

Trabajo de grado

Informe final de trabajo de grado
Diseño e implementación de un sistema de control
para la máquina dispensadora de cartuchos desarrollada
por la empresa IND. IMMEDIATA 40,C.A.

Luis A. Quiñones B.

Caracas, Agosto del 2003

Trabajo de grado

Informe final de trabajo de grado
Diseño e implementación de un sistema de control
para la máquina dispensadora de cartuchos desarrollada
por la empresa IND. IMMEDIATA 40,C.A.

Trabajo presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela
para optar al título de Ingeniero
Electricista.

Luis A. Quiñones B.

Caracas, Agosto del 2003

Ing. Juan Carlos Lastra.

Prof. Rafael Rivero.

Prof. Tamara Pérez.

Prof. José Alonso.

HEXFET® marca registrada de ***International Rectifier***.

Microchip® marca registrada de ***Microchip Technology Incorporated***.

Festo marca registrada de ***Festo AG & Co.***

AGRADECIMIENTOS

Le doy las gracias a mis padres Juana F. Blanco y Celestino B. Quiñones H. por darme la vida y el apoyo para poder lograr esta meta.

A mi compañera personal Keila M. Petit R. por estar dando me aliento durante estos últimos ocho años.

Al Profesor Rafael Rivero quien me a guiado, orientado y aconsejado adecuadamente durante mi permanencia en la escuela de Ingeniería Eléctrica.

A Teofilo Blanco por sus consejos y apoyo en la elaboración de mi trabajo de grado.

Y a todas estas personas que participaron a mi lado para poder cumplir con mi meta propuesta.

<u>Autor:</u>	Luis Armando Quiñones Blanco.
<u>Título Académico a obtener:</u>	Ingeniero Electricista.
<u>Universidad:</u>	Universidad Central de Venezuela.
<u>Fecha:</u>	20/08/2003
<u>Profesor Guía:</u>	Ing. Rafael E. Rivero Navarro, MSc
<u>Tutor Industrial:</u>	Ing. Juan Carlos Lastra.
<u>Título del Trabajo de Grado:</u>	Diseño e implementación de un sistema de control para la máquina dispensadora de cartuchos desarrollada por la empresa IND. IMMEDIATA 40,C.A.

RESUMEN

Este trabajo tiene por objetivo el diseño e implementación de un sistema de control electrónico para la máquina dispensadora de cartuchos plásticos, desarrollada por la empresa IND. IMMEDIATA 40, C. A. para la automatización de la entrega de los cartuchos plásticos en la máquina empaquetadora “Blister Pack Machine” modelo 6S-CBE marca ALLOYD de la empresa Warner Lambert de Venezuela, S.A. una división de Pfizer (Schick).

El sistema de control desarrollado está basado en los microcontroladores PIC16F873 y utilizado diferentes etapas se implementaron 13 entradas digitales de $24V_{DC}$ y 7 salidas digitales comandadas a transistor con capacidad para 5,6A utilizando HEXFET POWER MOSFET. El equipo de control posee dos unidades que son: la unidad de procesamiento y la unidad de despliegue. Para poder establecer una comunicación entre estas unidades se utilizó el protocolo I²C. La unidad de despliegue maneja dos pantallas de cristal líquido (LCD), en la cual se presentan los contadores de producción total, producción acumulada y producción parcial. Los dos primeros son almacenados en la memoria no volátil del microcontrolador, para no perder la cuenta de las entregas al desconectar la máquina dispensadora del sistema eléctrico.

Este equipo posee también un sistema supervisor que notifica al operador, de errores que pueden producirse en la máquina dispensadora, informando de modo visual y sonoro. Al igual que presenta el estado de la máquina a través de las pantallas. A través de las entradas recibe señales provenientes de los sensores magnéticos de final de carrera que se encuentran encima de los cilindros neumáticos, de los pulsadores y del sensor inductivo, que es utilizado para la sincronización entre la llegada del nido de la máquina de empaque y la máquina dispensadora.

Entre las conclusiones que se alcanzaron con el desarrollo del trabajo de grado se encuentra que el equipo desarrollado controla la máquina dispensadora de cartuchos plásticos, al igual que puede ser utilizado para automatizar otras máquinas diferentes a la dispensadora, y que se pudiera implementar sin utilizar la interfaz visual hombre-máquina. Se recomienda incluir en diseños a posteriori la programación en circuito para utilizar microcontroladores de montaje superficial y disminuir los costos del desarrollo.

INDICE

INDICE	2
INDICE DE FIGURAS.....	4
INTRODUCCIÓN	8
OBJETIVOS	12
Objetivo General	12
Objetivos Específicos.....	12
CAPITULO I	
REVISIÓN PRELIMINAR.....	13
Actuadores neumáticos:	13
Cilindro neumático:.....	13
Cilindro magnético:.....	15
Pinzas neumáticas:	15
Electroválvula:	17
Detector magnético:	19
Sensores de proximidad:	19
Pulsador tipo hongo con retención:.....	20
HEXFET:	21
CAPITULO II	
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	23
La Máquina desde el punto de vista mecánico.....	25
Lógica de operación de la Máquina Dispensadora de Cartuchos	30
CAPITULO III.....	39

	3
DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE.....	39
Unidad de Procesamiento.....	40
Unidad de Despliegue:	45
CAPITULO IV	
SOFTWARE.....	55
Análisis de requerimientos.....	55
Descripción del Software.....	56
CAPITULO V	
PRUEBAS Y VALIDACIONES DEL SISTEMA.....	85
Prueba de activación de la etapa de salida:	85
Prueba de respaldo de los contadores:	85
Prueba de comunicación entre las unidades:.....	86
Prueba del modo de reset de los contadores y el modo de prueba:.....	86
Prueba de detección de errores en el funcionamiento de la máquina:	87
Prueba de funcionamiento normal o continuo del sistema de control:	88
CONCLUSIONES	89
RECOMENDACIONES:.....	91
BIBLIOGRAFÍA	93
REFERENCIAS.....	94
ANEXOS	96

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1 Disposición de un cilindro neumático</i>	14
<i>Figura 2. Un ejemplo de símbolo de un cilindro simple efecto.</i>	14
<i>Figura 3. Un ejemplo de un símbolo de un cilindro doble efecto.....</i>	14
<i>Figura 4. Símbolo de un cilindro sin vástago.....</i>	14
<i>Figura 5. (a) Pinza angular. (b) Pinza radial. (c) Pinza de tres dedos.....</i>	16
<i>Figura 6. Pinza de dedos paralelos.</i>	16
<i>Figura 7. Vista del mecanismo de la pinza de dedos paralelos.....</i>	17
<i>Figura 8 Electroválvula del tipo solenoide piloto en posición normal.</i>	18
<i>Figura 9 Electroválvula del tipo solenoide piloto en posición operativa.....</i>	18
<i>Figura 10 (a) Detector magnético abierto (b) Detector expuesto a un campo magnético.....</i>	19
<i>Figura 11 Salidas de sensores (a) Salida PNP (b) Salida NPN.....</i>	20
<i>Figura 12 Manejo del transistor HEXFET.....</i>	21
<i>Figura 13 Estructura básica del HEXFET.</i>	22
<i>Figura 14 Vista lateral de la máquina dispensadora presentada en la máquina de empaque.</i>	26
<i>Figura 15 Vista horizontal de las plataformas.</i>	27
<i>Figura 16 Vista lateral con el puente móvil en la parte superior cargando las pinzas.</i>	27
<i>Figura 17 Puente móvil en la parte inferior.</i>	28
<i>Figura 18 Puente móvil en la parte superior.....</i>	29
<i>Figura 19 Vista lateral del puente móvil y las plataformas.</i>	29

<i>Figura 20 Secuencia de los diferentes movimientos que realiza la máquina para cargar y depositar los cartuchos en el nido (a) Acercar las plataformas cargadas, (b) Cargar las pinzas.</i>	<i>32</i>
<i>Figura 21 Secuencia de los diferentes movimientos que realiza la máquina para cargar y depositar los cartuchos en el nido (c) bajar el puente (d) Depositar los cartuchos y subir el puente.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 22 Diagrama de Bloques del funcionamiento de la máquina dispensadora. .</i>	<i>34</i>
<i>Figura 23 Diagrama de Estado.</i>	<i>35</i>
<i>Figura 24 Nombre de los estados del diagrama.</i>	<i>35</i>
<i>Figura 25 Salidas del diagrama de estado.</i>	<i>35</i>
<i>Figura 26 Entradas para que se produzca la transición.</i>	<i>36</i>
<i>Figura 27 Esquema del sistema de control.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 28 Diagrama de bloques de la máquina dispensadora de cartuchos plásticos desarrollada por la empresa IND. IMMEDIATA 40 C.A.</i>	<i>39</i>
<i>Figura 29 Esquema del Sistema de Control</i>	<i>40</i>
<i>Figura 30 Diagrama esquemático de la Unidad de Procesamiento.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 31 Topología de la entrada sin filtro.</i>	<i>41</i>
<i>Figura 32 Topología de la entrada con filtro.</i>	<i>43</i>
<i>Figura 33 Respuesta en frecuencia de la entrada</i>	<i>44</i>
<i>Figura 34 Topología de la salida</i>	<i>45</i>
<i>Figura 35 Diagrama esquemático de la Unidad de Despliegue.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 36 Leyenda del diagrama esquemático del sistema eléctrico neumático</i>	<i>47</i>
<i>Figura 37 Diagrama esquemático del sistema eléctrico neumático.....</i>	<i>49</i>

<i>Figura 38 Esquema eléctrico de la Unidad de Procesamiento.</i>	50
<i>Figura 39 Esquema eléctrico de la Unidad de Procesamientos, fuente de alimentación.</i>	51
<i>Figura 40 Circuito Impreso de la Unidad de Procesamiento.</i>	52
<i>Figura 41 Esquema eléctrico de la Unidad de Despliegue.</i>	53
<i>Figura 42 Circuito Impreso de la Unidad de Despliegue.</i>	54
<i>Figura 43 Diagrama de flujo del lazo principal de la Unidad de Procesamiento.</i>	59
<i>Figura 44 Diagrama de flujo de la transmisión de datos a la unidad de despliegue.</i> 60	
<i>Figura 45 Diagrama de flujo de la activación manual de la emergencia.</i>	61
<i>Figura 46 Diagrama de flujo del proceso de asignación de mensaje al selector.</i>	62
<i>Figura 47 Diagrama de flujo de la rutina de reset de los contadores.</i>	63
<i>Figura 48 Diagrama de flujo de la activación del encendido de la máquina.</i>	64
<i>Figura 49 Diagrama de flujo de la lógica de funcionamiento y supervisión de fallas de la máquina.</i>	66
<i>Figura 50 Diagrama de flujo para cargar pinzas y activar la supervisión de error.</i> 67	
<i>Figura 51 Diagrama de flujo de la verificación de condiciones para apagar el supervisor.</i>	68
<i>Figura 52 Diagrama de flujo de la entrega de cartuchos y activación del supervisor-error</i>	70
<i>Figura 53 Diagrama de formación para la transmisión de información.</i>	71
<i>Figura 54 Diagrama de flujo de la rutina de transmisión del selector de mensajes de la Unidad de Procesamiento.</i>	73
<i>Figura 55 Diagrama de flujo de la rutina de transmisión de los contadores.</i>	74

<i>Figura 56 Diagrama de flujo de la rutina de emergencia.....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 57 Diagrama de flujo de la rutina de modo de prueba.....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 58 Diagrama de flujo de la lógica de la máquina en modo de prueba.....</i>	<i>78</i>
<i>Figura 59 Lista de tablas de formación del texto presentado en la pantalla.</i>	<i>80</i>
<i>Figura 60 Tabla de mensajes presentados por pantalla.....</i>	<i>81</i>
<i>Figura 61 Continuación de la tabla de mensajes presentados por pantalla.</i>	<i>82</i>
<i>Figura 62 Diagrama de flujo de la Unidad de Despliegue.</i>	<i>83</i>
<i>Figura 63 Diagrama de flujo de la recepción del selector de mensaje.</i>	<i>84</i>

INTRODUCCIÓN

Para disminuir los costos de producción, la empresa Warner Lambert de Venezuela, S.A. una división de Pfizer (Schick), emprendió un proyecto para automatizar su línea de empaquetado en las burbujas plásticas, para los cartuchos plásticos que contienen los repuestos de las máquinas de afeitar. Dado esto, ella seleccionó a la empresa IND. IMMEDIATA 40, C. A., la cual realiza proyectos de mejoramiento de equipos mecánicos y eléctricos, y automatización de procesos. La empresa IND. IMMEDIATA 40 C.A. a su vez propuso un proyecto de pasantía consistente en desarrollar el sistema de control electrónico del nuevo equipo desarrollado, al cual se le llamó Máquina Dispensadora de Cartuchos, con el fin de automatizar la entrega de seis (6) cartuchos de repuestos para máquinas de afeitar, de manera simultánea en burbujas plásticas para su posterior empaquetado, mediante la máquina de empaque “Blister Pack Machine” modelo 6S-CBE marca ALLOYD.

Esta entrega es realizada, actualmente por cuatro personas, dos de ellas ordenan los cartuchos, que contienen los repuestos de las máquinas de afeitar y las otras dos colocan cartuchos dentro de las burbujas plásticas para que sean empaquetadas. Con el desarrollo de este proyecto se puede utilizar a una persona para supervisar y alimentar de cartuchos a la máquina dispensadora, las otras tres personas pueden realizar otras actividades de la producción evitándoles el trabajo tedioso y repetitivo, lo que se traduce en una mayor eficiencia en la producción, mediante el mejoramiento de sus condiciones de trabajo.

Los alcances del proyecto de la empresa IND. IMMEDIATA, han sido definidos por la empresa Schick de la siguiente manera:

- Esta máquina dispensadora debe colocar seis cartuchos de hojillas en las burbujas plásticas de manera automática e integrarse a la máquina de empaque.

-
- Además debe poder ser acoplado y removido con facilidad de la línea de producción, permitiendo el ensamblado de otro tipo de producto en la misma máquina de empaque.
 - La alimentación de los cartuchos a los acumuladores del sistema se realizará manualmente.
 - El desarrollo de este proyecto no debe limitar, anular o modificar el resto del proceso. Tampoco debe impedir que la máquina de empaque siga siendo utilizada para empacar el resto de los productos que actualmente se empacan.

Los cartuchos serán cargados en una plataforma que se desplaza horizontalmente dentro de la máquina dispensadora y sobre un nido de burbujas plásticas, de manera tal, que las pinzas puedan sujetar los cartuchos. Inmediatamente la plataforma debe retroceder, descubriendo el nido de burbujas, con el fin de permitir el acceso de las pinzas cargadas de cartuchos, bajar sobre las burbujas ubicadas en el nido y depositarlos en ellas. Finalmente las pinzas deben subir, llevando la máquina a su estado inicial, para que se repita el ciclo.

Por otro lado, es necesario sincronizar las velocidades de entrega y recepción de los cartuchos entre la máquina dispensadora y la de empaque.

El arranque del proceso de empaquetado debe ser comandado por un operador mediante un pulsador, así mismo y por razones de seguridad, el comando de parada se realiza mediante un segundo pulsador. En caso de que se necesite detener la máquina de empaque por una emergencia se dispondrá de un tercer pulsador para tal efecto.

Como referencia de sistemas similares, en los que se cuenta con experticia se encuentran los equipos que se utilizan en la industria en el área de empaque, procesamiento de plástico, creación de bolsas entre otras. Dentro del área de procesamiento de plástico, específicamente en la industria manufacturera de tubos, (del tipo usado en pasta de dientes o crema de manos) y como referencia de sistemas similares donde se cuente con experticia, se

encuentra la máquina llamada “Máquina de inyección rotativa” modelo TV64L de fabricación francesa, en la industria Cotuplas a principio de la década de los años 60. A la cual se le alimenta con mangas tubulares y se obtienen a la salida los tubos con pico y rosca.

Esta máquina es de lógica cableada a relé y todos sus movimientos son realizados con un sistema hidráulico, hasta la última etapa donde la expulsión del tubo con la rosca se realiza con aire a presión. Para el sistema hidráulico se tiene una bomba, una unidad de mantenimiento, unidad de distribución, electro-válvula monoestable y cilindros doble efecto. Para el sistema neumático se utiliza la unidad de mantenimiento, la unidad de distribución y las electroválvulas monoestables.

Los finales de carrera de la máquina de inyección rotativa son realizados con micro pulsadores los cuales se accionan mecánicamente en el final de carrera de un cilindro.

El plato rotativo es de 8 posiciones, cada una de las cuales maneja 4 unidades. Tales posiciones son:

1. Carga de las mangas tubulares de plástico.
2. Cierre de los moldes. Se coloca la manga debajo de la matriz y se sella a presión.
3. Inyección del plástico a la matriz donde se conforma el cabezal (rosca del tubo).
4. 5., 6., y 7. posiciones de enfriamiento o estabilización con circulación de agua.
8. Expulsión de la manga con la rosca. La matriz es levantada, la unidad es extraída (utillaje) y se inyecta aire a presión para expulsar la manga hacia una unidad colectora.

Para la inyección del plástico se utiliza una tolva donde se vierte polietileno, luego un tornillo de plastificación acoplado al cabezal de inyección, lo transporta y transforma en plástico para poder ser inyectado a alta presión en los moldes.

Otra referencia la constituye una máquina de hacer roscas a las mangas de plástico, que difiere, de la anterior, en soportar la lógica con un PLC de los años 70, además gran parte de los movimientos son realizados con un sistema neumático, quedando solo movimientos de rotación e inyección maniobrados por un sistema hidráulico. El modelo de la máquina es TV74 y también fue realizada por Cotuplas. Actualmente esta máquina no posee el sistema de control original sino que fue repotenciada y utiliza un PLC de los años 90 como lo es el TSX47 de Telemecanique.

OBJETIVOS

Objetivo General

Diseño e implementación de un sistema de control electrónico para la máquina dispensadora de cartuchos plásticos.

Objetivos Específicos

- Diseño e implementación electrónica de un dispositivo de control para la máquina dispensadora elaborada por Ind. Immediata 40, C.A. para Schick, basado en microcontroladores.
- Sincronizar la llegada del nido de burbujas a la máquina de empaque y la entrega de los cartuchos de la máquina dispensadora.
- Elaborar la documentación técnica del sistema de control a nivel de descripción y funcionamiento del hardware.

CAPITULO I

REVISIÓN PRELIMINAR

Antes de profundizar en los análisis y descripciones del proyecto realizado es conveniente enunciar conceptos y criterios utilizados en la elaboración de este proyecto y de este informe, los cuales no tiene por que ser de dominio del lector.

Actuadores neumáticos:

Los actuadores tienen como finalidad realizar una acción, cuando se les ha proporcionado energía para hacerlo [AccesNeu, 2002]. En neumática son muy utilizados por que son su razón principal de ser. Comúnmente permiten que la fuerza que les es aplicada sea enfocada para obtener un desplazamiento y realizar una acción mecánica. Puede imaginarse las puertas corredizas del metro, estas son activadas por medio de un botón, este manda una señal que permite activar un flujo de aire y transmitir potencia.

Cilindro neumático:

“Es un dispositivo mecánico que puede transmitir potencia y movimiento cuando se relaciona con una corriente de aire comprimido que corre a través de su estructura. Es muy utilizado en los actuales sistemas de automatización y en aquellos lugares donde se requiera una transmisión de potencia elevada con el máximo de seguridad, como puede ser en un robot, en una puerta corrediza, en un elevador de cargas, etc.” [AccesNeu, 2002].

Tiene la siguiente forma y estructura, comúnmente:

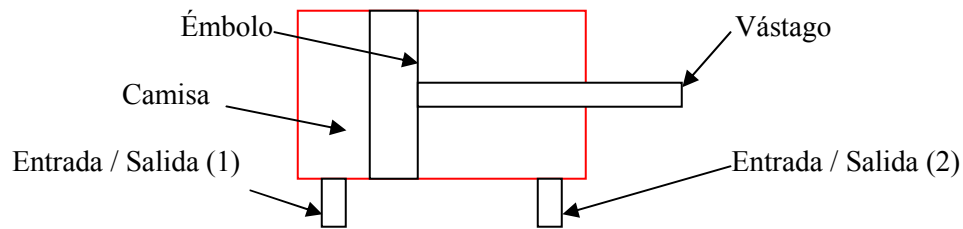


Figura 1 Disposición de un cilindro neumático

Dentro de la gama de los cilindros neumáticos se encuentran:

- *Cilindro simple efecto.*

Cilindro de una sola acción, es decir realizan trabajo en un solo sentido.

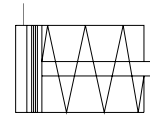


Figura 2. Un ejemplo de símbolo de un cilindro simple efecto.

- *Cilindro doble efecto.*

A los cilindros de doble efecto hay que inyectar aire a presión por la entrada/salida correspondiente al sentido en que se quiere mover al vástago y dejar escapar el aire de la segunda entrada/salida

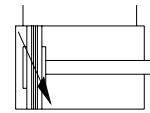


Figura 3. Un ejemplo de un símbolo de un cilindro doble efecto.

- *Cilindro sin vástago.*

Los cilindros sin vástago realizan su movimiento lineal a través de la unión que existe entre el émbolo y la pieza que se encuentra por encima de la camisa. Esta unión puede ser física o por campo magnético.

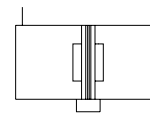


Figura 4. Símbolo de un cilindro sin vástago.

Cilindro magnético:

“El cilindro magnético consta de un aro de material magnético dispuesto alrededor de la circunferencia de émbolo. Los polos norte y sur están dispuestos en el mismo eje de movimiento del pistón. La camisa del cilindro está hecha de material no magnético, lo cual permite al campo magnético creado por el pistón extenderse formando un área circular móvil alrededor de la propia camisa” [HYDE, 1997].

Estos también se clasifican como:

- *Cilindro magnético simple efecto.*
- *Cilindro magnético doble efecto.*
- *Cilindro magnético sin vástago.*

Pinzas neumáticas:

Las pinzas neumáticas son otro de los actuadores utilizados actualmente en la industria, estas son dedos mecánicos que se desplazan al recibir una corriente de aire comprimido a través del embolo que se encuentra dentro de su estructura. Ellas pueden tener dedos con movimiento paralelos, angular, radial y de tres dedos paralelos

Dentro de la familia de pinzas neumáticas disponibles en el mercado la casa FESTO [FESTO, 1998] ofrece:

- *La pinza angular tipo HGW-...*
- *La pinza radial tipo HGR-...*
- *La pinza de tres dedos tipo HGD-...*

En la Figura 5 se puede observar estas pinzas.

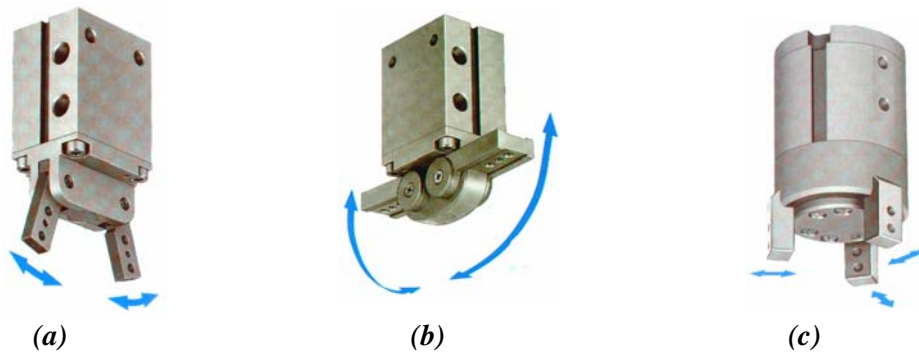


Figura 5. (a) Pinza angular. (b) Pinza radial. (c) Pinza de tres dedos.

- *La pinza de dedos paralelos tipo HGP-...*
 - Alto rendimiento (relación fuerza-carrera).
 - Gran precisión de repetición.
 - Hay de 5 tamaños de embolo: 6, 10, 16, 25 y 35 mm.



Figura 6. Pinza de dedos paralelos.

Las pinzas utilizadas para la sujeción de los cartuchos plásticos es la de dedos paralelos, la cual se muestra en la Figura 6, estas están provistas de dos émbolos. En cada uno de los cuales hay un apoyo que actúa sobre dos correderas que a su vez desplazan las mordazas. Al desplazarse un émbolo, las correderas se trasladan acercándose mutuamente. De este modo, los dedos siempre están centrados en relación con el eje central. No es posible que se mueva un dedo solamente. En la Figura 7 se muestra el mecanismo de la pinza.

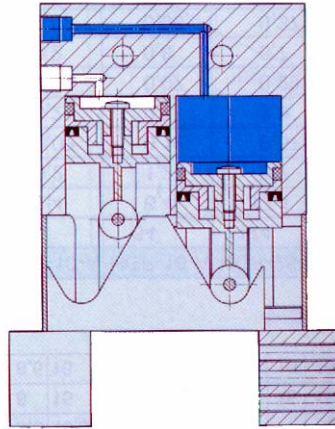


Figura 7. Vista del mecanismo de la pinza de dedos paralelos.

Para que los dedos se muevan en un sentido, es necesario evacuar el aire del émbolo que ha recibido aire a presión, de esta manera se puede desplazar la mordaza. Mientras que el segundo embolo tiene que recibir aire a presión para lograr que los dedos se muevan.

Estas pinzas compactadas de dedos paralelos tienen una gran fuerza de sujeción y pueden ser utilizadas como pinzas de sujeción interior o exterior.

Electroválvula:

Dentro del sistema neumático, la electroválvula es el vínculo entre el control electrónico y los actuadores neumáticos que realizan el trabajo. La electroválvula más corriente y simple es la del tipo solenoide piloto. Su armazón forma un elemento de doble cabezal que proporciona una válvula de función 3/2, tal como se muestra en la Figura 8. En el momento en que pasa energía a través de la bobina, el flujo magnético recorre el armazón y la parte estática superior del tubo guía. Efectivamente, éste convierte el armazón y la sección estática en imanes que se atraen, lo cual hace que el armazón se mueva hacia un resorte que cierra el circuito magnético, La junta de la parte inferior deja pasar el aire de un pequeño surtidor al orificio de salida número 2 y la junta de la parte superior cierra el surtidor de escape en la Figura 9 se puede observar el canal de aire completamente lleno.

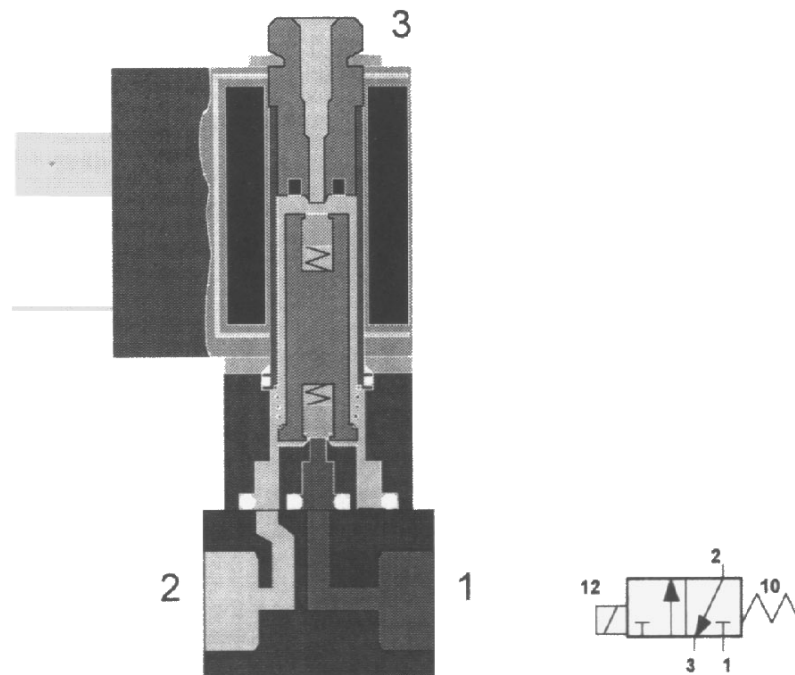


Figura 8 Electroválvula del tipo solenoide piloto en posición normal.

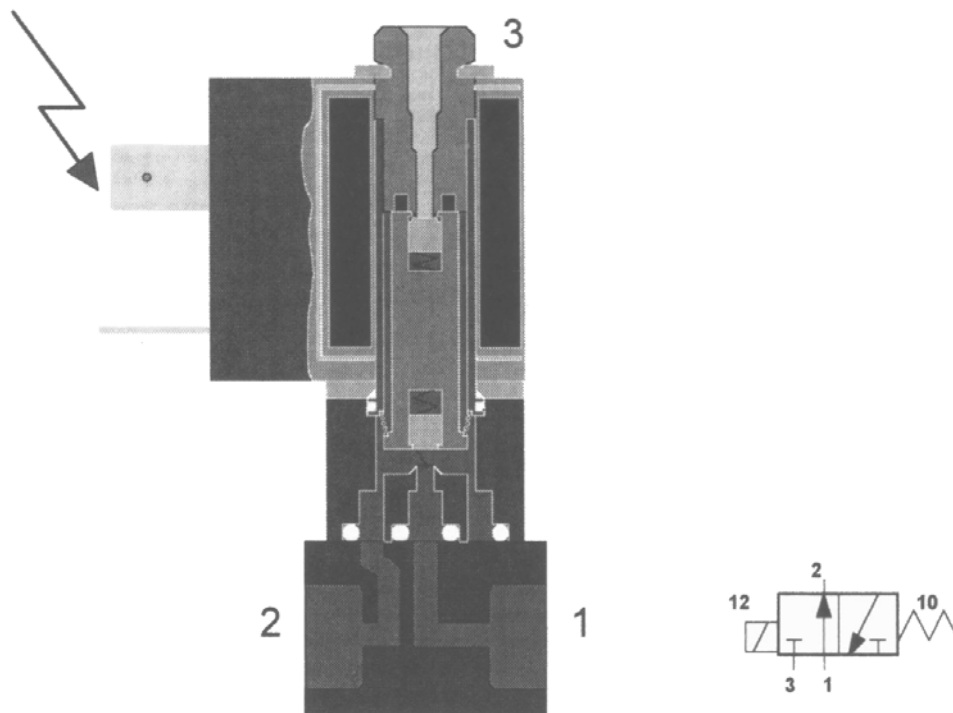


Figura 9 Electroválvula del tipo solenoide piloto en posición operativa.

El diseño de las electroválvulas es fruto de la relación entre la cantidad de aire empleado y la energía consumida por la bobina, con el fin de minimizarla. [HYDE, 1997].

Detector magnético:

“Un detector magnético puede ser tanto un detector de lámina como un sensor sólido. Un detector de láminas básico está formado por un tubo de vidrio que contiene un par de láminas de hierro dulce con punto de contactos en los extremos, curvadas y en posición abierta, que pueden ser movidas por el efecto de un campo magnético. Para ello es necesario que ambos polos estén orientados en paralelo al eje de las láminas en cualquier ángulo de rotación. Cuando las láminas se encuentran dentro del alcance del campo magnético, se convierten en magnéticas, y como los extremos libres son ahora polos opuestos se atraen y se quedan unidos. El tiempo de respuesta es de aproximadamente 0,5 milisegundos y prácticamente no hay brusquedad en el contacto.” [HYDE, 1997]. En la Figura 10 se muestra un esquema del detector.

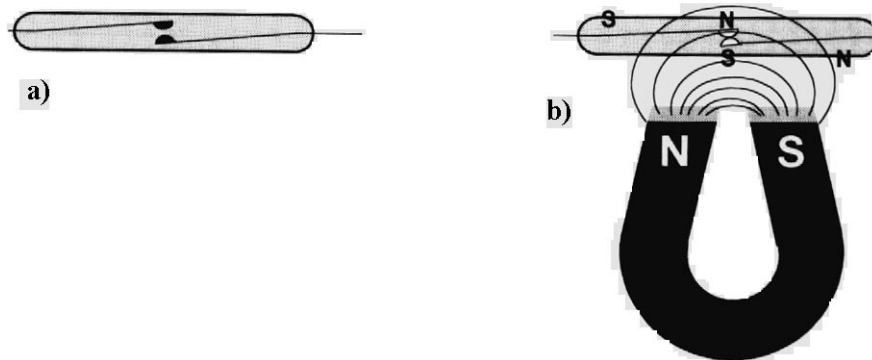


Figura 10 (a) Detector magnético abierto (b) Detector expuesto a un campo magnético.

Sensores de proximidad:

Los sensores de proximidad son ampliamente usados en aplicaciones de automatización y pueden ser tanto del tipo inductivo como capacitivo. La forma mas común

consiste en un espárrago roscado que contiene al sensor en uno de sus extremos. La salida de la conexión viene dada por un transistor PNP o NPN. [HYDE, 1997]

Los sensores capacitivos constan de una placa capacitiva en su extremo. La carga de ésta placa es susceptible de ser modificada por cualquier objeto. Este tipo de sensores son ideales para materiales no metálicos tales como vidrio, plástico, madera o fluidos.

Un sensor inductivo utiliza un oscilador para enviar un campo electromagnético de alta frecuencia y de corto alcance desde el extremo de la unidad. Si un objeto de metal conductor entra en su alcance, se inducen corrientes parásitas en el metal, el cual reacciona para cambiar el voltaje en el oscilador. Esto es percibido y amplificado para encender el transistor de salida. La distancia de detección puede ir de 0,5 a 20 mm, dependiendo del modelo seleccionado. En la Figura 11 se muestra a continuación los dos tipos de salida a transistor que tienen estos sensores bien sea PNP o NPN.

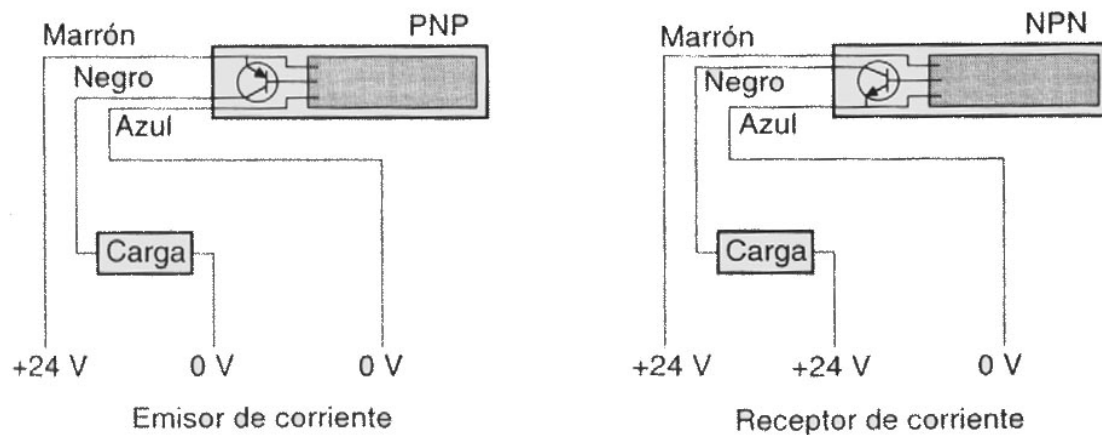


Figura 11 Salidas de sensores (a) Salida PNP (b) Salida NPN

Pulsador tipo hongo con retención:

Los pulsadores son los elementos electromecánicos más sencillos, utilizados para recibir información del usuario dentro de un sistema eléctrico. Estos están provistos de contactos secos que se unen o se separan al ser utilizado el pulsador; de esta manera se cierra

ó se corta el circuito que transporta la señal eléctrica. Estos pulsadores dentro del campo industrial se pueden conseguir de diferentes formas entre las cuales se encuentran el tipo hongo. El capuchón de este pulsador tiene la forma de un hongo y son comúnmente utilizados de color rojo para usarlo como botón de emergencia. Dentro de los tipos hongo se encuentran los que tiene retención, los cuales se mantiene en su posición de activos hasta que son girados para restablecer su estado inicial.

HEXFET:

Dentro de la gama de transistores de potencia existentes en el mercado se selecciono para el desarrollo del trabajo de grado el HEXFET.

El HEXFET es controlado por voltaje al igual que los dispositivos power MOSFET. Se debe aplicar una tensión entre el gate y el source para que se produzca un flujo de corriente por el drain. Tal como se muestra en la Figura 12

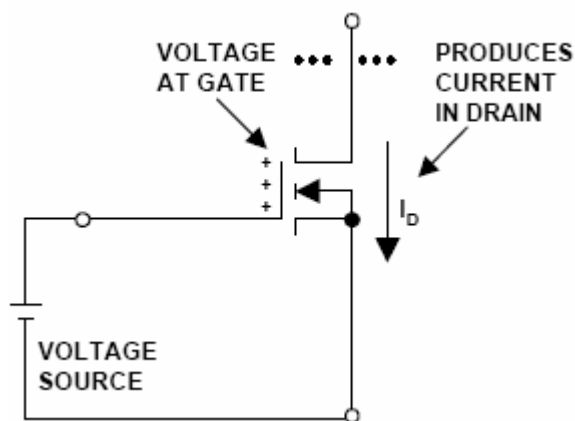


Figura 12 Manejo del transistor HEXFET.

El gate esta aislado eléctricamente del source por una capa de dióxido de silicio. Por consiguiente, en teoría no debe existir ningún flujo de corriente por el gate cuando es aplicada una tensión DC, aunque en la práctica existirá una corriente sumamente pequeña en el orden de los nanoamper. Cuando no es aplicada una

tensión entre los terminales de gate y source, la impedancia entre el drain y el source es muy alta y solo circula la corriente de fuga.

Cuando un voltaje es aplicado entre los terminales del gate y el source, se fija un campo eléctrico dentro del HEXFET. Este campo invierte el canal de P a N, para que la corriente pueda fluir entre el drain y el source en una secuencia ininterrumpida de silicio tipo N (Drain-Canal-Source). Esto se muestra en la Figura 13.

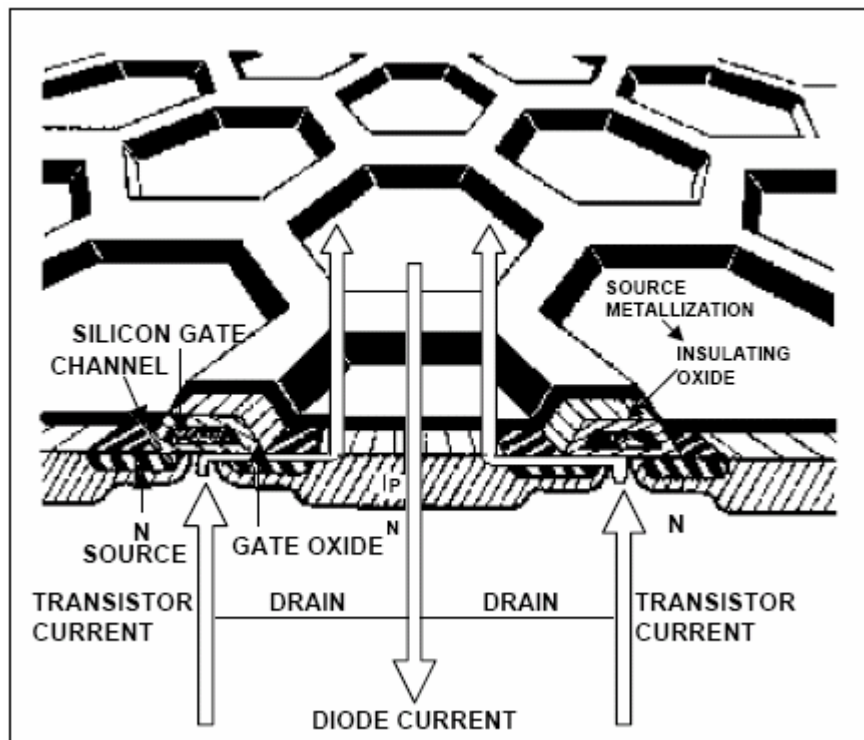


Figura 13 Estructura básica del HEXFET.

CAPITULO II

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

Esta máquina tiene que cumplir con los requerimientos dados por Schick, que son los siguientes:

- Esta máquina dispensadora debe colocar seis cartuchos de hojillas en las burbujas plásticas de manera automática e integrarse a la máquina de empaque.
- Además debe poder ser acoplado y removido con facilidad de la línea de producción, permitiendo el ensamblado de otro tipo de producto en la misma máquina de empaque.
- La alimentación de los cartuchos a los acumuladores del sistema se realizará manualmente.
- El desarrollo de este proyecto no debe limitar, anular o modificar el resto del proceso. Tampoco debe impedir que la máquina de empaque siga siendo utilizada para empacar el resto de los productos que actualmente se empacan.

Tomando en cuenta estos puntos y los criterios de la empresa, se creó la máquina dispensadora, utilizando un sistema electro-neumático para la automatización, obteniéndose un equipo que realiza movimientos verticales, horizontales y la sujeción de los cartuchos a través de un sistema neumático de marca FESTO. Para realizar la coordinación de los movimientos y seguir una lógica de operación es necesario utilizar un sistema de control electrónico, el cual se encarga de recibir las señales, procesarlas y activar los actuadores necesarios para que se cumpla la lógica programada.

Dentro de las señales que recibe el sistema de control se encuentran:

- Las señales provenientes de los sensores magnéticos colocados encima de los cilindros magnéticos de doble efecto.
- La señal de sincronización entre las dos máquinas.
- Las señales de los pulsadores que se encuentran en el panel de control.
- Y la alimentación eléctrica del sistema.

Una vez recibidas todas las señales, éstas, son confirmadas para evitar falsas entradas por rebotes, para luego procesarlas por el microcontrolador del sistema de control siguiendo la lógica de funcionamiento de la máquina dispensadora. De ser necesario, para poder seguir la lógica de operación de la máquina, se realizan cambios en el estado de las salidas con el fin de comandar los actuadores, entre los cuales se encuentran:

- Las electroválvulas que dejan pasar el aire comprimido hacia los cilindros o pinzas del sistema.
- La luz piloto que notifica el estado de encendido o apagado del equipo.
- El buzzer que informa al usuario y a otras personas en las cercanías, de la existencia de una situación de emergencia.
- Y la presentación por pantalla del estado y conteo de las entregas de cartuchos con frecuente actualización.

Para la elaboración del sistema de control, el diseño fue orientado a la creación de un sistema versátil que pudiera ser utilizado en otras aplicaciones.

La Máquina desde el punto de vista mecánico.

La máquina dispensadora de cartuchos está constituida por un conjunto de guías o rieles los cuales orientan el movimiento impulsado por los actuadores neumáticos. Por encima de esos rieles se encuentran rodamientos para desplazamientos axiales que le permiten realizar movimientos con poco esfuerzo.

Para que la máquina dispensadora se pudiera trasladar y acoplarse a la máquina de empaque se utilizó una estructura metálica con ruedas a la cual denominaremos carro, en la Figura 14 se puede observarse la distribución de la máquina dispensadora y la forma de fijación con la máquina de empaque.

El carro esta construido con tubo estructural y láminas de acero dobladas, aislando el sistema de distribución neumática, el sistema eléctrico y el sistema de control, del medio externo.

Este equipo posee seis torres de almacenamientos hechas en acero inoxidable, para acumular los cartuchos que se entregan en los nidos cada vez que ejecuta un ciclo de funcionamiento. Estos cartuchos contienen un grupo de repuestos de las máquinas de afeitar que comercializa Schick.

En la parte superior del carro se encuentra un panel donde están fijadas las pantallas de cristal líquido, en ellas se despliegan cada uno de los mensajes de estado y conteo de la cantidad de entregas que ha realizado la máquina. De igual manera en este panel se encuentra un pulsador amarillo el cual se utiliza para detener la presentación de información a través de las pantallas.

Las bases que sujetan los rieles que se encuentran en posición horizontal están hechas de acero y poseen unos pasadores que las mantienen en la misma posición. De esta manera se puede asegurar que cada vez que sea desarmado el equipo éste pueda ser ensamblado sin perder el ajuste que evita que se tranquen las plataformas.

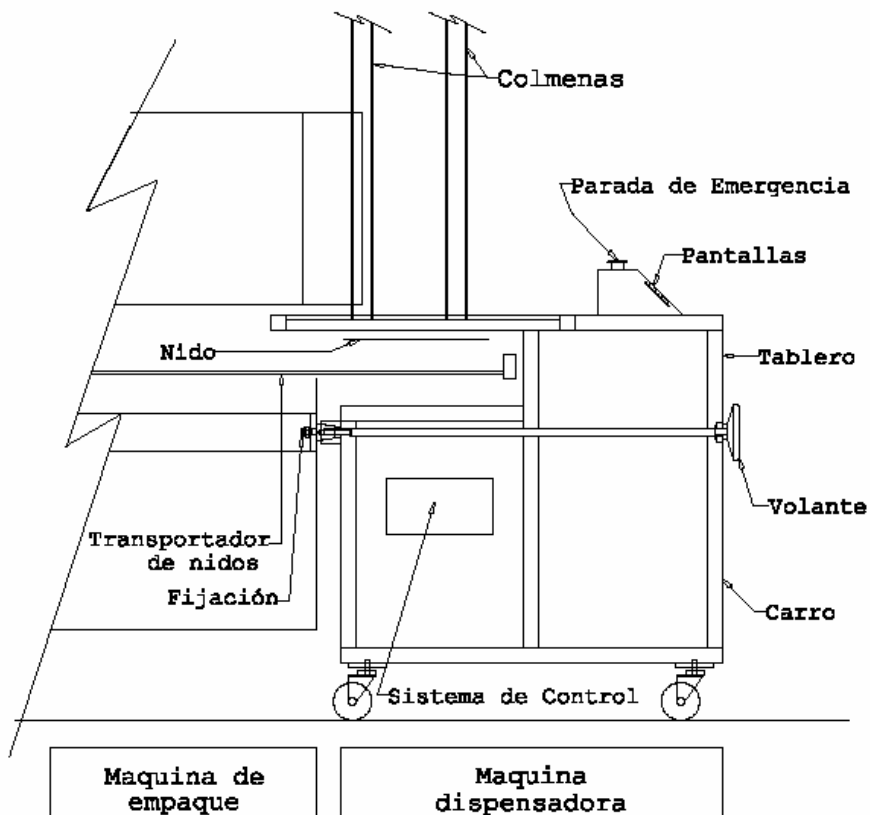


Figura 14 Vista lateral de la máquina dispensadora presentada en la máquina de empaque.

Arriba del carro se encuentra una plancha de aluminio mecanizado que sujeta todas las piezas del sistema móvil. Dentro de estas piezas se encuentran un par de plataformas que son movidas por los cilindros neumáticos PT1 y PT2 tal como se presenta en la Figura 15 que son del modelo DSNU-20-60PPV-A de la marca FESTO. Estas plataformas están hechas a partir de un bloque de aluminio fundido el cual fue luego mecanizado según los planos diseñados en la empresa. Las mismas cumplen la función de trasladar los cartuchos almacenados en las colmenas hasta posicionarlas debajo de las pinzas y repetir ese ciclo cada vez que las pinzas se queden sin cartuchos. En la Figura 15 se muestra una vista horizontal de las plataformas donde se puede ver la marca de las seis colmenas y las seis entradas o huecos por donde pasan las pinzas para depositar los cartuchos en los nidos. En esos nidos se

encuentran unas burbujas plásticas las cuales se utilizan para empacar los cartuchos y obtener el producto final para la venta.

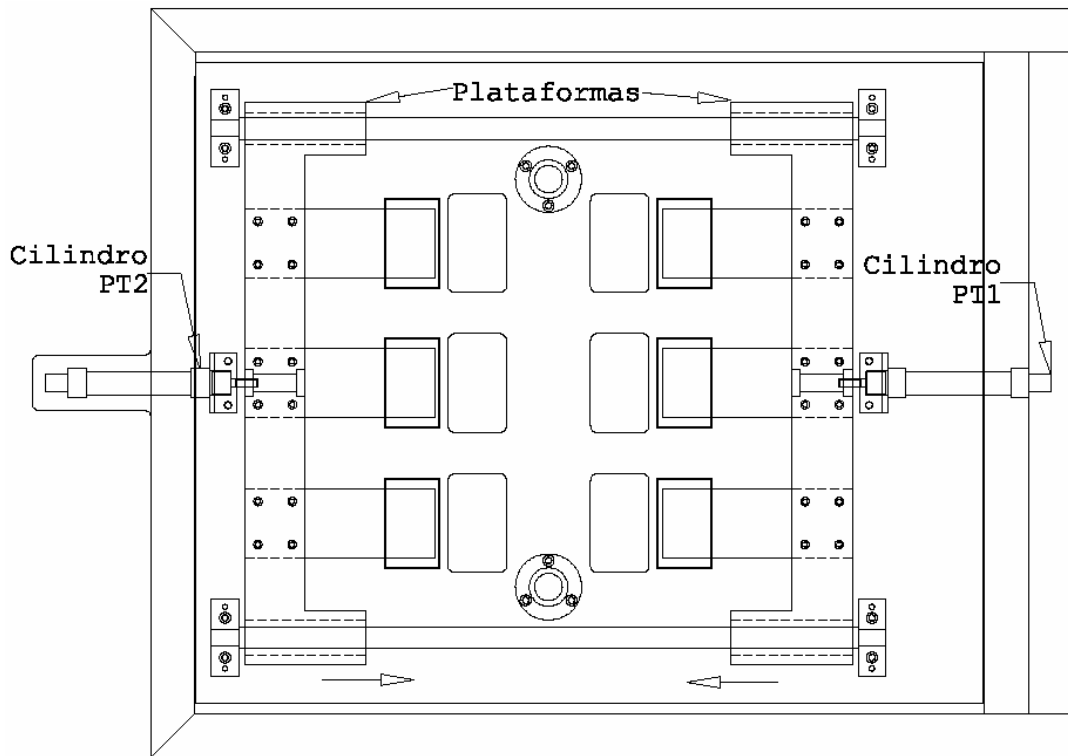


Figura 15 Vista horizontal de las plataformas.

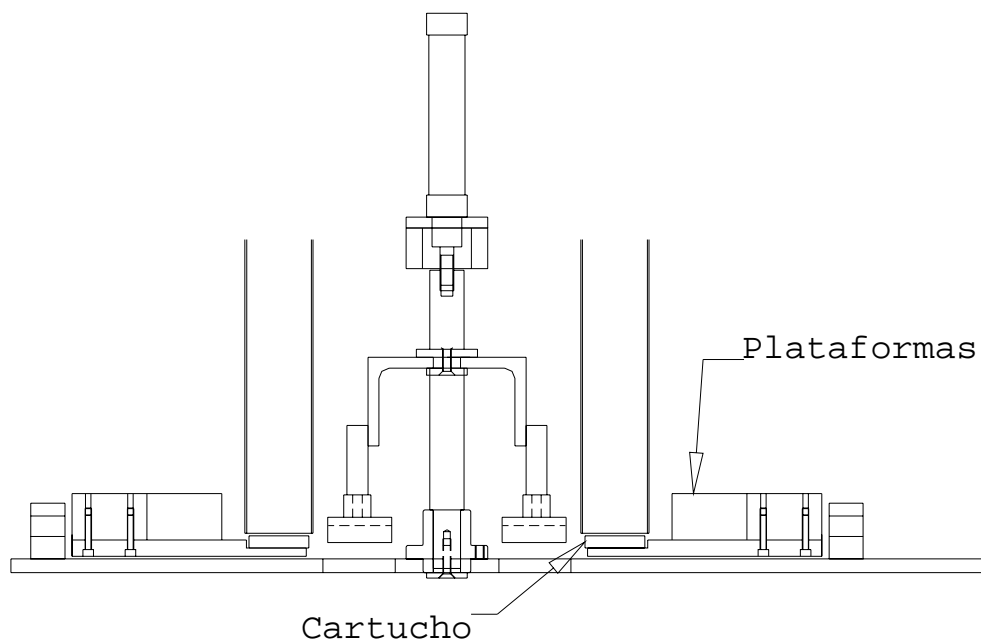


Figura 16 Vista lateral con el puente móvil en la parte superior cargando las pinzas.

En la parte superior del carro y entre las colmenas se encuentra un punte móvil, el cual posee pegado a él, seis pinzas neumáticas de doble efecto modelo HGP-10-A de la marca FESTO. Estas son las pinzas que se utilizan para sujetar los cartuchos plásticos cuando están posicionados debajo de ellas tal como se muestra en la Figura 16.

El puente móvil posee una estructura fija de aluminio, construida de manera similar a las plataformas. Esta pieza es sostenida por dos columnas de acero que son utilizadas a su vez como rieles para guiar el desplazamiento del puente, utilizando rodamientos para desplazamiento axial dentro de la estructura del puente móvil. En la Figura 17 se puede observar el puente móvil en la parte inferior después de haber entregado los cartuchos.

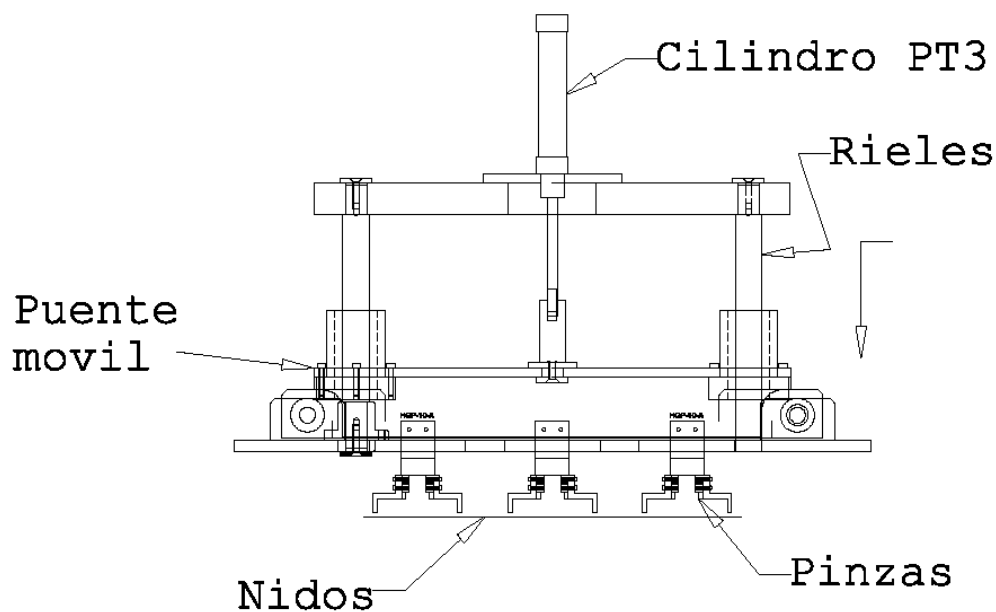


Figura 17 Puente móvil en la parte inferior.

El puente se desplaza dado que se encuentra sujeto a un cilindro magnético de doble efecto neumático modelo DSNU-25-80-PPV-A de la marca FESTO, en la Figura 18 se observa que el cilindro se encuentra con el vástago adentro, provocando así que el puente móvil se encuentre en la parte superior.

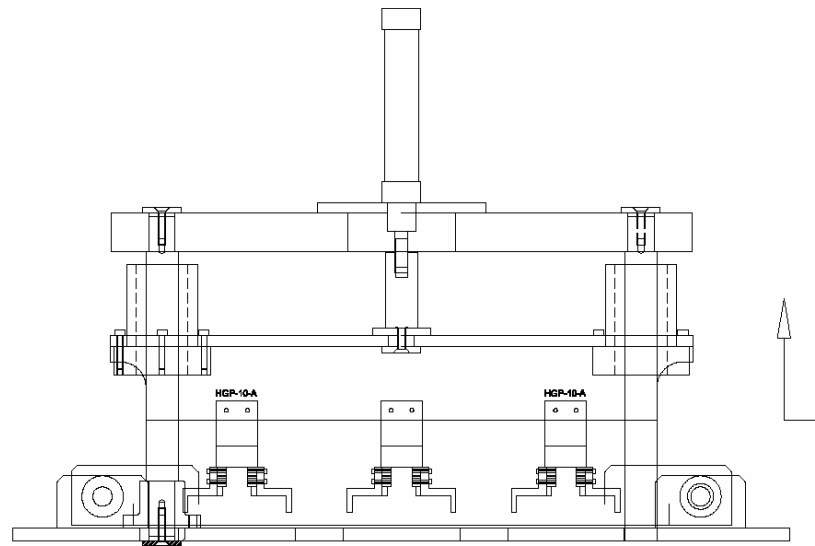


Figura 18 Puente móvil en la parte superior.

Como posición por defecto para la máquina dispensadora de cartuchos plásticos debe ser la mostrada en la Figura 19, en la cual el puente tiene que estar arriba y las plataformas cargando los cartuchos.

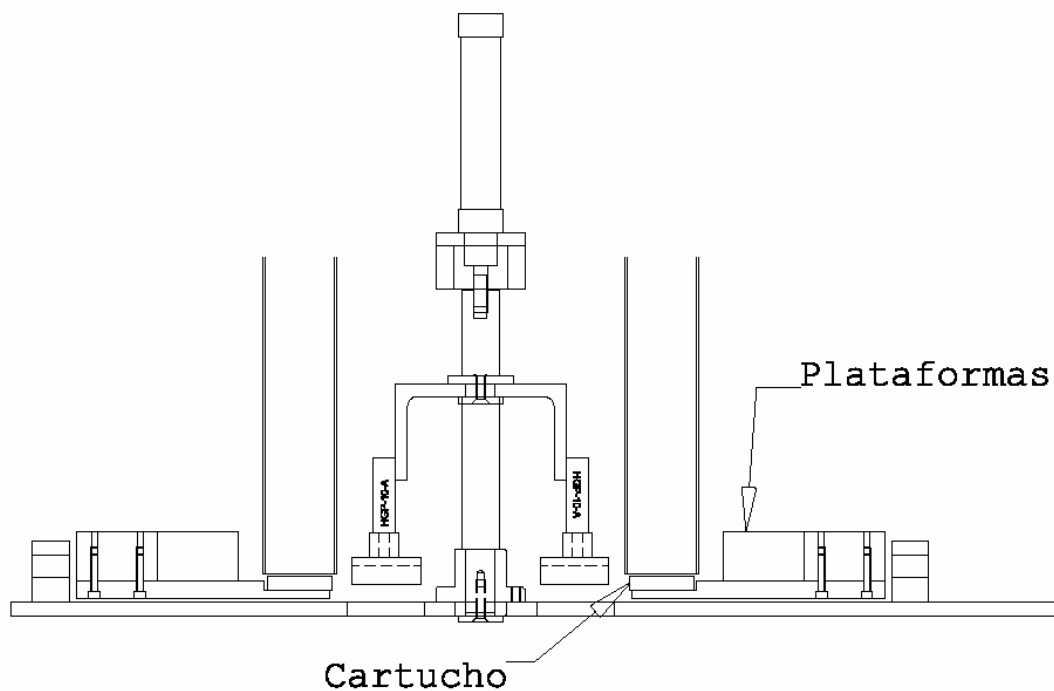


Figura 19 Vista lateral del puente móvil y las plataformas.

Lógica de operación de la Máquina Dispensadora de Cartuchos

La máquina desarrollada por la empresa IND IMMEDIATA 40, C.A. entrega seis (6) cartuchos plásticos de forma simultánea, a partir de 6 torres de almacenamiento (Colmena), en un nido cada vez que éste se encuentra presente.

El equipo necesita ser alimentado con aire a una presión no menor a 600 kPa (6 bar) [FESTO, 1998] y energía eléctrica a 120V_{AC} con una potencia de 120W, de lo contrario las electroválvulas no conmutan adecuadamente. Una vez alimentada se ubica en su punto de inicio, tal como se muestra en la Figura 20 y en la Figura 21 (Bloque 1 y 2 de la Figura 22), ese punto se describe de la siguiente manera:

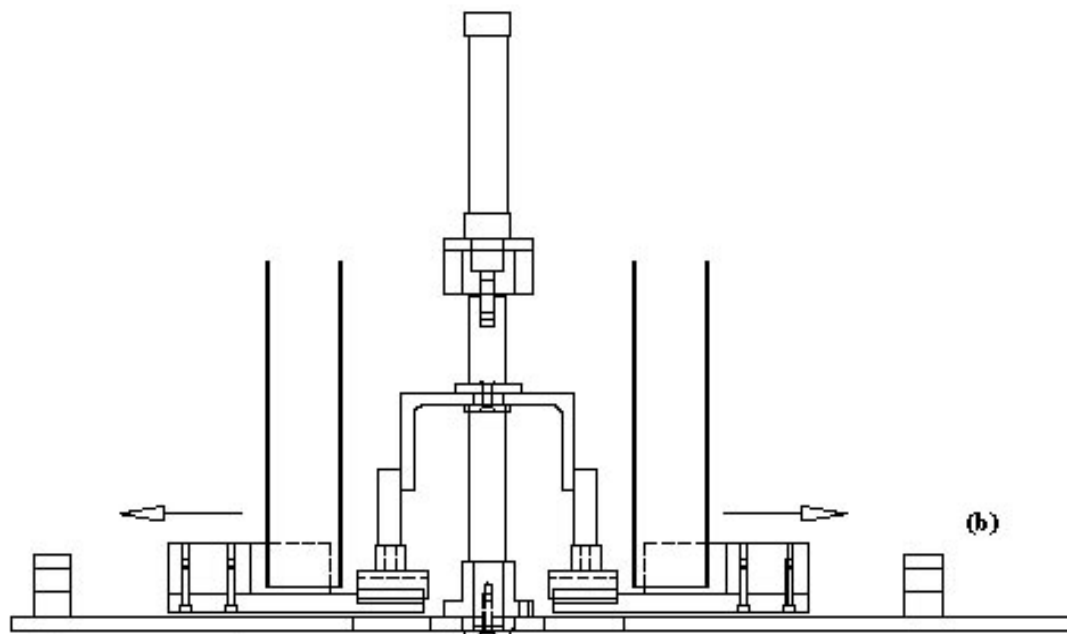
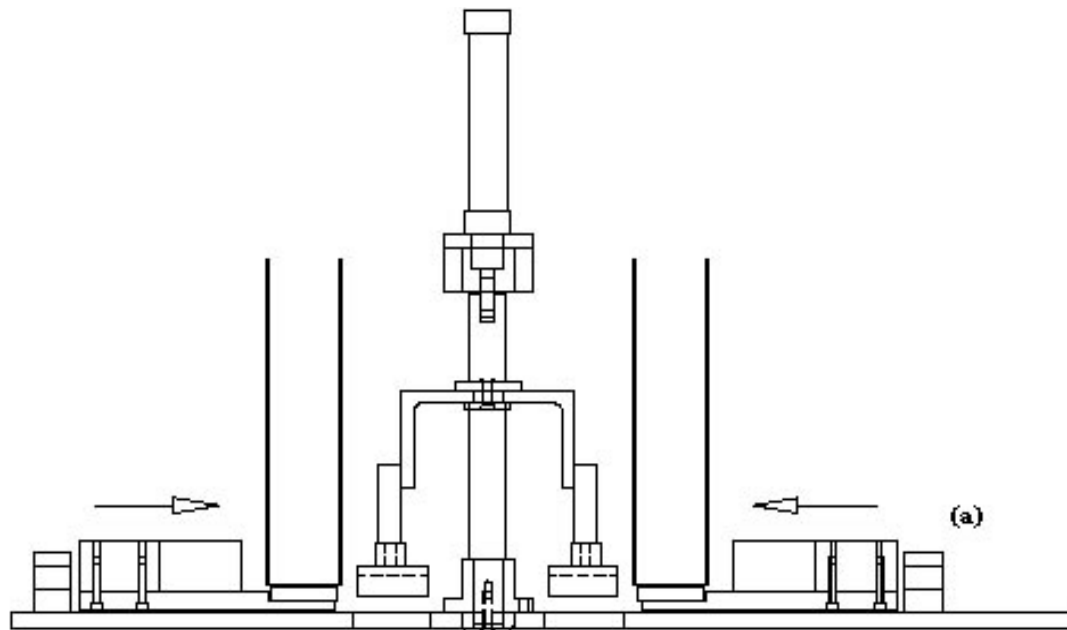
Plataformas en las colmenas o torres de almacenamiento.

- Puente en la posición superior.
- Pinzas abiertas.
- Los sensores de final de carrera de las plataformas y del puente móvil accionados.

Prendida la máquina dispensadora, esta informa al operador de su estado a través de las pantallas ubicadas en el tablero y carga las pinzas, de no encontrarse el nido presente. El proceso para cargar las pinzas, se realiza desplazando las plataformas hasta colocar cada cartucho dentro de una de las mordazas (Bloque 3 en la Figura 22). Una vez activados los dos sensores de final de carrera que se encuentran hacia la parte interna, que notifican la llegada de las dos plataformas, se cierran las seis (6) pinzas (Bloque 4 en la Figura 22). Para asegurar que todos los cartuchos puedan ser sujetados, se activa una pausa, una vez cumplido el tiempo se mueven las plataformas hasta las colmenas nuevamente (Bloque 5 en la Figura 22), dejando el camino libre para que pueda bajar el puente a depositar los cartuchos una vez que el nido esté presente. Observar en la Figura 20 y la Figura 21 la secuencia de funcionamiento de la máquina dispensadora.

Cuando el nido que se encuentra en la máquina de empaque se posiciona en la parte inferior del sistema, este es detectado (Bloque 6 en la Figura 22) y se baja el puente móvil que posee la seis pinzas que en este momento están cargadas con cartuchos (Bloque 7). Una vez activado el sensor de final de carrera que notifica que el puente se encuentra en la parte inferior, se depositan los cartuchos (Bloque 8) abriendo las pinzas, hace la entrega y sube el puente hasta que llega a la posición superior (Bloque 9), se retira el nido por disposición de la máquina empaquetadora y se repite el ciclo.

En el diagrama de bloque de la Figura 22 se muestra esquematizado el funcionamiento de la máquina dispensadora de cartuchos plásticos. Y en la Figura 23 se presenta el diagrama de estado de la máquina dispensadora, el nombre de los estados, las entradas y las salidas se muestra en la Figura 24, Figura 25 y Figura 26 respectivamente.



Agarra los cartuchos

Figura 20 Secuencia de los diferentes movimientos que realiza la máquina para cargar y depositar los cartuchos en el nido (a) Acercar las plataformas cargadas, (b) Cargar las pinzas.

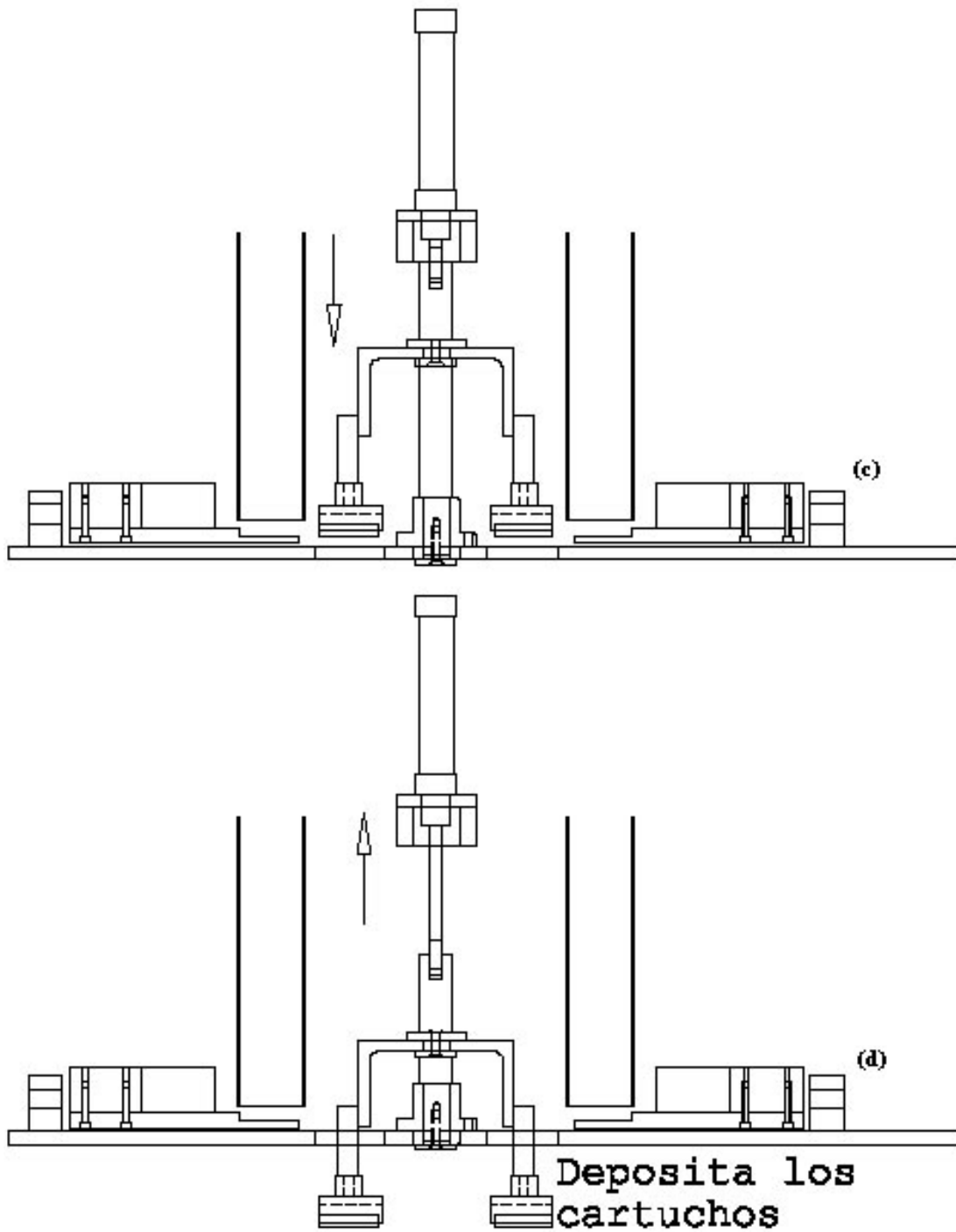


Figura 21 Secuencia de los diferentes movimientos que realiza la máquina para cargar y depositar los cartuchos en el nido (c) bajar el puente (d) Depositar los cartuchos y subir el puente.

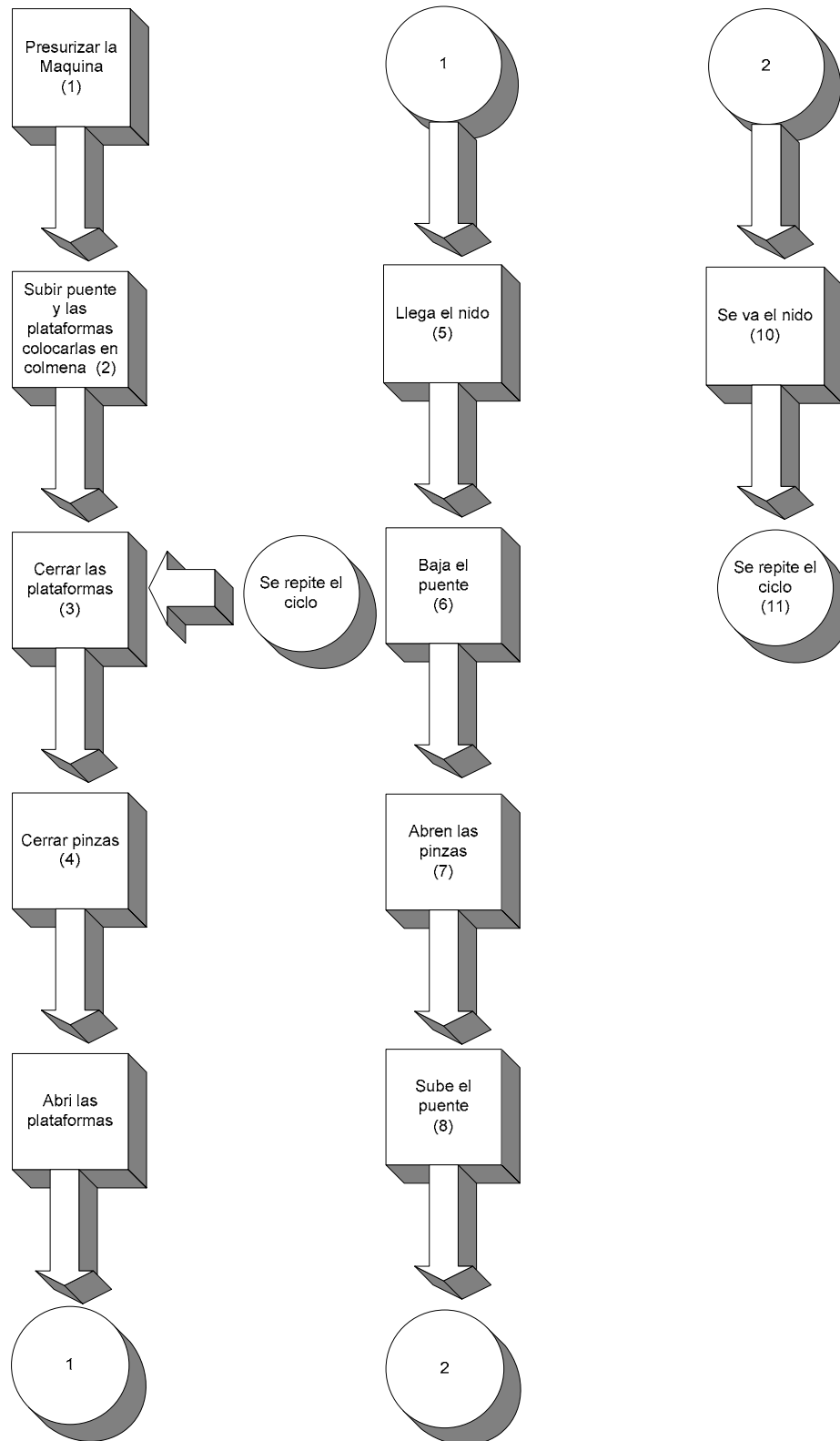


Figura 22 Diagrama de Bloques del funcionamiento de la máquina dispensadora.

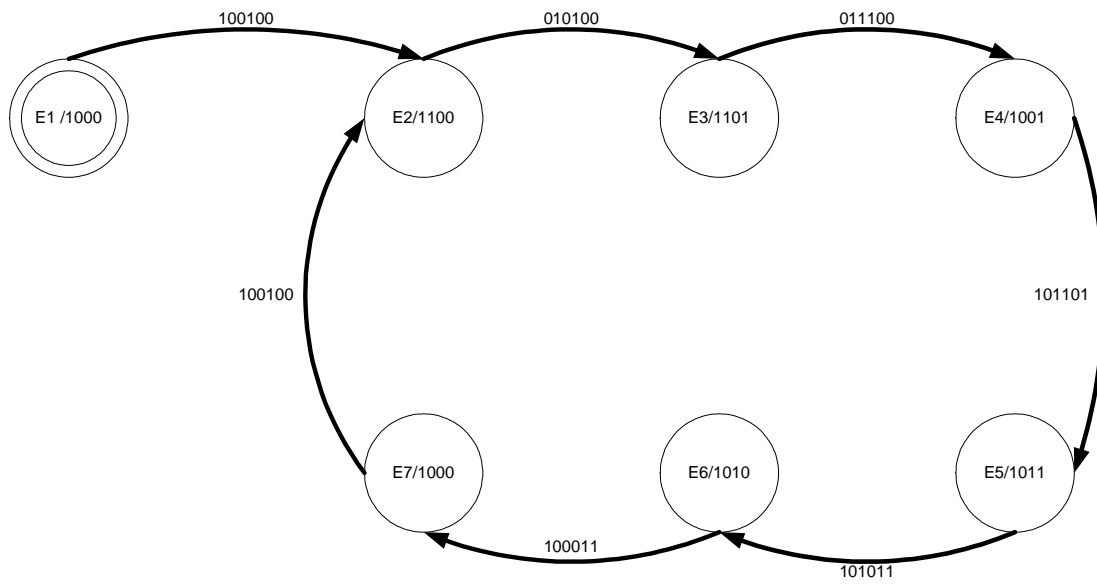


Figura 23 Diagrama de Estado.

Estado	Descripción
E1	Máquina presurizada
E2	Plataformas cerradas
E3	Pinzas cargadas
E4	Plataformas abiertas
E5	Puente abajo
E6	Pinzas descargadas
E7	Puente arriba

Figura 24 Nombre de los estados del diagrama.

Salidas	Descripción
Z1	Presurización de la máquina funcionamiento/falla (1/0)
Z2	Plataformas Cerradas/Abiertas (1/0)
Z3	Puente Abajo/Arriba (1/0)
Z4	Pinzas Cerradas/Abiertas (1/0)

Figura 25 Salidas del diagrama de estado.

Transición	Descripción
T1	Plataformas abiertas (1/0)
T2	Plataformas cerradas (1/0)
T3	Pinzas cargadas / descargadas (1/0)
T4	Puente arriba (1/0)
T5	Puente abajo (1/0)
T6	Presencia del nido (1/0)

Figura 26 Entradas para que se produzca la transición.

Para la creación del sistema de control se implementaron dos unidades, que son: la de procesamiento y la de despliegue. Tal como se esquematiza en la

Figura 27.

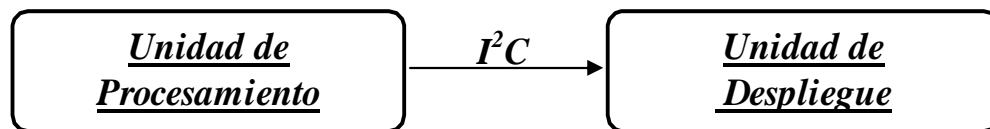


Figura 27 Esquema del sistema de control

En la unidad de procesamiento se tiene el manejo de las electroválvulas, luz piloto y buzzer a través de una etapa de salida hecha con HEXFET Power MOSFET de la casa “Internacional Rectifier”, al igual que una etapa de entrada construida con resistencia y condensadores para la recepción de las señales provenientes de los sensores magnéticos y pulsadores de contacto seco que se encuentran en el tablero. Todas las señales de entrada luego de ser acondicionadas por la etapa de resistencias y condensadores es introducida dentro de un microcontrolador el cual se encargará de procesar la señal, una vez listo el procesamiento, este microcontrolador modifica las señales de la etapa de salida, si fuera necesario.

En la unidad de despliegue se maneja la visualización de los estados de la máquina y conteo de las entregas que ésta ha realizado. Se tiene una entrada adicional que es utilizada para detener la presentación de las pantallas. Éstas unidades tienen un puerto de comunicación para enlazar la información, que es recibida del funcionamiento de la máquina y poder presentarla por las pantallas que se encuentran en el panel de control, que son manejadas por la unidad de despliegue. De esta manera se informa al operador del estado del sistema.

El software desarrollado para el manejo de estas unidades se realizó de manera independiente. Dentro de la unidad de procesamiento se ejecuta la lógica de funcionamiento de la máquina dispensadora de cartuchos y el conteo de las entregas, el cual es almacenado de tres diferentes formas:

- Un contador de producción total, que lleva la cuenta desde el momento en que se dio por terminada la máquina.
- Un contador de producción acumulado, que lleva el conteo desde la última vez que el supervisor reinició el contador. Tanto éste como el contador total no se borran, si la máquina se llega a quedar sin alimentación eléctrica.
- Y un contador de producción parcial que es iniciado cada vez que se conecta la alimentación eléctrica en la máquina dispensadora.

También se desarrolló una rutina de seguimiento, del funcionamiento de la máquina, la cual informa al operador si se produce alguna emergencia. Estas pueden ser generadas por diferentes razones entre las que se encuentran:

- Obstáculos presentes en la vía de desplazamiento de las plataformas o en el puente móvil.
- Falta de presión en el aire que alimenta la máquina.
- Graduación en la posición de los sensores magnéticos de final de carrera.

De presentarse alguna de estas situaciones se activa la emergencia, se despresuriza la máquina e informa del tipo de error que se produjo para que la máquina llegara a éste estado, al igual que el sitio donde ocurrió.

Dentro de la unidad de despliegue se desarrolló un software que recibe principalmente información de la unidad de procesamiento y la presenta en las pantallas que se encuentran en el panel de control. Dependiendo de la información proveniente de la otra unidad ella actualiza el valor de los contadores, la información del estado de la máquina o si se presentó una emergencia detectada por software. Esta unidad solo tiene una entrada directa del operador que es el botón amarillo, este es utilizado para generar una pausa en la presentación de la información.

Para asegurar el correcto funcionamiento del software de las unidades se incluyó dentro de los programas, un perro guardián para reiniciar el software si éste se queda en algún lazo.

CAPITULO III

DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE.

Para el funcionamiento de la máquina dispensadora de cartuchos plásticos se utiliza un sistema de control basado en microcontroladores, el cual se encargará de interactuar con el sistema neumático y el panel de control para accionar las electro-válvulas, el bombillo de encendido y la alarma en el momento que sea necesario. De igual manera tiene que recibir las señales provenientes de los pulsadores y sensores que se encuentran sobre los cilindros de la máquina dispensadora. En la Figura 28 se presenta un diagrama de bloque de la máquina dispensadora.

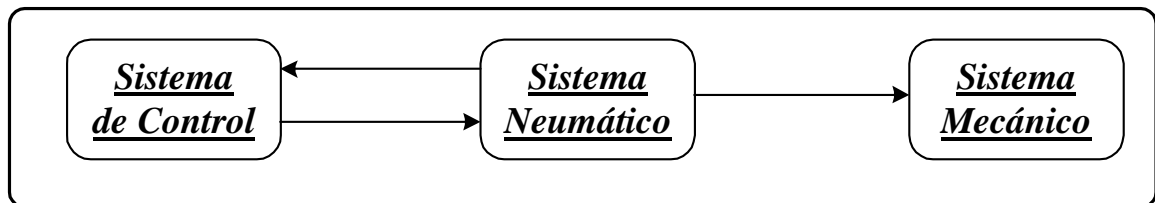


Figura 28 Diagrama de bloques de la máquina dispensadora de cartuchos plásticos desarrollada por la empresa IND. IMMEDIATA 40 C.A.

Este sistema de control consta de dos unidades, tal como se muestra en la Figura 29. Cada una de estas unidades posee un microcontrolador para poder procesar la señales, a la unidad de procesamiento es la principal ya que ella es la que recibe todas las señales de los sensores, pulsadores y llaves, para luego manipular las electroválvulas

Con la finalidad de poder transferir información de la unidad de procesamiento hacia la unidad de despliegue se utilizo el protocolo de comunicaciones I2C. A continuación se describirá cada una de las unidades que conforman el sistema de control desarrollado.

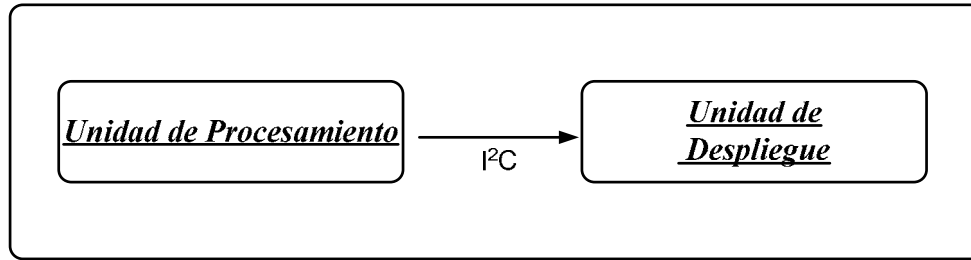


Figura 29 Esquema del Sistema de Control

Unidad de Procesamiento

Esta unidad se encarga de recibir todas las señales provenientes de los sensores, pulsadores de arranque, parada y parada de emergencia. Procesando esta información y siguiendo la lógica de operación del equipo, controla las electro-válvulas, el bombillo de estado, la señal de emergencia y/o transmite datos a la unidad de despliegue. La unidad de procesamiento posee un microcontrolador el cual realiza el procesamiento de la información proveniente de los sensores y pulsadores, en la

Figura 30 se muestra un diagrama de bloque de la unidad.

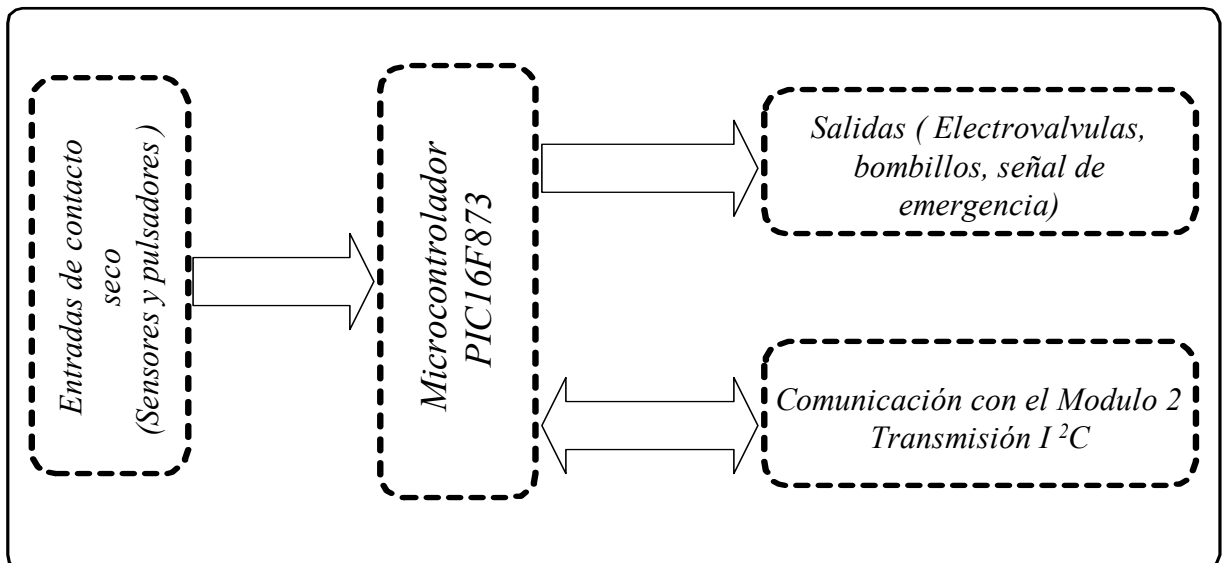


Figura 30 Diagrama esquemático de la Unidad de Procesamiento

Entradas de Contacto Seco:

Para la etapa de entrada, dado que los sensores SMEO-4U-K-LED-24 de la marca FESTO son interruptores de proximidad que se accionan al acercarse a un campo magnético (un imán permanente en el émbolo del cilindro) [FESTO, 1998], estos pueden ser tratados de igual manera que los pulsadores, adecuando los niveles de tensión de la entrada y eliminando el ruido proveniente de la industria. A través de un filtro pasa bajo de primer orden para luego procesar la señal en el microcontrolador y eliminar los rebotes del contacto.

El nivel de tensión de funcionamiento del sistema es de 24 VDC y la permitida para el microcontrolador (PIC16F873) en nivel alto es de 2V a VDD (5V) [Microchip, 2001]. Tomando en cuenta que la impedancia de entrada del microcontrolador es grande, en el orden de los megaohm la topología seleccionada es la que se muestra en la Figura 31.

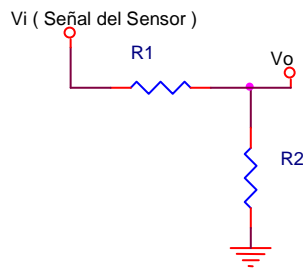


Figura 31 Topología de la entrada sin filtro.

La señal V_i proveniente de un sensor o pulsador, es conectada a un divisor de tensión para adecuar la señal y poder obtener $4V_{DC}$ en V_o . La tensión de salida de los sensores es de $24V_{DC}$. Con estos valores de tensión se calcula la magnitud de las resistencias R_1 y R_2 para que el valor nominal de V_o sea 4V aproximadamente, los cálculos son los siguientes:

$$V_o = \frac{V_i R_2}{R_1 + R_2} \quad (1)$$

$$4 \text{ V} = 24\text{V} \frac{R2}{R1 + R2} \quad (2)$$

$$R1 = 4 \cdot R2 \quad (3)$$

Entonces si:

$$R2 = 3000 \Omega$$

$$R1 = 15000 \Omega$$

Utilizando la ecuación de cálculo de la incertidumbre de una función se obtiene [Milá, 2001].

$$\Delta_{Vo} = 0,05R1 \left| \frac{Vi R2}{(R1 + R2)^2} \right| + 0,05R2 \left| \frac{Vi}{R1 + R2} - \frac{Vi R2}{(R1 + R2)^2} \right| + 0,02Vi \left| \frac{R2}{R1 + R2} \right| \quad (4)$$

$$\Delta_{Vo} = 0,41 \text{ V}$$

Dada la magnitud de la incertidumbre se calcula el valor máximo de la señal que debe recibir el microcontrolador.

$$V_{omax} = 4,41 \text{ V}$$

Como el valor de Vo máximo no supera el valor de entrada del microcontrolador y su incertidumbre no supera el rango de señal activa para el micro, se pueden utilizar resistencias de tolerancias del 5%

Para eliminar el ruido proveniente de la planta por encima de los 500 Hz se utilizará un condensador en paralelo con la resistencia R2 formando así un filtro pasa bajo de primer orden, esta topología se presenta en la Figura 32.. No se tomo en cuenta el valor del condensador de la entrada del micro controlador porque es de 50pF.

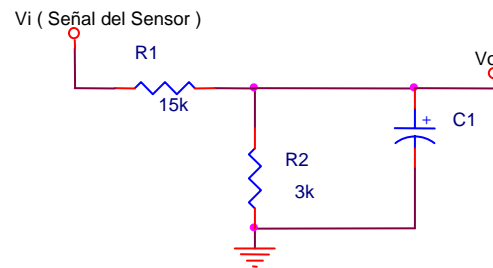


Figura 32 Topología de la entrada con filtro.

$$V_o = \frac{R_2 V_i}{(R_1 + R_2) \left(1 + \frac{R_1 R_2 C s}{R_1 + R_2} \right)} \quad (5)$$

$$C = \frac{1}{2} \frac{R_1 + R_2}{\pi R_1 R_2 F} \quad (6)$$

$$C_1 = 0,12 \cdot 10^{-6} \text{ F}$$

El valor del condensador comercial seleccionado es de 0,1 μF electrolítico dado el rango de trabajo que no supera las unidades de kHz. En la Figura 33 se presenta un gráfico de la respuesta en frecuencia del filtro.

La topología desarrollada fue utilizada para implementar doce entradas en la unidad de procesamiento, en donde se reciben las señales provenientes de los sensores magnéticos, los pulsadores, el sensor inductivo utilizado para la sincronización y de las llaves que se encuentran en el panel de control.

Para poder sensar la línea de alimentación de $24V_{DC}$ provenientes de la fuente a través del terminal de la interrupción externa se utilizó la misma topología sin el

condensador. Esta señal es utilizada para activar el almacenamiento de los contadores en la memoria no volátil del microcontrolador.

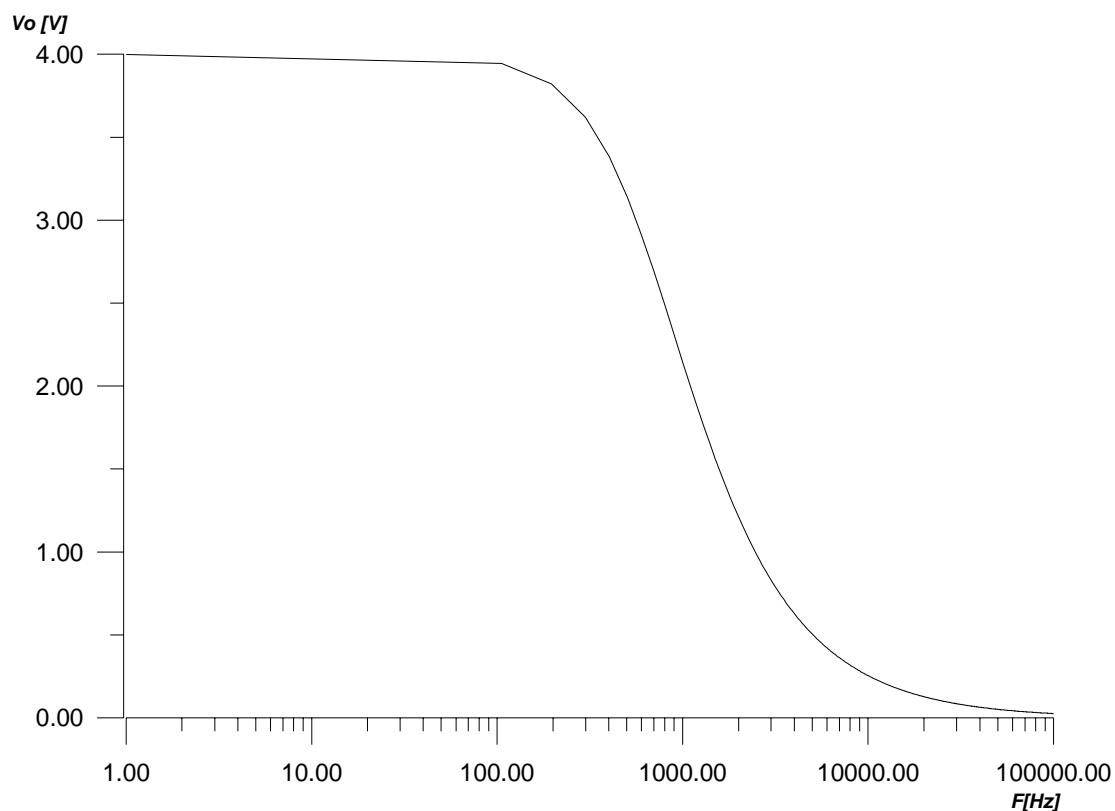


Figura 33 Respuesta en frecuencia de la entrada

Salidas:

En la etapa de salida hay que controlar principalmente las bobinas de las electroválvulas que accionan en forma neumática los pistones y/o las pinzas de la máquina. Dado a que ésta es una carga principalmente inductiva hay que tomar en cuenta los picos de corriente generados a la hora de desconectarla. Estas bobinas son del modelo MSFG-24/42-50/60-OD de la marca FESTO que tienen un consumo de 4,5W a 24V (187,5 mA) al estar accionada en régimen permanente. [FESTO, 1998].

Para el control de éstas válvulas y las luces piloto se utilizará la misma topología para hacer el circuito homogéneo, la cual tendrá un HEXFET® Power Mosfet (IRF510) de la casa

“Internacional Rectifier” con capacidad de manejar hasta 5,6 A. [IRF, 2003] y un diodo Schottky 1N5819 que soporta picos hasta de 25 A [ONSEMI, 2000], en la Figura 34 se muestra la topología. Estos elementos son sobre dimensionados debido a que eran los disponibles en el país para el momento del desarrollo.

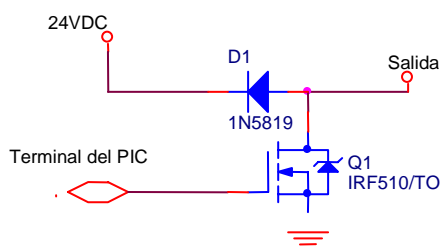


Figura 34 Topología de la salida

Usando esta topología se implementaron siete salidas para el manejo de las cuatro bobinas, una luz piloto, una alarma sonora y una séptima salida que se implementó para poder dar respaldo al momento en que pueda fallar una de las que están en uso o puede ser utilizado para expansión de la máquina dispensadora, como darle una señal a otro equipo.

Unidad de Despliegue:

Este módulo se encarga de presentar en las pantallas LCD los mensajes de información de la máquina referidos a la empresa que desarrolla el proyecto, estado de la máquina, contadores de producción total, acumulada y parcial; al igual que los mensajes de error del equipo, mismos que son generados por la falta de cumplimiento de la lógica de la máquina en el tiempo estimado para que esto ocurra. En la Figura 35 se muestra un diagrama de cómo se encuentra constituida la unidad.

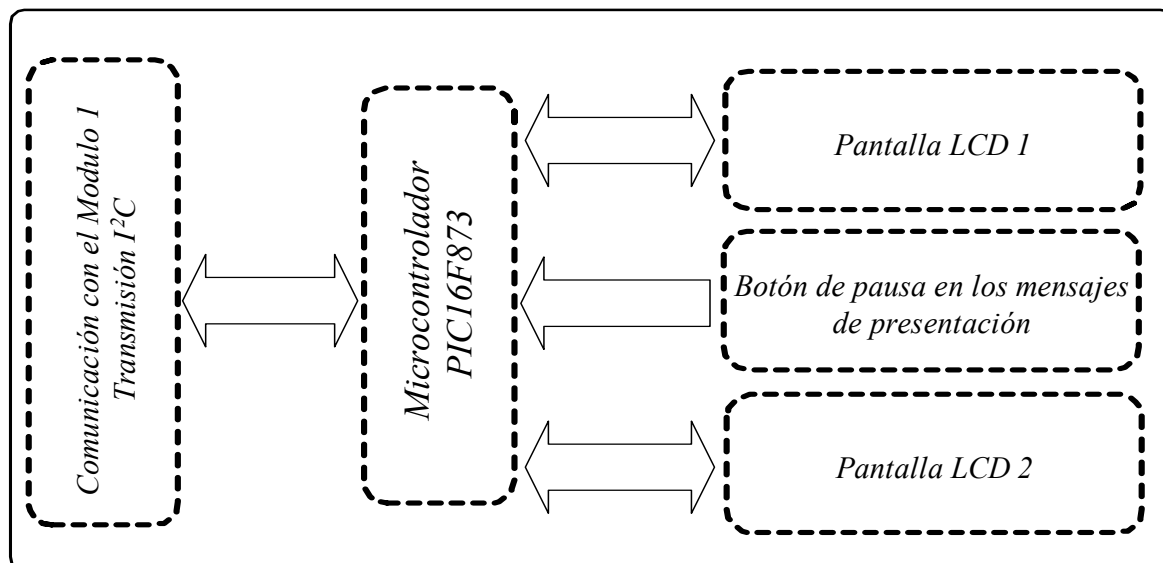


Figura 35 Diagrama esquemático de la Unidad de Despliegue.

Pantallas LCD:

Las pantallas de cristal líquido utilizadas son el modelo DMC50037N de la OPTREX de cuarenta (40) dígitos dos (2) líneas. El chip de control de estas pantallas *LCD* es el SANYO LC7985NA [SANYO, 1997]. Estas pantallas no poseen iluminación y la interfaz para transmitir los datos puede ser de 8 bits o de 4 bits. De manera de reducir el número de líneas del bus de datos para la transferencia de información a las *LCD* se implementó la interfaz de 4 bits. Como las entradas de estas pantallas se colocan en alta impedancia cuando no se encuentran seleccionadas se utilizó en mismo bus de datos para las dos y dos terminales del microcontrolador para poder realizar la selección de las pantallas.

Transmisión I²C:

Para poder transmitir la información de los diferentes contadores de producción y el estado en que se encuentra la maquina dispensadora se utiliza la

transmisión I2C. La unidad de procesamiento se utiliza como maestro, ya que esta es la que realiza la lógica de funcionamiento de la maquina dispensadora. La unidad de despliegue trabajo como esclava para poder recibir la información que va a presentar por las pantallas.

En la unidad de procesamiento se colocaron dos resistencias de $1,8k\Omega$ conectadas a VCC tal como lo recomienda el fabricante de los microcontroladores, el cual indica que el valor mínimo es de $1.7k\Omega$ como resistencias de terminación de líneas.

Botón de pausa:

Utilizando la misma topología que la entradas digitales del modulo 1, se implementa una conexión de 24 VDC mas la entrada, para conectar un pulsador que funcionará como una pausa en la presentación de los mensajes en las pantallas.

Con el fin de mostrar un resumen del sistema completo en la Figura 37 se muestra el diagrama electro-neumático de la máquina dispensadora de cartuchos y en la Figura 36 se presenta la leyenda del diagrama esquemático.

EV1	Electro-valvula MFH-3-1/2-24VDC
EV2, EV3, EV4,	Electro-valvula MFH-5-1/4-24VDC
<u>Unid-Man</u>	<u>Unidad de Mantenimiento</u> FRC-1/2-D-MIDI
RgP1	Regulador de Presion LR-1/4-D-MINI
RgFX	Regulador de Flujo GRLA-1/8-B
S1, S2, S3, S4, S5, S6	Detectores de Proximidad Electrico SMEQ-4U-K-LED-24
S7	Detectores de Proximidad inductivo SIEN-M18B-PS-K-L
PT1, PT2	Cilindro de doble efecto DSNU-20-60PPV-A
PT3	Cilindro de doble efecto DSNU-25-80PPV-A
Pinzas	Pinzas de doble efecto HGP-10-A

Figura 36 Leyenda del diagrama esquemático del sistema eléctrico neumático

En la Figura 38 se presenta el esquema eléctrico a implementar de las etapas de entradas, salidas, procesamiento y comunicación de la unidad de procesamiento, en ella se pueden observar las diferentes conexiones realizadas entre los componentes. De igual manera se presenta en la Figura 39 el esquema eléctrico de la fuente de alimentación de la unidad de procesamiento.

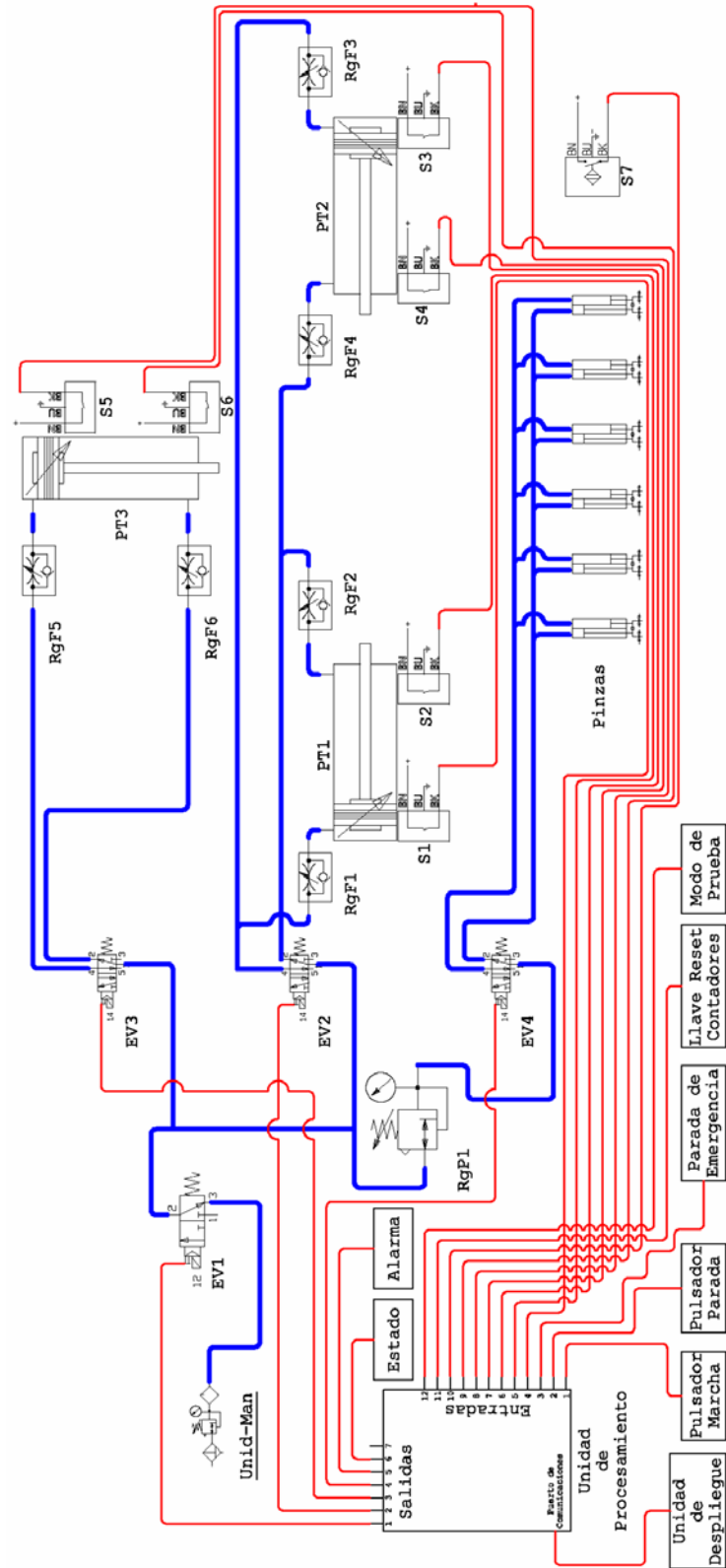
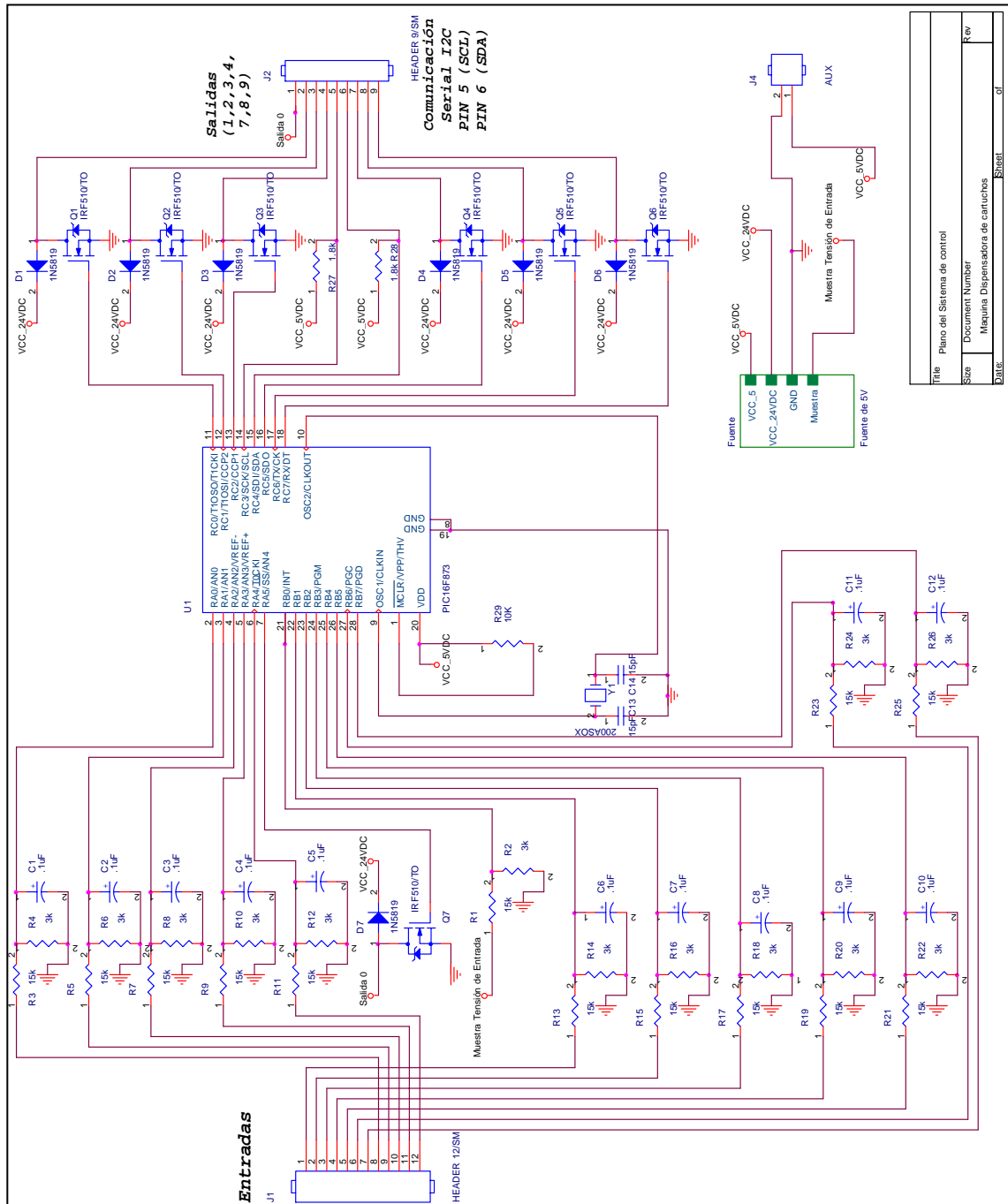


Figura 37 Diagrama esquemático del sistema eléctrico neumático.



File	Plano del Sistema de control
Size	Document Number
Rev	Máquina Dispensadora de cartuchos
Date	Sheet of

Figura 38 Esquema eléctrico de la Unidad de Procesamiento.

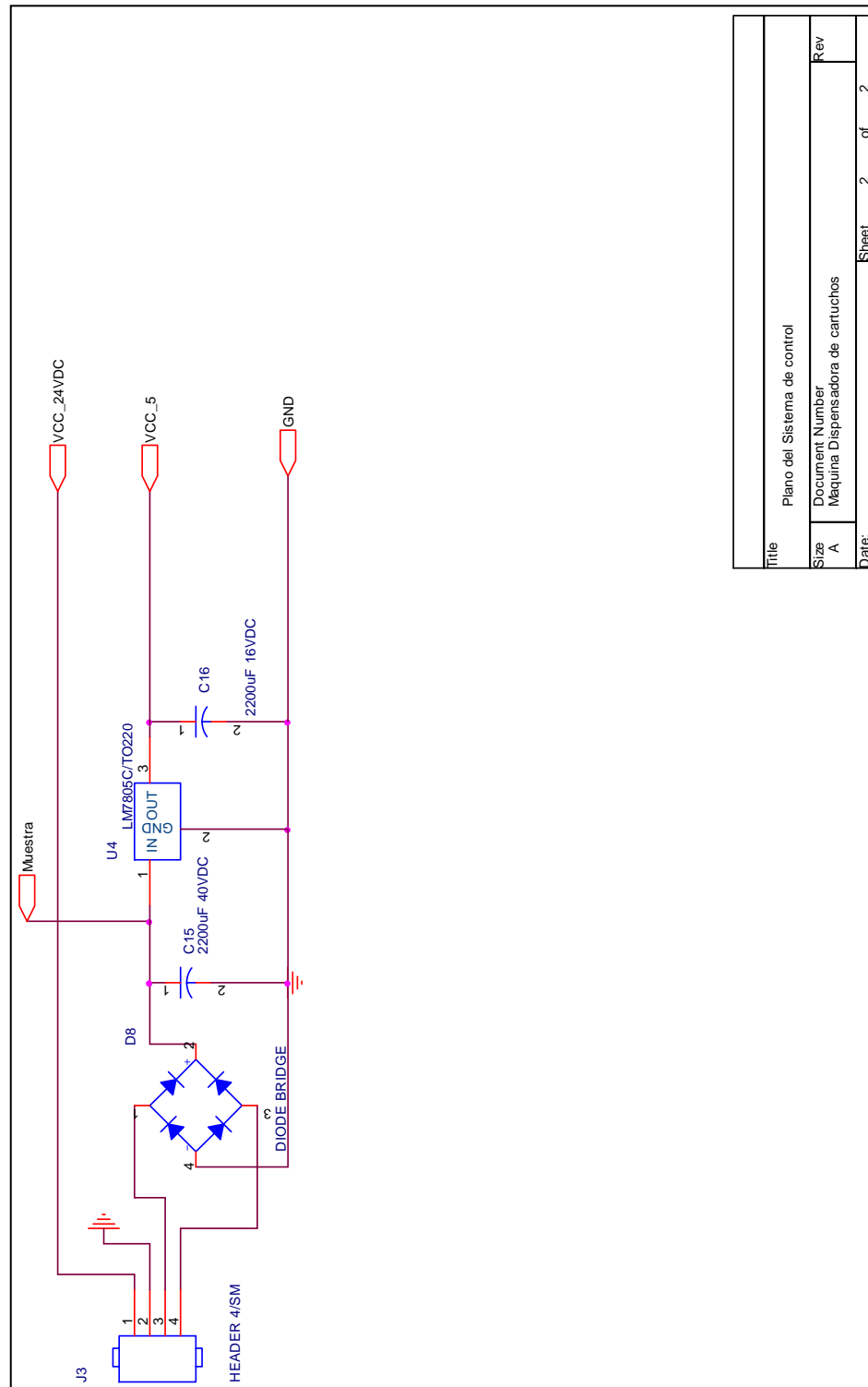


Figura 39 Esquema eléctrico de la Unidad de Procesamientos, fuente de alimentación.

Utilizando el Layout Plus 9.2 de la casa OrCAD se llevo del esquemático a la distribución de las pistas en el circuito impreso y se obtuvo físicamente el circuito impreso utilizando papel de transferencia de toner para circuitos impresos para las pistas y con una fresadora se realizaron los huecos.

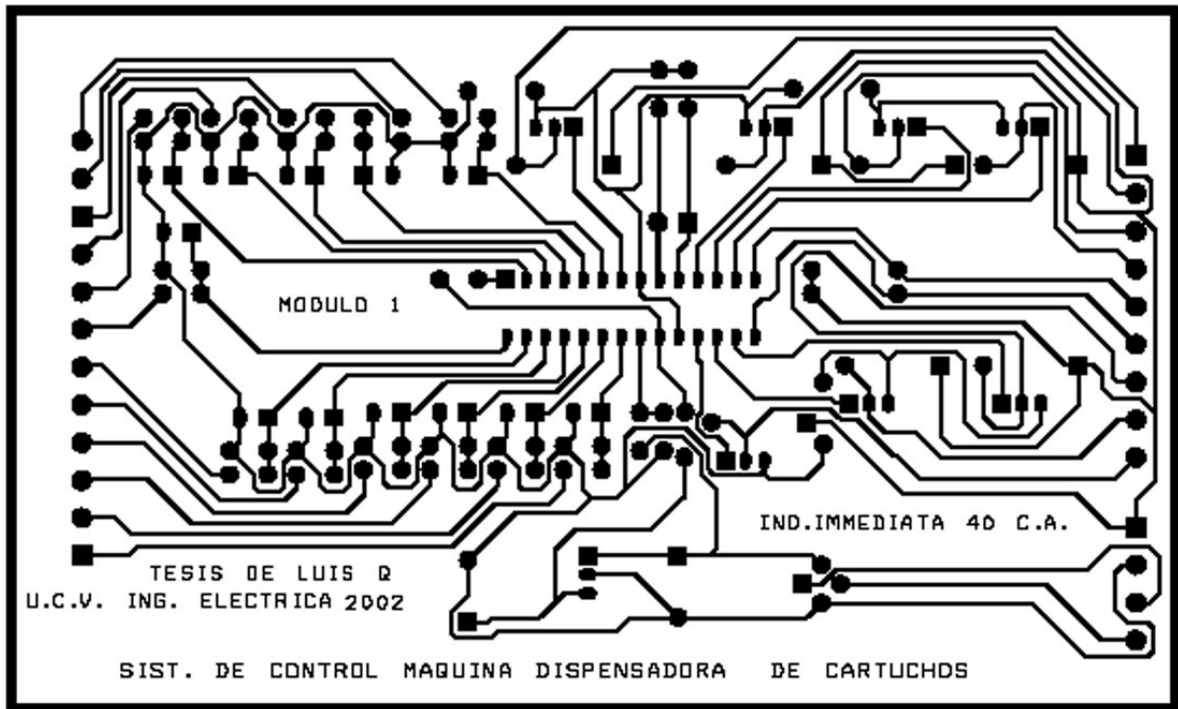


Figura 40 Circuito Impreso de la Unidad de Procesamiento.

Para la unidad de despliegue se realizó de igual manera el esquema del circuito eléctrico a implementar en donde se encuentra la etapa de entrada del pulsador de pausa, la etapa de comunicación, los conectores de las pantallas y el de la alimentación. Este se puede observar en la Figura 41 y el dibujo del circuito impreso en la Figura 42, este fue implementado utilizando papel de transferencia de toner para circuitos impresos.

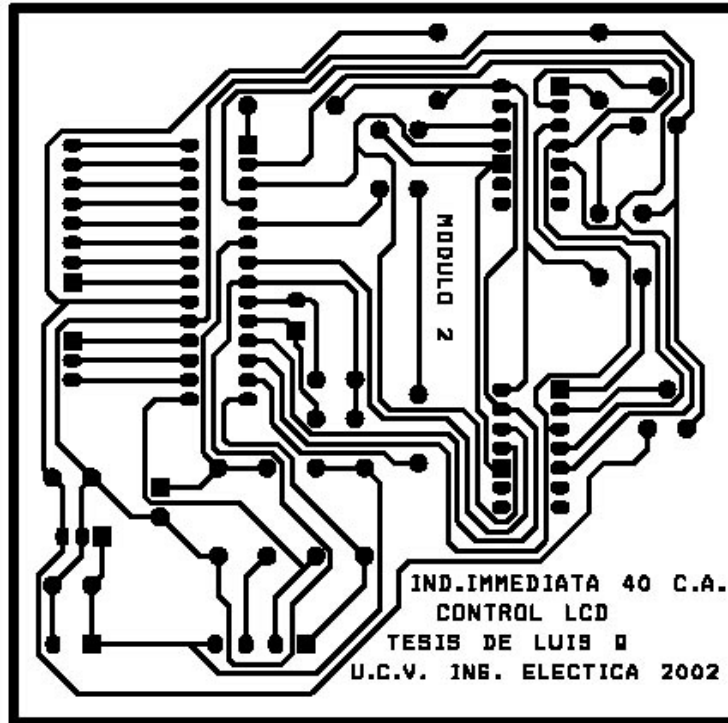


Figura 42 Circuito Impreso de la Unidad de Despliegue.

Para el desarrollo de éstas tarjetas se tomo en consideración la construcción de las pistas por una sola cara, para ello se dispuso de la menor cantidad de componentes posible y se distribuyeron de tal forma que no se cruzaran las pistas.

El tamaño de la dona utilizada para la inserción del componente en el circuito impreso es de cien milésimas de pulgadas, de los óvalos de cien por setenta milésimas de pulgadas y en los cuadrados de noventa milésimas de pulgada. Para la implementación de las pistas se utilizó treinta milésimas.

CAPITULO IV

SOFTWARE.

Análisis de requerimientos

Durante el proceso de desarrollo del hardware, para el sistema de control de la máquina dispensadora de cartuchos plásticos, se fijó la utilización de dos unidades para su implementación, lo que llevó a crear dos programas. El conjunto debe manejar las entradas provenientes de:

- Los interruptores de proximidad o sensores SMEO-4U-K-LED-24 de la casa FESTO.
- Los pulsadores marca ERSCE del panel de control como lo son:
 - Parada (pulsador negro) modelo 30/PRB2.
 - Arranque (pulsador verde) modelo 30/PRB2.
 - Parada de emergencia (Botón tipo hongo rojo) 30/PFB2.
 - El pulsador de pausa en la presentación de mensajes (amarillo).
- Las entradas de las llaves de:
 - Modo de prueba.
 - Reset de los contadores.

y ofrecer como salidas:

- El manejo de las bobinas de MSFG-24/42-50/60-OD marca FESTO, las cuales excitan al solenoide de la electroválvula del sistema neumático.
- El encendido de una luz piloto que informa el estado de la máquina.
- La activación de un zumbador que notifica la emergencia del equipo de modo sonoro.

-
- La presentación por pantalla del estado de la máquina al igual que los contadores de producción.

Descripción del Software.

El programa de la unidad de procesamiento se desarrolló para que recibiera las entradas de los sensores, los pulsadores (parada, marcha y parada de emergencia), las llaves de modo de prueba, modo reset de los contadores y dependiendo de la lógica de funcionamiento de la máquina dispensadora se accionarán las electroválvulas, luz piloto, la alarma o la comunicación serial maestro/esclavo con I²C entre las unidades.

Para la implementación del protocolo de comunicaciones I²C maestro/esclavo, se seleccionó como maestro a la unidad de procesamiento y como esclavo a la unidad de despliegue.

Dentro del programa principal de la unidad y justo antes de empezar con el lazo principal de la unidad de procesamiento se configuran los periféricos del microcontrolador como lo son: los temporizadores, las interrupciones internas, la interrupción externa, el perro guardián (WDT) y el puerto de comunicaciones con I²C, al igual que la distribución, configuración de las entradas y salidas digitales dentro de los terminales existentes del microcontrolador. En medio de este proceso se desarrolla un retardo de 1 segundo para esperar que la unidad de despliegue pueda inicializar las pantallas y poder así establecer la comunicación. De igual manera se inicializan los *buffers* de los diferentes contadores, el de producción total y acumulada, se leen los datos almacenados en la memoria no volátil, la cual contiene la información desde la última vez que fue suspendida la alimentación eléctrica a la máquina y el contador de producción parcial es inicializado con ceros.

Antes de empezar con el lazo principal se inicializaron algunas variables las cuales originan la transmisión del selector de mensajes a la unidad de despliegue, para que notifique

al operador que la máquina se encuentra sin encender. También se transmiten los valores actuales de los contadores.

Para el entendimiento adecuado del diagrama de flujo es necesario tomar en cuenta que éste corre más de una vez antes de que se realice alguna modificación en las entradas debido a la velocidad del microcontrolador y que el programa está desarrollado para evolucionar en función de los eventos que se produzcan, dadas unas condiciones se encamina por otra ramificación.

El lazo principal de la unidad de procesamiento se muestra en la Figura 43. En este lazo se realiza la *Inicialización del perro guardián* el cual se encarga de evitar que el sistema se quede en un lazo infinito. Luego se realiza la *Transmisión de los datos a la unidad de despliegue*, como lo son los contadores y el selector de mensaje. Ya culminado éste punto se entra a una rutina de *Activación manual de la emergencia* en la cual se chequea si fue activado el pulsador de emergencia, de ser verdadero la máquina entra en ese modo, de igual manera en este punto se supervisa, si es pulsado algún de los botones de marcha o parada para apagar la alarma sonora.

De estar encendido el sistema y no estar presionado el pulsador de emergencia, se *presuriza la máquina* dispensadora, para colocar los cilindros en su posición inicial. Se procede a verificar si está *activado el modo de inicialización de los contadores*, si es correcto se activa el modo de inicialización (*modo de reset de los contadores*).

Si la entrada de inicialización no esta activa, se realiza la *activación del encendido de la máquina* para luego verificar si está *accionado el modo de prueba* o si se *apaga la máquina*.

Por último si la máquina está encendida, se *prende la luz piloto* que notifica al operador que la máquina se encuentra encendida, se *asigna el mensaje de máquina encendida*

para transmitirlo a la unidad de despliegue y se arranca con *la lógica de funcionamiento y supervisión de fallas de la máquina de empaque*.

De no encontrarse encendida la máquina se *asigna el mensaje de modo de espera* para ser transmitido a la unidad de despliegue. Y se repite el ciclo.

El sistema de control es capaz de detectar fallas en la máquina, estas son detectadas dentro del proceso de *la lógica de funcionamiento y supervisión de fallas de la máquina de empaque*. Estas fallas son explicadas a continuación.

- *Al arrancar el sistema (Error 05)*: si no se posiciona con las dos plataformas debajo de las colmenas y el puente arriba en un período menor de 10 s, es activada la emergencia de la máquina.
- *Cuando una de las plataformas no llega a las pinzas (Error 01)*: al accionarse el pistón que desplaza las plataformas de las colmenas hacia las pinzas y transcurrir un tiempo mayor a 10 s se activa la emergencia.
- *Cuando una de las plataformas no llega a las colmenas (Error 02)*: al accionarse el pistón que desplaza las plataformas de las pinzas hacia las colmenas y transcurrir un tiempo mayor a 10s se activa la emergencia.
- *Al no poder subir el puente (Error 03)*: luego de activada la señal de “subir el puente” y este no llega en 10 s se dispara la alarma.
- *Al no poder bajar el puente (Error 04)*: al igual que en el punto anterior pero en el proceso de bajada del puente, luego de activada la señal de “bajar el puente” y este no llega en 10 s se dispara la alarma.

Si es presentado uno de estos errores hay que revisar la máquina para poder continuar con su funcionamiento, dentro de estos puntos se encuentran: obstáculo en el sitio indicado por la falla, presión de aire y la ubicación de los sensores de final de carrera que están involucrados en esa ubicación.

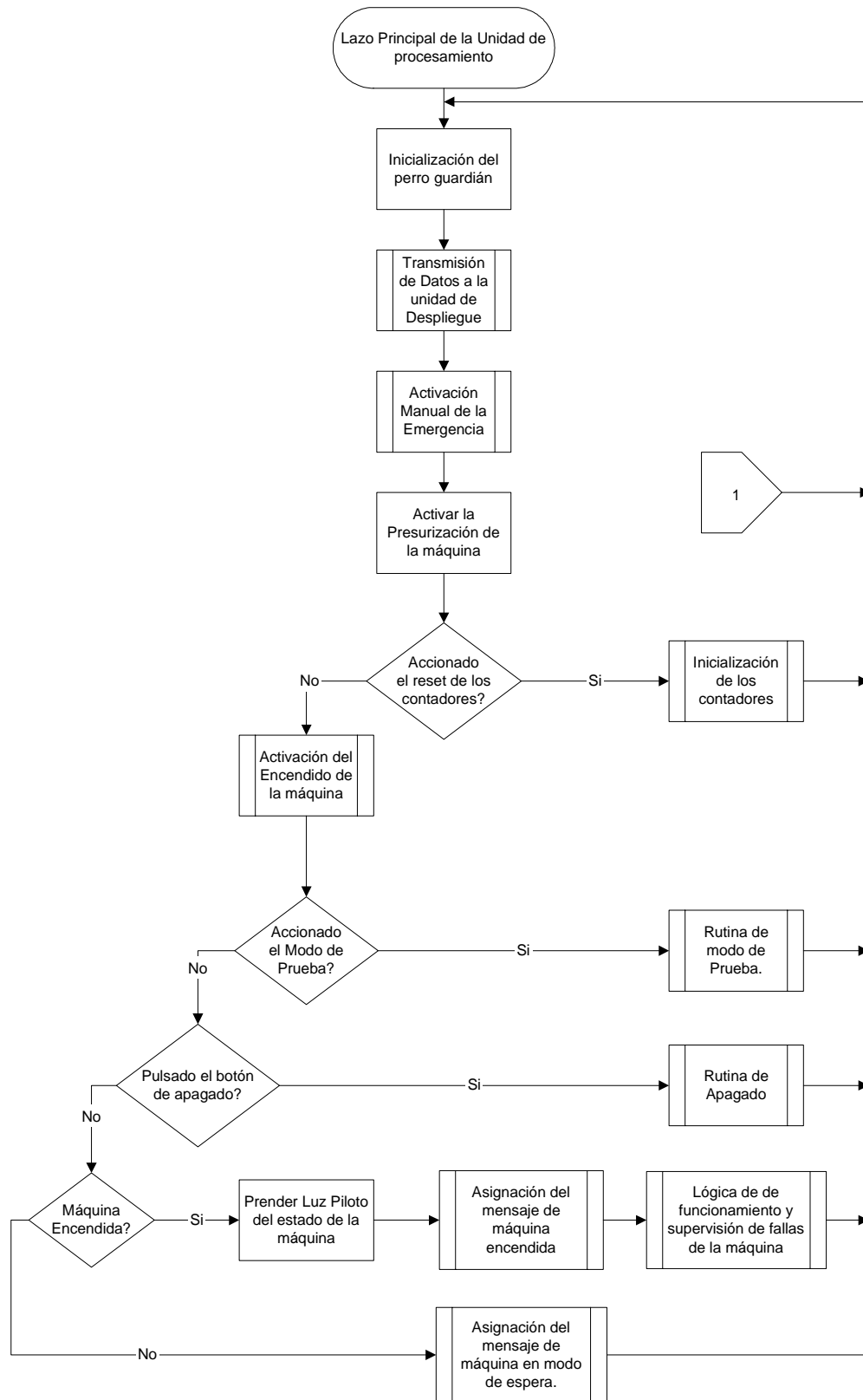


Figura 43 Diagrama de flujo del lazo principal de la Unidad de Procesamiento.

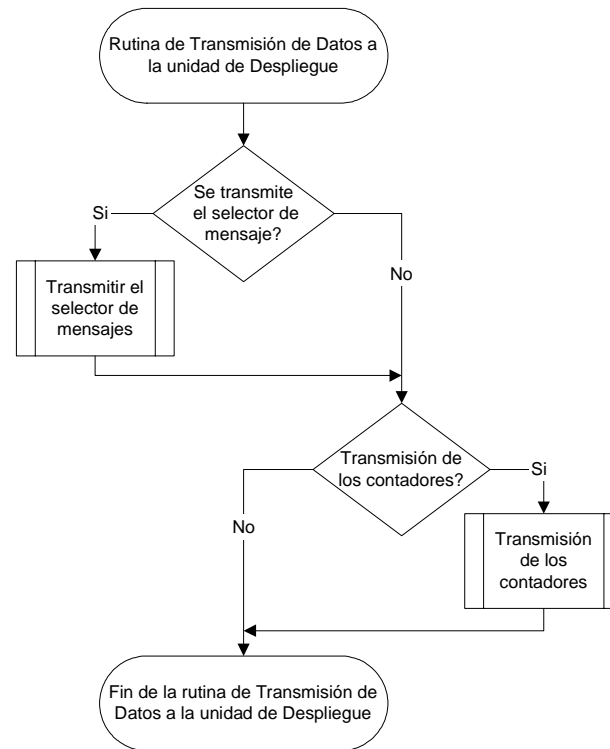


Figura 44 Diagrama de flujo de la transmisión de datos a la unidad de despliegue.

Dentro del diagrama de la Figura 44 se encuentra una variable denominada “selector de mensaje”, esta variable contiene el número de una lista de mensajes, que muestra la unidad de despliegue en la pantalla. Este número se modifica según el estado o emergencia de la máquina.

Activada la transmisión del “selector de mensaje” se espera culminar esta rutina para luego enviar cada uno de los contadores. La transmisión se ejecuta con la utilización de la interrupción de comunicación serial del microcontrolador.

De modificarse el “selector de mensaje” en el proceso, primero se transmite el “selector de mensaje” nuevo y luego se empieza a transmitir el valor de los contadores, esto puede ocurrir por haber presionado el pulsador de emergencia, encendido la máquina, el reset de los contadores o el de modo de prueba. Hay que tomar en cuenta que el chequeo de las entradas se realiza cada 5 ms y la validación completa de la entrada en 10 ms, tiempo suficiente para que el proceso de transmisión se encuentre por terminar.

Cada vez que se realiza un nuevo proceso, como: encender la máquina, colocarlo en modo de prueba, en modo de reset de los contadores, en modo de parada o en modo de emergencia, se modifica el valor del “selector de mensaje” y se transmite a la unidad de despliegue.

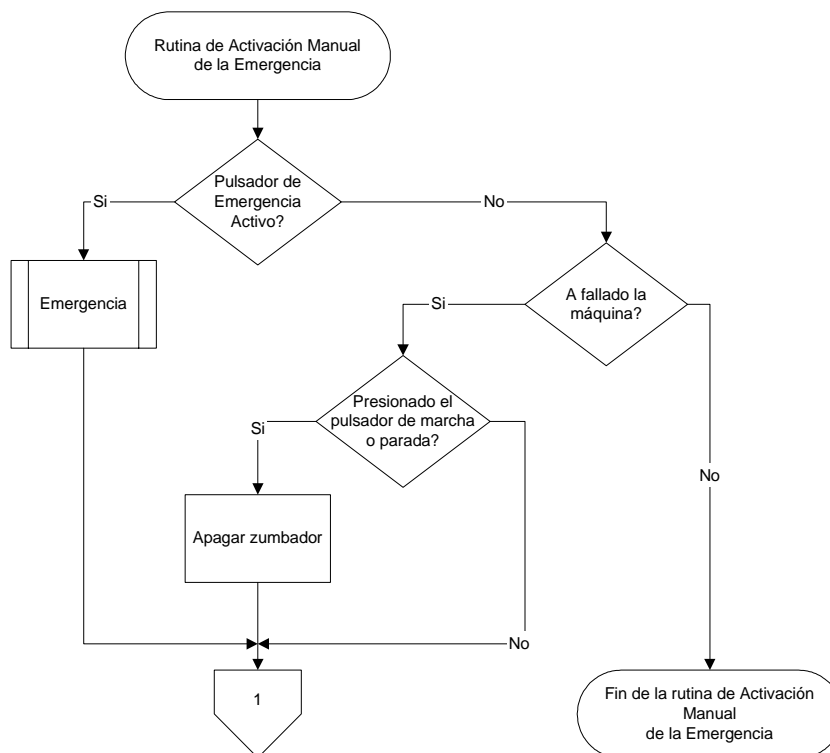


Figura 45 Diagrama de flujo de la activación manual de la emergencia.

En el diagrama del lazo principal de la unidad de procesamiento se encuentra la activación manual de la emergencia. En la Figura 45 se muestra el diagrama de esta rutina. La rutina de activación manual es utilizada para verificar si ha sido pulsado el botón de emergencia, para poder activar el modo de emergencia, o apagar la alarma sonora que se activa cuando ocurre una emergencia por software. Cuando el programa supervisor detecta un error, éste prende un zumbador para notificar al operador de la emergencia presente en la máquina. Este *buzzer* puede ser silenciado presionando cualquiera de los botones de marcha o parada. Si se activa la emergencia o se presiona para apagar el zumbador, el sistema retorna al comienzo del lazo principal, de no ocurrir la emergencia sigue con el proceso.

Ya que no fue activada una emergencia se presuriza la máquina.

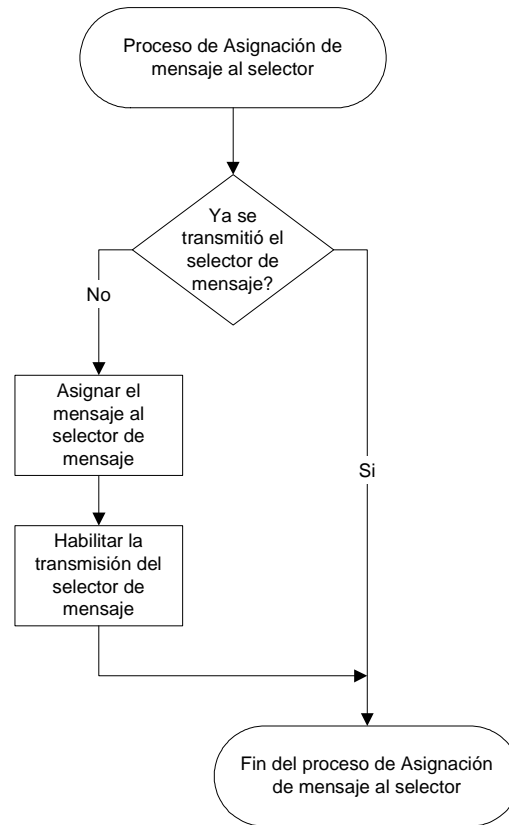


Figura 46 Diagrama de flujo del proceso de asignación de mensaje al selector.

Cuando se necesita presentar un mensaje en pantalla, la unidad de procesamiento asigna al “selector de mensaje” un número de una lista de tablas que contienen las diferentes frases que se presentan por pantalla. Esta asignación al selector y transmisión a la otra unidad se presenta en la Figura 46.

Para poder reiniciar los contadores de producción acumulada y de producción parcial de la máquina a voluntad del supervisor, se creó la rutina de inicialización de los contadores, la cual pone el contador en cero una vez accionada la combinación correcta de entradas; como lo es la llave de modo inicialización o *reset* y el botón de marcha para el contador acumulado, o el de parada para el contador parcial. Una vez inicializados se habilita la transmisión del nuevo valor de los contadores hacia la unidad de despliegue tal como se muestra en la Figura 47.

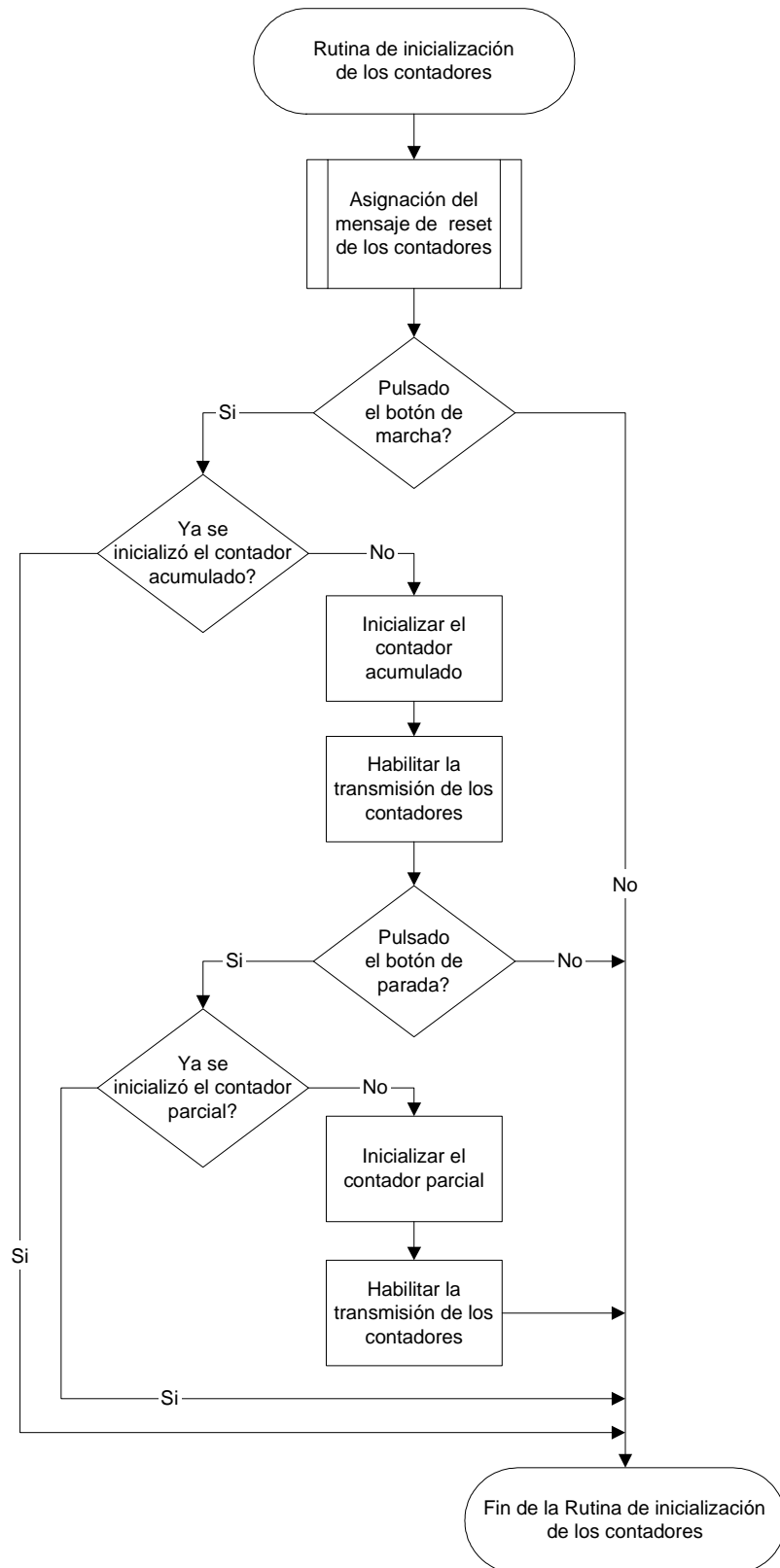


Figura 47 Diagrama de flujo de la rutina de reset de los contadores.

Cuando se inicializa el contador de producción acumulada este valor es almacenado de igual manera en la memoria no volátil. Una vez modificados los contadores estos son transmitidos a la unidad de despliegue.

Para evitar falsas inicializaciones de los contadores de producción acumulada y producción parcial se utiliza una variable bandera que se activa únicamente después del primer incremento de los contadores. Para el contador de producción acumulada luego de una inicialización es desactivada la bandera y para el contador de producción parcial se desactiva la variable bandera cada vez que se corta la alimentación eléctrica o se genera una inicialización por el supervisor.

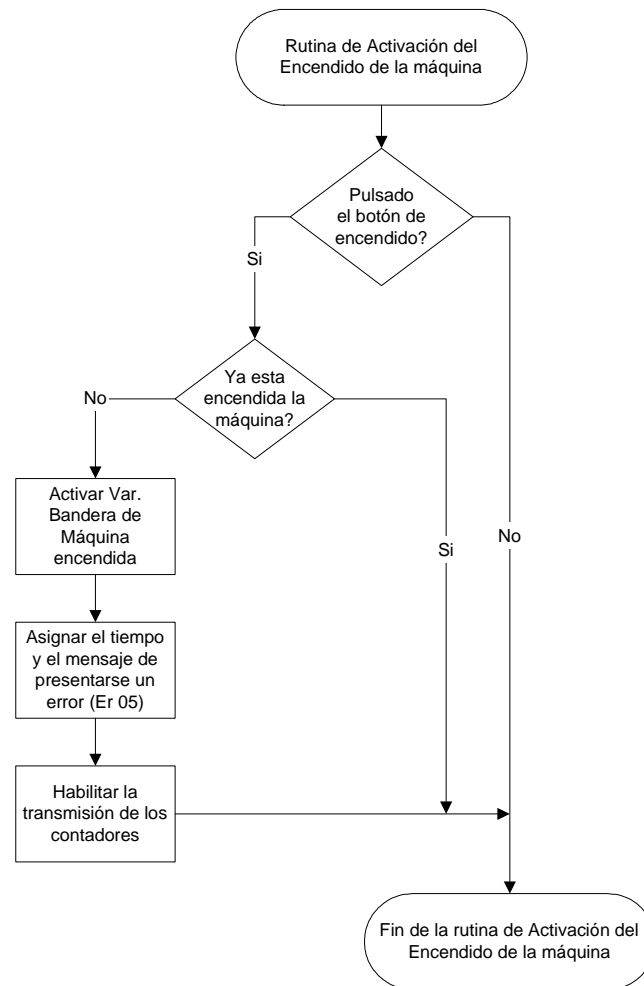


Figura 48 Diagrama de flujo de la activación del encendido de la máquina.

Para la activación del encendido de la máquina hay que presionar el pulsador de marcha, si el equipo no está en modo de máquina encendida, se procede a activar la bandera de máquina encendida, se habilita la transmisión de los contadores y se asigna el tiempo del post-escalador para la supervisión del funcionamiento del equipo, al igual que el mensaje de error que en este caso es el error 05 (Er 05, No se puede arrancar la máquina).

De no estar accionado el modo de prueba, ni pulsado el botón de apagado y haber presionado el botón de marcha, se enciende la máquina dispensadora. Después de tener la máquina encendida por haber pulsado el botón de marcha, se prende la luz piloto del tablero. Se modifica el valor del “selector de mensaje” para luego transmitirlo y aparecer por pantalla el mensaje de máquina en funcionamiento

La lógica de funcionamiento está entrelazada con la supervisión de fallas de la máquina, por lo tanto todo se encuentra en un mismo proceso. En la Figura 49 se muestra el diagrama de flujo de la lógica de funcionamiento dividido en dos bloques, uno cuando el nido no está presente y otro cuando si lo está.

Cuando el nido no está presente y las pinzas no están cargadas, se procede a cargarlas activando el supervisor de error. Una vez cargadas y que el nido todavía no haya llegado se apaga el supervisor de error.

En la otra etapa, cuando el nido está presente y las pinzas están cargadas, se realiza la descarga cuando llega el nido activando a su vez el supervisor de error, luego de entregar los cartuchos y retirarse el nido. En este momento se procede a apagar el supervisor de error.

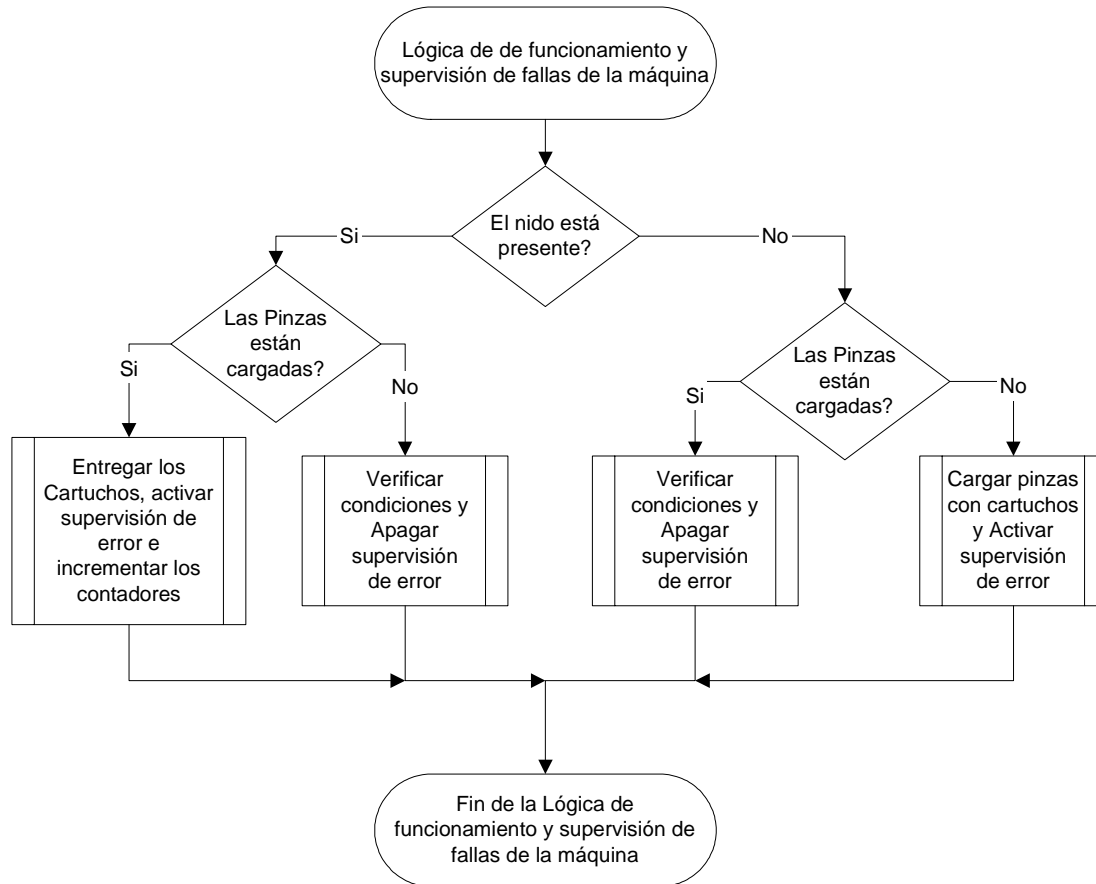


Figura 49 Diagrama de flujo de la lógica de funcionamiento y supervisión de fallas de la máquina.

Para poder cargar las pinzas se necesita que las plataformas estén en las colmenas llenando de cartuchos plásticos las plataformas, si esto ocurre y tanto el puente esta arriba como las pinzas abiertas, se activa el cierre de las plataformas para desplazar los cartuchos hasta las pinzas.

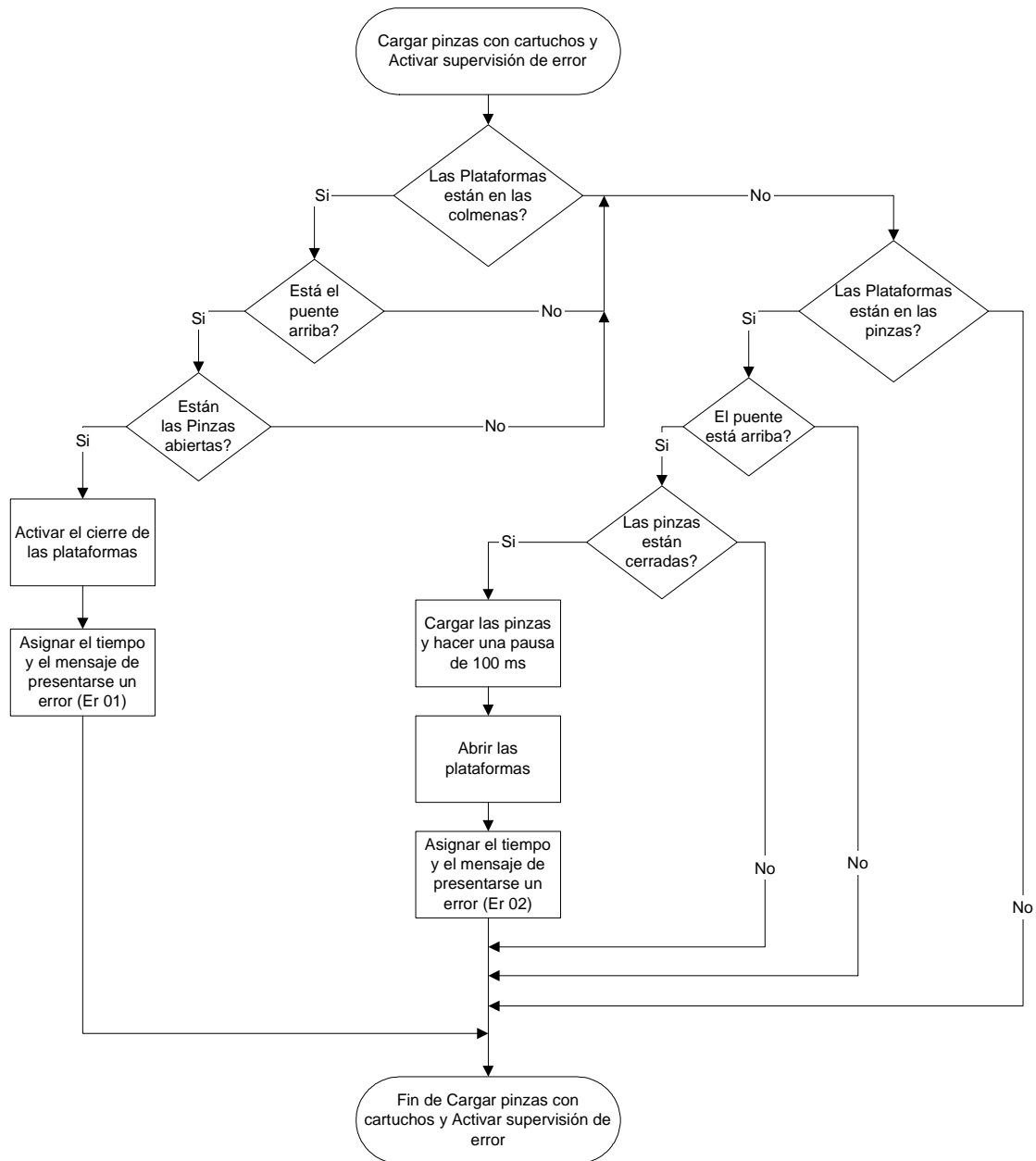


Figura 50 Diagrama de flujo para cargar pinzas y activar la supervisión de error.

Como el tiempo que puede tardar las plataformas para llegar a las pinzas no puede ser largo y la única forma en que ocurra es porque existe una falla, se utilizó un temporizador para que supervisara el recorrido. Si este recorrido dura más de 10 s se dispara una alarma sonora y una visual por las pantallas.

En el caso del cierre de las plataformas, si éste no llega, se produce el error 01 que representa, la no llegada de las plataformas a las pinzas.

Luego de llegar las plataformas a las pinzas, verificar que el puente está arriba y que las pinzas están abiertas, se cierran las pinzas y se genera un retardo de 100 ms para poder retirar las plataformas. Para esta acción el mensaje de error asignado es el 02 que indica que las plataformas no pudieron llegar a las colmenas. Esto se presenta en la Figura 50.

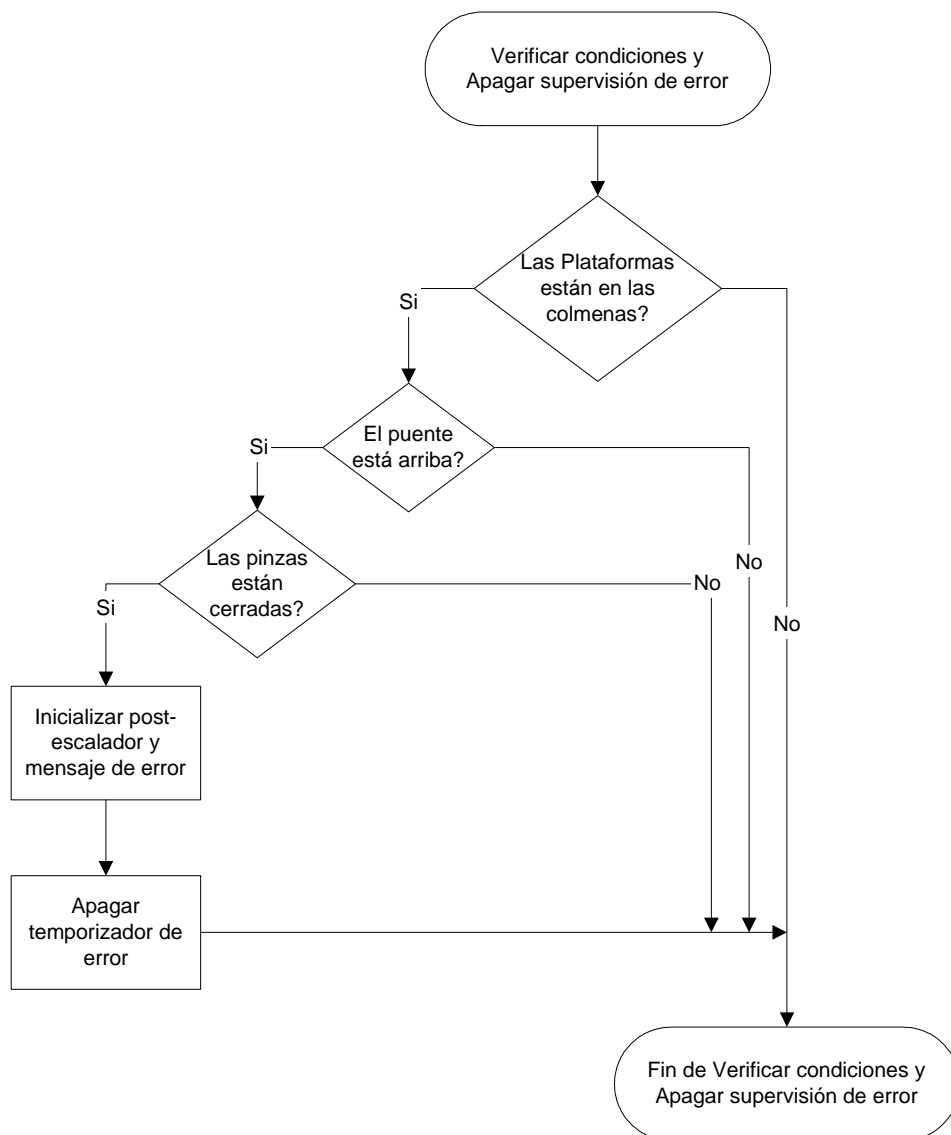


Figura 51 Diagrama de flujo de la verificación de condiciones para apagar el supervisor.

Una vez culminada la carga de las pinzas con cartuchos se verifica que la máquina está en condiciones para entregar los cartuchos, cuando llegue el nido y se procede a apagar el supervisor de error. Las condiciones necesarias para que este efecto se produzca son: que las plataformas estén en las colmenas, que esté el puente arriba y que las pinzas estén cerradas.

La llegada del nido es manejada por la máquina de empaque, dado a esto, el equipo se tiene que quedar esperando hasta que llegue un nido donde entregar los cartuchos. Con el nido en la posición de carga, que es justo debajo de la plataforma de la máquina dispensadora, entramos en el diagrama de flujo de la Figura 52. Si las plataformas están en las colmenas y el puente está arriba, se activa la bajada del puente móvil para depositar los cartuchos. Para este desplazamiento el mensaje de error asignado al supervisor de fallas es el 04 que notifica que el puente no pudo bajar.

Al llegar el puente a la parte inferior, se activa la apertura de las pinzas y se genera un retardo de 100 ms para subir el puente, en este momento se le asigna el mensaje de error 03 que informa que el puente no pudo subir. Después de realizar la entrega se incrementan los contadores de producción y se inicializan variables como la de transmisión de los contadores e inicialización de los contadores.

El supervisor de error es apagado luego de que el puente está posicionado en la parte superior y las pinzas se encuentren abiertas. El diagrama de esta etapa es parecido al de la Figura 51 con la diferencia de que las pinzas están abiertas. En ese momento el equipo espera que el nido se retire para poder seguir, cargando las pinzas y entregarlas nuevamente.

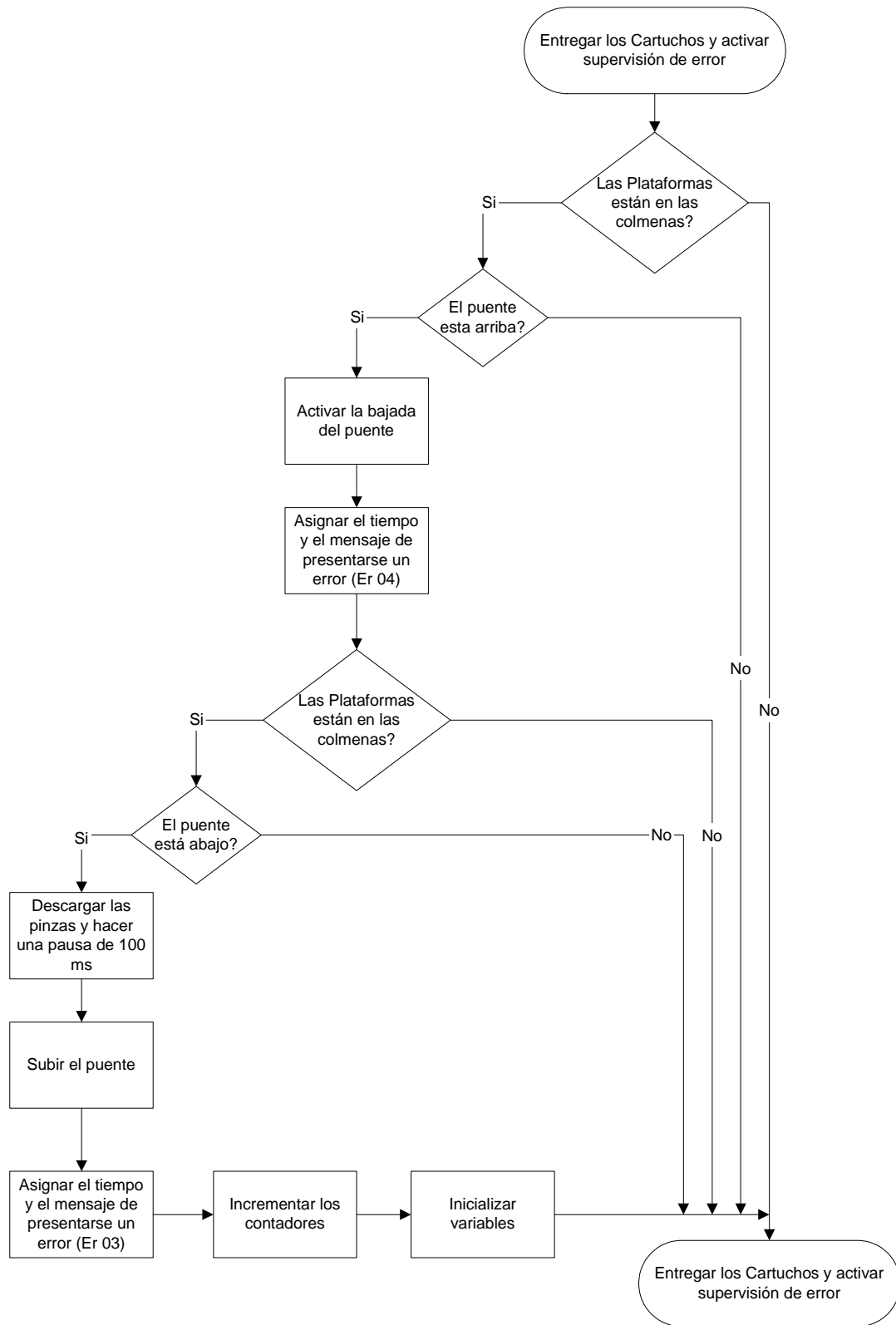


Figura 52 Diagrama de flujo de la entrega de cartuchos y activación del supervisor-error

A continuación se desarrollarán las rutinas que fueron utilizadas para el funcionamiento del software. Dentro de estas rutinas se encuentran:

- Transmisión del “selector de mensaje”.
- Transmisión de los contadores.
- Proceso de emergencia.
- Modo de prueba.

Para la transmisión de información por el puerto de comunicaciones, utilizando el protocolo I²C. Y enlazar la unidad de procesamiento con la unidad de despliegue, es necesario transmitir una cadena de datos que contienen:

- La *función* a realizar en la unidad de despliegue o esclavo.
- Los *datos* que transfiere la unidad de procesamiento hacia la unidad de despliegue, entre esos datos se encuentran el valor de un contador o el selector de mensajes.
- El caracter de *fin de mensaje*, el cual le indica a la unidad esclava que ya se concluyó la transmisión.

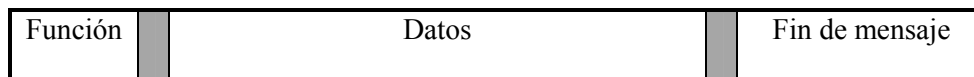


Figura 53 Diagrama de formación para la transmisión de información.

Dada una característica propia del estándar de comunicación I²C, éste establece contacto con una unidad en específico, seleccionada por una dirección antes de transmitir cualquier dato, asegurando así la transmisión entre el maestro y el esclavo.

Utilizando el diagrama de la Figura 53 se puede reflejar la función de las rutinas de transmisión del “selector de mensaje” y la de transmisión de los contadores en donde, después de ensamblar el bloque de datos, se habilita la transmisión al modulo de despliegue.

En la rutina de los contadores se transmite uno a la vez, primero el contador de producción total, luego el acumulado y por último el contador de producción parcial.

En la rutina de “transmisión del selector de mensaje” lo primero que se hace es preguntar si la transmisión está disponible, de ser cierto, se procede a leer la dirección del *buffer* de transmisión para asignar la función del selector de mensaje. Luego se escribe el valor del selector y el caracter de fin de mensaje, con esto, la cadena a transmitir tiene tres *bytes*.

Con el fin de transmitir la cadena, se habilita la transmisión de datos a la unidad de despliegue, se deshabilita la transmisión del selector de mensaje, ya que en el *buffer* de transmisión se encuentran los datos, y se empieza a transmitir.

Siguiendo un proceso parecido se realiza la transmisión de los contadores a la unidad de despliegue. Se chequea si la transmisión se encuentra disponible, si es verdad, hay que seleccionar un contador a la vez, empezando por el contador de producción total. Primero es leída la dirección del *buffer* del contador, luego el de transmisión, se asigna la función y después se mueven los datos del contador. Por último se escribe el carácter de fin de mensaje para poder tener la cadena de datos a transmitir hacia la unidad de despliegue. Como la cadena está completa se incrementa el contador de *buffer* a transmitir y se habilita la transmisión del contador.

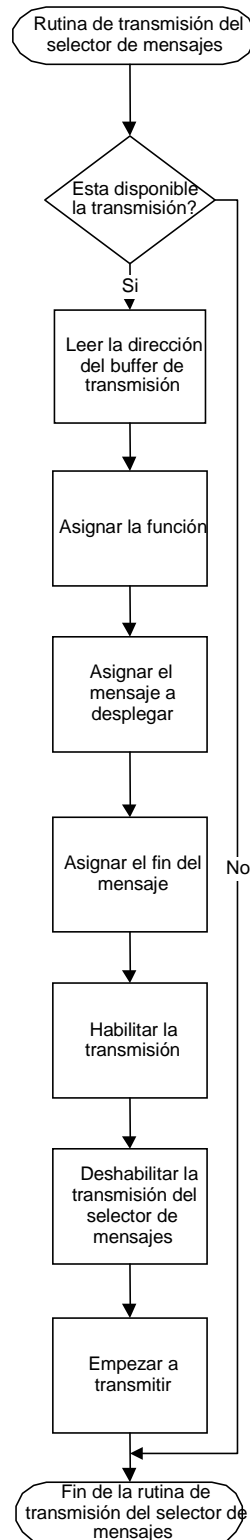


Figura 54 Diagrama de flujo de la rutina de transmisión del selector de mensajes de la Unidad de Procesamiento.

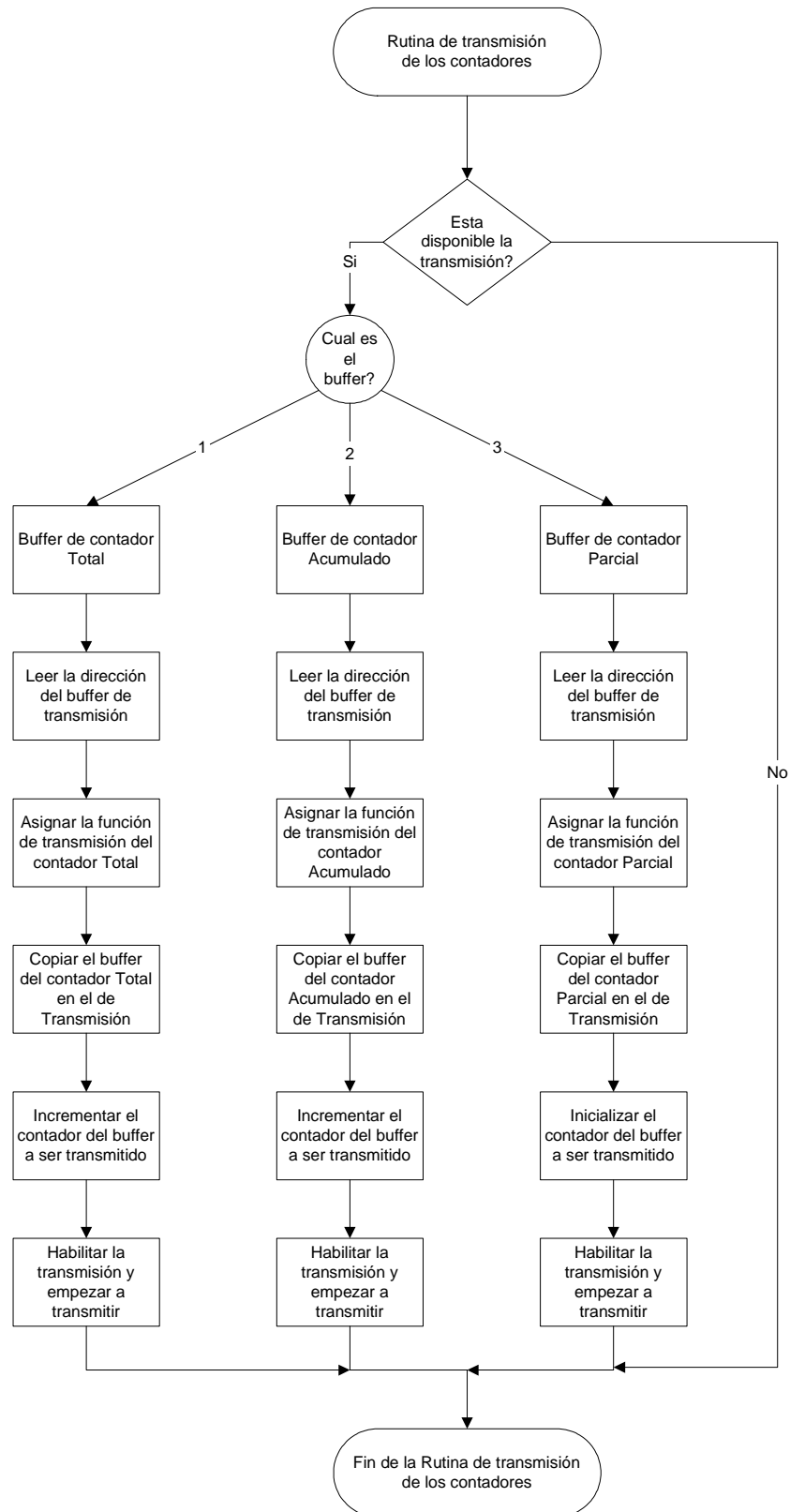


Figura 55 Diagrama de flujo de la rutina de transmisión de los contadores.

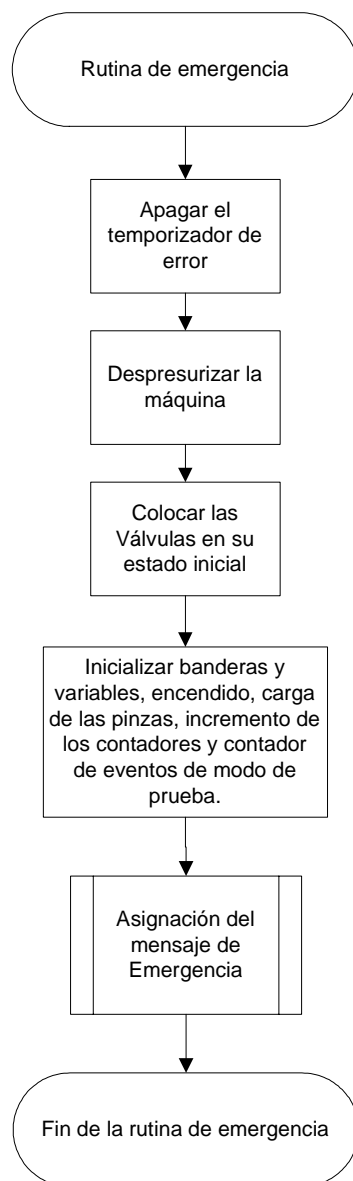


Figura 56 Diagrama de flujo de la rutina de emergencia.

La rutina de modo de emergencia se encarga de crear las condiciones necesarias para que el operador se entere del estado de la falla del equipo y poder volver al modo de funcionamiento normal del equipo una vez retirado el pulsador de emergencia. Dentro de estas condiciones se encuentran:

- El apagar el temporizador de error o de emergencia.

- Despresurizar la máquina para que el usuario pueda retirar algún obstáculo que se encuentre.
- Colocar las electroválvulas en su estado inicial.
- Inicializar las banderas y variables necesarias para que el sistema pueda volver a arrancar.
- Transmitir el selector de mensaje informando al usuario de una emergencia en la máquina.

Otra de las operaciones que se pueden hacer con el equipo es poner a funcionar la máquina paso a paso o en modo de prueba, en este modo se creó la rutina de modo de prueba la cual sigue la lógica de operación de la máquina pero con una condición extra. La máquina no podrá avanzar de este estado al menos que sea presionado el pulsador de marcha. Por ejemplo si la máquina se encuentra con las plataformas en las pinzas y le toca regresarse hasta las colmenas éstas no se moverán hasta que sea pulsado el botón de marcha. Hasta para abrir o cerrar las pinzas hay que presionar el botón y todas las entregas realizadas en este modo no serán agregadas a los contadores debido a que el uso del mismo es para realizar ajuste en la máquina y no es un funcionamiento normal de producción. De igual manera en el modo de prueba puede ser accionado el pulsador de emergencia.

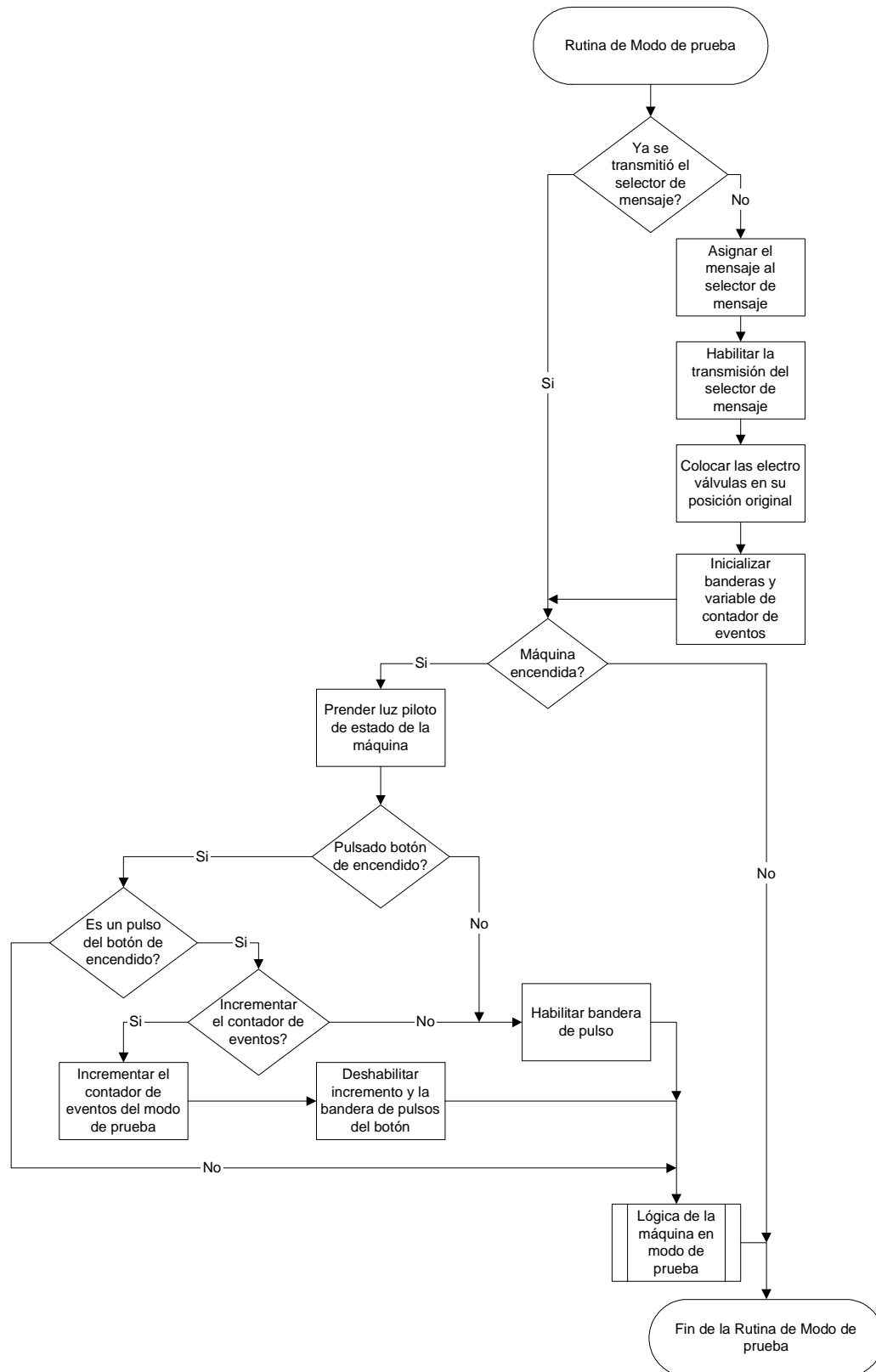


Figura 57 Diagrama de flujo de la rutina de modo de prueba.

Dentro del desarrollo de la unidad de despliegue se encuentra el software grabado en el microcontrolador. En esencia, esta unidad presenta la información, seleccionada por la unidad de procesamiento, en las pantallas del panel de control. Para ello el software realiza la rutina de inicialización de las pantallas de cristal líquido, configura el puerto de comunicaciones para ser usado por el protocolo I²C, con el fin de establecer un enlace entre las dos unidades del sistema de control.

Antes de entrar en el lazo principal de la unidad de despliegue, se realiza la configuración de las interrupciones, el perro guardián, el puerto de comunicaciones I²C (Esclavo), las terminales de entrada y salidas del microcontrolador y la inicialización de las variables.

Los mensajes presentados en las pantallas están previamente grabados en la memoria del programa en formato de una línea de la pantalla (cuarenta caracteres), seguido de un carácter de fin de mensaje (0Fh), estas cadenas de datos se presentan en la Figura 60 y la Figura 61 . La unidad de procesamiento transmite la variable “selector de mensaje”, la cual contiene el valor de una tabla, que posee la serie de mensajes que se deben presentar en pantalla cada vez que se cambia de estado. Estas tablas están de igual manera almacenadas en la memoria de programa del microcontrolador, en la Figura 59 se muestra el número de la tabla que corresponde con el selector de mensaje recibido y la lista de mensaje de formación del texto que se presenta en pantalla. Este proceso se implementó en la rutina de recibir el “selector de mensaje” que se muestra en la Figura 63.

En la pantalla superior se presentan los valores de los diferentes tipo de producción, estos tres contadores son transmitidos cada vez que son modificados o cuando la máquina se inicia

En la Figura 62 se muestra el diagrama de flujo del software de la unidad de despliegue, ésta tiene tres rutinas para recibir los contadores de producción total, acumulado

y parcial. En ellas se trasladan los datos recibidos en el *buffer* de recepción hacia el *buffer* correspondiente al contador.

Para la rutina de actualización de los contadores se transfieren los datos recibidos y almacenados en los tres diferentes *buffers* hacia la pantalla obteniendo la visualización de los contadores.

# de la Tabla	Lista de Mensajes
0	D'19',D'26',01,D'26',02,03,00,D'22',D'23',D'24',D'25',0FFh
1	D'18',D'35',01,D'26',02,03,0FFh
2	D'10',D'34',01,D'26',0FFh
3	D'12',D'13',D'33',D'21',D'33',D'36',D'01',D'26',D'02',D'03',0FFh
4	D'12',D'14',D'33',D'21',D'33',D'36',D'01',D'26',D'02',D'03',0FFh
5	D'15',D'16',D'33',D'21',D'33',D'36',D'01',D'26',D'02',D'03',0FFh
6	D'15',D'17',D'33',D'21',D'33',D'36',D'01',D'26',D'02',D'03',0FFh
7	D'27',D'26',D'28',D'29',0FFh
8	D'30',D'26',D'31',D'06',D'32',D'08',0FFh
9	D'33',D'21',D'33',D'36',D'01',D'26',D'02',D'03',0FFh

Figura 59 Lista de tablas de formación del texto presentado en la pantalla.

Mensaje	Texto del mensaje
0	" ***** U.C.V. ***** ",0Fh
1	" ***** IND. IMMEDIATA 40, C.A. ***** ",0Fh
2	" TLF: 0212 244 09 18, 0412 235 41 92 ",0Fh
3	" EMAIL: inmediata@cantv.net ",0Fh
4	"PROD TOTAL PROD ACUMULADA PROD PARCIAL",0Fh
5	Valor del contador de producción total
6	" **** PRODUCCION ACUMULADA **** ",0Fh
7	Valor del contador de producción acumulada
8	" **** PRODUCCION PARCIAL **** ",0Fh
9	Valor del contador de producción parcial
10	" ***** EMERGENCIA ***** ",0Fh
11	" OBSTACULO O FALLA EN LA MAQUINA ",0Fh
12	" REVISAR ENTRE LAS PLATAFORMAS ",0Fh
13	" ---- Y LAS PINZAS, ERROR # 01 ---- ",0Fh
14	" ---- Y LAS COLMENAS, ERROR # 02 ---- ",0Fh
15	" ***** REVISAR EL PUENTE **** ", 0Fh
16	" ---- SUBIENDO, ERROR # 03 ---- ", 0Fh
17	" ---- BAJANDO, ERROR #04 ---- ", 0Fh
18	" ##### EQUIPO EN MODO DE ESPERA ##### ", 0Fh
19	" ##### EQUIPO EN FUNCIONAMIENTO ##### ", 0Fh
20	" NO PUEDE ARANCAR LA MAQUINA REVISAR ", 0Fh

Figura 60 Tabla de mensajes presentados por pantalla.

Mensaje	Texto del mensaje
21	" LA PRESION DE AIRE ESTA EN 6 BAR ",0Fh
22	" TRABAJO DE GRADO ", 0Fh
23	" de Luis Quiñones ", 0Fh
24	" ESCUELA DE ING. ELECTRICA ", 0Fh
25	" OPCION ELECTRONICA ", 0Fh
26	" ", 0Fh
27	" **** MAQUINA EN MODO DE PRUEBA **** ",0Fh
28	" ** PRESIONE EL BOTON DE INICIO ** ", 0Fh
29	" ** PARA AVANZAR UNA POSICION ** ", 0Fh
30	" **** RESET DE LOS CONTADORES **** ", 0Fh
31	" *** BOTON VERDE ",22h," MARCHA ",22h," *** ", 0Fh
32	" *** BOTON NEGRO ",22h," PARADA ",22h," **** ", 0Fh
33	" **** REVISAR **** ", 0Fh
34	" PARADA DE EMERGENCIA ACCIONADA ", 0Fh
35	" PULSAR ",22h,"MARCHA",22h," PARA ARRANCAR ", 0Fh
36	" SENSORES DE FINAL DE CARRERA ", 0Fh

Figura 61 Continuación de la tabla de mensajes presentados por pantalla.

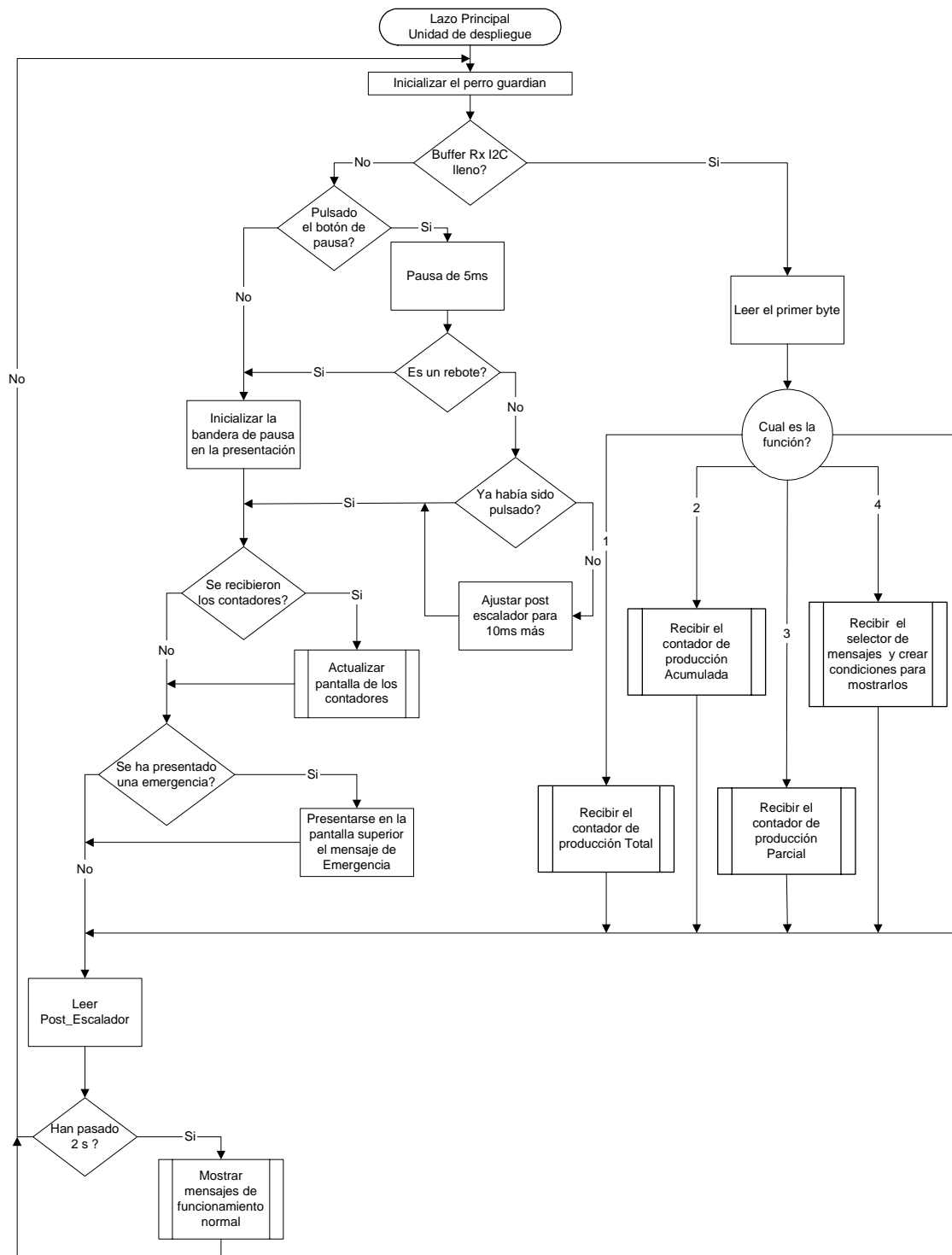


Figura 62 Diagrama de flujo de la Unidad de Despliegue.

Dentro de la información que se presenta en las pantallas se encuentra una lista de mensajes que se muestran en la pantalla inferior. Esta, es rotada cada 2 s ya que es un texto de aproximadamente 8 líneas y es repetido constantemente hasta que cambia de estado o se presenta una emergencia. Todo esto se encuentra en la rutina de “Mostrar mensajes de funcionamiento normal”.

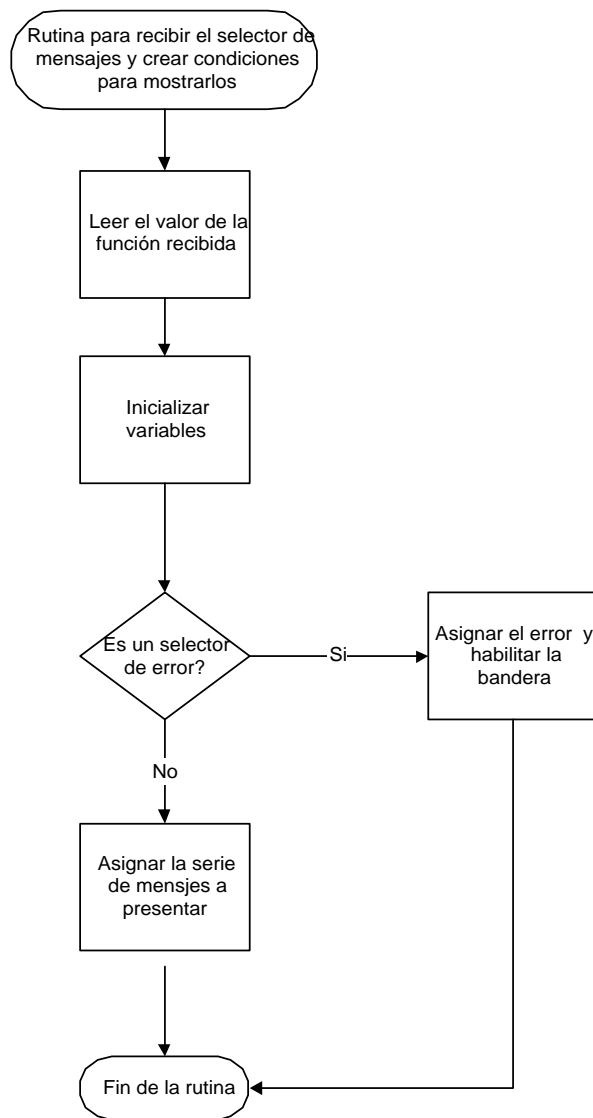


Figura 63 Diagrama de flujo de la recepción del selector de mensaje.

CAPITULO V

PRUEBAS Y VALIDACIONES DEL SISTEMA.

Para asegurar el funcionamiento del sistema de control fue necesario realizar ciertas pruebas para detectar las posibles fallas y corregirlas. Dentro de estas pruebas se encuentran:

Prueba de activación de la etapa de salida:

Para realizar esta prueba se desarrolló un programa en el que se activa un terminal del microcontrolador al ser pulsado un botón. Luego de grabar el programa de prueba en el microcontrolador y alimentarlo con $5V_{DC}$ y a la etapa de salida conectada con $24V_{DC}$, se procedió a conectar una de las electroválvulas utilizadas en el sistema neumático. De la experiencia realizada se obtuvo como resultado que la etapa de salida pudo manejar correctamente la carga inductiva de la bobina y los valores obtenidos de corriente de mantenimiento para la bobina fueron los indicados por el fabricante.

Prueba de respaldo de los contadores:

Para realizar esta prueba fue necesario tomar en cuenta que los contadores son respaldados en la memoria no volátil únicamente luego de detectar la presencia de un corte de la alimentación eléctrica, la detección del corte es percibida por la interrupción externa del microcontrolador. Durante el proceso de desarrollo del software del módulo de procesamiento se realizó la rutina para el almacenamiento del contador de producción total y el del contador de producción acumulada. Para realizar la prueba de este módulo de manera independiente del resto de los mismos, se desarrolló una metodología de prueba que no necesita el uso del manejo de la comunicación serial. Se le incorporó al software la activación

de dos salidas para depuración; una de ellas se accionaba al estar almacenado el contador de producción total y la otra salida activada cuando estuviera grabado el contador de producción acumulada. A esas salidas se conectaron dos LEDS. El resultado obtenido fué la iluminación de los LEDS por un breve espacio de tiempo, una vez retirada la alimentación del sistema trayendo como consecuencia que fueron almacenados correctamente los dos contadores. Este resultado fue corroborado una vez culminado el sistema de control en donde se presentó en pantalla el valor de los contadores cada vez que se retiraba la alimentación eléctrica.

Prueba de comunicación entre las unidades:

Para el desarrollo de la rutina de comunicaciones con el protocolo I²C entre las unidades de procesamiento y despliegue en la modalidad maestro esclavo, se elaboró un software en el cual se escribía un carácter en la pantalla al recibir la información. Luego de establecer los parámetros del microcontrolador correctamente en la configuración de la comunicación, se realizó la experiencia obteniéndose la presentación por pantalla del carácter transmitido. Lo que dió como resultado el poder establecer el enlace de comunicación entre la unidad de despliegue y la unidad de procesamiento.

Prueba del modo de reset de los contadores y el modo de prueba:

Estos son los diferentes modos que puede manejar solo el supervisor de la máquina dispensadora de cartuchos, dado a que ellos están fuera del funcionamiento cotidiano del equipo. Para el modo de reset de los contadores, se activó el funcionamiento de la máquina simulando la llegada del nido, para poder ir incrementado los contadores, luego se realizó el proceso de modo de inicialización o *reset* obteniéndose de la experiencia la inicialización de los contadores y la repetición de la inicialización de los contadores dado que ocurría un parpadeo en la pantalla, esto fue corregido dado que la escritura innecesaria en la memoria no volátil reduce la vida útil de la memoria.. Con la finalidad de verificar el funcionamiento en

el modo de prueba se colocó la “llave de prueba” en la posición prueba, para configurar el sistema, luego fue pulsando el botón de marcha cada vez que la máquina dispensadora llegaba a un punto donde se detiene, obteniendo el avance progresivo de la máquina dispensadora de cartuchos plásticos.

Prueba de detección de errores en el funcionamiento de la máquina:

El sistema de control es capaz de detectar fallas en la máquina, tales como:

- *Al arrancar el sistema:* si no se posiciona con las dos plataformas debajo de las colmenas y el puente arriba en un período menor de 10 s, es activada la emergencia de la máquina.
- *Cuando una de las plataformas no llega a las pinzas:* al accionarse el pistón que desplaza las plataformas de las colmenas hacia las pinzas y transcurrir un tiempo mayor a 10 s se activa la emergencia.
- *Cuando una de las plataformas no llega a las colmenas:* al accionarse el pistón que desplaza las plataformas de las pinzas hacia las colmenas y transcurrir un tiempo mayor a 10s se activa la emergencia.
- *Al no poder subir el puente:* luego de activada la señal de “subir el puente” y este no llega en 10 s se dispara la alarma.
- *Al no poder bajar el puente:* al igual que en el punto anterior pero en el proceso de bajada del puente, luego de activada la señal de “bajar el puente” y este no llega en 10 s se dispara la alarma.

Todas estas fallas fueron simuladas obteniendo los resultados esperados, se accionó la alarma sonora la cual se apaga pulsando cualquiera de los pulsadores de marcha o parada, se presentó el mensaje correctamente que correspondía con la falla y se reiniciaba el sistema al quitar el pulsador de emergencia.

Prueba de funcionamiento normal o continuo del sistema de control:

El sistema de control se instaló en la máquina dispensadora de cartuchos. Se procedió a alimentar la máquina con aire a presión a 600 kPa, (6 bar), con energía eléctrica y con cartuchos plásticos a las colmenas. Se encendió el equipo y para lograr el funcionamiento total de la máquina se simuló la llegada del nido, dado a que ésta no estaba instalada a la máquina de empaque. Se realizaron mil quinientas entregas, sin que la máquina arrojara un solo error, con lo que se dió por confiable el funcionamiento.

CONCLUSIONES

Luego de realizar el estudio teórico y práctico correspondiente para el desarrollo de este trabajo de grado se llegó a las siguientes conclusiones:

- Con el estudio realizado se logró diseñar e implementar el sistema de control electrónico, basado en el microcontrolador PIC16F873, para la máquina dispensadora de cartuchos plásticos diseñada por la empresa IND. IMMEDIATA 40 C.A.
- El sistema de control desarrollado, puede sincronizar la máquina dispensadora, con la máquina de empaque utilizando un sensor inductivo. Este sensor notifica al sistema de la llegada del nido donde se depositan los cartuchos plásticos, que contienen repuestos para las maquinas de afeitar comercializadas Schick.
- El sistema de control realizado en este trabajo de grado, es un equipo que fue concebido con el fin de poder utilizarlo para automatizar la máquina dispensadora al igual que otras máquinas. El uso de este equipo de control en la máquina dispensadora de cartuchos plásticos confirmó el funcionamiento del sistema desarrollado. Siguiendo las recomendaciones obtenidas durante el proceso de elaboración de este trabajo se puede llegar a un equipo que puede usarse como alternativa para reemplazar a las unidades de control lógico programable comerciales que actualmente se utilizan dentro de la empresa.
- El equipo de control desarrollado puede ser utilizado para realizar la automatización de otras máquinas que necesiten de igual manera sostener una interacción hombre máquina. Para la modificación e implementación de una lógica de funcionamiento dentro de este sistema de control se necesita

conocer la arquitectura del hardware, la estructura del microcontrolador utilizado y el lenguaje de programación, en este caso, lenguaje ensamblador. Más sin embargo, se tiene la ventaja de poder realizar la implementación de un sistema de control con interacción hombre máquina a un costo menor.

- Dentro de la implementación se realizaron dos unidades, las cuales pueden ser utilizadas por separado; se pueden automatizar máquinas que no necesiten la presentación del estado del equipo por pantalla, solamente utilizando la unidad de procesamiento.
- Dado que el sistema almacena la información del contador de producción total y el contador de producción acumulada, únicamente cuando es desconectado a la alimentación eléctrica, se obtiene un rendimiento óptimo de la vida útil de la memoria no volátil del microcontrolador, ya que no se realizan escrituras innecesarias.

RECOMENDACIONES:

Después de haber concluido este trabajo de grado resulta conveniente realizar las siguientes recomendaciones para una posterior continuación del tema.

- Este equipo se puede mejorar añadiendo a la configuración del hardware la programación en el circuito del PIC de manera de no tener que retirar el microcontrolador de la tarjeta de circuito impreso para realizar modificaciones en el funcionamiento de la lógica, sino que se utiliza un conector. De esta manera se bajan los costos de producción utilizando encapsulados de montaje superficial.
- Una alternativa para reducir el tiempo de programación, es utilizar un compilador de lenguaje C para los microcontroladores PIC ya que se puede programar con menos tiempo ya que la programación es mas flexible.
- Incluir un puerto de comunicación RS-232 para transmitir la información almacenada de los contadores, hacia un computador personal con el desarrollo de un software, para llevar una estadística de la producción y un control óptimo del mantenimiento preventivo que necesite el equipo mecánico.
- La implementación de salidas y entradas adicionales en la unidad de despliegue para aumentar el alcance de posibles usos de este equipo de control.
- Para poder utilizar la unidad de procesamiento en maquinas que no posean su propia fuente de poder y que tengan que recibir señales externas, se recomienda hacer un aislamiento galvánico para las señales de entrada como para las de salidas.

- El accionamiento de la parada de emergencia se debería realizar mecánicamente, para evitar posibles fallas en el sistema de control.
- Para la implementación de la etapa de salida, se puede eliminar el diodo 1N5819 y utilizar el que posee internamente el IRF510, para descargar los picos de sobre tensión producidos por la desconexión de la bobina de las electroválvulas.

BIBLIOGRAFÍA

ANGULO USATEGUI, José M, ROMERO YESA, Susana, ANGULO MARTÍNEZ, Ignacio. MICROCONTROLADORES « PIC » DISEÑO PRÁCTICO DE APLICACIONES. SEGUNDA PARTE: PIC 16F87X. ISBN: 84-841-2858-3, Editorial McGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S. A. U. Madrid, España. 2000.

MARTÍN CUENCA, E., ANGULO USATIGUI, J.M., ANGULO MARTÍNEZ, I. MICROCONTROLADORES PIC LA SOLUCIÓN EN UN CHIP. ISBN:84-283-2371-2, Editorial Paraninfo, Madrid, España. 2000.

National Semiconductor. NATIONAL ANALOG AND INTERFACE PRODUCTS DATABOOK. National Semiconductor Corporation. California, USA. Edición 2001.

Microchip. USING THE PICMICRO MSSP MODULE FOR MASTER I²C™ COMMUNICATIONS. Microchip Technology Incorporated, USA.2000

Microchip. MPLAB® IDE, SIMULATOR, EDITOR USER'S GUIDE. Microchip Technology Incorporated, USA. 2000.

Microchip. MPASM USER'S GUIDE WITH MPLINK AND MPLIB. Microchip Technology Incorporated, USA. 1999.

Optrex. DOT MATRIX CHARACTER LCD MODULE USER'S MANUAL. Optrex Corporation.

International Rectifier. GATE DRIVE CHARACTERISTICS AND REQUIREMENTS FOR HEXFET®S An-937 International Rectifier

REFERENCIAS

- [HYDE, 1997] Hyde J., Regue J, Cuspinara A. CONTROL ELETRONEUMÁTICO Y ELECTRÓNICO. ISBN: 84-267-1097-2, Editorial Norgren, Barcelona, España. 1997.
- [AccesNeu, 2002] <http://la-cantina.tripod.com/documentos/AccesNeu.doc>
<http://la-cantina.tripod.com/mas.html>. 2002
- [FESTO, 1998] Festo AG & Co. CATÁLOGO DE NEUMÁTICA 98 FESTO. Festo AG & Co. 2da Edición. 1998.
- [Microchip, 2001] Microchip. PIC16F87X DATA SHEET. Microchip Technology Incorporated. <http://www.microchip.com/>. 2001.
- [Milá, 2001] Milá de la Roca, J. M. DISEÑO DE EQUIPOS ELECTRÓNICOS. ED.MIL. Caracas. Venezuela. 2001.
- [IRF, 2003] International Rectifier. IRF510 DATA SHEET. © Copyright 1995-2003 International Rectifier. <http://www.irf.com/>.
- [ONSEMI, 2000] ON Semiconductor TM. IN5819 DATA SHEET. © Semiconductor Components Industries, LLC, 2000. <http://www.onsemi.com/>.

[SANYO, 1997] Sanyo. *LC7985N DATA SHEET*. Sanyo electronic Co., Ltd. Semiconductor Business Headquarters, Tokyo. Japon. 1997
http://www.mil.ufl.edu/4744/docs/lcd_controller_7985.pdf

ANEXOS