

Informe Módulo Actuadores

Automatización de Procesos de Manufactura

Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica

Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá

Laura Valentina Garzón Guiza - lvgarzong@unal.edu.co

Elizabeth Andrea López Pérez - elalopezpe@unal.edu.co

John Sebastian Panche Estupiñan - jspanchee@unal.edu.co

Ana María Rodríguez Reyes - anmrodriguezre@unal.edu.co

Camilo Andres Zorro Mendoza - cazorrom@unal.edu.co

Índice

1. Presentación del Problema	2
2. Esquema neumático	3
2.1. Selección de Cilindros	4
2.2. Selección de Sensores	7
3. Esquema eléctrico	9
4. GRAFCET	10
4.1. GRAFCET de descripción funcional	12
4.2. GRAFCET de descripción tecnológica	14
5. Diagrama de funciones	15
6. BOM	15
7. Simulación	15
8. Análisis de resultados y recomendaciones	17

Índice de figuras

1.	Proceso de Taladrado	2
2.	Circuito Neumático	4
3.	Proceso de Taladrado	4
4.	Compresor(1)	6
5.	Válvula 5/3 (?)	7
6.	Sensor de Posición	8
7.	Especificaciones sensor de Posición	8
8.	Lógica cableada para la activación de las electroválvulas (arriba). Topología eléctrica con entradas y salidas de PLC (abajo).	9
9.	Lógica cableada para la activación de las electroválvulas en 24V DC.	10
10.	Posiciones para la secuencia de perforación y desplazamientos sobre la pieza de trabajo.	10
11.	GRAFCET de descripción funcional paso a paso (A)	12
12.	GRAFCET de descripción funcional paso a paso (B)	13
13.	GRAFCET de descripción tecnológica realizado para la práctica.	14
14.	Diagrama de funciones.	15
15.	Conexión simulación FluidSIM - Studio 5000.	16

Resumen

Este documento presenta el desarrollo del ejercicio de actuadores electroneumáticos propuesto en la asignatura de Automatización de Procesos de Manufactura, en el cual se lleva a cabo el análisis de un proceso de taladrado de múltiples orificios. Para el proceso se realiza la selección de los sensores y actuadores necesarios , así como el desarrollo de los diagramas funcionales de control (GRAFCET) para el correcto funcionamiento lógico del mismo.

Palabras clave: Sensor, actuador, PLC (Controlador Lógico Programable), GRAFCET (Diagrama de Control con Etapas), neumática, taladrado.

1. Presentación del Problema

Una pieza fundida debe ser provista de cuatro orificios. Las piezas son colocadas a mano y sujetadas por un brazo excéntrico. El ciclo se inicia accionando un pulsador de marcha. El posicionamiento de los cilindros 1A y 2A mueve la mesa en dirección X- e Y para que consecutivamente realice las perforaciones.

Un contador controla el período de desgaste de la herramienta. El contador emite una señal cuando la herramienta ha efectuado 12 perforaciones y no permite más perforaciones. Una vez intercambiada la herramienta (reposición manual del contador por botón pulsador), permite continuar el proceso. Introduzca un tiempo de espera de 1 segundo en la secuencia entre cada final de movimiento de la pieza y el inicio de movimiento de taladrado.

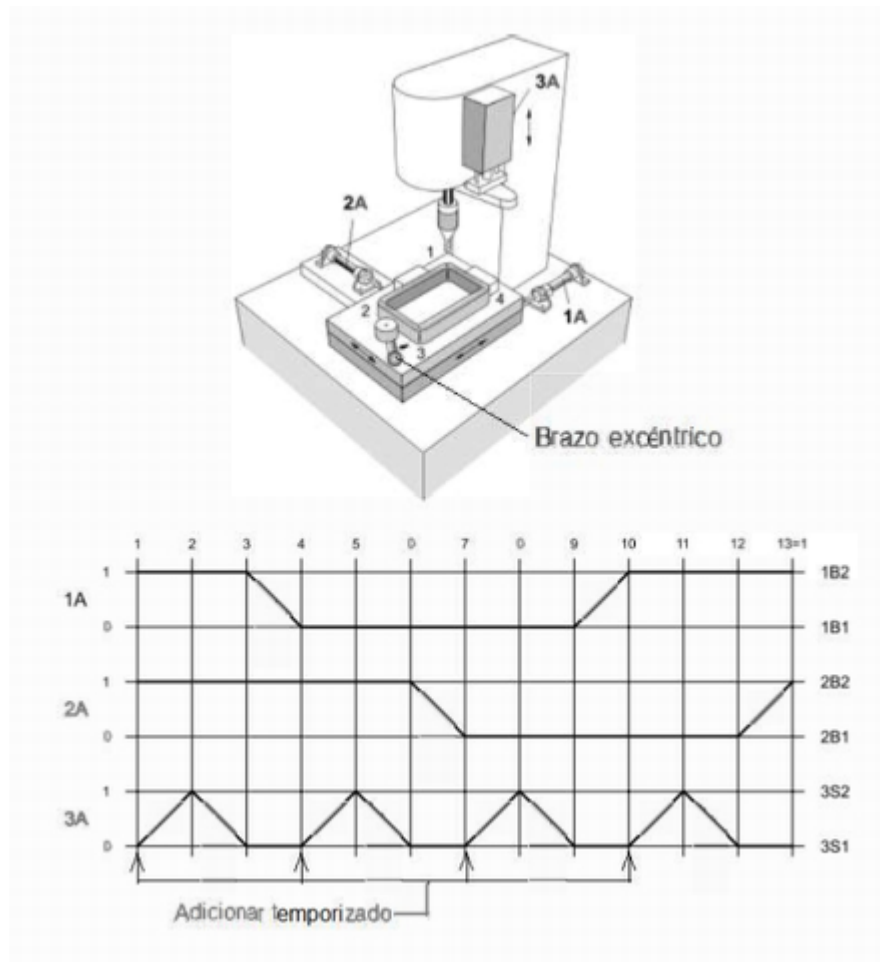


Figura 1. Proceso de Taladrado

Cada pieza a perforar tiene una masa de 15 kg y cada mesa de desplazamiento tiene una masa de 30 kg. El coeficiente de fricción entre las mesas de desplazamiento X e Y es de 0,35. La distancia entre agujeros es de 150 mm en una dirección y 200 mm en la otra dirección. La fuerza de taladrado es de 300 N y el recorrido de perforación es de 80 mm, además debe tener ajuste de la velocidad de avance. Considere seleccionar todos los cilindros neumáticos, todos hidráulicos o una combinación de ellos. Realice el procedimiento de selección de los cilindros y válvulas.

Confeccionar y entregar un informe que contenga:

- Diagrama de funciones incluyendo todos los cilindros, sensores, temporizadores y contadores requeridos con sus señales.
- El esquema neumático completo, incluyendo selección de los cilindros y sensores (BOM con cantidad, marca, modelo, referencia, descripción) y consumo de aire requerido para el compresor.
- El esquema eléctrico que incluya el PLC o módulo programable.
- GRAFCET de descripción funcional.
- GRAFCET de descripción tecnológica
- Análisis de resultados

2. Esquema neumático

Para la realización del esquema neumático se utilizo el programa FluidSIM-P de Festo, como se observa en la Figura 2, los componentes son:

- Cilindros de doble efecto: 1A, 2A y 3A.
- Electroválvulas de doble solenoide de 5 vías y 3 posiciones: denominadas como VXY, V de válvula, X es el número del actuador al que corresponden y Y se refiere a la parte A o B de la válvula.
- Válvula estranguladora o de regulación de caudal: permite controlar la velocidad de avance y retroceso de los cilindros.
- Sensores de posición y proximidad: denominados como SXA, S de sensor, X es el número del actuador al que corresponde.
- Unidad de mantenimiento: UM1.
- Tanque: T1.

Cuando V1A se encuentra activo el cilindro 1A se está extendiendo en caso contrario cuando V1B está activado 1A está retrocediendo, esto se maneja de igual manera en las válvulas de los cilindros 2 y 3 para sus partes A y B. Los sensores van a ser utilizados como entradas en el PLC y las señales de activación de las válvulas van a ser sus salidas.

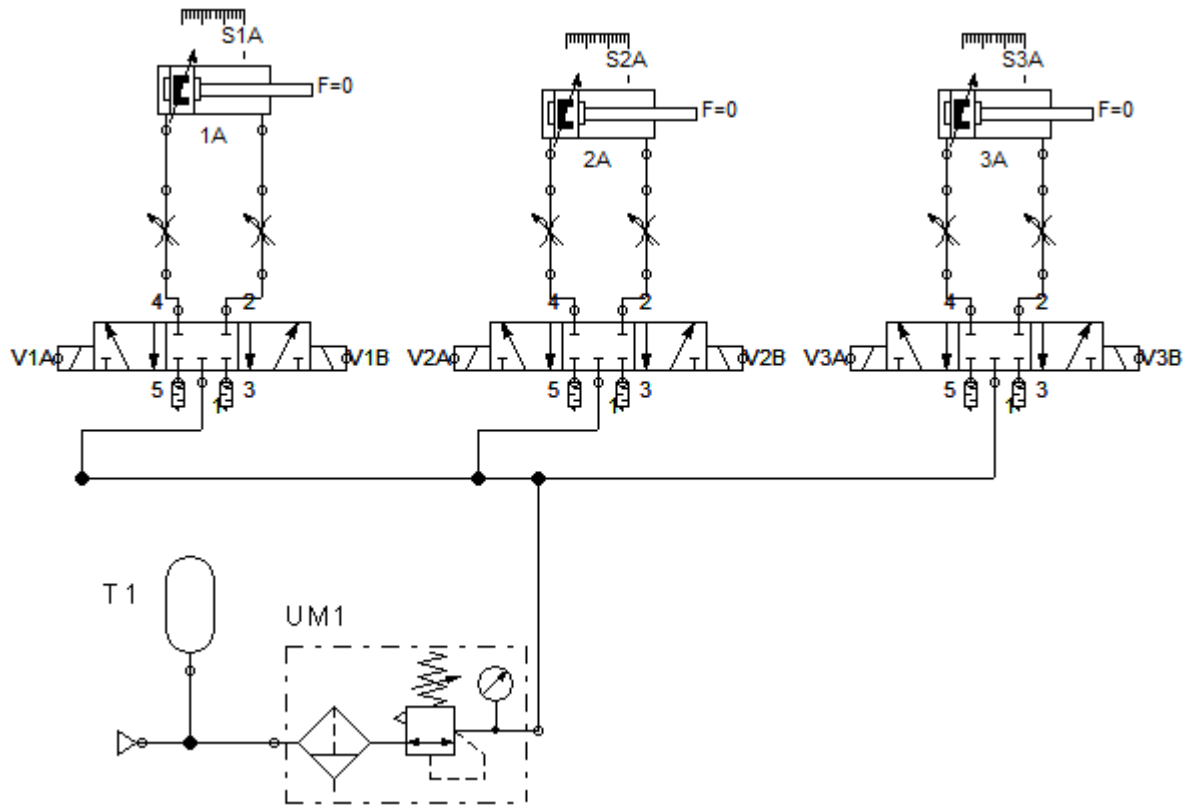


Figura 2. Circuito Neumático

2.1. Selección de Cilindros

Para el calculo de los cilindros neumáticos 1-A y 2-A, se toma en consideración el diagrama de fuerzas de la figura Figura 3.

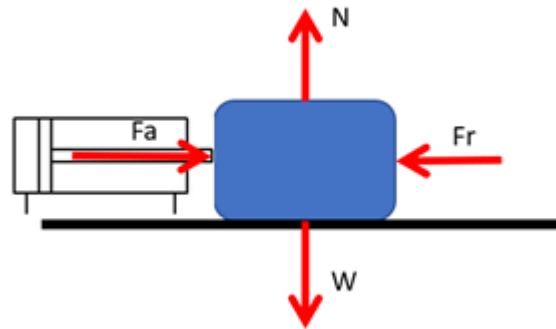


Figura 3. Proceso de Taladrado

Para este caso, la fuerza de aplicación se resume en la siguiente formula

$$F_a = F_r = \mu * N = \mu * m_t * g \quad (1)$$

Donde m_t es la masa total al mover, para el caso del cilindro 1-A se asume que moverá el peso de las mesas y la pieza lo cual da un valor a mover de 75 kg dando una fuerza de aplicación

de 257.25 N asumiendo $\mu = 0,35$, Posteriormente se calcula la Fuerza de cilindro F_c mediante la formula.

$$F_c = \frac{F_a}{\lambda \mu_c} \quad (2)$$

dando un valor de fuerza de 756.62 N asumiendo un valor de lambda de 0.4 como baja velocidad y coeficiente de fricción de cilindro de 0.85, este primer calculo permite determinar un diámetro de cilindro de 41 mm, por catálogo se selecciona un cilindro DSBC-50-150-PPVA-N3, se corrobora el valor de la energía cinética asumiendo un valor de 100 mm/s, esto da un valor de energía cinética de 0.379 J valor menor a la energía máxima de 1J dada por catálogo. Se recalcula la fuerza del cilindro, pero ahora asumiendo una velocidad de mínima de 50 mm/s y máxima de 160 mm/s (valor para la máxima energía cinética admisible) y mediante una relación lineal entre lambda y el factor de carga de velocidad, se asume un valor de 0.563, lo cual nos da un valor de fuerza de cilindro mínima de 536.95 N lo cual corresponde a un diámetro mínimo de 33 mm por lo cual, el cilindro seleccionado se adecua tanto por diámetro como por energía cinética admisible a los requerimientos dados.

Para el caso del cilindro 2-A se asume que moverá el peso de la mesa azul y la pieza lo cual da un valor a mover de 45 kg dando una fuerza de aplicación de 154.35 N asumiendo $\mu = 0,35$, Posteriormente se calcula la Fuerza de cilindro F_c , dando un valor de fuerza de 453.97 N asumiendo un valor de lambda de 0.4 como baja velocidad y coeficiente de fricción de cilindro de 0.85, este primer calculo permite determinar un diámetro de cilindro de 32 mm, por catálogo se selecciona un cilindro DSBC-32-200-PPVA-N3. se corrobora el valor de la energía cinética asumiendo un valor de 75 mm/s, esto da un valor de energía cinética de 0.130 J valor menor a la energía máxima de 0.4 J dada por catálogo. Se recalcula la fuerza del cilindro, pero ahora asumiendo una velocidad de mínima de 50 mm/s y máxima de 130 mm/s el factor de carga de velocidad se asume con un valor de 0.61, lo cual nos da un valor de fuerza de cilindro mínima de 299.52 N lo cual corresponde a un diámetro mínimo de 26 mm por lo cual, el cilindro seleccionado se adecua tanto por diámetro como por energía cinética admisible a los requerimientos dados.

Para el caso del cilindro 3-A se toma directamente 300 N como la fuerza de aplicación que debe realizar el cilindro, Posteriormente se calcula la Fuerza de cilindro F_c , dando un valor de fuerza de 882.35 N asumiendo un valor de lambda de 0.4 como baja velocidad y coeficiente de fricción de cilindro de 0.85, este primer calculo permite determinar un diámetro de cilindro de 44 mm, por catálogo se selecciona un cilindro DSBC-50-80-PPVA-N3. mediante un procedimiento similar a los anteriores cilindros, se corrobora con la energía cinetica y de esa forma se determina una nueva fuerza de cilindro y se recalcula la fuerza de cilindro necesaria y un nuevo diametro minimo.

Tabla 1. Resultado de dimensionamiento-2

Elemento	Fuerza de aplicación (N)	Fuerza de retroceso(N)	Fuerza de cilindro (N)	Fuerza disponible de cilindro (N)
Cilindro neumático 1A	257.25	989.6	536.95	1178.0972
Cilindro neumático 2A	154.350	414.69	299.527	482.549
Cilindro neumático 3A	300	989.6	500.899	1178.0972

Con estos datos, se procede a realizar el calculo para determinar el compresor necesario, esto

Tabla 2. Resultado de dimensionamiento

Elemento	Energía cinética (J)	Diametro minimo (mm)	Diametro cilindro seleccionado (mm)
Cilindro neumático 1A	0.379	33	50
Cilindro neumático 2A	0.131	25	32
Cilindro neumático 3A	0.006	32	50

se hace con base al calculo de consumo de aire mediante las siguientes dos fórmulas.

$$V = \pi/4 * L * D^2 \quad ; \quad C = k * n * V \quad ; \quad C_C N = ((P + 1 \text{Atm})) / (1 \text{Atm}) * C \quad (3)$$

$$Pot = P * Q \quad (4)$$

Los resultados pueden apreciarse en la tabla

Tabla 3. Resultado de dimensionamiento

Elemento	Consumo (m^3/h)	Consumo en condiciones normales (Nm^3/h)	Caudal (L/min)	Potencia (W)
Cilindro neumático 1A	0.0024	0.0163	11.781	117.81
Cilindro neumático 2A	0.00113	0.0783	3.619	36.19
Cilindro neumático 3A	0.00377	0.0261	4.712	47.12
Total		0.603 (60.3 L/h)	20.11	201.12

Con esto en mente, se selecciona un compresor como el mostrado en el catalogo en la figura Figura 4

Prestaciones											
Nombre	Código	Potencia hp/kw	Caldera litros	Aire aspirado lts/min.	Volt/hz.	Lubricado	Cilindros	Presión max. bar	Dimensiones lxhxa	Peso kg.	
B 2800B/2M/30 TECH Nuair C/ROLL	28CA404LEV062	2/1,5	30	255	230/MONO/50	SI	2	10	800x375x720	42	
B 2800B/2M/50 TECH Nuair C/ROLL	28DA404LEV063	2/1,5	50	255	230/MONO/50	SI	2	10	875x375x790	50	
B 2800B/3M/50 TECH Nuair C/ROLL	28DA504LEV064	3/2,2	50	330	230/MONO/50	SI	2	10	875x375x790	52	
B 2800B/2M/100 TECH Nuair C/ROLL	28FA404LEV065	2/1,5	100	255	230/MONO/50	SI	2	10	1070x385x840	64	
B 2800B/2T/100 TECH Nuair C/ROLL	28FA441LEV080	2/1,5	100	255	400/TRIF/50	SI	2	10	1070x385x840	64	
B 2800B/3M/100 TECH Nuair C/ROLL	28FA504LEV066	3/2,2	100	330	230/MONO/50	SI	2	10	1070x385x840	71	
B 2800B/3T/100 TECH Nuair C/ROLL	28FA541LEV081	3/2,2	100	330	400/TRIF/50	SI	2	10	1070x385x840	71	
B 2800B/3M/200 TECH Nuair	28LA504NUA	3/2,2	200	330	230/MONO/50	SI	2	10	1520x445x1000	98	
B 2800B/3T/200 TECH Nuair	28LA541NUA	3/2,2	200	330	400/TRIF/50	SI	2	10	1520x445x1000	98	

Figura 4. Compresor(1)

Teniendo el caudal en cada uno de los cilindros, se obtienen tres diferentes valores de kv con una presión de caída de 1 bar y gravedad específica del aire. Estos resultados que se muestran en la tabla ??

$$Q = k * \sqrt{\frac{\Delta P}{sg}} \quad (5)$$

Con estos resultados se busca una valvula VQ1200 5/3 con retorno por muelle, el cual permitirá el funcionamiento del ciclo. Este tiene un Vc asociado de 0.18 el cual es suficiente según los calculos realizados.

Tabla 4. Resultado de dimensionamiento

Elemento	Kv	Cv
Cilindro neumático 1A	0.0254	0.0295
Cilindro neumático 2A	0.0078	0.009
Cilindro neumático 3A	0.0102	0.0118

Series	Number of solenoids	Model		Flow characteristics ⁽¹⁾						Response time (ms) ⁽²⁾			Weight (g)		
				1 → 2/4 (P → A/B)			2/4 → 3/5 (A/B → R1/R2)			Standard: 1 W H: 1.5 W	Low wattage: 0.5 W	AC			
				C [dm³/(s·bar)]	b	Cv	C [dm³/(s·bar)]	b	Cv						
VQ1000	2 position	Single	Metal seal	VQ1100	0.70	0.15	0.16	0.72	0.25	0.18	12 or less	15 or less	29 or less	64	
			Rubber seal	VQ1101	0.85	0.20	0.21	1.0	0.30	0.25	15 or less	20 or less	34 or less		
		Double	Metal seal	VQ1200	0.70	0.15	0.16	0.72	0.25	0.18	10 or less	13 or less	13 or less		
			Rubber seal	VQ1201	0.85	0.20	0.21	1.0	0.30	0.25	15 or less	20 or less	20 or less		
	3 position	Closed center	Metal seal	VQ1300	0.68	0.15	0.16	0.72	0.25	0.18	20 or less	26 or less	40 or less	78	
			Rubber seal	VQ1301	0.70	0.20	0.16	0.65	0.42	0.18	25 or less	33 or less	47 or less		
		Exhaust center	Metal seal	VQ1400	0.68	0.15	0.16	0.72	0.25	0.18	20 or less	26 or less	40 or less		
			Rubber seal	VQ1401	0.70	0.20	0.16	1.0	0.30	0.25	25 or less	33 or less	47 or less		
		Pressure center	Metal seal	VQ1500	0.70	0.15	0.16	0.72	0.25	0.18	20 or less	26 or less	40 or less		
			Rubber seal	VQ1501	0.85	0.20	0.21	0.65	0.42	0.18	25 or less	33 or less	47 or less		
		4 position	Dual 3 port valve	Rubber seal	VQ1801C	0.70	0.20	0.16	0.70	0.20	0.16	25 or less	33 or less		47 or less

Figura 5. Válvula 5/3 (?)

2.2. Selección de Sensores

Para la selección de los sensores se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

- **Variable a medir:** En este caso es la posición del émbolo de los cilindros, para lo cual se pueden usar sensores de proximidad o sensores de posición.
- **Fabricante:** Es recomendable utilizar sensores del mismo fabricante de los cilindros neumáticos por lo cual se empezó buscando referencias de sensores de proximidad y posición de Festo.
- **Características especiales:** Para el caso de los cilindros seleccionados se caracterizan por tener una ranura en T para la que se tienen sensores especializados para el montaje en esta ranura.
- **Señal de salida:** Para el correcto funcionamiento de la lógica planteada con el PLC se requiere que el sensor genere una salida digital.

Teniendo en cuenta los anteriores criterios se optó por el Transmisor de posiciones SDAS-MHS-M40-1L-PNLK-PN-E-0.3-M8 de la marca Festo.

Transmisores de posiciones SDAS-MHS-M40-1L-PNLK-PN-E-0.3-M8

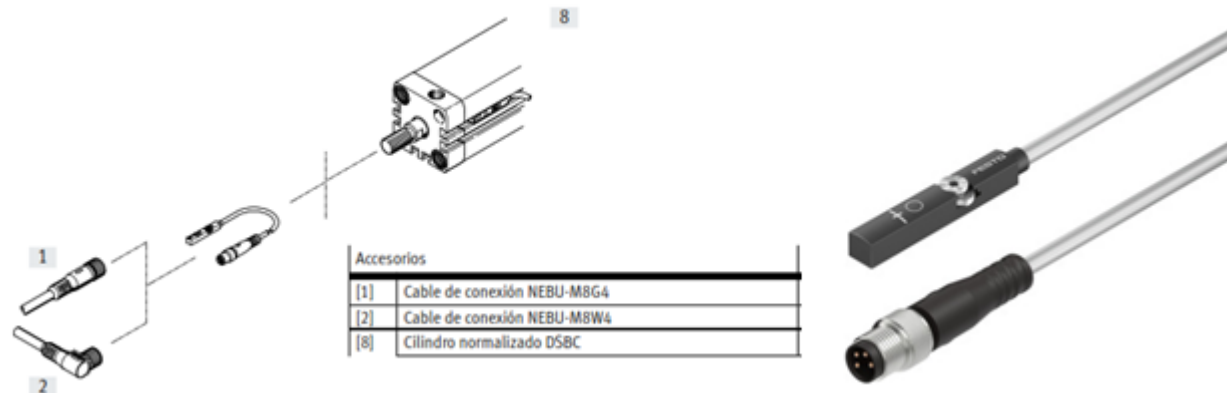


Figura 6. Sensor de Posición

El sensor de posición seleccionado cubre dos funciones. La primera es como transmisor de posición permitiéndole generar una señal de salida analógica proporcional al recorrido. Esta utilidad es muy útil en sistemas que necesitan reconocer distancias intermedias en el émbolo. La segunda función, la cual fue implementada, es como sensor de proximidad, donde se proporciona una respuesta binaria de la posición del émbolo.

Este sensor es compacto, con un amplio rango de detección, diseñado para un fácil montaje en espacios reducidos y se utiliza para la detección sin contacto de la posición del émbolo de actuadores con posibilidad de detección magnética utilizando el efecto Hall como principio de medición. Es importante también tener en cuenta la protección que tienen los sensores ya que durante el proceso se generan residuos que podrían dañar los sistemas. En este caso el sensor cuenta con protección IP65 e IP68, que corresponde a protección contra agua y polvo.

En la gama de estos transmisores de posición referencia SDAS se encontraban dos longitudes de cable. En este caso para los 3 cilindros se optó por la referencia con cable de longitud 0.3m ya que era suficiente largo para el ejercicio propuesto. Las especificaciones eléctricas y de montaje correspondientes a esta referencia se pueden ver a continuación.

001	Serie	007	Salida eléctrica 1
SDAS	Transmisor de posición/Sensor de proximidad	PNLK	PNP o NPN o IO-Link®
002	Versión del sensor	008	Salida eléctrica 2
M	Montaje en ranura	PN	PNP o NPN
003	Principio de detección	009	Propiedades del cable
HS	Sensor Hall	E	Apropiado para cadenas de arrastre/apropiado para robots
004	Margen de medición	010	Longitud del cable [m]
M40	Normalmente hasta 40 mm	0.3	0.3
005	Tensión nominal de funcionamiento	011	Conexión eléctrica
1	24 V DC	M8	Conector M8
006	Indicación		
L	LED		

Figura 7. Especificaciones sensor de Posición

3. Esquema eléctrico

Al definir de manera adecuada el esquema neumático se definieron las entradas y salidas necesarias para el control eléctrico del sistema, y al momento de diseñar se añadieron detalles como las señales adicionales de START/STOP y parada de emergencia, entre otras que definirán el correcto funcionamiento de la máquina. Para esto se definieron dos etapas de funcionamiento: la etapa de control y la de potencia. La etapa de control se caracteriza por ser la que incluye al PLC, y el funcionamiento a 24 voltios DC, se recomienda el manejo efectivo de las etapas por separado para cuidar que no exista posibilidad de cortos entre equipos delicados que funcionen a 24V DC con 110V AC. Para el correcto montaje del PLC se antepone una fuente, la cual convierte de 110V AC a 24V DC, se escoge un SITOP de Siemens para que se mantenga coherencia con el PLC S7-1200, también de Siemens, el cual tiene un módulo incluido de entradas y salidas que sirven en DC. El PLC recibe desde los finales de carrera, los switches y pulsadores una señal de 24 V con la que alimenta al programa con las posiciones de los cilindros y posibles causalidades. Así mismo tiene una cantidad de bits definidos para excitar los relés que activan a las electroválvulas mediante sus puertos de salida así mismo como para habilitar el sistema con A1 o detener el proceso con A2.

La alimentación de las electroválvulas seleccionadas es a 110V AC, por lo tanto en la etapa de potencia se utilizan las puertas de alta tensión de los relés, que son excitados en la etapa de control, para activar las electroválvulas. En esta etapa así mismo se instala la parada de emergencia, y los sistemas de START y STOP controlados por pulsadores.

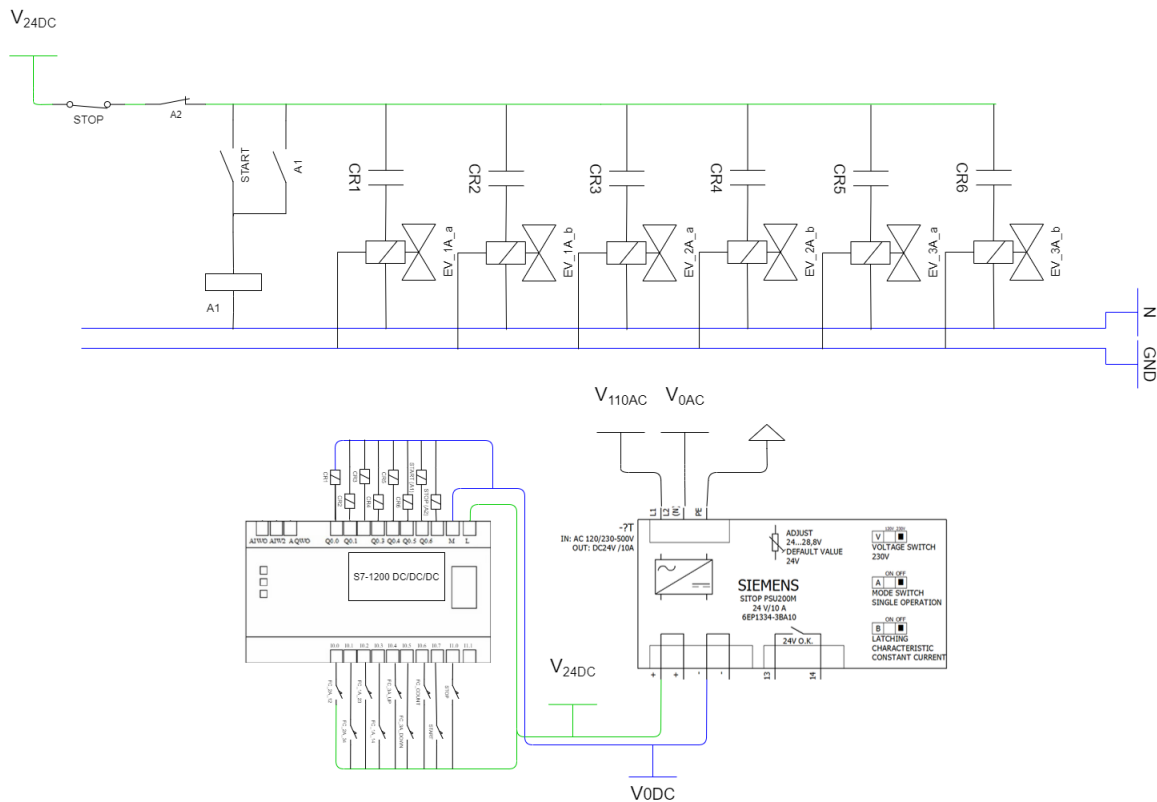


Figura 8. Lógica cableada para la activación de las electroválvulas (arriba). Topología eléctrica con entradas y salidas de PLC (abajo).

Posterior a la retroalimentación dada en clase se re-evaluó el uso de electroválvulas de 110V AC, aunque su selección fue por la actividad académica, y para presentar un nivel de complejidad más interesante que las aplicación directa del PLC a las electroválvulas. Por lo tanto se plantea la siguiente lógica.

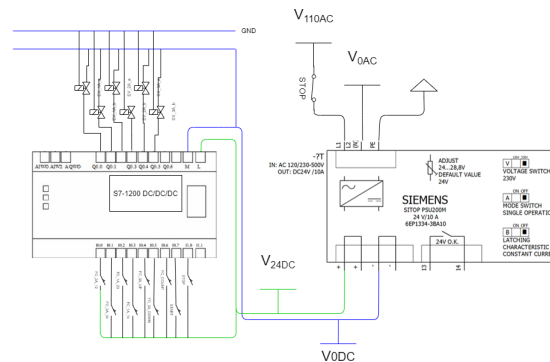


Figura 9. Lógica cableada para la activación de las electroválvulas en 24V DC.

4. GRAFCET

Para la construcción del programa en GRAFCET, partimos del análisis de la secuencia requerida, identificando las acciones a realizarse sobre la pieza estableciendo un orden lógico y relacionando los estados de cada uno de los actuadores con las cuatro posiciones requeridas para el proceso.

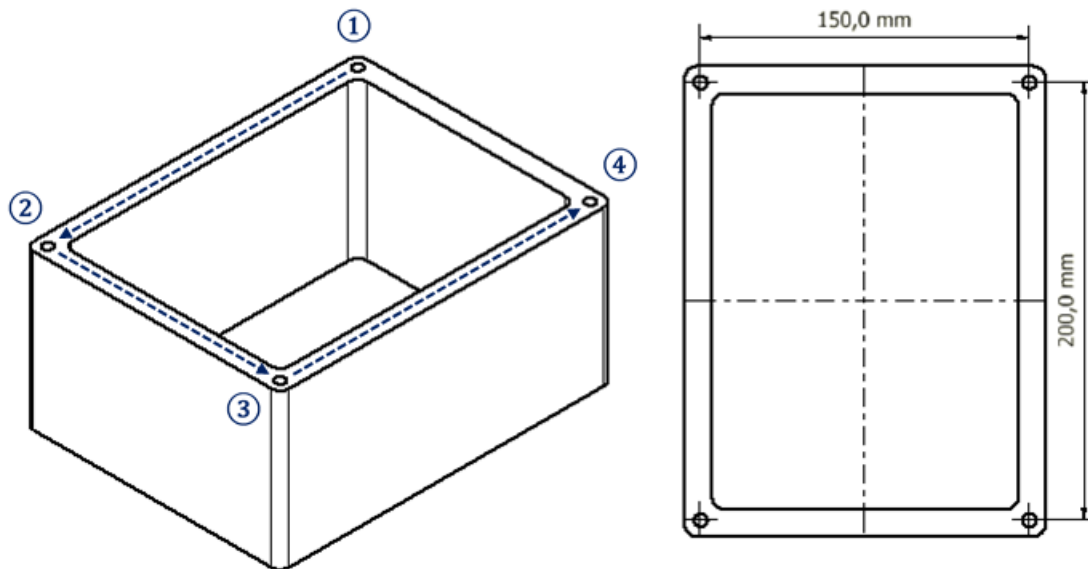


Figura 10. Posiciones para la secuencia de perforación y desplazamientos sobre la pieza de trabajo.

Tabla 5. Relación del estado de los actuadores con las posiciones de perforación.

TAREA	TIEMPO	ACTUADOR 1	ACTUADOR 2	ACTUADOR 3
Posición inicial en 0	2 seg.	OFF/200 mm	OFF/150 mm	OFF/0 mm
Posicionar sobre 1	2 seg.	ON/200 mm	ON/150 mm	OFF/0 mm
Temporización	1 seg.	-	-	-
Proceso de taladrado (Bajada)	1 seg.	-	-	ON/80 mm
Proceso de taladrado (Subida)	1 seg.	-	-	OFF/0 mm
Posicionar sobre 2	2 seg.	OFF/0 mm	ON/150 mm	OFF/0 mm
Temporización	1 seg.	-	-	-
Proceso de taladrado (Bajada)	1 seg.	-	-	ON/80 mm
Proceso de taladrado (Subida)	1 seg.	-	-	OFF/0 mm
Posicionar sobre 3	2 seg.	OFF/0 mm	OFF/0 mm	OFF/0 mm
Temporización	1 seg.	-	-	-
Proceso de taladrado (Bajada)	1 seg.	-	-	ON/80 mm
Proceso de taladrado (Subida)	1 seg.	-	-	OFF/0 mm
Posicionar sobre 4	2 seg.	ON/200 mm	OFF/0 mm	OFF/0 mm
Temporización	1 seg.	-	-	-
Proceso de taladrado (Bajada)	1 seg.	-	-	ON/80 mm
Proceso de taladrado (Subida)	1 seg.	-	-	OFF/0 mm

Partiendo de esta relación, es fácil agrupar las etapas en 4 tareas secuenciales (10, 20, 30, 40), donde en cada una se realizan los respectivos movimientos de posicionamiento de la pieza sobre el plano X-Y por medio de los actuadores 1A y 2A, y el proceso de taladrado con el actuador 3A. Además, dados los requerimientos de la máquina, se debe encender una señal de alarma cada vez que se realizan 12 perforaciones (3 ciclos) para lo cuál el programa debe validar el contador al finalizar cada ciclo en una quinta tarea (50). Finalmente, la validación del estado de la alarma se agregó dentro de la ya predeterminada tarea 0 (00) para permitir o bloquear la ejecución del programa según sea el estado de la señal de alarma.

Se procedió a construir el GRAFCET de descripción funcional, donde cada etapa (o acción) se asoció a un STEP y la validación de la acción realizada se asoció al TRANSITION consecuente, detallando en palabras las acciones y validaciones esperadas para cada uno de los pasos.

Finalmente, se definieron las señales para las entradas y salidas lógicas, siendo las entradas validadas en las transiciones (SENSOR_1A, SENSOR_2A y SENSOR_3A) y las salidas modificadas desde las acciones (ACTUADOR_1A, ACTUADOR_2A y ACTUADOR_3A), esto para llevar la descripción funcional al GRAFCET de segundo nivel en el entorno de Rockwell Studio5000.

Para poder realizar la comunicación y simulación requeridas, se incluyeron las señales complementarias de los actuadores (ACTUADOR_1B, ACTUADOR_2B y ACTUADOR_3B), sin embargo, su comportamiento está sujeto a un mismo elemento.

Para implementar la parte de la tarea 00 correspondiente a la validación del estado de la alarma se empleó una divergencia en .º, de modo que permita tomar una rama diferente dependiendo del estado de la señal para después converger y continuar con la ejecución principal de la secuencia. En la tarea 50, se aprovechó la programación por texto estructurado integrada con GRAFCET para condicionar la señal de alarma respecto al número de veces que se ha ejecutado el ciclo.

4.1. GRAFCET de descripción funcional

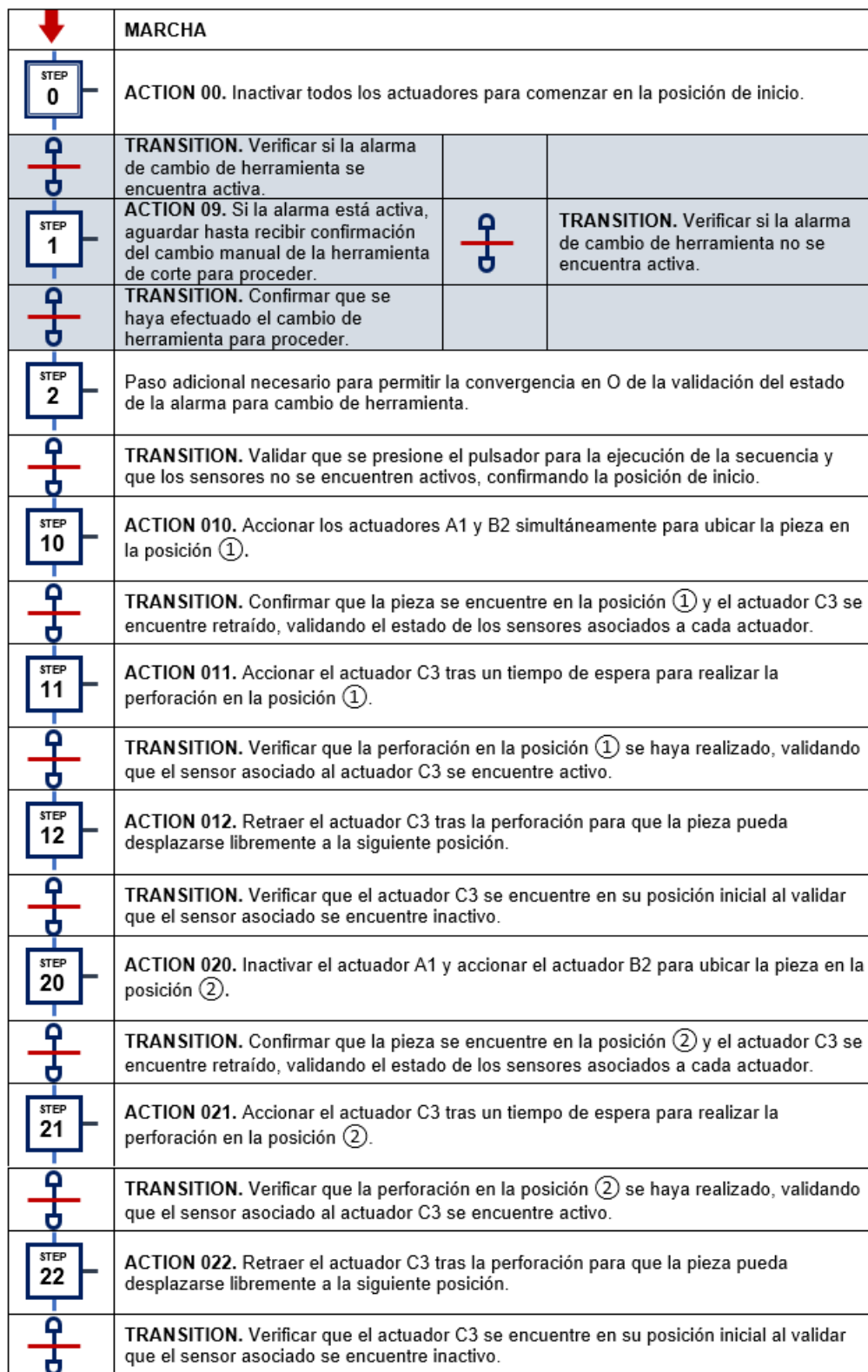


Figura 11. GRAFCET de descripción funcional paso a paso (A)



Figura 12. GRAFCET de descripción funcional paso a paso (B)

4.2. GRAFCET de descripción tecnológica

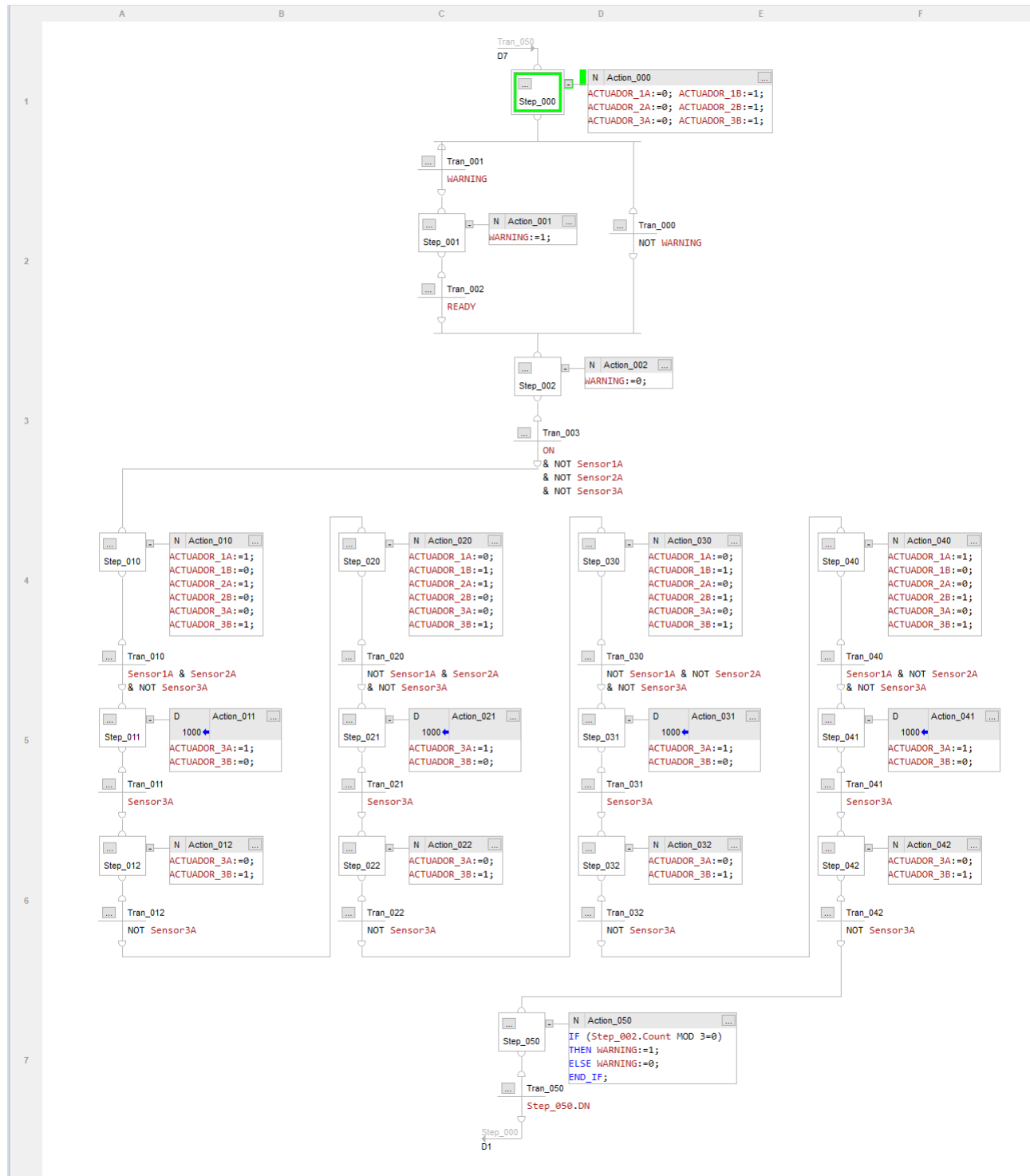


Figura 13. GRAFCET de descripción tecnológica realizado para la práctica.

5. Diagrama de funciones

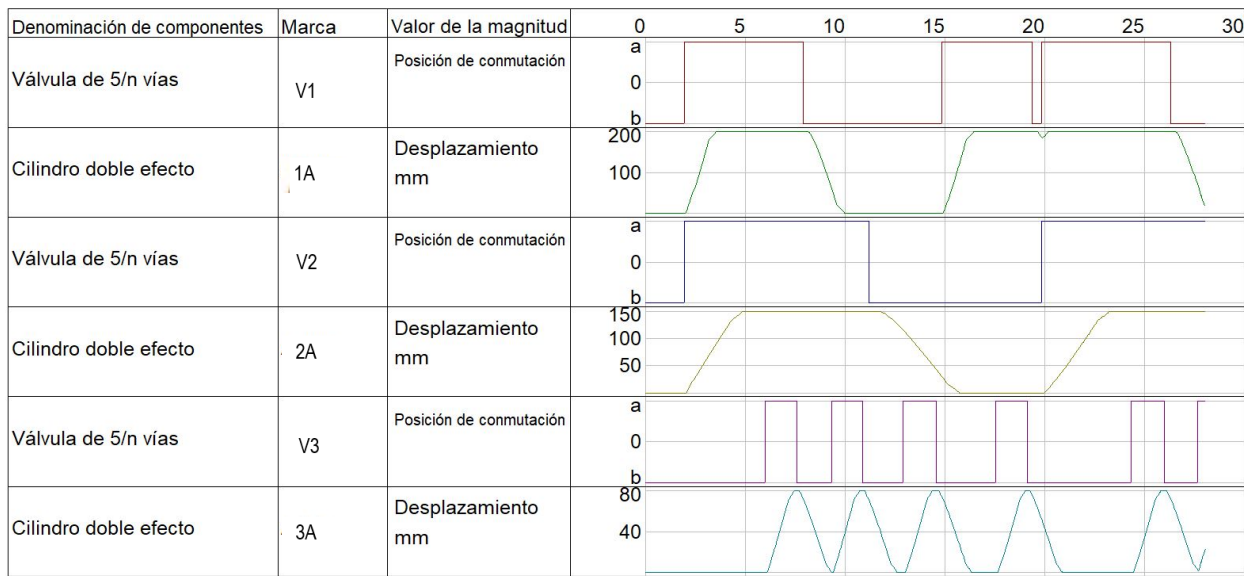


Figura 14. Diagrama de funciones.

6. BOM

Tabla 6. Build of materials del sistema neumático y eléctrico.

Elemento	Cantidad	Aplicación	Referencia
Cilindro neumático 1A	1	Movimiento de la mesa 1, 2 y la pieza	DSBC-50-150-PPVA-N3
Cilindro neumático 2A	1	Movimiento de la mesa 2 y la pieza	DSBC-32-200-PPVA-N3
Cilindro neumático 3A	1	Movimiento del taladro	DSBC-50-80-PPVA-N3
Electroválvula	3	Electroválvulas para el seguimiento de la secuencia	VQ1-2-00-5
Sensores	3	Detección de la posición del émbolo de los cilindros	SDAS-MHS-M40-1L-PNLK-PN-E-0.3-M8
Manguera	-	-	6 mm PAN-6
Compresor	1	-	NB5/5,5 FT/270 Nuair
SITOP	1	Fuente de poder, de 110AC a 24DC/10A	SITOP PSU200M
PLC	1	Controlador del sistema	Siemens S7-1200 DC/DC/DC
Relé	8	-	-
Pulsador	1	-	NO
Parada de emergencia	1	-	NC Switch

7. Simulación

Para realizar la comprobación de la secuencia se realizó la conexión de los actuadores simulados en FluidSIM (Figura 2) y la secuencia de control definida en GRAFCET en Studio 5000, por medio de comunicación OPC utilizando RSLinx OPC Server, para esto fue necesario agregar un modulo de I/O al PLC y su correspondiente asignación de bits como se observa en la Tabla 7.

En la Figura 15 se aprecia como las señales enviadas por RSLinx OPC Server son asignadas a los componentes de comunicación en FluidSIM IN/OUT, estos permiten la activación de los actuadores y las señales de los sensores son enviadas como entradas al PLC, también se

Tabla 7. Asignación de entradas y salidas en el modulo I/O del PLC.

Bloque FluidSim	Bloque I/O	BIT	Señal	Descripción
FluidSIM OUT	Local:3:I.Data	0	START	Inicio de operación
		1	S1A	Sensores, posición final detectada
		2	S2A	
		3	S3A	
		4	STOP	Detener operación
		5	READY	Reanudar operación después de activarse la alarma de cambio de herramienta
FluidSIM IN	Local:4:O.Data	1	V1A	Activar válvula
		2	V1B	
		3	V2A	
		4	V2B	
		5	V3A	
		6	V3B	
		7	WARNING	Alarma activada, es necesario hacer cambio de herramienta

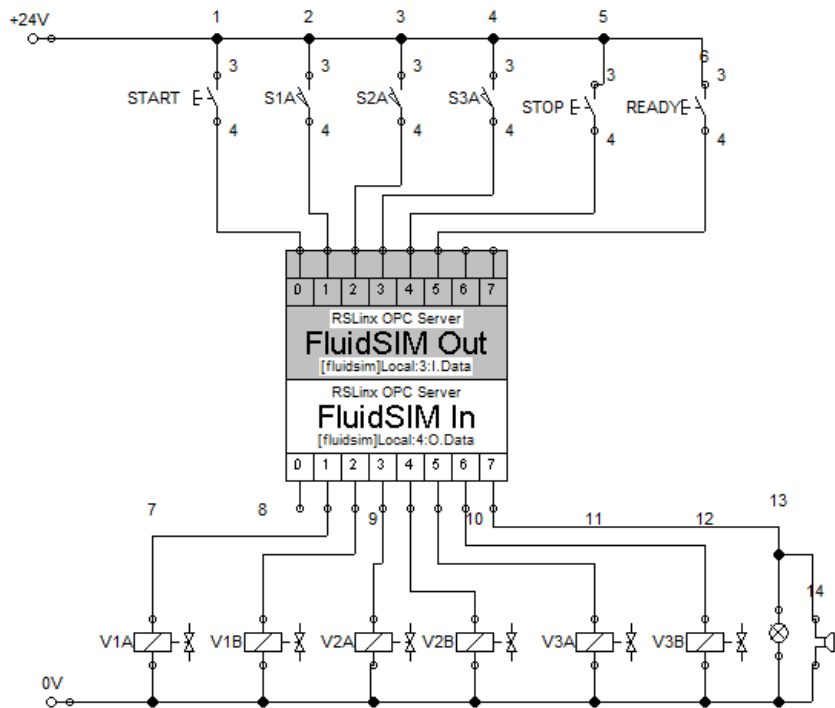


Figura 15. Conexión simulación FluidSIM - Studio 5000.

agrega un indicador de luz y sonoro para cuando la señal de WARNING esta activada es decir cuando es necesario realizar un cambio de herramienta para poder seguir con la operación de la maquina, al igual se agrego un pulsador READY que permite desactivar esta alarma.

El resultado de esta simulación se puede detallar en el diagrama de funciones de la Figura 14.

8. Análisis de resultados y recomendaciones

- En el caso de los cálculos, como se puede ver, el dimensionamiento de estos elementos puede llegar a ser optimizado mediante un proceso iterativo para obtener el cilindro mas pequeño y que cumpla con las especificaciones deseadas. Al ser esta una primera iteración, se obtienen cilindros sobredimensionados.
- La estructura de modelado en GRAFCET se basa en un principio básico de STEPS y TRANSITIONS, sin embargo, con la integración del lenguaje de texto estructurado el nivel de complejidad de un programa dependerá de la decisión del diseñador, siendo posible simplificar en gran medida cualquier secuencia si así se requiere. Para el caso presentado, dado que se trabaja con una secuencia simple, pensando en la fácil comprensión del programa y para una posterior conversión a LADDER (a modo de GRAFCET), nos limitamos a una secuencia única, sin emplear saltos de etapas o subrutinas, sin embargo el programa aún puede ser optimizado para reducir la cantidad de etapas y transiciones empleadas.
- En la simulación se realiza una ejecución cíclica del proceso y se observó que en el inicio de cada ciclo existe un cambio rápido entre la posición de conmutación de la válvula del actuador 1, esto sucede ya que al iniciar el proceso se llevan los cilindros a la posición de home pero en una ejecución cíclica el cilindro 1 no alcanza a retornar a home, se recomienda para futuras iteraciones adicionar 3 sensores para cada cilindro que detecten que se ha llegado a la posición de home para garantizar el retroceso completo de los cilindros.
- Se utilizaron válvulas de 5 vías y 3 posiciones para manejar el caso del actuador 3 que queda suspendido verticalmente la tercera posición previene que este baje cuando la válvula se encuentra des-energizada, en futuras iteraciones se recomienda utilizar válvulas de 5/2 y analizar un tipo de retorno adecuado para evitar esta situación, de tal manera se disminuyen los costos de los componentes.

Referencias

- [1] *NUAIR Compressors*. Catalogo compresores.
- [2] *SMC*. Based Munted Metal seal/rubber seal Series VQ.
- [3] Sensores FESTO. Transmisor de posición, sensor de proximidad SDAS-MHS para ranura en T. <https://www.festo.com/media/pim/890/D15000100149890.PDF>
- [4] Conexión FluidSim y Studio 5000 <https://www.youtube.com/watch?v=GawZ7YB6gQI>