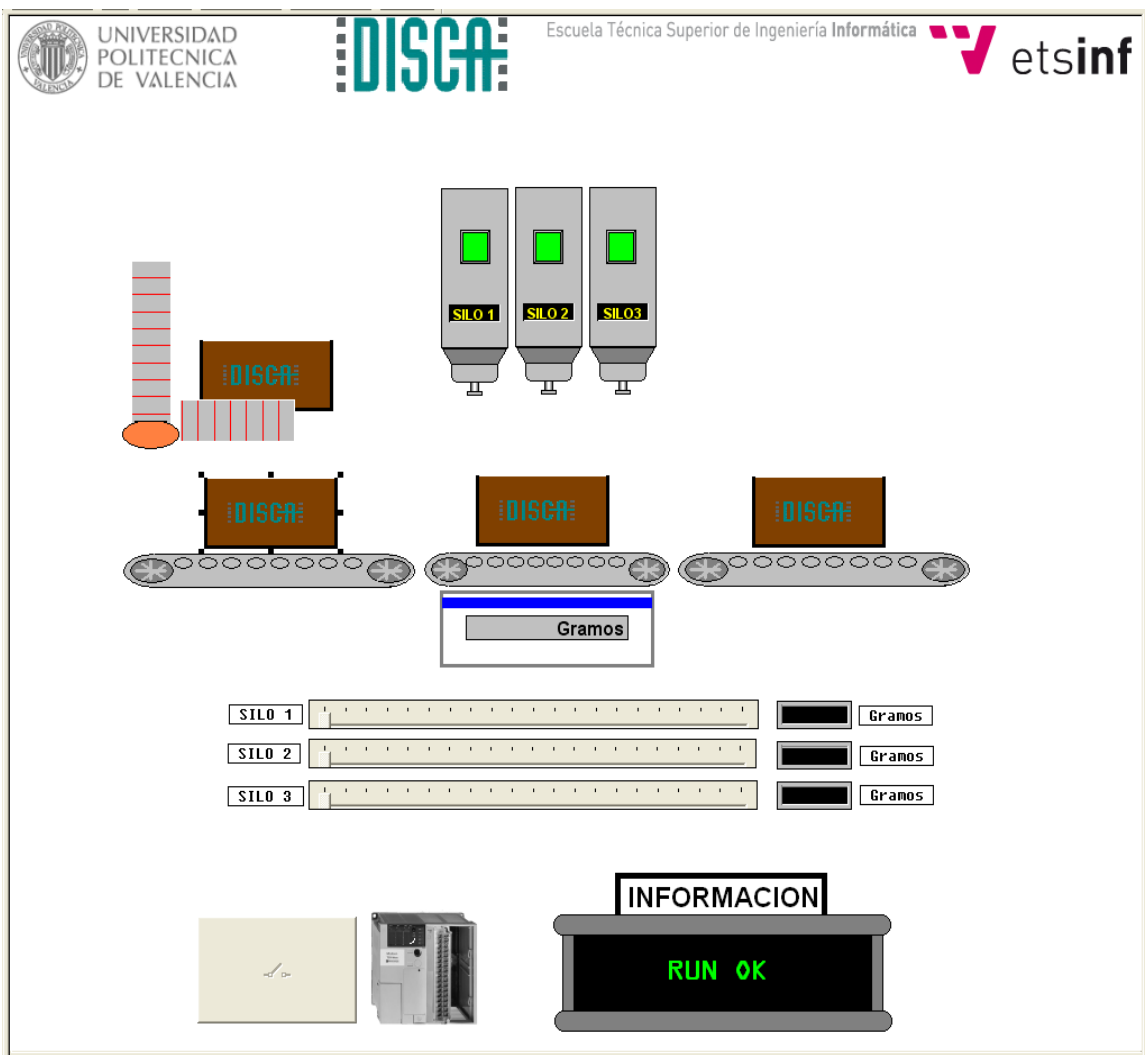


MEMORIA TÉCNICA PFC

Desarrollo del Control Industrial de una Planta Piloto Mediante Autómata Programable



Alumno: Francisco Jorques Garrido

Director: José Vicente Busquets Mataix

Fecha de entrega: Febrero de 2010

I. ÍNDICE

I. ÍNDICE	01
II. DEFINICIONES	02
III. FASES DEL PROYECTO	03
1. Documentación	04
2. Planteamiento del problema	10
2.1. Descripción	12
3. Estudio de entradas y salidas	13
4. Definición del autómata a programar	15
4.1. Descripción de cada uno de los estados	15
5. Programación del autómata	18
6. Programación de los estados	21
6.1. Estado cero	21
6.2. Estado uno	24
6.3. Estado dos	25
6.4. Estado tres	26
6.5. Estado cuatro	28
6.6. Estado cinco	29
6.7. Estado seis y siete	32
6.8. Estado ocho	33
6.9. Estado nueve	34
7. Depuración	35
7.1. Esquemático de la Planta Piloto	36
7.2. Placa Simuladora	37
8. Programación de la pantalla de explotación	43
IV. La Maqueta	54
V. Posibles ampliaciones	59
VI. Conclusiones	60
VII. BIBLIOGRAFÍA	61

II. DEFINICIONES

Se pretende simular una planta industrial que envasa la mezcla de tres productos diferentes provenientes cada uno de ellos de un silo distinto. El control de la cantidad de cada producto que se inserta en el envase se realiza mediante el pesaje del mismo.

Se comienza analizando el problema y obteniendo una definición de lo que se pretende desarrollar.

El proceso de producción de la planta es el siguiente:

1. Un operario selecciona la cantidad de producto de cada silo y pone la producción en marcha.
2. Un distribuidor de envases libera un envase a la cinta transportadora.
3. La cinta transportadora lleva el envase hasta la zona de pesaje.
4. El silo 1 descarga producto en el envase hasta llegar al peso escogido por el operario.
5. El silo 2 descarga producto en el envase hasta llegar al peso escogido por el operario.
6. El silo 3 descarga producto en el envase hasta llegar al peso escogido por el operario.
7. La cinta transportadora lleva el envase hasta la zona de recogida por parte de los operarios.

III. FASES DEL PROYECTO

Una vez se ha definido el problema se va a definir una estrategia de trabajo para abordar el proyecto de la forma más eficiente posible. Para la realización del proyecto se ha definido una estrategia de distribución del trabajo en fases de tal modo que la finalización de una de las fases conecta con el inicio de la siguiente.

El abordar el proyecto en fases también resulta útil a la hora de la realización de la memoria técnica, ya que las fases son a la vez los capítulos principales de la misma, por lo que resulta especialmente útil la división del proyecto en fases y resulta esencial la correcta división y selección de las mismas.

Fases:

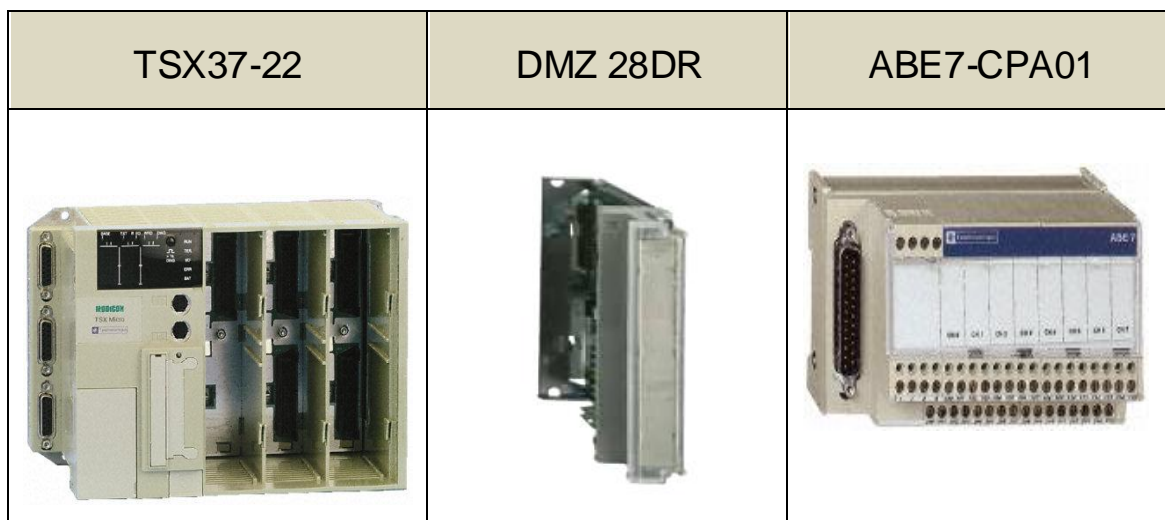
1. Documentación
2. Planteamiento del problema
3. Estudio de entradas y salidas
4. Definición del autómata a programar
5. Programación del autómata
6. Programación de los estados
7. Depuración
8. Programación de la pantalla de explotación

1. Documentación

Esta fase del proyecto trata de obtener la mayor información posible al respecto del funcionamiento del autómata, de su programación y de todo el hardware del que disponemos, de modo que dispongamos de la mayor cantidad de información posible para que pueda ser usada en fases posteriores.

A continuación se presenta un recopilatorio de la información más importante y por tanto imprescindible que ha sido recopilada y utilizada para la realización del proyecto, en la sección de bibliografía, además, hablaremos de los manuales y libros utilizados.

Para controlar el proceso de envasado se dispone del autómata TSX37-22 de *Schneider Electric*, al que conectaremos un modulo de entradas/salidas a relé, que es el modulo DMZ 28DR, y un modulo de entradas/salidas analógicas que es el modulo ABE7-CPA01, que se muestran en la siguiente imagen:



El autómata TSX37-22 pertenece a la familia de autómatas de TSX Micro, está fabricado por *Schneider-electric*, el módulo DMZ 28 DR de 28 entradas/salidas (16 E+12 S) se sitúa en el primer alojamiento existente y que puede recibir un módulo en formato estándar o dos módulos en semi-formato.

Dispone además de dos funciones integradas de contaje rápido y de entradas/salidas analógicas. El autómata tiene que ser alimentado por una fuente de alimentación de 24 V.

La corriente que tendrá que suministrarse al autómata dependerá del número de módulos conectados al controlador, siendo esta de potencia proporcional al número de módulos conectados.

El autómata posee una fuente de alimentación de 24v ya integrada, pero podría resultar insuficiente y por tanto requerir de una fuente externa si se conecta un determinado número de módulos al mismo. Las bases se pueden montar en un carril DIN siendo estas de una muy fácil instalación.

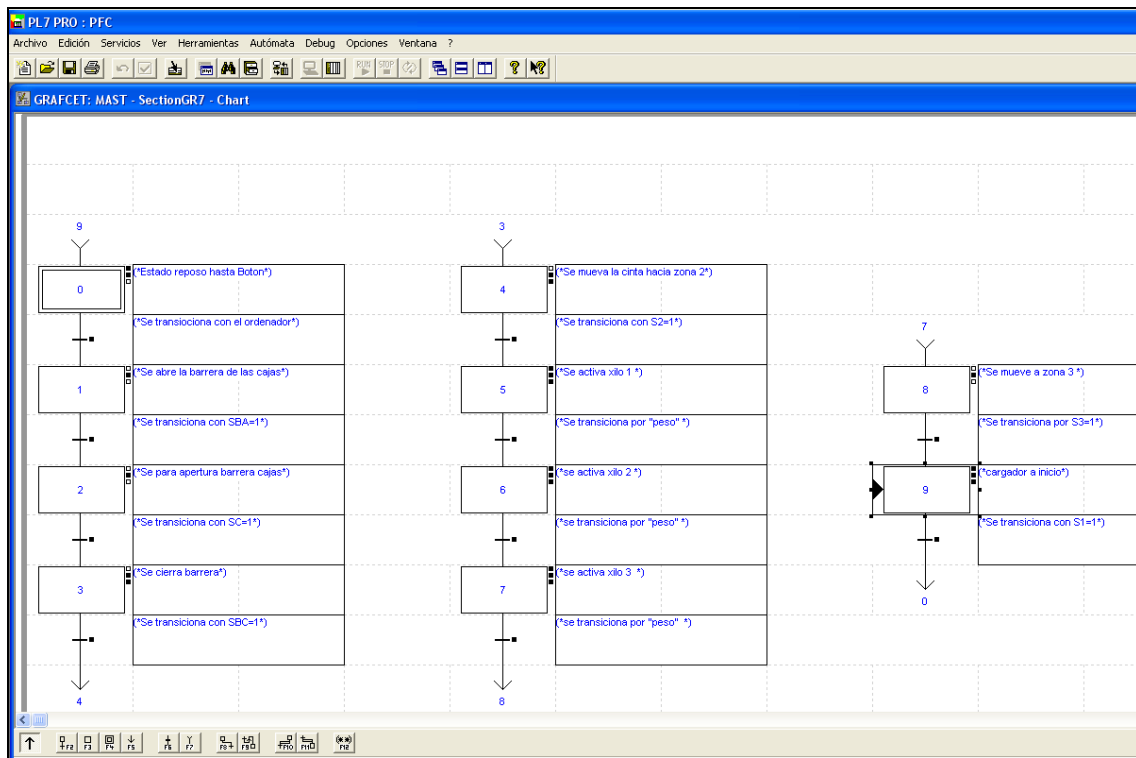
Para la programación del autómata disponemos del software PL7, del que existen diversas versiones (Micro, Premium y PRO) que ofrecen funcionalidades diferentes, para este proyecto se usa la versión PL7 PRO 4.3 que permite la programación completa y además la implementación de pantallas de explotación.

PL7 utiliza GRAFCET sumado a LADDER (LD) o Texto Estructurado (ST) o Lista de Instrucciones (IL). Para la programación de este proyecto se utiliza GRAFCET con LADDER por ser este muy sencillo de entender y grafico.

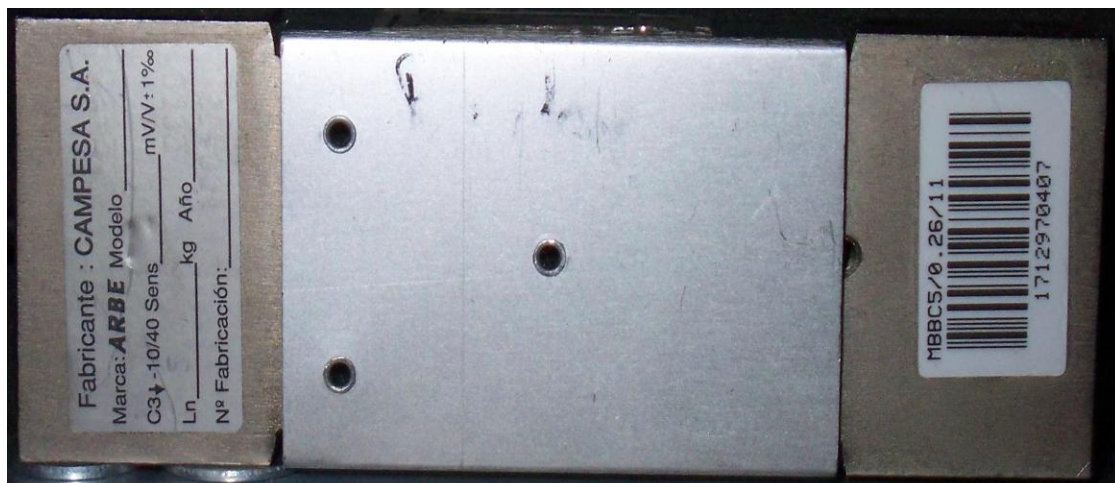
GRAFCET permite diseñar el autómata visualmente y con la ayuda de LADDER podemos definir las acciones que se llevan a cabo en cada estado, así como definir lo que produce las transiciones.

Para cada estado podemos definir qué acciones se deben de realizar al entrar en dicho estado, al permanecer en él y al salir del mismo.

La siguiente imagen muestra una captura de pantalla del PL7 PRO 4.3.

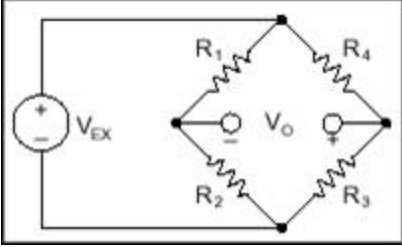


Para la función de pesaje disponemos de una célula de carga, modelo MB-BC fabricada por CAMPESA S.A, que se muestra en la siguiente imagen:



Según su hoja de especificaciones la célula tiene una carga reconocible desde 0.02 kg hasta los 5 kg, con una sensibilidad de hasta 200 mV/V y se alimenta entre 5v y 15 v.

El funcionamiento de la célula se basa en la resistividad de sus galgas internas, de tal forma que dado un voltaje de entrada se produce un voltaje de salida dependiendo del peso que está depositado sobre ella, esto está basado en el fenómeno producido por el Puente de Wheatstone, que se muestra en la siguiente imagen:

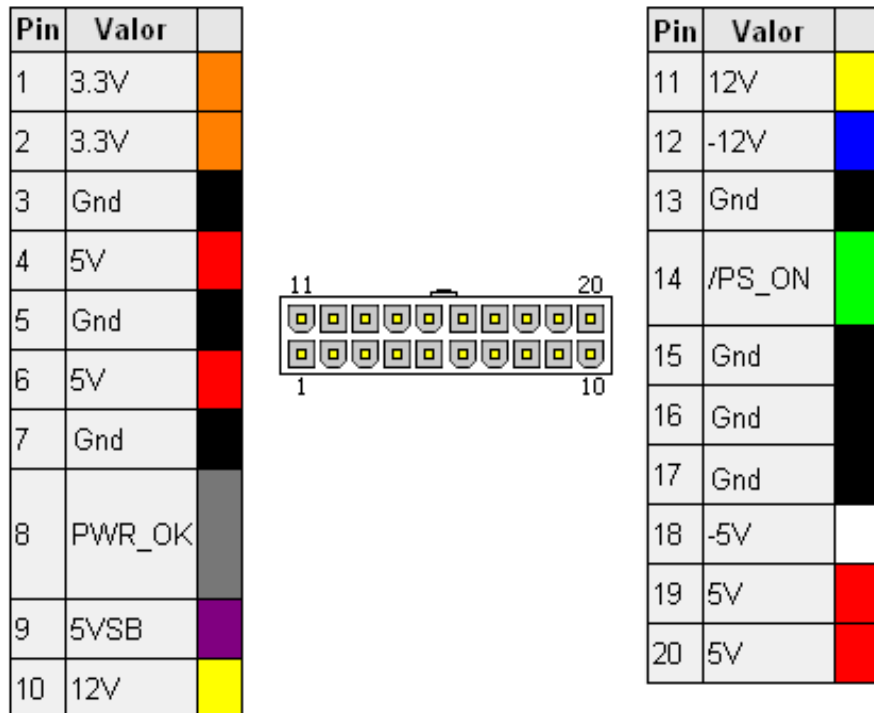
Puente de Wheatstone	Función matemática
	$V_{out} = \left[\frac{R_3}{R_3 + R_4} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right] \cdot V_{in}$

La señal que produce la célula es insuficiente para ser reconocida directamente por el autómatas por lo que deberemos acondicionar la señal con un amplificador instrumental como el circuito integrado LM324N o un amplificador equivalente, para este proyecto lo obtenemos montado en una placa de circuitos que se alimenta con -15v, 0v y + 15v.

Inicialmente se planteaba el problema de que no se disponía de una fuente de alimentación de 15V dual, y se barajaron las siguientes opciones:

- Fabricar una fuente de alimentación dual de 15v.
- Alimentar la placa con pilas o baterías conectas en serie.
- Usar un amplificador instrumental diferente, como el INA122PA-ND que no requiere alimentación dual.
- Usar una fuente de PC.

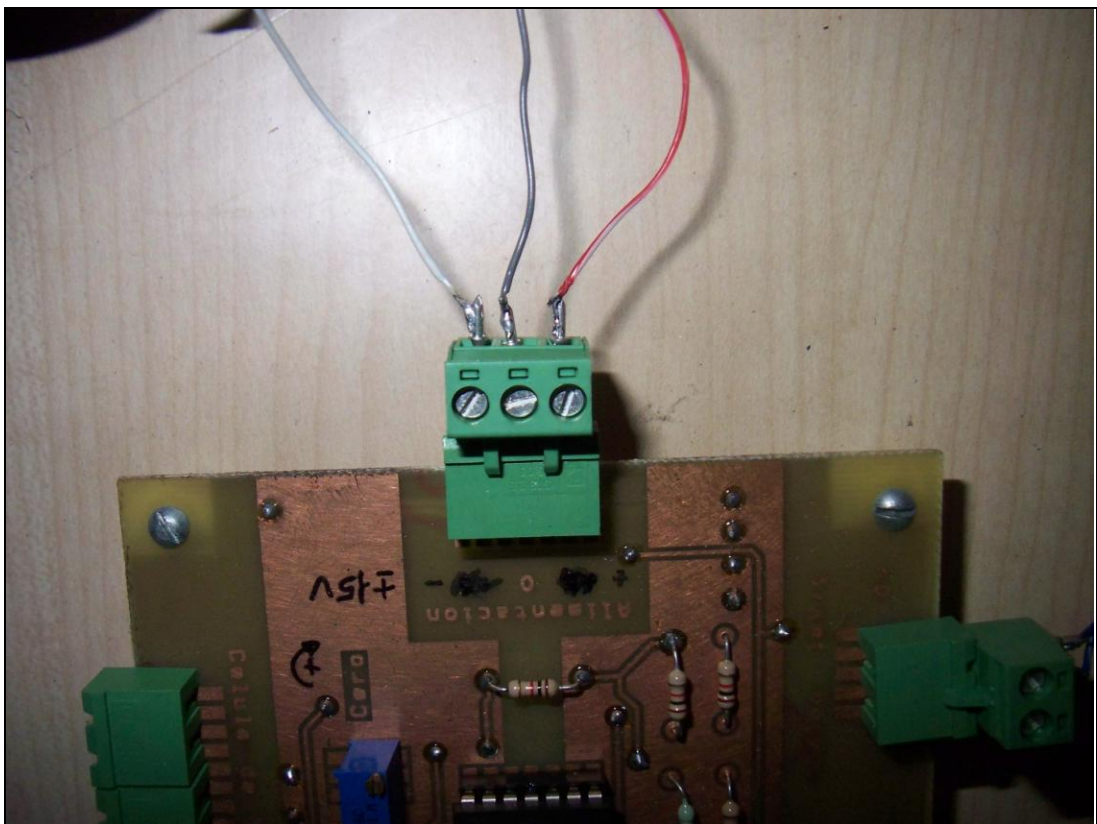
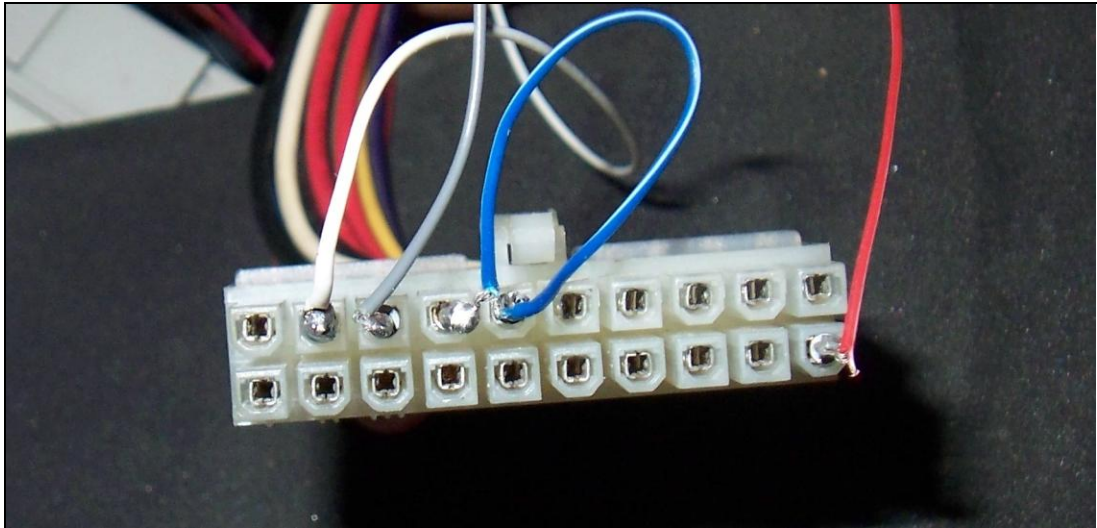
Para la alimentación de la placa se decidió finalmente utilizar una fuente de alimentación ATX de PC de 300W, el diagrama del conector de la fuente ATX de 20 contactos se muestra en la siguiente imagen.



Aunque la fuente tenga como alimentación máxima -12V-0V-+12V es suficiente para la alimentación de la placa.

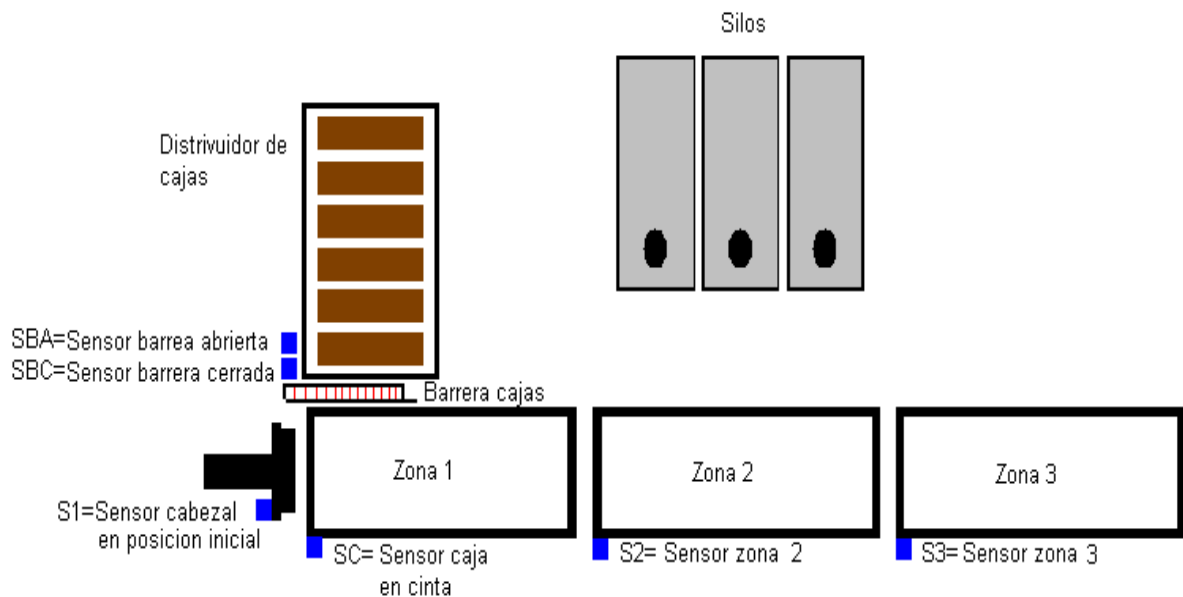
Para que la fuente opere debemos conectar el pin 14 a cualquier pin marcado como Gnd (3, 5, 7, 13, 15, 16) en nuestro caso, hemos usado la 15 por proximidad, hemos usado un puente porque la fuente dispone de interruptor en la parte trasera, pero podría instalarse un interruptor en vez de un puente.

Las conexiones a la placa serán las siguientes pin 10 a +15V en la placa, pin 12 a -15V en la placa y pin 13 a 0V en la placa. La conexión se muestra en las siguientes imágenes:



2. Planteamiento del Problema

En esta fase debemos conocer exactamente lo que vamos a implementar y definirlo formalmente de modo que la información que podamos necesitar en el futuro este accesible, para ello desarrollamos un plano de lo que será la planta piloto, que se muestra en la siguiente imagen:



Como se puede observar en la imagen se han definido tres zonas de trabajo:

- **Zona 1:** es la zona donde se cargan los envases.
- **Zona 2:** es la zona de llenado y pesaje del producto.
- **Zona 3:** es la zona de depósito del producto finalizado.

Para que el automático reconozca en que zona se encuentra el envase, se dispone de sensores de zona, estos sensores de zona formaran parte del conjunto de entradas que se conectaran al modulo TMZ28 del automático.

El movimiento del envase de una zona a otra se produce con un cabezal de desplazamiento que transporta los envases por las zonas, este se mueve entre las zonas mediante los sensores:

- **S1:** mediante este sensor el autómatá reconocerá que el cabezal se encuentra en su posición inicial, es decir, antes de llegar a la zona 1.
- **SC:** mediante este sensor el autómatá reconocerá que un envase ha sido depositado en la cinta transportadora.
- **S2:** mediante este sensor el autómatá reconocerá que el cabezal de transporte y por tanto el encase se encuentra en la zona de llenado y pesaje.
- **S3:** mediante este sensor el autómatá reconocerá que el cabezal de transporte y por tanto el encase se encuentra en la zona de producto finalizado.

El distribuidor de envases es un depósito en el que se almacenan los envases, lo que facilita el que todo el proceso sea controlado por un solo operario ya que no tiene que estar constantemente vigilando la carga de envases, encargándose así solo de su recogida.

El distribuidor se encuentra inclinado y una barrera impide que los envases caigan a la cinta de tal modo que el autómatá debe de abrir y cerrar mediante los sensores:

- **SBA:** mediante este sensor el autómatá reconoce que la barrera del distribuidor se encuentra abierta y que por tanto un envase se está depositando en la cinta transportadora.
- **SC:** mediante este sensor el autómatá reconoce que se ha depositado un envase en la cinta.
- **SBC:** mediante este sensor el autómatá reconoce que la barrera del distribuidor se encuentra cerrada y que por tanto se impide el depósito de más envases en la cinta.

2.1. Descripción

- El autómata parte de un estado inicial con el cabezal en la posición inicial, la barrera del distribuidor cerrada y todos los actuadores parados.
- El autómata abre la barrera del distribuidor de envases hasta que recibe la señal del sensor **SBA**.
- El autómata espera la señal de **SC**.
- El autómata cierra la barrera del distribuidor de envases.
- El autómata espera la señal de **SBC**.
- El autómata pone en marcha el cabezal de transporte hacia la zona 2, hasta que recibe la señal de **S2**.
- El autómata actúa sobre los silos realizando los cálculos necesarios para el llenado y pesaje del producto.
- Terminado el llenado y pesaje el autómata pone en marcha el cabezal de transporte hacia la zona 3.
- El autómata espera la señal de **S3**.
- El autómata pone en marcha el cabezal de transporte hacia la zona 1 hasta recibir la señal de **S1**.
- El autómata vuelve a estar en el estado inicial.

3. Estudio de entradas y salidas

En esta fase, una vez definido el problema se procede a definir las entradas y salidas del autómata, así como a que corresponde cada una de ellas.

Para la programación del autómata se usa GAF CET junto con LADDER, lenguaje visual que se encuentra entre las opciones del software PL7 PRO, en este lenguaje las entradas y salidas se definen de la siguiente manera:

- **Entradas:**

% I x.v x = modulo: 0 a 10

v = via: 0 a 31

- **Salidas:**

% Q x.v x = modulo: 0 a 10

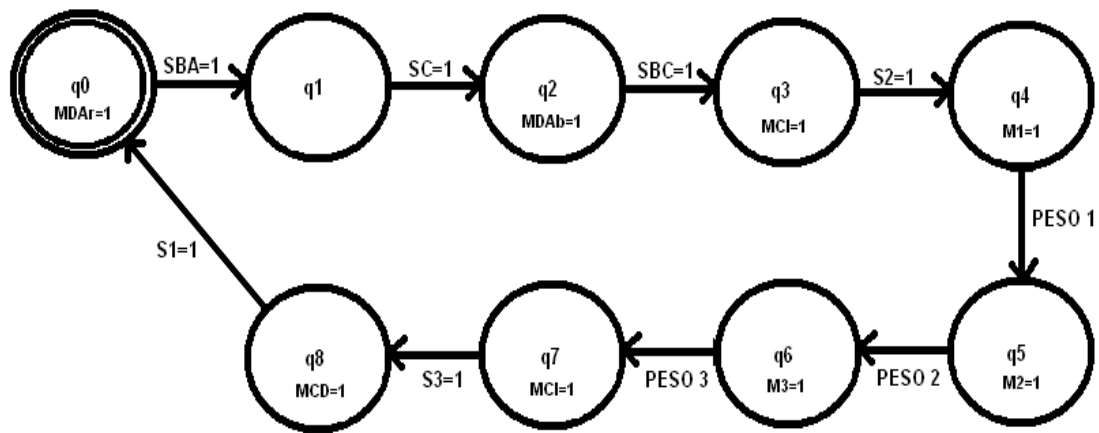
v = via: 0 a 31

Conociendo esto, la siguiente tabla muestra como se ha adjudicado las entradas y salidas del autómata:

Entradas	Salidas
VCC → %I1.0	Motor silo 1 → %Q2.1
GND → %I1.1	Motor silo 2 → %Q2.2
S1 → %I1.2	Motor silo 3 → %Q2.3
S2 → %I1.3	Motor cabezal izda → %Q2.4
S3 → %I1.4	Motor cabezal der. → %Q2.5
SBA → %I1.5	Motor barrera arriba → %Q2.6
SBC → %I1.6	Motor barrera abajo → %Q2.7
SC → %I1.7	Q2.0 se reserva para alarmas
Peso → %IW0.2	

4. Definición del autómata a programar

En esta fase se define el autómata, es decir, sus estados y las acciones que se deben llevar a cabo en cada una de ellas y sus transiciones y que las provoca. El autómata lo hemos representado mediante el siguiente dibujo:



Como observamos es un autómata de nueve estados cíclico, es asíncrono ya que no se producen transiciones por una señal de reloj, sino que por cambios en sus entradas.

4.1. Descripción de cada uno de los estados

- **q0:** Estado inicial, en este estado se abre la barrera de la distribuidora de envases (MBAr=1), se produce la transición al siguiente estado cuando se detecta un envase en la cinta (SBA=1). El resto de salidas están a cero.
- **q1:** Estado que espera a que se reciba un envase en la cinta, se produce la transición mediante la activación del sensor de envase en cinta (SC=1). En este estado todas las salidas están a cero.

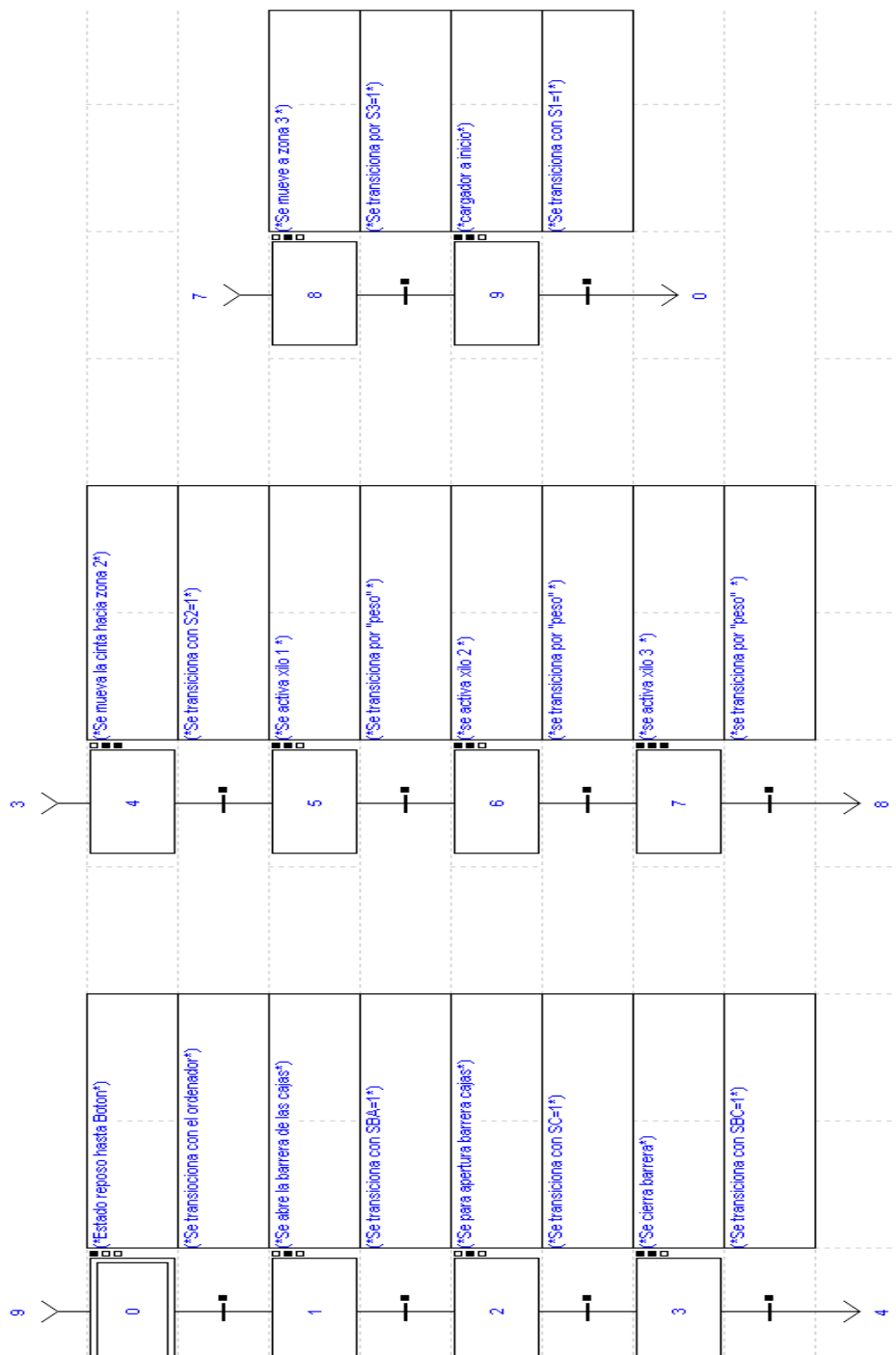
- **q2:** Estado que se encarga de cerrar la barrera de la distribuidora de envases ($MBA_b=1$), se produce la transición cuando la barrera está totalmente cerrada ($SBC=1$). El resto de las salidas del autómata está a cero.
- **q3:** Estado que se encarga del transporte del envase hasta la zona de llenado y pesaje del envase, para ello mueve el cabezal de transporte ($MCI=1$), se produce la transición cuando se ha llegado a la zona de llenado y envase ($S2=1$). El resto de salidas del autómata están a cero.
- **q4:** Estado que se encarga de accionar el silo1 hasta llegar al peso establecido ($M1=1$), se produce la transición cuando se llega al peso establecido. El resto de salidas del autómata esta a cero.
- **q5:** Estado que se encarga de accionar el silo 2 hasta llegar al peso establecido ($M2=1$), se produce la transición cuando se llega al peso establecido. El resto de salidas del autómata esta a cero.
- **q6:** Estado que se encarga de accionar el silo 3 hasta llegar al peso establecido ($M3=1$), se produce la transición cuando se llega al peso establecido. El resto de salidas del autómata esta a cero.
- **q7:** Estado que se encarga del transporte del envase hacia la zona de producto finalizado ($MCI=1$), se produce la transición cuando se ha llegado a dicha zona ($S3=1$). El resto de salidas del autómata están a cero.
- **q8:** Estado que se encarga de llevar el cabezal de transporte a la zona de inicio ($MCD=1$), se produce la transición cuando se llega a dicha zona ($S1=1$). El resto de salidas del autómata están a cero.

La siguiente tabla resume toda la información necesaria del autómata:

Estado	Entrada	Transición	Salidas
q0	SBA	SBA=1	MBAr=1, resto=0
q1	SC	SC=1	Todas =0
q2	SBC	SBC=1	MBAb=1, resto=0
q3	S2	S2=1	MCI=1, resto=0
q4	Bascula	Peso	M1=1, resto=0
q5	Bascula	Peso	M2=1, resto=0
q6	Bascula	Peso	M3=1, resto=0
q7	S3	S3=1	MCI=1, resto=0
q8	S1	S1=1	MCD=1, resto=0

5. Programación del autómat

En esta fase con el software PL7 PRO 4.3 desarrollaremos toda la programación del TSX37-22. La siguiente captura muestra la programación del autómat en el PL7 PRO 4.3, mediante GRAFCET:

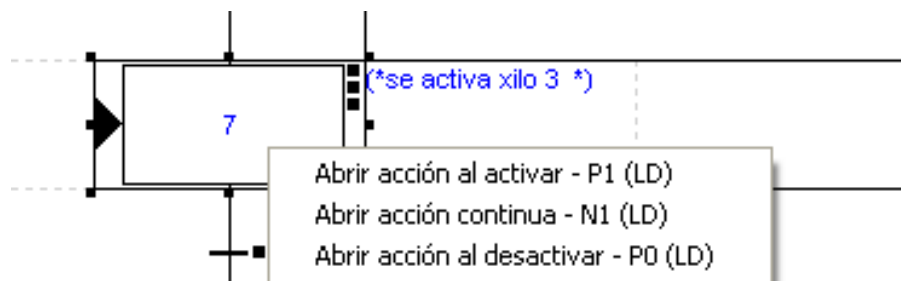


Con respecto al autómata definido en la fase anterior se ha añadido un estado al autómata en el que se está en reposo, para permitir al operario introducir los datos del peso y accionar el autómata, ya que hasta llegado este punto no se había tenido en cuenta la posibilidad de introducir datos desde el exterior al autómata.

Para cada estado es posible programar tres acciones:

1. **“Al activar - P1”**: se programan las acciones que se deben llevar a cabo al entrar en el estado.
2. **“Acción continua - N1”**: se programan las acciones que se deben llevar a cabo mientras se permanece en el estado.
3. **“Al desactivar - P0”**: se programan las acciones que se deben llevar a cabo al abandonar el estado.

La siguiente captura muestra un ejemplo en el que están programadas las tres acciones:



Para la programación de las acciones y transiciones del autómata se ha precisado del uso de variables que se reflejan en la siguiente tabla:

VARIABLE	EXPLICACION
M1	Variable de transición de estado 0 a 1
M10	Pulsador de accionamiento
MW100	Variable de peso de silo 1 (operario)
MW101	Variable de peso de silo 2 (operario)
MW102	Variable de peso de silo 3 (operario)
MW103	Variable de suma de pesos
MW50	Variable de peso de bascula en Gr.
MW49	Variable de tara.

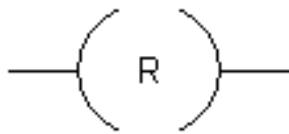
6. Programación de los estados

El uso de las variables y el porqué de su uso será explicado en las posteriores hojas según se vaya analizando la programación de cada uno de los estados del autómata.

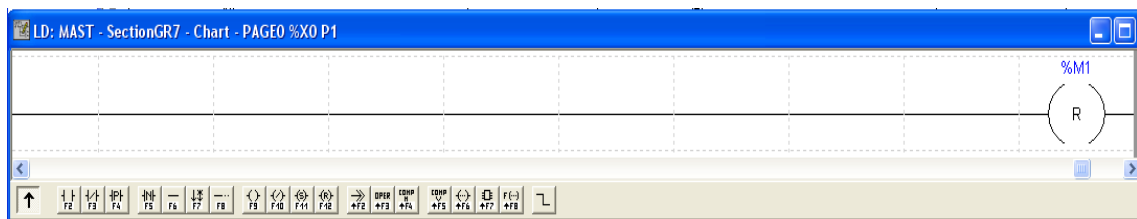
A continuación analizaremos cada uno de los estados y transiciones así como su programación y como se ha realizado.

6.1. Estado cero

El estado cero es un estado inicial en el que debemos asegurarnos de que la variable M0 este a cero para que cuando el autómata de la vuelta la variable de transición se encuentre a cero, para ello en la acción al activar ponemos a cero dicha variable. Para ello se utiliza de LADDER la bobina de RESET, a la que se accede mediante la tecla F11 o mediante su botón correspondiente, dicha bobina es la que se muestra en la siguiente imagen:

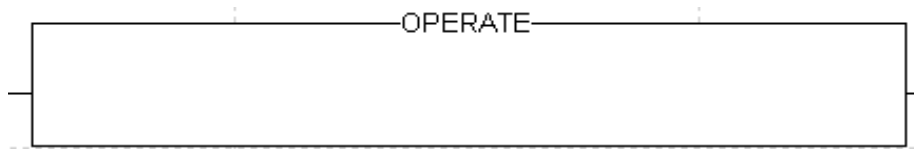


Quedando la programación como muestra la siguiente imagen:

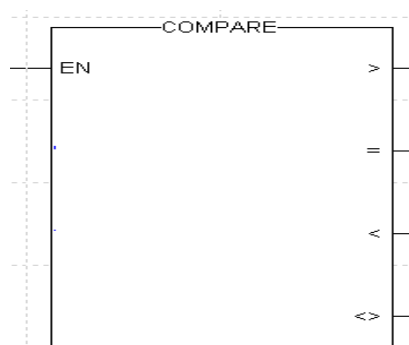


La acción continua del estado cero se encarga de esperar la puesta a uno e la variable M10 y determinar si la cantidad introducida por el operario es correcta, es decir la suma de las tres cantidades es cien, para ello almacenamos en la variable MW1 la suma de las cantidades introducidas por el operario (MW100, MW101 y MW102).

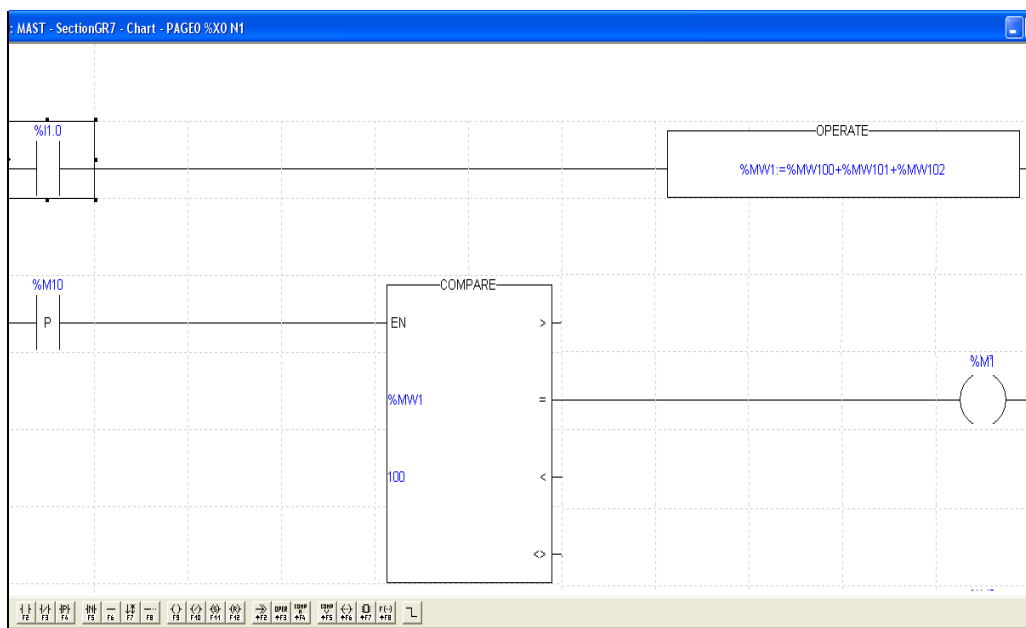
Esta operación la realizamos mediante OPERATE, al que accedemos mediante la tecla SHIFT + F3 que se muestra en la siguiente imagen:



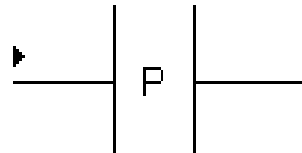
Y mediante el uso de COMPARE, al que accedemos mediante la tecla SHIFT + F5 que se muestra en la siguiente imagen:



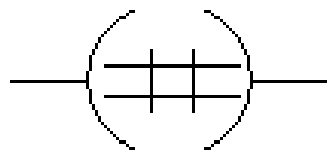
Quedando la programación de la acción continua como muestra la siguiente imagen:



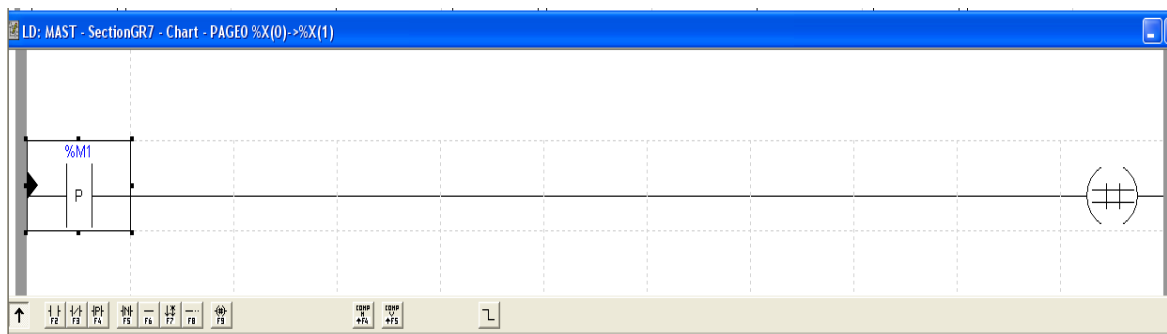
Para la transición del estado cero al estado uno como se ha comentado anteriormente se produce cuando M1 pasa de cero a uno, para ello utilizamos FLANCO DE SUBIDA, al que accedemos mediante la tecla F4 o el botón correspondiente, que se muestra en la siguiente imagen:



Y usaremos la bobina de TRANSICION, a la que accedemos mediante la tecla F9 o el botón correspondiente, que se muestra en la siguiente imagen:

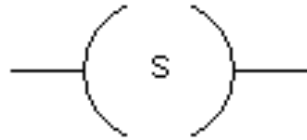


Quedando la programación de la transición del estado cero al estado uno como se muestra en la siguiente imagen:



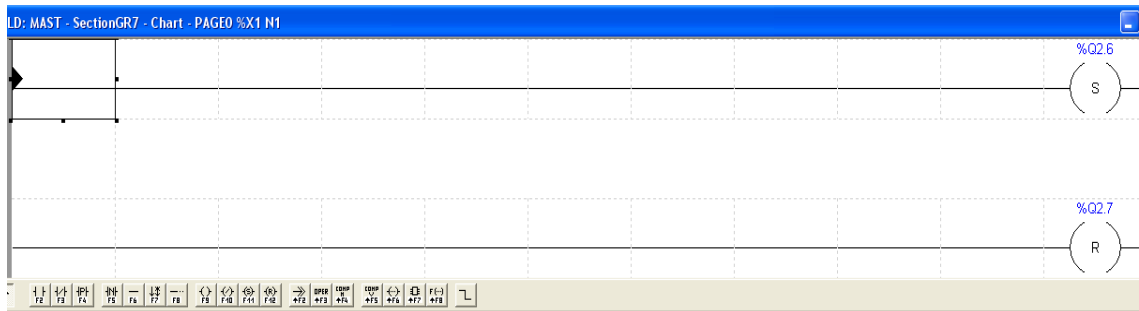
6.2. Estado uno

El estado uno se encarga de abrir la barrera que frena los envases, durante su acción continua acciona pone a uno la salida Q2.6 para ello usamos la bobina de SET a la que accedemos pulsando la tecla F11 o mediante el botón correspondiente, que se muestra en la siguiente imagen:



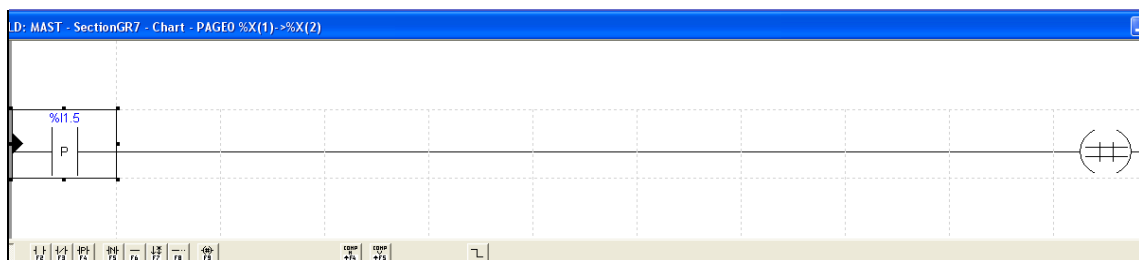
Nos aseguraremos que no se acciona la acción contraria poniendo la salida Q2.7 a cero, para ello usaremos la bobina de RESET.

Quedando la programación de la acción continua del estado uno como se muestra a en la siguiente imagen:



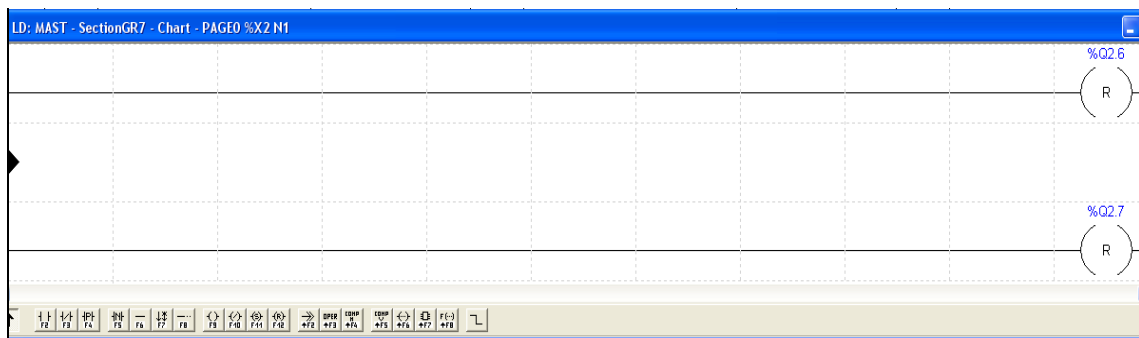
Para la transición del estado uno al estado dos debe de recibirse la señal de que la barrera se encuentra totalmente abierta, esta señal se recibe mediante la entrada I1.5 pasa de cero a uno, para ello usaremos FLANCO DE SUBIDA y bobina de TRANSICION.

La programación de la transición se muestra en la siguiente imagen:

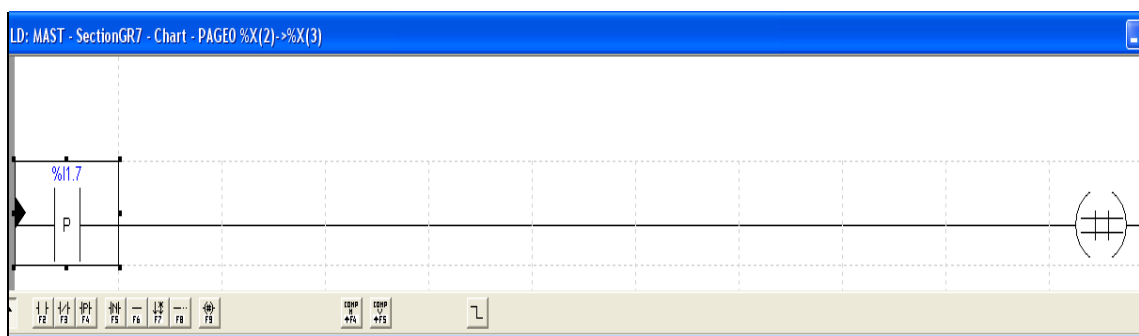


6.3. Estado dos

En el estado dos se espera a que se reciba un envase en la cinta transportadora, para ello en la acción se debe parar la acción del motor de apertura de barrera, para ello se usan bobinas de RESET, quedando la programación como se muestra a continuación:

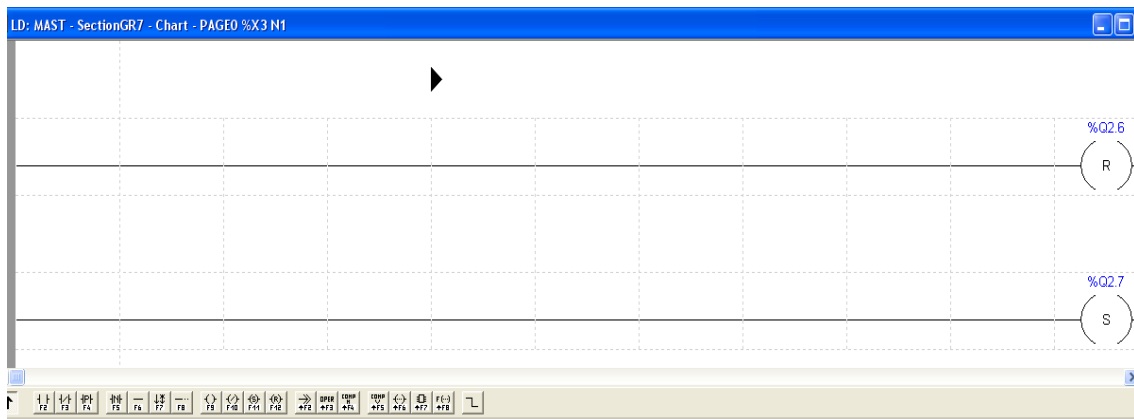


La transición del estado dos al estado tres se produce cuando se detecta un envase en la cinta transportadora, es decir la entrada I1,7 pasa de cero a uno, para la programación de la transición se usa el FLANCO DE SUBIDA y la bobina de TRANSICION, quedando la programación de la transición del estado dos al estado tres como muestra la siguiente imagen:

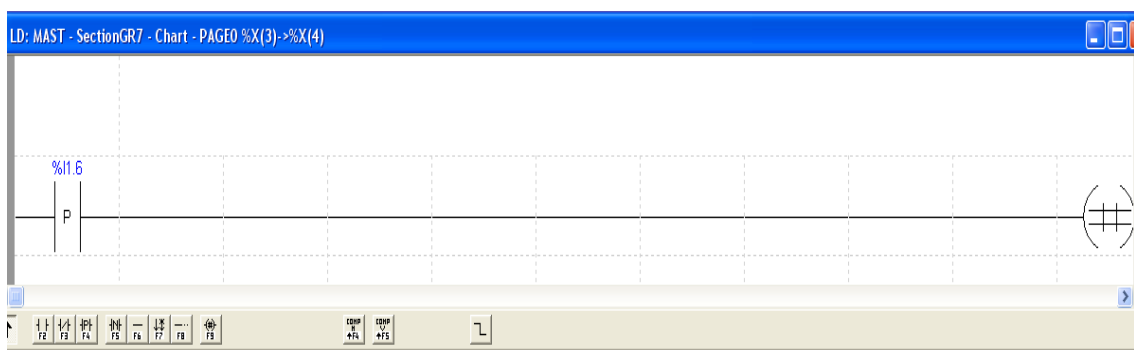


6.4. Estado tres

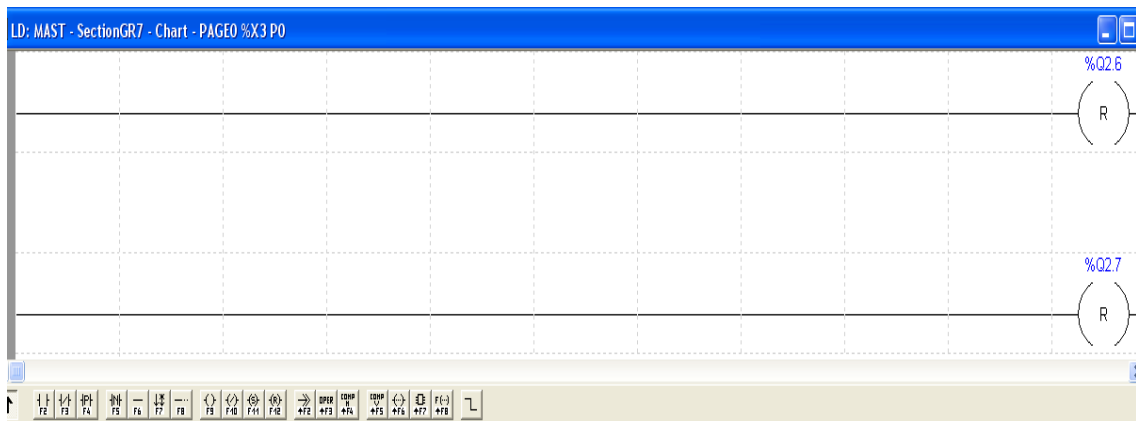
En el estado tres se cierra de la barrera de control de envases, es decir se pone a uno salida Q2.7, y para asegurarnos de que no se realiza la acción contraria ponemos también a cero Q2.6, para ello usaremos bobinas de RESET, quedando la programación de acción continua del estado tres como muestra la siguiente imagen:



La transición del estado tres al estado cuatro se produce cuando se ha cerrado completamente la barrera de envases, es decir cuando I1.6 pasa de cero a uno, para la programación se usara un FLANCO DE SUBIDA y una bobina de TRANSICION, quedando la programación de la transición del estado tres al estado cuatro como muestra la siguiente imagen:

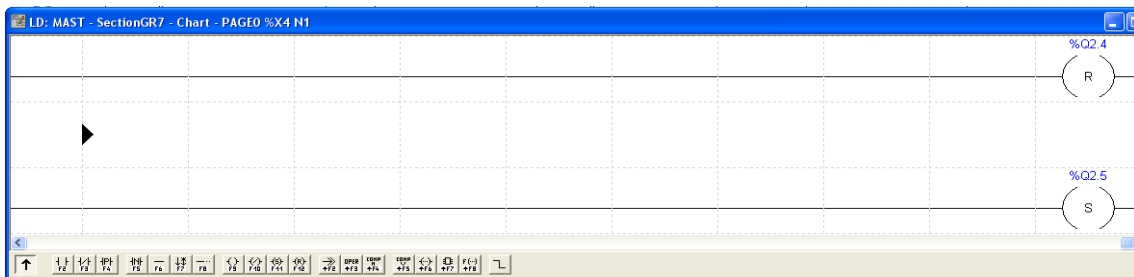


Cuando abandonamos el estado tres debemos de asegurarnos de que la barrera esta parada, para ello usaremos la programación de acción al desactivar, poniendo las salidas Q2.6 y Q2.7 a cero, para ello usaremos dos bobinas de RESET, la programación de acción al desactivar del estado tres se muestra en la siguiente imagen:

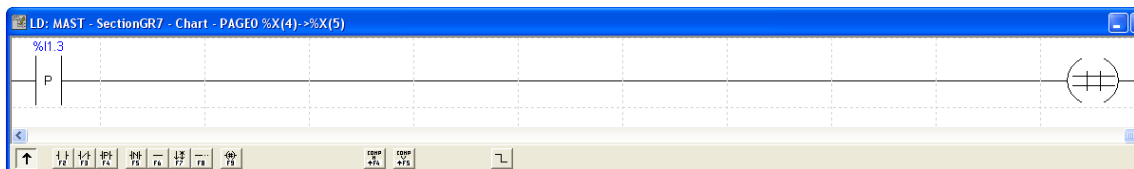


6.5. Estado cuatro

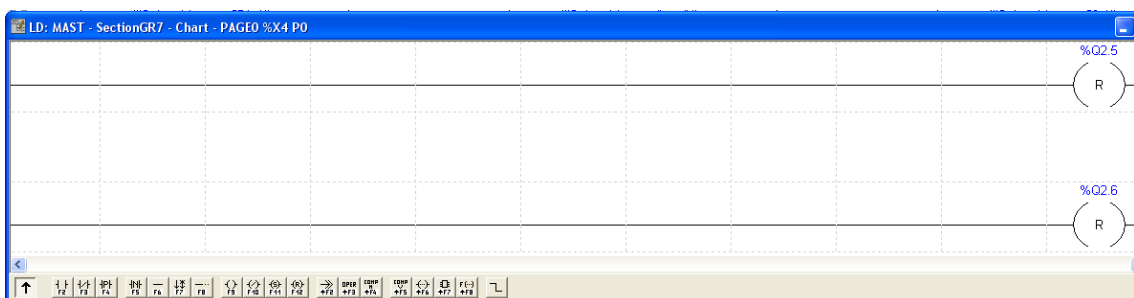
El estado cuatro se encarga de transportar el envase de la zona uno a la zona dos, para ello debe poner a uno la salida Q2.4 y para asegurarnos de que no se realizara la acción contraria ponemos a cero la salida Q2.5, para ello usaremos una bobina de RESET y una bobina de SET, la programación de acción continua del estado cuatro es la que muestra la siguiente imagen:



La transición del estado cuatro al cinco se produce cuando se detecta que el envase se encuentra en la zona dos, es decir cuando la entrada I1.3 pasa de cero a uno, para la programación de la transición hemos usado un FLANCO DE SUBIDA y una bobina de TRANSICION, la programación de la transición del estado cuatro al quinto se muestra en la siguiente imagen:



Cuando abandonamos el estado cuatro debemos de parar el avance de la cinta para ello programamos la acción al desactivar del estado cuatro como se muestra a continuación:



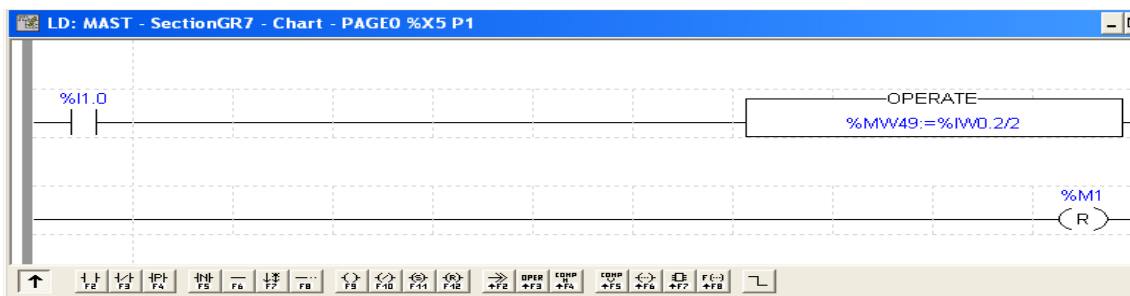
6.6. Estado cinco

El estado cinco se encarga de activar el motor que extrae el producto del silo 1 (salida del autómatas Q2.1), hasta alcanzar el peso (se almacena en la variable MW50) indicado por el operario en el estado cero.

Se ha decidido que se active el extractor en la acción continua del estado y se desconecte al salir del mismo, mientras que se evalúa el peso durante la acción continua (se evalúa mediante un comparador).

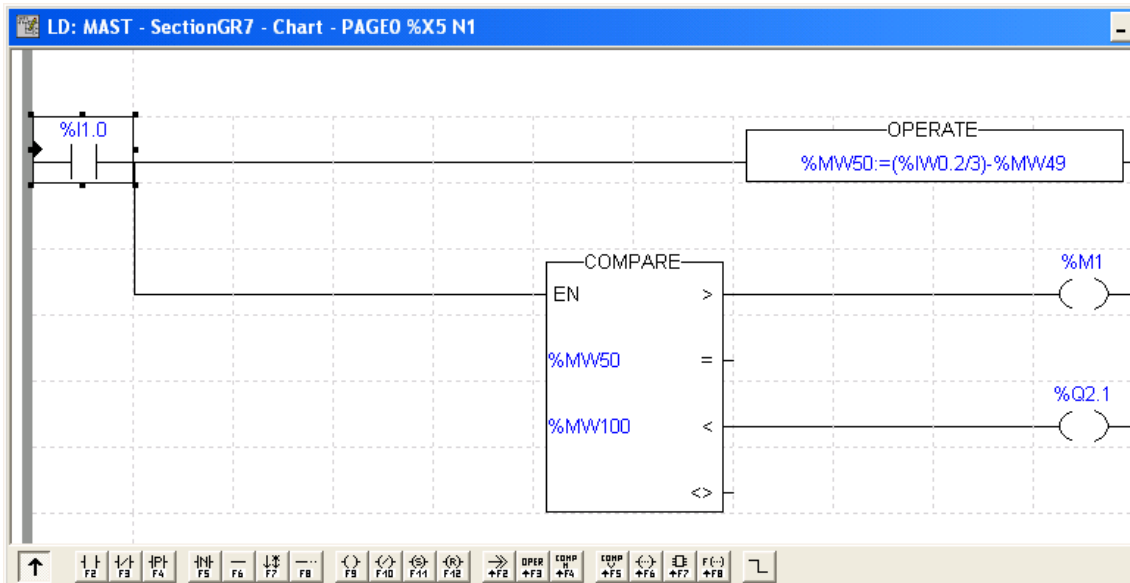
Para la evaluación del peso calculamos una simple regla de tres, el voltaje máximo que la balanza amplificadora es de 10200 mili-voltios, esto se produce cuando se alcanza la carga máxima, es decir los 5000 gramos, así que para transformar la entrada de la balanza en gramos solo tendremos que dividir la entrada entre 2.04, pero para aproximar dividiremos entre dos, aunque usaremos para la maqueta la división por tres para aumentar el tiempo de funcionamiento.

La siguiente imagen muestra la programación de la acción al activar del estado cinco, que supone la puesta a cero de la variable %M1 y la captura de la tara en la variable %MW49:



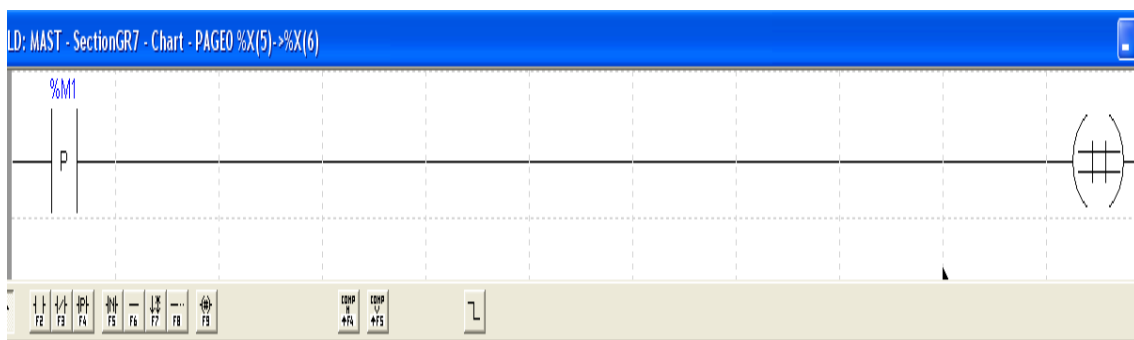
En la acción continua del estado cinco se usa un OPERATE que almacena en la variable MW50 el peso descontándole la tara y un COMPARE que pone a uno la variable de transición cuando se supera el peso indicado por el operario, aunque lo óptimo sería que se produjera la transición cuando el peso es igual debido a la precisión se ha optado por que se produzca la transición inmediatamente después de superarlo.

La siguiente imagen muestra la programación de la acción continua del estado cinco.

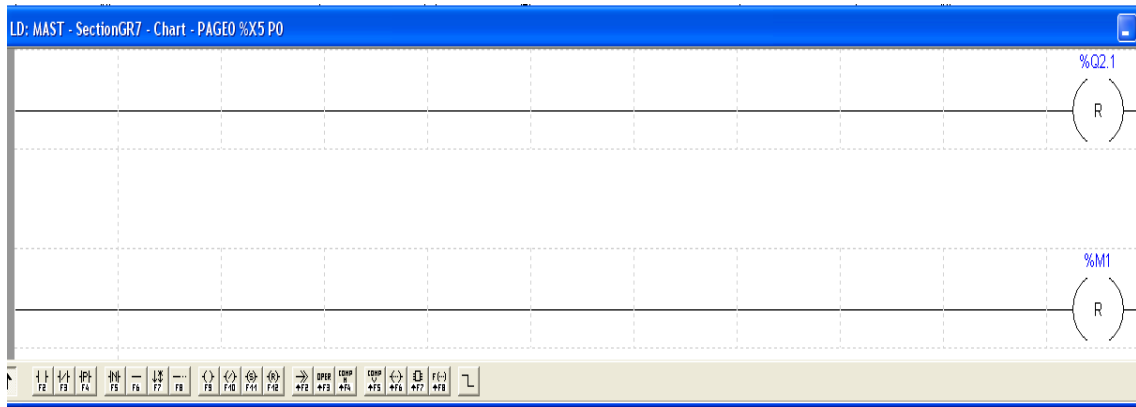


La transición del estado cinco al estado seis se produce el paso de la variable M1 de cero a uno por lo que para la transición usaremos un FLANCO DE SUBIDA y una bobina de transición.

La siguiente imagen muestra la programación de la transición del estado cinco al estado seis:



Al abandonar el estado cinco debemos detener el motor que extrae el producto del silo 1 y poner a cero la variable de transición M1 para ello se usan dos bobinas de RESET, la siguiente imagen muestra la programación de acción al abandonar del estado cinco:

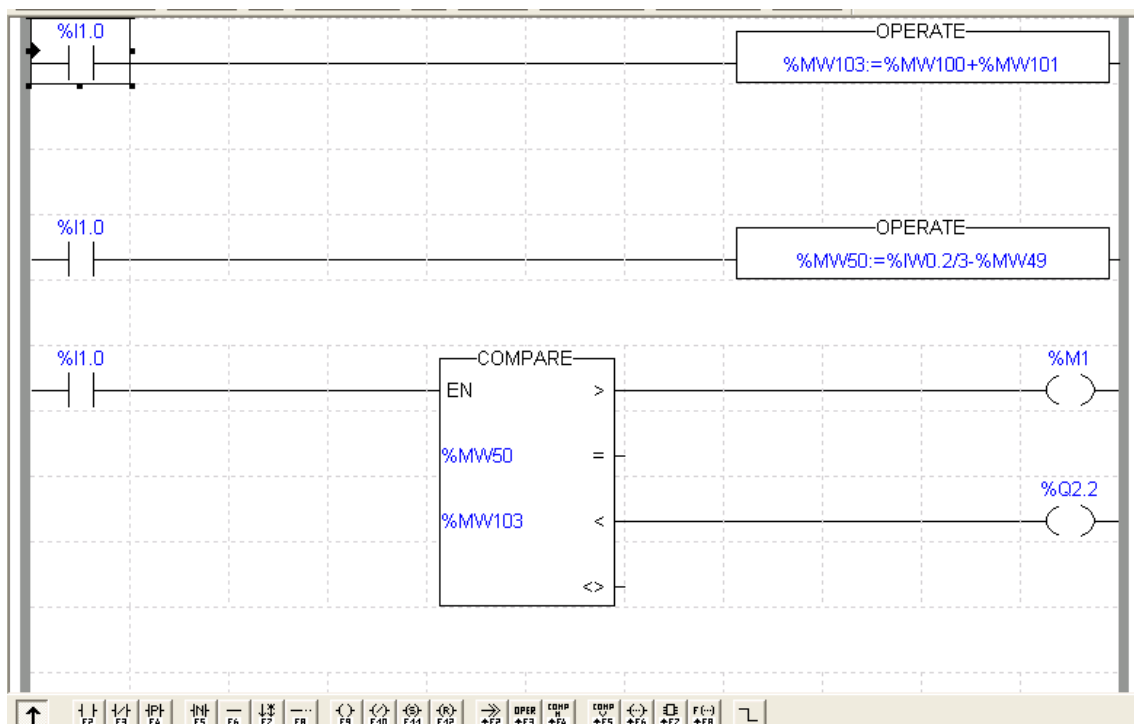


6.7. Estado seis y siete

La programación de los estados seis y siete son análogos al estado cinco pero actuando sobre las salidas Q2.2 y Q2.3 que son las encargadas de actuar sobre los motores de extracción de producto de los silos 2 y 3 respectivamente.

En estos estados se usa una variable MW103 que almacena la suma de las cantidades introducidas por el operario que se debe superar por la báscula, y en vez de comparar MW50 con MW100, se compara MW50 con MW103 y se le resta la tara.

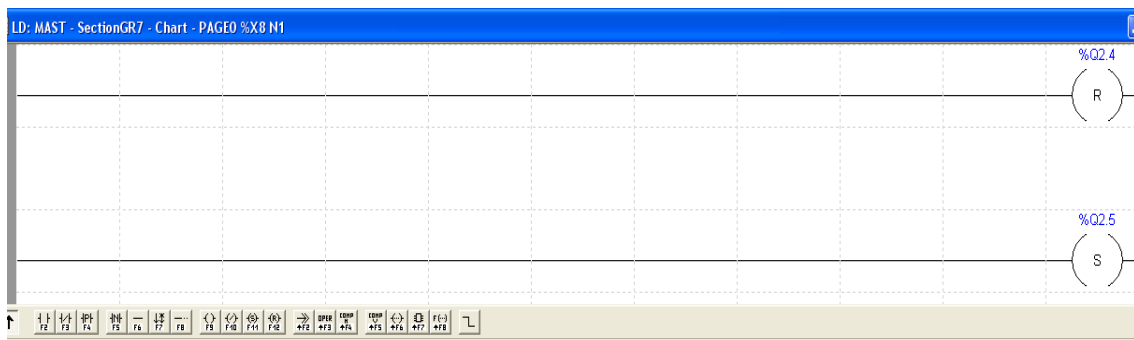
La imagen muestra el uso de dicha variable en el estado 6:



6.8. Estado ocho

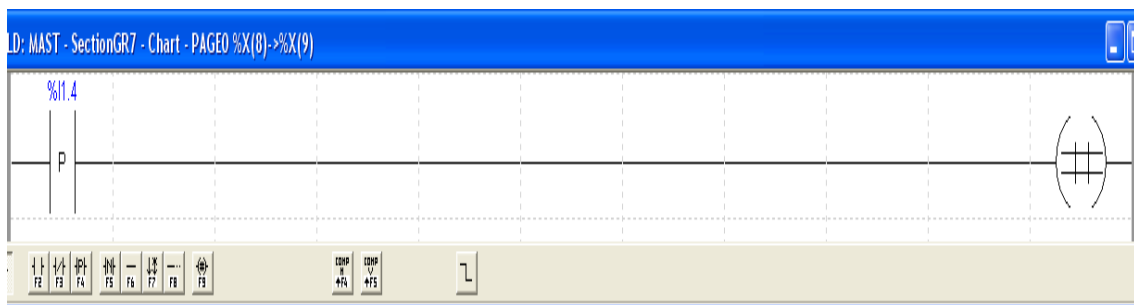
El estado ocho se encarga de transportar el envase hacia la zona tres, para ello se actúa sobre la cinta transportadora, es decir la salida Q2.4 y para asegurarnos de que no se realiza la acción contraria ponemos a cero la salida Q2.5.

La siguiente imagen muestra la programación de la acción continua del estado ocho:



La transición del estado ocho al estado nueve se produce cuando el envase llega a la zona tres, es decir cuando la entrada I1.4 pasa de cero a uno, para programar la transición hemos usado un FLANCO DE SUBIDA y una bobina de TRANSICION.

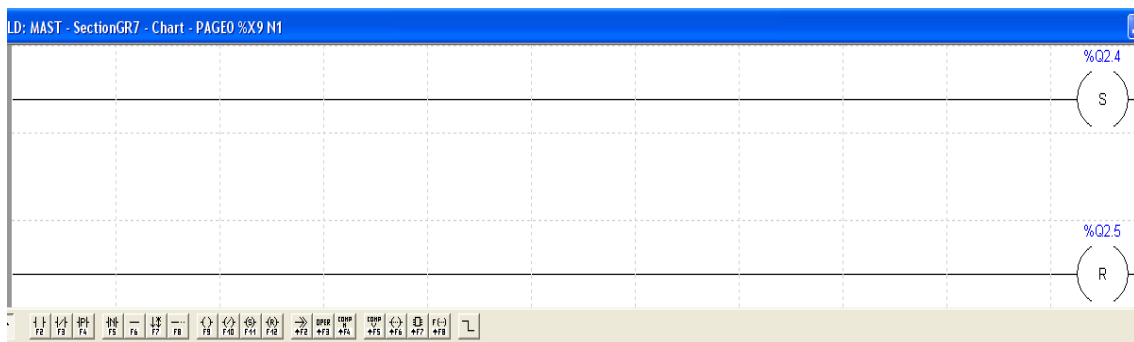
La siguiente imagen muestra la programación de la transición del estado ocho al estado nueve:



6.9. Estado nuevo

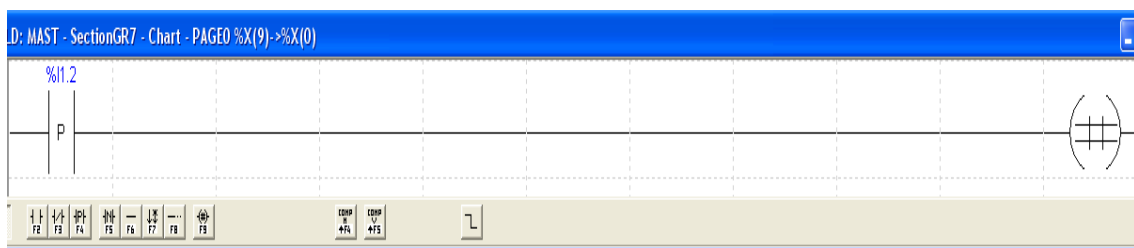
El estado nuevo se encarga de llevar el cabezal de transporte de envases a la posición de inicio, es decir que actúa sobre la salida Q2.5 y para asegurarnos de que no se produce la acción contraria ponemos a cero la salida Q2.4

La programación de acción continua del estado nuevo se muestra en la siguiente imagen:



La transición del estado nuevo se produce hacia el estado cero, dando la posibilidad al operario de parar la producción, siempre y cuando el producto se haya finalizado, esta transición se produce cuando el cabezal de transporte de envases llega a su posición de inicio, es decir cuando la entrada I1.2 pasa de cero a uno, para la programación de dicha transición se ha usado un FLANCO DE SUBIDA y una bobina de TRANSICION.

La programación se muestra en la siguiente imagen:



7. Depuración

En esta fase comprobaremos el buen funcionamiento de la programación realizada, para ello se usa una placa de testeo que se ha fabricado especialmente para el problema y en caso necesario realizaremos los cambios pertinentes para que el TSX37-22 haga lo que se supone que debe de hacer.

Para el desarrollo de la práctica en la totalidad del proyecto, se ha habilitado una habitación a modo de laboratorio para poder llevar a cabo la realización y testeo del proyecto, para ello se dispone:

- una mesa de trabajo
- un PC
- una pizarra
- un tester
- un soldador
- varios rotuladores
- una fuente de alimentación regulable
- cables
- y otros materiales electrónicos

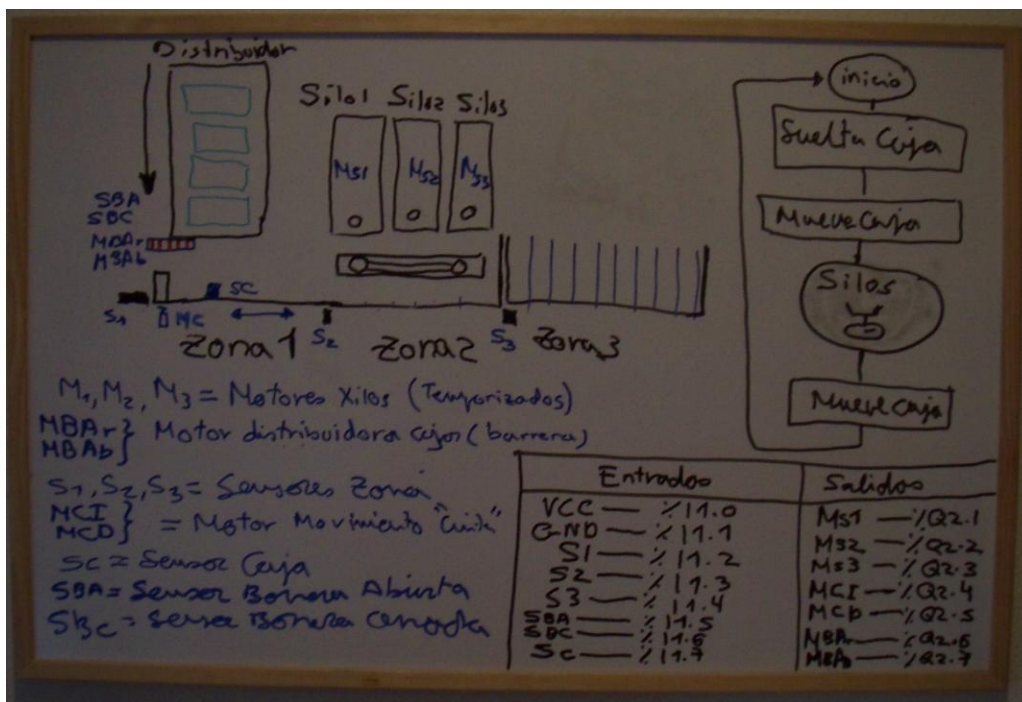
Como se muestra en las siguientes imágenes:





7.1. Esquemático de la Planta Piloto

En la pizarra se dibujo un esquemático de la planta piloto, así como sus sensores y sus actuadores, también se dibujo una tabla de entradas/salidas y su correspondencia con el autómata, se muestra en la siguiente imagen:

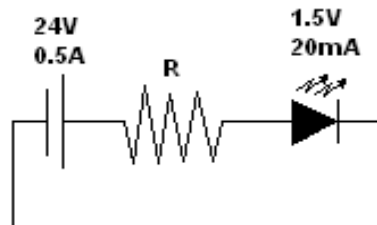


7.2. Placa Simuladora

Para el testeo del funcionamiento del autómatas se ha diseñado una placa simuladora, esta placa está compuesta por LEDs y por pulsadores, de modo que cada pulsador simula un sensor y cada LED simula el funcionamiento de un dispositivo.

La tensión de salida de la fuente de alimentación del autómatas es de 12V y 0.5A, por lo que supone excesiva tensión para alimentar directamente a los LEDs, así que se debe adaptar la tensión que el autómatas suministra para que no se averíen los LEDs, para ello usaremos resistencias de 1K2 Ohm.

Para la obtención de este valor hemos empleado una formula aprendida en la asignatura de *Fundamentos Físicos de la Informática*, de primer curso, que se muestra a continuación:



$$R = \frac{V_{cc} - V_{led}}{I_{led}} = \frac{24v - 1.5V}{0.02A} = 1125 \approx 1K2 \Omega$$

Los pulsadores se conectan de forma que una de sus patillas está conectada a 24V y la otra está conectada a la entrada correspondiente a cada sensor.

Los LEDs se conectan de forma que cada una de sus patillas negativas están conectadas a masa, cada una de sus patillas positivas están conectadas a su correspondiente resistencia y la resistencia a cada una de las salidas.

De esta forma cada pulsador actuara sobre las entradas y cada LED se iluminara acorde a las salidas.

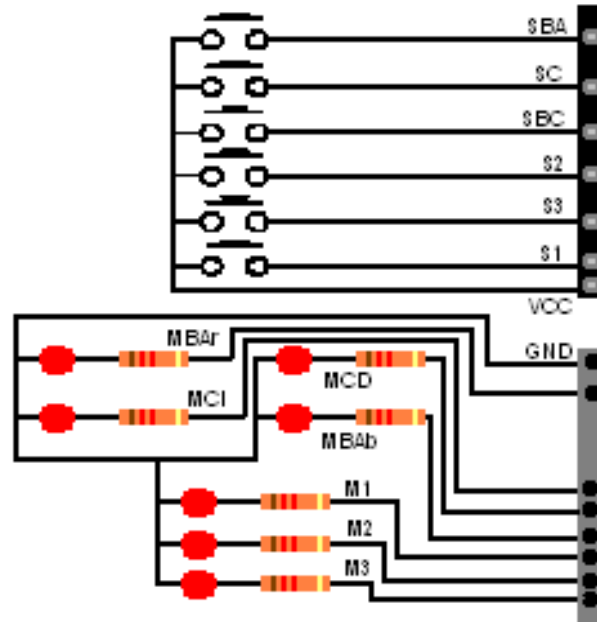
La disposición de los pulsadores se ha diseñado teniendo en cuenta el orden de pulsación de los mismos según el orden en que deben ser activados los sensores, es decir:

- 1. SBA**
- 2. SC**
- 3. SBC**
- 4. S2**
- 5. S3**
- 6. S1**

Para la construcción de la placa se ha requerido de los siguientes materiales, que pueden ser adquiridos en cualquier tienda común de dispositivos electronicos:

- Placa de prototipos
- 3 regletas PCB de 3 tornillos
- 4 regletas PCB de 2 tornillos
- 6 pulsadores de contacto
- 7 diodos LED 1,5V 20mA
- 7 resistencias de 1K2 Ohm
- Cable
- Estaño
- Espadines

Para la realización el primer paso fue dibujar un boceto de lo que sería el esquema de conexiones del circuito, que se muestra en la siguiente imagen:

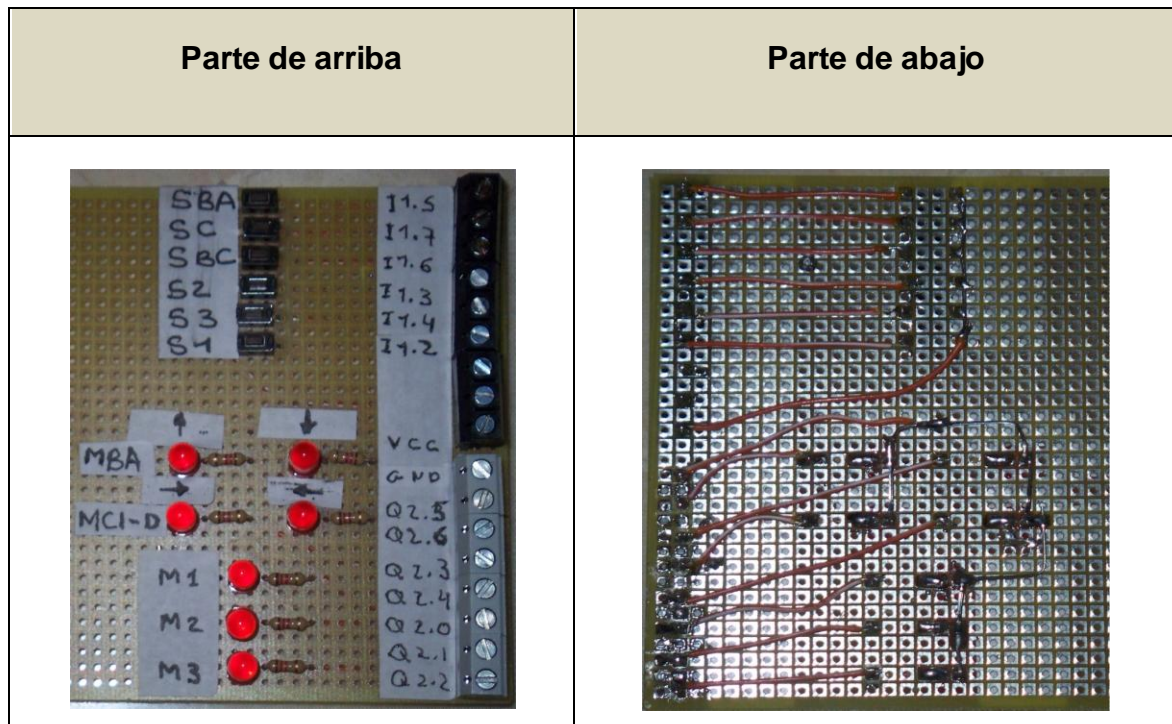


El paso del dibujo esquemático al montaje de la placa es bastante intuitivo y no se requiere apenas conocimientos específicos de electrónica y de soldadura, aunque se recomienda que si no se tiene experiencia alguna con el manejo del soldador se hagan antes de realizar el montaje de la placa unas pruebas.

Estas pruebas podrían ser por ejemplo soldar y desoldar dispositivos electrónicos de una placa de un dispositivo que este averiado o en desuso.

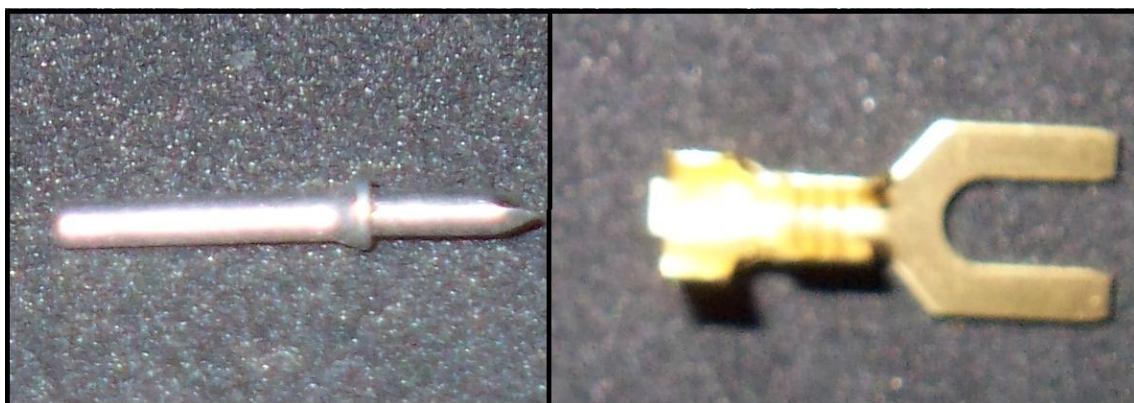
Es de vital importancia comprobar que las conexiones están correctamente realizadas, y que no existen cortocircuitos, ya que podríamos dañar el autómatas, para ello usaremos el tester en modo continuidad y testaremos punto por punto.

La siguiente imagen muestra una foto de la placa terminada y lista para conectarse al autómata y realizar el proceso de comprobación y depuración.



Para la conexión de los cables al autómata debemos de usar terminales de tipo horquilla de 3mm y terminales de tipo espadín, correctamente soldados para evitar posibles fallos de conexión, estos terminales pueden ser adquiridos en cualquier tienda de dispositivos electrónicos.

Los terminales utilizados son como los que se muestran en la siguiente imagen:

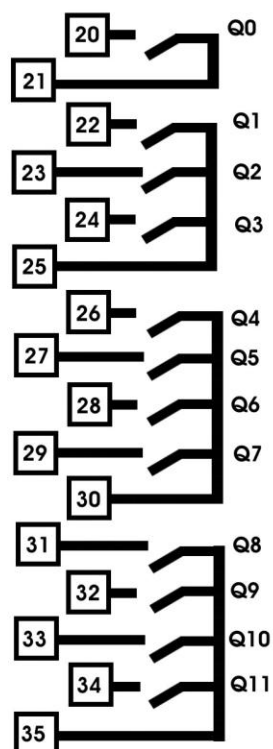


Las salidas del autómata son a relé, esto supone que cuando la salida esta activa se produce la activación de un relé que une dos conexiones del autómata, para facilitar el conexionado y ahorrar en número de conexiones algunas salidas están conectadas a una conexión común, Q0 está aislada, Q1, Q2 y Q3 están conectadas a una entrada común, Q3, Q4, Q5, Q6 y Q7 están conectadas a una entrada común, Q8, Q9, Q10 y Q11.

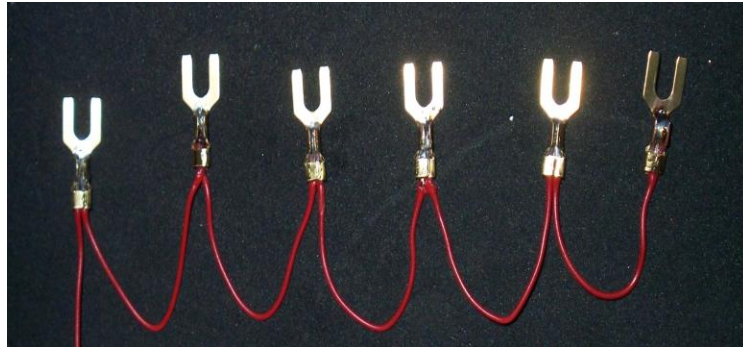
Estas conexiones en el autómata se corresponden con los tornillos señalados con los números del 20 al 35.

En nuestro diseño se ha tomado todas las salidas como salida activa a Vcc, por lo que en nuestro caso no cambia nada, pero hay que tener en cuenta esta forma de salida porque por ejemplo no se podría dar que Q1 estuviese como salida activa a Vcc y Q2 a Gnd.

La siguiente imagen muestra como se encuentran distribuidas dichas salidas en el autómata:



Así que realizamos un puente de conexiones a VCC, como muestra la siguiente imagen:



Una vez todo conectado realizamos las pruebas de testeo poniendo el autómatas en RUN y actuando sobre cada uno de los pulsadores comprobando que se enciende el LED adecuado correspondiente a la actuación de la salida del autómatas y no otro, y que se producen las transiciones adecuadas y no otras.

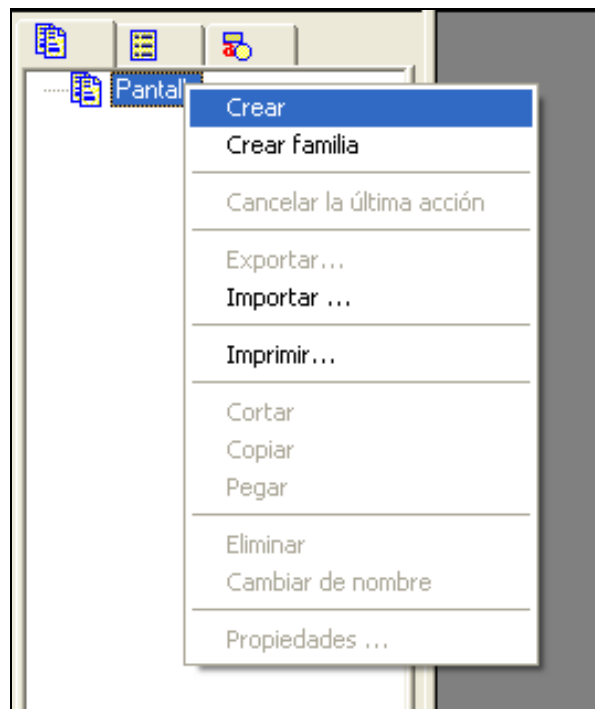
8. Programación de la pantalla de explotación

La versión 4.3 pro del software PL7 viene con la posibilidad de programar una pantalla de explotación para la monitorización y control del proceso del autómeta, en otros proyectos se ha usado Visual Basic 6.0 unido a la librería Uni Telway.dll que comunica el autómeta con Visual Basic mediante SCADA.

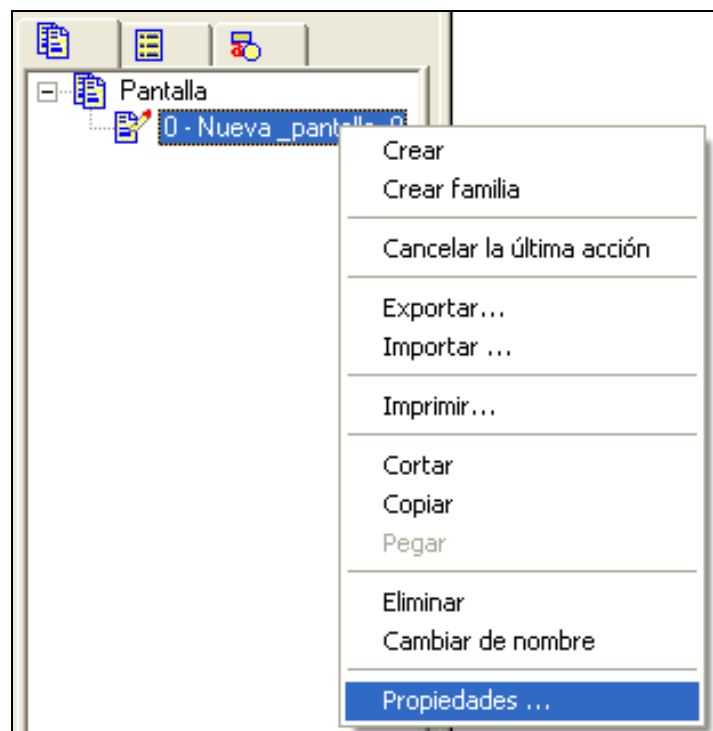
Para la programación, desde el navegador de la aplicación accedemos a pantallas de explotación con el botón derecho del botón y “Abrir”, como se muestra en la siguiente imagen:



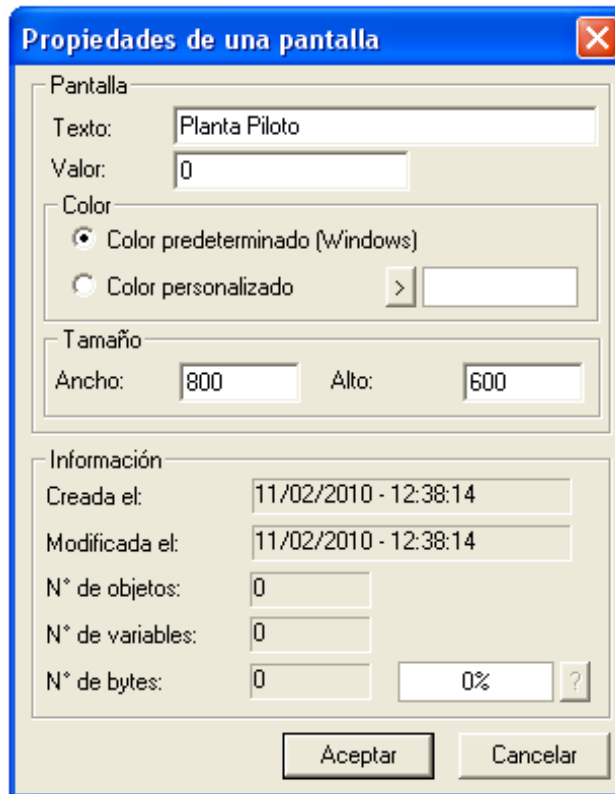
Creamos una nueva pantalla pulsando el botón derecho del ratón y en “Crear”, como se muestra en la siguiente imagen:



Una vez creada vamos darle las propiedades que nos interesan, para ello con el botón derecho del ratón pulsaremos “Propiedades”, tal como se muestra en la siguiente imagen:



Y nos aparece la siguiente pantalla de propiedades, la rellenamos tal como aparece en la siguiente imagen y pulsamos en “Aceptar”.

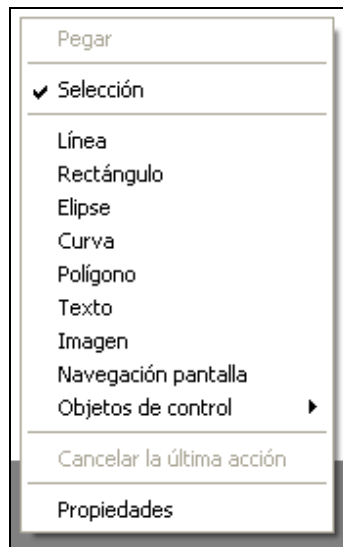


Se han realizado dos pantallas de explotación una para un Ultra Mobile Pc de 800X600 Pixels y la misma pantalla para un PC con una resolución de 1280X1024 Pixels.

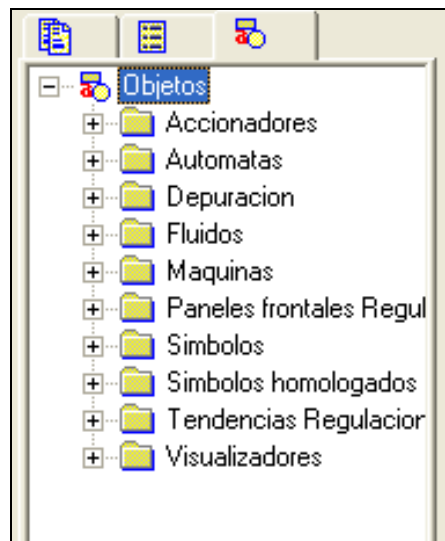
Ya tenemos creada la base de nuestra pantalla de explotación.

Para insertar elementos tenemos dos opciones, mediante el botón derecho del botón accedemos a un menú de herramientas.

Que se muestra en la siguiente imagen:



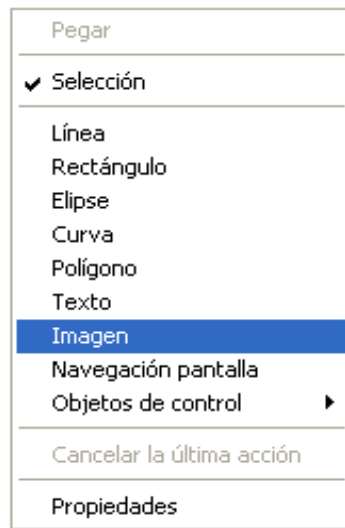
O mediante la biblioteca de objetos que viene de serie con el software PL7 4.3 Pro, que se muestra en la siguiente imagen:



Para transportar objetos de la biblioteca a la pantalla de explotación se deben copiar en la biblioteca y pegar en la pantalla de exploración, para ello tenemos tres opciones:

1. Usar el menú “edición” - “copiar” y “edición” - “pegar”
2. Usar “Ctrl” + “C” y “Ctrl” + “V”
3. O mediante el botón derecho del ratón “copiar” y “pegar”

Así insertaremos los objetos e imágenes que necesitemos para la correcta monitorización y control del autómatas, en nuestro caso se ha diseñado el dibujo de los envases, de la barrera y de la pantalla de información como imágenes BMP, para insertarla pulsamos mediante el botón derecho en imagen y seleccionamos la imagen que deseamos, tal como se muestra en la siguiente imagen:



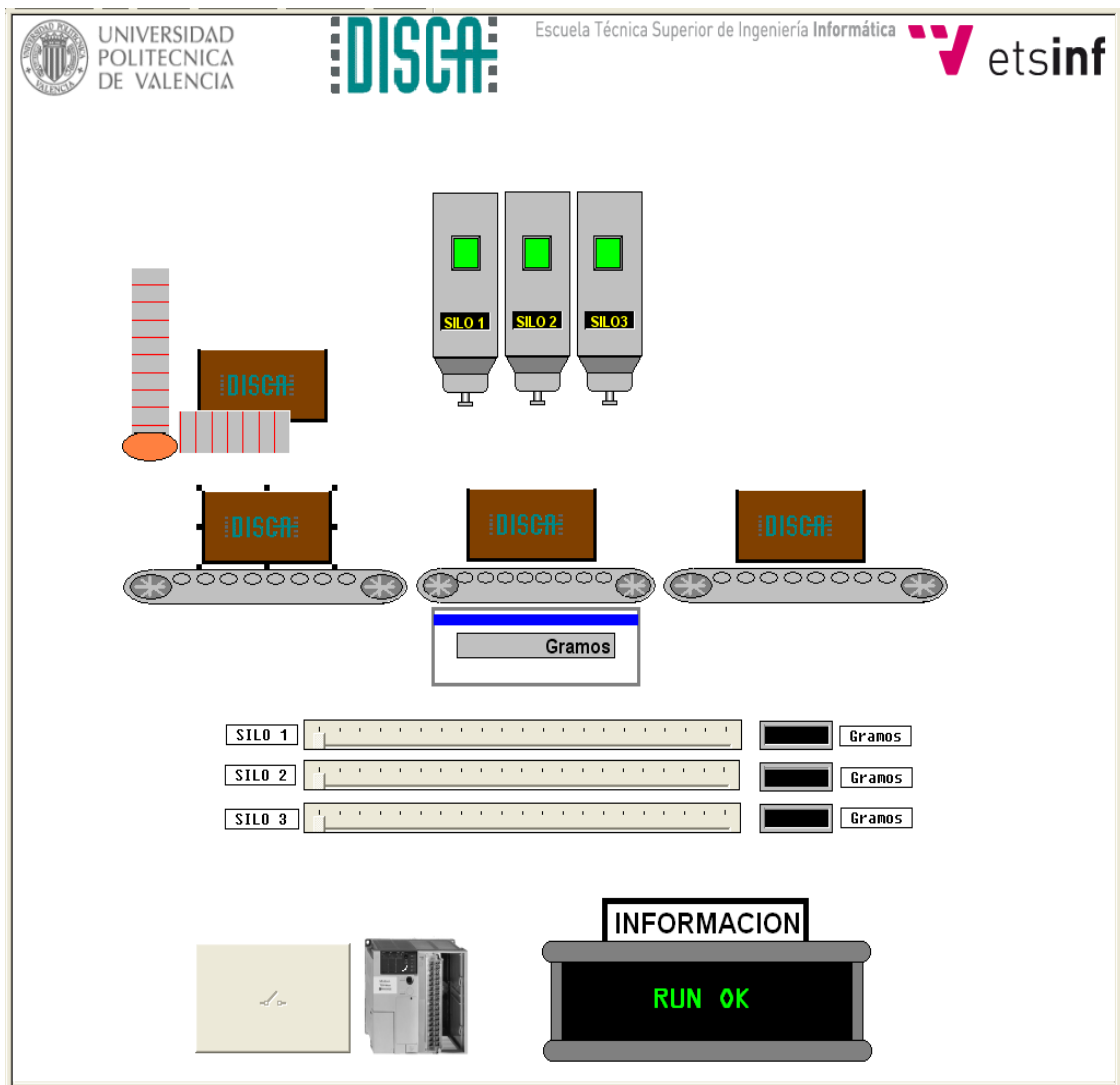
A estas imágenes se les puede animar para que sean visibles o no dependiendo del valor que toma una variable en el autómatas, para ello nos posicionamos sobre la imagen y con el botón derecho del ratón accedemos a su menú de propiedades que se muestra en la siguiente imagen:



En símbolo escribimos la variable que pertenece a la acción de la imagen y en las condiciones de visualización seleccionamos la opción que nos interese.

El uso de los objetos de la biblioteca de objetos y del resto de elementos es análogo al presentado anteriormente.

La siguiente imagen muestra la pantalla una vez terminada y lista para su uso con el autómata:



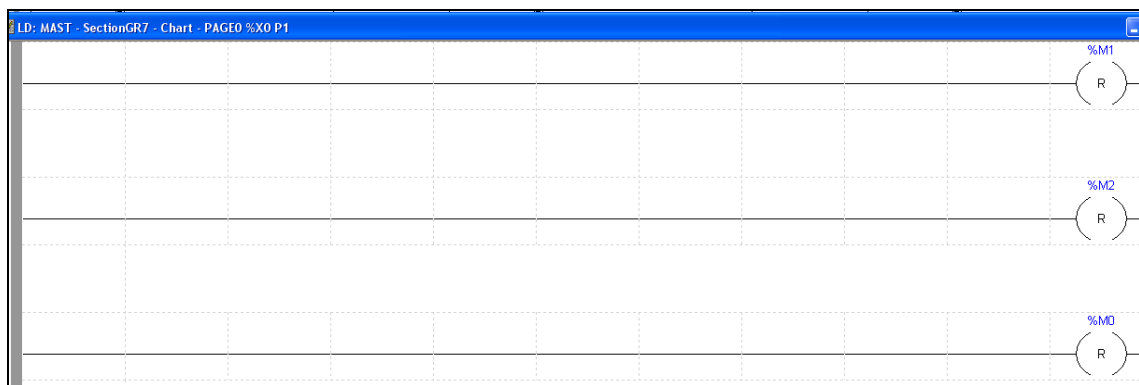
Para la visualización de las barreras, los envases y el panel informativo se han tenido que añadir variables al autómata que cambien su valor dependiendo del estado y la acción en la que nos encontremos.

La siguiente tabla muestra las variables y su uso:

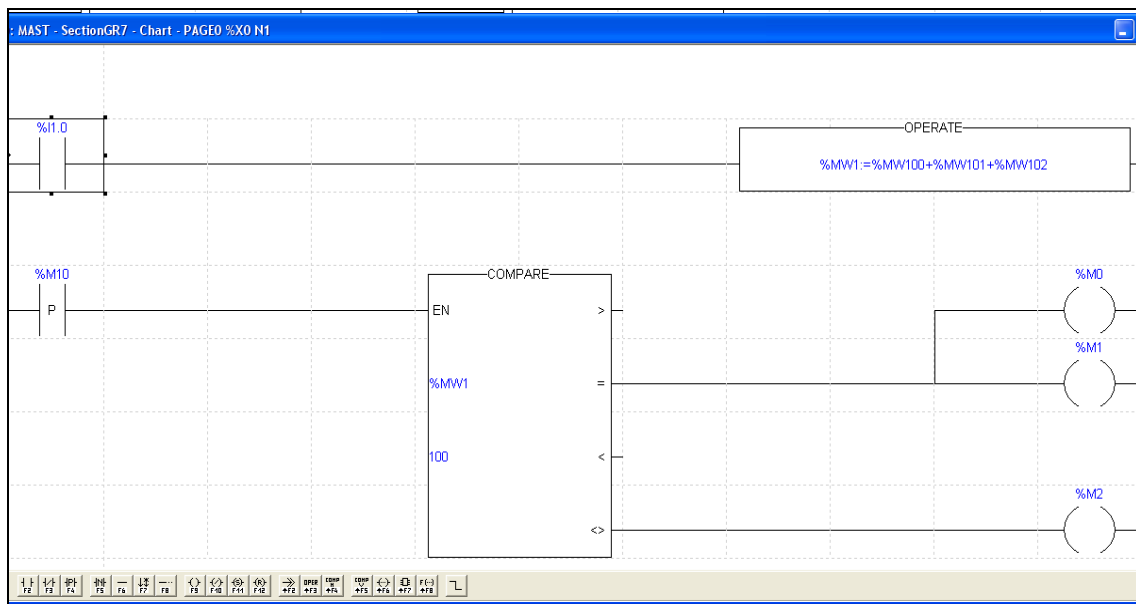
Variable	Explicación
M0	Run OK/ STOP
M2	Error Medidas
M3	Barrea Abierta/Cerrada
M4	Caja en zona 1 / Distribuidor
M5	Caja en zona 2
M6	Caja en zona 3

Para la activación y desactivación de las variables para la pantalla de explotación se ha tenido que añadir la programación que a continuación se detalla al autómata.

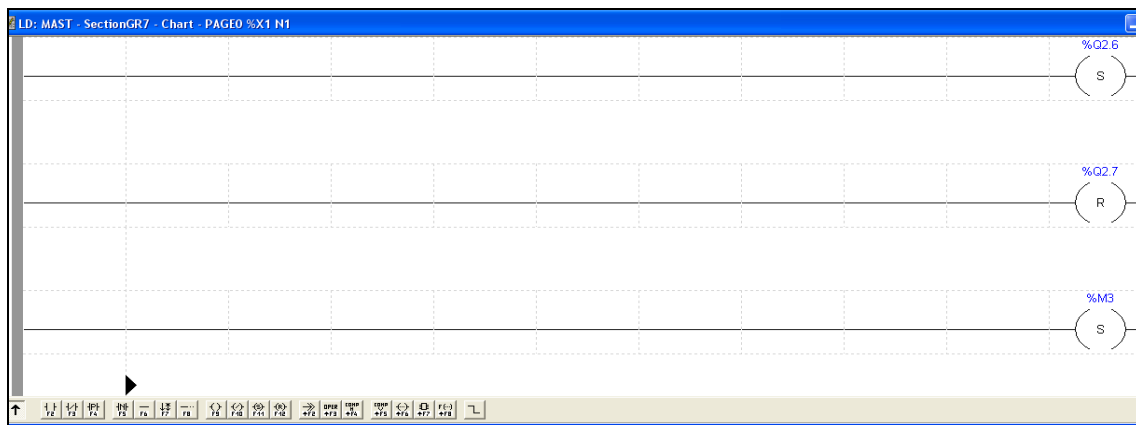
En el estado cero se ha añadido en la acción al activar la puesta a cero de M0, y M2 quedando como muestra la siguiente imagen:



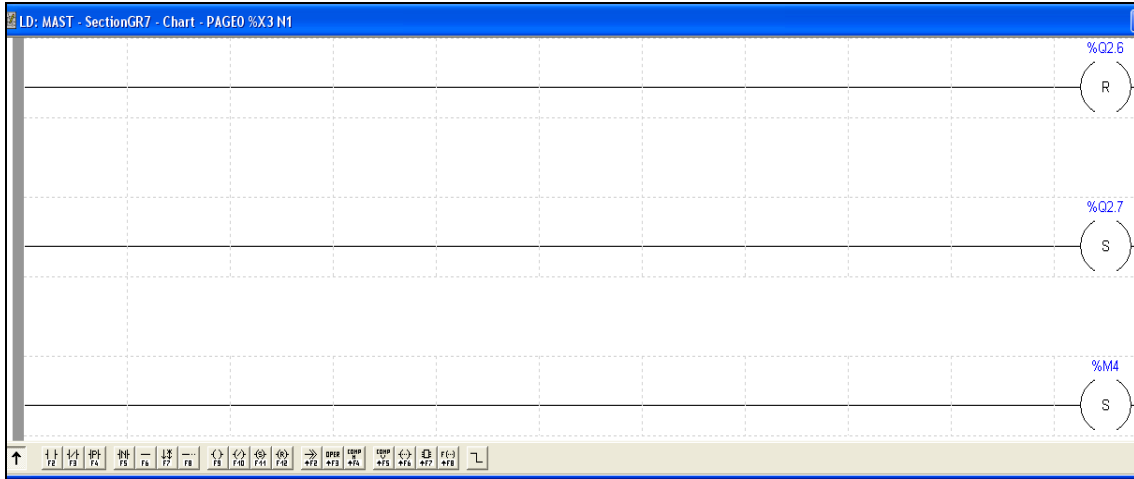
Se ha añadido también durante su acción continua la puesta a cero o a uno de las variables M0 y M2 para el cartel informativo.



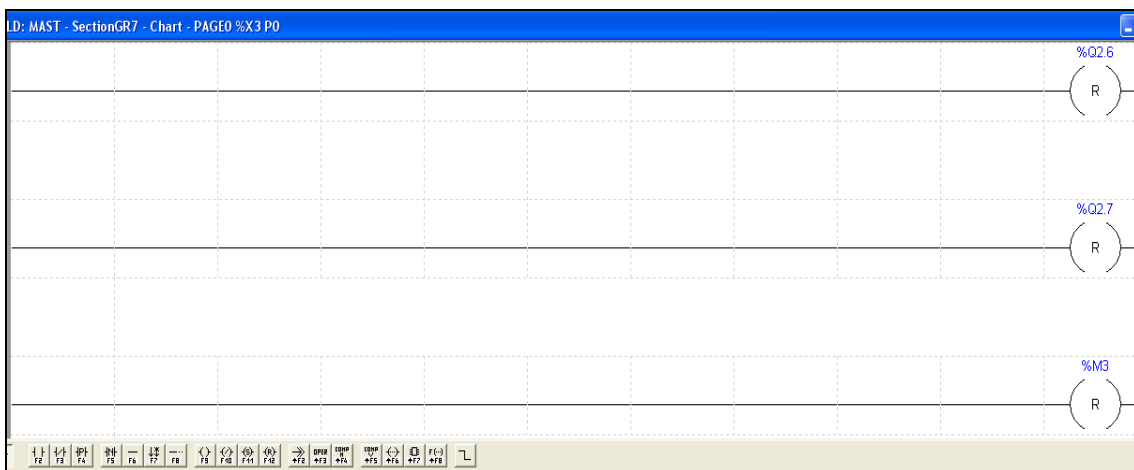
Se ha añadido al estado uno en la acción continua la activación de la variable de barrera abierta M3, quedando la programación como se muestra en la siguiente imagen:



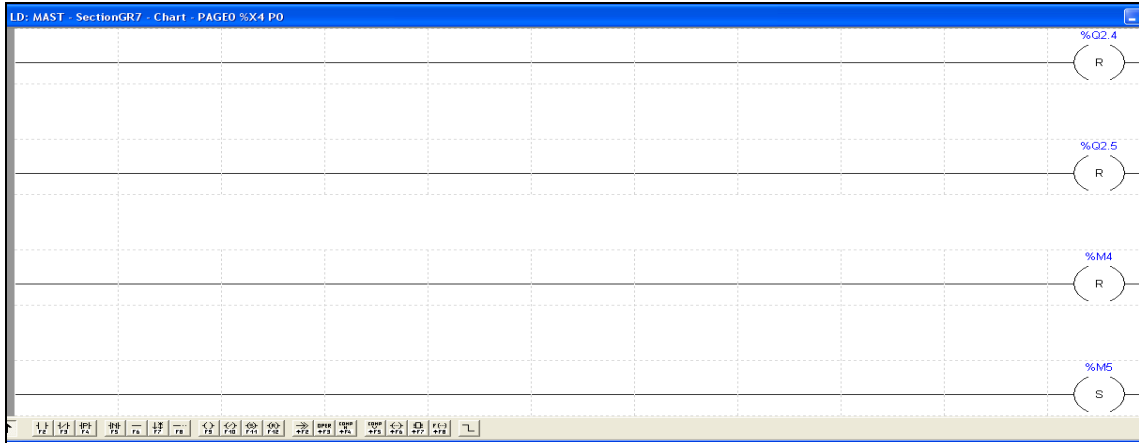
Se ha añadido a la acción continua del estado tres la activación de la variable de caja en cinta M4, quedando la programación como se muestra a continuación:



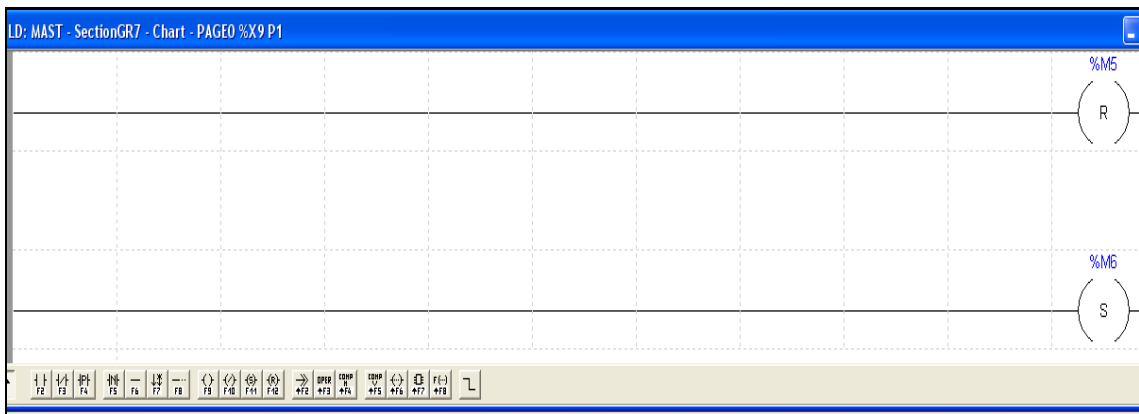
Se ha añadido en la acción al desactivar del estado tres la desactivación de barrera abierta M3, quedando la programación como muestra la siguiente imagen:



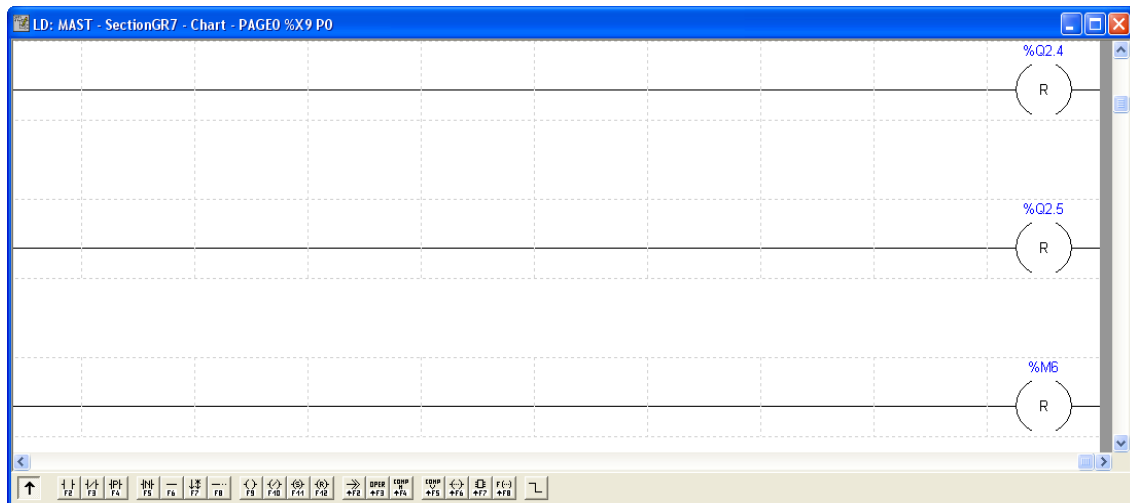
Se ha añadido en la acción al desactivar la desactivación de la variable de envase en cinta M4 y se ha activado la variable de envase en zona 2 M5, quedando la programación como muestra la siguiente imagen:



Se ha añadido en el estado nueve en la acción al activar la desactivación de la variable de envase en zona 2 M5 y la activación de la variable de envase en zona 3 M6, quedando la programación de la misma como muestra la siguiente imagen:



Se ha añadido en el estado nuevo en la acción al desactivar la desactivación de la variable de envase en zona 3 M6, quedando la programación del mismo como se muestra a continuación:



IV. La Maqueta

Una vez finalizado el proyecto la maqueta sera donada al departamento DISCA de la UPV para que futuros alumnos puedan realizar proyectos, practicas u otros trabajos.

Para la realización de la maqueta se ha optado por usar materiales de desecho o reciclados, dichos materiales son los siguientes:

- Una caja de madera de frutería
- Rotuladores
- Tapas de botellas
- Latas de conservas
- Botellas de PVC
- Los motores y sensores de lectores de CD-ROM
- Envases de tetra-brick

Además se ha usado:

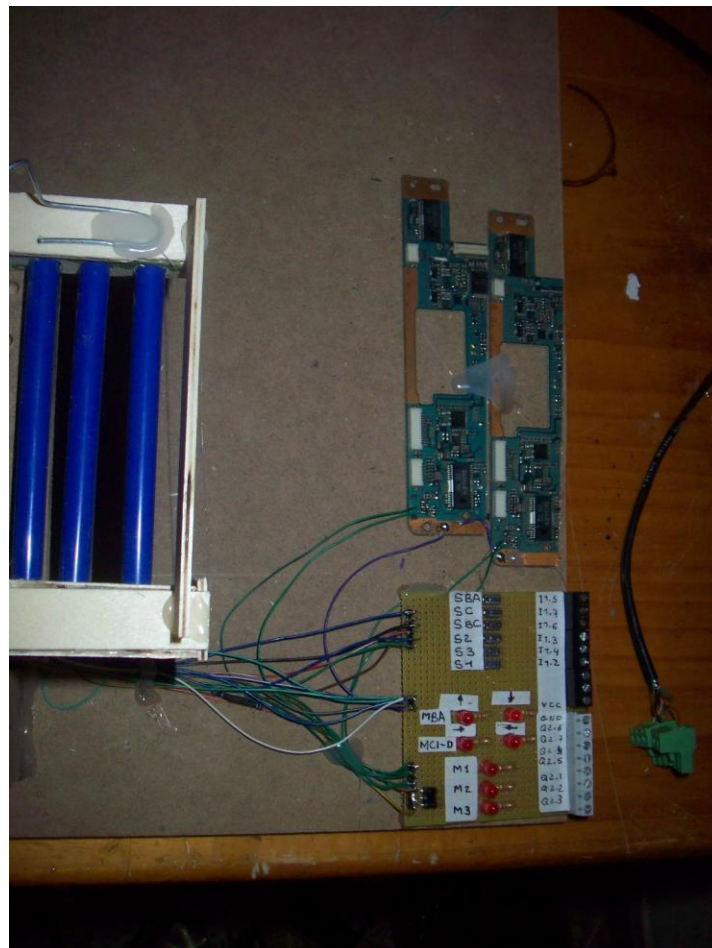
- Estaño
- Cola térmica
- Cables
- Alambre
- Hilo de cobre
- Listones de madera
- Plancha de madera

Para la fabricación de las cintas transportadoras se han utilizado rotuladores que emulan el funcionamiento de rodillos.

Para la fabricación de los envases se ha usado envases de tetra-brick.

Por motivos de materiales, espacio y tiempo se ha decidido que se fabricara un único silo y su mecanismo de extracción de producto, aunque la fabricación de otros es análoga. Para la simulación el silo funcionara tres veces (una por cada silo), emulando así el funcionamiento de los tres silos. Se han añadido tres diodos zenner de modo que los led de la placa simuladora siguen iluminándose individualmente con el funcionamiento de cada silo.

Para el movimiento en dos direcciones de los motores de cabezal de transporte y de barrera de distribuidora de envases, se ha añadido la parte de la placa del lector de CD-ROM correspondiente a tal función, aunque podrían haberse empleado cuatro relés.



Detalle conexiones

Para la fabricación del silo y su mecanismo extractor se ha usado una botella de PVC de 1,5 litros, una lata de conservas, dos motores y alambre para fabricar un muelle que emula el funciona miento de un tornillo sinfín.

Se han empleado herramientas típicas de maqueteria como:

- Cutter
- Sierra de maqueteria
- Sierra circular
- Herramienta Dremel
- Escuadra
- Cartabon
- Regla
- Caladora

Las siguientes imágenes muestran las partes y el proceso de fabricación de la maqueta.



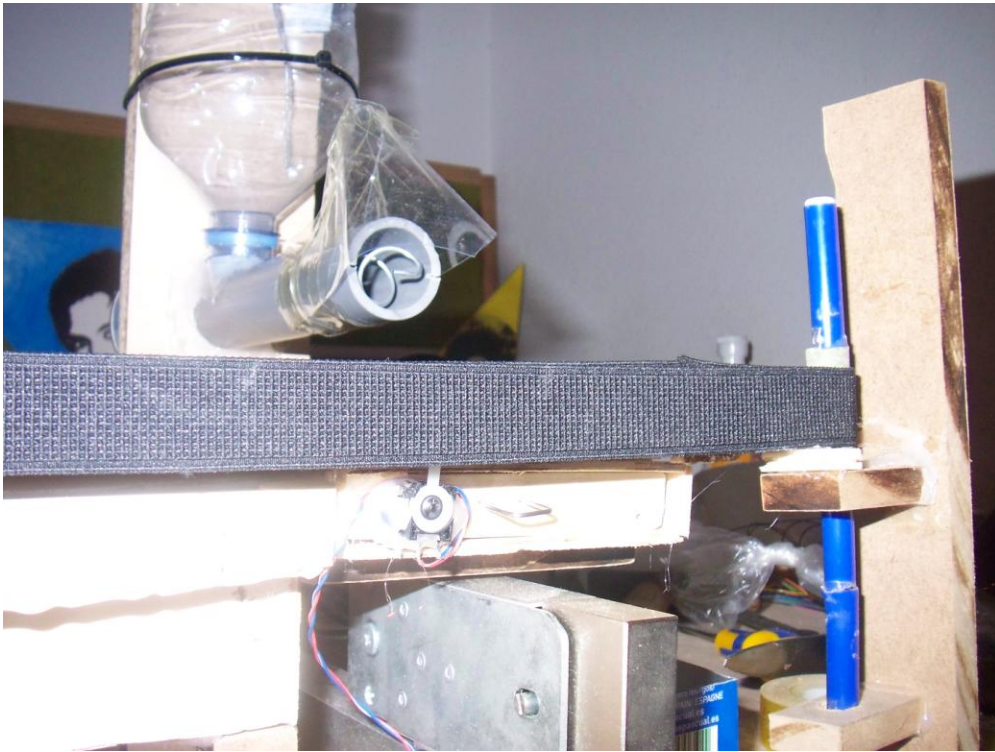
La caja de frutería



Los rodillos de la cinta transportadora



El dispensador de envases



El silo con su extractor de producto
El cabezal de transporte



Mecanismo extractor de producto



Mecanismo del cabezal de transporte
Se han usado dos motores iguales



La maqueta finalizada

V. Posibles ampliaciones

Esta sección está dedicada a posibles alumnos que en un futuro decidan realizar la ampliación de este proyecto, proponiendo así nuevas ideas para que este alcance niveles superiores.

A continuación se mencionan las citadas ideas:

- Usar temporizadores para controlar posibles obstrucciones en las secciones.
- Usar medidores de capacidad de los silos.
- Cambiar la zona tres por un almacenador de envases que coloca los envases en cajas.
- Usar una mezcladora del producto por un tiempo determinado.
- Añadir un mecanismo que tape los envases.

A continuación se mencionan posibles mejoras en la maqueta que no se han llevado a cabo por falta de tiempo:

- Crear dos silos.
- Usar un mecanismo que evite el atasco de producto en el cuello de la botella.
- Añadir reconocimiento de zona para el envase.
- Cubrir la maqueta de papel mache para aumentar su resistencia.
- Pintar la maqueta.

VI. Conclusión

La principal conclusión obtenida durante la realización de este proyecto es que resulta necesario dedicar un esfuerzo y dedicación considerable a la fase de estudio del proyecto, así como a la fase de documentación, ya que estas fases son las que determinan como se va a llevar a cabo la materialización del proyecto.

Si alguna de estas dos fases no son tomadas con la seriedad que se requiere resulta en continuos cambios en fases posteriores que llevan a retomar de nuevo la fase de estudio y repercutiendo en el empleo de más tiempo del que inicialmente se estimaba necesario.

Otra conclusión obtenida es que el software PL7 está muy orientado al programador por lo que el uso del mismo por parte de operarios puede resultar en indeseadas modificaciones tanto en la programación del autómatas como en la parte de visualización del mismo, por lo que en caso de que el autómatas vaya a ser empleado en un entorno real es aconsejable el uso de interfaces SCADA como los creados mediante Visual Basic 6.0 o como **scada vijeo citect**.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. Memoria técnica PFC de Carlos Alberto Edo Solera. E.T.S.I.A. 2007
2. Memoria técnica PFC de Rafael Vidal Pastor. E.T.S.I.A.

Manuales obtenidos en la página <http://www.schneiderelectric.es>

1. Autómatas Modicon Micro TSX 3705/ 3708/ 3720, Manual de puesta en marcha, Tomo 1, Marzo 2005.
2. Autómatas Modicon Micro TSX 3705/ 3708/ 3720, Manual de puesta en marcha, Tomo 2, Marzo 2005.
3. Manual de referencia del software PL7, Schneider Telemecanique.
4. Manual de Programación PLC Micro TELEMECANIQUE. Preparado por Cristhian Provoste. Departamento de Electrónica. Módulo: Controladores Lógicos Programables.
5. Manual de prácticas para TSX MICRO y PL7 PRO. Schneider Electric España. Centro de Formación.
6. Editor de Pantallas de explotación. Manual del usuario TLX DS EEXP 40S spa V4.0. versión 2000.
7. Hardware del TSX 37 (Micro).

