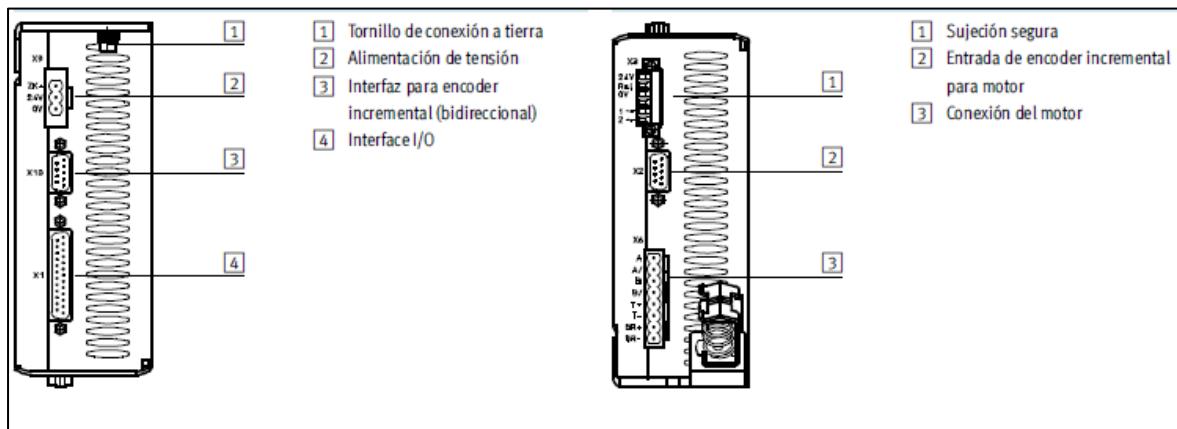
Tanto las tablas de datos generales como eléctricos se encuentran en los anexos 8. A continuación el controlador CMMS-ST-C8-7-G2 y sus accesorios en las tablas A4.4 y A4.5. EN la tabla A4.3 se tiene las características del cable que conecta del controlador al motor. En la figura A4.7 se tiene la interface Can-Bus que se vincula que recibe el cable del módulo TWDNCO1M. Los diferentes puertos del controlador se encuentran descritos en las figuras A4.6 y A4.7.

**Tabla A4.2: Datos técnicos de la conexión de bus de campo CMMS-ST-C8-7-G2**

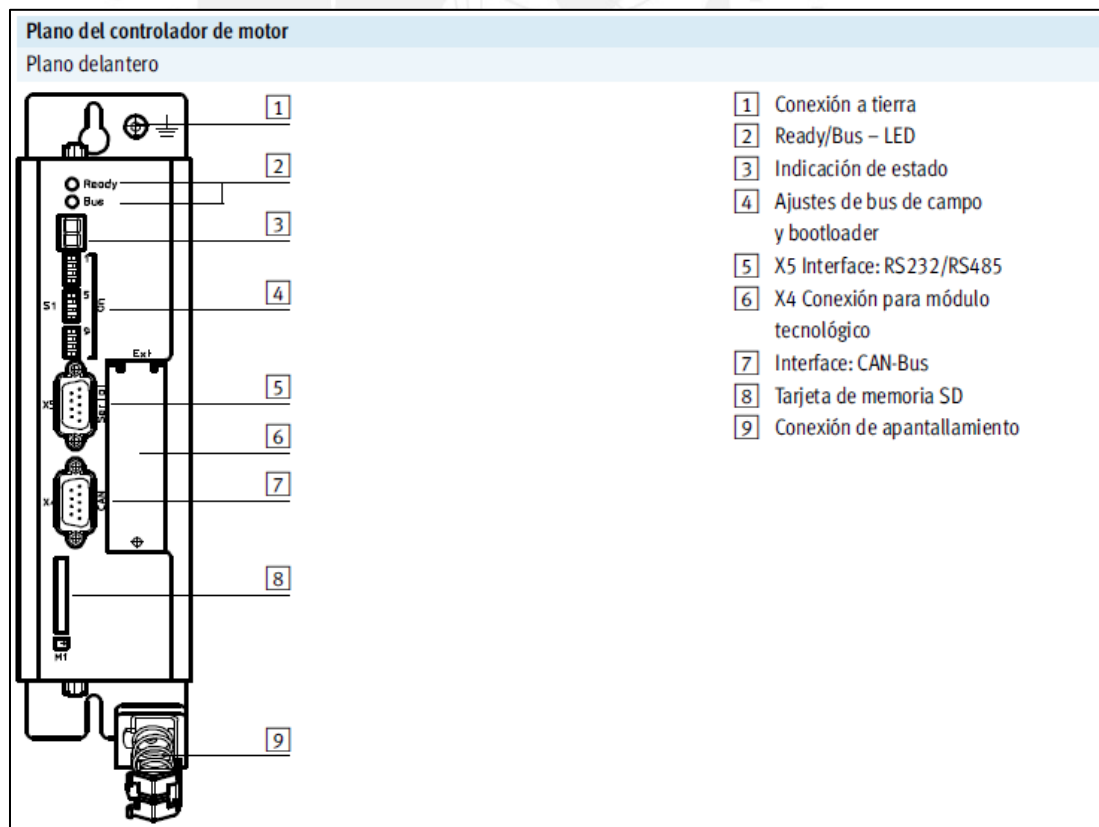
Datos técnicos: conexión de bus de campo		
Interfaces	I/O	CANopen
Perfil de comunicación	-	DS301; FHPP
	-	DS301; DSP402
Velocidad máxima de transmisión de datos a través de bus de campo [Mbit/s]	-	1
Conexión	Integrado	■
	Opcional	-

**Tabla A4.3: Cable de mando recomendado por el fabricante CMMS-ST Fuente: Festo**

Referencias – Conexiones posibles entre la interfaz E/S y la unidad de control				
	Descripción	Longitud del cable [m]	Nº art.	Tipo
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Para conexión de E/S a cualquier unidad de control</li> <li>Recomendable en caso de señales analógicas, considerando que el cable está apantallado</li> </ul>	2,5	552254	NEBC-S1G25-K-2.5-N-LE26



**Fig. A4.6 Diagrama de puertos de entrada y salida de Controlador CMMS-ST (Plano Superior e inferior)**



**Fig. A4.7 Diagrama de puertos de entrada y salida de Controlador CMMS-ST (Plano Delantero)**

**Características de generales de la computadora:**

En la tabla A4.4 se tienen las características principales de hardware y software para la instalación del software del PLC Twido como del controlador de motor CMMS-ST.

**Tabla A4.4: Características de computadora Fuente: Propia**

MARCA	ADVANCE
MODELO	VISSION OPEN VO7378
PROCESADOR (GHZ)	INTEL CORE I5-4460 (3.20 GHZ, 6 MB CACHÉ L3)
CHIPSET	INTEL H81 EXPRESS
MEMORIA (MB)	8 GB DDR3
ALMACENAMIENTO	1 TB SATA / 7200 RPM
SISTEMA OPERATIVO	WINDOWS 7



## Anexo 5: Selección de fuentes eléctricas y protección eléctrica

De acuerdo a la tabla A5.1 se tiene el consumo de corriente del dispositivo electrónico que requiere una alimentación de 48 VDC el cual corresponde al motor paso a paso EMMS-ST-87-S-SEB-G2 que consume una corriente de 9.5 A. Para la protección termomagnética se escogerá el interruptor Schneider de corriente nominal de 10 A, de modelo C60N Curva B 10, los datos específicos del mismo se encuentran en el anexo A8.2.

Para la fuente de voltaje 220 VAC – 48 VDC le corresponde el modelo Festo CACN-3A-7-10, que cubre un amperaje de 10A.

**Tabla. A5.1 Consumo de corriente –Voltaje 48 VDC**  
Fuente: Elaboración Propia

Actuadores y controladores	Voltaje (VDC)	Corriente (A)
EMMS-ST-87-S-SEB-G2	48	9.5
Total		9.5

De acuerdo a la tabla A5.2 se tiene el consumo total de corriente de todos los dispositivos eléctricos (electroválvulas, sensores y PLC) que usan 24 VDC como tensión. El total de corriente es 978.33 mA. Entonces el interruptor termomagnético que le corresponde C60CTRL Curva Z 1 A, el cual tiene una corriente nominal de 1 A que cubre el amperaje total de corriente. La información técnica del mismo se encuentra en el anexo A8.2. La fuente eléctrica de 220 VAC – 24 VDC le corresponde el modelo CACN-3A-1-5. Cabe señalar de acuerdo al diagrama unifilar del gabinete eléctrico de la memoria (Fig. 3.4.2), antes de cada fuente se ubicara su correspondiente interruptor termomagnético.

**Tabla. A5.2 Consumo de corriente –Voltaje 24 VDC**  
Fuente: Elaboración Propia

Actuadores , sensores y controladores	Voltaje (VDC)	Corriente (mA)
CPE24-M1H-5J-QS-12	24	53.33
CPE14-M1BH-5J-1/8	24	62.5
VADMI-95-N	24	130
BGS-DL25TN	24	27
TWIDO TWDLCDA24DRF	24	55
TWDNCO1M	24	50.5
SMT-8M-A-PS-24V-E-5-OE	24	200
CMMS-ST-C8-7-G2	24	200
SMT-8M-A-PS-24V-E-5-OE	24	200
Total		978.33

Se escogerá el interruptor diferencial IDsi-30mA-40A, el cual pertenece al tipo super inmunizado que evita las desconexiones intempestivas por corrientes de alta frecuencia producidas por circuitos electrónicos, la información se encuentra en el anexo A8.2.

El interruptor diferencial se encuentra ubicado antes que los interruptores termomagnéticos; con el fin de dar protección a todos los componentes en caso haya algún contacto directo o indirecto. La máxima corriente que soporta es de 40 A, la cual cubre el consumo de corriente de los equipos de tensión de 24 VDC y 48 VDC, que en total sería 10.48 A.



## Anexo 6: Sistema de manufactura flexible en el CETAM-PUCP

El centro de manufactura integrada por computadora (CIM) en el laboratorio del CETAM-PUCP es un sistema de manufactura flexible (FMS). De acuerdo a Groover [26], “un FMS consiste en un grupo de estaciones de procesamiento (máquinas CNC), interconectadas por medio de un sistema de manejo y recuperación de material automático”.

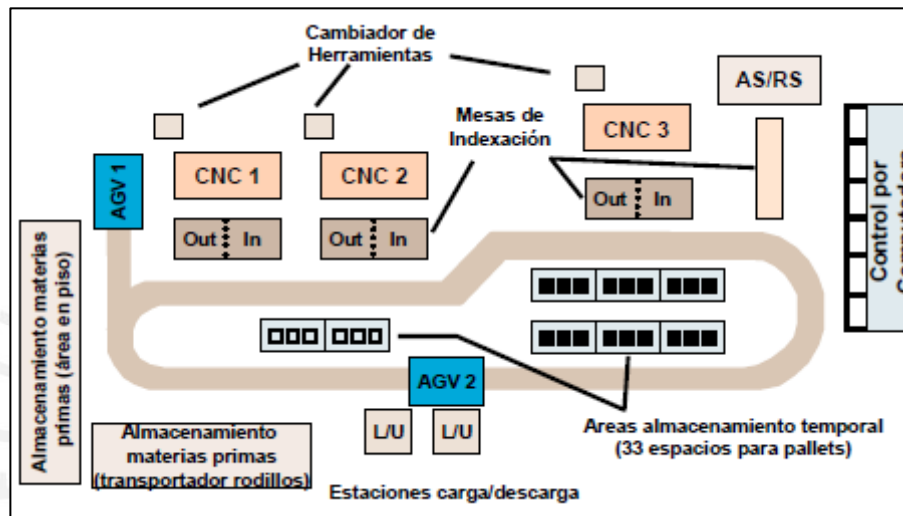


Fig. A6.1 Sistema de manufactura flexible. Fuente: [35]

En la figura A6.1, se tiene la configuración de un sistema de manufactura flexible que cuenta con un área destinada al almacenamiento de materias primas, estaciones de trabajo CNC (control numérico computarizado).

A continuación se presenta los elementos del FMS en el CETAM-PUCP, información adaptada de la página web: [http://cetam.pucp.edu.pe/sala\\_manuf.htm](http://cetam.pucp.edu.pe/sala_manuf.htm).

#### 1. Estaciones de Trabajo:

Se encontrará compuesto por lo general por un manipulador, una máquina y una computadora que reciba órdenes del administrador central. por ejemplo en la siguiente figura se observa, la estación de torno y fresa CNC, la cual recibe material para el mecanizado por parte del manipulador que traslada el material a la zona de trabajo, o una vez finalizado el proceso lo devuelve a la zona de faja transportadora.



Fig. A6.2 Torno y Fresadora CNC CETAM-PUCP  
Fuente: [31]

#### 2. Sistema de Transporte:

El transporte de los materiales se realiza utilizando unas bandejas, llamadas conveyor, que se transportaran a lo largo de la faja, que los aproximará a las diferentes estaciones de trabajo en el sistema flexible de manufactura.



Fig. A6.3 Faja transportadora CETAM-PUCP  
Fuente: [31]



### 3. Sistema de almacenamiento y manejo de materiales.

El almacenamiento de materiales está formado por un sistema automático donde se cargan y descargan la materia prima para elaboración de productos. En el CETAM-PUCP se tiene un sistema AS/RS (Automatic Storage and Retrieval System). Donde se tiene un robot cartesiano (Fig. A6.4) que se encarga de trasladar las piezas o materia prima. Además de almacenar la materia prima sirve como un sistema de almacenaje de piezas ya procesadas.



**Fig. A6.4. Almacenamiento y manejo de materiales CETAM-PUCP**

Fuente: [31]

### 4. Sistema de control computarizado

El administrador central es el encargado de realizar el control y supervisión del funcionamiento de las estaciones del sistema. La comunicación entre el administrador y cada una de las estaciones de trabajo se realiza por medio de un protocolo de comunicación, en el caso del CETAM-PUCP es a través de la red LAN.

En la figura A6.5 se puede observar el centro de control computarizado del CETAM-PUCP, cuenta con el software OpenCIM encargado de la integración de las estaciones de trabajo con una computadora central, esta no solo se encarga de controlar la manufactura en las diferentes estaciones de trabajo, puede compartir su información con otras áreas, como logística o finanzas. Además de que se puede visualizar una simulación a tiempo real del comportamiento de las máquinas.



**Fig. A6.5 Sistema de control computarizado CETAM-PUCP**  
Fuente: [31]

A continuación se presenta la tabla con los datos técnicos generales del compresor de aire del CETAM, extraído de la tabla A8.30, el cual proveerá de aire presurizado a la estación de grabado; así como lo hace con el resto de estaciones de trabajo.

**Tabla A6.1 Compresor de aire CETAM-PUCP**  
Fuente: Tabla A8.30

Modelo	PB4-200-3
Potencia	5.5 hp
Capacidad del tanque	200 litros
Presión generada	6 bar
Tensión de funcionamiento	380 VAC
Amperaje	48 A
Tipo de lubricación	Aceite

## Anexo 7: Acerca del proceso de grabado

El grabado es una técnica de impresión que en nuestro caso consistirá en crear indentaciones en una lámina de metal, estas tendrán formas de letras, números o imágenes. Por medio de presión de un punzón sobre la placa de aluminio se ejecutará un grabado en bajo relieve como se observa en la figura A7.1. En la figura A7.2. se observa el proceso manual de grabado por medio de una prensa, el cual será automatizado con la estación de trabajo diseñada.

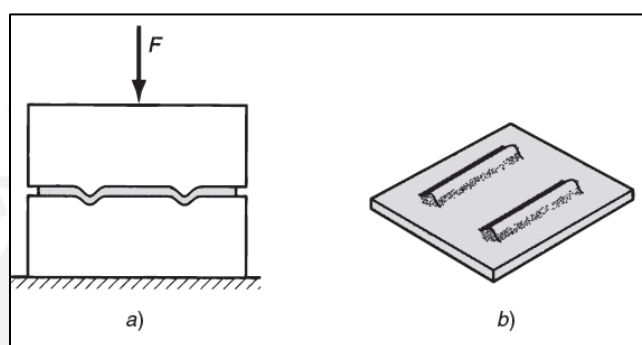


Fig. A7.1 Proceso de grabado en lámina de metal  
Fuente: [29] pag. 460

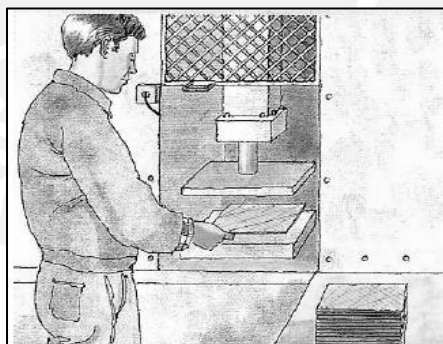


Fig. A7.2 Proceso de grabado manual de placas de metal  
Fuente: [29]

## Anexo 8: Hoja de datos y planos de actuadores eléctricos y neumáticos de fabricantes

### A8.1 FESTO:

#### Actuador Neumático DSGB

Fuerzas [N] y energía del impacto [J]				
Diámetro del émbolo	160	200	250	320
Fuerza teórica con 6 bar, avance	12064	18850	29452	48255
Fuerza teórica con 6 bar, retroceso	11310	18096	28274	46385
Energía máx. de impacto en las posiciones finales				
DSBG-...	3,3	4,8	7,2	12,6
DSBG-...-T1/-T4	2,3	4	4,2	6

Fig. A8.1 Sistema de control computarizado CETAM-PUCP  
Fuente: Festo [11]

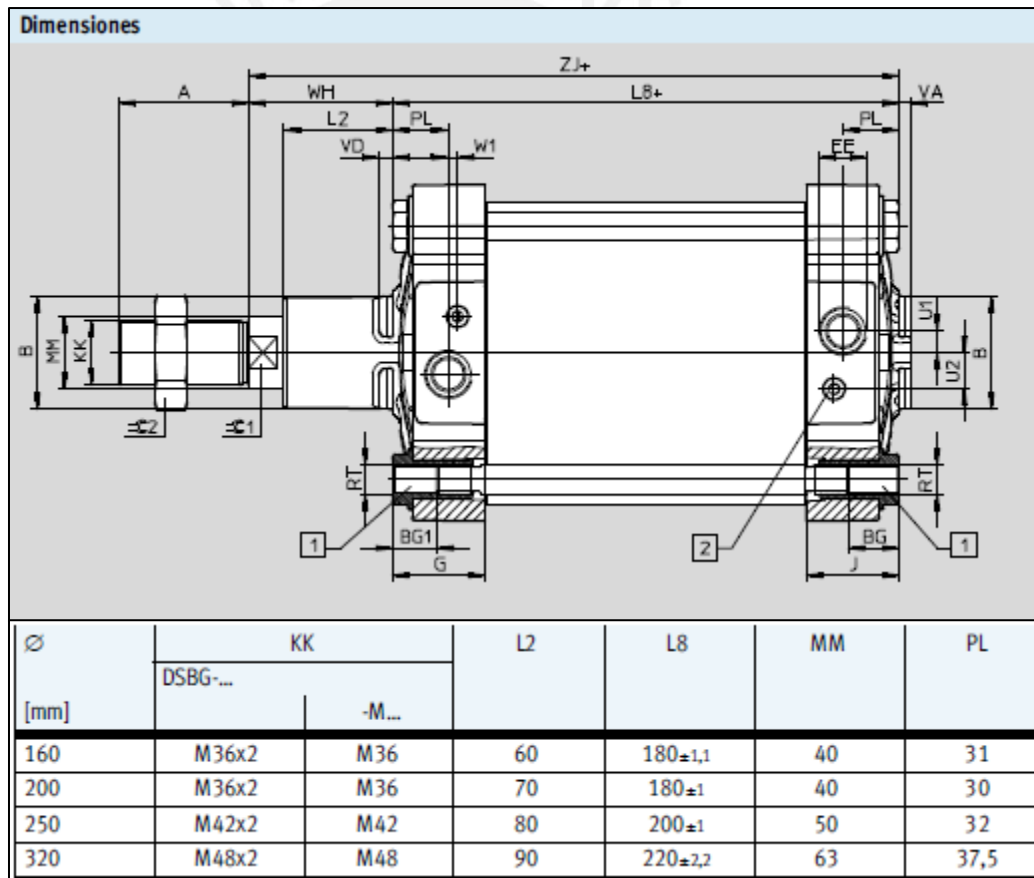
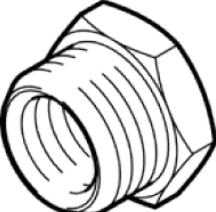


Tabla A8.2 Dimensionamientos de cilindro DSGB-160-250-P-A  
Fuente: Festo [11]

Datos técnicos generales							
Función de válvula		3/2		5/2		5/3	
Posición normal		G <sup>1)</sup>	O <sup>2)</sup>	–	–	G <sup>1)</sup>	B <sup>2)</sup> E <sup>3)</sup>
Comportamiento		Monoestable			Biestable Monoestable		
Recuperación por muelle neumático		Sí			– No		
Recuperación por muelle mecánico		No			– Sí		
Construcción		Válvula de corredera					
Tipo de junta		Por junta de material sintético					
Tipo de accionamiento		Eléctrico					
Tipo de mando		Servopilotaje					
Alimentación del aire de pilotaje		Interna o externa					
Sentido del flujo		–			Reversible con alimentación externa del aire de pilotaje		
Función de escape		–			Con estrangulación		
Accionamiento manual auxiliar		Con pulsador; con accesorio, enclavado					
Tipo de fijación		Mediante tornillos					
Posición de montaje		Indistinta					
Conexión neumática		1, 2, 4		Conexión roscada: G <sup>3)</sup> / <sub>8</sub> , conexión QS: Ø 10 ó Ø 12 mm			
		3, 5		Conexión roscada: G <sup>3)</sup> / <sub>8</sub>			
		12, 14		Conexión roscada: M5, conexión QS: Ø 6			
		82, 84		Conexión roscada: M5			
Diámetro nominal		[mm]		11			
Caudal nominal		G <sup>3)</sup> / <sub>8</sub>		2 500		3 200 3 000 2 600 2 650	
		QS10		[l/min]		1 250	
		QS12		[l/min]		1 650 1 600	
Tiempo de conexión/desconexión		[ms]		50/33		40/50 – 25/55	
Tiempo de conmutación		[ms]		–		25 –	
Tiempo de utilización		[%]		100			
Tamaño		[mm]		24			
Clase de resistencia a la corrosión		CRC		2 <sup>4)</sup>			

Tabla A8.3 Dimensionamientos de cilindro DSGB-160-250-P-A  
Fuente: Festo [11]

**Boquilla reductora**  
**NPFC-R-G34-G12-MF**  
Número de artículo: 8030313 **FESTO**



**Hoja de datos**

Característica	Propiedades
Información sobre el material del racor roscado	latón niquelado
Tamaño del depósito	10
Presión de funcionamiento	-0,95 ... 50 bar
Fluido	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [:::–]
Clase de resistencia a la corrosión KBK	1
Temperatura ambiente	-20 ... 150 °C
Peso del producto	39,3 g
Conexión neumática 1	G <sup>3)</sup> / <sub>4</sub>
Conexión neumática 2	G <sup>1)</sup> / <sub>2</sub>
Indicación sobre el material	Conforme con RoHS

Tabla A8.4 Dimensionamientos de Boquilla NPFC-R-G34-G12-MF

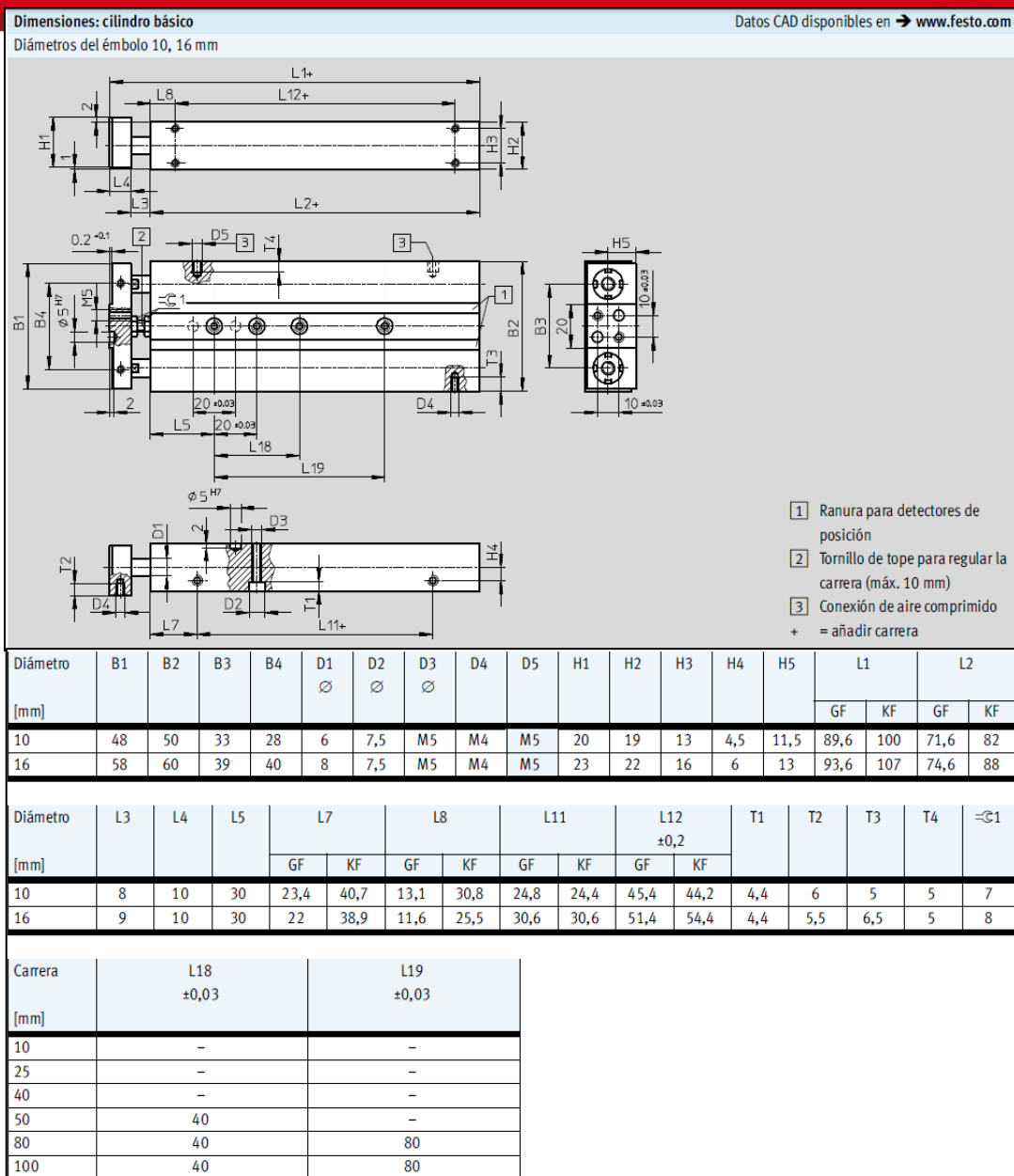
Datos técnicos					
Diámetro del émbolo		160	200	250	320
Forma constructiva	Émbolo / Vástago / Camisa del cilindro				
Funcionamiento	Doble efecto				
Conexión neumática		G3/4	G3/4	G1	G1
Carrera <sup>1)</sup>					
DSBG-... [mm]		1 ... 2700		1 ... 2250	
DSBG-...-...E [mm]		1 ... 2000			
DSBG-...-...L [mm]		1 ... 2000			
Amortiguación					
DSBG-...-P	Amortiguación por topes elásticos/placa a ambos lados				
DSBG-...-PPV	Amortiguación neumática regulable en ambos lados				
Carrera de amortiguación [mm]		48	55	65	
Detección de la posición	Para sensores de proximidad				
Tipo de fijación	Con rosca interior/accesorios				
Posición de montaje	Indistinta				

**Tabla A8.5 Datos técnicos generales DSBG**  
Fuente: Festo [111]

### Electroválvula neumática DPZ:

Datos técnicos generales								
Función de válvula		3/2		5/2		5/3		
Posición normal		G <sup>1)</sup>	O <sup>2)</sup>	-	-	G <sup>1)</sup>	B <sup>2)</sup>	E <sup>3)</sup>
Comportamiento		Monoestable			Biestable		Monoestable	
Recuperación por muelle neumático		Sí			-		No	
Recuperación por muelle mecánico		No			-		Sí	
Construcción	Válvula de corredera							
Tipo de junta	Por junta de material sintético							
Tipo de accionamiento	Eléctrico							
Tipo de mando	Servopilotaje							
Alimentación del aire de pilotaje	Interna o externa							
Sentido del flujo		-			Reversible con alimentación externa del aire de pilotaje			
Función de escape		-			Con estrangulación			
Accionamiento manual auxiliar	Con pulsador; con accesorio, enclavado							
Tipo de fijación	Mediante taladros							
Posición de montaje	Indistinta							
Conexión neumática	1, 2, 4	Conexión roscada: G1/8, conexión QS: Ø 6.6 Ø 8 mm						
	3, 5	Conexión roscada: G1/8						
	12, 14	Conexión roscada: M3, conexión QS: Ø 3						
	82, 84	Conexión roscada: M3						
Diámetro nominal [mm]		6						
Caudal nominal G1/8 [l/min]		900	800	750	700			

**Tabla A8.6 Datos técnicos generales DPZ**  
Fuente: Festo [111]




**Tabla A8.7 Plano mecánico de actuador neumático DPZ**  
Fuente: Festo [10]

DPZ con guía de deslizamiento GF					
Carrera [mm]	Diámetro del émbolo [mm]				
	10	16	20	25	32
<b>Pesos [g]</b>					
0	234	389	568	838	1 389
10	257	416	607	891	1 473
25	291	456	666	971	1 598
40	325	496	725	1 052	1 723
50	348	523	764	1 105	1 806
80	417	603	882	1 265	2 057
100	463	657	960	1 372	2 223

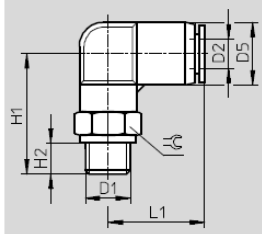
**Tabla A8.8 Masa de actuador neumático DPZ**  
Fuente: Festo [10]

### Racor Neumático para actuador neumático DPZ:

Racor rápido roscado en L QSL  
Orientable  
Rosca exterior con hexágono exterior



Rosca G




**Dimensiones y datos para efectuar los pedidos**

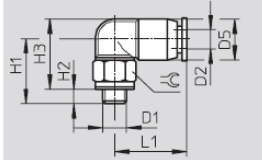

Conexión	Diámetro nominal [mm]	Para tubo de diámetro exterior D2	D5 Ø	H1	H2	L1	≈G	Peso/ unidad [g]	Nº de art.	Tipo	PE*
G $\frac{1}{8}$	2,3	4	10	23,3	5,1	18	13	14	186116	QSL-G $\frac{1}{8}$ -4	10
									132048	QSL-G $\frac{1}{8}$ -4-100	100
	3,6	6	12,5	24	5,1	19,8	13	15	186117	QSL-G $\frac{1}{8}$ -6	10
									132049	QSL-G $\frac{1}{8}$ -6-100	100
	4,6	8	14,5	27	5,1	22,7	14	18	186119	QSL-G $\frac{1}{8}$ -8	10
									132050	QSL-G $\frac{1}{8}$ -8-50	50

**Tabla A8.9 Masa de actuador neumático DPZ**  
Fuente: [10]

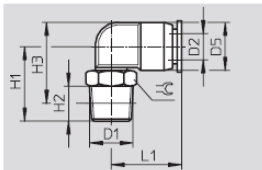
Racor rápido roscado en L QSML-B  
Orientable en 360°  
Rosca exterior con hexágono exterior



Rosca M

Rosca R



**Dimensiones y referencias**

Conexión	Diámetro nominal [mm]	Para tubo de diámetro exterior D2	D5 Ø	H1	H2	H3	L1	≈G	Peso/ unidad [g]	Nº de art.	Tipo	PE*	
M3	0,8	3	6	12	2,5	12,5	11	5,5	1,5	132106	QSML-B-M3-3-20	○ Nuevo	20
	1,3	4	8	14	2,5	15,5	15,7	8	3	130899	QSML-B-M3-4-20		20
M5	1,5	3	6	13,5	3	13,5	11	8	2,8	132107	QSML-B-M5-3-20	○ Nuevo	20
	1,7	4	8	13,5	3	14,5	15,7	8	3,4	130900	QSML-B-M5-4-20		20
	2,1	6	10,5	14,5	3	16,8	16,3	8	4,1	130901	QSML-B-M5-6-20		20
M7	2,0	4	8	17	5,5	15,5	15,7	10	5,6	132108	QSML-B-M7-4-20	○ Nuevo	20
	2,4	6	10,5	18	5,5	17,5	16,3	10	6,2	132109	QSML-B-M7-6-20	○ Nuevo	20

**Tabla A8.10 Masa de actuador neumático DPZ**  
Fuente: Festo [10]



### Electroválvula de vacío VADMI-95

Datos técnicos generales												
Datos neumáticos												
Margen de presión máx.	[bar]	0 ... -0,95										
Punto de conmutación	[bar]	0 ... -0,9 (ajustable)										
Histéresis	[bar]	0,05 ... 0,5 (ajustable)										
Influencia de la temperatura		± 5 mbar/10K (en el punto de conmutación)										
Datos eléctricos												
Tensión de funcionamiento	[V DC]	24 (15 ... 30)										
Caída de tensión	[V]	1,2 (en la salida de conexión)										
Corriente en la salida de conexión	[mA]	130										
Consumo interno máx.	[mA]	25										
Retardo máx. de conmutación	[ms]	5										
Conexión		Con polos inconfundibles										
Datos mecánicos												
Función		Vacuostato piezorresistivo con punto de conmutación e histéresis ajustables										
Condiciones ambientales												
Clase de protección		IP65										
Datos técnicos generales												
Díámetro nominal		45	70	95	140	200	300					
Construcción		En forma de T										
Posición de montaje		Indistinta										
Característica del expulsor		Alto vacío										
Tipo de fijación		Indistintamente con rosca interior, con taladro pasante										
Conexión neumática 1/2		M5/M5	M5/G <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	G <sup>1</sup> / <sub>8</sub> /G <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	G <sup>1</sup> / <sub>8</sub> /G <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	G <sup>1</sup> / <sub>4</sub> /G <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	G <sup>1</sup> / <sub>4</sub> /G <sup>3</sup> / <sub>8</sub>					
Díámetro nominal de la tobera Laval	[mm]	0,45	0,7	0,95	1,4	2,0	3,0					
Tiempo de utilización	[%]	100										
Consumo	[W]	1,4		1,5 servopilotada								
Clase de protección		IP65										
Datos técnicos generales												
Díámetro de la ventosa	[mm]	2	5	8	10	15	30	40	55	75	100	125
Conexión de vacío		M3	M5	M5	M5	G <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	G <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	G <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	G <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	G <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	G <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	G <sup>3</sup> / <sub>8</sub>
Posición de la conexión		Arriba										
Díámetro nominal	[mm]	1	1,5	2	2	3	3	4	4	4	4	7
Forma de la ventosa		Redonda, plana										
Tipo de fijación		Mediante conexión de vacío										
Posición de montaje		Indistinta										
Presión nominal de funcionamiento	[bar]	-0,7										
Fuerza de sujeción con presión nominal -0,7 bar	[N]	0,14	0,9	1,6	4,5	7,9	34	56	106	197	397	606
Díámetro de aspiración eficaz	[mm]	1,6	4	5,5	8	12	25	32	44	60	85	105
Volumen de las ventosas	[cm <sup>3</sup> ]	0,03	0,03	0,095	0,12	0,328	1,29	3,47	8,01	18,3	33,5	79,1
Compensación de altura	[mm]	0,5	0,5	0,9	1,1	1,2	1,9	3	3,5	3,5	3,5	6

**Tabla A8.11 Datos técnicos generales de electroválvula VADMI-95**  
Fuente: Festo [241]

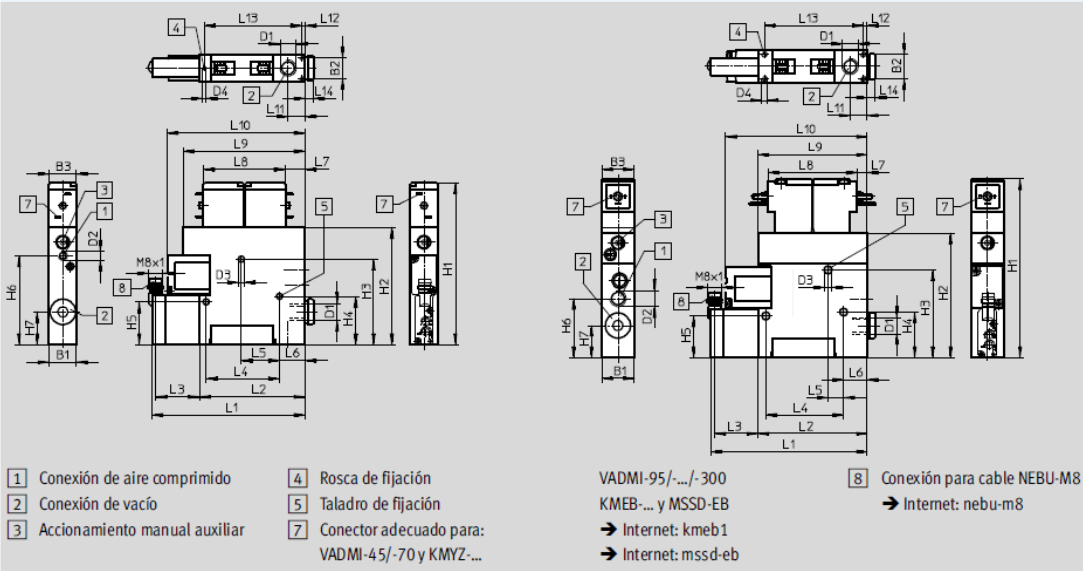
Pesos [g]						
Díámetro nominal	45	70	95	140	200	300
VADM-...	60	140	210	290	320	340
VADM-...P/-N	65	145	220	300	330	350
VADMI-...	85	170	240	320	350	370
VADMI-...P/-N/-LS-P	90	180	250	330	360	380

**Tabla A8.12 Masas de electroválvula VADMI-95**  
Fuente: Festo [241]

Dimensiones

VADMI-45/-70-P/-N/-LS-P

VADMI-95/-140/-200/-300-P/-N/-LS-P

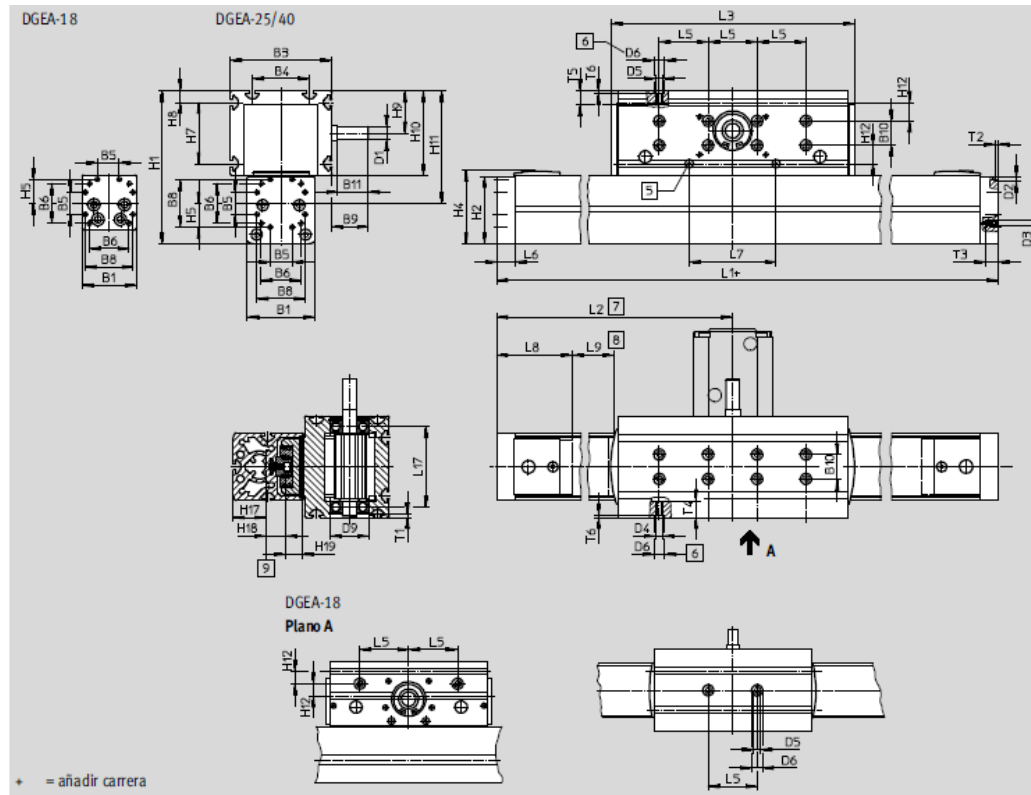


Tipo	B1	B2	B3	D1	D2	D3	D4	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
VADMI-45-P/-N	10	6,2	10	M5	M5	3,2	M2	78,2	58,2	40,8	23,8	23,8	43,4	18
VADMI-70-P/-N	15	11,2	15	G $\frac{1}{8}$	M5	3,2	M2	88,9	64,4	47	26,5	23,5	48,8	18
VADMI-95-P/-N	18	13,4	18	G $\frac{1}{8}$	G $\frac{1}{8}$	4,2	M2,5	99,4	69,4	48,9	25,5	23,3	33	18
VADMI-140-P/-N	22	16,6	18	G $\frac{1}{4}$	G $\frac{1}{8}$	5,2	M3	113,4	83,4	61,4	41,4	41,4	36	17,5
VADMI-200-P/-N	22	16,6	18	G $\frac{3}{8}$	G $\frac{1}{4}$	5,2	M3	119,4	89,4	67,7	41,4	41,4	40	19
VADMI-300-P/-N	22	16,6	18	G $\frac{3}{8}$	G $\frac{1}{4}$	5,2	M3	119,4	89,4	67,7	41,4	41,4	40	19
VADMI-45-LS-P	10	6,2	10	M5	M5	3,2	M2	78,2	58,2	40,8	23,8	23,8	43,4	18
VADMI-70-LS-P	15	11,2	15	G $\frac{1}{8}$	M5	3,2	M2	88,9	64,4	47	26,5	23,5	48,8	18
VADMI-95-LS-P	18	13,4	18	G $\frac{1}{8}$	G $\frac{1}{8}$	4,2	M3	99,4	69,4	48,9	25,5	23,3	33	18
VADMI-140-LS-P	22	16,6	18	G $\frac{1}{4}$	G $\frac{1}{8}$	5,2	M3	113,4	83,4	61,4	41,4	41,4	36	17,5
VADMI-200-LS-P	22	16,6	18	G $\frac{3}{8}$	G $\frac{1}{4}$	5,2	M3	119,4	89,4	67,7	41,4	41,4	40	19
VADMI-300-LS-P	22	16,6	18	G $\frac{3}{8}$	G $\frac{1}{4}$	5,2	M3	119,4	89,4	67,7	41,4	41,4	40	19

Tipo	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14
VADMI-45-P/-N	71,4	41	28,4	33,6	25	3,6	11	33	55	56	7,9	1,9	36,3	4
VADMI-70-P/-N	88,7	58,3	28,4	40,4	21	14,2	11	45	67	76,1	9,4	1,9	53,7	4,5
VADMI-95-P/-N	91,4	61	28,4	43,3	8,7	13,2	5,7	49,5	61	78,8	9,5	2,3	55	4,5
VADMI-140-P/-N	114,4	84	28,4	26	12,5	28,5	5,7	49,5	61	96,8	13,8	2,3	79,4	5
VADMI-200-P/-N	114,4	84	28,4	26	12,5	28,5	5,7	49,5	61	101,8	12,5	2,3	79,4	5
VADMI-300-P/-N	150,8	120,4	28,4	26	12,5	28,5	5,7	49,5	61	137,4	12,5	2,3	115,8	5
VADMI-45-LS-P <sup>1)</sup>	71,4	41	28,4	33,6	25	3,6	11	33	55	56	7,9	1,9	36,3	4
VADMI-70-LS-P	88,7	58,3	28,4	40,4	21	14,2	11	45	67	76,1	9,4	1,9	53,7	4,5
VADMI-95-LS-P	91,4	61	28,4	43,3	8,7	13,2	5,7	49,5	61	78,8	9,5	2,3	55	4,5
VADMI-140-LS-P	114,4	84	28,4	26	12,5	28,5	5,7	49,5	61	96,8	13,8	2,3	79,4	5
VADMI-200-LS-P	114,4	84	28,4	26	12,5	28,5	5,7	49,5	61	101,8	12,5	2,3	79,4	5
VADMI-300-LS-P	150,8	120,4	28,4	26	12,5	28,5	5,7	49,5	61	137,4	12,5	2,3	115,8	5

Tabla A8.13 Planos y medidas del actuador de vacío VADMI-95  
Fuente: Festo [24]

### Actuador eléctrico DGEA



Tamaño	Variante	B1	B3	B4	B5 ±0,1	B6	B8	B9	B10	B11	D1 ∅ h6	D2 ∅	D3
18	KV/KH	44	67	32	18	32,5	39,1	16	-	12	8	3,3	M4
25	KV/KH	55	83	47	18	32,5	39,1	29,8	20	25	11	3,3	M4
40	KV/KH	80	111,8	72	28	49	53	30,1	40	25	15	4,4	M5
	LV/LH												
Tamaño	Variante	D4	D5	D6 ∅ H7	D7	D8 ∅	D9 ∅ H7	D10 ∅ g7	H1	H2	H4	H5	H7
18	KV/KH	M6	M6	9	M4	32	28	44	99	45	50,8	19,55	20
25	KV/KH	M6	M6	9	M6	48	32	64	128	57,7	63,1	19,55	50
40	KV/KH	M6	M6	9	M6	48	40	64	197	85	91,3	26,5	72
	LV/LH				M8	78		118					
Tamaño	Variante	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14 ±0,1	H15	H16	H17	H18	H19
18	KV/KH	8	30,5	52	77	10	-	19	-	45	19,6	10	14,3
25	KV/KH	9,5	32,5	69	95	15	-	28	-	60	27,1	16	13,3
40	KV/KH	15,5	55,5	110	153	16	-	28	-	60	42,8	21,5	18
	LV/LH							39		44,5			
Tamaño	Variante	L1	L2	L3	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13
18	KV/KH	419,5	210	138	40	13	28	58	81	45	38	-	40
25	KV/KH	487,5	244	202	40	15	71	60	81	65	56	-	65
40	KV/KH	662	331	256	40	15	94	81	120	65	56	-	65
	LV/LH									100	89	70	96
Tamaño	Variante	L14	L15	L16	L17	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	
18	KV/KH	3,2	-3,6	14,6	53	1,6	2	9	11	11	2,1	10	
25	KV/KH	4	2,2	22,8	65,6	2,3	2	10	11	11	2,1	13	
40	KV/KH	4	2,2	22,8	90	2,8	3	10	11	11	2,1	13	
	LV/LH	5	-0,9	35,9								18	

Tabla A8.14 Planos y medidas del actuador eléctrico DGEA

Fuente: Festo [17]

**Valores característicos de la carga aplicable en el punto de fijación de la carga útil**

Las fuerzas y los momentos indicados se refieren a la conexión para la fijación de la carga útil. No deberán superarse en funcionamiento dinámico. Además, debe tenerse en cuenta especialmente la operación de frenado.

Si el eje en voladizo está expuesto a varias fuerzas y momentos, deberán respetarse las cargas máximas admisibles y deberán cumplirse las siguientes ecuaciones:

$$\frac{F_x}{F_{x_{\max}}} + \frac{F_y}{F_{y_{\max}}} + \frac{F_z}{F_{z_{\max}}} + \frac{M_x}{M_{x_{\max}}} + \frac{M_y}{M_{y_{\max}}} + \frac{M_z}{M_{z_{\max}}} \leq 1$$

Fuerzas y momentos admisibles				
Tamaño		18	25	40
$F_{x_{\max}}$	[N]	6 000	6 000	8 400
$F_{y_{\max}}$	[N]	2 240	2 240	3 200
$F_{z_{\max}}$	[N]	2 240	2 240	3 200
$M_{x_{\max}}$	[Nm]	30	50	118
$M_{y_{\max}}$	[Nm]	125	230	407
$M_{z_{\max}}$	[Nm]	185	273	580

Momento de inercia de la masa							
Tamaño		18		25		40	
Cantidad de cabezales de accionamiento		1	2	1	2	1	2
$J_0$	[kg cm <sup>2</sup> ]	2,87	4,08	4,45	6,40	28	41,5
$J_H$	por metro de carrera [kg cm <sup>2</sup> /m]	6		8		36,5	
$J_L$	por kg de carga útil [kg cm <sup>2</sup> /kg]	1,66		1,66		3,65	
$J_G$	engranaje angular [kg cm <sup>2</sup> /m]	0,14		0,26		2,02	
$i$	relación	3		3		3	

El momento de inercia  $J_A$  de la masa de todo el eje se calcula de la manera siguiente:

Ejecución básica

$$J_A = J_0 + J_H \times \text{carrera útil [m]} + J_L \times m_{\text{carga útil [kg]}}$$

Con engranaje angular

$$J_A = J_G + \frac{J_0 + J_H \times \text{carrera útil [m]} + J_L \times m_{\text{carga útil [kg]}}}{i^2}$$

Correa dentada				
Tamaño		18	25	40
Dilatación <sup>1)</sup>	[%]	0,037	0,053	0,056
División	[mm]	3	3	5
Giro efectivo	[mm]	25,78	25,78	38,2
Constante de avance	[mm/U]	81	81	120
Constante de avance con engranaje angular integrado	[mm/U]	27	27	40

Tabla A8.15 Momentos y fuerzas del actuador DGEA  
Fuente: Festo [17]

**Fuerza en función de la superficie<sup>1)</sup>**

Tamaño		18	25	40
$l_y$	[mm <sup>4</sup> ]	$173 \times 10^3$	$432 \times 10^3$	$1759 \times 10^3$
$l_z$	[mm <sup>4</sup> ]	$135 \times 10^3$	$438 \times 10^3$	$1894 \times 10^3$

Tabla A8.16 Momento de inercia de masa del actuador DGEA  
Fuente: Festo [17]

### Ventosas y Accesorios:

**Dimensiones**

1 Conexión de aire (vacío)  
2 Rosca de fijación

Conexión de vacío	Ancho	D	Alto	H1	H2	L	L1	⌀
M5	10	M5	20,3	3,8	7,5	17,5	12,5	8
G $\frac{1}{8}$	16	G $\frac{1}{8}$	30	5	10,6	28	20	13
G $\frac{1}{4}$	20	G $\frac{1}{4}$	39	8	13,5	36	26,5	17

**Referencias**

Conexión de vacío	N° art.	Tipo
M5	151 783	LJK-M5-1/I
G $\frac{1}{8}$	151 784	LJK-1/8-1/I
G $\frac{1}{4}$	151 785	LJK-1/4-1/I

**Tabla A8.17 Accesorio de ventosas**  
Fuente: Festo [28]

**Dimensiones** Datos CAD disponibles en [www.festo.com](http://www.festo.com)

VAS-...-NBR

2 VAS-5/10:  
Anillo de junta OK  
 VAS-8/15 ... 125:  
Anillo de junta OL

Tipo	Conexión D	D1 Ø	D2 Ø	L	L1	L2	L3	⌀
VAS-2-...-NBR <sup>1)</sup>	M3	1	2	9,4	5,8	4	5,8	4,5
VAS-5-...-NBR	M5	1,5	5	16,5	10	4,5	12	8
VAS-8-...-NBR	M5	2	8	19	11,3	2,85	16,15	8
VAS-10-...-NBR	M5	2	10	19,2	11,5	4,5	14,7	8
VAS-15-...-NBR	G $\frac{1}{8}$	3	15	20,2	12	4,7	15,5	13
VAS-30-...-NBR	G $\frac{1}{8}$	3	30	21,5	12	4,7	16,8	13
VAS-40-...-NBR	G $\frac{1}{4}$	4	40	30,9	17,4	5,8	25,1	17
VAS-55-...-NBR	G $\frac{1}{4}$	4	55	33,9	17,4	5,8	28,1	17
VAS-75-...-NBR	G $\frac{1}{4}$	4	75	28	17	5,8	22,2	17
VAS-100-...-NBR	G $\frac{1}{4}$	4	100	28	17	5,8	22,2	17
VAS-125-...-NBR	G $\frac{3}{8}$	7	125	36	20	6,05	29,95	19

**Tabla A8.18 Ventosa tipo VAS**  
Fuente: Festo [28]

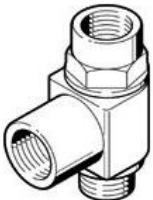
Referencias				
Diámetro de la ventosa [mm]	Conexión de vacío	Peso [g]	N° art.	Tipo
2	M3	1	173438	VAS-2-M3-NBR
5	M5	2	173439	VAS-5-M5-NBR
8	M5	4	34588	VAS-8-M5-NBR
10	M5	3	173440	VAS-10-M5-NBR
15	G 1/8	11	36142	VAS-15-1/8-NBR
30	G 1/8	13	34587	VAS-30-1/8-NBR

Tabla A8.19 Ventosa tipo VAS  
Fuente: Festo [28]

### Racor en L LJK-1/8-I/I

Número de artículo: 151784

con conexión de aire lateral, giratoria 360°.



Condiciones de servicio generales

Hoja de datos

#### Hoja de datos

Característica	Propiedades
Fecha de entrega:	→ Indicación
Posición de montaje	indistinto
Presión de funcionamiento	-0,95 ... 8 bar
Fluido	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [:-:-]
Temperatura ambiente	-10 ... 60 °C
Peso del producto	25 g
Fijación de la ventosa	G 1/8
Conexión de vacío	G 1/8
Indicación sobre el material	Exento de cobre y PTFE

Característica	Propiedades
Fecha de entrega:	→ Indicación
Tamaño	Estándar
Diámetro nominal	4 mm
Tipo de junta del eje atornillable	Junta anular
Posición de montaje	indistinto
Tamaño del depósito	10
Construcción	Principio Push-Pull
Presión de funcionamiento en todo el margen de temperatura	-0,95 ... 6 bar
Presión de funcionamiento en función de la temperatura	-0,95 ... 14 bar
Fluido	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [:-:-] Agua según declaración del fabricante en <a href="http://www.festo.com">www.festo.com</a>
Indicación sobre los fluidos de funcionamiento y de mando	Opción de funcionamiento con lubricación
Clase de resistencia a la corrosión KBK	1
Temperatura ambiente	-10 ... 80 °C
Homologación	Germanischer Lloyd
Par de apriete nominal	7 Nm
Tolerancia para el par de apriete nominal	± 20 %
Peso del producto	9,1 g
Conexión neumática 1	Rosca exterior G1/8
Conexión neumática 2	Para diámetro exterior del tubo flexible de 6 mm
Color del anillo extractor	azul
Indicación sobre el material	Conforme con RoHS
Información sobre el material del cuerpo	latón niquelado
Información sobre el material del anillo de liberación	POM
Información sobre el material de la junta del tubo flexible	NBR
Información sobre el material del segmento de sujeción del tubo flexible	Acero inoxidable de aleación fina

Tabla A8.20 Accesorios de ventosa tipo VAS  
Fuente: Festo [28]

**Tubos flexibles PUN para aire presurizado:**

Tubos de material sintético PUN								FESTO
Hoja de datos								
Dimensiones y referencias								
Diámetro exterior	Diámetro interior	Radio de curvatura mín.	Radio de curvatura relevante para el caudal	Peso	Color	Nº de artículo	Tipo	PE <sup>1)</sup>
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[kg/m]				[m]
12,0	8,0	33	62	0,0767	Plateado	152589	PUN-12x2-SI	50
					Plateado	525743	PUN-12x2-SI-200	200
					Azul	159670	PUN-12x2-BL	50
					Azul	525750	PUN-12x2-BL-200	200
					Negro	159671	PUN-12x2-SW	50
					Negro	553941	PUN-12x2-SW-200	200
					Amarillo	178421	PUN-12x2-GE	50
					Verde	178428	PUN-12x2-GN	50
					Rojos	178414	PUN-12x2-RT	50
Dimensiones y referencias								
Diámetro exterior	Diámetro interior	Radio de curvatura mín.	Radio de curvatura relevante para el caudal	Peso	Color	Nº de artículo	Tipo	PE <sup>1)</sup>
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[kg/m]				[m]
6,0	4,0	16	26,5	0,0192	Plateado	152586	PUN-6x1-SI	50
					Plateado	525740	PUN-6x1-SI-500	500
					Azul	159664	PUN-6x1-BL	50
					Azul	525747	PUN-6x1-BL-500	500
					Negro	159665	PUN-6x1-SW	50
					Negro	553938	PUN-6x1-SW-500	500
					Amarillo	178418	PUN-6x1-GE	50
					Verde	178425	PUN-6x1-GN	50
					Rojos	178411	PUN-6x1-RT	50
Posibles combinaciones de racores rápidos enchufables y tubos flexibles								
Tipo	Rosca	Diámetro exterior del tubo flexible [mm]						
		3	4	6	8	10	12	16
Mini QSM	M3	++	+	-	-	-	-	-
	M5	+	++	+	-	-	-	-
	M6	-	++	-	-	-	-	-
	M7	-	+	++	-	-	-	-
	M8	-	-	++	-	-	-	-
	R <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	-	+	++	-	-	-	-
	G <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	-	+	++	-	-	-	-
Estándar QS	M5	-	++	+	-	-	-	-
	R <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	-	+	++	+	+	-	-
	R <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	-	+	+	+	+	+	-
	R <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	-	-	+	+	++	+	+
	R <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	++	+
	G <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	-	+	++	+	-	-	-
	G <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	-	-	++	++	+	+	-
	G <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	-	-	-	+	++	+	+
	G <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	++	+

**Tabla A8.21 Tubos flexibles PUN – Características**  
Fuente:Festo [12]

### Sensor magnetorresistivo:

**Dimensiones** Datos CAD disponibles en [www.festo.com](http://www.festo.com)

SME-8M-...-M12 – Cable con conector tipo clavija M12x1, rosca giratoria

- 1 Diodo luminoso amarillo
- 2 Centro del elemento del sensor
- 3 Elemento de sujeción, par de apriete 0,6 Nm
- 4 Portaetiquetas
- 5 Cable de conexión
- 6 Conector tipo clavija para cable de conexión NEBU-M12

L1 Largo del cable

Tipo	B1	D1 Ø	D2	D3	H1	L2	L3	L4	L5	≈ 1
SME-8M-...-M12	5	2,9	15	M12x1	4,6	54,5	34,8	31,8	23	1,5

Referencias						
	Salida de conmutación	Conexión eléctrica		Longitud del cable [m]	Nº art.	Tipo
		Cable	Cable con conector tipo clavija M8x1, rosca giratoria			
	Contacto normalmente abierto					
	Con contacto bipolar	Trifilar	-	2,5	543852	SME-8M-DS-24V-K-2,5-0-E
			-	5,0	543863	SME-8M-DS-24V-K-5,0-0-E
			-	7,5	543876	SME-8M-DS-24V-K-7,5-0-E
	-	3 contactos	0,3	543861	SME-8M-DS-24V-K-0,3-M8D	
Bifilar	-	2,5	543872	SME-8M-ZS-24V-K-2,5-0-E		
Contacto normalmente cerrado						
Con contacto bipolar	Trifilar	-	7,5	546799	SME-8M-DO-24V-K-7,5-0-E	

Tabla A8.22 Sensor magnetorresistivo  
Fuente: Festo [23]





Electroválvulas CPE24-M1H-5J-QS-12 - CPE14-M1BH-5J-1/8 y Accesorios:

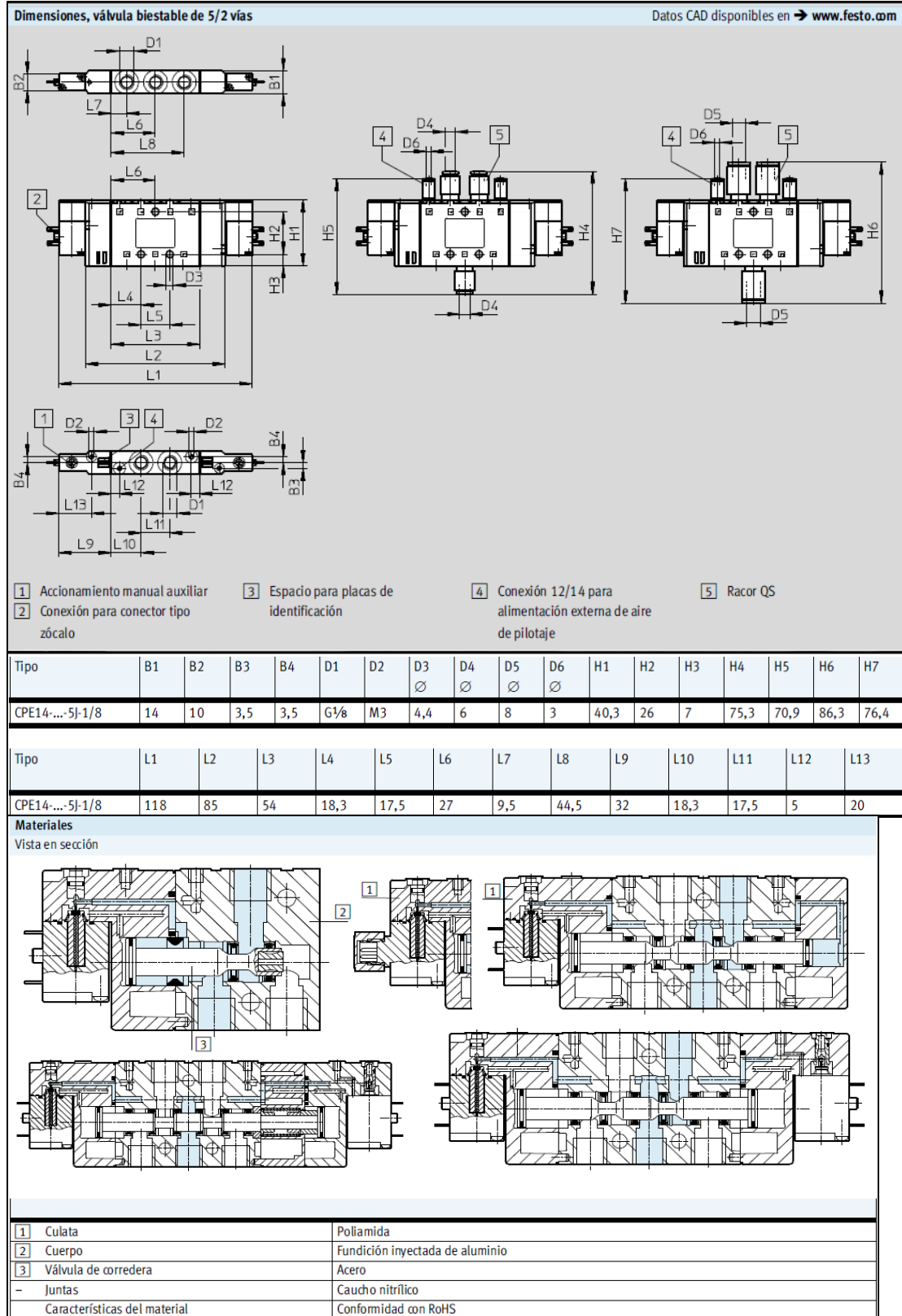


Tabla A8.23 Electroválvula CPE14-M1BH-5J-1/8

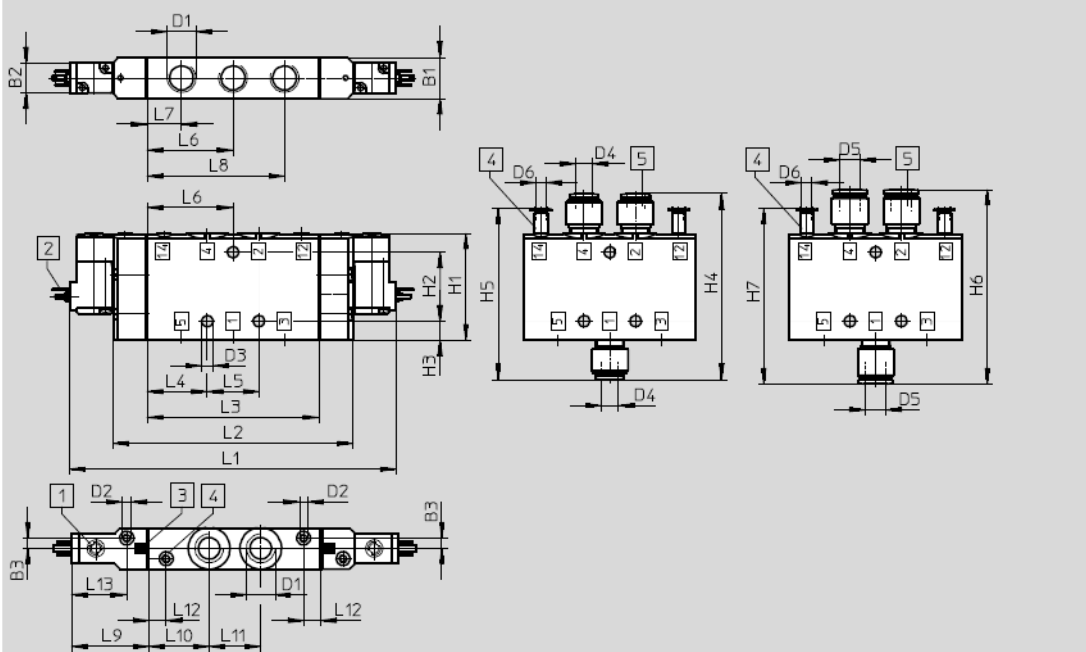
Fuente: Festo I271

Dimensiones: válvula biestable de 5/2 vías

Datos CAD disponibles en [www.festo.com](http://www.festo.com)

Conexión roscada

Conexión por racor



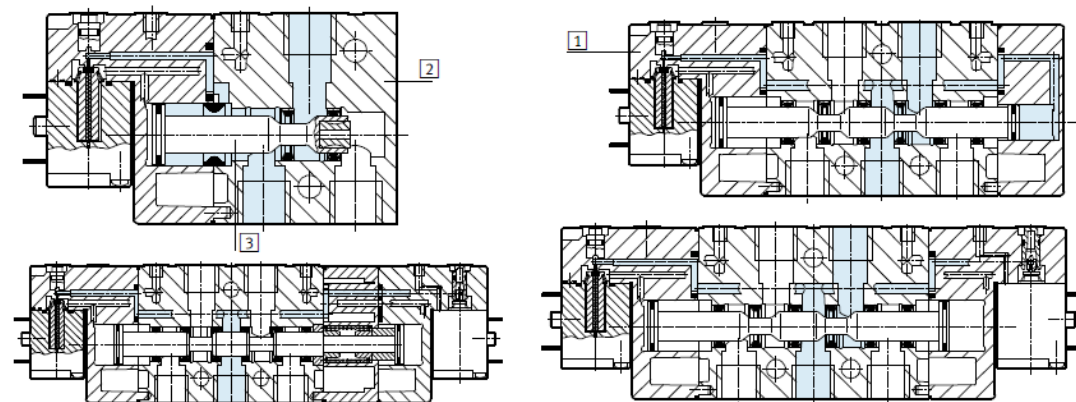
- 1 Accionamiento manual auxiliar
- 2 Conexión para conector tipo zócalo
- 3 Espacio para placas de identificación
- 4 Conexión 12/14 para alimentación externa de aire de pilotaje
- 5 Racor QS

Tipo	B1	B2	B3	D1	D2	D3 Ø	D4 Ø	D5 Ø	D6 Ø	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
CPE24-...-5J-3/8	24	17,5	6	G3/8	M5	6,5	10	12	6	62	40	11	108	99,5	113	102

Tipo	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13
CPE24-...-5J-3/8	190	140	100	35	30	50	20	80	45	35	30	10	32

Materiales

Vista en sección

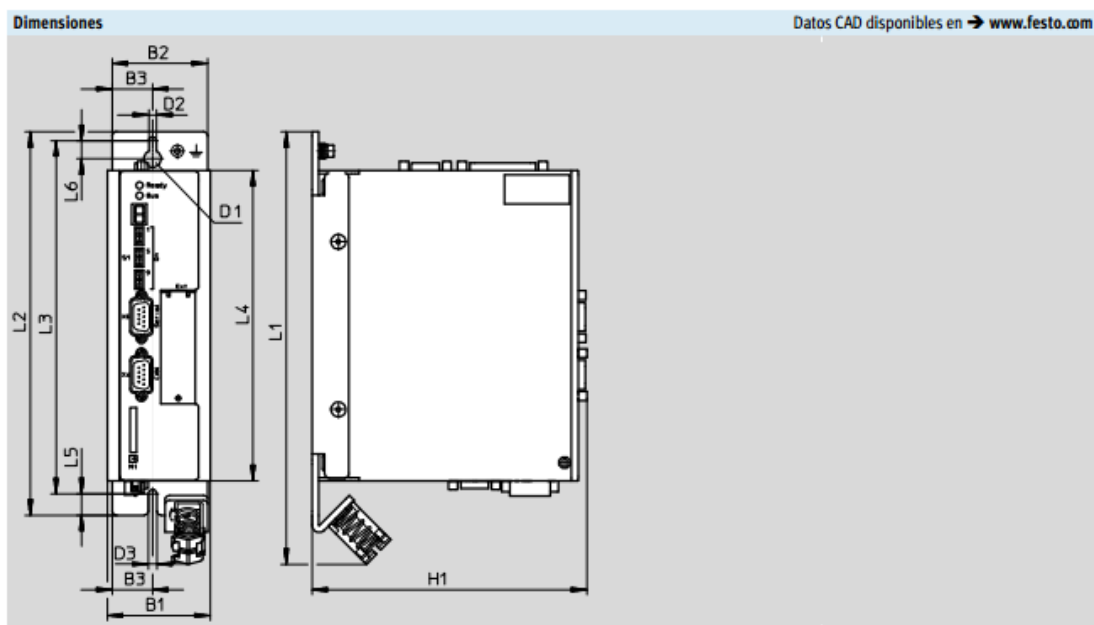


1	Culata	Poliamida
2	Cuerpo	Fundición inyectada de aluminio
3	Válvula de corredera	Acero
-	Juntas	Caucho nitrílico
	Características del material	Conformidad con RoHS

Tabla A8.24 Electroválvula CPE24-M1H-5J-QS-12

Fuente: Festo [27]

## Controlador CMMS-ST-C8-7-G2 y Accesorios



Tipo	B1	B2	B3	D1 ∅	D2 ∅	D3 ∅	H1
CMMS-ST	60	56	24	10	4,5	5	161

Tipo	L1	L2	L3	L4	L5	L6
CMMS-ST	252	224	206,25	181	12,5	15,75

**Tabla A8.25 Controlador CMMS-ST-C8-7-G2**  
Fuente: Festo [15]

Datos técnicos generales	
Tipo de fijación	Atomillado en placa de montaje
Modo de funcionamiento	Paso final PWM-MOSFET
Accionamiento del motor	Intensidad senoide
Frecuencia [kHz]	Constante 50
Transmisor de la posición del rotor	Encoder
Indicador	Visualizador de siete segmentos
Interface de parametrización	RS232 (9 600 ... 115 000 bits/s)
Interface del encoder, entrada	En funcionamiento sincronizado, como valor nominal de revoluciones/posiciones del actuador tipo slave RS422
Interface del encoder, salida	Valor nominal para el actuador slave conectado detrás
Resistencia de freno, integrada [Ω]	17
Rendimiento del impulso de la resistencia de frenado [kVA]	0,5
Resistencia del terminal de bus	Integrado
Impedancia de la entrada del valor nominal [kΩ]	20
Cantidad de salidas analógicas	1
Margen de funcionamiento de las salidas analógicas [V]	±10
Propiedades de las salidas lógicas digitales	En parte, configuración libre
Cantidad de entradas analógicas	1
Margen de funcionamiento de las entradas analógicas [V]	±10
Filtro de red	Integrado
Peso del producto [g]	900

**Tabla A8.26: Datos técnicos generales CMMS-ST-C8-7-G2**  
Fuente: Festo [15]

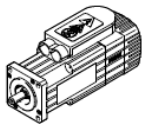
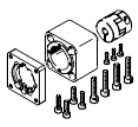



**Tabla A8.27: Características Eléctricas Controlador CMMS-ST-C8-7-G2**  
Fuente: Festo [15]

Datos eléctricos	
En general	
Regulación de la intensidad nominal	Mediante software
Duración máx. de la corriente máx. [s]	2
Tensión máxima entre circuitos [V DC]	48
Alimentación de carga	
Tensión nominal [V DC]	24 ... 48
Corriente nominal [A]	8
Pico de corriente [A]	12
Alimentación de la parte lógica	
Tensión nominal [V DC]	24 ±20%
Corriente nominal [A]	0,3
Intensidad máx., salidas lógicas digitales [mA]	100
Condiciones de funcionamiento y del entorno	
Salidas digitales	Sin separación galvánica
Entradas digitales	Con separación galvánica
Clase de protección	IP20
Función de protección	Control I <sup>2</sup> t Control de la corriente Detección de interrupción de la tensión Detección de errores de seguimiento Control de temperatura
Temperatura ambiente [°C]	0 ... +50
Temperatura de almacenamiento [°C]	-25 ... +70
Humedad relativa [%]	0 ... 90 (sin condensación)
Símbolo CE (consultar declaración de conformidad)	Según directiva de máquinas UE CEM <sup>1</sup> Según directiva de máquinas UE
Certificación	c UL us - listed (OL) C-Tick BIA
Organismo que extiende el certificado	BG MFS 09031
Función de seguridad	Safe Torque off (STO)
Safety Integrity Level (SIL)	Safe Torque off (STO) / SIL 2
Performance Level (PL)	Safe Torque off (STO) / categoría 3, nivel de rendimiento d
Características del material	Conformidad con RoHS

## Motor paso a paso y Accesorios:

Tabla A8.28 Motor paso a paso EMMS-ST-87-S-SEB-G2 y accesorios

Fuente: Festo [20]

Especificaciones técnicas generales							
Tamaño	87-S		87 M		87-L		
<b>Motor</b>							
Tensión nominal	[V DC]	48					
Corriente nominal	[A]	9,5					
Velocidad de giro máxima <sup>1)</sup>	[1/min]	2130		550		430	
Momento de sujeción	[Nm]	2,5		5,9		9,3	
Ángulo de paso	[°]	1,8 ±5%					
Resistencia de la bobina	[Ω]	0,1 ±10%		0,23 ±10%		0,23 ±10%	
Inductancia de la bobina	[mH]	0,45		2,6		2,7	
Momento de inercia de salida	[kg cm <sup>2</sup> ]	1/1,07 <sup>2)</sup>		1,9/1,97 <sup>2)</sup>		3/3,07 <sup>2)</sup>	
Carga radial en el eje	[N]	200					
Carga axial en el eje	[N]	65					
Momento de inercia del rotor	[kgcm <sup>2</sup> ]	1		1,9		3	
<b>Freno</b>							
Tensión de funcionamiento	[V DC]	24 ±10%					
Potencia	[W]	11					
Momento de sujeción	[Nm]	2					
Momento de inercia de la masa	[kgcm <sup>2</sup> ]	0,07					
Tiempo de respuesta	[ms]	2/6		2/6		2/6	
Tiempo de separación	[ms]	25					
<b>Datos técnicos: encoder</b>							
Transmisor de la posición del rotor	Incremental						
Transmisor de posición del rotor, principio de medición	óptico						
Impulsos/Revoluciones	[1/rev]	500					
Interfaz	RS422, TTL, canal AB, índice cero						
Tensión de alimentación	[V DC]	5					
<b>Pesos [g]</b>							
Tamaño	28	42	57-S	57 M	87-S	87 M	87-L
Peso del producto	320	360	870	1100	1950	3050	4200
Conencoder	380	450	970	1200	2100	3200	4350
Confreno	320	540	1090	1320	2350	3450	4600
Conencoder y freno	380	600	1150	1380	2500	3600	5000
<b>Combinaciones admisibles con montaje axial – Ejecución básica sin reductor</b> <span style="float: right;">Hojas de datos → Internet: eamm-a</span>							
Motor	Conjunto para montaje axial	El conjunto para montaje axial incluye:					
		Brida de motor	Acoplamiento	Caja de acoplamiento			
							
Tipo	Nº art. Tipo	Nº art. Tipo	Nº art. Tipo	Nº art. Tipo			
<b>DGEA-18</b>							
Con motor paso a paso							
EMMS-ST-57-...	550956 EAMM-A-F28-57A	530081 EAMF-A-44A/B-57A	530088 EAMC-30-35-6.35-8	530468 EAMK-A-F28-44A			
EMMS-ST-87-...	550958 EAMM-A-F28-87A	530082 EAMF-A-44A/B-87A	123042 EAMC-30-35-8-11	530468 EAMK-A-F28-44A			

Fuentes de Alimentación:

Tabla A8.29 Unidades de alimentación CACN  
Fuente: Festo [26]

Dimensiones

Datos CAD disponibles en [www.festo.com](http://www.festo.com)

Tipo	B1	H1	H2	L1
CACN-3A-1-5	40	115	-	130
CACN-3A-1-10	60	152	-	130
CACN-3A-7-5	85	122	125	130

COMPRESOR INGERSOLL T30 Modelo: PB4-200-3

Tabla A8.30: Compresor INGERSOLL T30

Specifications													
Model	Motor		Pressure Max		Receiver Litres	Electrics 50 Hz	Starter	Piston Displacement l/min	Piston Displacement cfm	Dimensions mm			Weight Kg
	kW	hp	bar g	psig						Width	Length	Height	
<b>Direct Drive Portable Receiver Units</b>													
PD1.1-24-1	1.1	1.5	8	116	24	230/1	P/Switch	190	6.7	280	580	590	23
PD1.1-50-1	1.1	1.5	8	116	50	230/1	P/Switch	190	6.7	370	750	670	32
PD1.5-24-1	1.5	2.0	8	116	24	230/1	P/Switch	230	8.1	280	580	590	23
PD1.5-50-1	1.5	2.0	8	116	50	230/1	P/Switch	230	8.1	370	750	670	32
PD1.5-100-1	1.5	2.0	8	116	100	230/1	P/Switch	230	8.1	440	960	760	45
<b>Belt Drive Portable Receiver Units</b>													
PB1.5-50-1	1.5	2.0	10	145	50	230/1	P/Switch	250	8.8	410	1060	690	50
PB1.5-50-3	1.5	2.0	10	145	50	400/3	P/Switch	250	8.8	410	1060	690	50
PB1.5-100-1	1.5	2.0	10	145	100	230/1	P/Switch	250	8.8	440	1000	830	62
PB1.5-100-3-230	1.5	2.0	10	145	100	230/3	P/Switch	250	8.8	440	1000	830	62
PB1.5-100-3	1.5	2.0	10	145	100	400/3	P/Switch	250	8.8	440	1000	830	62
PB2.2-100-1	2.2	3.0	10	145	100	230/1	P/Switch	350	12.4	440	1000	830	64
PB2.2-200-1	2.2	3.0	10	145	200	230/1	P/Switch	350	12.4	450	1460	900	102
PB2.2-200-3	2.2	3.0	10	145	200	400/3	P/Switch	350	12.4	450	1460	900	102
PB3-200-3	3.0	4.0	10	145	200	400/3	P/Switch	400	14.1	450	1460	900	102
PB3-270-3	3.0	4.0	10	145	270	400/3	P/Switch	400	14.1	500	1500	970	146
<b>Belt Drive Fixed Receiver Units</b>													
PB4-200-3	4.0	5.5	10	145	200	400/3	DOL	600	21.2	450	1460	960	135
PB4-270-3-230	4.0	5.5	10	145	270	230/3	DOL	600	21.2	500	1500	1100	145
PB4-270-3	4.0	5.5	10	145	270	400/3	DOL	600	21.2	500	1500	1100	145
PB4-500-3	4.0	5.5	10	145	500	400/3	DOL	600	21.2	590	1970	1300	240
PB5.5-270-3	5.5	7.5	10	145	270	400/3	DOL	830	29.3	500	1500	1100	152
PB5.5-500-3	5.5	7.5	10	145	500	400/3	DOL	830	29.3	590	1970	1300	255
PB7.5-500-3	7.5	10.0	10	145	500	400/3	DOL	912	32.2	590	1970	1300	260

(P/Switch = Pressure Switch)

## A8.2. SCHNEIDER

### PLC TWIDO

**Tabla A8.31: Características Adicionales**  
Fuente: Schneider [36]

Power consumption	≤ 8.7 W
Insulation resistance	> 10 MOhm at 500 V, between supply and earth terminals > 10 MOhm at 500 V, between I/O and earth terminals
Program memory	3000 instructions
Exact time for 1 K instruction	1 ms
System overhead	0.5 ms
Memory description	Internal RAM 256 internal bits, no floating, no trigonometrical Internal RAM 3000 internal words, no floating, no trigonometrical Internal RAM 128 timers, no floating, no trigonometrical Internal RAM 128 counters, no floating, no trigonometrical Internal RAM double words, no floating, no trigonometrical
Free slots	1
Realtime clock	Without
Counting input number	1 20000 Hz 32 bits 3 5000 Hz 16 bits
Analogue adjustment points	1 point adjustable from 0...1023 1 point adjustable from 0 to 511 points
Marking	CE
Status LED	1 LED green PWR 1 LED green RUN 1 LED red module error (ERR) 1 LED user pilot light (STAT) 1 LED per channel green I/O status
Product weight	0.305 kg
<b>Environment</b>	
Immunity to microbreaks	10 ms
Dielectric strength	500 V for 1 minute, between supply and earth terminals 1500 V for 1 minute, between I/O and earth terminals
Product certifications	CSA UL
Ambient air temperature for operation	0...55 °C
Ambient air temperature for storage	-25...70 °C
Relative humidity	30...95 % without condensation
IP degree of protection	IP20
Operating altitude	0...2000 m
Storage altitude	0...3000 m
Vibration resistance	0.075 mm 10...57 Hz 35 mm symmetrical DIN rail 1 gn 57...150 Hz 35 mm symmetrical DIN rail 1.6 mm 2...25 Hz plate or panel with fixing kit 4 gn 25...100 Hz plate or panel with fixing kit

**Interruptores Termomagnéticos:**

**Tabla A8.32: Interruptores C60N**  
Fuente: Schneider [37]

*interruptores  
automáticos  
termomagnéticos*

## Interruptores C60N

---

**Referencias**

24051

24077

tipo	In (A)	referencia curva	ancho en pasos de 9 mm		
		B C D			
1P 	0.5	-	24067	-	2
	1	24045	24395	24625	
	2	24046	24396	24626	
	3	24047	24397	24627	
	4	24048	24398	24628	
	6	24049	24399	24629	
	10	24050	24401	24630	
	16	24051	24403	24632	
	20	24052	24404	24633	
	25	24053	24405	24634	
	32	24054	24406	24635	
	40	24055	24407	24636	
	50	24056	24408	24637	
63	24057	24409	24638		
2P 	0.5	-	24068	-	4
	1	24071	24331	24653	
	2	24072	24332	24654	
	3	24073	24333	24655	
	4	24074	24334	24656	
	6	24075	24335	24657	
	10	24076	24336	24658	
	16	24077	24337	24660	
	20	24078	24338	24661	
	25	24079	24339	24662	
	32	24080	24340	24663	
	40	24081	24341	24664	
	50	24082	24342	24665	
63	24083	24343	24666		
3P 	0.5	-	24069	-	6
	1	24084	24344	24667	
	2	24085	24345	24668	

**Funciones**

**Principales aplicaciones**  
Mando y protección contra las sobrecargas y cortocircuitos en:

- Instalaciones domésticas.
- Distribución terminal, terciario e industrial.

**Descripción**

**Características**

- Calibre In: 0,5 a 63A.
- Temperatura de referencia: 30°C (curvas B y C), 40° C (curva D).
- Tensión de empleo: 240/440 V CA.
- Tensión de impulso Uimp: 6 kV.
- Tensión de aislación Ui: 500 V.
- Poder de corte: según IEC 60898.

tipo	tensión (V) CA	PdC (Icn) (A)
1P	230	6000
2,3,4P	400	6000

■ Poder de corte: según IEC 60947-2

tipo	tensión (V) CA	PdC (Icu) (kA)
1P	130	20
	230/240	10
2,3,4P	230/240	20
	400/415	10
	440	6

Ics = 75 % de Icu



Tabla A8.33: Interruptores diferenciales IDsi  
Fuente: Schneider [37]

*protección de las personas y bienes*

*protección diferencial*

## Interruptores diferenciales IDsi “superinmunizado”


---

**Funciones**

**Ventajas tecnológicas del diferencial «si»**  
 La gama «si» incorpora en los bloques de detección de corrientes de fuga filtros electrónicos para altas frecuencias y circuitos de acumulación de energía para los transitorios lo que le permite discriminar y dar orden de disparo sólo si existe una falla real.

---


**Descripción**



**Gama IDsi clase A “superinmunizados” particularmente adaptada para asegurar la óptima protección y continuidad de servicio en instalaciones que presenten:**

- Riesgo de disparos intempestivos provocados por:
  - Fugas permanentes a 60Hz
  - Fugas transitorias de alta frecuencia
- Riesgo de no disparo del dispositivo diferencial convencional en presencia de defecto por cegado debido a:
  - Presencia de armónicos y altas frecuencias.
  - Presencia de componentes continuas (diodos, tiristores, triacs, etc.).
  - Bajas temperaturas.
- Para uso en el sector terciario e industrial:
  - Circuitos de alimentación de computadoras
  - Alumbrado fluorescente con balastos electrónicos y con variación de intensidad luminosa electrónica (dimmers).
  - Variadores de velocidad electrónicos (para motores).
- Inmunidad a disparos intempestivos: nivel de inmunidad de 3kA de cresta para los instantáneos y 5kA de cresta para los selectivos, ambos según onda periódica 8/20 us.
- Temperatura ambiente mínima de utilización de -25°C.
- Sensibilidad recomendada para protección de personas: **30mA**.
- A ser instalados con interruptores termomagnéticos K60 o C60 (en función al poder de corte necesario).

---



16234

N° de polos	tensión	sensibilidad	calibre	referencias
	V	(mA)	(A)	IDsi clase A superinmunizados
<b>instantáneos</b>				
2 polos	230	30	25	16234
		30	40	16237
		30	63	16240

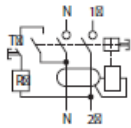




Tabla A8.34: Interruptores C60CTRL  
Fuente: Schneider [37]

**Circuit protection devices**  
**Circuit breakers**



## C60CTRL for the protection of control circuits (curve C, Z)

---

CE

Country approval pictograms



C60CTRL 1P



C60CTRL 2P

**IEC/EN 60947-2.**

"C60CTRL circuit breakers for the protection of control circuits" protect and isolate:

- control circuits for industrial equipment with contactor coils, transformers, small motors, etc.
- programmable controllers (PLCs), voltage presence indicators, measuring and monitoring instruments, etc.
- single-phase auxiliary circuits such as solenoid valves, battery chargers, etc.

■ C60CTRL circuit breakers combine the following features:

- protection of circuits against short-circuit and overload currents,
- breaking and isolation capability in the industrial sector to IEC/EN 60947-2.

■ The presence of the green strip guarantees that the contacts open physically and allows work to be carried out safely on the downstream circuit.

■ The service life of the products is improved by:

- good overvoltage withstand capacity,
- fast closure, independent of handle operating speed.

■ They can be connected upstream and downstream.

**Alternating current (AC) 50/60 Hz**

Breaking capacity (Icu) to IEC/EN 60947-2		Voltage (Ue)		Service breaking capacity (Ics)
		240 V	415 V	
Ph/Ph (2P)		240 V	415 V	50 % of Icu
Ph/N (1P)		-	240 V	
Rating (In)	1 to 4 A	100 kA	100 kA	

**Direct current (DC)**

Breaking capacity (Icu) to IEC/EN 60947-2		Voltage (Ue)		Service breaking capacity (Ics)
		60 V	125 V	
Between +/-		60 V	125 V	100 % of Icu
Number of poles		1P	2P	
Rating (In)	1 to 4 A	25 kA	30 kA	

Accesorios externos de gabinete eléctrico:

Tabla A8.35: Pulsador rojo XB4BW34B5

Fuente: Schneider [38]

<p>Product data sheet Characteristics</p>	<p><b>XB4BW34B5</b> red flush complete illum pushbutton Ø22 spring return 1NO+1NC 24V</p>																																		
	<p><b>Main</b></p> <table border="1"> <tr> <td>Range of product</td> <td>Harmony XB4</td> </tr> <tr> <td>Product or component type</td> <td>Complete illuminated push-button</td> </tr> <tr> <td>Device short name</td> <td>XB4</td> </tr> <tr> <td>Bezel material</td> <td>Chromium plated metal</td> </tr> <tr> <td>Fixing collar material</td> <td>Zamak</td> </tr> <tr> <td>Mounting diameter</td> <td>22 mm</td> </tr> <tr> <td>Sale per indivisible quantity</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Shape of signaling unit head</td> <td>Round</td> </tr> <tr> <td>Type of operator</td> <td>Spring return</td> </tr> <tr> <td>Operator profile</td> <td>Red flush</td> </tr> <tr> <td>Operator additional information</td> <td>With plain lens</td> </tr> <tr> <td>Contacts type and composition</td> <td>1 NO + 1 NC</td> </tr> <tr> <td>Contacts operation</td> <td>Slow-break</td> </tr> <tr> <td>Connections - terminals</td> <td>Screw clamp terminals : 1 x 0.22...2 x 2.5 mm<sup>2</sup> without cable end conforming to EN/IEC 60947-1 Screw clamp terminals : &lt;= 2 x 1.5 mm<sup>2</sup> with cable end conforming to EN/IEC 60947-1</td> </tr> <tr> <td>Light source</td> <td>Protected LED</td> </tr> <tr> <td>Bulb base</td> <td>Integral LED</td> </tr> <tr> <td>[Us] rated supply voltage</td> <td>24 V AC/DC, 50/60 Hz</td> </tr> </table>	Range of product	Harmony XB4	Product or component type	Complete illuminated push-button	Device short name	XB4	Bezel material	Chromium plated metal	Fixing collar material	Zamak	Mounting diameter	22 mm	Sale per indivisible quantity	1	Shape of signaling unit head	Round	Type of operator	Spring return	Operator profile	Red flush	Operator additional information	With plain lens	Contacts type and composition	1 NO + 1 NC	Contacts operation	Slow-break	Connections - terminals	Screw clamp terminals : 1 x 0.22...2 x 2.5 mm <sup>2</sup> without cable end conforming to EN/IEC 60947-1 Screw clamp terminals : <= 2 x 1.5 mm <sup>2</sup> with cable end conforming to EN/IEC 60947-1	Light source	Protected LED	Bulb base	Integral LED	[Us] rated supply voltage	24 V AC/DC, 50/60 Hz
Range of product	Harmony XB4																																		
Product or component type	Complete illuminated push-button																																		
Device short name	XB4																																		
Bezel material	Chromium plated metal																																		
Fixing collar material	Zamak																																		
Mounting diameter	22 mm																																		
Sale per indivisible quantity	1																																		
Shape of signaling unit head	Round																																		
Type of operator	Spring return																																		
Operator profile	Red flush																																		
Operator additional information	With plain lens																																		
Contacts type and composition	1 NO + 1 NC																																		
Contacts operation	Slow-break																																		
Connections - terminals	Screw clamp terminals : 1 x 0.22...2 x 2.5 mm <sup>2</sup> without cable end conforming to EN/IEC 60947-1 Screw clamp terminals : <= 2 x 1.5 mm <sup>2</sup> with cable end conforming to EN/IEC 60947-1																																		
Light source	Protected LED																																		
Bulb base	Integral LED																																		
[Us] rated supply voltage	24 V AC/DC, 50/60 Hz																																		

Tabla A8.36: Pulsador verde XB4BW33B5

Fuente: Schneider [38]

<p>Product data sheet Characteristics</p>	<p><b>XB4BW33B5</b> green flush complete illum pushbutton Ø22 spring return 1NO+1NC 24V</p>																																		
	<p><b>Main</b></p> <table border="1"> <tr> <td>Range of product</td> <td>Harmony XB4</td> </tr> <tr> <td>Product or component type</td> <td>Complete illuminated push-button</td> </tr> <tr> <td>Device short name</td> <td>XB4</td> </tr> <tr> <td>Bezel material</td> <td>Chromium plated metal</td> </tr> <tr> <td>Fixing collar material</td> <td>Zamak</td> </tr> <tr> <td>Mounting diameter</td> <td>22 mm</td> </tr> <tr> <td>Sale per indivisible quantity</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Shape of signaling unit head</td> <td>Round</td> </tr> <tr> <td>Type of operator</td> <td>Spring return</td> </tr> <tr> <td>Operator profile</td> <td>Green flush</td> </tr> <tr> <td>Operator additional information</td> <td>With plain lens</td> </tr> <tr> <td>Contacts type and composition</td> <td>1 NO + 1 NC</td> </tr> <tr> <td>Contacts operation</td> <td>Slow-break</td> </tr> <tr> <td>Connections - terminals</td> <td>Screw clamp terminals : 1 x 0.22...2 x 2.5 mm<sup>2</sup> without cable end conforming to EN/IEC 60947-1 Screw clamp terminals : &lt;= 2 x 1.5 mm<sup>2</sup> with cable end conforming to EN/IEC 60947-1</td> </tr> <tr> <td>Light source</td> <td>Protected LED</td> </tr> <tr> <td>Bulb base</td> <td>Integral LED</td> </tr> <tr> <td>[Us] rated supply voltage</td> <td>24 V AC/DC, 50/60 Hz</td> </tr> </table>	Range of product	Harmony XB4	Product or component type	Complete illuminated push-button	Device short name	XB4	Bezel material	Chromium plated metal	Fixing collar material	Zamak	Mounting diameter	22 mm	Sale per indivisible quantity	1	Shape of signaling unit head	Round	Type of operator	Spring return	Operator profile	Green flush	Operator additional information	With plain lens	Contacts type and composition	1 NO + 1 NC	Contacts operation	Slow-break	Connections - terminals	Screw clamp terminals : 1 x 0.22...2 x 2.5 mm <sup>2</sup> without cable end conforming to EN/IEC 60947-1 Screw clamp terminals : <= 2 x 1.5 mm <sup>2</sup> with cable end conforming to EN/IEC 60947-1	Light source	Protected LED	Bulb base	Integral LED	[Us] rated supply voltage	24 V AC/DC, 50/60 Hz
Range of product	Harmony XB4																																		
Product or component type	Complete illuminated push-button																																		
Device short name	XB4																																		
Bezel material	Chromium plated metal																																		
Fixing collar material	Zamak																																		
Mounting diameter	22 mm																																		
Sale per indivisible quantity	1																																		
Shape of signaling unit head	Round																																		
Type of operator	Spring return																																		
Operator profile	Green flush																																		
Operator additional information	With plain lens																																		
Contacts type and composition	1 NO + 1 NC																																		
Contacts operation	Slow-break																																		
Connections - terminals	Screw clamp terminals : 1 x 0.22...2 x 2.5 mm <sup>2</sup> without cable end conforming to EN/IEC 60947-1 Screw clamp terminals : <= 2 x 1.5 mm <sup>2</sup> with cable end conforming to EN/IEC 60947-1																																		
Light source	Protected LED																																		
Bulb base	Integral LED																																		
[Us] rated supply voltage	24 V AC/DC, 50/60 Hz																																		

**Tabla A8.37: Pulsador parada de emergencia XB4BT845**  
Fuente: Schneider [38]

<p><b>Ficha de producto</b> Características</p>	<p><b>XB4BT845</b> pulsador parada de emergencia rojo Ø 22 - cabeza redonda Ø 40 - pulsar-tirar</p>																												
	<p><b>Principal</b></p> <table border="1"> <tr> <td>Gama de producto</td> <td>Harmony XB4</td> </tr> <tr> <td>Tipo de producto o componente</td> <td>Pulsador de parada de emergencia completo</td> </tr> <tr> <td>Nombre de gama</td> <td>XB4</td> </tr> <tr> <td>Material del bisel</td> <td>Metal cromado</td> </tr> <tr> <td>Diámetro de montaje</td> <td>22 mm</td> </tr> <tr> <td>Venta por cantidad indivisible</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Grado de protección IP</td> <td>IP66 de acuerdo con IEC 60529</td> </tr> <tr> <td>Forma del cabezal de unidad de</td> <td>Redondo</td> </tr> <tr> <td>Tipo de operario</td> <td>Acción de activación y enganche mecánico</td> </tr> <tr> <td>Reset</td> <td>Pulsar-tirar</td> </tr> <tr> <td>Perfil de operador</td> <td>Rojo redondo Ø 40</td> </tr> <tr> <td>Tipo de contactos y composición</td> <td>1 NA + 1 NC</td> </tr> <tr> <td>Funcionamiento de contacto</td> <td>Rupt. lenta</td> </tr> <tr> <td>Intensidad asignada de empleo (Ie)</td> <td>0.1 A en 600 V DC-13 , Q600 de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1 0.27 A en 250 V DC-13 , Q600 de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1 0.55 A en 125 V DC-13 , Q600 de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1 1.2 A en 600 V AC-15 , A600 de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1 3 A en 240 V AC-15 , A600 de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1 6 A en 120 V AC-15 , A600 de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1</td> </tr> </table>	Gama de producto	Harmony XB4	Tipo de producto o componente	Pulsador de parada de emergencia completo	Nombre de gama	XB4	Material del bisel	Metal cromado	Diámetro de montaje	22 mm	Venta por cantidad indivisible	1	Grado de protección IP	IP66 de acuerdo con IEC 60529	Forma del cabezal de unidad de	Redondo	Tipo de operario	Acción de activación y enganche mecánico	Reset	Pulsar-tirar	Perfil de operador	Rojo redondo Ø 40	Tipo de contactos y composición	1 NA + 1 NC	Funcionamiento de contacto	Rupt. lenta	Intensidad asignada de empleo (Ie)	0.1 A en 600 V DC-13 , Q600 de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1 0.27 A en 250 V DC-13 , Q600 de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1 0.55 A en 125 V DC-13 , Q600 de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1 1.2 A en 600 V AC-15 , A600 de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1 3 A en 240 V AC-15 , A600 de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1 6 A en 120 V AC-15 , A600 de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1
Gama de producto	Harmony XB4																												
Tipo de producto o componente	Pulsador de parada de emergencia completo																												
Nombre de gama	XB4																												
Material del bisel	Metal cromado																												
Diámetro de montaje	22 mm																												
Venta por cantidad indivisible	1																												
Grado de protección IP	IP66 de acuerdo con IEC 60529																												
Forma del cabezal de unidad de	Redondo																												
Tipo de operario	Acción de activación y enganche mecánico																												
Reset	Pulsar-tirar																												
Perfil de operador	Rojo redondo Ø 40																												
Tipo de contactos y composición	1 NA + 1 NC																												
Funcionamiento de contacto	Rupt. lenta																												
Intensidad asignada de empleo (Ie)	0.1 A en 600 V DC-13 , Q600 de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1 0.27 A en 250 V DC-13 , Q600 de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1 0.55 A en 125 V DC-13 , Q600 de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1 1.2 A en 600 V AC-15 , A600 de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1 3 A en 240 V AC-15 , A600 de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1 6 A en 120 V AC-15 , A600 de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1																												

**Tabla A8.38: Selector verde XB4BK123M5**  
Fuente: Schneider [38]

<p><b>Product data sheet</b> Characteristics</p>	<p><b>XB4BK123M5</b> green complete illuminated selector switch Ø22 2-position stay put 1NO+1NC 230V</p>																																		
	<p><b>Main</b></p> <table border="1"> <tr> <td>Range of product</td> <td>Harmony XB4</td> </tr> <tr> <td>Product or component type</td> <td>Complete illuminated selector switch</td> </tr> <tr> <td>Device short name</td> <td>XB4</td> </tr> <tr> <td>Bezel material</td> <td>Chromium plated metal</td> </tr> <tr> <td>Fixing collar material</td> <td>Zamak</td> </tr> <tr> <td>Mounting diameter</td> <td>22 mm</td> </tr> <tr> <td>Sale per indivisible quantity</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Shape of signaling unit head</td> <td>Round</td> </tr> <tr> <td>Type of operator</td> <td>Stay put</td> </tr> <tr> <td>Operator profile</td> <td>Green standard handle</td> </tr> <tr> <td>Operator position information</td> <td>2 positions 90°</td> </tr> <tr> <td>Contacts type and composition</td> <td>1 NO + 1 NC</td> </tr> <tr> <td>Contacts operation</td> <td>Slow-break</td> </tr> <tr> <td>Connections - terminals</td> <td>Screw clamp terminals : &gt;= 1 x 0.22 mm² without cable end conforming to EN/IEC 60947-1 Screw clamp terminals : &lt;= 2 x 1.5 mm² with cable end conforming to EN/IEC 60947-1</td> </tr> <tr> <td>Light source</td> <td>Protected LED</td> </tr> <tr> <td>Bulb base</td> <td>Integral LED</td> </tr> <tr> <td>[Us] rated supply voltage</td> <td>230..240 V AC, 50/60 Hz</td> </tr> </table>	Range of product	Harmony XB4	Product or component type	Complete illuminated selector switch	Device short name	XB4	Bezel material	Chromium plated metal	Fixing collar material	Zamak	Mounting diameter	22 mm	Sale per indivisible quantity	1	Shape of signaling unit head	Round	Type of operator	Stay put	Operator profile	Green standard handle	Operator position information	2 positions 90°	Contacts type and composition	1 NO + 1 NC	Contacts operation	Slow-break	Connections - terminals	Screw clamp terminals : >= 1 x 0.22 mm² without cable end conforming to EN/IEC 60947-1 Screw clamp terminals : <= 2 x 1.5 mm² with cable end conforming to EN/IEC 60947-1	Light source	Protected LED	Bulb base	Integral LED	[Us] rated supply voltage	230..240 V AC, 50/60 Hz
Range of product	Harmony XB4																																		
Product or component type	Complete illuminated selector switch																																		
Device short name	XB4																																		
Bezel material	Chromium plated metal																																		
Fixing collar material	Zamak																																		
Mounting diameter	22 mm																																		
Sale per indivisible quantity	1																																		
Shape of signaling unit head	Round																																		
Type of operator	Stay put																																		
Operator profile	Green standard handle																																		
Operator position information	2 positions 90°																																		
Contacts type and composition	1 NO + 1 NC																																		
Contacts operation	Slow-break																																		
Connections - terminals	Screw clamp terminals : >= 1 x 0.22 mm² without cable end conforming to EN/IEC 60947-1 Screw clamp terminals : <= 2 x 1.5 mm² with cable end conforming to EN/IEC 60947-1																																		
Light source	Protected LED																																		
Bulb base	Integral LED																																		
[Us] rated supply voltage	230..240 V AC, 50/60 Hz																																		

### A8.3. Sensor Óptico Optek: Serie D

Figura A8.1 Sensor óptico Optek: Serie D  
Fuente: Optek [40]

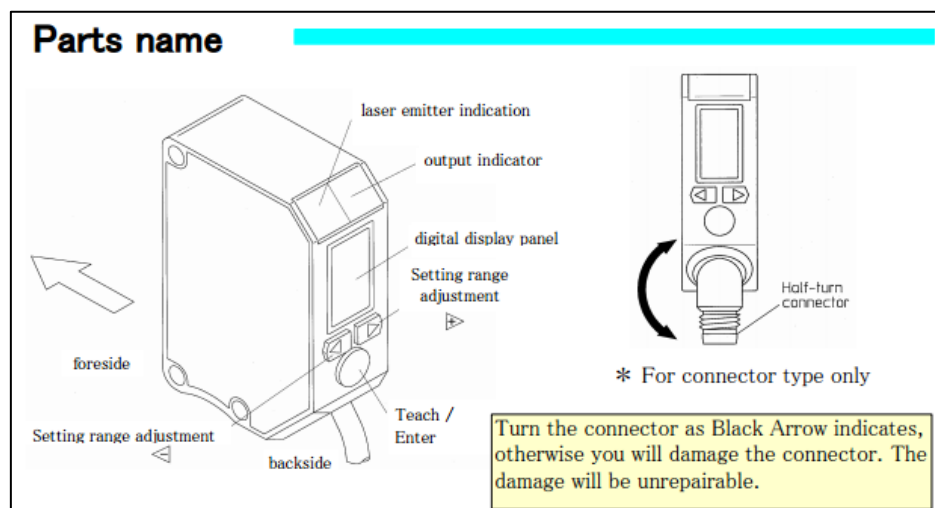


Tabla A8.39 Sensor óptico – Especificaciones  
Fuente: Optek [40]

Specification	Accurate type	Longer type
Type	BGS-DL10T(N,P)-(E)	BGS-DL25T(N,P)-(E)
Cable type	BGS-DL10TC(N,P)-(E)	BGS-DL25TC(N,P)-(E)
M8 connector type		
Setting range *1	40~100mm	100~250mm
Supply voltage	DC10 ~ 30V including 10% ripple (P-P)	
Current consumption	40mA max. (12V) , 27mA max (24V)	
Response time	1.5ms max. (fixed sensitivity)	
Repeat accuracy *2	0.3mm/100mm	0.4mm/200mm
Timer	Off delay / On delay / One shot delay (1msec increment :0~999msec, 1sec increment for 1~10sec)	
Light source	Red laser diode (wave:650nm Max. 1mW class2)	
Indicator	Output indicator (Orange LED), Laser emitter indication(Green LED)	
Digital indicator	7 segment, 3 digits Red LED (function indicator, 0~999 distance index)	
Control output	NPN/PNP open collector DC30V 100mA max.	
Operation mode	Light ON/ Dark ON selectable	
Scanning range adjustment	Teaching /Manual setting	
Ambient temp/ humid	-10~40°C / 35~85%	
Protection category/ material	IEC standard IP67 housing : heat-resistant ABS(antibacterial) lens : PC button : T	
Weight	cable type: about 68g / connector type: about 20g	

\*1 100x100mm gray paper (reflectance 90%)

\*2 in the direction of optical axis

Figura A8.2 Sensor óptico – Ajuste de color BGS

Fuente: Optek [40]

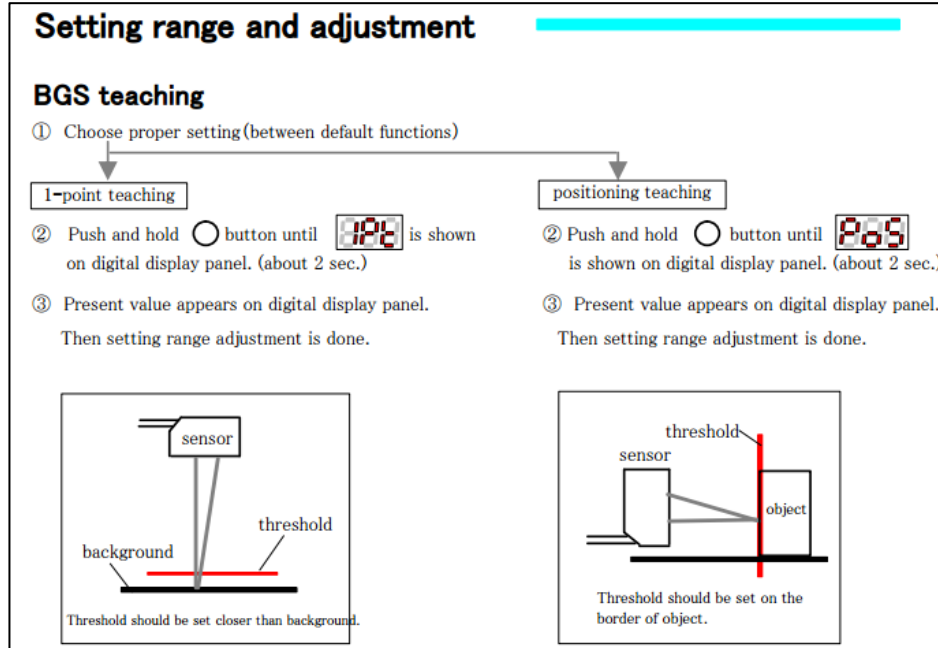
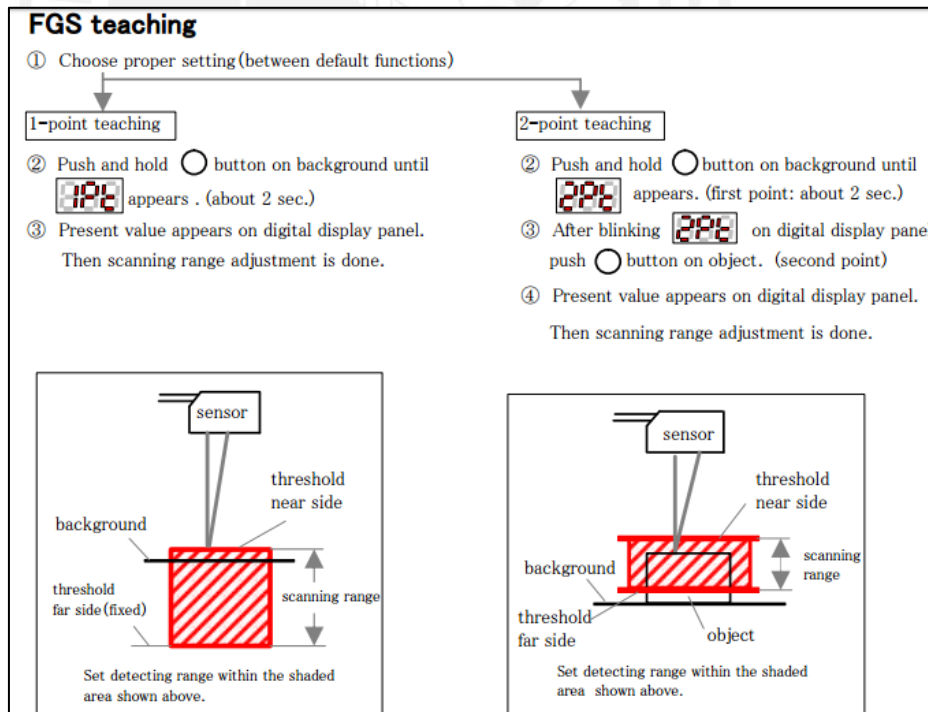


Figura A8.3 Sensor óptico – Ajuste de color FGS

Fuente: Optek [40]



### A8.4. Tablas de tornillo de anclaje mecánico

Marca: Hilti Modelo: Kwik Bolt 3 – Tamaño: 1/4 x 1 1/8 pulg. y 3/8 x 1 5/8 pulg.:

Tabla A8.40 Tornillos de anclaje

Fuente: Hilti [30]

Detalles		Diámetro del anclaje		1/4 (6.4)			3/8 (9.5)			1/2 (12.7)	
		in (mm)									
$d_{bit}$ diámetro nominal de la broca <sup>2</sup>		in	1/4			3/8			1/2		
profundidad de empotramiento min/estandar/máximo		in (mm)	1 1/8 (29)	2 (51)	3 (76)	1 5/8 (41)	2 1/2 (64)	3 1/2 (89)	2 1/4 (57)	3 1/2 (89)	4 3/4 (121)
$h_o$ min/estandar/máximo profundidad de barrenación		in (mm)	1 3/8 (35)	2 1/4 (57)	3 1/4 (83)	2 (51)	2 7/8 (73)	3 7/8 (98)	2 3/4 (70)	4 (102)	5 1/4 (133)
$d_n$ diámetro del barreno en la placa		in (mm)	5/16 (8)			7/16 (11)			9/16 (14)		
$T_{inc}$ torque de apriete recomendado	Concreto regular y ligero	Acero al carbón Zinc-HDG	ft-lb (Nm)	4 (5)			20 (27)			40 (54)	
		Acero inoxidable	ft-lb (Nm)	6 (8)			20 (27)			40 (54)	
	Block relleno de concreto	Acero al carbón	ft-lb (Nm)	4 (5)			15 (20)			25 (34)	
$h$ espesor mínimo del material base		in	3" (76mm) ó 1.3 $h_{nom}$ , el que sea mayor								

Tabla A8.41 Tornillos de anclaje

Fuente: Hilti [30]

Diámetro del anclaje pulg. (mm)	Prof. del empotramiento pulg. (mm)	$f'c = 2000$ psi (13.8 MPa)		$f'c = 3000$ psi (20.7 MPa)		$f'c = 4000$ psi (27.6 MPa)		$f'c = 6000$ psi (41.4 MPa)	
		Tensión lb (kN)	Corte <sup>2</sup> lb (kN)	Tensión lb (kN)	Corte <sup>2</sup> lb (kN)	Tensión lb (kN)	Corte <sup>2</sup> lb (kN)	Tensión lb (kN)	Corte <sup>2</sup> lb (kN)
1/4 (6.4)	1 1/8 (29)	260 (1.2)	595 (2.6)	320 (1.4)	675 (3.0)	380 (1.7)	725 (3.2)	470 (2.1)	805 (3.6)
	2 (51)	540 (2.4)	675 (3.0)	625 (2.8)		705 (3.1)	805 (3.6)	910 (4.0)	
	3 (76)	685 (3)	750 (3.3)	750 (3.3)		810 (3.6)	810 (3.6)	910 (4.0)	
3/8 (9.5)	1 5/8 (41)	605 (2.7)	880 (3.9)	670 (3.0)	1110 (4.9)	730 (3.2)	1345 (6.0)	950 (4.2)	1690 (7.5)
	2 1/2 (64)	1285 (5.7)	1655 <sup>3</sup> (7.4)	1430 (6.4)	1655 <sup>3</sup> (7.4)	1575 (7.0)	1870 <sup>4</sup> (8.3)	1940 (8.6)	1870 <sup>4</sup> (8.3)
	3 1/2 (89)	1620 (7.2)		1755 (7.8)		1885 (8.4)		2035 (9.1)	

## Anexo 9: Lista de planos de ensamble y despiece de la estación de grabado

A continuación, se presenta el listado de los planos de despiece y ensamble con su respectivo código y nombre.

N°	Código	Tipo	Nombre
1	E0-P1-A2	ENSAMBLE	ESTACIÓN DE GRABADO
2	E1-P1-A3	ENSAMBLE	MESA DE TRABAJO
3	E1-P1.1-A3	DESPIECE	TAPA DE MESA
4	E1-P1.2-A3	DESPIECE	ESTRUCTURA
5	E1-P1.3-A4	DESPIECE	BASE ABS
6	E2-P1-A3	ENSAMBLE	SUBSISTEMA DE GRABADO
7	E2-P2-A3	ENSAMBLE	CILINDRO NEUMATICO DE GRABADO
8	E2-P2.1-A3	DESPIECE	PLACA DE SUJECCIÓN DE PUNZON
9	E2-P2.2-A3	DESPIECE	PUNZON
10	E2-P3-A3	ENSAMBLE	SOPORTE DE CILINDRO NEUMATICO DE GRABADO
11	E2-P3.1-A3	DESPIECE	SOPORTE 1
12	E2-P3.2-A3	DESPIECE	SOPORTE 2
13	E2-P3.3-A3	DESPIECE	SOPORTE RIGIDO DE SOLDADURA
14	E3-P1-A2	ENSAMBLE	SUBSISTEMA DE MOVIMIENTO
15	E3-P1.1-A3	DESPIECE	UNIÓN DE ACTUADORES DPZ y DGEA
16	E3-P2-A2	ENSAMBLE	SISTEMA DE SUJECCIÓN DE PLACA DPZ
17	E3-P2.1-A4	DESPIECE	UNIÓN VENTOSA - DPZ
18	E3-P2.2-A4	DESPIECE	UNIÓN SENSOR - DPZ
19	E3-P3-A3	ENSAMBLE	SOPORTE DEL ACTUADOR ELÉCTRICO
20	E3-P3.1-A3	DESPIECE	BASE DE SOPORTE CUADRADO
21	E3-P3.2-A3	DESPIECE	TORRETA VERTICAL
22	E4-P1-A2	ENSAMBLE	GABINETE ELÉCTRICO
23	E4-P1.1-A3	DESPIECE	CAJA DE GABINETE ELÉCTRICO
24	E4-P1.2-A3	DESPIECE	TAPA DE GABINETE ELÉCTRICO
25	E4-P1.3-A3	DESPIECE	SEPARADOR DE GABINETE ELÉCTRICO
26	E4-P1.4-A3	DESPIECE	SOPORTE DE ELECTROVALVULAS
27	E4-P1.5-A3	DESPIECE	SOPORTE DE ELECTROVALVULA DE VACÍO



## Anexo 10: Pruebas con el analizador de redes Wireshark

El software Wireshark Versión: 1.10.3 es un analizador de protocolos que realiza análisis en redes de comunicaciones, en la prueba que se realizó en el CETAM, se hizo uso de este software, instalándolo en la computadora (Fig. A10.1) que controla la estación de trabajo de ensamble y control de calidad.



Fig. A10.1. Pantalla inicial de la computadora de la estación de trabajo.

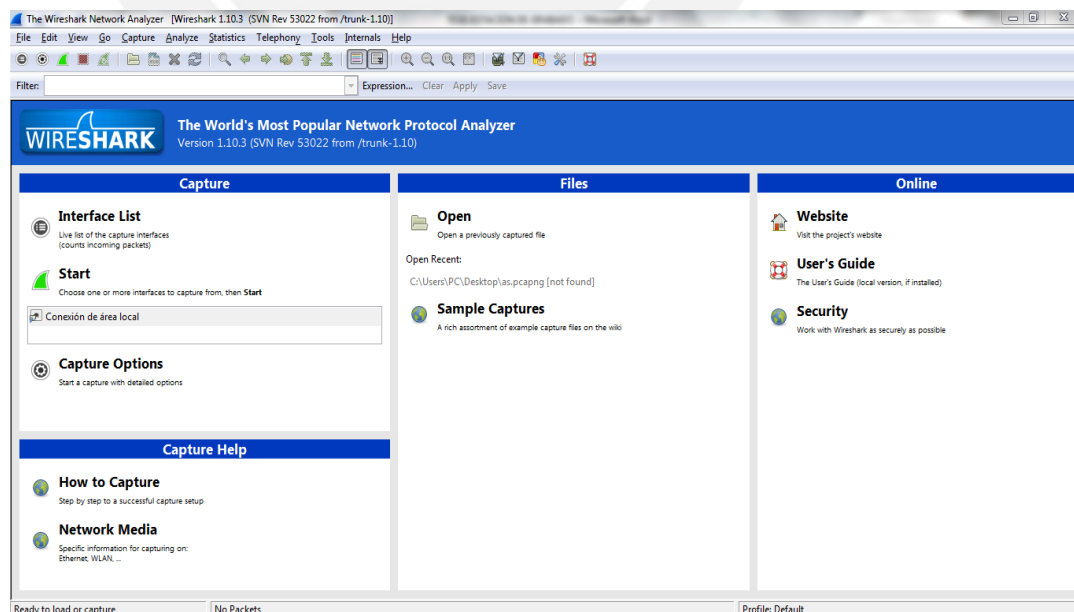


Fig. A10.2 Programa Wireshark ejecutado

En la figura A10.3 se filtra en la sección filter, el protocolo de comunicación TCP/IP (Protocolo de Control de Transmisión), por medio de el tiene acceso a la red LAN(Red de Areá Local) en el CETAM-PUCP.Luego se ejecuta una orden desde el software OpenCIM (computadora central) a la estación de trabajo de ensamblaje. Con la intención de capturar el paquete de datos, código que ejecuta el OpenCIM para comunicarse con la estación de trabajo. Si se tiene este código se podrá integrar facilmente la nueva estación de trabajo.

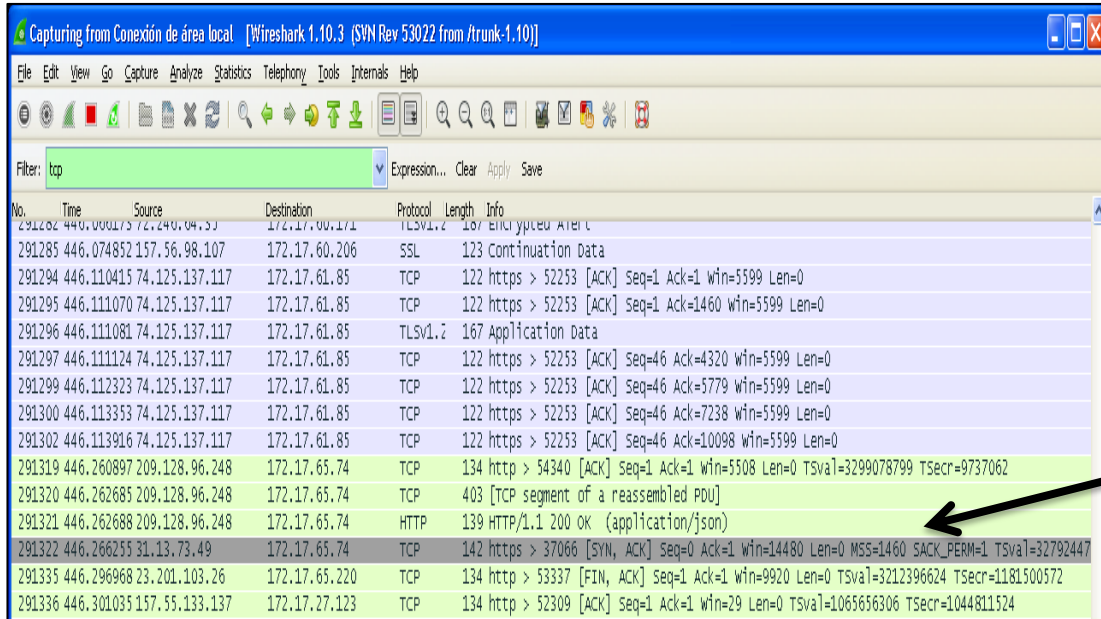


Fig. A10.3: Filtro de protocolo de comunicación TCP/IP

Como resultado de interceptar la comunicación, en la figura A10.4 se nota la aparición de alerta de encriptaciones, lo que significa que la comunicación entre el OpenCIM y sus estaciones no se encuentra accesible a la captura de datos. Por ello en el presente proyecto nos limitaremos al diseño de una estación de trabajo (Grabado), pero se deja la posibilidad de la integración en el diagrama del programa de control. Ya que en el caso de la estación de grabado se tiene una máxima utilidad cuando está integrada al OpenCIM, y puede recepcionar y enviar piezas a través de la faja transportadora.

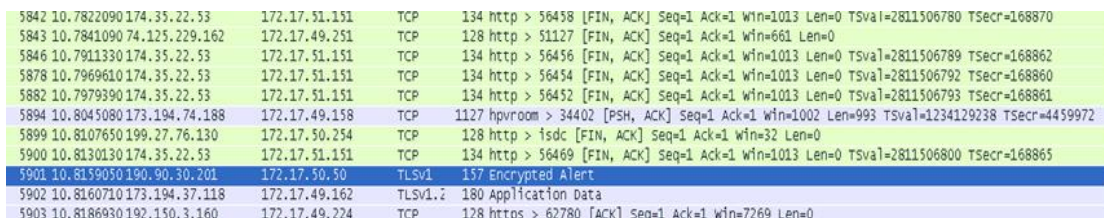


Fig. A10.4: Captura de datos mientras se recibe órdenes del OpenCIM

## Anexo 11: Proformas de venta

Tabla A11.1 Presupuesto Productos Festo


PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL AV. UNIVERSITARIA N° 1801URB. PANDO LIMA - Peru RUC 20155945860				
Orden de Compra:		Contacto: Cristian Agreda		
RUC: 20155945860		Teléfono 6262000-4841	Fax: 6262461	
Forma de entrega: Condición general		Condición de pago: 30 días después fecha factura		
Cotización parte 1.				
 Busca ahorrar tiempo y costos? Eche un vistazo a nuestra Tienda Virtual Festo! Esta cotización se encuentra disponible en la tienda virtual. Simplemente haga clic en el link que aparece a continuación, regístrese con su usuario y contraseña para ordenar sus productos. <a href="https://www.festo.com/quote-es-pe/0016379713">https://www.festo.com/quote-es-pe/0016379713</a> Si no se encuentra registrado para acceder a nuestro portal, haga clic en el siguiente link para aprender más de él. <a href="http://www.festo.com/es-pe/signup">http://www.festo.com/es-pe/signup</a>				
Descripción	Material	Precio Unitario	Cantidad	Total
Item 1 VENTOSA DE SUJE VAS- 15-1/8-NBR Plazo de Entrega:17 Días hábiles	***36142	40.59	1 PZ	40.59
Item 2 PIEZA EN "L" LJK-1/8-1/1 Plazo de Entrega:17 Días hábiles	***151784	107.15	1 PZ	107.15

Tabla A11.2: Presupuesto Productos Festo

Descripción	Material	Precio Unitario	Cantidad	Total
Item 3 CONEXIÓN RÁPIDA QSL-G1/8-6 Plazo de Entrega: 17 Días hábiles	***186117	20.03	10 PZ	200.30
Item 4 TUBO FLEXIBLE PUN- 6X1 BL Plazo de Entrega: 1 Día hábil	159664	6.75	5 M	33.75
Item 5 TUBO FLEXIBLE PUN- 6X1 Plazo de Entrega: 17 Días hábiles	***152586	6.75	5 M	33.75
Item 6 RAC.RÁP.ROS.L QSML-B-M5-4-20 Plazo de Entrega: 17 Días hábiles	***130900	19.24	20 PZ	384.80
Item 7 CILINDRO DOBLE DPZ- 10- 40-P-A Plazo de Entrega: 17 Días hábiles	***32683	2,332.89	1 PZ	2,332.89
Item 8 DET. PROX. SME-8M-DS-24V-K-5,0-OE Plazo de Entrega: 17 Días hábiles	***543863	198.43	2 PZ	396.86
Item 9 TUBO FLEXIBLE A PUN- 4X0,75 BL Plazo de Entrega: 1 Día hábil	159662	4.66	5 M	23.30

Tabla A11.3 Presupuesto Productos Festo

Descripción	Material	Precio Unitario	Cantidad	Total
Item 10 EJE CANTILEVER DGEA-18-700-ZR-WH-KH DGEA-18-700-ZR-WH-KH Plazo de Entrega:20 Días hábiles	***195611	10,254.68	1 PZ	10,254.68
Item 11 MOTOR P.A.P. EMMS-ST-87-M-SEB-G2 Plazo de Entrega:17 Días hábiles	***1370489	3,651.12	1 PZ	3,651.12
Item 12 Conj.suj.axial EAMM-A-F28-87A Plazo de Entrega:19 Días hábiles	***550958	1,589.78	1 PZ	1,589.78
Item 13 Cable encoder NEBM-M12G8-E-5-S1G9 Plazo de Entrega: 1 Día hábil	550748	589.20	1 PZ	589.20
Item 14 CABLE MOT PASOS NEBM-S1G15-E-5-LE6 Plazo de Entrega:17 Días hábiles	***550744	687.41	1 PZ	687.41
Item 15 CIL. NORMALIZ. DSBG-160-250-PPVA-N3 Plazo de Entrega:13 Días hábiles	***2029470	5,617.19	1 PZ	5,617.19
Item 16 BOQU. REDUCTORA NPFC-R-G34-G12-MF	***8030313	16.70	10 PZ	167.00
Item 17 RACOR RAPIDO QSL-1/2-12 Plazo de Entrega: 1 Día hábil	153054	48.93	2 PZ	97.86
Item 18 TUBO FLEXIBLE A PUN-12X2 BL Plazo de Entrega: 1 Día hábil	159670	20.34	5 M	101.70
Item 19 BRIDA PARA CILI FNG-160 Plazo de Entrega:17 Días hábiles	***34478	766.87	1 PZ	766.87
Item 20 DET. PROX. SMT-8 M-A-PS-24V-E-0,3-M8D Plazo de Entrega:17 Días hábiles	***574334	261.89	2 PZ	523.78
<b>Total</b> Valores en Soles, no incluye IGV.				<b>27,599.98</b>

Tabla A11.4 Presupuesto Productos Festo

Descripción	Material	Precio Unitario	Cantidad	Total
Item 1 CONECT.INDIVID. KMEB-2-24-2,5-LED Plazo de Entrega:17 Días hábiles	***174844	113.52	2 PZ	227.04
Item 2 SILENCIADOR UC -1/8 Plazo de Entrega:17 Días hábiles	***161419	29.90	2 PZ	59.80
Item 3 Cable.conexión NEBV-M8W4L-E-2.5-LE2 Plazo de Entrega:17 Días hábiles	***562471	110.86	2 PZ	221.72
Item 4 CONECT.INDIVID. KMEB-2-24-2,5-LED Plazo de Entrega:17 Días hábiles	***174844	113.52	2 PZ	227.04
Item 5 CABLE CONEXION NEBU-M8G4-K-2.5-LE4-30v Plazo de Entrega:17 Días hábiles	***541342	76.97	1 PZ	76.97
Item 6 CONTR. MOTOR CMMS-ST-C8-7-G2 Plazo de Entrega: 1 Día hábil	572211	4,348.60	1 PZ	4,348.60
Item 7 UNIDAD ALIM. CACN-3A-1-5 Plazo de Entrega: 1 Día hábil	2247681	761.75	1 PZ	761.75
Item 8 UNIDAD ALIM. CACN-3A-7-10 Plazo de Entrega:17 Días hábiles	***2247684	2,298.87	1 PZ	2,298.87
Item 9 PERFIL H NRH-35-2000 Plazo de Entrega:17 Días hábiles	***35430	192.13	1 PZ	192.13
<b>Total</b> Valores en Soles, no incluye IGV.				<b>8,413.92</b>

Tabla A11.5 Presupuesto Productos Festo

Descripción	Material	Precio Unitario	Cantidad	Total
Item 1 TOB.C/EXPUL.Y V VADMI- 95-N Plazo de Entrega:17 Días hábiles	***162529	3,002.42	1 PZ	3,002.42
Item 2 ELECTROVÁLVULA CPE14-M1BH-5J-1/8 Plazo de Entrega:22 Días hábiles	***196939	858.67	1 PZ	858.67
Item 3 ELECTROVÁLVULA CPE14-M1BH-5J-QS8 Plazo de Entrega:22 Días hábiles	***196908	914.33	1 PZ	914.33
<b>Total</b> Valores en Soles, no incluye IGV.				<b>4,775.42</b>





Product ID: 877315355 5pcs e-stop emergency stop push

5pcs e-stop emergency stop push button switch 30mm size head, dia.16mm 1NO1NC shipping free

Price: **US \$22.00** /lot  
5 pieces /lot, US \$4.40 / piece

Shipping: **Free Shipping** to Peru via China Post Air Mail   
Delivery: 15-40 days (ships out within 10 days)

Quantity:  lot

Total Price: **US \$22.00**


[Buy Now](#) [Add to Cart](#)

[Add to Wish List \(1 Adds\)](#)

Return Policy:  Returns accepted if product not as described, buyer pays return shipping; or if the product & agree refund with seller. [View details](#)

Seller Guarantees:  On-time Delivery **40 days**

Fig. A11.1 Presupuesto Botón ON/OFF



hvacstar.en.alibaba.com

Pilot Light Push Button Switch **XB4-BW3361**

[Add to Inquiry Cart](#) [Add to My Favorites](#) [Share to: f t](#)

FOB Price: US \$ 0.19 - 1.99 / Piece | [Get Latest Price](#)

Port: Ningbo or Shanghai

Minimum Order Quantity: 1000 Piece/Pieces Sample is available

Supply Ability: 300,000 Piece/Pieces per Month

Payment Terms: L/C,D/A,D/P,T/T,Western Union,MoneyGram

[Ms. Jenny Qian](#)  
 Offline


[Contact Supplier](#)

[Start Order](#)

Fig. A11.2 Presupuesto Botón Parada de Emergencia

Atención: Sr. CRISTIAN AGREDA  
Email: [cristian.agreda@pucp.pe](mailto:cristian.agreda@pucp.pe)

**REFERENCIA: COTIZACIÓN DE SENSOR BGS TIPO DIFUSO PNP**  
Por medio de la presente nos es grato saludarles y hacerle llegar nuestra mejor oferta económica.



Cable type

**OPTEX FA**

**SENSOR FOTOELECTRICO CON SUPRESION DE FONDO (BGS).**

Rango de Detección: **100 - 250mm.**

Respuesta: **1.5mSeg.**

Modo de Control: **Seleccionable Light On / Dark On (NA y NC)**

Fuente de Luz: **LED Rojo (láser)**

Ajuste de sensibilidad: **Con potenciómetro 4 vueltas.**

Salida: **PNP Open Colector 100mA NA y NC.**

Alimentación: **10 - 30 VDC / 30mA (Consumo)**

Estándares: **JIS C4525, CE**

Indicación: **Led naranja-Salida, Led verde-estabilidad**

Grado Protección: **IP67 - IEC 144**

Resistencia a choques: **50G - X, Y, Z. En las 3 direcciones.**

Temperatura ambiental: **-10°C a 40°C.**

Humedad Ambiental: **35 a 85% HR.**

Luz externa: **Luz Solar 10,000 Lux máx.**

Conexión: **Cable x 3 hilos x 2mts.**

Material de Carcasa: **ABS + PMMA**

Material del Lente: **PMMA.**

Modelo: **BGS-DL25TP**

Marca: **OPTEX FA**

Precio Lista: **S/. 973.00 - 28% Dscto.**

**Precio Unitario: S/. 700.00 C/U Inc. IGV**

[http://www.optex-fa.pe/sensores\\_laser\\_d.php](http://www.optex-fa.pe/sensores_laser_d.php)

Fig. A11.3 Presupuesto Sensor óptico difuso



Elena Gu (elena@dericsson.com.cn) [Agregar a contactos](#) 01/12/2013

Para: Cristian Agreda

Dear Cristian,

Thanks for your prompt reply.

This is the simple quotation just for your reference. If you think it's ok, i will send proforma invoice to you.

Model	Quantity	Uni Price (USD)	Lead Time (day)	Shipping	Sipping Cost (USD)
NES-200-24	1	23.80	1	FEDEX-IE	60
NES-200-48	1	26.50	2		

Waiting for your earlier reply.

Bset regards,  
Elena

**Fig. A11.4 : Presupuesto Fuentes de alimentación**

Hi, dear Mr. Cristian Agreda,

Good day to you,

This is Sara's greeting from Indulane Technology, it's so nice to hear from you, and wish you all are best in working and life.

Thanks for your inquiry, please kindly refer to the price as below:

Model	Q'ty	Price/per USD	Condition	Weight	Shipping cost by DHL
TWDLCA24DRF	1unit	\$203.50	New/Original/stock	2.5KG	\$80.00
TWDNCO1M	1unit	\$186.70	New/Original/stock		
TSXCRJMD25	1unit	\$22.30	New/Original/stock		

1. Warranty: one year
2. Payment Term: T/T, Paypal, Western Union, Bank transfer
3. Price validate: 15days
4. Shipping terms: DHL/Fedex/TNT
5. Weight: 2.5KG

As a professional electronic components company, I would avail myself this opportunity to introduce our products to you and offer you a quote.

We are mainly selling Integrated Circuits, Capacitors, Resistors, Inductors, Sensors, Switches, LED, Potentiometers, Relays, Fuses, Power Supplies, Modules, Terminal Blocks, Connectors, Sockets, Programmers, Adapters, Electromagnetism Valves, Inverters, Programmable Controller PLC, Level Gauges, Transmitters, Importation Mold Pieces, Soft Starters, DC Governors, Hydraulic Parts, Pneumatic Parts, Industrial Instruments, Low-Voltage Parts, etc.

**Fig. A11.5: Presupuesto PLC, cable de comunicación y módulo de comunicación**

		<b>COTIZACION N° GRC-739-16</b>		
Lima, 30 de Agosto del 2016				
Señores: <b>Pontificia Universidad Católica del Perú</b>				
<u>Presente.</u>				
Atención: Sr. Cristian Ágreda Alvarez <b>Bachiller Ingeniería Meca trónica</b>				
Referencia: Fabricación de Piezas diversas				
Estimado Cristian:				
La presente es para saludarlo y hacerle llegar nuestra cotización por lo siguiente:				
ITEM	DESCRIPCION	CANT.	PRECIO UNIT.	PRECIO TOTAL
1	Unión de Actuadores DP2 Y DGEA	1	S/. 45.00	S/. 45.00
2	Placa de Sujeción de Punzón	1	S/. 76.00	S/. 76.00
3	Punzón	1	S/. 1,350.00	S/. 1,350.00
4	Unión Sensor DP2	1	S/. 10.00	S/. 10.00
5	Soporte Rígido de Soldadura	1	S/. 5.00	S/. 5.00
6	Unión Ventosa DP2	1	S/. 20.00	S/. 20.00
7	Base de Torreta Vertical	1	S/. 70.00	S/. 70.00
8	Caja de Gabinete Eléctrico	1	S/. 150.00	S/. 150.00
9	Separador de Gabinete Eléctrico	1	S/. 20.00	S/. 20.00
10	Soporte de Electroválvula de vacío	1	S/. 10.00	S/. 10.00
11	Soporte de Electrovalvulas	1	S/. 20.00	S/. 20.00
12	Estructura de Mesa de Trabajo	1	S/. 980.00	S/. 980.00
13	Soporte 2	1	S/. 250.00	S/. 250.00
14	Tapa de Gabinete de Eléctrico	1	S/. 18.00	S/. 18.00
15	Tapa de Mesa	1	S/. 280.00	S/. 280.00
16	Soporte 1	1	S/. 62.00	S/. 62.00
17	Torreta Vertical	1	S/. 280.00	S/. 280.00
18	Zincado de Piezas	1	S/. 680.00	S/. 680.00
<b>TOTAL</b>				<b>S/. 4,326.00</b>

Fig. A11.6: Cotización de fabricación de elementos mecánicos