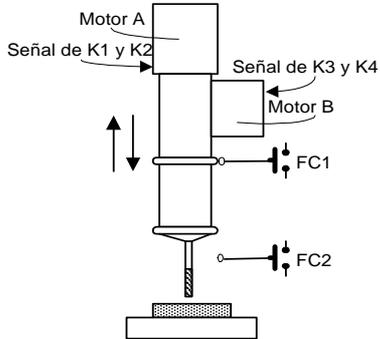


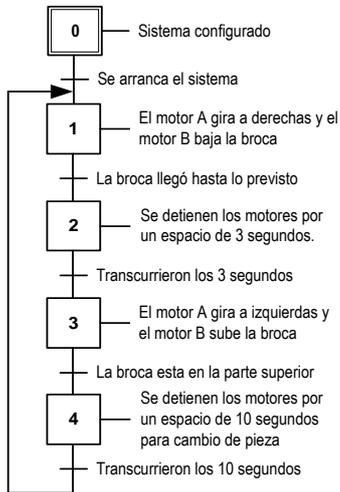
12,13

Programación de PLC en KOP y FUP. Secuencia de una aplicación

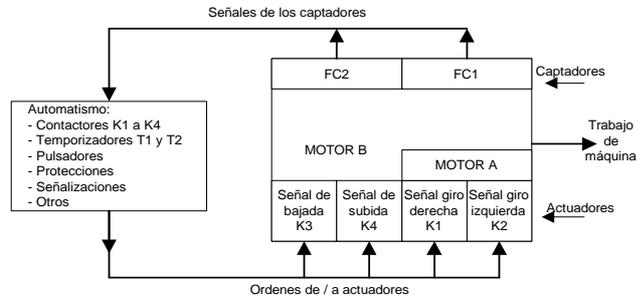
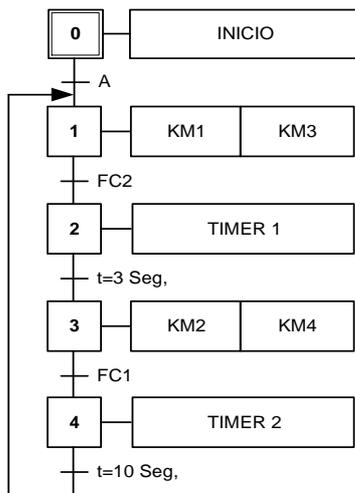
TALADRO ELECTRICO



Grafcet Nivel Funcional



Grafcet Nivel Tecnológico



Ecuaciones generadas del Grafcet tecnologico

$$E_1 = E_4 t_2 + \bar{E}_2 E_1$$

$$E_1 = KM 1$$

$$E_1 = KM 3$$

$$E_2 = E_1 FC 2 + \bar{E}_3 E_2$$

$$E_2 = TIMER 1$$

$$E_3 = E_2 t_1 + \bar{E}_4 E_3$$

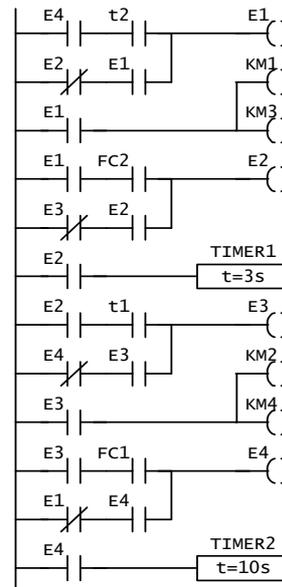
$$E_3 = KM 2$$

$$E_3 = KM 4$$

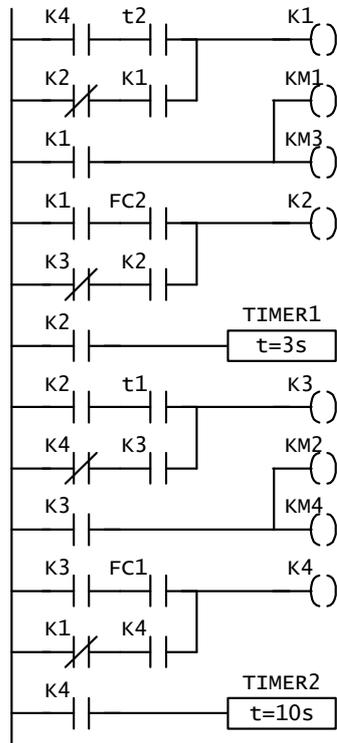
$$E_4 = E_3 FC 1 + \bar{E}_1 E_4$$

$$E_4 = TIMER 2$$

KOP elaborado de las ecuaciones



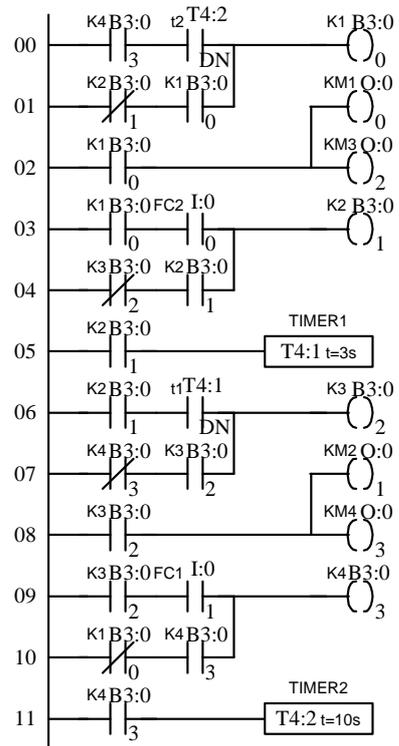
KOP colocando relés



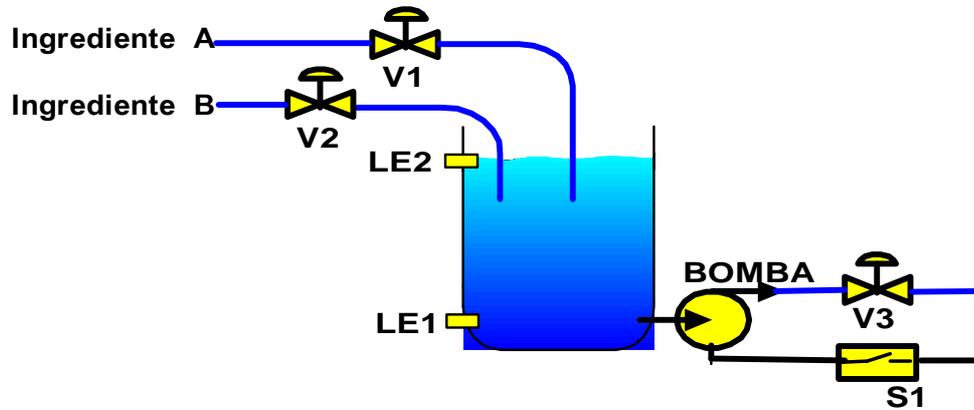
Asignando direcciones a los componentes

E	S	Bit	Temporiz.
FC1 I:0/0	KM1 O:0/0	K1 B3:0/0	T1 T4:1/DN
FC2 I:0/1	KM2 O:0/1	K2 B3:0/1	T2 T4:2/DN
		K3 B3:0/2	
		K4 B3:0/3	

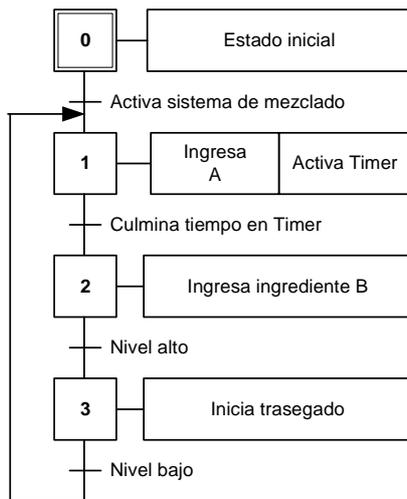
KOP con la direcciones para el PLC



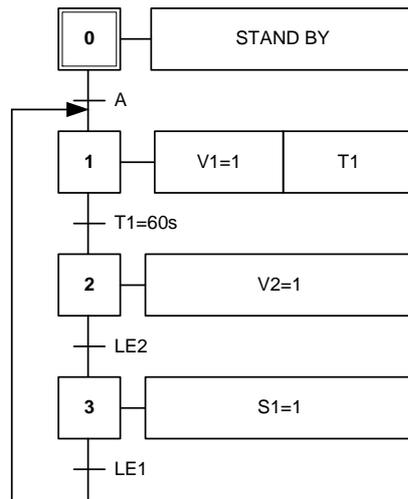
CONTROL DE UN MEZCLADOR



MEDIANTE V1 EL INGREDIENTE A INGRESA PRIMERO, SEGUN ESPECIFICACIONES TECNICAS, POR UN TIEMPO T1, LUEGO SE VIERTE, MEDIANTE V2, EL INGREDIENTE B HASTA QUE LA SOLUCION ALCANCE EL NIVEL LE2, MOMENTO EN QUE ES TRASEGADO A OTRO PROCESO MEDIANTE LA BOMBA Y SU VALVULA V3. SE REINICIA EL CICLO CUANDO EL NIVEL LLEGUE A LE1.



**NIVEL 1
FUNCIONAL**



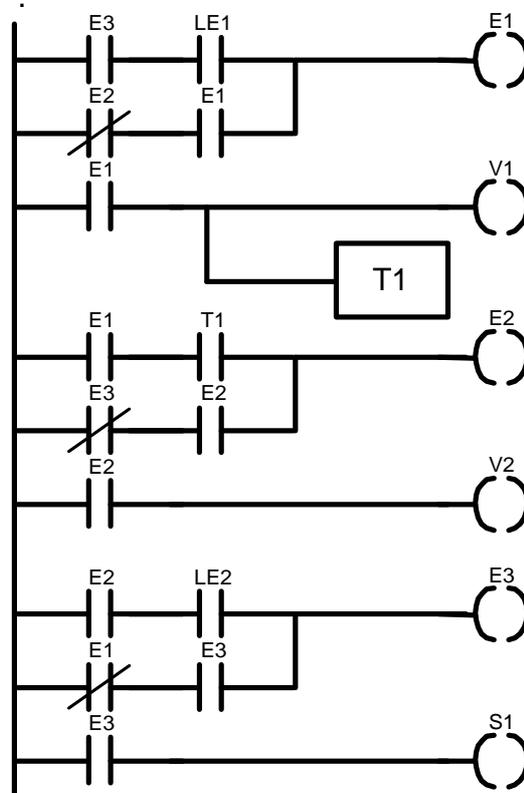
**NIVEL 2
TECNOLÓGICO**

$$\begin{aligned}
 E1 &= E3LE1 + \overline{E2}E1 \\
 &= V1 \\
 &= T1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E2 &= E1T1 + \overline{E3}E2 \\
 &= V2
 \end{aligned}$$

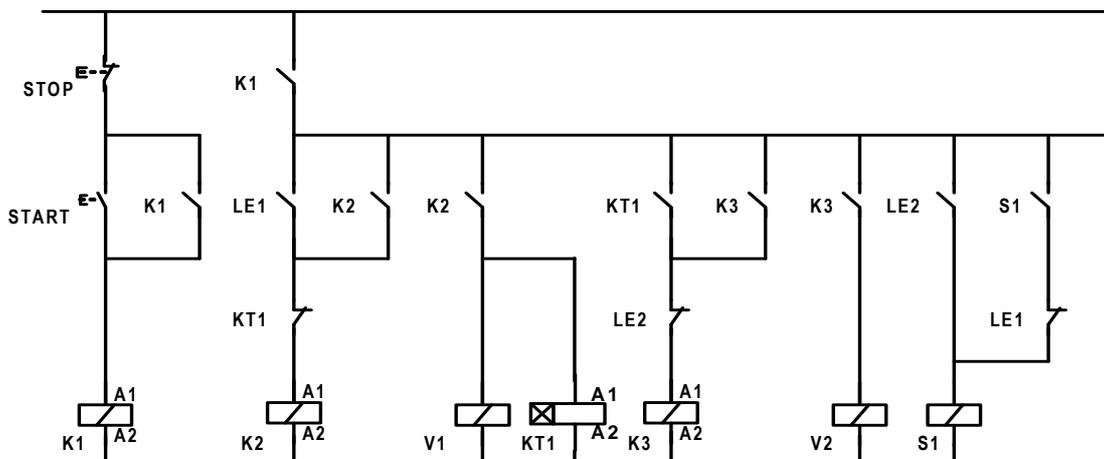
$$\begin{aligned}
 E3 &= E2LE2 + \overline{E1}E3 \\
 &= S1
 \end{aligned}$$

Ladder o KOP derivado de las ecuaciones anteriores:



Luego se asignan las direcciones para ingresar al software de programación del PLC.

Por otro lado, convencionalmente se analizó con el diagrama del circuito eléctrico siguiente, pero que tiene la misma lógica, solo que en el analizado con el GRAFCET se basa en que cada etapa E1..E3 sería las marcas o bit, las acciones de dichas etapas los actuadores y las transiciones los elementos primarios.



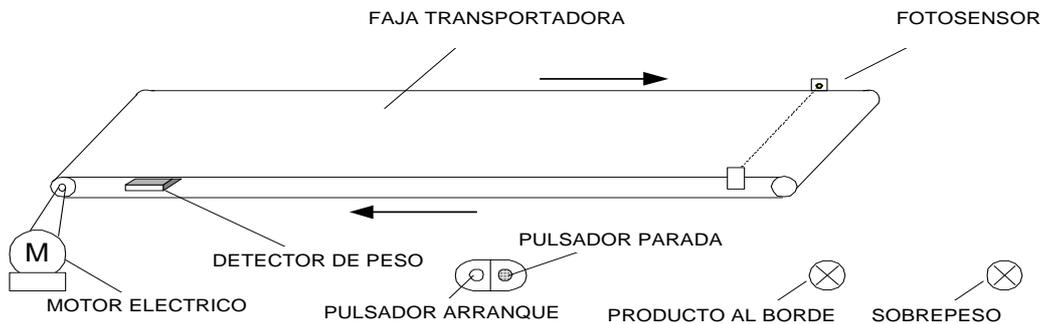
Asignando las respectivas direcciones, nomenclatura para SIEMENS:

ENTRADAS:	MARCAS	SALIDAS	
Arranque STR I0.0	Rele 1 K1 M0.0	Valv.1 V1 Q0.0	Timer KT1 T1
Parada STP I0.1	Rele 2 K2 M0.1	Valv.2 V2 Q0.1	
Nivel Bajo LE1 I0.2	Rele 3 K3 M0.2	Switch S1 Q0.2	
Nivel alto LE2 I0.3			

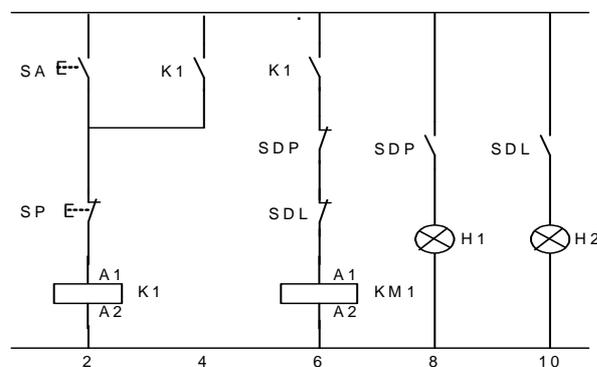
Con estos datos ingresamos al software para cargar el PLC Siemens

PROGRAMACION FAJA TRANSPORTADORA DE SUPERMERCADO

Activado el sistema mediante el pulsador de arranque la faja transportadora gira y cuando se coloca un objeto liviano sobre dicha faja se trasladará hasta llegar a la zona del haz luminoso del fotosensor interrumpiendo dicho haz, activando el sensor que envía la señal para detener el motor y encender el foco de “producto al borde”. Si el objeto es pesado, el sensor de peso se activa enviando la señal para detener el motor y encender el foco “sobrepeso”. Todo el sistema se desactiva con el pulsador de parada.



Analizando en forma convencional en un circuito eléctrico, incluido el arranque y parada, se tiene:



**ASIGNACION DE ENTRADAS Y SALIDAS
(nomenclatura SIEMENS)**

• Entradas		
Pulsador de arranque	SA	I0.0
Pulsador de parada	SP	I0.1
Detector de peso	SDP	I0.2
Fotosensor	SDL	I0.3
• Salidas		
Motor eléctrico	KM1	Q0.0
Señalizador peso	H1	Q0.1
Señalizador limite	H2	Q0.2
• Marcas		
Relé	K1	M0.0

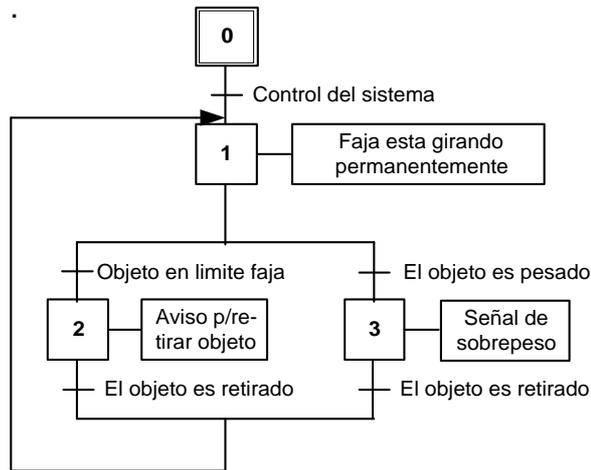
**ASIGNACION DE ENTRADAS Y SALIDAS
(nomenclatura ALLEN-BRADLEY)**

• Entradas		
Pulsador de arranque	SA	I:0/0
Pulsador de parada	SP	I:0/1
Detector de peso	SDP	I:0/2
Fotosensor	SDL	I:0/3
• Salidas		
Motor eléctrico	KM1	O:0/0
Señalizador peso	H1	O:0/1
Señalizador limite	H2	O:0/2
• Bits		
Relé	K1	B3:0/0

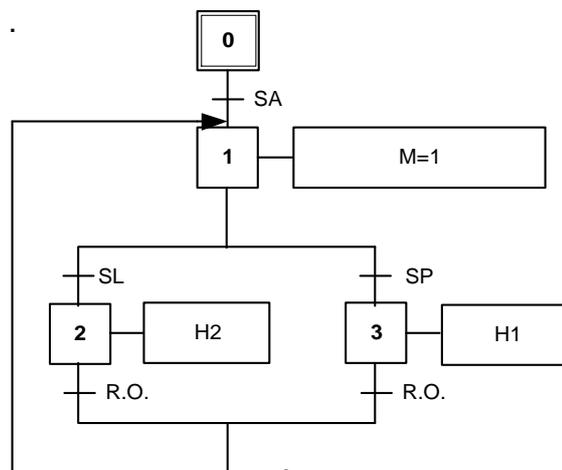
En función a esta asignación podemos elaborar el programa para el PLC.

Mientras que si analizamos con el SFC, se tiene:

NIVEL FUNCIONAL



NIVEL TECNOLOGICO



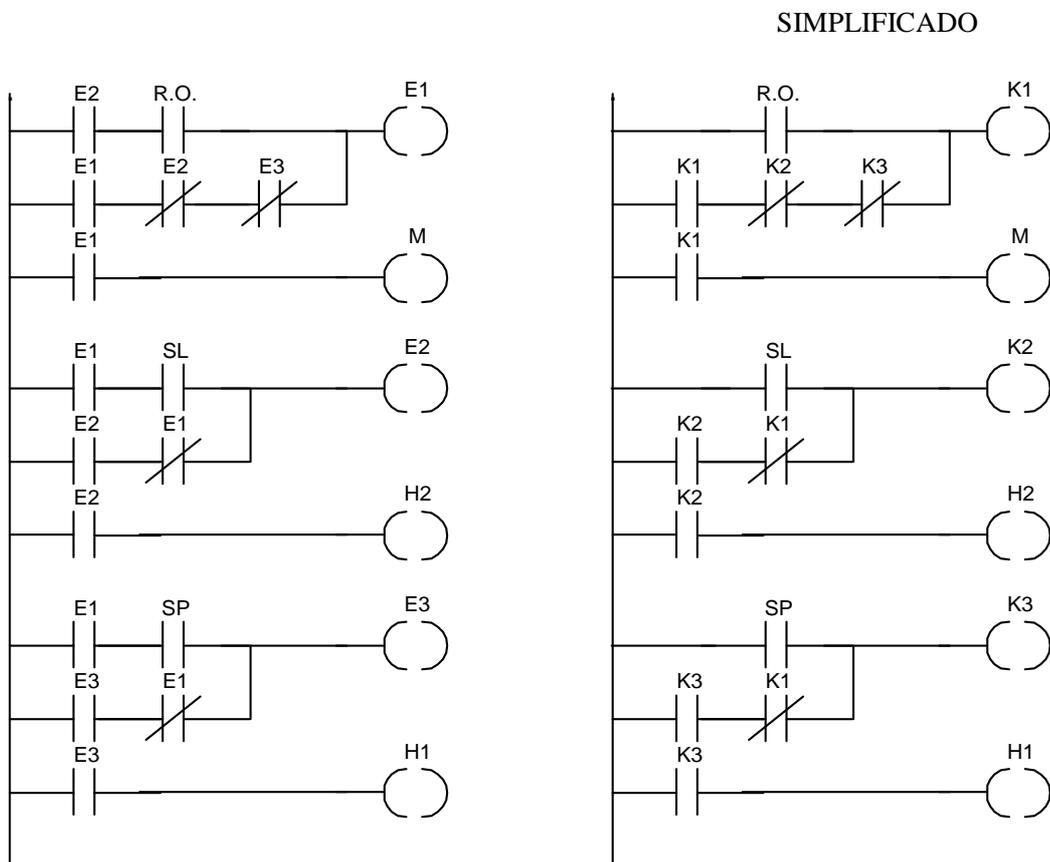
Las ecuaciones del GRAFCET son:

$$\begin{aligned} E1 &= E2RO + (\overline{E2}E1.\overline{E3}E1) \\ &= E2RO + E1(\overline{E2}.\overline{E3}) \\ &= M \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E2 &= E1SL + \overline{E1}E2 \\ &= H2 \end{aligned}$$

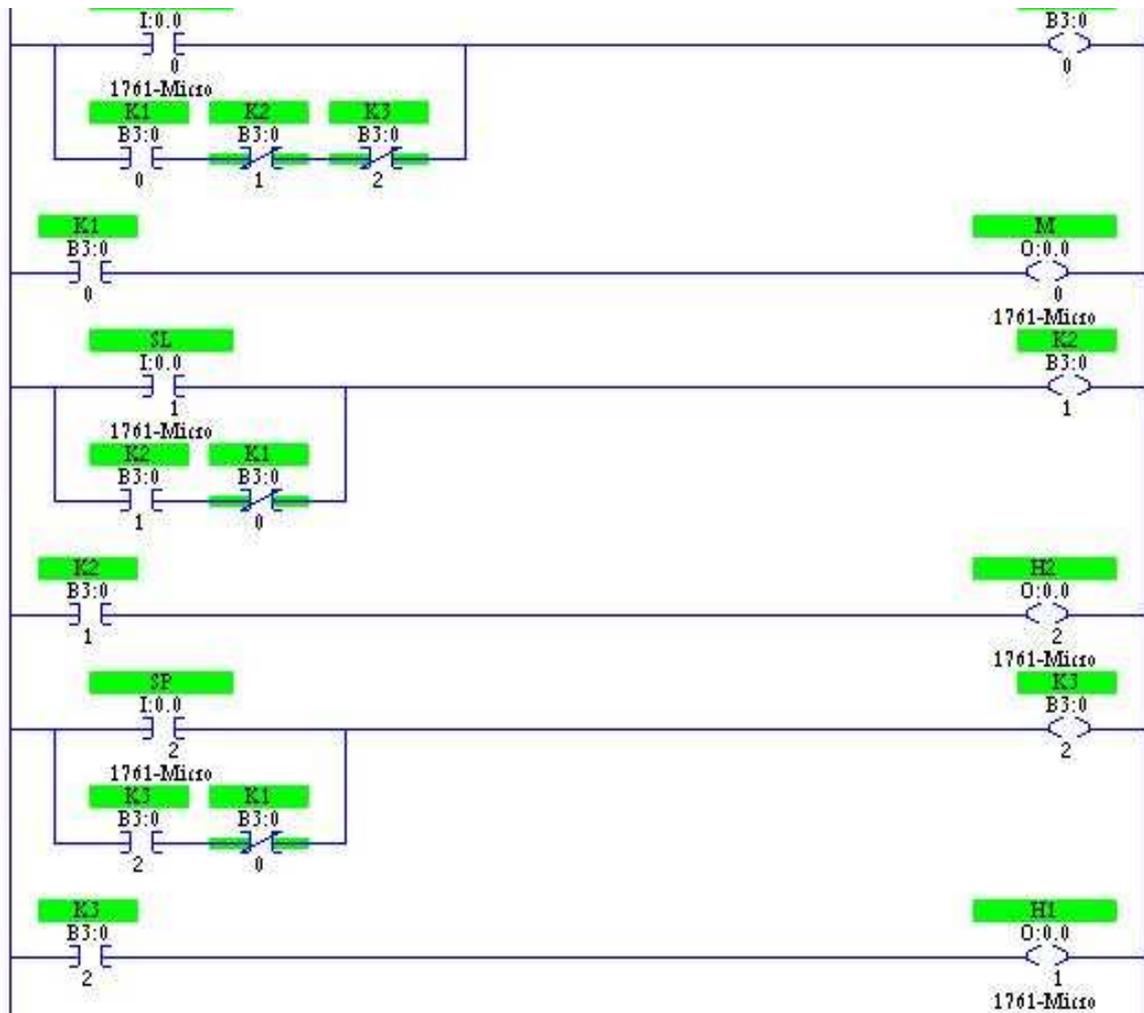
$$\begin{aligned} E3 &= E1SP + \overline{E1}E3 \\ &= H1 \end{aligned}$$

El KOP derivado de las ecuaciones es:



Cada etapa E1..E3 representan a las marcas o bit, las acciones de dichas etapas los actuadores y las transiciones los elementos primarios. Esta explicación se visualiza en el diagrama simplificado y donde también se reemplazaron las etapas por los relés, marcas o bits.

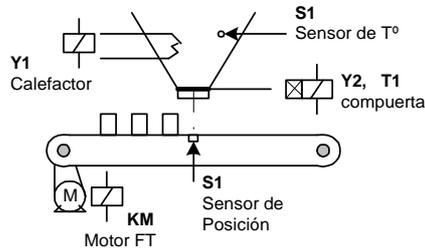
Faja transportadora para supermercado en KOP (EDITADO CON RSLogix500 para ALLEN-BRADLEY)



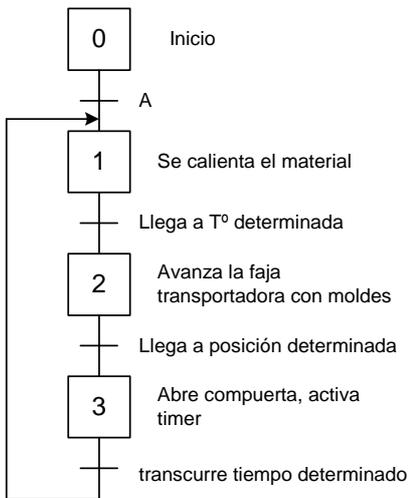
Recuerde para Allen Bradley...

- — XIO Examine si abierto
- — XIC Examine si cerrado
- — OTE Activacion de salida
- TON Temporizador al cierre
- TOF Temporizador a la apertura
- CTU Contador ascendente

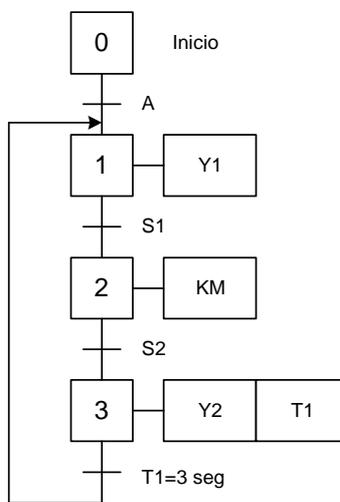
TOLVA LLENADORA



NIVEL FUNCIONAL



NIVEL TECNOLOGICO



ECUACIONES GENERADAS DEL NIVEL TECNOLOGICO PARA EL DIAGRAMA LADDER

$$E1 = E3.T1 + \overline{E2}.E1$$

$$E1 = Y1$$

$$E2 = E1.S1 + \overline{E3}.E2$$

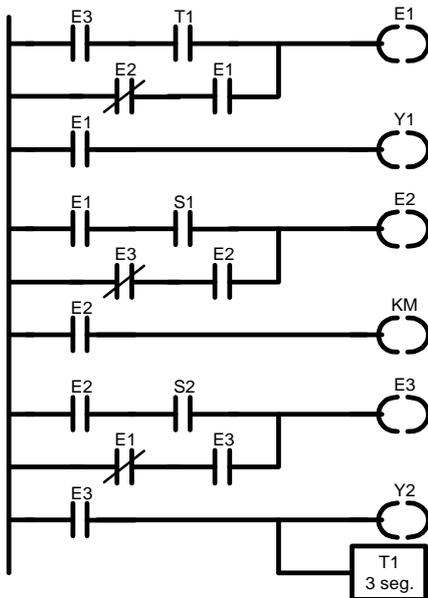
$$E2 = KM$$

$$E3 = E2.S2 + \overline{E1}.E3$$

$$E3 = Y2$$

$$E3 = T1$$

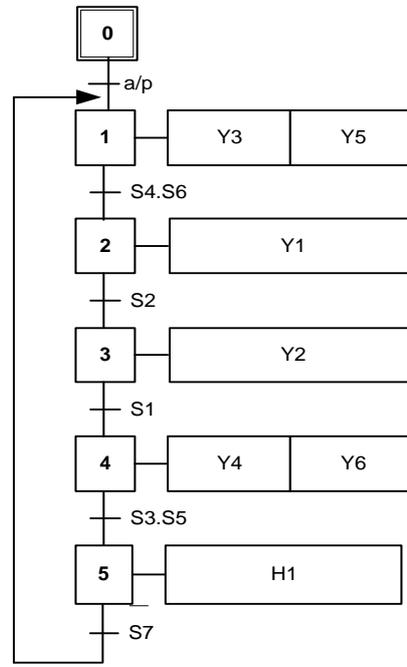
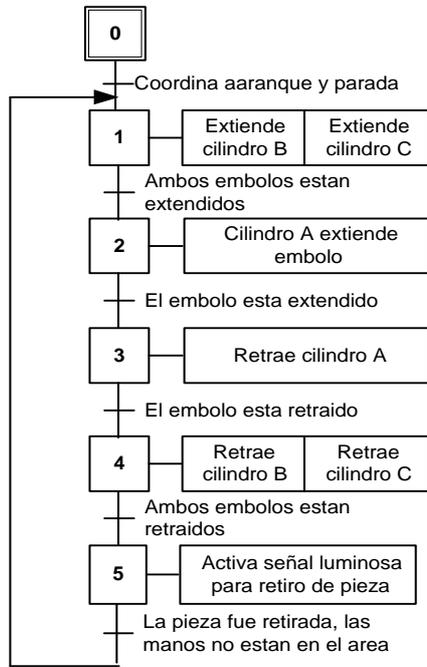
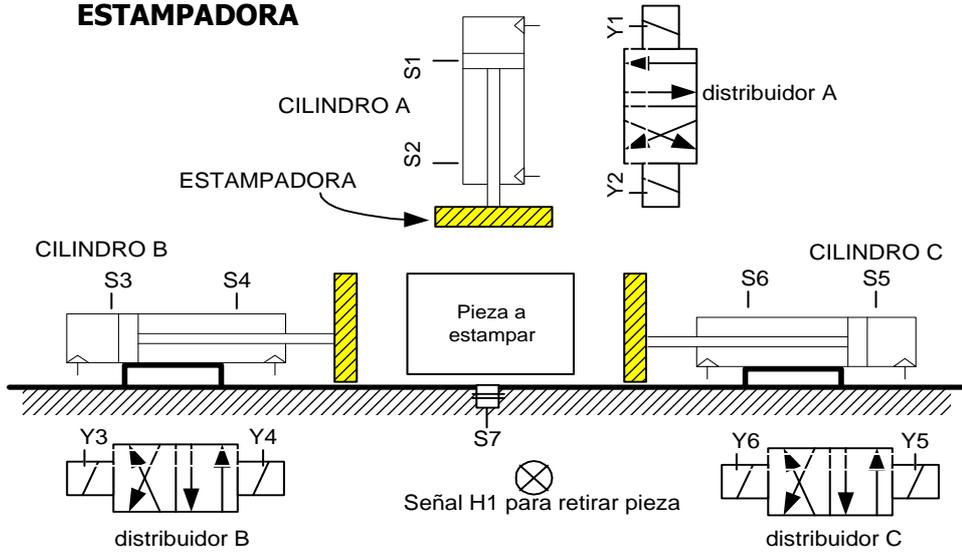
DIAGRAMA LADDER O KOP



ASIGNACION DE E/S

ENTRADAS	SALIDAS	BITS	TEMPORIZ.
S1 I:0/0	Y1 O:0/0	E1 B3:0/0	T1 T4:0/DN
S2 I:0/1	Y2 O:0/1	E2 B3:0/1	
	KM O:0/2	E3 B3:0/2	

ESTAMPADORA



$$E1 = E5.S7 + \overline{E2}.E1$$

$$E1 = Y3$$

$$E1 = Y5$$

$$E2 = E1.S4.S6 + \overline{E3}.E2$$

$$E2 = Y1$$

$$E3 = E2.S2 + \overline{E4}.E3$$

$$E3 = Y2$$

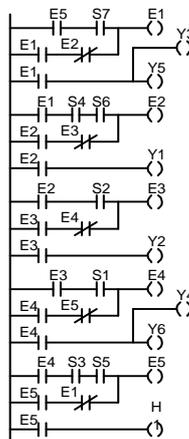
$$E4 = E3.S1 + \overline{E5}.E4$$

$$E4 = Y4$$

$$E4 = Y6$$

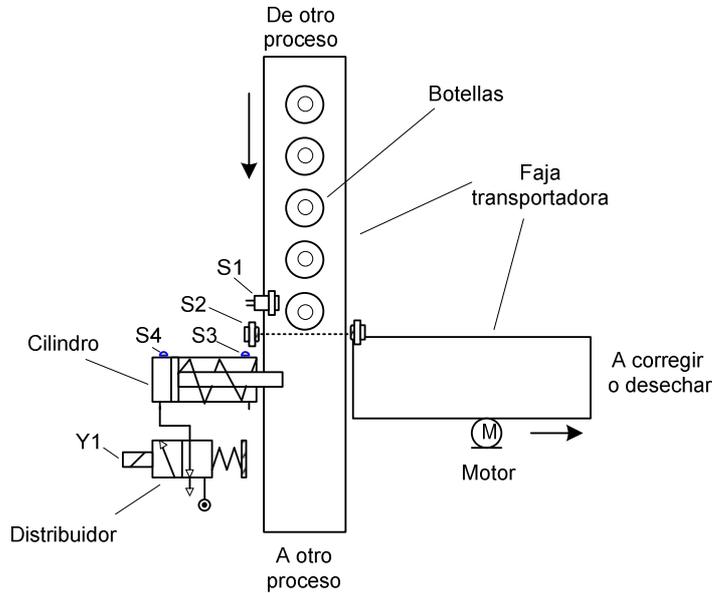
$$E5 = E4.S3.S5 + \overline{E1}.E5$$

$$E5 = H1$$



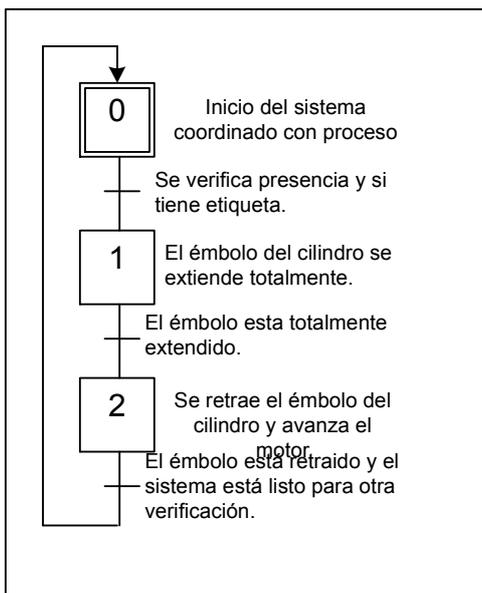
E	S	BIT
S1	Y1	E1
S2	Y2	E2
S3	Y3	E3
S4	Y4	E4
S5	Y5	E5
S6	Y6	
S7	H1	

SISTEMA QUE EXCLUYE PRODUCTOS DEFECTUOSOS

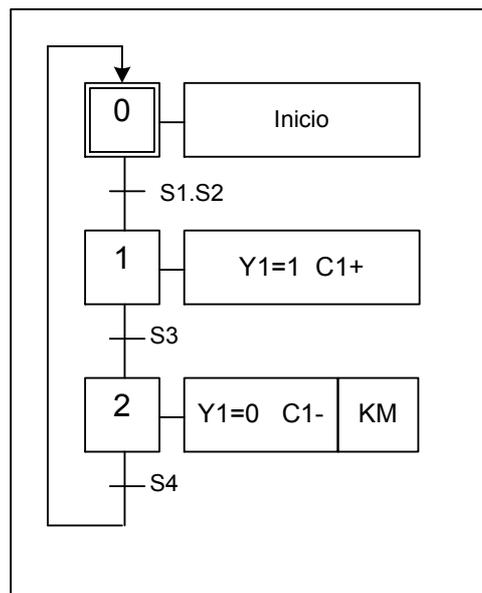


Las botellas se trasladan por la faja principal, al pasar por el sistema se detecta su presencia con S1 e inmediatamente se verifica con S2 que dicha botella esté etiquetada, es decir se corta el haz luminoso cada vez que pasa una botella, en caso de no cortarse el haz se activa Y1 haciendo que C1 extienda su émbolo hasta S3 retirando la botella a la otra faja y haciendo que el motor avance y desconectando Y1 retrayendo su émbolo hasta S4 que resetea el sistema y continua el proceso.

GRAFJET FUNCIONAL



GRAFJET TECNOLOGICO



ECUACIONES GENERADAS

$$E1 = E0.S1.S2 + \bar{E2}.E1$$

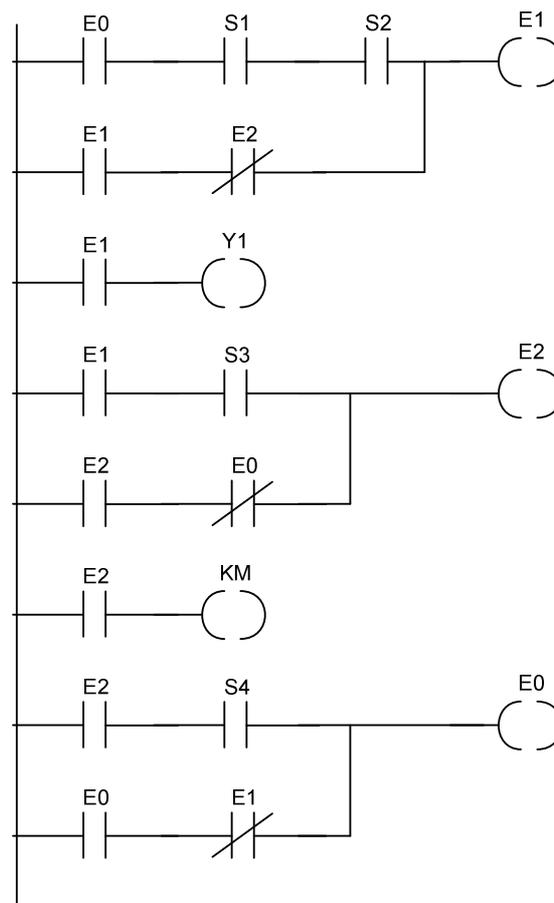
$$E1 = Y1$$

$$E2 = E1.S3 + \bar{E0}.E2$$

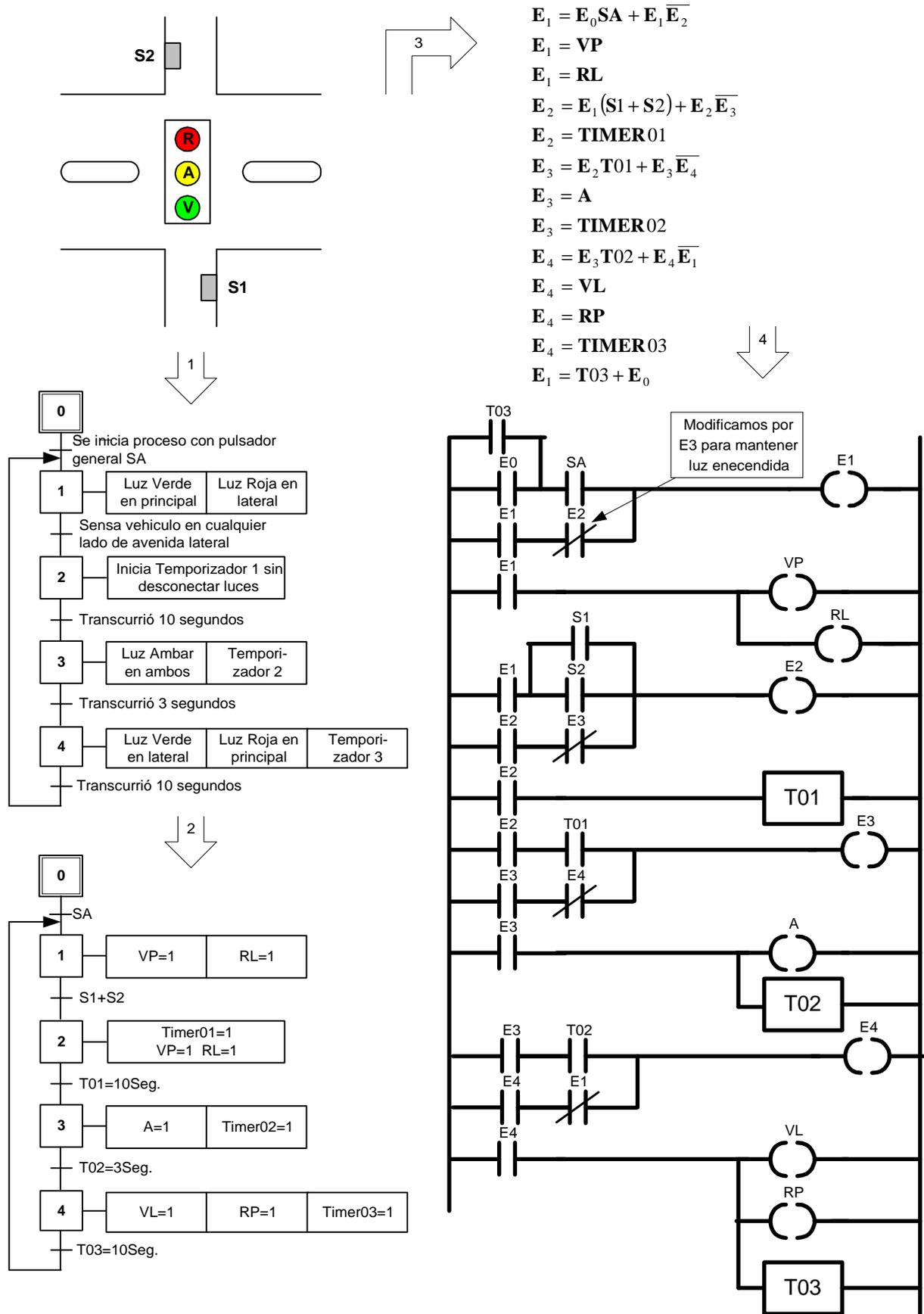
$$E2 = KM$$

$$E0 = E2.S4 + \bar{E1}.E1$$

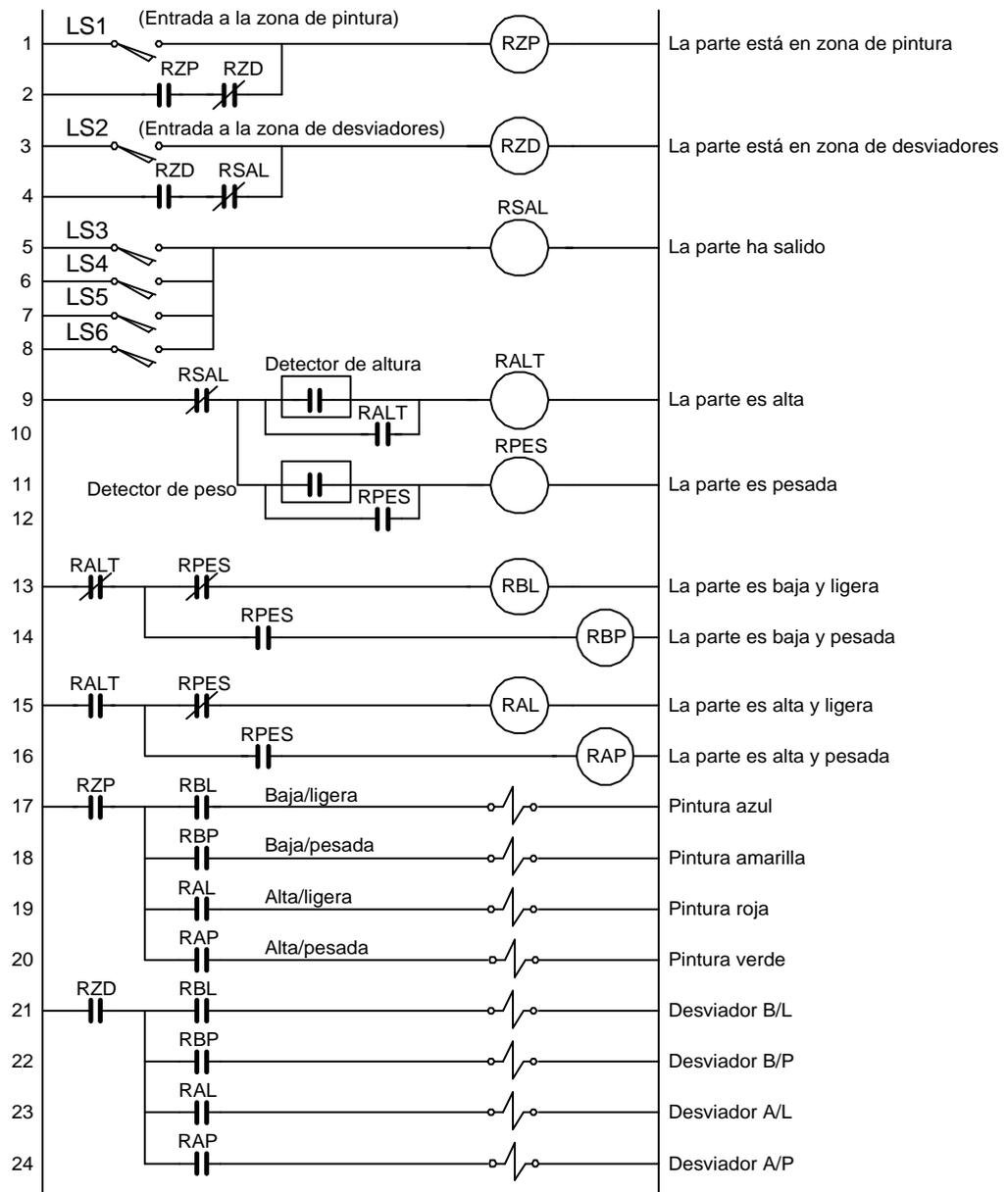
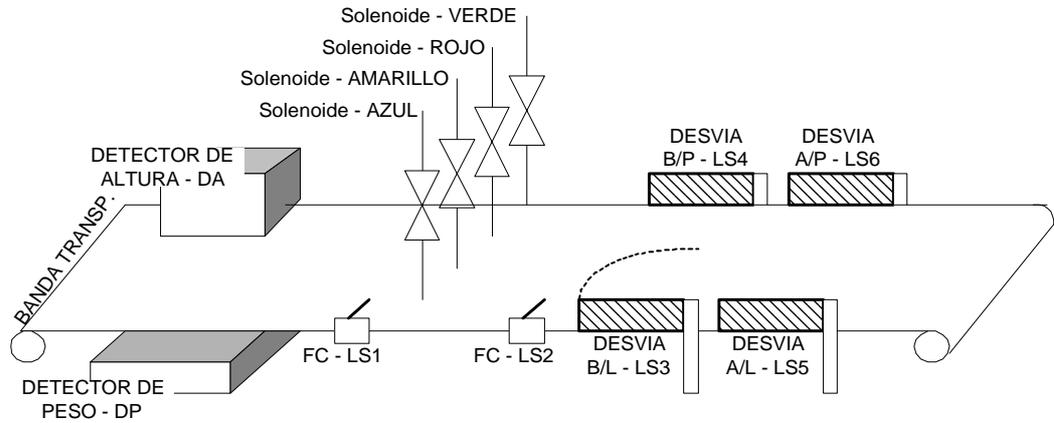
DIAGRAMA DE CONTACTOS



CONTROL ELEMENTAL DE SEMAFORO PARA AVENIDA PRINCIPAL Y LATERAL DE POCO TRANSITO

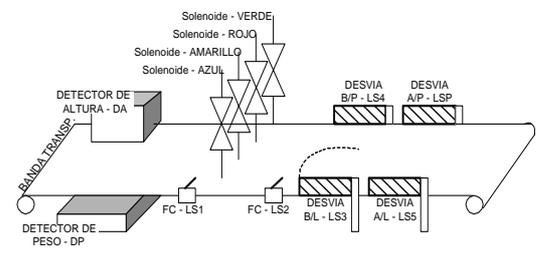
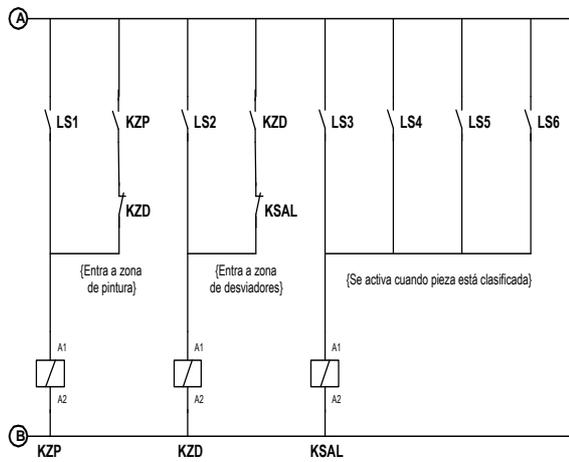
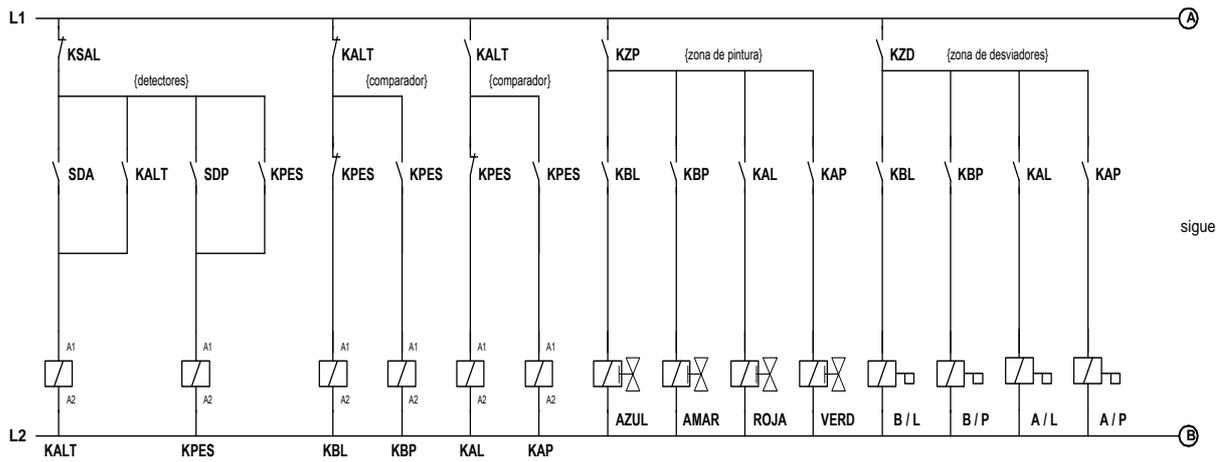


EJEMPLO DE LÓGICA CON RELÉS Y PLC PARA UN CLASIFICADOR DE PARTES EN FUNCION DE ALTURA Y PESO



Circuito de control para faja transportadora/clasificador con lógica de relés

El circuito eléctrico del clasificador



CLASIFICADOR DE PIEZAS EN FUNCION DE ALTURA Y PESO

Información sobre E/S del Clasificador

CLASIFICADOR

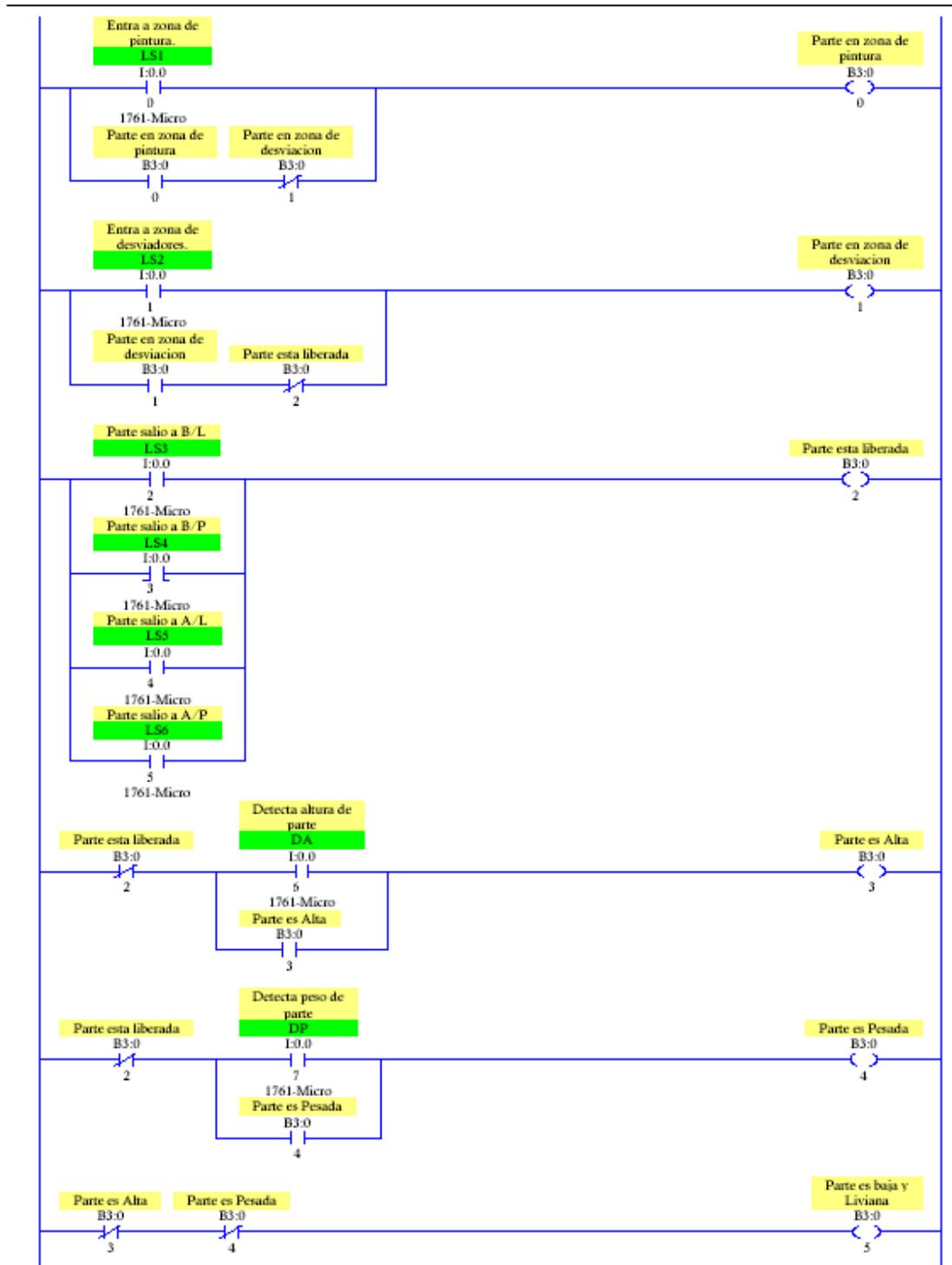
Base de datos de direcc/símbolos

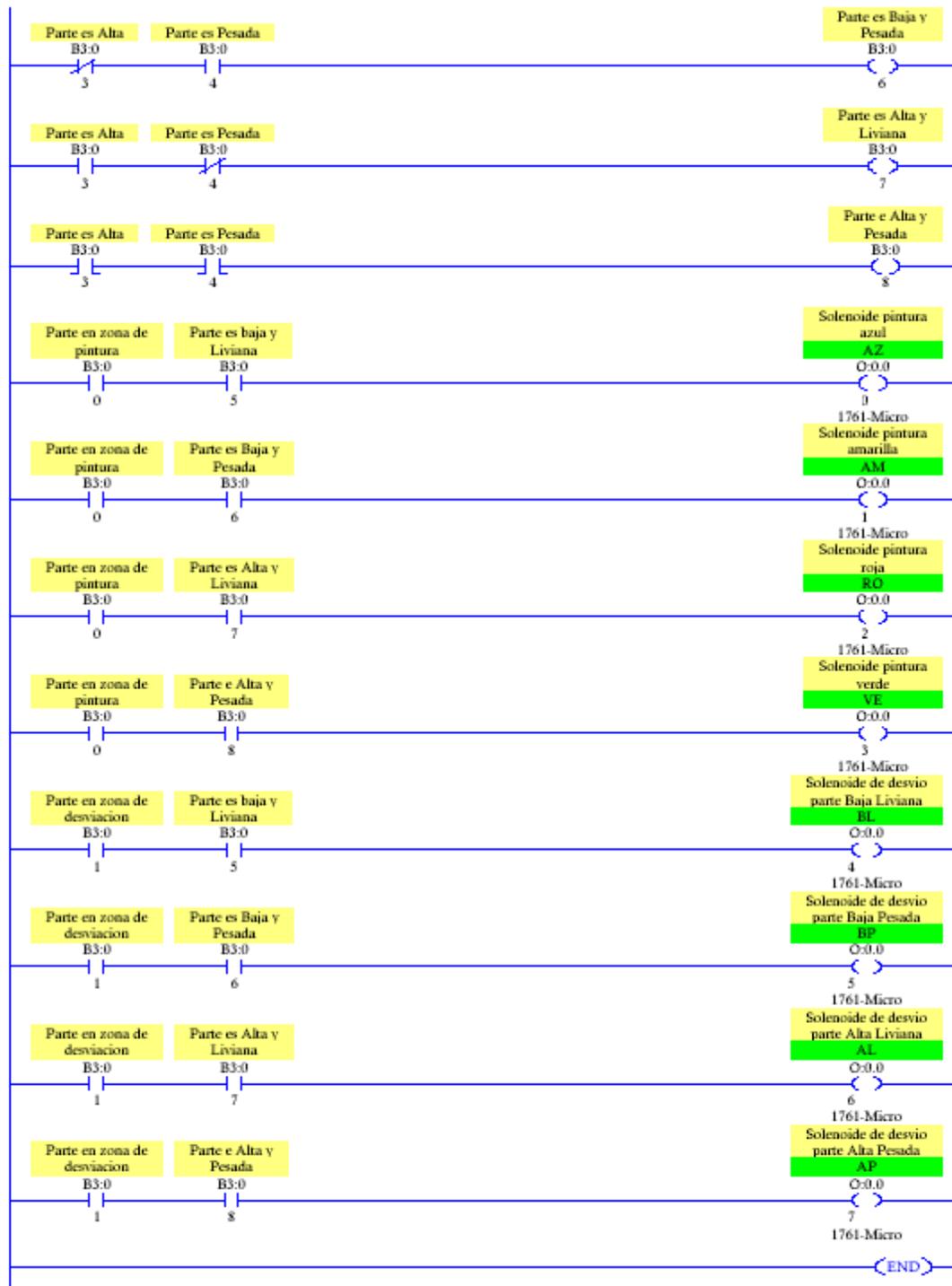
Dirección	Símbolo	Alcance	Descripción	G
B3:0/0			Parte en zona de pintura	
B3:0/1			Parte en zona de desviacion	
B3:0/2			Parte esta liberada	
B3:0/3			Parte es Alta	
B3:0/4			Parte es Pesada	
B3:0/5			Parte es baja y Liviana	
B3:0/6			Parte es Baja y Pesada	
B3:0/7			Parte es Alta y Liviana	
B3:0/8			Parte e Alta y Pesada	
I:0.0/0	LS1	Global	Entra a zona de pintura.	
I:0.0/1	LS2	Global	Entra a zona de desviadores.	
I:0.0/2	LS3	Global	Parte salio a B/L	
I:0.0/3	LS4	Global	Parte salio a B/P	
I:0.0/4	LS5	Global	Parte salio a A/L	
I:0.0/5	LS6	Global	Parte salio a A/P	
I:0.0/6	DA	Global	Detecta altura de parte	
I:0.0/7	DP	Global	Detecta peso de parte	
O:0.0/0	AZ	Global	Solenoides pintura azul	
O:0.0/1	AM	Global	Solenoides pintura amarilla	
O:0.0/2	RO	Global	Solenoides pintura roja	
O:0.0/3	VE	Global	Solenoides pintura verde	
O:0.0/4	BL	Global	Solenoides de desvio parte Baja Liviana	
O:0.0/5	BP	Global	Solenoides de desvio parte Baja Pesada	
O:0.0/6	AL	Global	Solenoides de desvio parte Alta Liviana	
O:0.0/7	AP	Global	Solenoides de desvio parte Alta Pesada	
S2:0			Arithmetic Flags	
S2:0/0			Processor Arithmetic Carry Flag	
S2:0/1			Processor Arithmetic Underflow/ Overflow Flag	
S2:0/2			Processor Arithmetic Zero Flag	
S2:0/3			Processor Arithmetic Sign Flag	
S2:1			Processor Mode Status/ Control	
S2:1/0			Processor Mode Bit 0	
S2:1/1			Processor Mode Bit 1	
S2:1/2			Processor Mode Bit 2	
S2:1/3			Processor Mode Bit 3	
S2:1/4			Processor Mode Bit 4	
S2:1/5			Forces Enabled	
S2:1/6			Forces Present	
S2:1/7			Comms Active	
S2:1/8			Fault Override at Powerup	
S2:1/9			Startup Protection Fault	
S2:1/10			Load Memory Module on Memory Error	
S2:1/11			Load Memory Module Always	
S2:1/12			Load Memory Module and RUN	
S2:1/13			Major Error Halted	
S2:1/14			Access Denied	
S2:1/15			First Pass	
S2:2/0			STI Pending	
S2:2/1			STI Enabled	
S2:2/2			STI Executing	
S2:2/3			Index Addressing File Range	
S2:2/4			Saved with Debug Single Step	
S2:2/5			DH-485 Incoming Command Pending	
S2:2/6			DH-485 Message Reply Pending	
S2:2/7			DH-485 Outgoing Message Command Pending	
S2:2/15			Comms Servicing Selection	
S2:3			Current Scan Time/ Watchdog Scan Time	
S2:4			Time Base	
S2:5/0			Overflow Trap	
S2:5/2			Control Register Error	
S2:5/3			Major Err Detected Executing UserFault Routine	

KOP del clasificador editado en RSLogix500

CLASIFICADOR

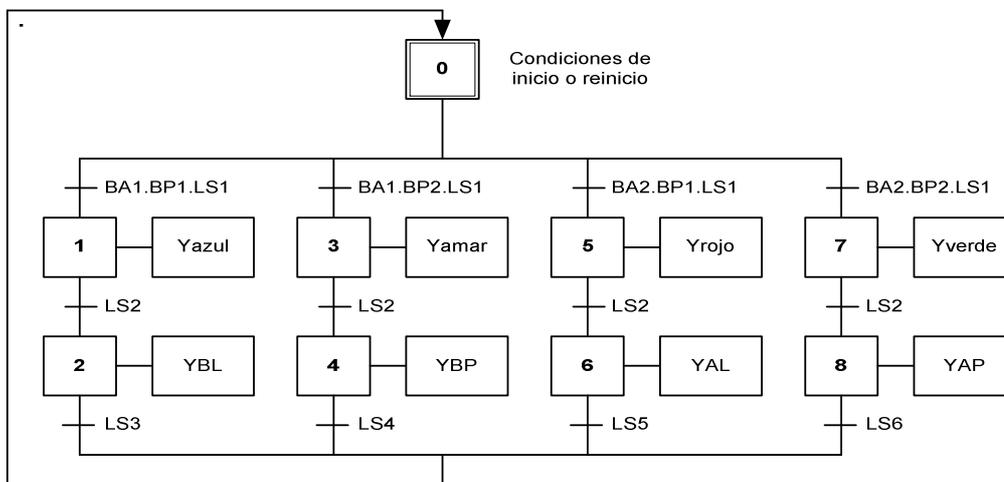
LAD 2 - MAIN_PROG --- Total renglones en archivo = 18





Solución con el SFC o GRAFCET del clasificador

ENTRADAS		SALIDAS	
Detector de altura BAJO	BA1	Solenoides pintura azul	Yazul
Detector de altura ALTO	BA2	Solenoides pintura amarilla	Yamar
Detector de peso LIVIANO	BP1	Solenoides pintura roja	Yrojo
Detector de peso PESADO	BP2	Solenoides pintura verde	Yverde
Ingreso a zona de pintura	LS1	Solenoides de desvío B/L	YBL
Ingreso zona de desviadores	LS2	Solenoides de desvío B/P	YBP
Llegada almacén B/L	LS3	Solenoides de desvío A/L	YAL
Llegada almacén B/P	LS4	Solenoides de desvío A/P	YAP
Llegada almacén A/L	LS5		
Llegada almacén A/P	LS6		



$$E0 = (E2.LS3 + E0.\bar{E}1) + (E4.LS4 + E0.\bar{E}3) + (E6.LS5 + E0.\bar{E}5) + (E8.LS6 + E0.\bar{E}7)$$

$$E1 = E0.BA1.BP1.LS1 + E1.\bar{E}2$$

$$E1 = Yazul$$

$$E2 = E1.LS2 + E2.\bar{E}0$$

$$E2 = YBL$$

$$E3 = E0.BA1.BP2.LS1 + E3.\bar{E}4$$

$$E3 = Yamar$$

$$E4 = E3.LS2 + E4.\bar{E}0$$

$$E4 = YBP$$

$$E5 = E0.BA2.BP1.LS1 + E5.\bar{E}6$$

$$E5 = Yrojo$$

$$E6 = E5.LS2 + E6.\bar{E}0$$

$$E6 = YAL$$

$$E7 = E0.BA2.BP2.LS1 + E7.\bar{E}8$$

$$E7 = Yverde$$

$$E8 = E7.LS2 + E8.\bar{E}0$$

$$E8 = YAP$$

EJEMPLO CON TEMPORIZADORES Y CONTADORES

SISTEMA DE FRESADO POR EXTENSION Y RETRACCION DE CILINDRO

ASIGNACIÓN DE ENTRADAS Y SALIDAS

ENTRADAS:

Para iniciar el ciclo	START_PB	I:0/0
Fin de carrera extendido el cilindro	FC1	I:0/1
Fin de carrera retraido el cilindro	FC2	I:0/2
La pieza esta en zona de trabajo	W1	I:0/3
La pieza sigue en zona de trabajo	W11	I:0/4

SALIDAS

Solenoide de extensión del cilindro	S_E_C	O:0/0
Contactador de extensión	C_EXT	O:0/2
Contactador de retracción	C_RET	O:0/3

BITS

Proceder con fresado	B3:0/4
Ciclo de extesion completo	B3:0/6
Ciclo de retracción completo	B3:0/8

CONTADORES

Contar número de ciclos de cilindro	CONT_1	C5:5
-------------------------------------	--------	------

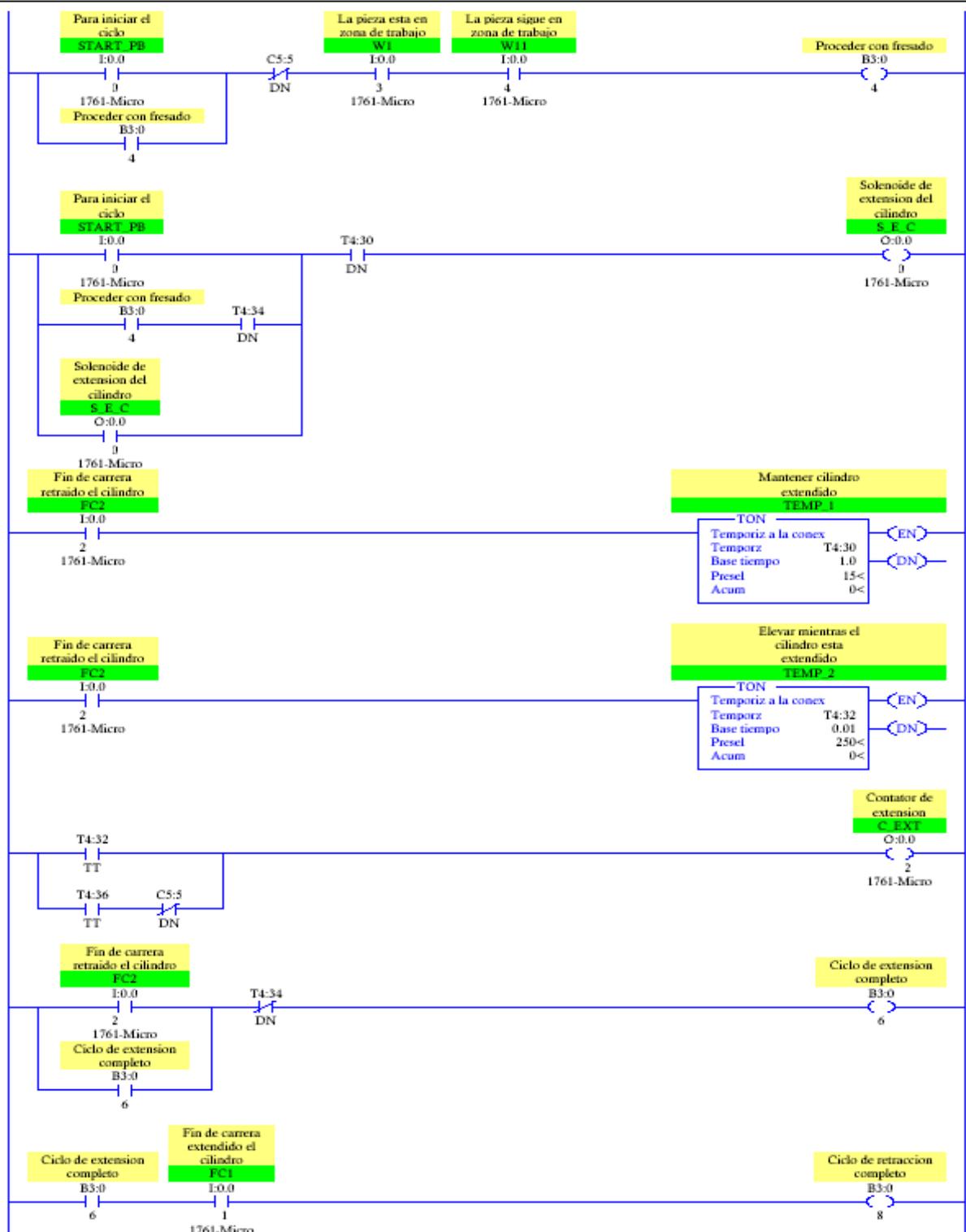
TEMPORIZADORES

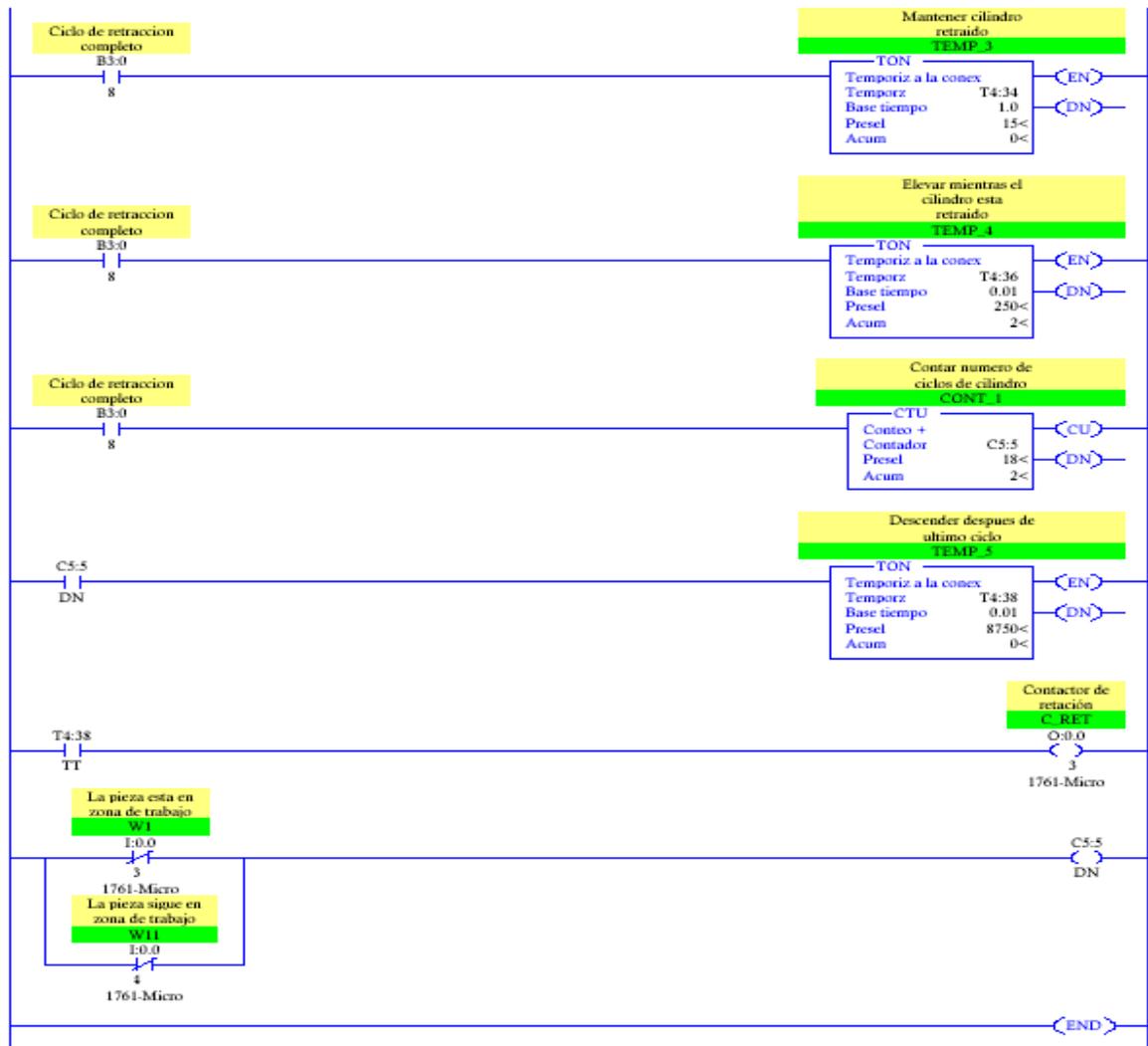
Mantener cilindro extendido	TEMP_1	T4:30
Elevar mientras el cilindro esta extendido	TEMP_2	T4:32
Mantener cilindro retraido	TEMP_3	T4:34
Elevar mientras el cilindro esta retraido	TEMP_4	T4:36
Descender después del ultimo ciclo	TEMP_5	T4:38

Recuerde para Allen Bradley...

	XIO	Examine si abierto
	XIC	Examine si cerrado
	OTE	Activacion de salida
	TON	Temporizador al cierre
	TOF	Temporizador a la apertura
	CTU	Contador ascendente

LAD 2 - MAIN_PROG --- Total renglones en archivo = 14





La asignación de direcciones es la siguiente:

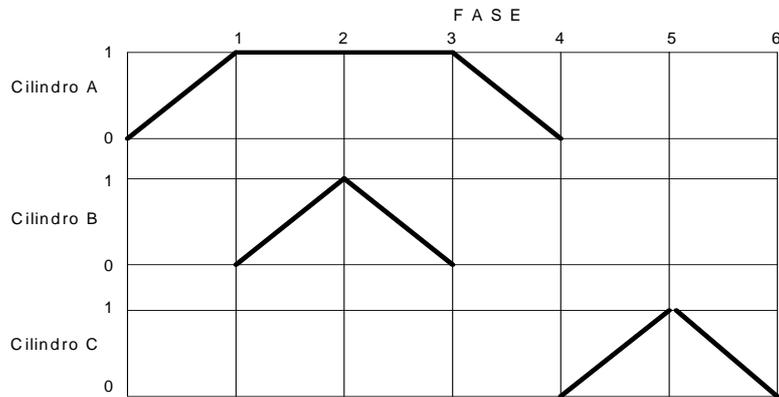
Base de datos de direcc/símbolos

Dirección	Símbolo	Alcance	Descripción	Grupo
B3:0/4			Proceder con fresado	
B3:0/6			Ciclo de extension completo	
B3:0/8			Ciclo de retraccion completo	
C5:5	CONT_1	Global	Contar numero de ciclos de cilindro	
I:0.0/0	START_PB	Global	Para iniciar el ciclo	
I:0.0/1	FC1	Global	Fin de carrera extendido el cilindro	
I:0.0/2	FC2	Global	Fin de carrera retraido el cilindro	
I:0.0/3	W1	Global	La pieza esta en zona de trabajo	
I:0.0/4	W11	Global	La pieza sigue en zona de trabajo	
O:0.0/0	S_E_C	Global	Solenoides de extension del cilindro	
O:0.0/2	C_EXT	Global	Contador de extension	
O:0.0/3	C_RET	Global	Contador de retración	

```

S2:85                                     DH+ Active Nodes
S2:86                                     DH+ Active Nodes
T4:30      TEMP_1      Global      Mantener cilindro extendido
T4:32      TEMP_2      Global      Elevar mientras el cilindro esta extendido
T4:34      TEMP_3      Global      Mantener cilindro retraido
T4:36      TEMP_4      Global      Elevar mientras el cilindro esta retraido
T4:38      TEMP_5      Global      Descender despues de ultimo ciclo

```



Funciones de los sensores: Finales de carrera de los cilindros.

B0: cilindro A en posición inicial
 B1: cilindro A en posición final
 B2: cilindro B en posición inicial
 B3: cilindro B en posición final
 B4: cilindro C en posición inicial
 B5: cilindro C en posición final

DIAGRAMA DE MOVIMIENTO-FASE DE LOS CILINDROS

Tipo	Terminal o número asignado	Descripción
Entradas (E)	0	S1 = Pulsador de marcha
	1	B0 = Fin de carrera posición retraida del cilindro A
	2	B1 = Fin de carrera posición retraida del cilindro A
	3	B2 = Fin de carrera posición retraida del cilindro B
	4	B3 = Fin de carrera posición retraida del cilindro B
	5	B4 = Fin de carrera posición retraida del cilindro C
Salidas (S)	6	B5 = Fin de carrera posición retraida del cilindro C
	0	Y1 = Electroválvula cilindro A (Avanza)
	1	Y2 = Electroválvula cilindro A (Recupera)
	2	Y3 = Electroválvula cilindro B
Marcas (M)	3	Y4 = Electroválvula cilindro C
	0.0	SM0 = Activa Y1
	0.1	SM1 = Activa Y3
	0.2	SM2 = Auxiliar del circuito
	0.3	SM3 = Activa Y2
0.4	SM4 = Activa Y4	
0.5	SM5 = Auxiliar del circuito	

CUADRO DE ASIGNACIONES E/S, MARCAS

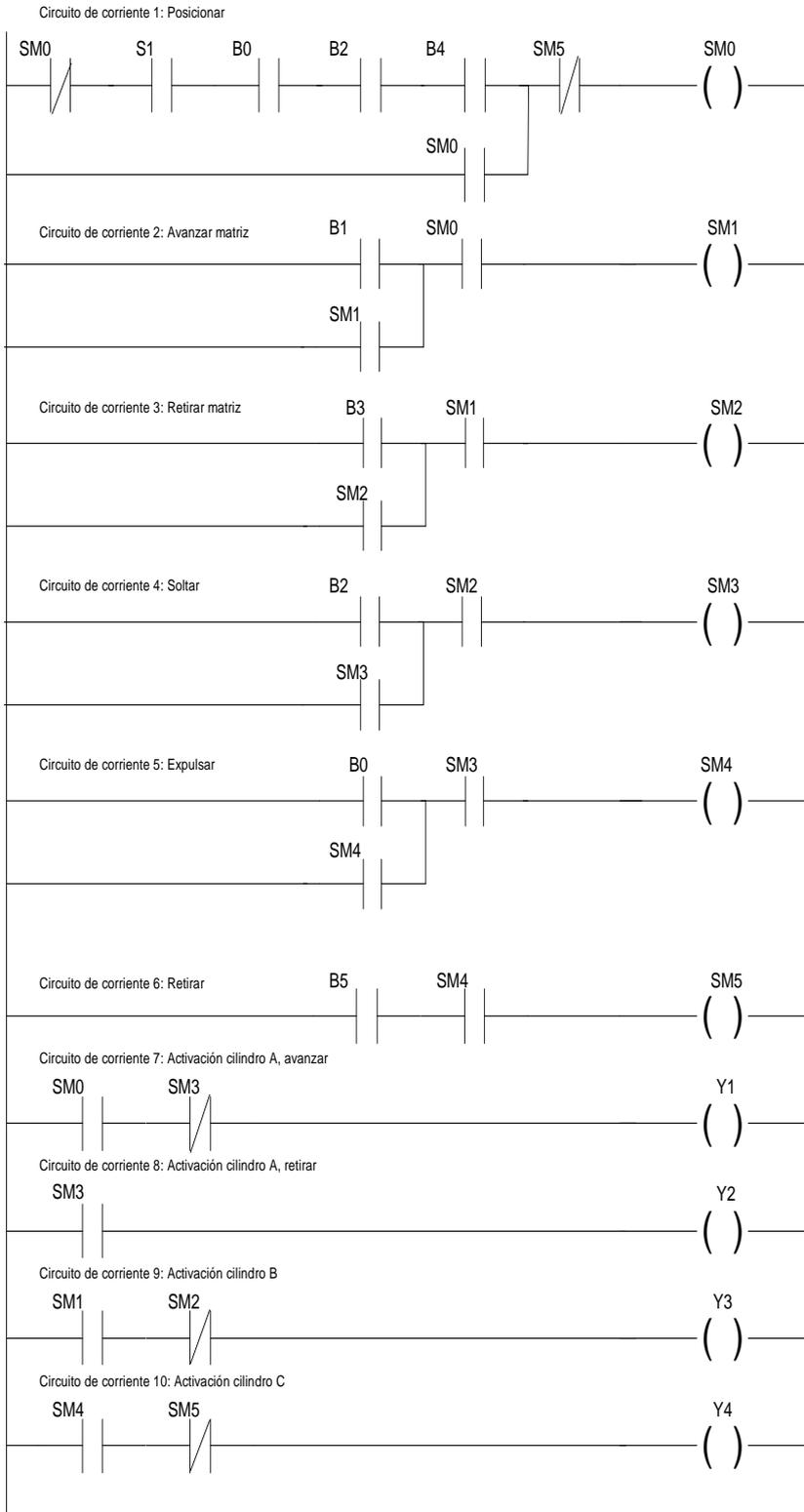
Para realizar la programación, se analiza la secuencia de operaciones, luego de definir la asignación de entradas y salidas. En este caso está compuesto por 6 pasos:

Paso 0 (Posicionamiento de la pieza)	: Cilindro A avanza
Paso 1 (avanzar matriz)	: Cilindro B avanza
Paso 2 (Retirar matriz)	: Cilindro B recupera
Paso 3 (Soltar pieza)	: Cilindro A recupera
Paso 4 (Expulsar pieza)	: Cilindro C avanza
Paso 5 (Retirar)	: Cilindro C recupera

Tener en cuenta que el cilindro A es accionado por una electroválvula de impulsos (con las bobinas Y1 e Y2). En consecuencia, deberán activarse dos salidas en los pasos 0 y 3, respectivamente. Con el paso 0 se activa Y1 y desactiva Y2; en el paso 3 se invierte el proceso.

Los circuitos de corriente 1 hasta 6 del diagrama de contactos definen los 6 pasos (sección de control); las salidas se activan en los circuitos de corriente 7 hasta 10 (sección de operación).

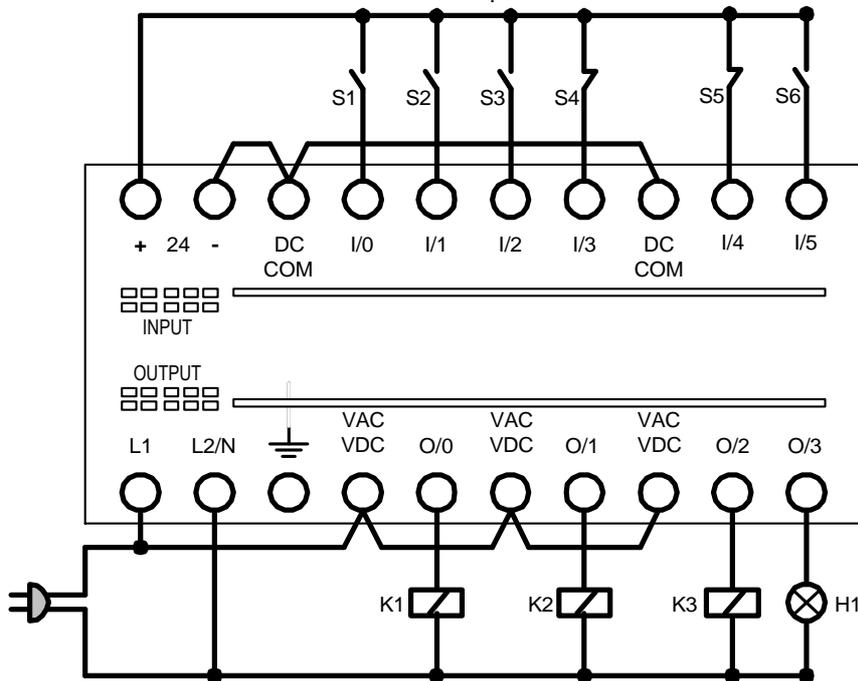
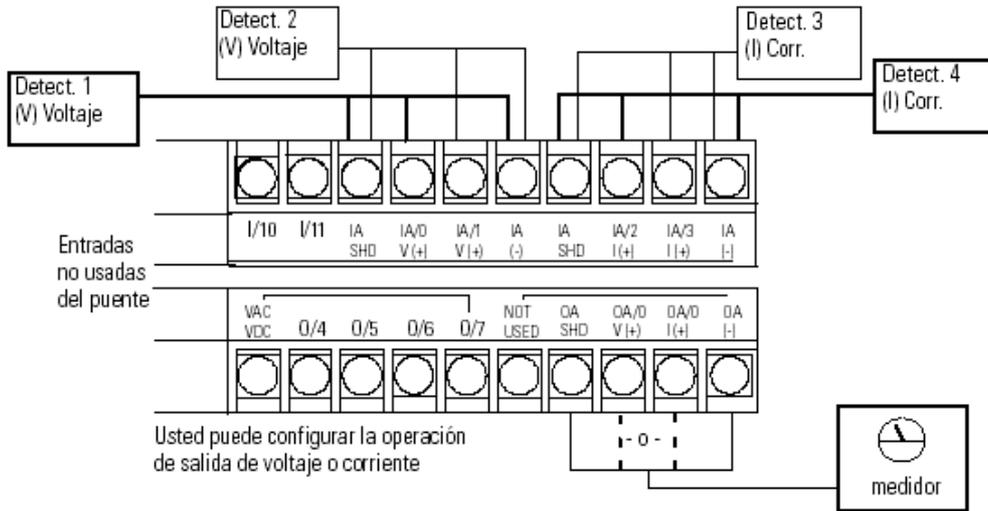
DIAGRAMA DE CONTACTOS



PROGRAMA

PASO CUANDO	POSICIONAR	S1
ENTONCES	Y	B0
	Y	B2
	Y	B4
ENTONCES	ACTIVA	Y1
	DESACTIVA	Y2
PASO CUANDO	AVANZAR	B1
ENTONCES	ACTIVA	Y3
PASO CUANDO	RETIRAR	B3
ENTONCES	DESACTIVA	Y3
PASO CUANDO	SOLTAR	B2
ENTONCES	ACTIVA	Y2
	DESACTIVA	Y1
PASO CUANDO	EXPLUSAR	B0
ENTONCES	ACTIVA	Y4
PASO CUANDO	RETIRAR	B5
ENTONCES	DESACTIVA	Y4
	SALTAR	POSIC
FIN		

CONEXION FISICA DE UN PLC COMPACTO



CONEXIÓN FISICA DEL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

En resumen, la programación es parte de todo un razonamiento lógico tal como se visualiza en la siguiente figura:

