

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO ELECTRÓNICO
QUE OPERE COMO UN MÓDULO NEUMÁTICO SECUENCIAL**

SAÚL ALFREDO ERAZO VÁSQUEZ

ELMER ANDRÉS MOLINA ARANGO

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar
por el título de Ingeniero en Mecatrónica**

Director

JOSÉ AGUSTIN MURIEL ESCOBAR

Ingeniero Mecánico, M.Sc

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

FACULTAD DE TECNOLOGÍAS

INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

PEREIRA

2010

Nota de aceptación:

Firma del Director

Firma del jurado

Firma del jurado

INTRODUCCIÓN

Cuando se habla de un módulo secuencial paso a paso neumático se hace referencia a un sistema que permite desarrollar funciones de forma continua con elementos que trabajan con aire comprimido. Los mandos neumáticos están constituidos por elementos de señalización, elementos de mando y elementos de trabajo. Los elementos de señalización y mando, modulan las fases de trabajo de los elementos y se denominan válvulas.

Los sistemas neumáticos están constituidos por:

- Elementos de información.
- Órganos de mando.
- Elementos de trabajo.

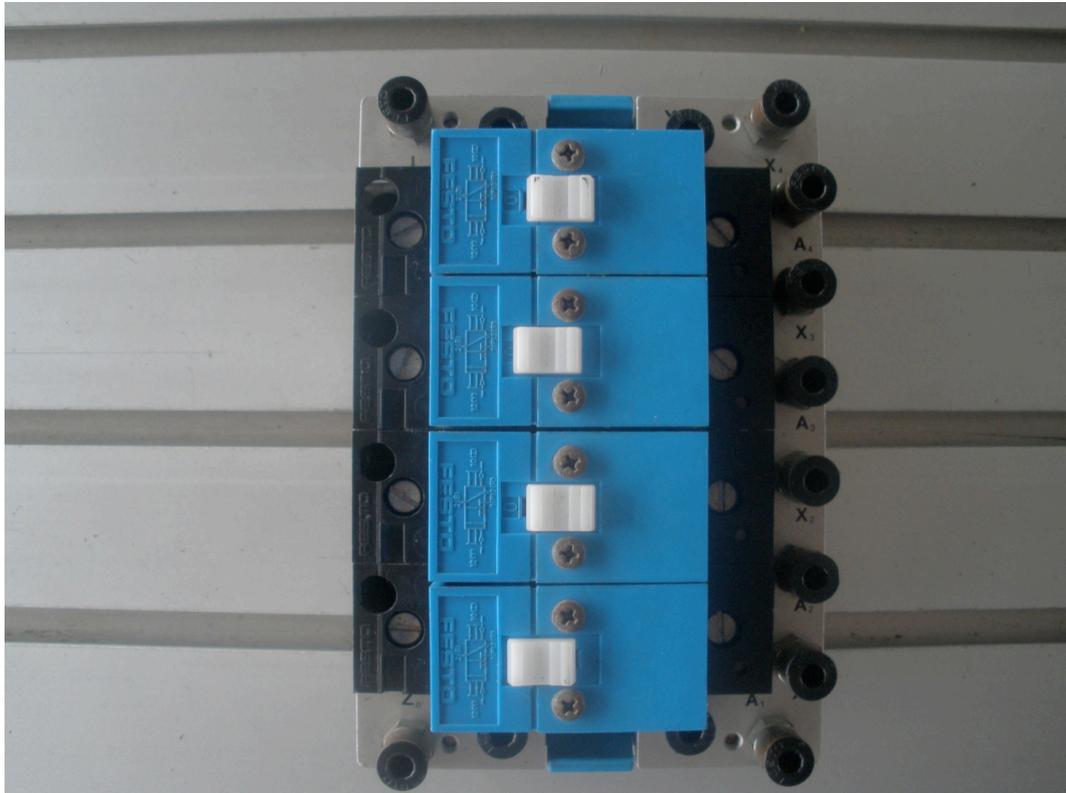
Para el tratamiento de la información de mando, es preciso emplear aparatos que controlen y dirijan el fluido de forma preestablecida, lo que obliga a disponer de una serie de elementos que efectúen las funciones deseadas relativas al control y dirección del flujo del aire comprimido.

Con base en un dispositivo electrónico que opere como módulo secuencial neumático, es necesario plantear una serie de soluciones que conlleven a un proyecto donde, utilizando componentes de electrónica, se realicen de manera correcta los diversos planteamientos y/o pasos de dicho requerimiento.

Un bloque o cadena secuencial consiste en un cierto número de elementos memorizadores alineados, llamados unidades secuenciales o (paso a paso), los cuales se encuentran conectados entre sí, de forma que un paso de conmutación tenga lugar tan solo cuando le corresponda el turno, es decir, el paso precedente de una cadena prepara el siguiente paso, tan solo el acuse de recibo de un movimiento ya ejecutado (final de carrera accionado) pone en funcionamiento el siguiente paso de conmutación.

A continuación se muestra el módulo secuencial neumático. Ver figura 1

Figura 1. Bloque neumático secuencial marca Festo (Parte física)



Fuente: Área Automatización Sena Centro Diseño e Innovación Tecnológica Industrial. Dosquebradas. Risaralda

El funcionamiento básico del módulo secuencial se puede resumir de la siguiente forma:

- La secuencia de operaciones a realizar, determina cuántos módulos secuenciales se necesitan.
- Existen dos tipos de módulos, así: el tipo “B” es el módulo principal o “maestro”; mientras que el tipo “A” es el módulo “esclavo”, el cual solo permite expansión de señales de entrada y salida al igual que ocurre en el funcionamiento de un Controlador Lógico Programable (PLC)
- Se consideran señales de entrada en el módulo secuencial neumático a las salidas de las finales de carrera neumáticas que

lleve la secuencia a realizar. Están designadas con las letras X1, X2, X3..Xn

- Las señales de salida están asociadas a los pilotajes de las válvulas 5/2 que comandan los actuadores neumáticos. Están designadas con las letras A1, A2, A3..An
- Después, solo es necesario coordinar las fases del ciclo con la señal y ordenes por cada paso, por lo que se da por concluido el sistema de mando.

El módulo secuencial neumático, posee funciones lógicas internas, las cuales serán reemplazadas en el presente proyecto, por señales y pulsos digitales de manera electrónica, teniendo la opción de cambiar su programación de secuencia sin tener que modificar su parte física, además de agregar labores que le permitan al método inicial mejorar tiempos y registros; todo esto realizado de forma independiente.

Adicionalmente, las señales de entrada del módulo propuesto, se reemplazarán por sensores o finales de carrera eléctrico; mientras que las señales de salida van a ser las solenoides de las electroválvulas que comandan los actuadores.

La decisión de implementar los sensores inductivos, se debió a su bajo desgaste, fácil instalación y bajo costo.

Para este proyecto, se plantearon varias alternativas así:

- Emplear un microcontrolador para simular las señales que se usarán para manejar un módulo secuencial electrónico, a través de señales de voltaje de 24 VDC para el accionamiento de la solenoide que va hacia el actuador.
- Utilizar la estructura interna del microcontrolador para realizar cambios en las secuencias en el dispositivo
- Utilizar un teclado matricial de 4 filas x 4 columnas para digitar la secuencia que se quiera implementar; además de una pantalla LCD (*Liquid Cristal Display*) para la visualización de secuencia.

El desarrollo de este proyecto se enfoca en la utilización del micro controlador (16F877) de la familia MICROCHIP del PIC de 8 bits (bus de datos).

Se decidió el uso de este microcontrolador por sus características que permiten trabajar de forma secuencial y continua, además por su fácil adquisición en el mercado, lo cual permite que sea comúnmente

La configuración y lista de comandos y configuraciones interna de pines del micro además la memoria de este se pueden ver en Anexo B.

De otra parte, en el mercado existen algunos secuenciadores neumáticos desarrollados por la empresa multinacional alemana Festo, así:

El microsecuenciador y controlador FSS/FSSC, es un dispositivo con doce pasos de conmutación, especialmente apropiado para ser combinado con el controlador. A cada entrada X_n , le corresponde una salida A_n . Siempre solo una salida recibe presión en concordancia con la secuencia de los pasos de conmutación. En este caso, las demás salidas están abiertas. El funcionamiento del microsecuenciador es seguro, ya que el siguiente paso únicamente puede producirse si concluyó la ejecución del otro y si se produjo la confirmación respectiva. Si la entrada L recibe impulsos cortos, se bloquea la salida A. (Ver figura 3)

Figura 3. El microsecuenciador y controlador FSS/FSSC



Fuente: www.festo.com/catalogue

Otro elemento a nivel de secuenciadores neumáticos, es la unidad de control local DLP-VSE, la cual permite controlar el funcionamiento de actuadores utilizados en la industria de procesos. Tiene mando de seguridad con interruptor giratorio de llave y una conexión de emergencia para el aire comprimido (Ver figura 4)

Figura 4 Unidad de control local DLP-VSE



Fuente: www.festo.com/catalogue

OBJETIVOS PROPUESTOS

OBJETIVO GENERAL

- Diseñar y construir un dispositivo electrónico que permita llevar a cabo tareas similares a las de un módulo paso a paso neumático.

Además se plantearon como objetivos específicos:

- Diseñar y construir el esquema electrónico, realizar el circuito, ensamblar sus componentes
- programar el microcontrolador PIC 16F877 para que realice las funciones básicas de un módulo secuencial neumático
- Comparar el módulo secuencial neumático existente y el modelo de secuenciador propuesto en este proyecto

METODOLOGIA

Los elementos de la metodología propuesta, son:

1. **Tipo de investigación:** el presente trabajo se enmarca dentro del área experimental.
2. **Instrumentos para recolección de la información:** para lograr éste propósito, fue necesario:
 - Trabajar en el Aula de Procesos Automatizados y Manufactura del Centro de Diseño e Innovación Tecnológica Industrial del Sena en el municipio de Dosquebradas. Risaralda.
 - Trabajar sobre la base y la secuencia de un módulo paso a paso neumático de versión didáctica de la empresa FESTO.
3. **Plan de análisis.** Comprende:
 - Estudio y análisis planos, catálogos, tarjetas electrónicas, etc.
 - Análisis de la información.
 - Planteamiento y diseño de la tarjeta de control.
 - Estudio de la estructura del microcontrolador 16F877.
 - Realizar pruebas de funcionamiento con el microcontrolador 16F877.
 - Diseño del circuito electrónico para simulación e implementación del módulo pasó a paso de la secuencia neumática con el microcontrolador 16F877.
 - Realización de pruebas y toma de datos obtenidos resultado de la implementación del control.

Para el logro de estos objetivos el plan de trabajo se ha dividido en seis capítulos, así:

En el **capítulo 1**, se describe el módulo secuencial neumático objeto de análisis.

En el **capítulo 2**, se presenta el marco teórico dentro del cual se realizó el proyecto, al igual que la metodología empleada para el desarrollo del mismo.

En el **capítulo 3**, se desarrolla el planteamiento del problema, su descripción y justificación.

En el **capítulo 4**, se presenta el desarrollo de la solución, haciendo énfasis en la elaboración de la tarjeta electrónica, montaje de componentes y el desarrollo de la programación del microcontrolador por medio del computador.

En el **capítulo 5**, se presentan los resultados obtenidos, al igual que su análisis y evaluación.

En el **capítulo 6**, se presentan las conclusiones y recomendaciones derivadas de los resultados obtenidos en el desarrollo del trabajo.

1. DESCRIPCIÓN DEL MÓDULO SECUENCIAL NEUMÁTICO

En este capítulo, se describen brevemente las características del módulo paso a paso, su funcionamiento en diagramas de estado y fases de movimiento.

Con el comienzo de la industrialización, en el siglo XIX, los aparatos operados con aire comprimido se utilizaban sobre todo en la construcción de carreteras y en la minería. La neumática se ha convertido en un elemento imprescindible en la industria moderna; en muchos lugares pueden encontrarse máquinas y autómatas accionados por aire comprimido que, por ejemplo, ensamblan o clasifican diferentes piezas individuales y embalan mercancías.

Para ello, se dispone de cilindros neumáticos, válvulas manuales, y módulos de secuencias, incluso pueden programarse y controlarse a través del computador

La reciente aparición de la microelectrónica (técnicas de integración a gran escala), el desarrollo de la Automática y los nuevos tipos de tecnología informática, en especial los microcomputadores, han permitido, abrir una brecha tecnológica por donde están empezando a emerger nuevas generaciones de sistemas de control que han elevado considerablemente la rentabilidad del control y su ámbito de aplicación; por esta razón se abarcan dos temas como la neumática y la electrónica que ofrecen nuevas posibilidades a la hora de construir modelos de secuencias neumáticamente controladas y aplicaciones en donde se combinan estas dos importantes ramas de la automatización.

Una electroválvula es un elemento diseñado para permitir el paso de un fluido a través de un conducto como puede ser una tubería; solamente tiene dos estados: abierto y cerrado. (Ver figura 5)

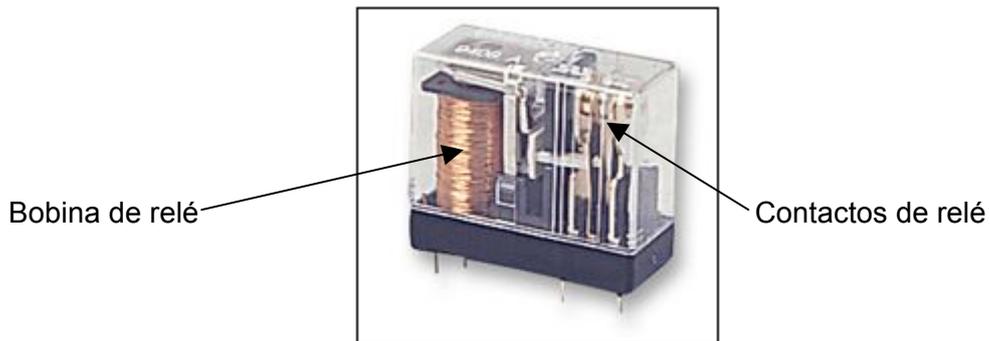
Figura 5. Electroválvula neumática monoestable



Fuente: <http://www.andrewsmachine.com/images/Festo9982.jpg>

También es de uso común, el relé o relevador, el cual es un dispositivo electromecánico, que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes (ver figura 6)

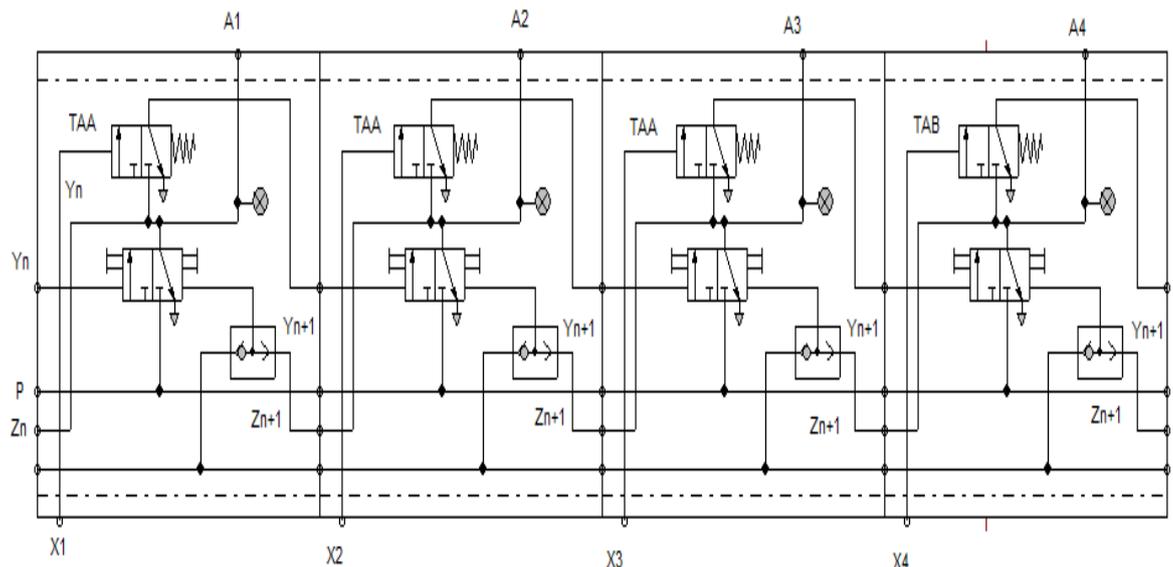
Figura 6. Relé o relevador



Fuente: <http://img81.imageshack.us/img81/9251/relespstun6.jpg>

El bloque secuencial neumático tiene una representación de diagrama en su estructura interna que funciona en bloques en su parte operativa (ver figura 7).

Figura 7. Estructura interna del bloque neumático secuencial

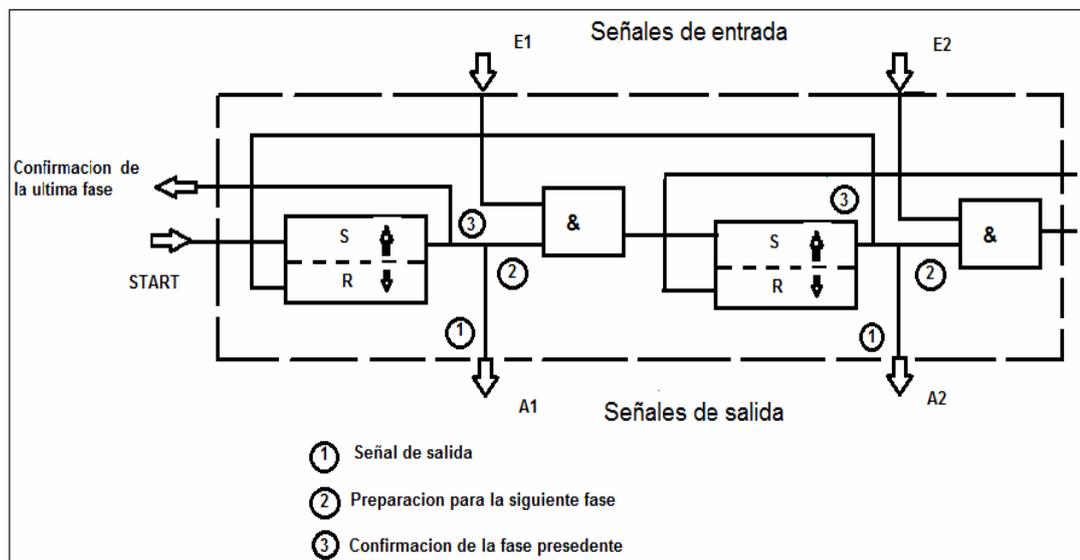


Fuente: Libro: Introducción a la técnica de mando. Festo Didactic

1.1 ESTRUCTURA BÁSICA Y FORMA DE FUNCIONAMIENTO DE UNA CADENA SECUENCIAL.

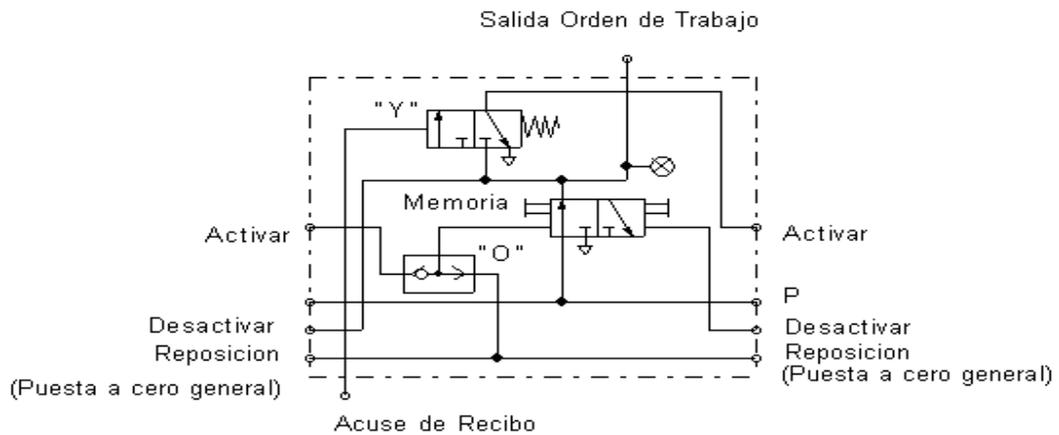
Una cadena secuencial está compuesta de diferentes pasos que contienen siempre las mismas funciones lógicas para su funcionamiento. Ver figura 8.

Figura 8. Cadena secuencial



Fuente: Introducción a la técnica de mando. Festo

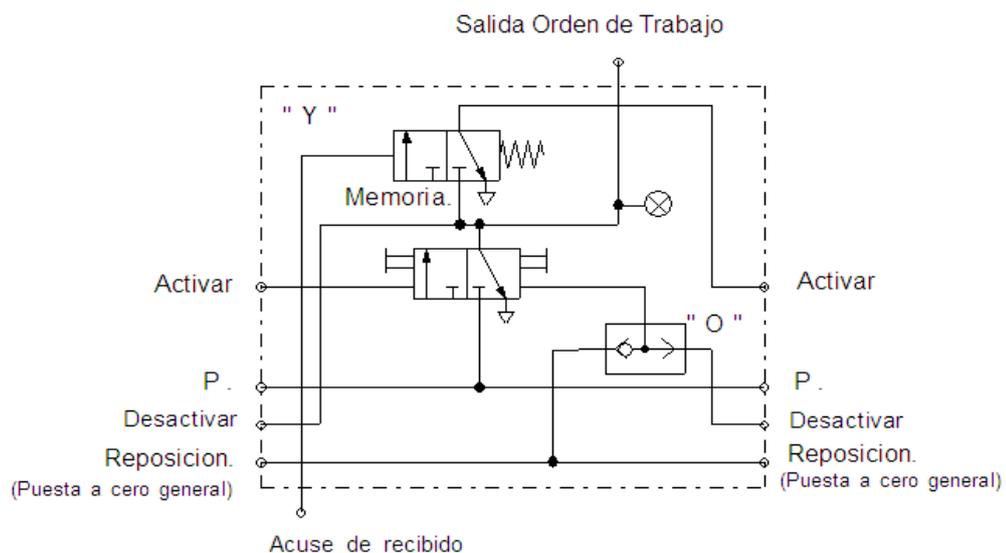
Figura 10. Esquema según DIN/ISO 1219



Fuente: Introducción a las técnicas de mando. Festo

El funcionamiento del mando secuencial-activación y reposición de las memorias en el orden correcto se consigue y asegura por la combinación de una válvula de impulsos (memoria de retención) de un módulo "Y" y un módulo "O" (para la activación y desactivación de la memoria). (Ver figura 11)

Figura 11. Esquema normalizado según DIN

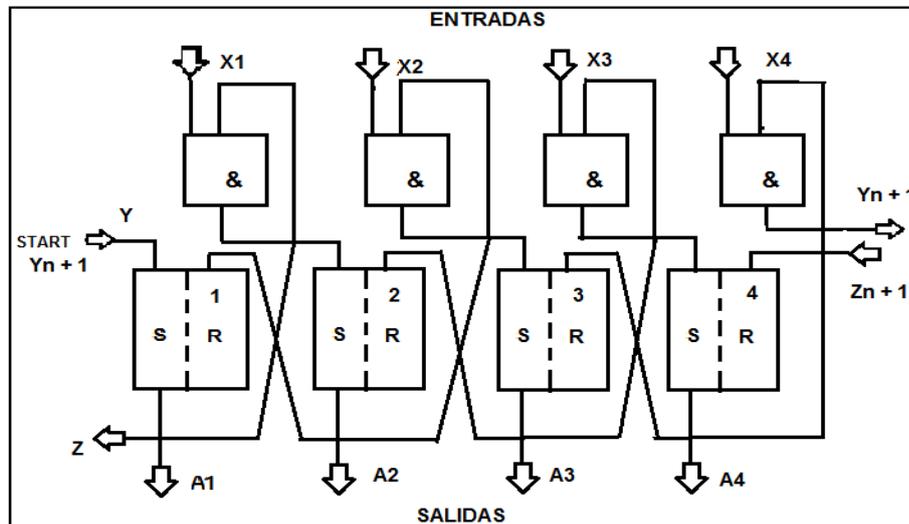


Fuente: Introducción a las técnicas de mando Festo

1.2.1 FORMA DE FUNCIONAMIENTO DE LA CADENA SECUENCIAL

La secuencia de un mando se modela a través de una cadena secuencial que permite referenciar el módulo de trabajo y comprobar su estado. (Ver figura 12)

Figura 12. Forma de funcionamiento de la cadena secuencial



Fuente: Libro Técnicas de mando secuencial. Festo Didactic

A través de una señal en Y como inicio (START) se activa la primera memoria. Su señal de salida prepara el primer módulo Y . Si en la entrada X_1 espera una señal como acuse de recibo de una orden de trabajo realizada con éxito, y que fue provocada por la salida A_1 , se activa la segunda memoria, es decir se dispone de la salida A_2 . (Ver figura 12 anterior)

Esta señal de salida provoca lo siguiente:

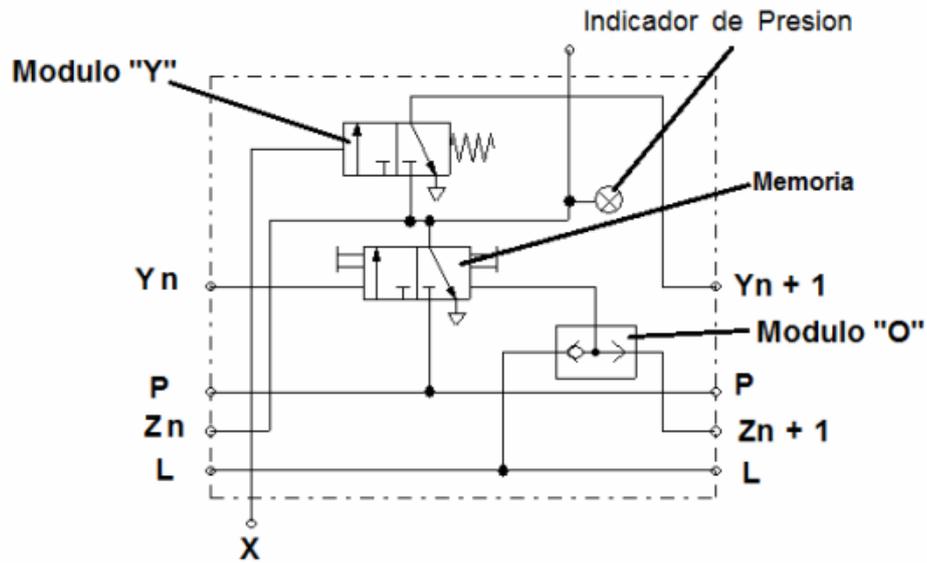
1. Preparación del siguiente paso (Segundo módulo "Y")
2. Desactivación del paso precedente.
3. Emisión de una orden de salida

Esta función triple es ejecutada por cada fase secuencial.

- En las cadenas de mando secuenciales están normalizadas, dos tipos de unidades tipo (A) y tipo (B).

Las unidades tipo (A). (Ver figura13)

Figura 13. Unidad normalizada tipo A



Fuente: Introducción a las técnicas de mando. Festo Didactic

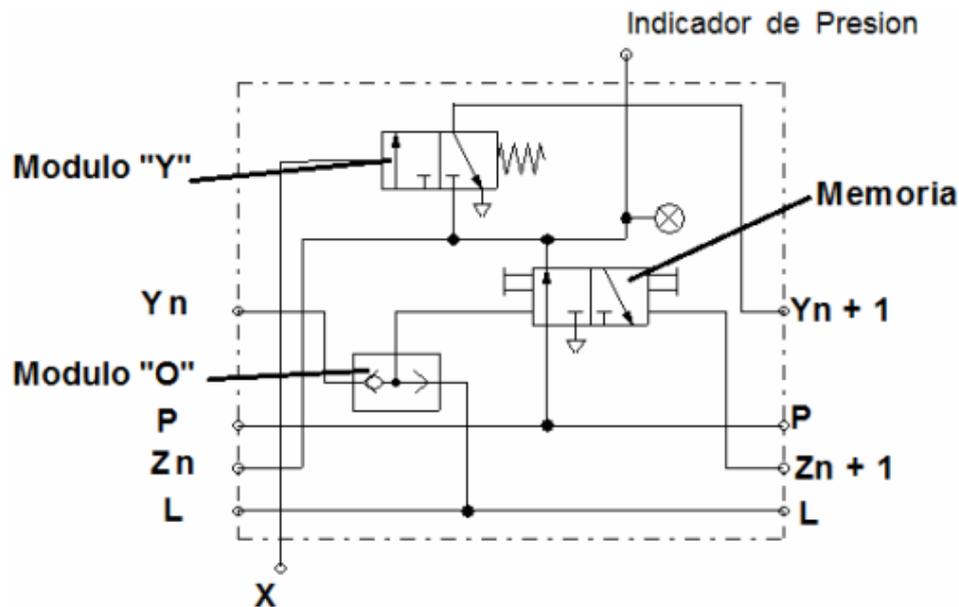
Esta unidad A, recibe a través de Y_n , una señal de entrada que activa la memoria, en la que se encuentra aire en la conexión P, con esto:

- Se provoca la señal de salida A
- Se prepara la entrada del módulo "Y" para el siguiente paso
- Se conecta la indicación de presión de señal de salida
- Se desactiva la memoria del paso conectado anteriormente a través de la conexión Z_n .

Cuando llega en X una señal de acuse de recibo, (por ejemplo al entrar o salir el vástago de un cilindro), la orden a través de la salida A, en el módulo "Y" se ha cumplido la conjunción, y la memoria conectada a continuación es activada. De esta forma se suceden el orden correcto y por pasos las secuencias correspondientes de la cadena de desarrollo. Esta unidad A es el elemento básico de la cadena de fases secuenciales

Las unidades tipo (B). (Ver figura 14)

Figura 14. Unidad normalizada tipo B



Fuente: Introducción a las técnicas de mando. Festo Didactic

1.2.2 ELEMENTOS DE LA CADENA SECUENCIAL

El mando secuencial es un desarrollo perfeccionado y consecuente a las técnicas antiguas de mando.

Cada unidad de paso secuencial consta de una memoria con comportamiento de retención, una placa intermedia lógica con módulo "Y" integrado (para activar), un módulo "O" (para desactivar) y una placa con las conexiones

La placa de conexión contiene los canales para la alimentación central de aire P y la reposición general L, además las uniones internas para "activación" y "desactivación" están integradas.

De cada unidad salen al exterior tan solo dos conexiones de diámetro nominal a 3 mm.

Se denomina A, la conexión para la señal y a X la conexión para la señal de acuse de recibo.

En la figura 15, se observa la vista general del bloque neumático secuencial con el cual se trabajará a lo largo del presente proyecto; su fabricante es la empresa alemana Festo.

Figura 15. Estructura física de una módulo secuencial neumático



Fuente: Área Automatización Sena Centro Diseño e Innovación Tecnológica Industrial. Dosquebradas. Risaralda

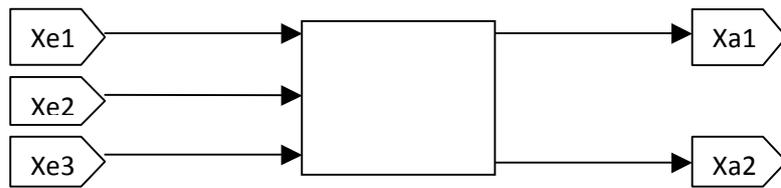
1.3 DESCRIPCIÓN DE LAS FASES DE MANDO SECUENCIAL

El mando es un dispositivo que sirve para gobernar grandes energías empleando otras menores, además es un conjunto de órganos con los cuales es modificada, por lo general es automáticamente, la potencia de una máquina o su funcionamiento

Como apoyo a lo expuesto, la Norma DIN 19226, describe a las técnicas de mando como un “fenómeno engendrado en el interior de un sistema, durante el cual uno o varios parámetros considerados de entrada, actúan sobre, según leyes propias del sistema, otros parámetros, considerados de salida.”

Este sistema está simplificado en un bloque. Los parámetros de entrada (representados por $X_e...$, en la figura 16), introducen las señales de información, son tratadas y restituidas bajo la forma de parámetro de salida, designados por $X_a...$ estos últimos intervienen entonces en el gobierno directo de flujo energético considerado.

Figura 16. Introducción de señales



Fuente: Introducción a las técnicas de mando Festo

Expresión general $X_a = f(X_e)$

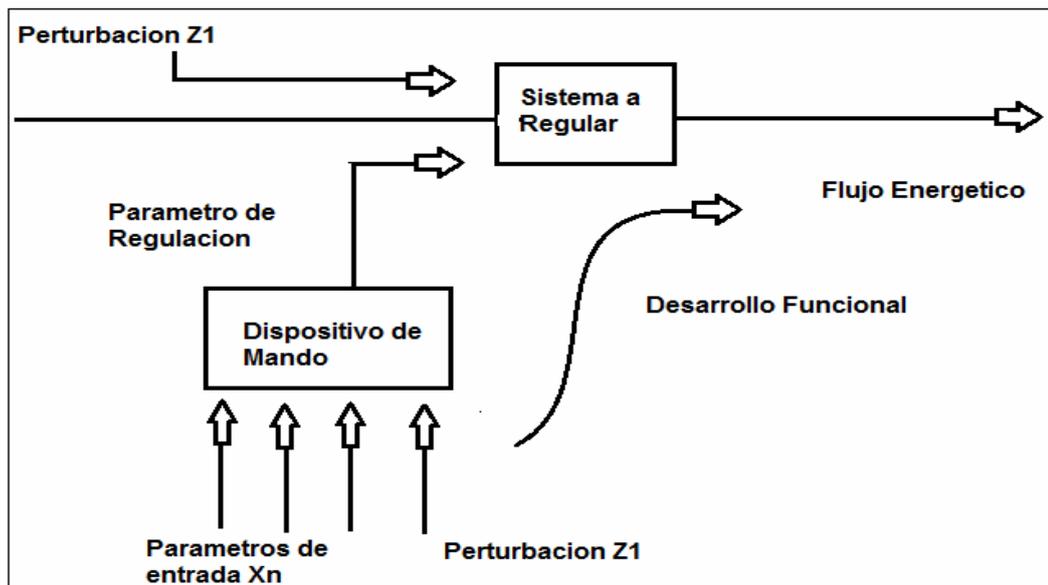
Donde,

X_a = Entradas

X_e , = Salidas

El esquema de principio de la figura 17, da una visión más amplia del mando propiamente dicho, con el dispositivo de control.

Figura 17. Esquema principal de mando.



Fuente: Introducción a las técnicas de mando Festo

En las técnicas de mando también son importantes las señales de información, se representan por el valor o variación de una característica física. Esta variación puede afectar a la transmisión, el tratamiento o la memorización de informaciones.

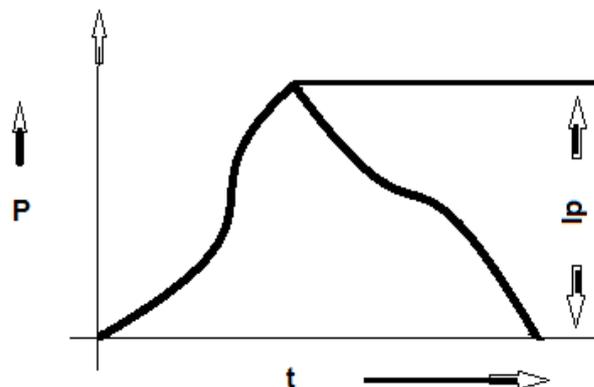
1.3.1 Señal analógica.

Es una señal de entrada, en la cual están coordinadas punto por punto diferentes informaciones en un campo continuo de valores del parámetro de señales de salida

El contenido de informaciones I_p (Parámetro de informaciones), de estas señales puede, pues adoptar dentro de ciertos límites en un valor cualquiera.

Cuando se considera una presión variable de manera continua de 0-600 kPa (0 a 6 bar), puede atribuirse a cada valor intermedio de la zona considerada una señal bien determinada (figura 18)

Figura 18. Señal binaria



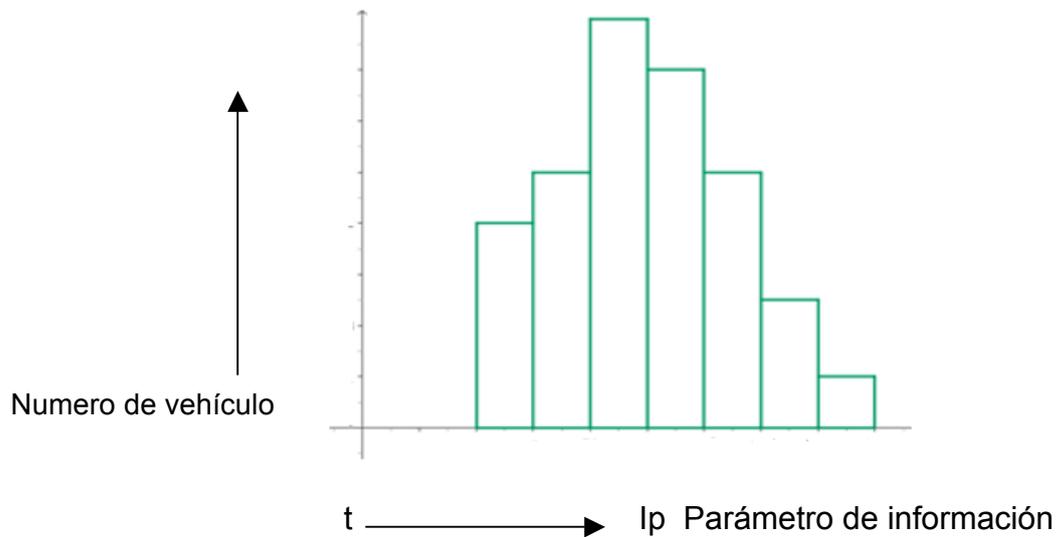
IP = Parámetro de informaciones

Fuente: Área Automatización Sena Centro Diseño e Innovación Tecnológica Industrial. Dosquebradas. Risaralda

1.3.2 Señal Discreta.

Son señales cuyo parámetro de informaciones (I_p), solo puede adoptar un número de valores dentro de determinados límites. Los valores no tienen relación alguna entre sí, a cada valor le corresponde una determinada información. Para poner un ejemplo, se utilizará la densidad del tráfico según las horas del día. Ver Figura 19

Figura 19. Señal discreta.

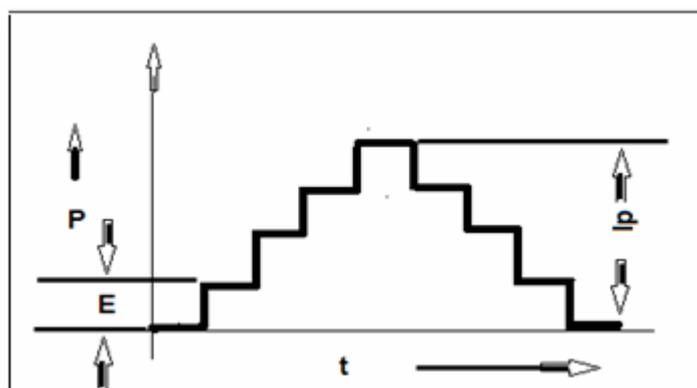


Fuente: Autores

1.3.3 Señal digital.

Una señal digital es una información discreta con un número definido de valores de parámetros de señales I_p , a cada uno le corresponde unos datos bien determinados, pero la diferencia de que los valores son un múltiplo de un número entero de la unidad de base E . (Ver figura 20).

Figura 20. Señal digital.

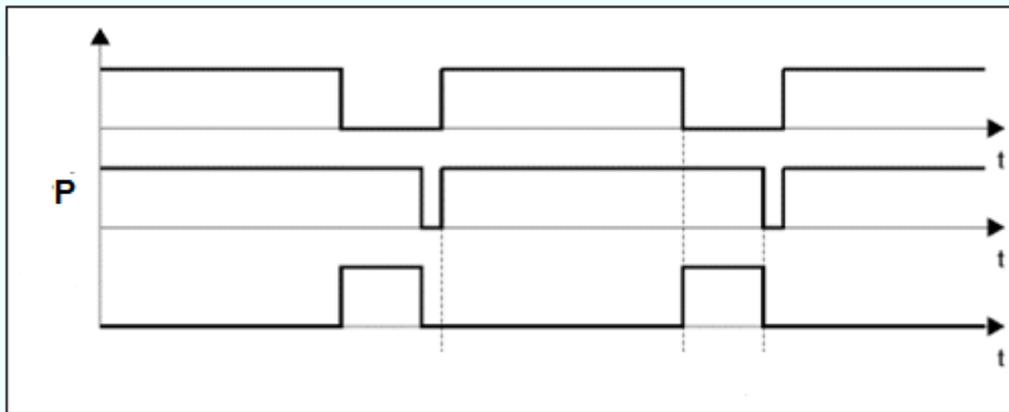


Fuente: Autores

1.3.4 Señal binaria.

Una señal Binaria es una señal digital con solo dos valores del parámetro de señales, se trata, pues, de una información con dos datos, por ejemplo MARCHA—PARO, SI—NO, 1—0 (ver figura 21)

Figura 21. Señal binaria.

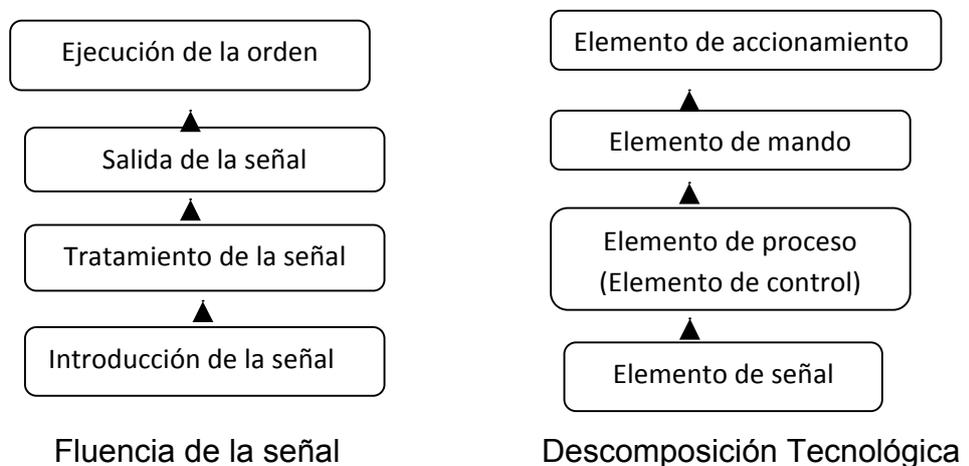


Fuente: Autores

1.4 DESCOMPOSICIÓN DE UNA UNIDAD DE MANDO

En los apartados precedentes se han presentado el dispositivo de mando como un bloque cerrado. Este bloque se puede descomponer detalladamente, además se desprenden el sentido de fluencia de señales. La figura 22, se muestra una especificación de este.

Figura 22. Sentido de fluencia de señales



Fuente: Autores

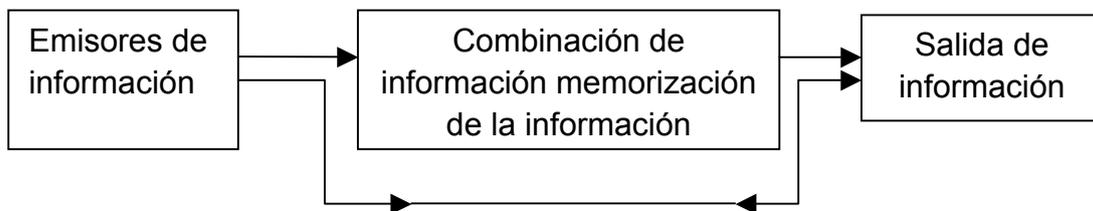
Este esquema de fluencia de señales muestra el recorrido de una señal desde su introducción, pasando por su tratamiento, hasta la salida de la señal. En el diseño del circuito conduce la especificación reseñada a una separación generalizada entre el tratamiento de la señal y la parte de mando de accionamiento.

1.4.1 Los grupos principales de un mando secuencial.

Las tareas de mando tienen como objetivo determinar el desarrollo de las funciones consecutivas; un mando deriva de varias cadenas de control. Una cadena de mando tiene tres grupos principales, además de la alimentación de energía.

Los grupos principales de mando se dividen de forma tal, que separe el flujo de la señal e información y en estas pueden diferenciarse entre si claramente los grupos principales. (Ver figura 23)

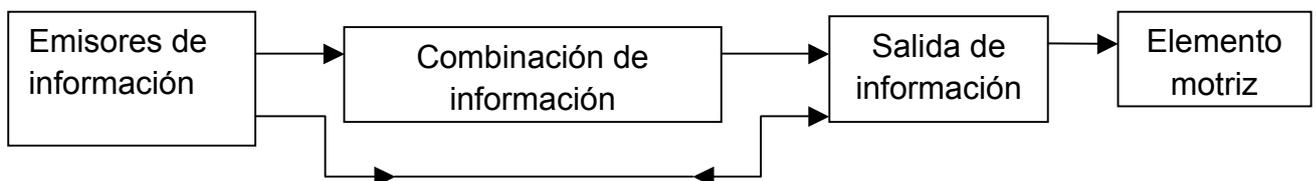
Figura 23. Flujo de información con los tres grupos principales de mando:



Fuente: Autores

En la siguiente figura se ilustra cómo están designados los grupos de los elementos para su operación. (Ver figura 24)

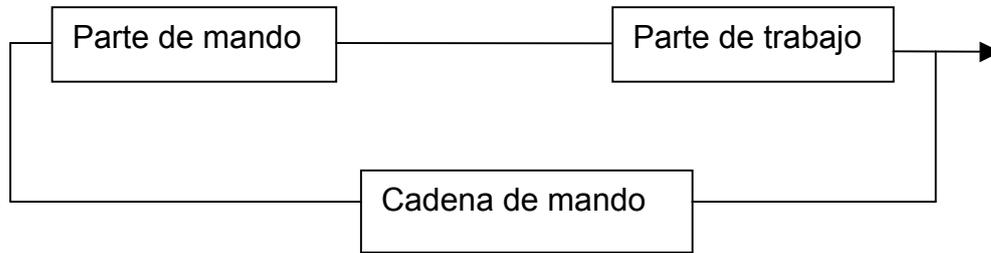
Figura 24. Designación de los grupos de elemento



Fuente: Autores

La separación de las partes de mando y trabajo en el modulo secuencial se observa en la (figura 25)

Figura 25. Separación de las partes de mando y trabajo

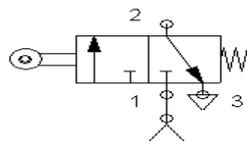


Fuente: Autores

1.4.2 Módulos de señal de entrada

Son las válvulas distribuidoras 3/2 accionadas por fuerza muscular, mecánica o a presión, o bien interruptores de aproximación así como los obturadores de fuga, detectores de proximidad por reflexión y barreras de aire que permiten la circulación de algún tipo de fluido por medio de sus conductos internos. Ver figura 26

Figura 26. Válvula 3/2 distribuidora

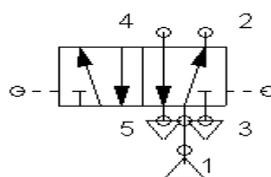


Fuente: Introducción a las técnicas de mando Festo

1.4.3 Módulos de mando

Corresponden a las válvulas distribuidoras 5/2 accionadas neumáticamente con dimensión normal pequeña, así como válvulas de bloqueo, presión y caudal que realizan el cambio de conmutación para que se pueda complementar la acción de secuencia. Ver figura 27

Figura 27. Válvula 5/2 Distribuidora



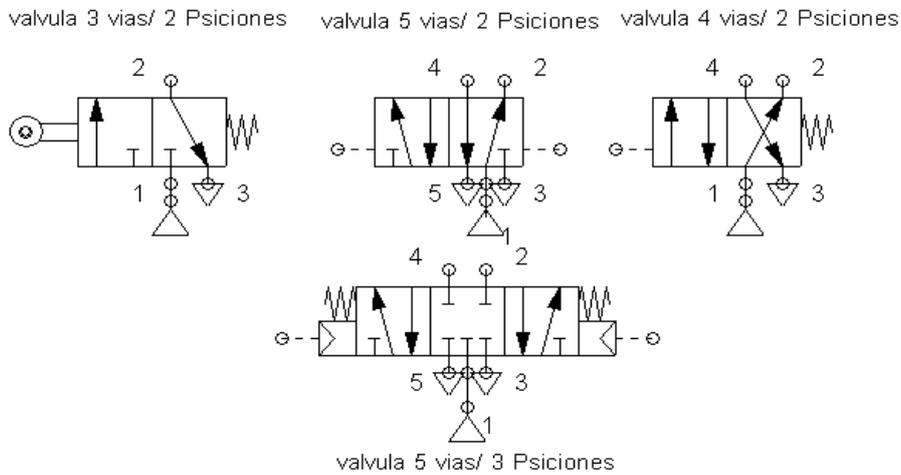
Fuente: Librería *software* FluidSim de Festo

1.4.4 Módulos de potencia o válvulas de trabajo

Son válvulas distribuidoras 3/2, 4/2, 5/2, 5/4, accionadas neumáticamente

(Ver figura 28)

Figura 28. Válvulas de trabajo



Fuente: Librería *software FluidSim* de Festo

1.4.5 Elementos de trabajo de una secuencia

Corresponden a cilindros de simple o doble efecto, unidades de alimentación neumático-hidráulica, que se encargan de realizar las tareas de esfuerzo que son ordenadas desde los módulos de mando y módulos de señal para labores específicas de trabajo. Ver figura 29 a y 29 b

Figura 29 a. Actuador de simple efecto

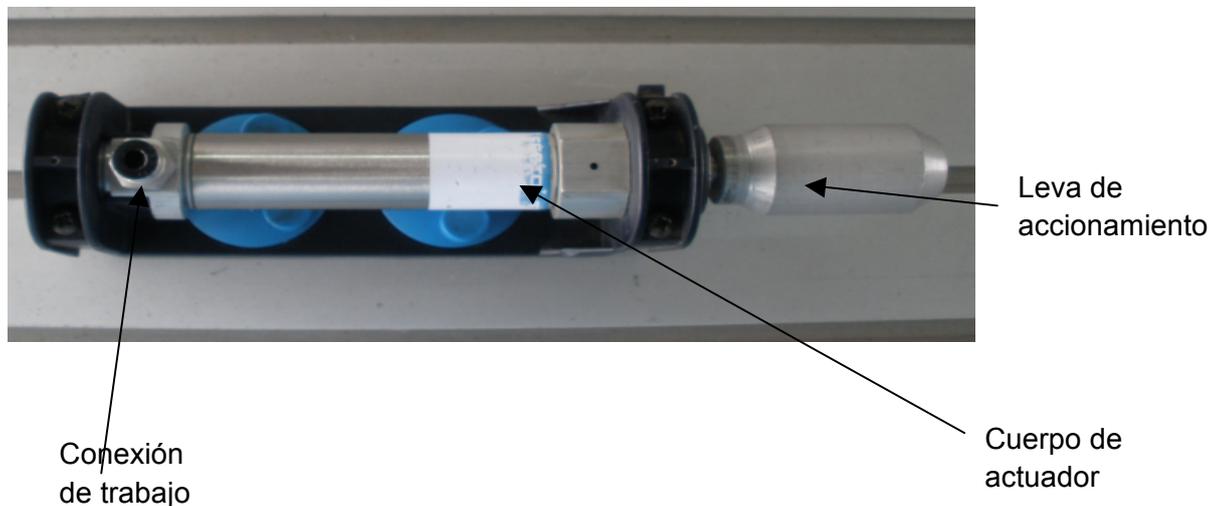
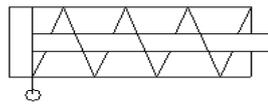


Figura 29 b. Simbología del actuador de simple efecto



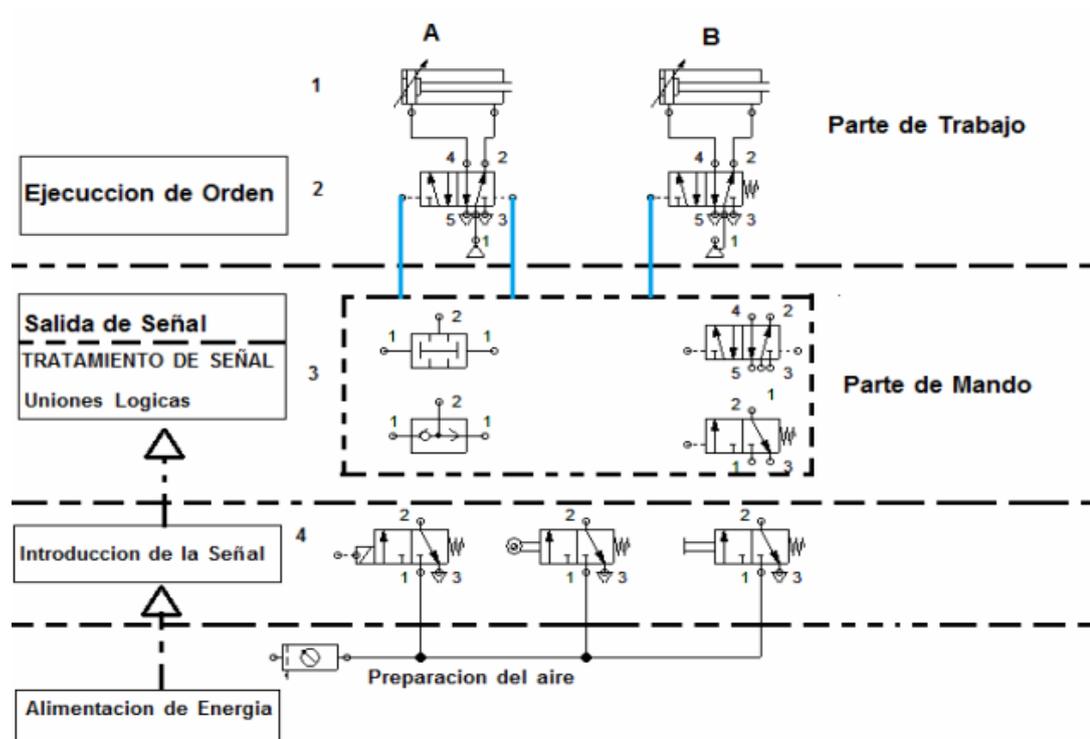
Fuente: Área de Automatización del Sena Centro de Diseño e Innovación Tecnológica Industrial. Dosquebradas. Risaralda

1.5 DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO.

Un mando consta de una o varias cadenas de control, una cadena de mando tiene tres grupos principales además de la alimentación de energía.

Un diagrama de funcionamiento de un circuito neumático o electro-neumático, se emplea para representar la secuencia de movimiento que tendrá cualquier elemento de trabajo de este, como lo son los actuadores (motor, cilindro etc.), así como también la de los elementos de mando que intervienen en la secuencia. (Ver figura 30)

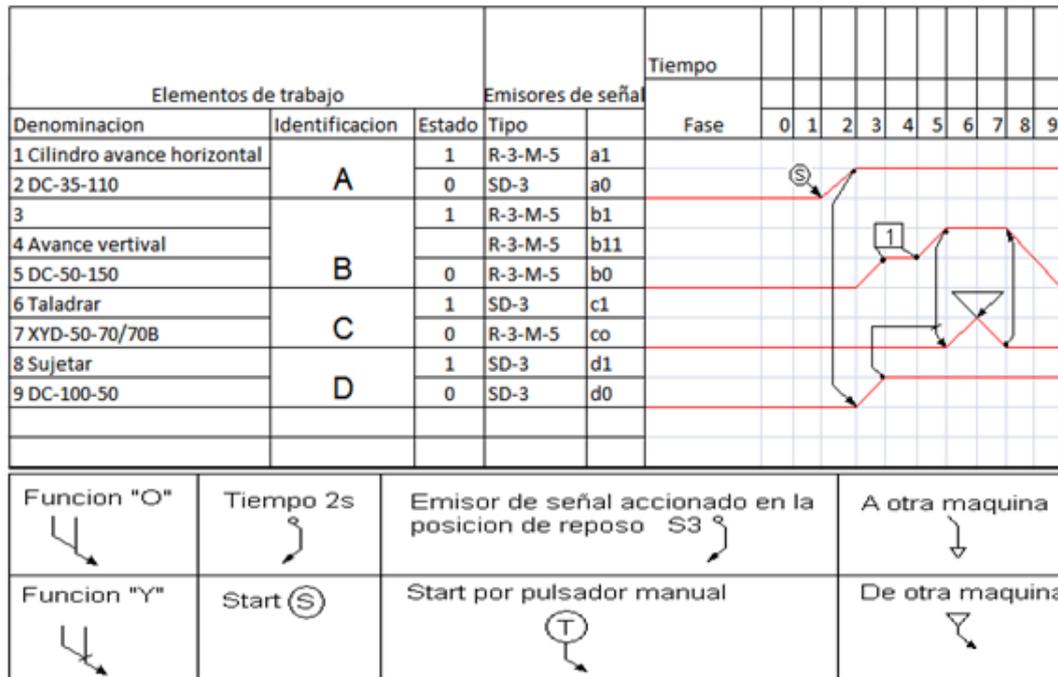
Figura .30 Diagrama de circuito neumático



Fuente: Introducción a la técnica de mando. Festo Didactic

Los circuitos de mando se dividen en elementos de mando,(módulos de señal , módulos de mando y elementos de trabajo (módulos de trabajo y elementos motrices). Ver figura 31

Figura 31. Estructura del diagrama de desplazamientos/fase según VDI 3260



Fuente: Introducción a las técnicas de mando Festo

Por lo general para representar el desarrollo del funcionamiento se recurre a un diagrama de funciones o desplazamientos, cuando se trata de circuitos en los que interviene un solo elemento de trabajo, como por ejemplo un cilindro, el diagrama de funcionamiento no es tan necesario a menos de que existan fases en que debe variar el tiempo de avance o retroceso del vástago y deseen reflejarse estas particularidades sobre el diagrama.

Para la realización de un mando es condición básica imprescindible, el planteamiento exacto del funcionamiento.

El diagrama de desplazamientos/fase, es una representación grafica clara y fácilmente comprensible del desarrollo de los movimientos de uno o más elementos de trabajo. El proyectista, determina el desarrollo de los movimientos de la máquina o dispositivos en el diagrama desplazamientos/fase y con esto hace posible la comprensión mutua de

todos aquellos que intervenga en la planificación y ejecución de la instalación.

1.5.1 DIAGRAMA DE MOVIMIENTOS

El diagrama de movimientos de un ciclo neumático o electro-neumático puede estar formado por uno de los diagramas expuestos a continuación:

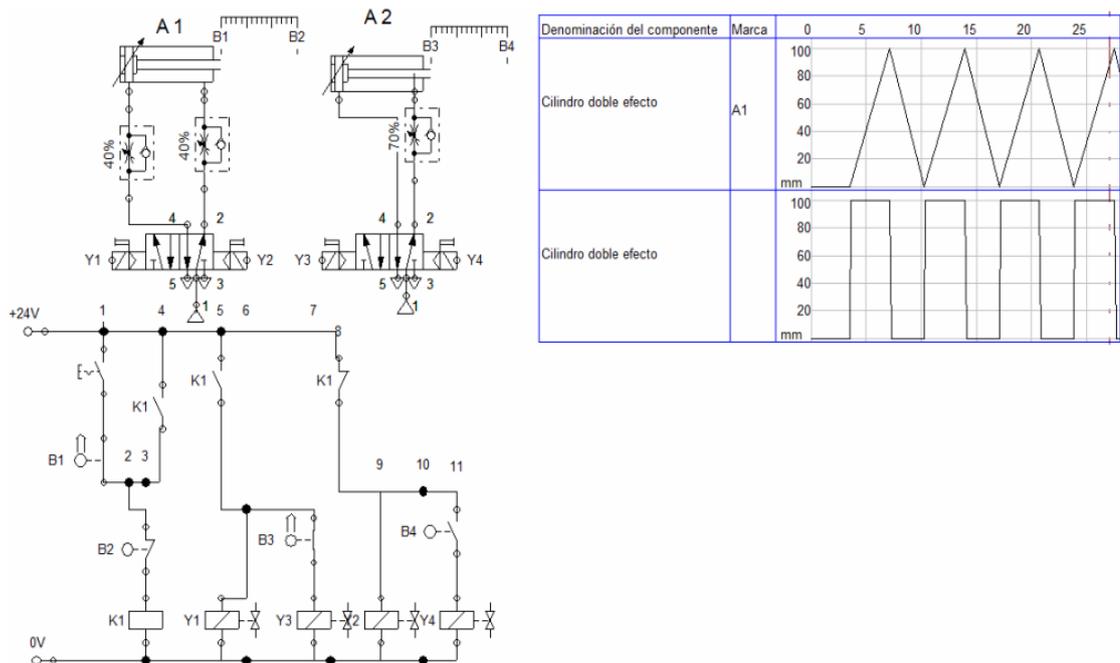
- Diagrama espacio-fase

En este se aprecia el cambio de estado de un elemento de trabajo, pero no se aprecia la velocidad relativa del mismo.

- Diagrama espacio-tiempo

Representa el espacio que recorre el elemento de trabajo en función del tiempo, el cual se indica en el eje de las abscisas, por lo que puede visualizarse la velocidad del elemento de trabajo. También se llama diagrama de proceso y en él se presentan los movimientos o estados de los elementos de trabajo en función de las fases o pasos del ciclo o programa. Ver figura 32

Figura 32. Representación del diagrama de movimiento espacio-tiempo



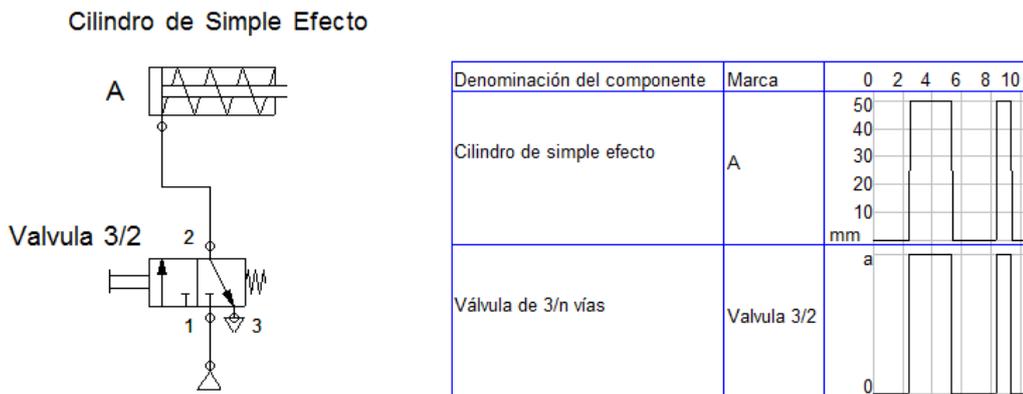
Fuente: Prácticas de Automatismos: CIRCUITOS BASICOS DE CICLOS NEUMATICOS Y ELECTRONEUMATICOS.

1.5.2 DIAGRAMA DE MANDO.

Este diagrama se emplea para representar el estado de actuación o conexión de los distintos elementos de mando o conmutación (válvulas de accionamiento manual, mecánico, con aire entre otros). Tiene una representación similar a los anteriores diagramas indicándose dos líneas paralelas horizontales para cada elemento

El diagrama de mando para una válvula 3/2 vías normalmente cerrada (N/C), con un accionamiento mecánico en la fase 1; la vía 1 de la válvula está cerrada y la utilización 2 está conectada al escape 3. En la fase 2 tiene lugar la actuación de la válvula pasando a abierta, es decir que las vías 1 y 2 quedan comunicadas y la vía 3 obturada, estado que se mantiene hasta la fase 5 en que la vía vuelve a su posición inicial. Ver figura 33.

Figura 33. Válvula 3/2 normalmente cerrada y accionamiento mecánico

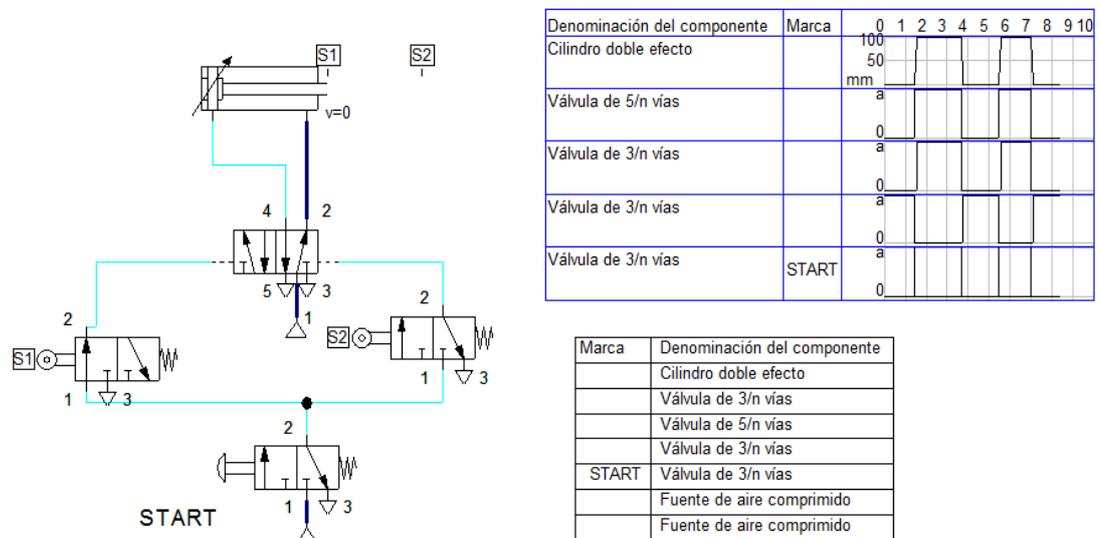


Marca	Denominación del componente
A	Cilindro de simple efecto
Valvula 3/2	Válvula de 3/n vías
	Fuente de aire comprimido

Fuente: Introducción a las técnicas de mando Festo

A continuación se muestra el mando alternativo de un cilindro neumático de doble efecto mediante el uso de dos válvulas 3/2 accionadas por rodillo y una válvula 5/2 con memoria (Ver figura 34)

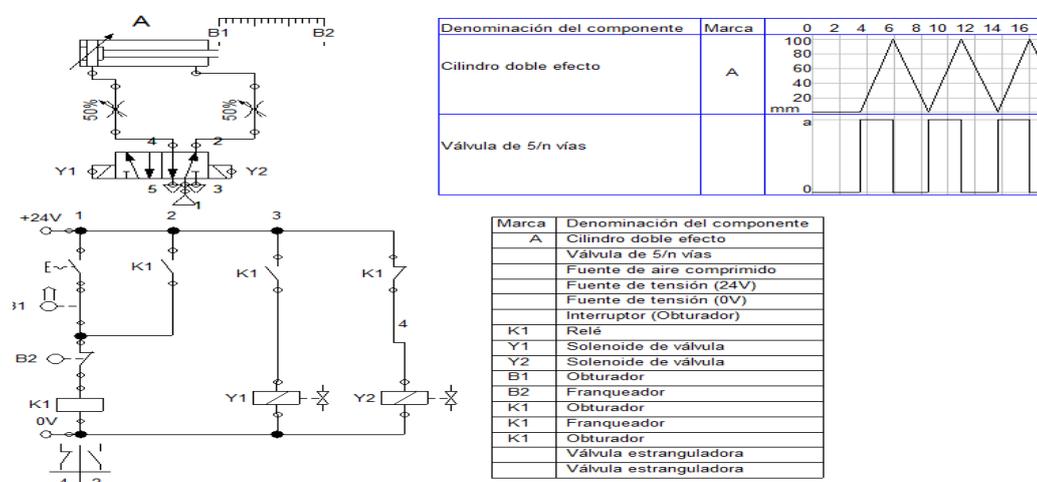
Figura 34. Circuito neumático alternativo para un cilindro de doble efecto



Fuente: Introducción a las técnicas de mando Festo

Para el caso de una versión electro neumática del mando alternativo de un cilindro de doble efecto, se emplea una electroválvula 5/2 y dos finales de carrera eléctrico. (Ver figura 35)

Figura 35. Circuito electro neumático con válvula 5/2 biestable



Fuente: Prácticas de Automatismos: CIRCUITOS BASICOS DE CICLOS NUEMATICOS Y ELECTRONEUMATICOS.

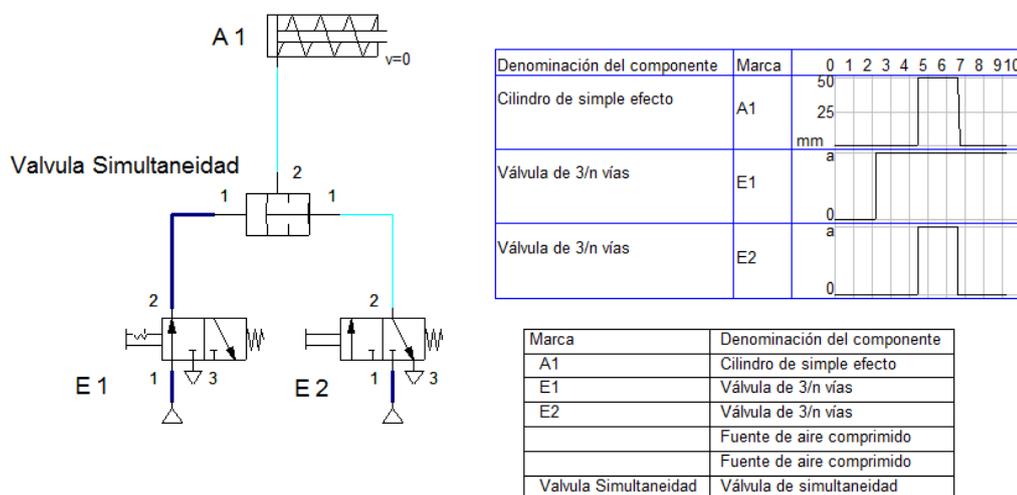
1.5.3 FUNCIONES BÁSICAS LÓGICAS

Para realizar las secuencias en el módulo paso a paso se cuentan con tres funciones básicas como la AND (Y), OR (O) y la NOT (NO), en forma de combinaciones lógicas, donde una válvula neumática de impulsos se hace cargo de la función memoria.

Unión Y (circuito en serie): La señal de la salida aparece en A tan solo cuando aparece simultáneamente la señal en ambas entradas E1, E2.

La función “Y” puede ser realizada conectando dos contactos neumáticos uno tras otro, o válvulas distribuidoras (amplificación simultanea de señal), ya que se trata de un circuito activo, o mediante una válvula de simultaneidad (circuito pasivo).(ver figura 36)

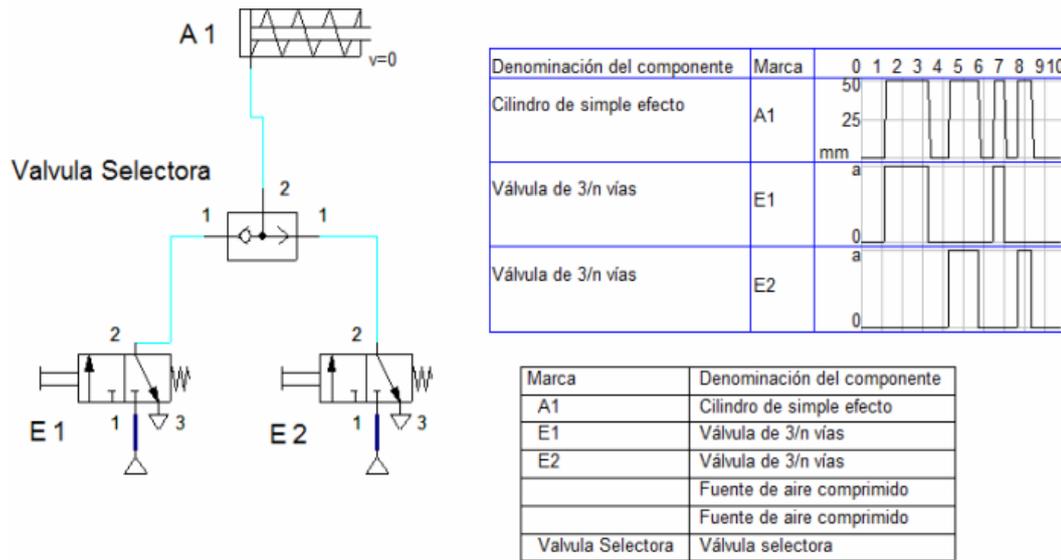
Figura 36. Diagrama en serie. Unión “Y”



Fuente: Prácticas de Automatismos: CIRCUITOS BASICOS DE CICLOS NUEMATICOS Y ELECTRONEUMATICOS.

UNIÓN “O” (CIRCUITO PARALELO): La señal de salida existe en A cuando en ambas entradas de una válvula selectora, o como mínimo en una de ellas, aparezca una señal (ver figura 37)

Figura 37. Unión lógica “O”

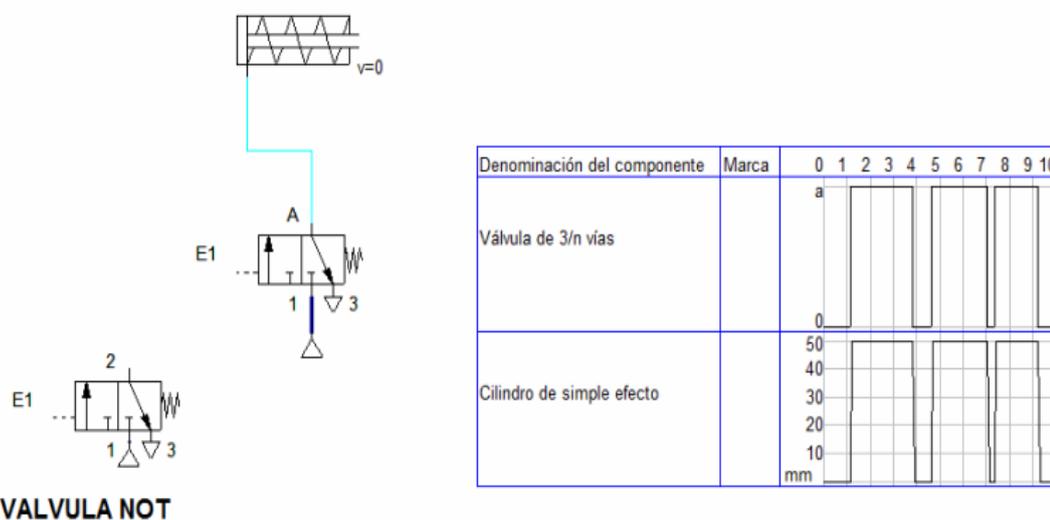


Fuente: Prácticas de Automatismos: CIRCUITOS BASICOS DE CICLOS NEUMATICOS Y ELECTRONEUMATICOS

NO o Negación (inversión de señal)

Este circuito es utilizado cuando una señal de entrada E deba desconectarse la señal de salida A, función realizada mediante una válvula 3/2 distribuidora, accionada neumáticamente, normalmente abierta (N/A) en reposo (ver figura 38)

Figura 38. Diagrama negación (Inversión de señal)



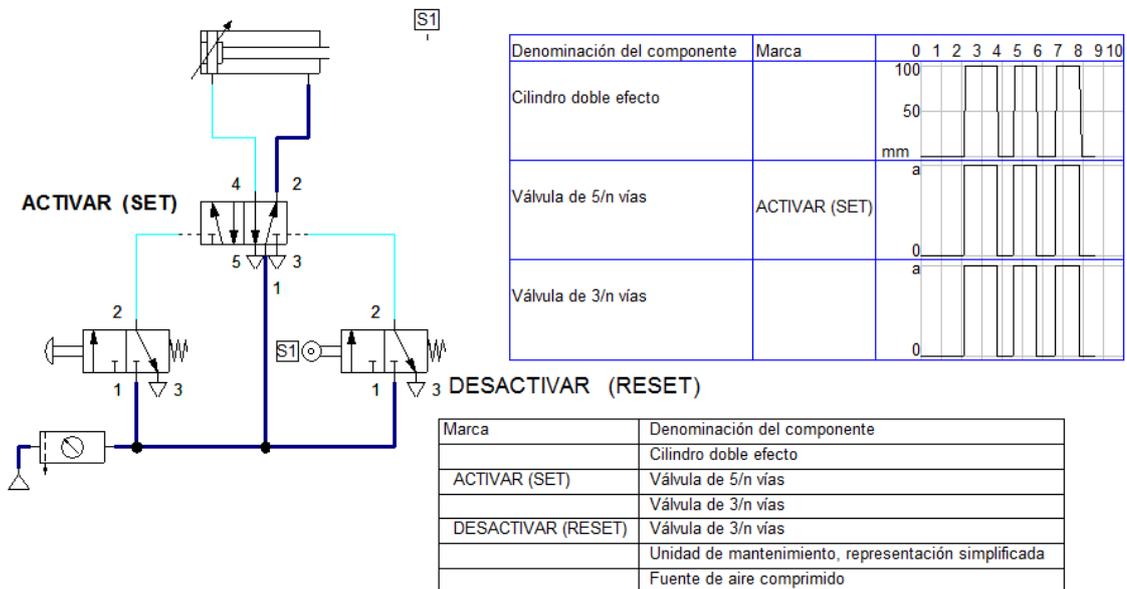
Fuente: Prácticas de Automatismos: CIRCUITOS BASICOS DE CICLOS NEUMATICOS Y ELECTRONEUMATICOS

1.6 FUNCIONES DE MEMORIA.

Memorias con comportamiento mecánico de retención.

Un circuito memorizador sirve para mantener disponibles durante un tiempo más prolongado las señales que aparezcan tan solo durante un corto tiempo. Un impulso breve creado al activarse un sensor activa a su vez la memoria conectada; la señal de salida que aparece se mantiene hasta que la memoria sea vuelta a su posición inicial por una señal opuesta, y en caso de una pérdida de presión la válvula de impulsos permanece en la última posición de conmutación en que se halle. (Ver figura 39)

Figura 39. Función de memoria.

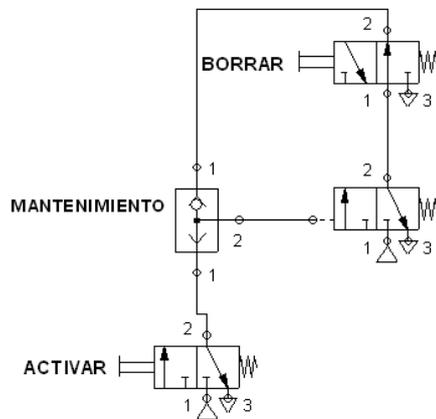


Fuente: Practicas de mando secuencial: Festo Pneumatic

1.6.1 MEMORIA CON COMPORTAMIENTO PREFERENTE

En el caso de este circuito memorizador, la señal de salida de la válvula distribuidora (3/2), accionada neumáticamente 1.1 es invertida a través de la válvula del pulsador (3/2) y la válvula selectora a la conexión de mando de mando 1.1. Al accionar 1.2 o en caso de desconexión de la presión, el automantenimiento se interrumpe, debe ser restablecido de forma no automática. (Ver figura 40)

Figura 40. Memoria con comportamiento preferente.



Denominación del componente	Marca	0	5	10	15	20
Válvula de 3/n vías	BORRAR	a				
Válvula de 3/n vías		0				
Válvula de 3/n vías	ACTIVAR	a				
		0				

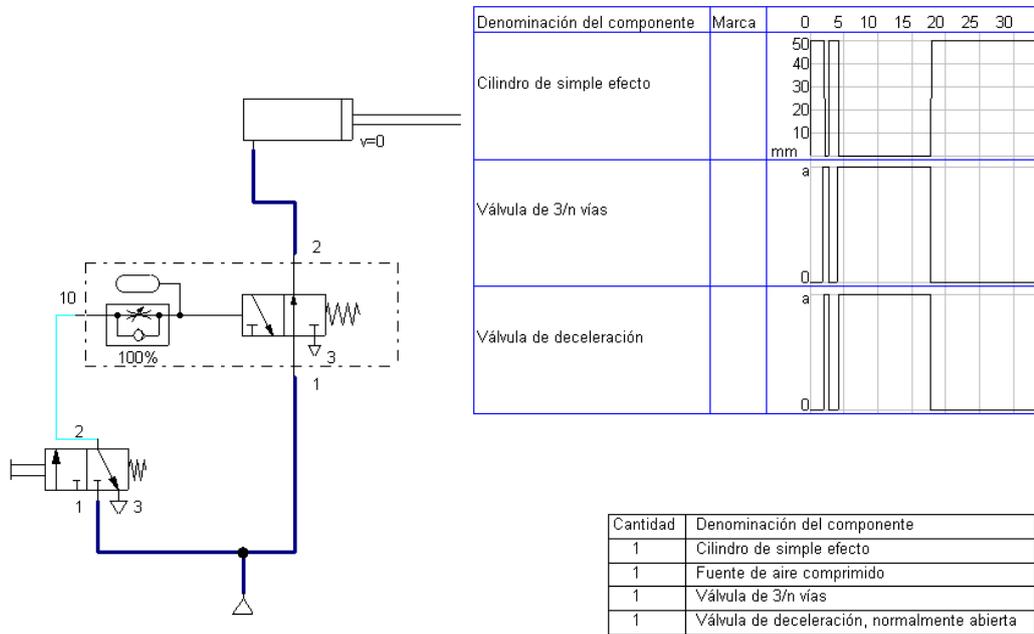
Marca	Denominación del componente
BORRAR	Válvula de 3/n vías
	Válvula de 3/n vías
ACTIVAR	Válvula de 3/n vías
MANTENIMIENTO	Válvula selectora
	Fuente de aire comprimido
	Fuente de aire comprimido

Fuente: Practicas de mando secuencial: Festo Pneumatic.

1.6.2 RETARDOS DE TIEMPO, TEMPORIZADORES.

Los retardos de tiempo pueden encontrarse en casi todos los mandos mediante una válvula de estrangulación regulable y otra de antirretorno, que permiten el llenado de un volumen, el cual determina el tiempo de retardo en la generación de presión, que se ve reflejado en la conexión de mando de una válvula distribuidora 3/2 conectada. Según la posición de esta válvula resulta un retardo a la conexión o la desconexión o bien un formador de impulsos (Ver figura 41).

Figura 41. Retardo a la conexión (t) con módulo RC neumático.
(R= estrangulador), (C= volumen).

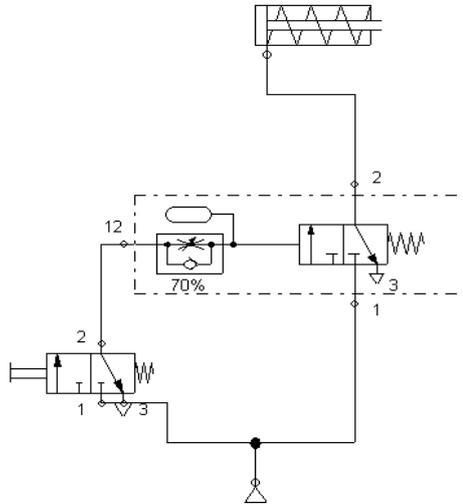


Fuente: Prácticas de mando secuencial: Festo Pneumatic

1.6.3 Retardos a la desconexión (t₂), con módulo RC neumático (R=Estrangulador, C= volumen).

Al dar una señal en la conexión Z se conecta la válvula distribuidora 3/2 (1.2). En la salida A aparece una señal. Si se purga la señal Z, la válvula distribuidora 3/2. (1.2) invertirá tan solo después del tiempo regulado y la salida A desaparece. (Ver figura 42)

Figura 42. Retardo a la desconexión



Denominación del componente	Marca	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Cilindro de simple efecto		50									
Válvula de deceleración		40									
		30									
		20									
		10									
		mm									
		a									
Válvula de 3/n vías		0									
		a									
		0									
		0									

Cantidad	Denominación del componente
1	Cilindro de simple efecto
1	Fuente de aire comprimido
1	Válvula de 3/n vías
1	Válvula de deceleración, normalmente cerrada

Fuente: Prácticas de mando secuencial: Festo Pneumatic.

2. MARCO TEÓRICO Y METODOLOGÍA

2.1 MARCO TEÓRICO

En este capítulo se describen los tipos de funcionamiento del módulo: automático -manual, ciclo continuo-automático.

Analizando los diferentes tipos de funcionamiento, se pueden distinguir los siguientes elementos a saber:

- Automático- manual.
- Ciclo continuo-automático.
- Ciclo único-automático.

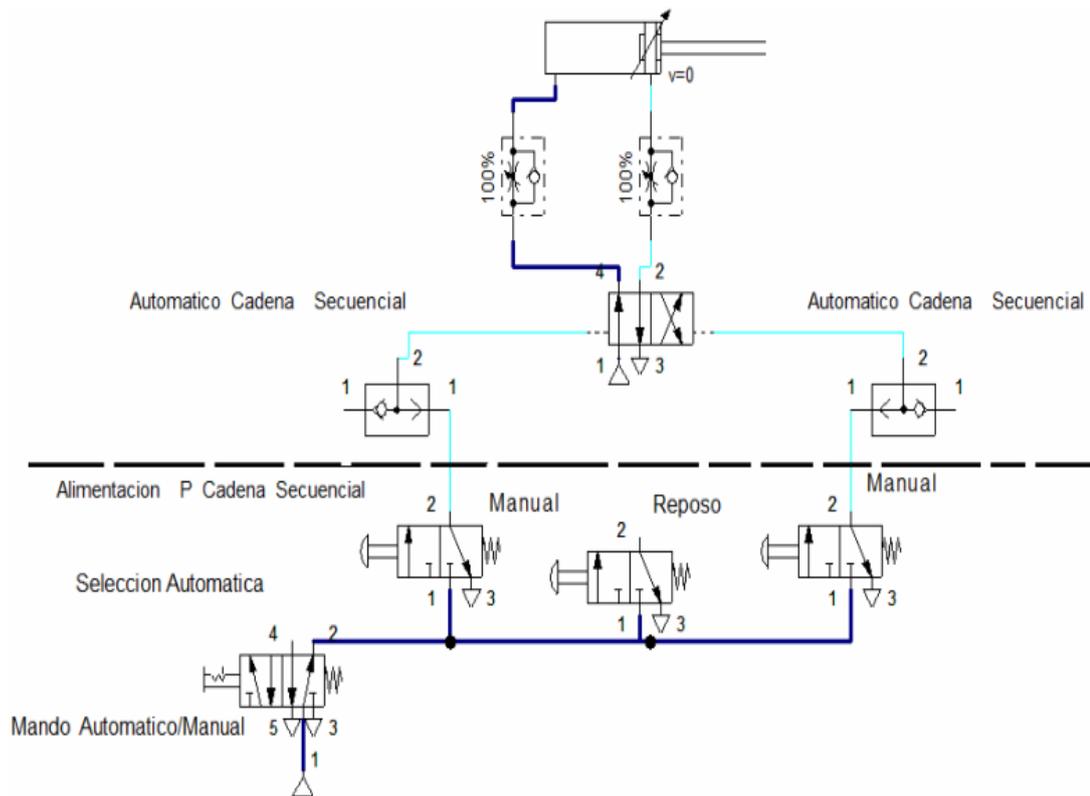
2.1.1 Unidad de Automático-Manual

En muchos mandos es necesario que los movimientos de los cilindros sean realizados separadamente. En este caso se debe desconectar la posición de AUTOMÁTICO.

En un mando secuencial esto se puede resolver en forma especialmente ventajosa, por la clara separación del mando en los diferentes grupos de función. La siguiente combinación de elementos muestra el bloque de los dos tipos básicos de funcionamiento Automático-Manual

Posición "a" del selector: Preselección AUTOMÁTICO, la cadena es alimentada con aire de mando (Ver figura 43).

Figura 4 3. Circuito selector Automático-Manual



Fuente: Prácticas de mando secuencial: Festo Pneumatic

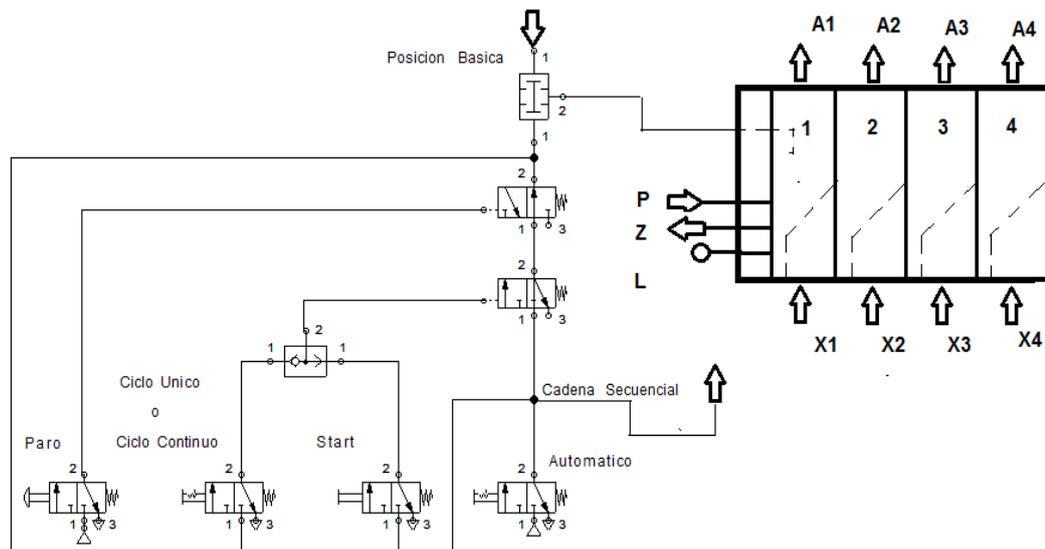
2.1.2 CICLO CONTINUO-AUTOMÁTICO

Al accionar el pulsador START 2 (con el selector AUTOMÁTICO en posición “a”) es conmutada la válvula 3 a través de un módulo “O”. La señal de salida de la válvula 3 es derivada después de 4 y retrocede a través de la segunda entrada del módulo “O” a la conexión de mando de la válvula 3. En la salida de la válvula 4 se crea una señal permanente que impulsa una entrada del módulo “Y” 5. En caso de posición básica del mando se impulsa la segunda entrada del módulo “Y” 5 y con ello se pone en la cadena secuencial.

Esta vuelve a repetirse mientras el selector AUTOMÁTICO este accionado y el pulsador “PARO AL FINAL DEL CICLO” no este accionado. Al oprimir “PARO AL FINAL DEL CICLO” se interrumpe el circuito de auto-mantenimiento y con ello se desactiva la señal de arranque permanente memorizada. El mando sigue funcionando hasta el final de ciclo y entonces se detiene.

Este circuito de auto-mantenimiento del arranque automático impide que en el caso de un fallo de energía y nueva puesta en marcha tenga lugar automáticamente un nuevo inicio o START (ver figura 44).

Figura 44. Circuito de auto mantenimiento para CICLO CONTINUO

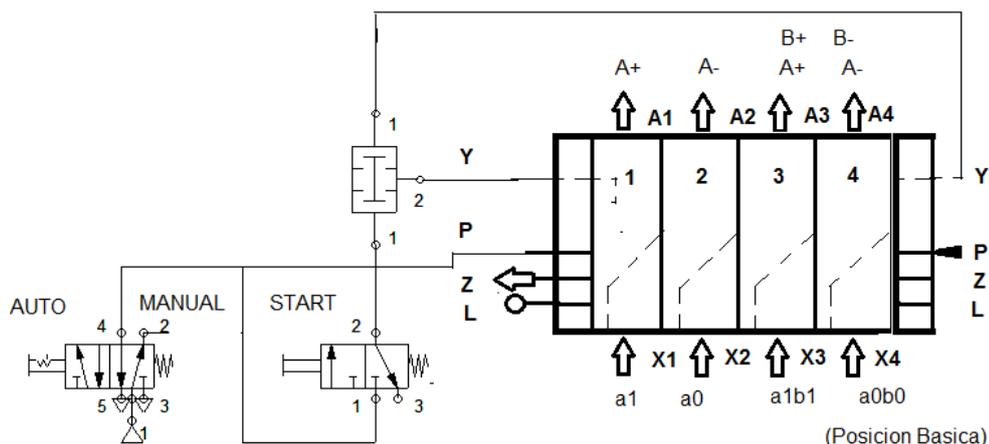


Fuente: Prácticas de mando secuencial: Festo Pneumatic

2.1.3 CICLO ÚNICO- AUTOMÁTICO.

Este tipo de funcionamiento consiste en una señal de salida “Y” de la última unidad, la cual es conducida a la conexión B del pulsador START. Por accionamiento único de START, se pone en marcha el ciclo único (ver figura45).

Figura 45. Circuito para Ciclo Único Automático



Fuente: Prácticas de mando secuencial: Festo Pneumatic

2.1.4 Tipos de funcionamientos en prueba por pasos.

En caso de la puesta en marcha de la instalación o para el control del desarrollo según el programa, de los diferentes pasos realizados por un mando, es conveniente dejar que el mando se desarrolle por pasos independientes. Un tipo de funcionamiento adecuado para ello es el funcionamiento pulsatorio.

La norma DIN 19 237 define el funcionamiento pulsatorio como:

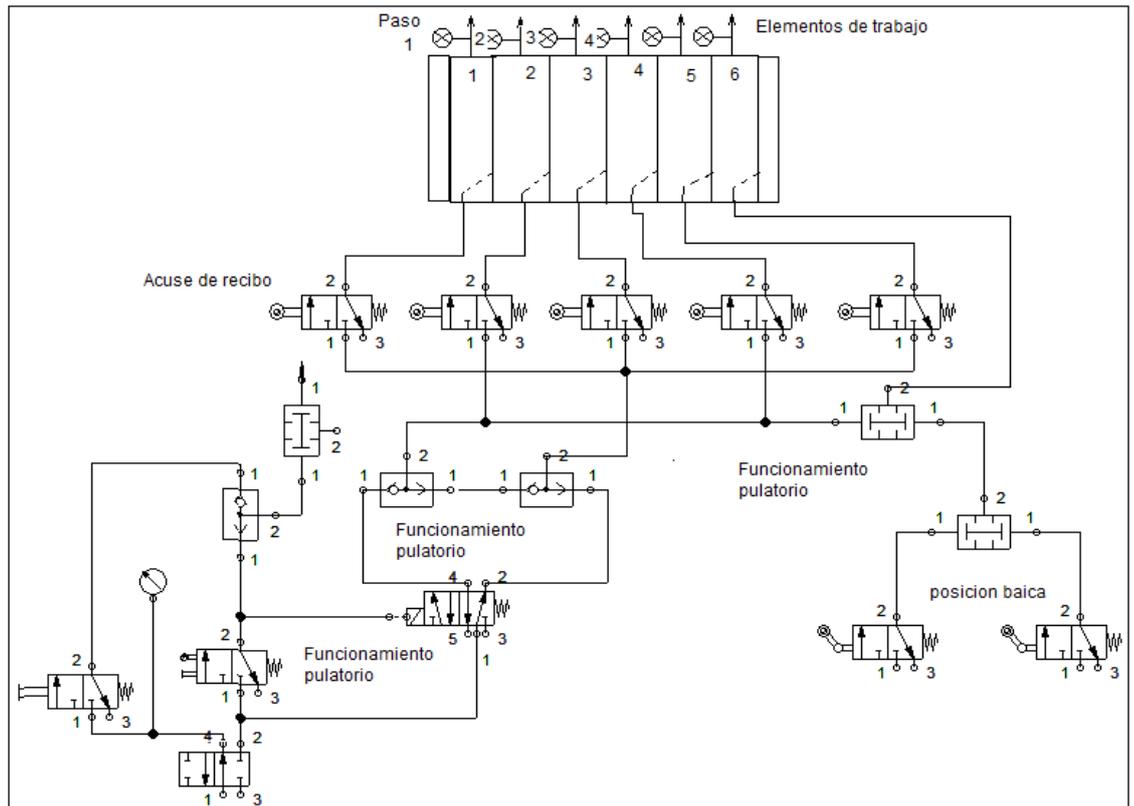
Es un tipo de funcionamiento en el cual la continuación de la conmutación de la cadena al siguiente paso inmediato, tiene lugar en dependencia de la actuación del operador sobre un impulsor de señal único, común para toda la cadena.

1. Funcionamiento pulsatorio (pasos independientes)

Para ello los finales de carrera de las entradas de la señal "X" pares (2, 4, 6, 8...) de la cadena y las entradas de señal y pares (1, 3, 5, 7...) son alimentadas a través de un módulo "O" con aire de mando.

En el modo de funcionamiento AUTOMÁTICO, los finales de carrera están alimentados continuamente con energía. En el tipo de funcionamiento pulsatorio, los finales de carrera impares son alimentados con aire de mando de la salida B del divisor binario, distribuidor de tipo (VLL-5-PK-3) y los pares desde la salida A (ver figura 46)

Figura 46. Funcionamiento en pruebas por pasos



Fuente: Prácticas de mando secuencial: Festo Pneumatic.

2. Funcionamiento por pasos de la instalación con selección previa de los pasos

a) Sin aplicación inmediata de señal en la parte de trabajo.

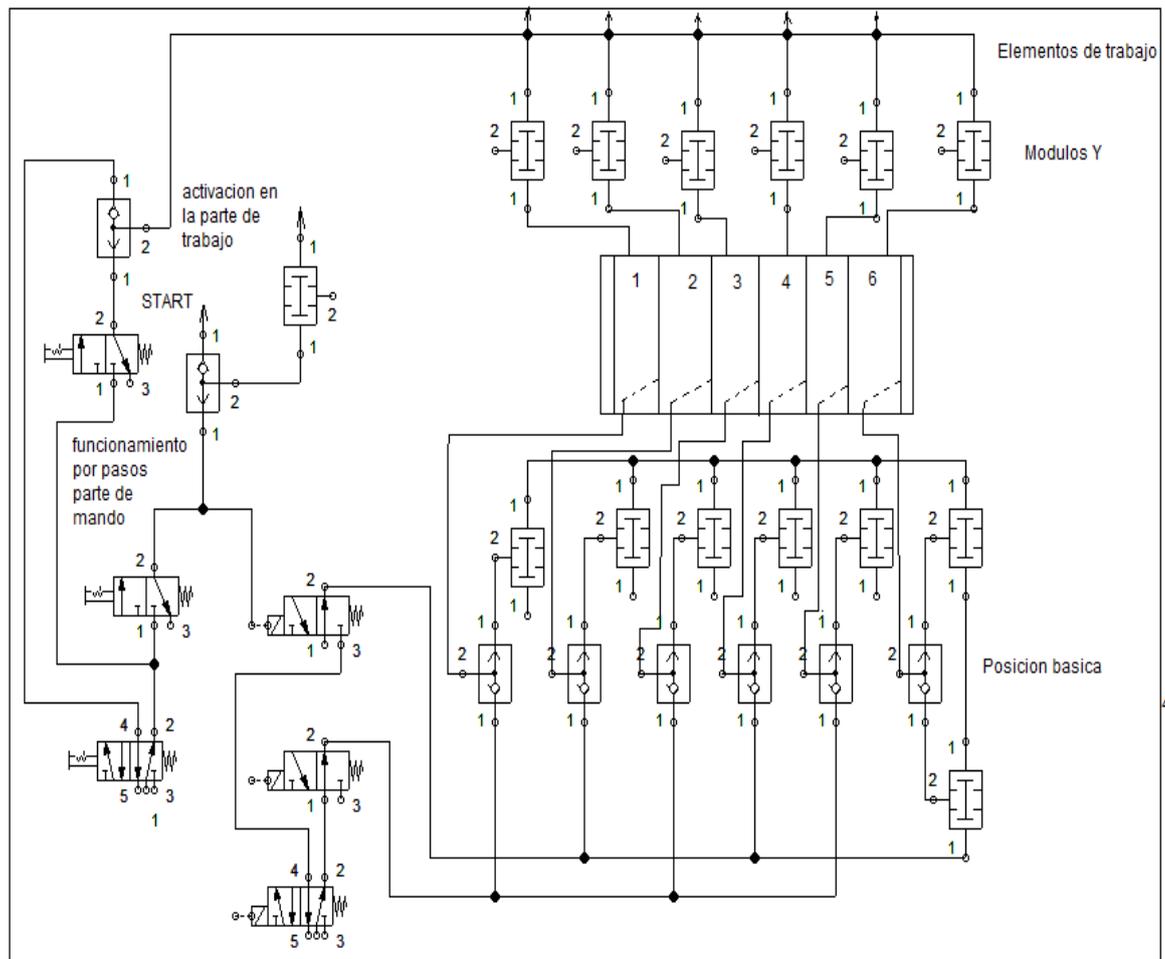
Las válvulas de trabajo no se pilotan en este caso. Las respectivas señales de salida de la cadena se activan considerablemente tan solo accionando un pulsador adicional, con lo que actúa la parte de trabajo.

Con ello puede seleccionarse previamente cualquier paso discrecional durante el desarrollo de mando (indicado por el pivote de conmutación en la unidad secuencial). No es común respetar ningún orden obligatorio en la parte de trabajo (por ejemplo, paso 3 después del paso 2), puede ser variado.

b) Funcionamiento por pasos con indicación simultanea de señal en la parte de trabajo.

En este caso el selector “activar” esta conmutado a cada paso. Las señales de salida de la cadena actúan inmediatamente en la parte de trabajo. Ver figura 47

Figura 47. Circuito de funcionamiento por pasos de selección.



Fuente: Prácticas de mando secuencial: Festo Pneumatic.

2.1.5 UNIDAD MEMORIZADORA

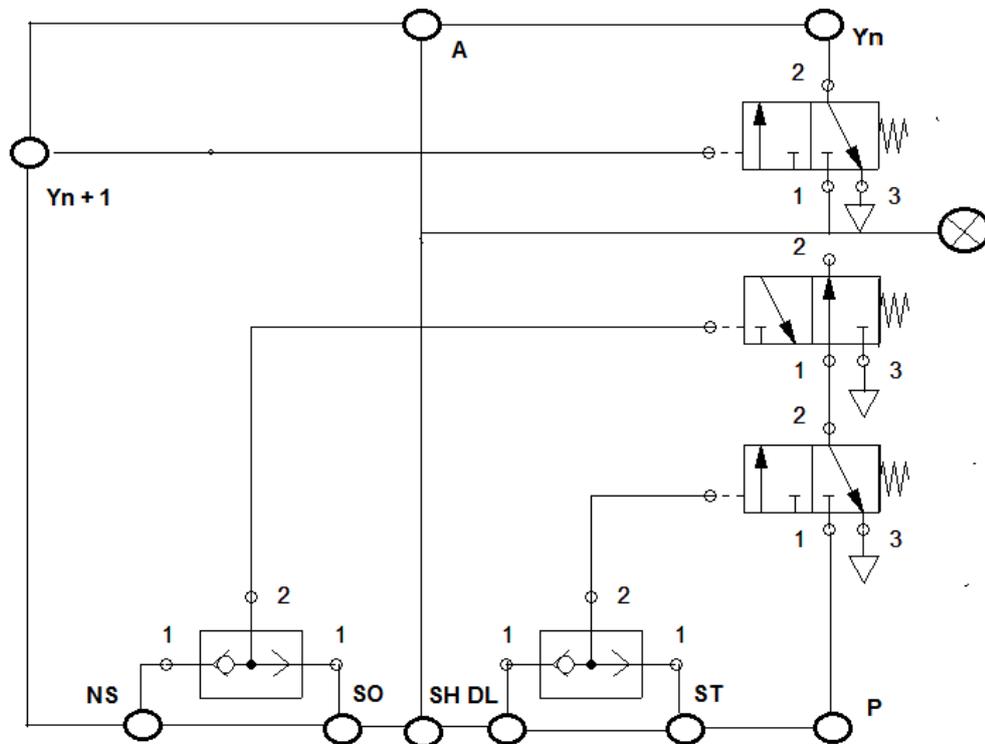
La unidad memorizadora sirve para hacer en el montaje de mandos neumáticos una manera más económica y sencilla en el momento de trabajo. Cada mando neumático necesita los módulos de introducción de la señal, en casos de tareas extensas, pueden ser necesarias varias funciones de introducción de señal (PARO, START, PARO DE EMERGENCIA).

La unión externa entre las conexiones SH (salida para auto mantenimiento) y DL (Entrada para automantenimiento), garantiza el auto mantenimiento de la memoria de marcha tras un arranque con éxito, y con

ello la señal permanente en A. Para el funcionamiento en ciclo único permanente puede activarse un conmutador en esta unión. Al activar el arranque se acciona simultáneamente una indicación de presión.

Una señal en la conexión SO (paro), NS (paro de emergencia) tiene como efecto la interrupción del ciclo permanente, lo que indica que la cadena secuencial se detiene al final del ciclo. Ver figura 48

Figura 48. Circuito de una unidad memorizador.



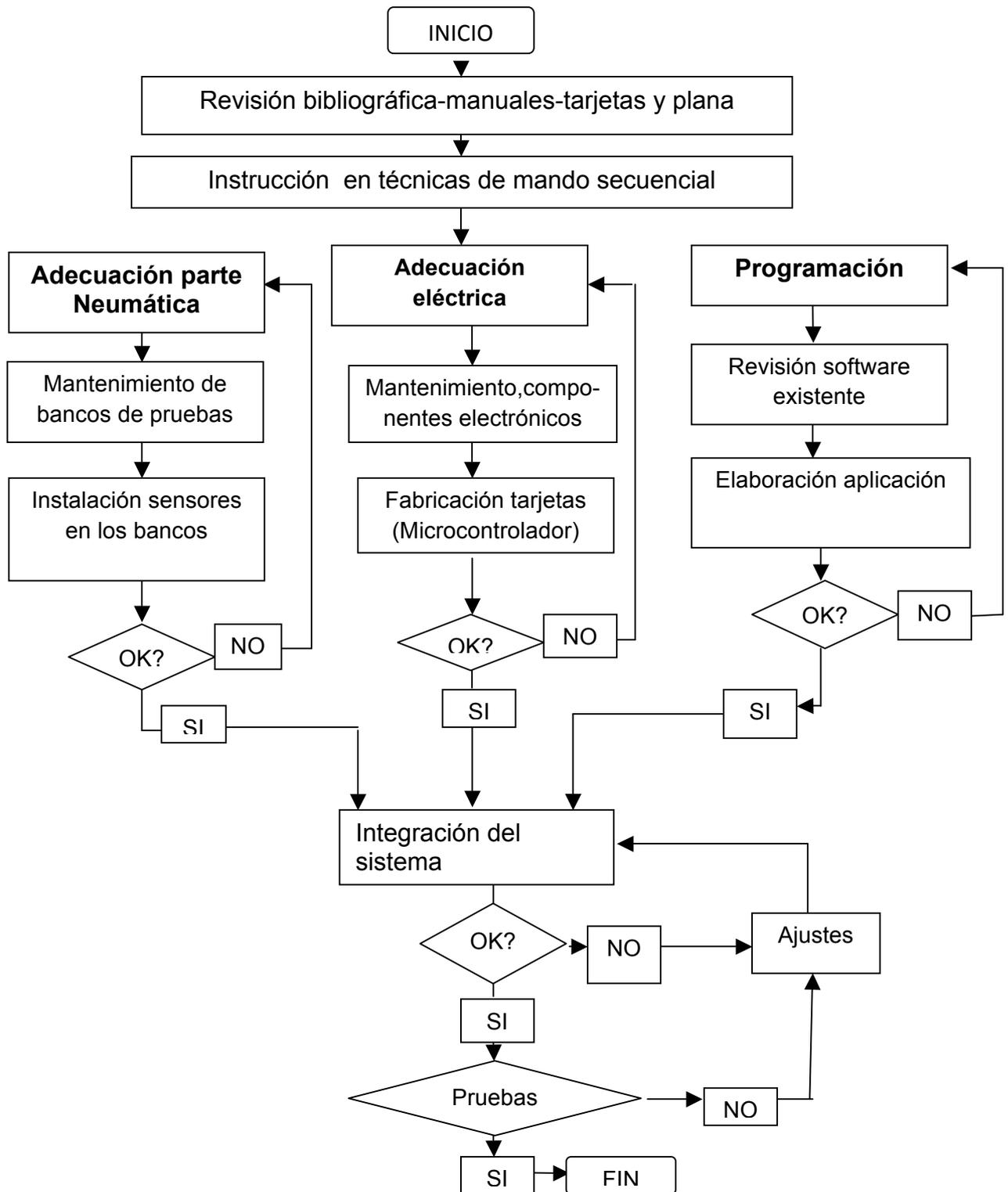
Fuente: Practicas de mando secuencial: Festo Pneumatic.

2.2 METODOLOGÍA

El presente proyecto está enmarcado dentro de una investigación de tipo cuantitativo y corresponde a la línea de trabajo de Automatización de procesos industriales dentro del programa de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Tecnológica de Pereira.

Con el propósito de establecer un derrotero acertado en el desarrollo del proyecto, se decidió, elaborar una división de las actividades que lo componen a través del siguiente flujo grama. (Ver figura 49)

Figura 49. Flujo grama del proyecto



Fuente: Autores

Las actividades se dividieron en tres grandes componentes: parte neumática, parte electrónica y programación; esto es, los elementos básicos que lo componen.

Lo anterior permitió una adecuada división de actividades y por ende en la planeación y ejecución del proyecto.

2.2.1 PARTE NEUMÁTICA

- Se plantea para la parte neumática el mantenimiento del módulo secuencial neumático, el cual consta de una revisión de acoples o conexiones de aire hacia el módulo, igual que la verificación de suministro de presión de acuerdo a especificaciones del fabricante Festo.

• 2.2.2 PARTE ELECTRÓNICA

A continuación se nombran las pautas que se tuvieron en cuenta en el proceso de la aplicación de la electrónica en el proyecto:

- Identificar componentes de las tarjetas electrónicas y realizar seguimiento al funcionamiento de las mismas.
- Realizar pruebas con el micro controlador de referencia (16F877) y verificar el estado la tarjeta de control.
- Instalación de teclado y pantalla LCD para la correcta programación de la secuencia y verificación de la misma.

2.2.3 SOFTWARE

Diseñar e implementar una aplicación soportada en el *software* (MPLAB), que permita operar de manera similar a un módulo secuencial paso a paso. Como estrategia de control, el usuario podrá introducir el programa o secuencia que desee a través de un teclado, sin necesidad de cambiar su estructura física.

MPLAB, es un *software* de programación en sistema operativo Windows, el cuál es ejecutado en un PC con el fin de desarrollar aplicaciones en microcontroladores Microchip y en controladores de señal digital.

Se anexa a su nombre IDE (*Integrated Development Environment*), que significa Ambiente de Desarrollo Integral, porque el software es precisamente un Ambiente de desarrollo de código para microcontroladores integrados.

Sistema Integrado

Se conoce normalmente como sistema Integrado a un diseño hecho para el uso o manejo de pequeños microcontroladores, como PIC MCU de Microchip o controladores de señal digital DSPIC (DSCs).

Estos microcontroladores combinan una unidad de microprocesador con algún circuito adicional llamado Periféricos, más algún circuito adicional externo en el chip para hacer un pequeño módulo de control requerido por otros dispositivos externos. Los microcontroladores entonces pueden ser integrados en otros dispositivos electrónicos y mecánicos para un control digital de bajo costo.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Desde el punto de vista de la asimilación de tecnología de punta en nuestro medio, se cuenta con sistema de técnicas de mando secuencial y de Control las cuales en su parte operativa no presentan mayores problemas debido a la gran capacitación que en el medio se presentan para su manejo; sin embargo, en aspectos relacionados con el mantenimiento se observa una marcada dependencia tecnológica debido a que su reparación se dirige solamente al recambio de módulos que suministra un distribuidor autorizado.

Adicionalmente, existen varias dificultades así:

- La variación de velocidad en la reacción de los sensores de accionamiento mecánico debido al desgaste de sus contactos por el rozamiento.
- Los largos tramos de conexiones neumáticos producen pérdidas de presión para elaborar su secuencia correcta.
- La gran cantidad de elementos que se utilizan en una secuencia neumática.
- El desmontaje de la gran mayoría de elementos para variar la secuencia del modelo paso a paso

Con base en lo anterior, se propone lo siguiente:

- Para mejorar en la velocidad de reacción de los sensores mecánicos, se cambiaran por sensores electrónicos que reciban información de la parte exterior y envíe una señal de pulsos hacia el micro, para que luego se pueda accionar la solenoide y que realicen el trabajo los actuadores.
- Se pretende diseñar y construir un módulo que imite las secuencias de un módulo paso a paso con la utilización del micro controlador (16F877) de la casa de fabricantes Micro-Chip.
- Implementar un teclado de 4x4 para su programación, además de una LCD (*Display Cristal Liquid*) para su visualización.

Las ventajas potenciales derivadas del presente proyecto son:

- Ganar experiencia en el conocimiento y manejo de la arquitectura interna de una tecnología (microcontroladores), la cual solo se aborda en nuestro medio para casos muy concretos y de operación sencilla.
- Agrupar diversos conocimientos de tecnologías para elaborar pruebas en técnicas de mando secuencial aplicados a módulos neumáticos.
- Eliminar la dependencia tecnológica, permitir el uso de otro tipo de tecnologías en el momento de realizar tareas de forma secuencial.
- Desarrollar un sistema que sirva de experiencia para la elaboración de otro tipo de aplicaciones con micro controlador en futuras pruebas de sistemas secuenciales.

3.2 JUSTIFICACIÓN

La implementación de distintas tecnologías en las industrias hace que las secuencias neumáticas con bloques grandes y tramos extensos de conexiones de aire comprimido, hace que vayan siendo reemplazadas por la automatización, la comunicación y dispositivos electrónicos, Estas soluciones en el mercado le facilitan competitividad en sus diferentes sectores de producción en el mercado.

Para esta aplicación se han tenido en cuenta los micro controladores para el modelado e implementación del sistema secuencial, utilizando funciones lógicas, igual a las que opera una válvula, tales como (OR-AND). Como ventaja adicional el micro controlador ofrece versatilidad en el cambio de su programación de acuerdo a las exigencias de cualquier industria en particular.

La dependencia tecnológica que prevalece en nuestro medio, ha sido consecuencia, entre otros factores, de pensar siempre en adquirir la última tecnología imperante en el mercado, sin antes haber abordado el camino de conocer la arquitectura interna de algunos componentes que

nos ofrecen ventajas similares a las máquinas y equipos de última tecnología

A través del presente proyecto, se pretenden realizar la simulación de señales de un bloque neumático utilizando la implementación de micro controladores (16F877). Además, también en la implementación de sensores, elaboración de tarjetas electrónicas y desarrollo de aplicación.

La gran ventaja que esto ofrece, es la posibilidad de extender resultados a otro tipo de metodologías para desarrollo de secuencias tales como método cascada, GRAFCET entre otros.

Adicionalmente, es importante anotar que como consecuencia de éste proyecto, se pueda abordar con seguridad la interactividad de la electrónica a través de un módulo secuencial y realizar una comunicación de tipo Interface Humano Máquina (*HMI*).

4. DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN

En este capítulo se presenta de manera sistemática la forma como se desarrolló el proyecto, lo cual incluye, el diseño y elaboración de tarjetas, instalación de sensores, desarrollo de programación del micro controlador para simulación de secuencias derivada de señales de 24 VDC

Desde este punto de vista, se realizó un análisis de:

- Manuales
- Estudio estructura interna del micro controlador (16f877)
- Planos Neumáticos (secuenciales)
- Revisión del *software* MPLAB, Proteus ISIS, Winpic
- Revisión de programadores para el microcontrolador

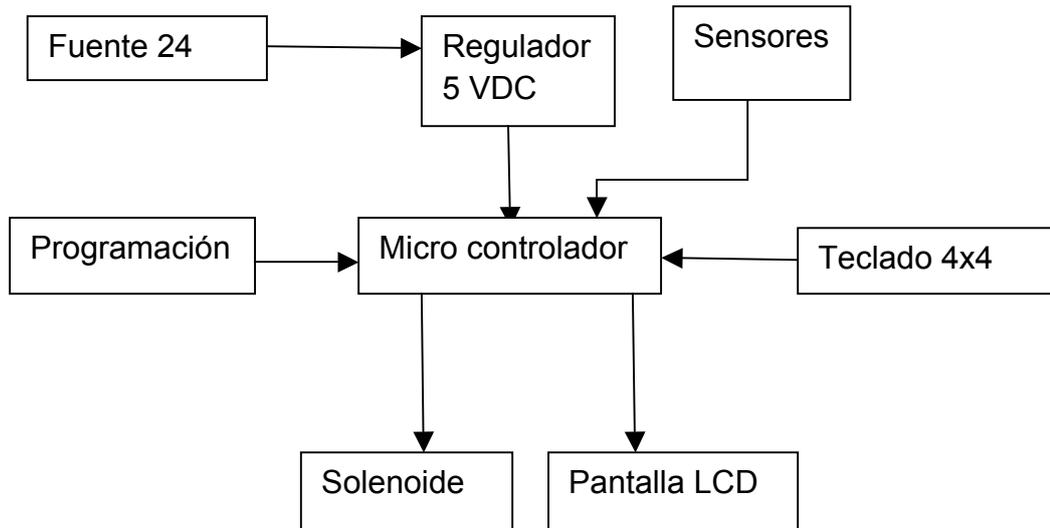
A continuación se presenta información que sirvió de base para la realización del presente proyecto como parte fundamental en su estructura principal en su ejecución.

- Los micro controladores en el ámbito de secuencias de programación representan una gran importancia en el desarrollo de tecnologías que la industria requieren para su evolución en el mercado y una efectividad de producción, También, dado que la tecnología de los micro controladores está en pleno auge y que además el costo de éstos dispositivos es bajo y de fácil consecución se decidió utilizarlos

4.1 DISEÑO Y ELABORACIÓN DE LA TARJETA DE CONTROL DE SECUENCIA.

A través del diagrama en la figura 50, se muestra el modelado por bloques del funcionamiento de la tarjeta para realizar el secuenciador,

Figura 50. Diagrama Bloques del secuenciador electrónico propuesto

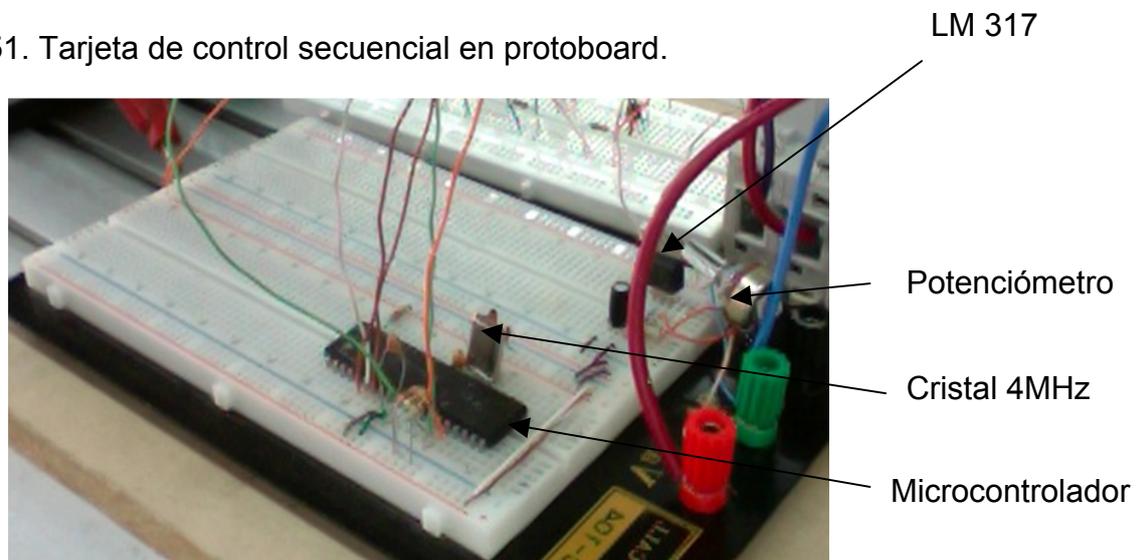


Fuente: Autores. La tarjeta de control

Está basada en el micro controlador 16F877 de la familia de Microchip y la comunicación con el usuario a través de un teclado de 4x4.

Se decidió emplear un micro controlador, debido a sus prestaciones y robustez. Para el modelado de la tarjeta, se empleó el programa de diseño Eagle versión 4.1 previo a su desarrollo final, se elaboró el montaje en un protoboard. Ver figura 51

Figura 51. Tarjeta de control secuencial en protoboard.

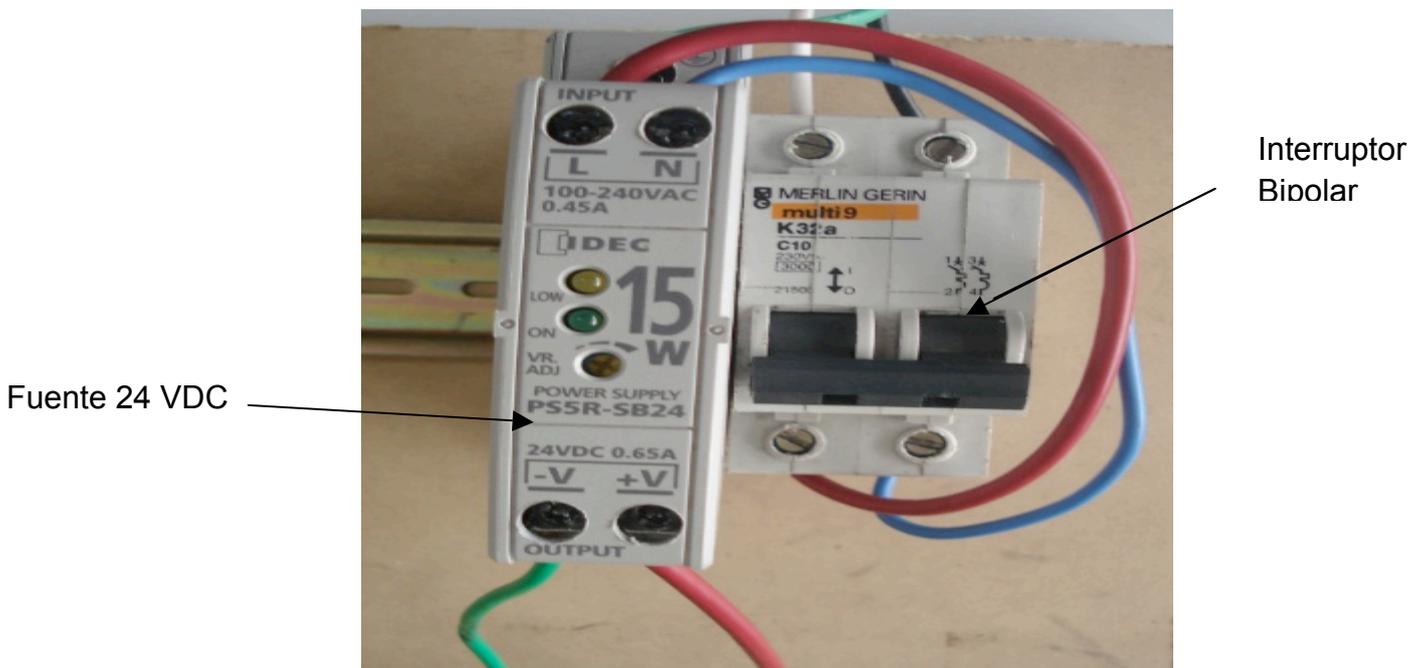


Fuente: Área Automatización Sena Centro Diseño e Innovación Tecnológica Industrial. Dosquebradas. Risaralda

La alimentación del micro controlador debe ser de un voltaje específico de acuerdo al fabricante, para este caso del 16F877 se utiliza un voltaje de inicio 5 VDC, y aunque se cuenta con una fuente de 24VDC (Ver figura 52), para utilizar el voltaje adecuado, se hizo un circuito regulador que consta de los siguientes elementos:

- (1) Regulador de voltaje LM317
- (1) Condensador cerámico de 0,1 μ F
- (1) Potenciómetro de hasta 5 $k\Omega$
- (4) Resistencia de 220 Ω
- (1) Condensador electrolítico de 1 μ F a 50 V

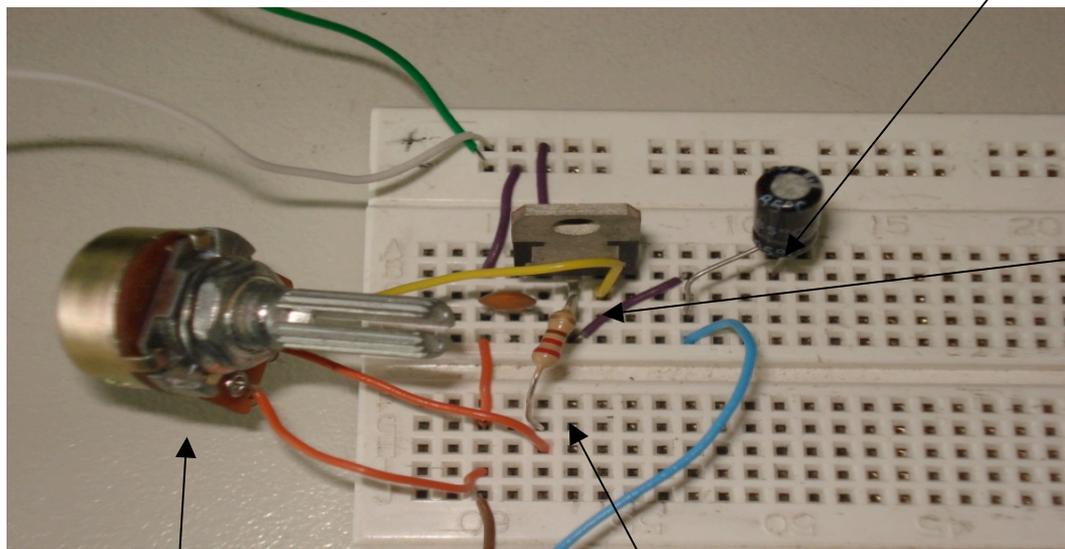
Figura 52. Fuente de alimentación de 24 VDC



Fuente: Área Automatización Sena Centro Diseño e Innovación Tecnológica Industrial. Dosquebradas. Risaralda

Para la alimentación del Microcontrolador se elaboró una tarjeta de regulación que toma una entrada de 24 VDC y como resultado una salida de 5VDC. (Ver figura 53)

Figura 53. Montaje en protoboard de regulador de 5 VDC



Condensador 1

LM 317

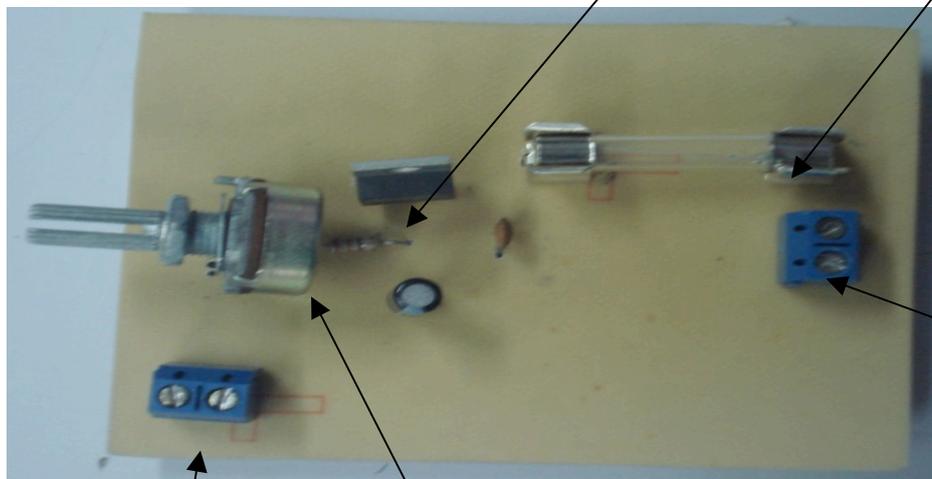
Potenciómetro

Resistencia

Fuente: Área Automatización Sena Centro Diseño e Innovación
Tecnológica Industrial. Dosquebradas, Risaralda

A continuación, en la (figura 54), se presenta la tarjeta de regulación de voltaje de 5 VDC en el montaje final en baquelita, después de haber realizado las pruebas en protoboard

Figura 54. Tarjeta de regulación.



LM 317

Fusible

Conexión de 24 VDC al regulador

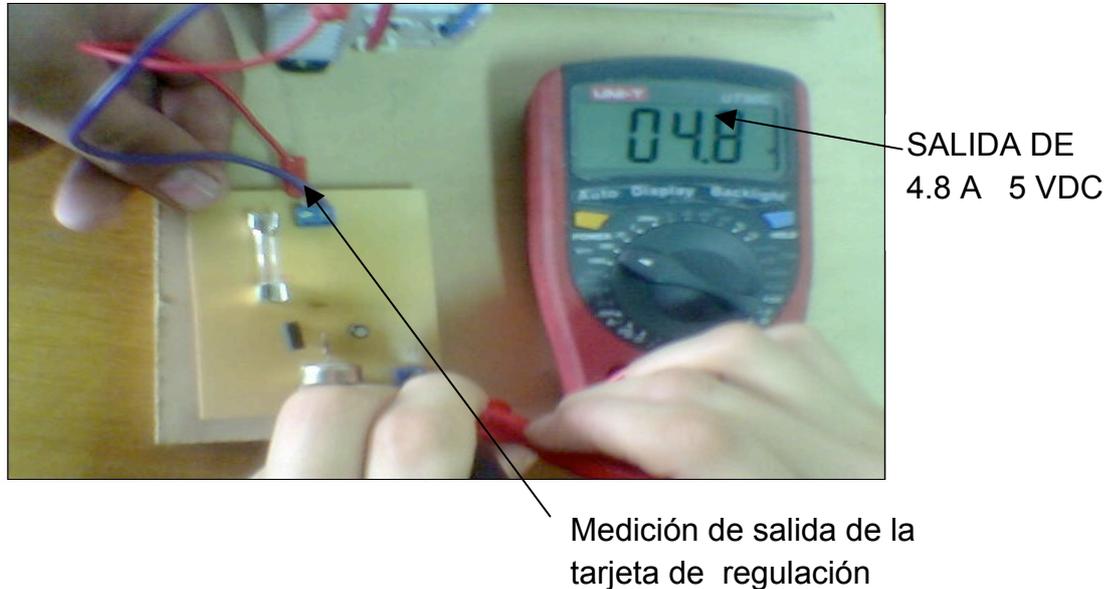
Salida 4.8 a 5 VDC

Potenciómetro

Fuente: Área Automatización Sena Centro Diseño e Innovación
Tecnológica Industrial. Dosquebradas. Risaralda

Prueba relacionado con la tarjeta de regulación, ver la figura 55

Figura 55. Tarjeta de regulación y su prueba de salida

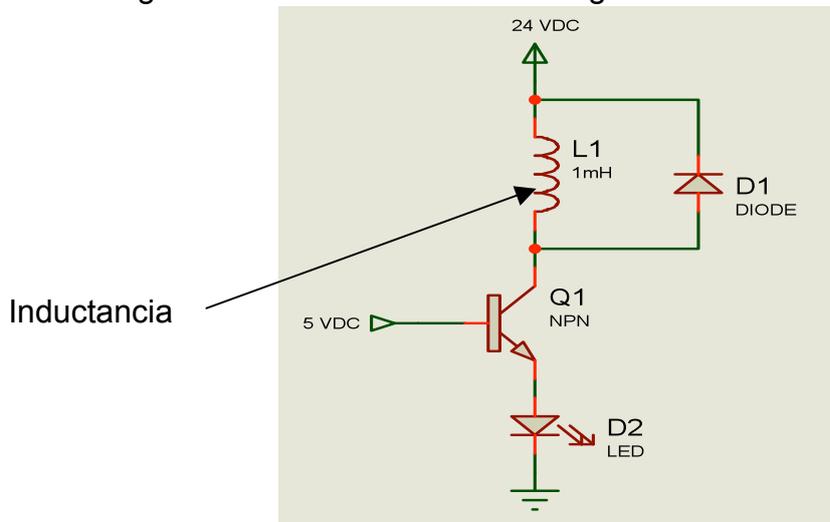


Fuente: Área Automatización Sena Centro Diseño e Innovación
Tecnológica Industrial. Dosquebradas. Risaralda

En la realización de pruebas para verificar el funcionamiento del micro controlador y de las salidas se encontraron con algunos problemas de contracorrientes que presentan algunos dispositivos por tener inductancias y por lo que estas representan, las descargas de corrientes elevados y que por ende puede generar también picos muy altos de voltaje, lo que ocasionaría daños a los elementos electrónicos que estén conectados a esta inductancia; y debido a que el circuito debe garantizar la eliminación de señales parasitas para que no interfieran en la lógica de las operaciones que realiza el micro y para la vida útil del dispositivo electrónico.

Para lo anterior, las salidas de micro controlador se llevarán hasta un circuito compuesto por un transistor 2N3904, que servirá como interruptor; los dispositivos físicos de salida se conectarán en serie al transistor; el emisor será conectado a masa y por último se pone un diodo para 1N4007 en contra-paralelo a la inductancia para que las descargas de corriente y de ruido no provoquen daños o alteraciones al transistor. (Ver figura 56)

Figura 56. Eliminación de descargas en la inductancia.



Fuente: Simulador de *Proteus*

Una vez montada la tarjeta de control en protoboard, y para continuar, se efectuaron una serie de pruebas correspondientes al circuito de potencia. Para cada caso, tanto, para las entradas como para las salidas, se hicieron pruebas aisladas sin intervención del Microcontrolador, con el fin de analizar el comportamiento electrónico y las posibles correcciones o modificaciones que se tengan que realizar.

En el caso de las entradas, se probó con un sensor capacitivo como dispositivo de entrada, una resistencia en serie de 760Ω y se simuló la llegada de esa señal al micro con una resistencia de 220Ω .

En el caso de las salidas, se montó el circuito planteado al inicio de esta semana. Como resultado, se obtuvo buen desempeño, ya que el transistor se conmutaba con la inyección de los 5VDC a la base, la electroválvula fue activada con una corriente medida de 60mA, y se también se adicionó un LED verde que puede soportar hasta 1 A de corriente con el fin de confirmar visualmente la conmutación del transistor.

Tarjeta de potencia (In/Out)

Tarjeta de regulación

Tarjeta de control

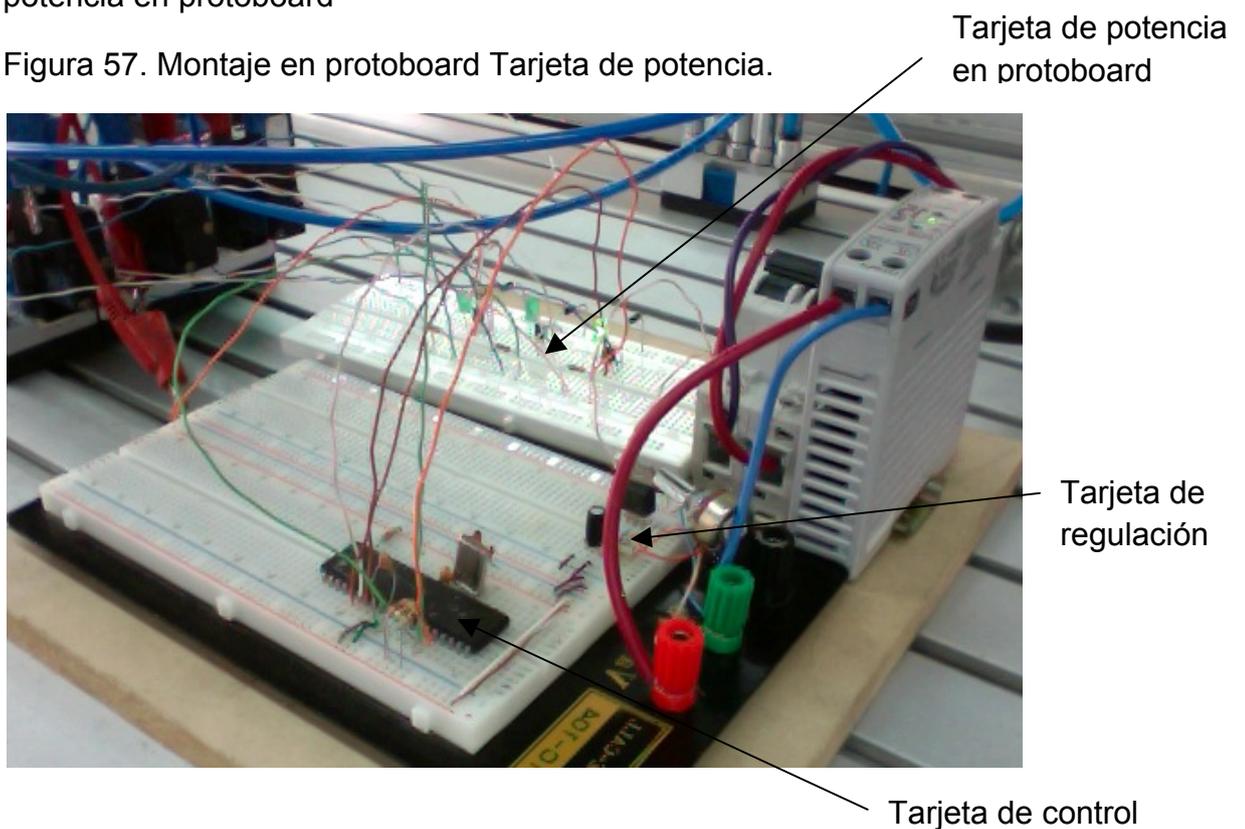
La tarjeta de potencia está compuesta por la tarjeta de señales de salida y señales de entrada como se describe a continuación.

La tarjeta de potencia:

- Seis (6) módulos electrónicos, donde cada segmento lo conforman un diodo y una resistencia de 220Ω entradas
- En ésta tarjeta, se utilizaron transistores iniciales (NPN 2n3904) para conmutar la señal y poder activar la electroválvula o dispositivo final. Se realizó una prueba donde se tomó 5VDC directamente de la alimentación para conmutar el transistor y verificar que soportara las cargas a las cuales se verán sometidos durante un periodo o ciclo de trabajo,

A continuación se presenta en la (figura 57), el modelo de la tarjeta de potencia en protoboard

Figura 57. Montaje en protoboard Tarjeta de potencia.

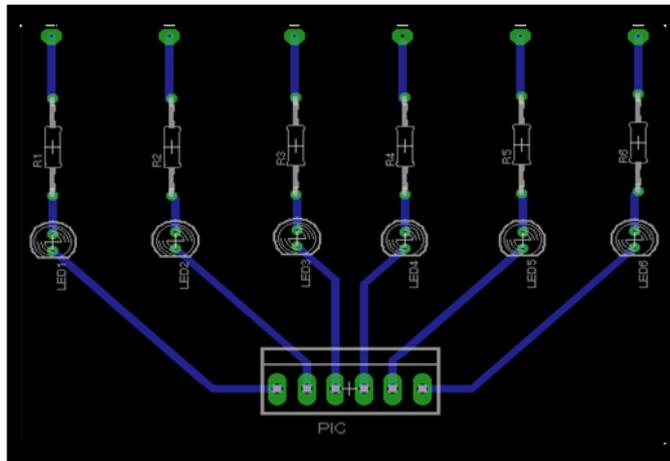


Fuente: Área Automatización Sena Centro Diseño e Innovación Tecnológica Industrial. Dosquebradas. Risaralda

La tarjeta de señales de entrada es la encargada de recibir la señal de detectores de posicionamiento o sensores y acondicionarla, para enviarla al Microcontrolador, esta tarjeta la componen elementos que para cada entrada son resistencias de 750Ω $\frac{1}{2}$ vatio, un LED para la visualización de cada una de estas

A continuación, se presenta el modelo de la tarjeta de potencia(entradas y salidas), y el circuito impreso respectivo (ver figuras 58 y 59). Además en el anexo C se muestra el desarrollo completo de la fabricación de esta tarjeta.

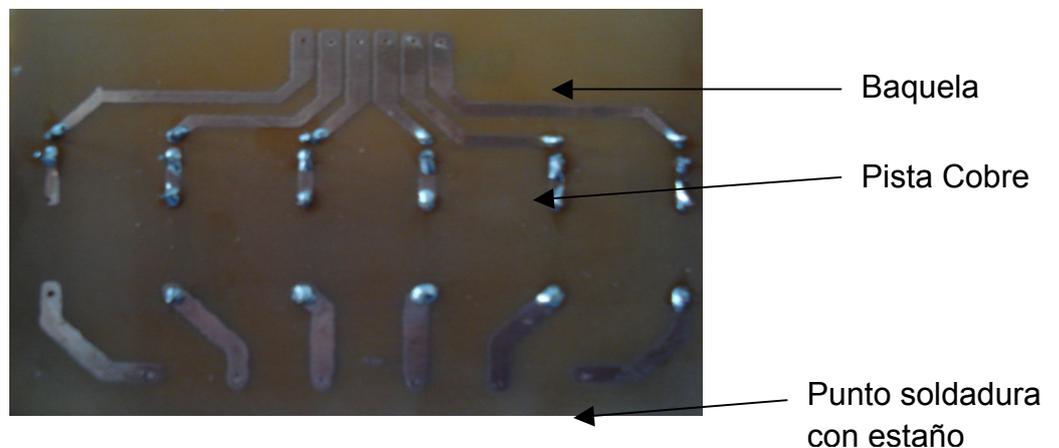
Figura 58. Diseño tarjeta entrada



Fuente: Área Automatización Sena Centro Diseño e Innovación Tecnológica Industrial. Dosquebradas. Risaralda

Después de elaborar el diseño en el *software*, para este caso se uso *EAGLE*, se muestra la imagen de la impresión de la tarjeta de entrada. (Ver figura 59)

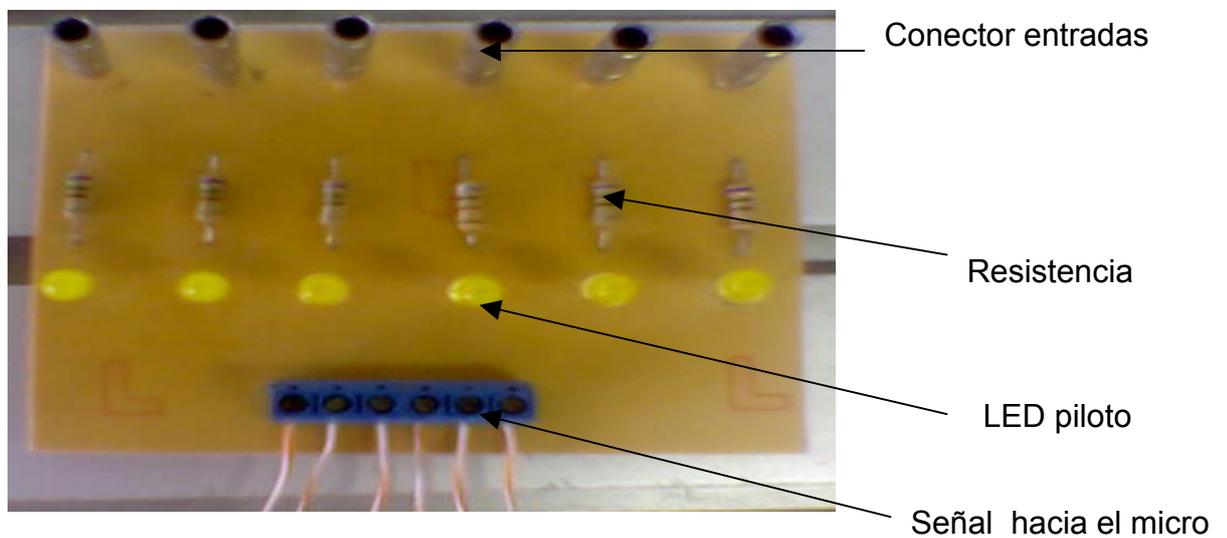
Figura 59. Impreso señales de entrada



Fuente: Área Automatización Sena Centro Diseño e Innovación Tecnológica Industrial. Dosquebradas. Risaralda

En la figura 60. Se muestra el montaje final de la tarjeta de entradas para el dispositivo

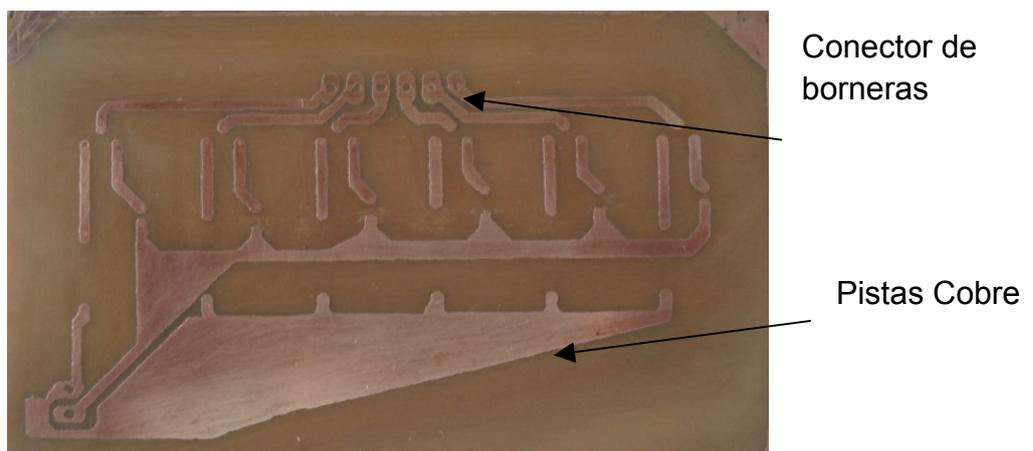
Figura 60. Tarjeta final de entradas



Fuente: Área Automatización Sena Centro Diseño e Innovación
Tecnológica Industrial. Dosquebradas. Risaralda

La tarjeta de señales de salidas es la que recibe las señales del microcontrolador y las amplifica para enviarlas a las dispositivos finales, dicha tarjeta consta de Transistor NPN 2n3904, un diodo LED también para la visualización, y un diodo 1n4007. Resistencia de 220Ω. En la figura 61 se observa la tarjeta de salida en su impresión en baquelita

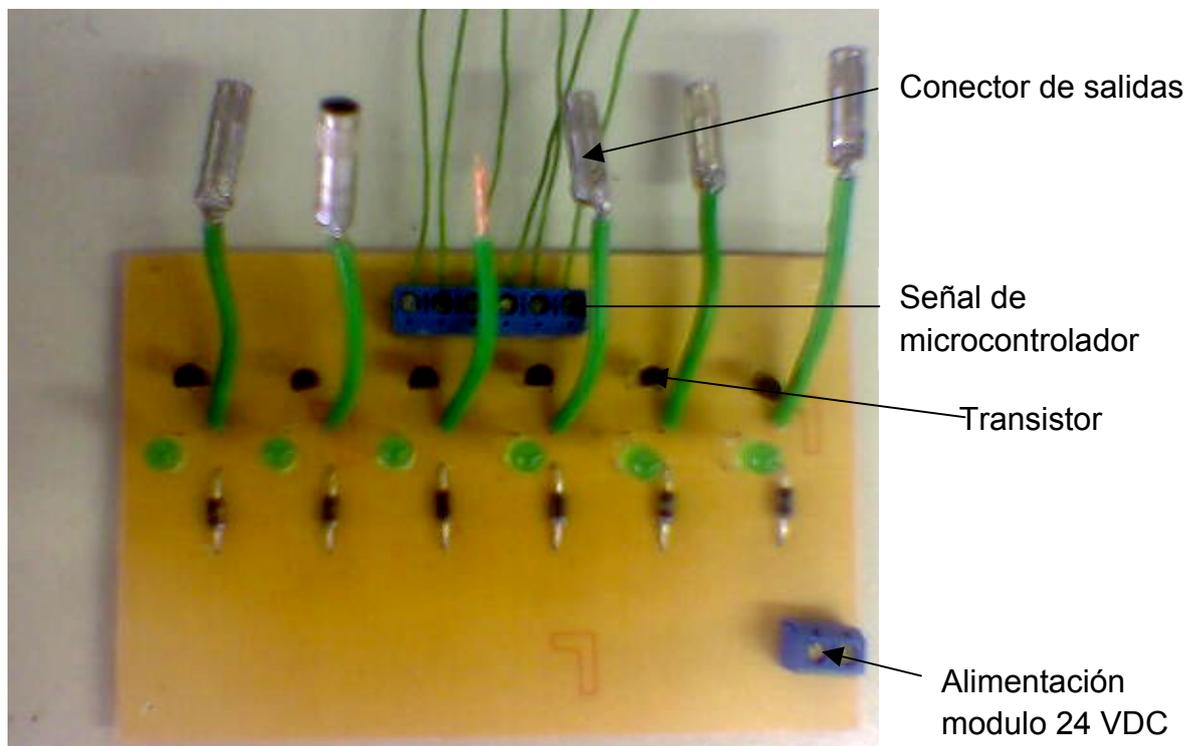
Figura 61. Impreso señales de salida



Fuente: Área Automatización Sena Centro Diseño e Innovación Tecnológica Industrial. Dosquebradas. Risaralda

En la figura 62 se muestra el montaje final de la tarjeta de salida

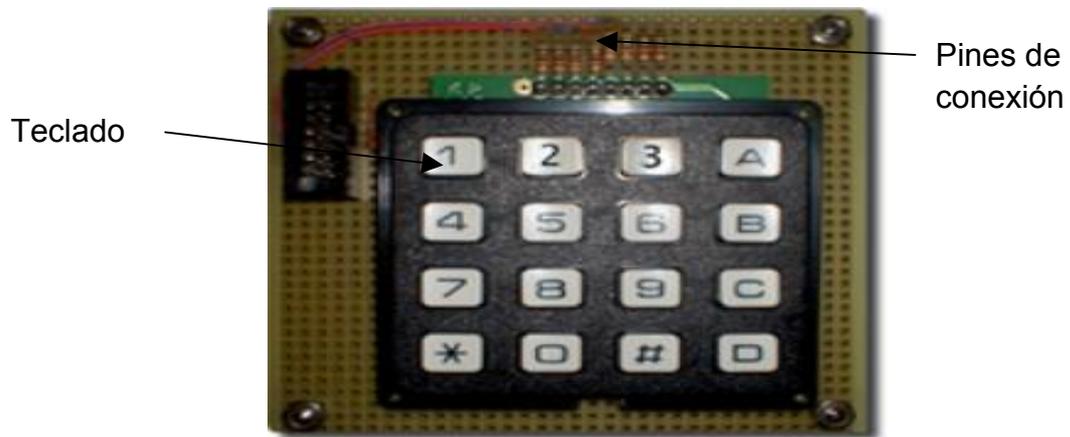
Figura 62. Tarjeta final de salida



Fuente: Área Automatización Sena Centro Diseño e Innovación Tecnológica Industrial. Dosquebradas. Risaralda

En el proyecto también se utiliza un teclado conformado en su totalidad por 16 teclas, el cual tiene la ventaja del manejo de las teclas por filas y por columnas y no por cada tecla individualmente, o sea que no se necesita 16 pines del Microcontrolador para operarlo, cada fila y cada columna comparten una conexión o cableado común, y sólo se necesitará 8 pines para gobernarlo. (Ver figura 63)

Figura 63. Teclado matricial de 4x4.

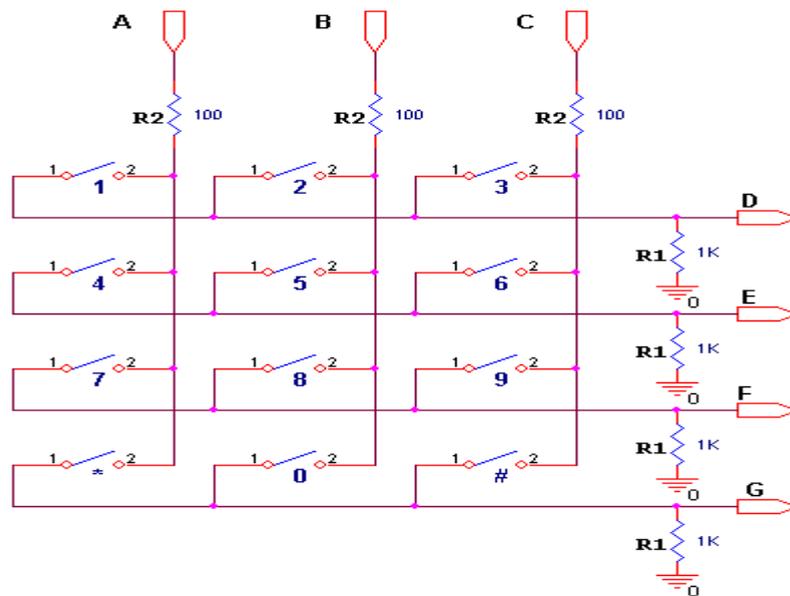


Fuente: <http://www.tolaemon.com/otros/tmatriz.htm>

La programación de cada secuencia para este proyecto se realiza mediante un teclado de 4x4. (Cuatro filas por cuatro columnas). Dicho teclado posee unos pines que va conectado a un puerto de 8 bits del Microcontrolador,

En la figura 64, se ilustra el esquema que posee este teclado en su parte interna de sus conexiones para su modo de trabajo

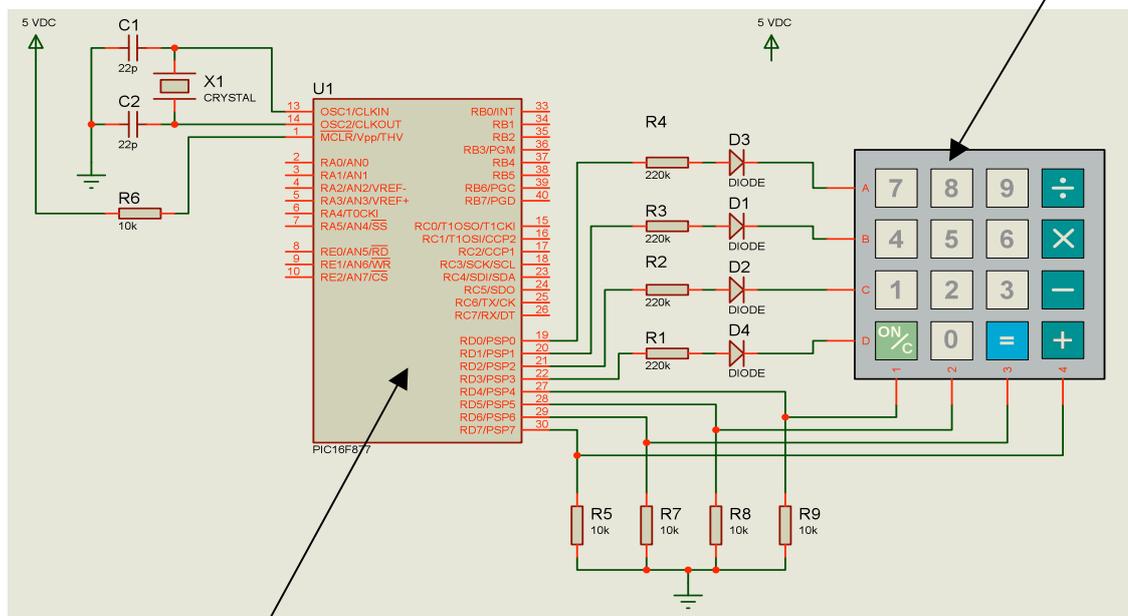
Figura 64. Esquema de conexión de teclado



Fuente: <http://www.tolaemon.com/otros/tmatriz.htm>

Las conexiones del dispositivo electrónico secuencial que llevan como parte de este un teclado para la comunicación con el microcontrolador se observa en la (figura 65) el esquema de conexiones

Figura 65. Conexiones entre el teclado de 4x4 y el microcontrolador



Matriz 4x4

microcontrolador

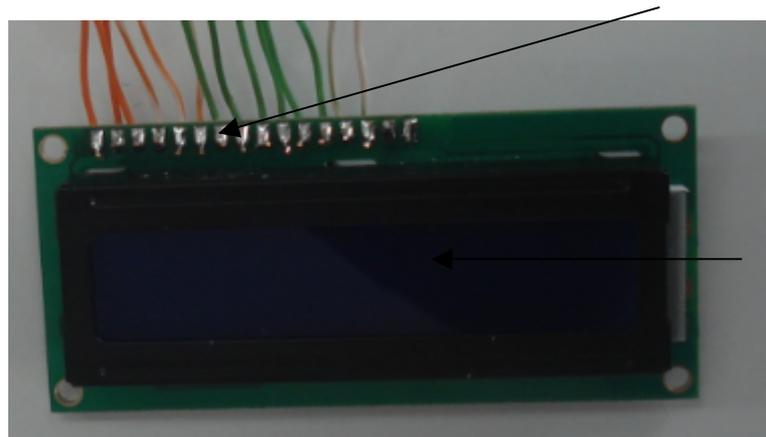
Fuente: Simulador Proteus

También, para la visualización de la secuencia que se está ejecutando en el momento de trabajo se dispuso de una pantalla *LCD (Display Cristal Liquid)* que permitirá al usuario tener referencia de los pasos que se están realizando.

Esta LCD es de 2x16 (dos líneas por dieciséis caracteres), Cada línea, aunque solo pueda mostrar 16 caracteres, símbolos e incluso dibujos (en algunos modelos), en pantalla este puede almacenar hasta 40 caracteres , (ver figura 66)

Figura 66. LCD de 2x16

Pines de Conexión



LCD 2 x 16

Fuente: Área Automatización Sena Centro Diseño e Innovación Tecnológica Industrial. Dosquebradas. Risaralda

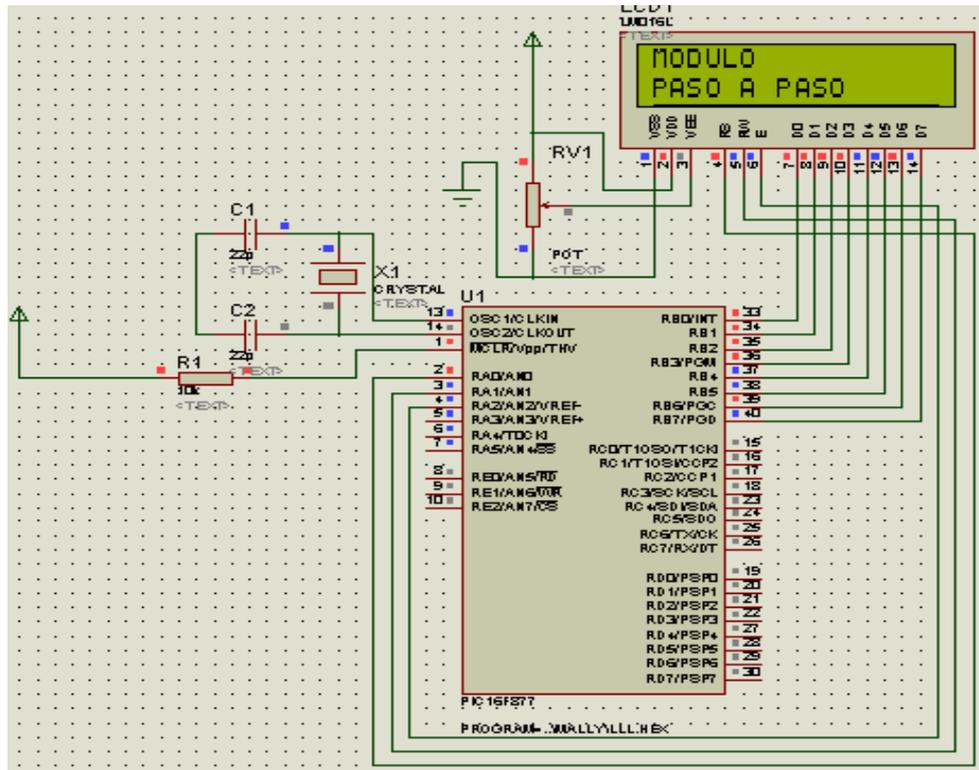
Cada una y cada carácter dispone de una matriz de 5 x 7 puntos (píxeles) también cuenta con un controlador interno REF: *Hitachi 44780s*, que posee internamente dos memorias de almacenamiento:

- **DDRAM:** (Almacena los caracteres que se envían desde el micro controlador a la LCD y que serán visualizados en la pantalla.

CGRAM: (Es la encargada de almacenar caracteres predeterminados por el fabricante y los que son creados por el usuario)

Para la comunicación con pantalla LCD se pueden hacer por medio de sus terminales de entrada de dos maneras posibles, con bus de 4 bits y con bus de 8 bits, este último es el que utilizaremos en este proyecto. En la figura (67) se muestra sus conexiones con el microcontrolador

Figura 67. Conexión de LCD al microcontrolador.



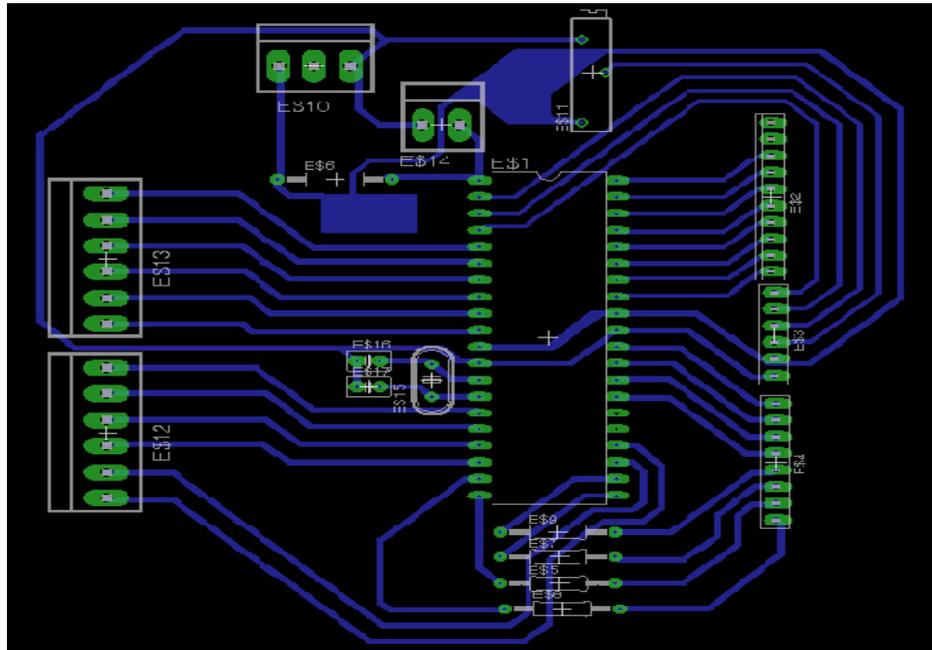
Fuente: Simulador *Proteus*

La tarjeta de control consta de los siguientes elementos:

- Un (1) Microcontrolador Pic 16f877 de Microchip
- Un (1) cristal de 4 MHz
- Dos (2) Condensadores Cerámicos de 22 pF
- Dos(2) Condensadores Cerámicos de 2.2 pF
- Una (1) resistencia de 10 KΩ
- Conexiones varias para el teclado y la LCD

Para el diseño de la tarjeta de control, se empleó el software de diseño electrónico, Eagle versión 5.6 El resultado se ve en la figura 68

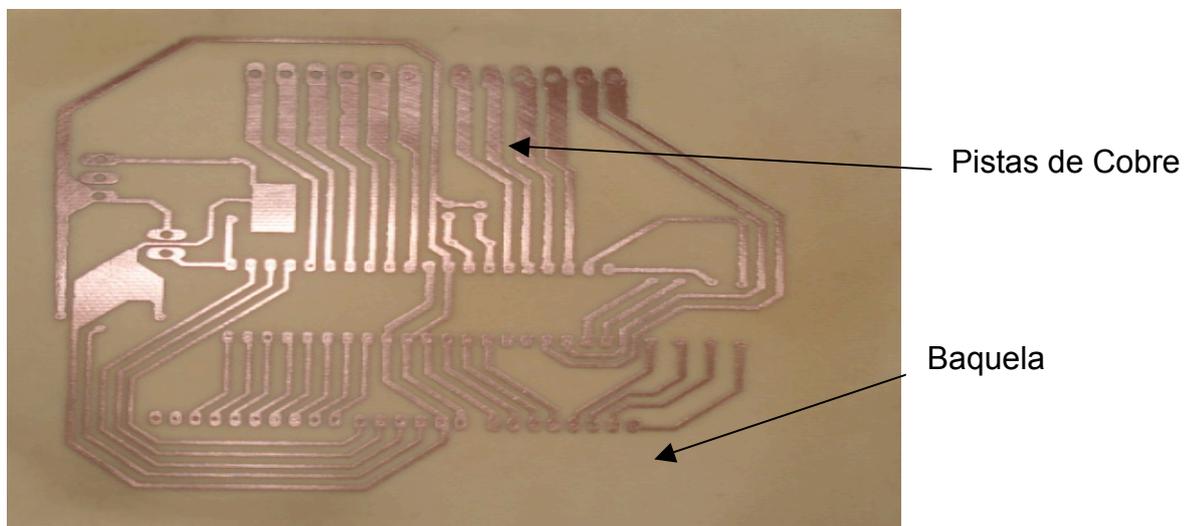
Figura 68. Diseño tarjeta control



Fuente: Diseño de tarjeta usando *software* Eagle Version 5.7

Una vez realizadas las pruebas correspondiente se procedió a realizar la fabricación de los circuitos impresos. (Ver figura 69)

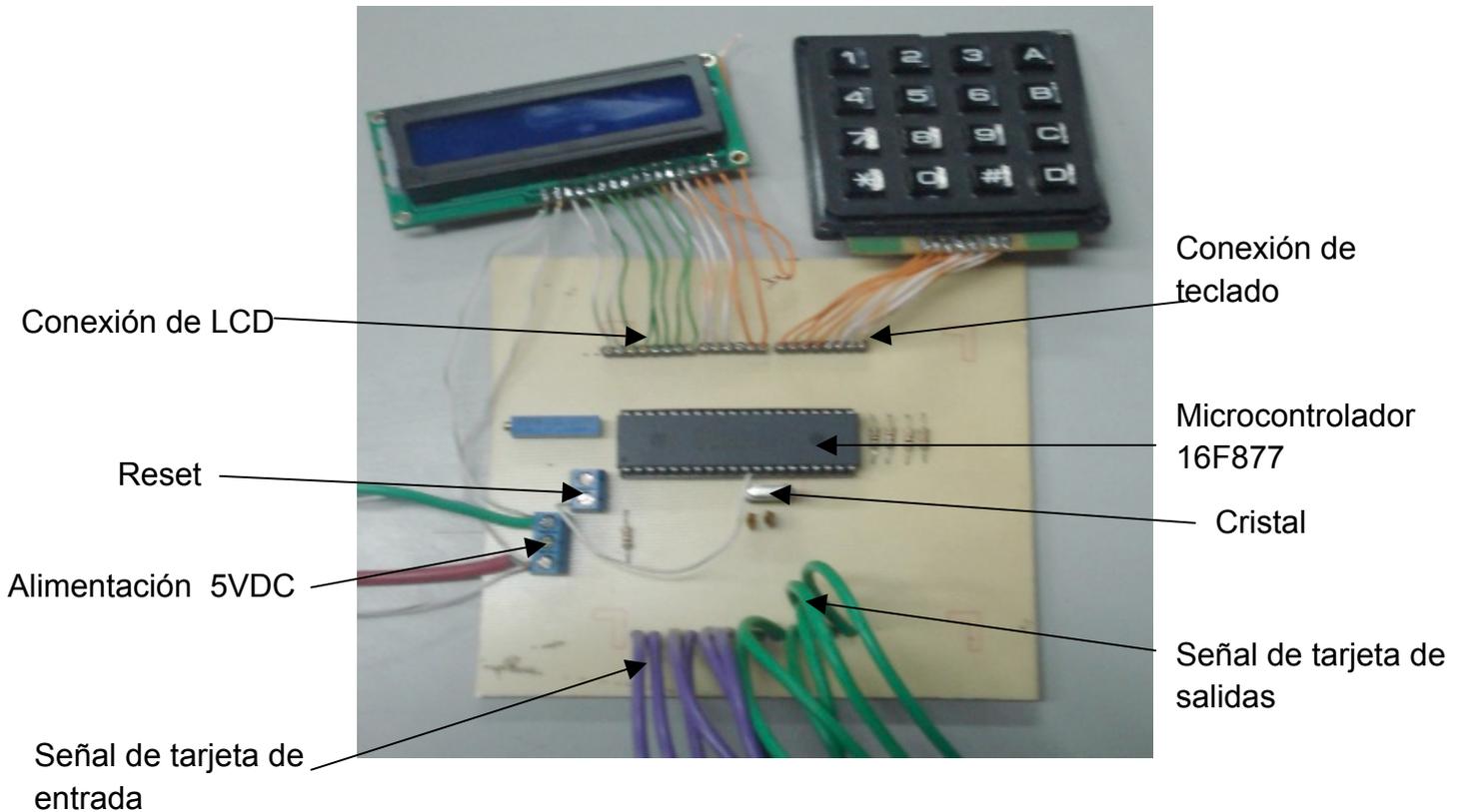
Figura 69. Circuito impreso tarjeta de control



Fuente: Área Automatización Sena Centro Diseño e Innovación
Tecnológica Industrial. Dosquebradas. Risaralda

En la (figura 70) se observa la tarjeta de control con sus respectivos componentes

Figura 70. Tarjeta final de control



Fuente: Área Automatización Sena Centro Diseño e Innovación
Tecnológica Industrial. Dosquebradas. Risaralda A continuación se ilustra el montaje de sensores para realizar una secuencia de tipo experimental

Cabe anotar que los sensores utilizados para la prueba, que se visualiza en la (figura 71) son (finales de carrera) que se implementaron como simulación de la señal de 24 VDC para ciclo, dado que se utilizarán sensores de tipo inductivo para nuestra aplicación.

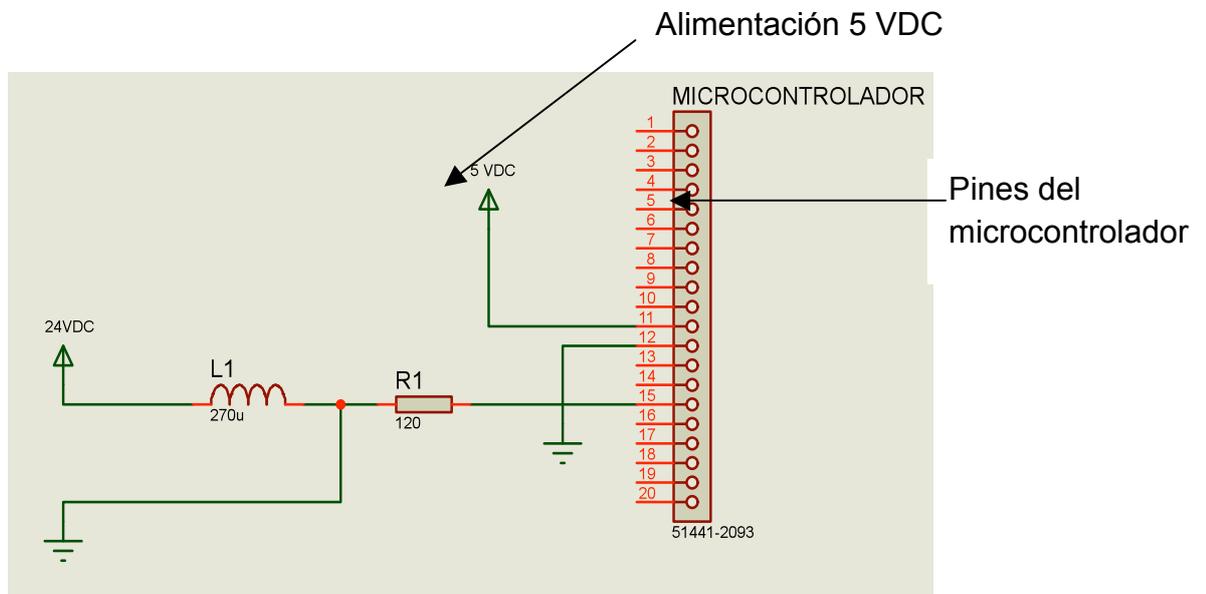
Figura 71. Ubicación de los sensores en el banco.



Fuente: Área Automatización Sena Centro Diseño e Innovación Tecnológica Industrial. Dosquebradas. Risaralda

En la figura 72, se muestra como sería para el circuito de entrada de señales al Microcontrolador.

Figura 72. Conexión de entrada de señal de sensor al micro



Fuente: Simulador *Proteus*

Ingresan 24 VDC a la entrada de un sensor o final de carrera, el cual en la grafica se simuló con una inductancia, pero que en las conexiones internas, el cual tiene un contacto normalmente abierto, de manera que a la detección de presencia de un objeto, que en este caso sería el vástago del cilindro, se cierra dicho contacto e ingresa la señal al microcontrolador. Los cálculos respectivos son:

La caída de voltaje deberá ser de:
 $V = 24V - 5V = 19 V$

Y el valor de la resistencia en serie es de:

$$R = 19 v / 20m A = 850 \Omega$$

4.2 DISEÑO DE LA APLICACIÓN

En el ámbito de la programación de integrados tales como (FPGA, GALL, PLD, MICRO) existen plataformas para elaborar la programación y el manejo de sus registros, para la comunicación con estos dispositivos se dispone de una serie de software, para este caso de microcontrolador se tiene algunos tales como C++, ensamblador, Motorola y otras; se optó por emplear ensamblador(MPLAB), por lo que sus comandos de programación son de estructuras que le permiten al usuario con básicos conocimientos en lenguajes de comandos, entender su contenido y debido a su fácil manejo y versatilidad para realizar control.

Para la elaboración de programas por complejos que sean, siempre se debe hacer la forma de seguir unos pasos para que en el momento de interpretar estos códigos sea lo más claro posible. Como primer paso de un diseño basado en Microcontrolador consiste en escribir el código de fuente del programa, en el lenguaje seleccionado.

Posteriormente, si el lenguaje ha sido el ensamblador, este se convierte al código ejecutable mediante el uso de programa ensamblador de la empresa Microchip, o más común llamado MPASM.

Para la escritura del código fuente, éste código del lenguaje ensamblador está estructurado en columnas, cualquier texto que comience en la primera columna se considerará una etiqueta y será parte del campo de etiquetas, Las siguientes tres columnas contienen el campo de instrucciones, el campo de datos y el campo de comentarios. Los

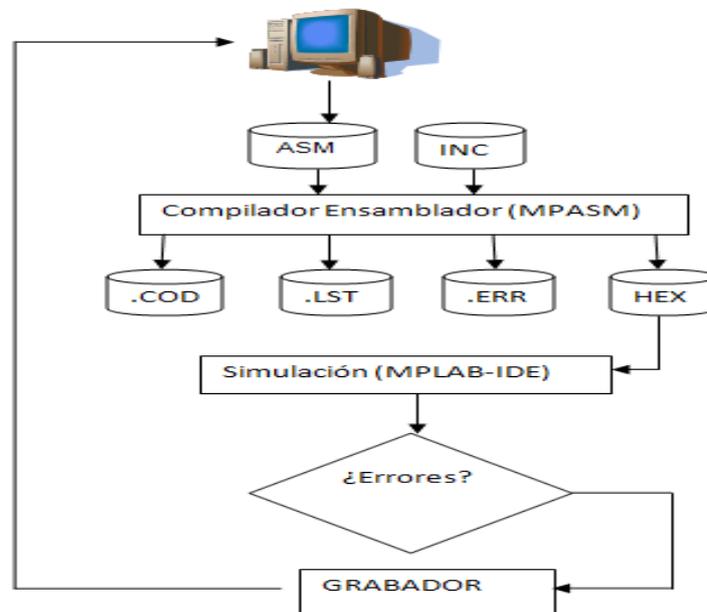
comentarios deben empezar con punto y coma (;) y pueden ir también en la primera columna.

Las etiquetas son nombres de subrutinas o secciones de código fuente. Dando nombres a partes del programa, se posibilita que las instrucciones puedan saltar o hacer referencia a esas partes sin necesidad de recordar las direcciones físicas donde están ubicadas.

El ensamblador MPASM permite etiquetas de hasta 32 caracteres. Una etiqueta puede ir seguida de dos puntos (:), espacios, tabuladores o RETURN. Deben empezar por un carácter alfanumérico o de subrayado (_) y pueden contener cualquier combinación de caracteres alfanuméricos

En la figura 73 se muestra el organigrama para grabar un archivo en el micro controlador

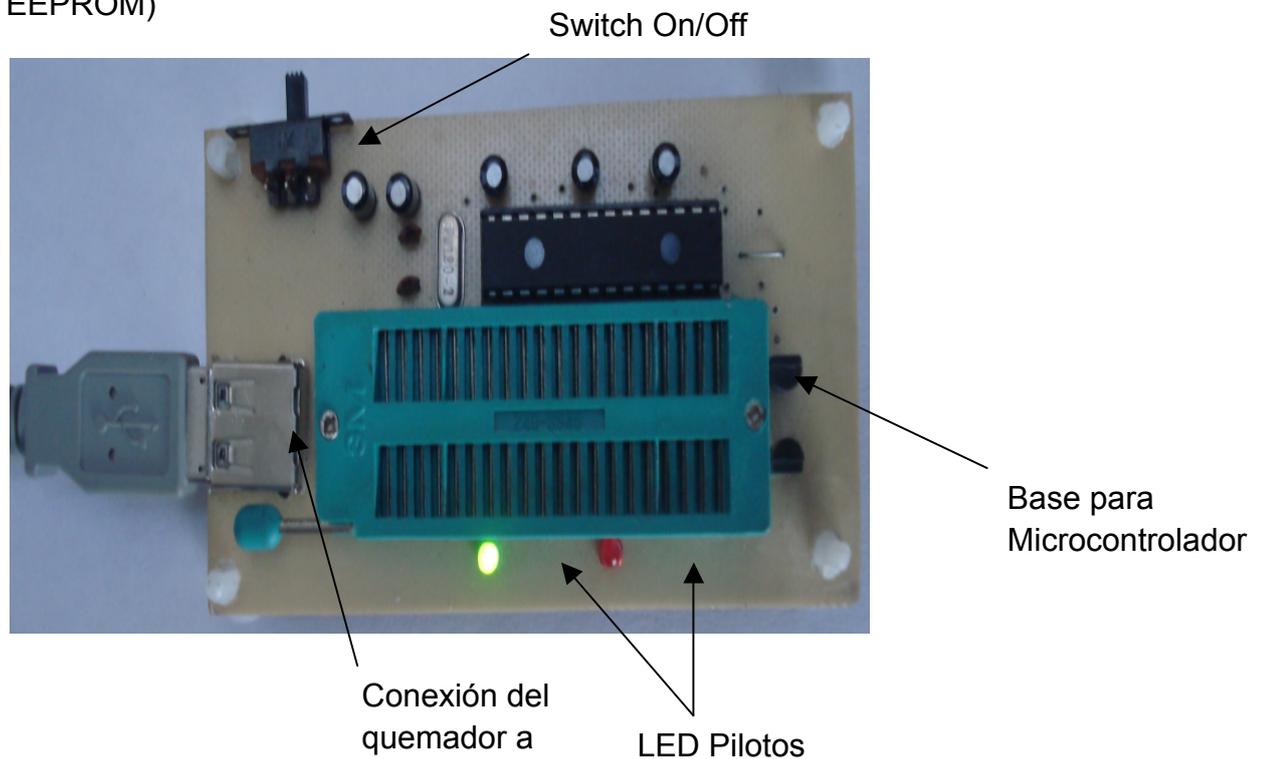
Figura 73. Organigrama de la secuencia a seguir para el grabado del Microcontrolador.



Fuente: Autores

A continuación se muestra el Programador utilizado para descargarle los programas al microcontrolador de referencias (16Fxx, 16Cxx, y memorias EEPROM, y que se utilizó durante la realización del proyecto, se visualiza en la (figura 74)

Figura 74. Programador de microcontrolador (16Fxxx, 16cxxx, memorias EEPROM)



Fuente: Área Automatización Sena Centro Diseño e Innovación Tecnológica Industrial. Dosquebradas. Risaralda

Un programa contiene unos campos específicos donde van partes definidas de los comandos. A continuación se presentan algunos.

Campo de instrucciones:

La segunda columna corresponde al campo de instrucciones. Puede ser Una instrucción del Microcontrolador o una instrucción para el ensamblador, llamada directiva.

Campo de datos:

Contiene datos u operando para las instrucciones. En los PICs, los datos pueden ser un registro, un bit de un registro, una etiqueta o un número

constante (llamado literal). Algunas instrucciones no llevan datos. Si una instrucción necesita múltiples datos, deben separarse por comas (,).

La especificación de la base en la que se expresan los datos u operandos es opcional: d'65', b'01000001', 0x41, o'101' y 'A' son el mismo dato. El sufijo d o D se emplea para expresar un valor en decimal. El sufijo b o B expresa un valor en binario. Para expresar un valor en hexadecimal se emplea el sufijo 0x ó 0X.

Un número en base octal se representa mediante el sufijo o ó O. Finalmente, un valor se puede expresar mediante un carácter ASCII si se encierra entre comillas simples como 'A'.

Para editar, compilar y depurar los programas fuente de los microcontroladores PIC utilizaremos el entorno de desarrollo MPLAB IDE 8.30

Este entorno, que a continuación pasaremos a describir, funciona tipo *Container*, es decir, sus distintas opciones son asociadas a programas, que serán ejecutados cuando se las pulse. De este modo bastará con definirle un ensamblador, un emulador o un grabador distinto a los que lleva por defecto para incorporarlo inmediatamente al entorno.

El ensamblador que utiliza por defecto el MPLAB IDE versión 8.30, es el MPASM, que conserva de sus tiempos bajo MS-DOS. Desde MPLAB es posible abrir un fichero en ensamblador (*.asm) (fichero fuente) y ensamblarlo para poder obtener el fichero de entrada de un grabador (*.hex) (fichero binario), pero también es posible el uso de proyectos que utilicen varios *.asm, permitiendo así reutilizar código con mayor facilidad, al ser este más modular. También es posible elegir el tipo de Microcontrolador sobre el que simular y activar el modo de simulación o depuración (*debugger*) denominado MPLAB SIM.

Para realizar una buena programación se realizan una serie de convenciones, y con ellas se facilitan la revisión y comprensión del programa.

Algunas de estas convenciones son:

- Ficheros de códigos de fuente, llevan la extensión *.ASM o *.SRC
- Los ficheros de listado llevan extensión *.LST
- Los ficheros de códigos objeto llevan extensión *.OBJ
- Los ficheros ejecutables llevan extensión *.HEX
- Comentarios explicando cada línea de código
- El espacio entre caracteres se escribe “_”. RB0_ES_1 es más fácil de leer que RD0ES1

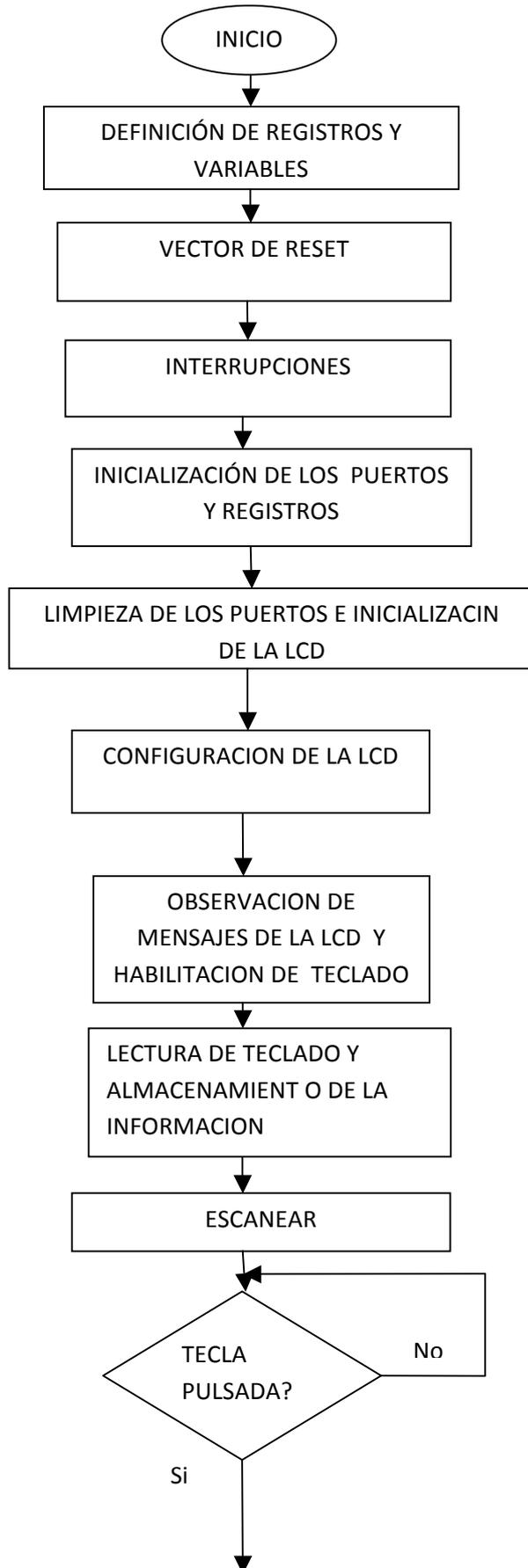
4.3 DISEÑO DEL PROGRAMA PARA EL MICROCONTROLADOR

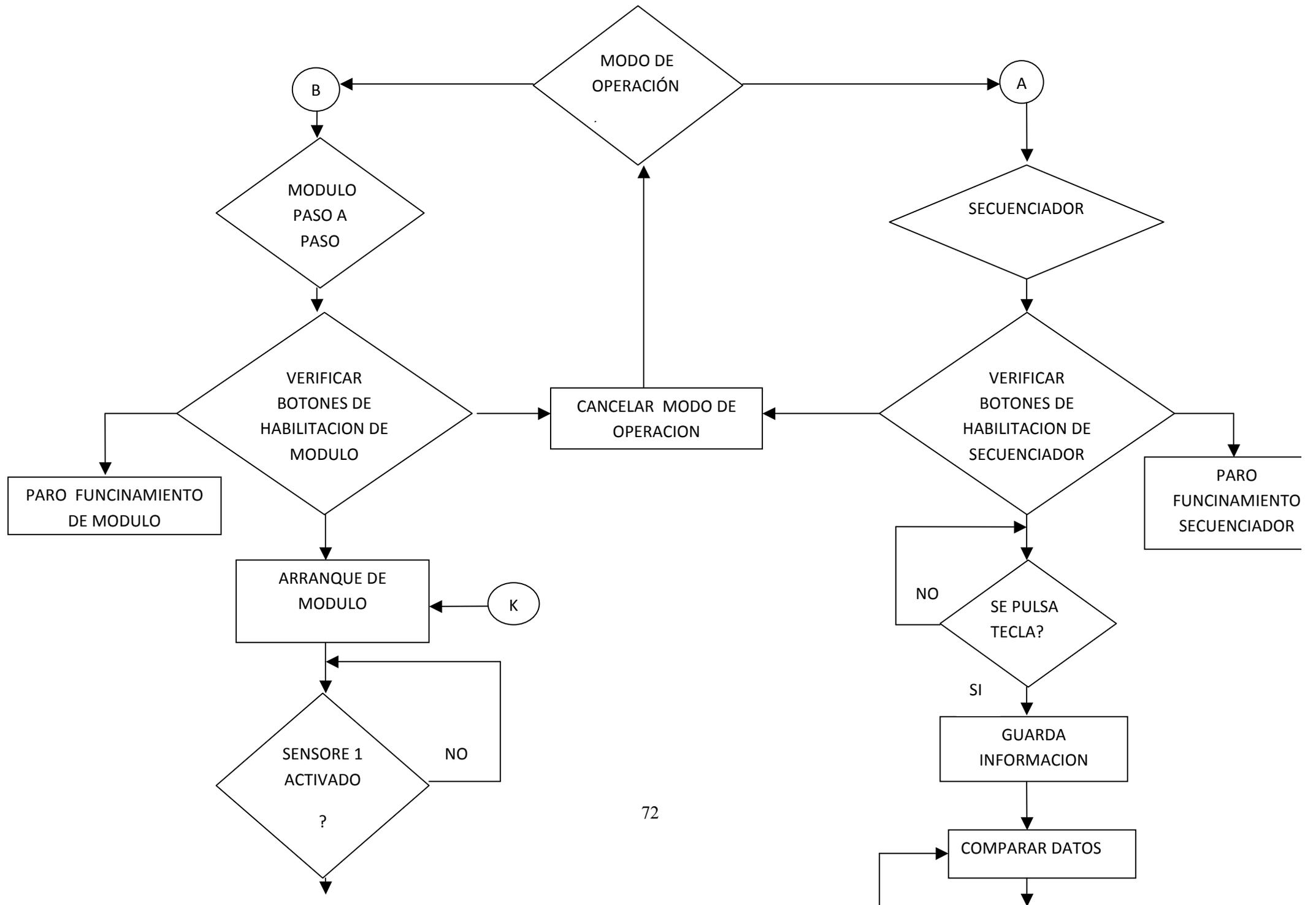
El Microcontrolador utilizado en la tarjeta de control es de la familia de MicroChip y es de la referencia 16F877. El conjunto de instrucciones se componen de comandos, que se incluyen en el Anexo B

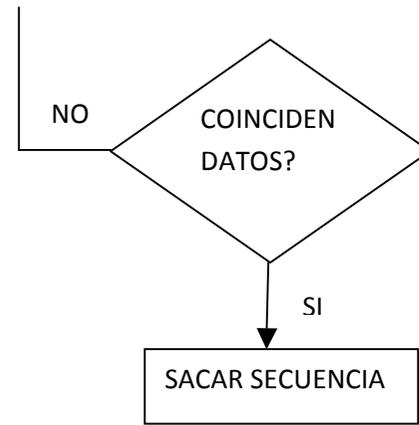
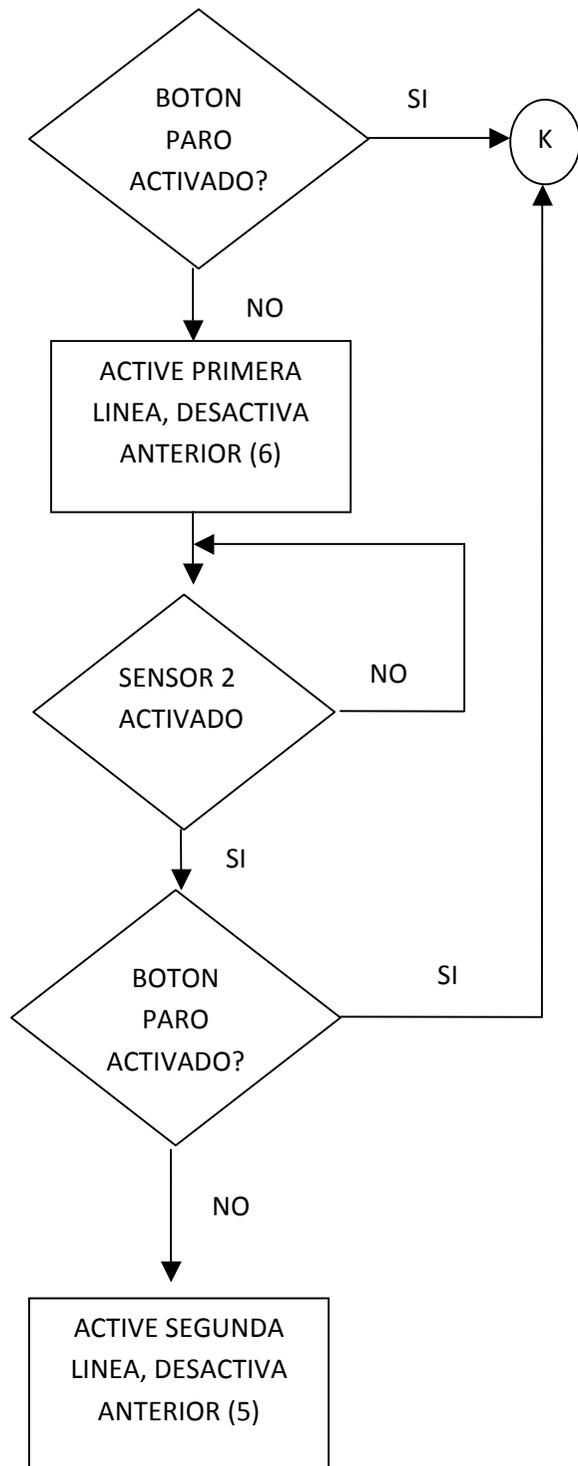
Descripción del programa

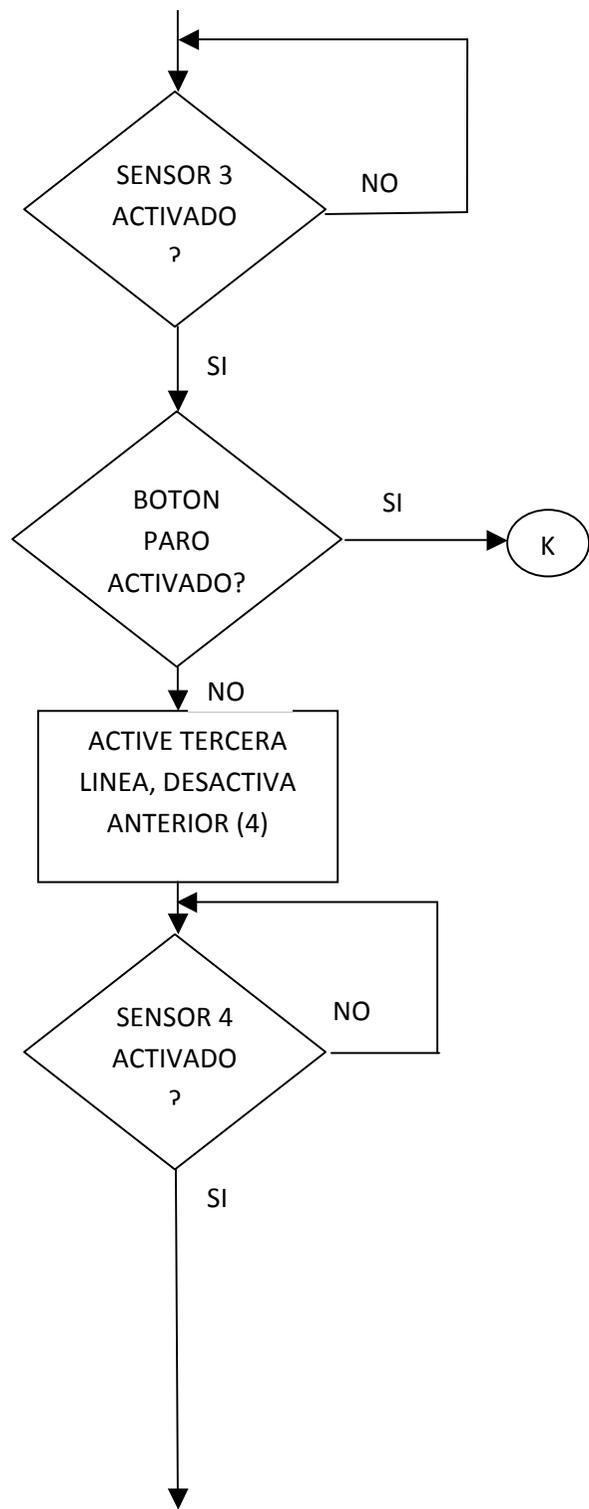
Se incluye a continuación un diagrama de flujo del programa principal elaborado en Ensamblador y sus comentarios respectivos. (Ver figura 75), que explica la estructura funcional del programa que maneja la aplicación. El código fuente del programa se incluyó en el anexo A

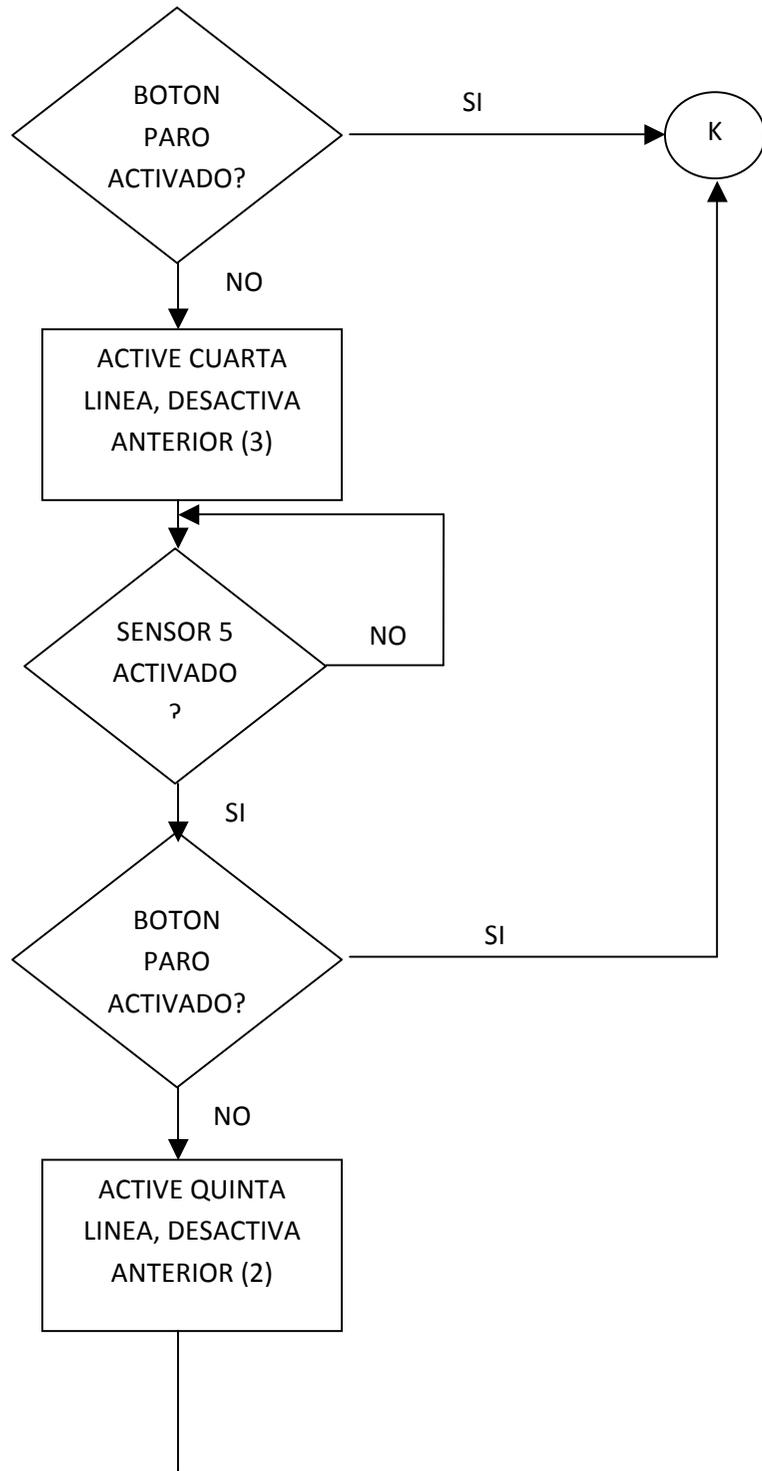
Figura 75 Diagrama de flujo programa en ensamblador

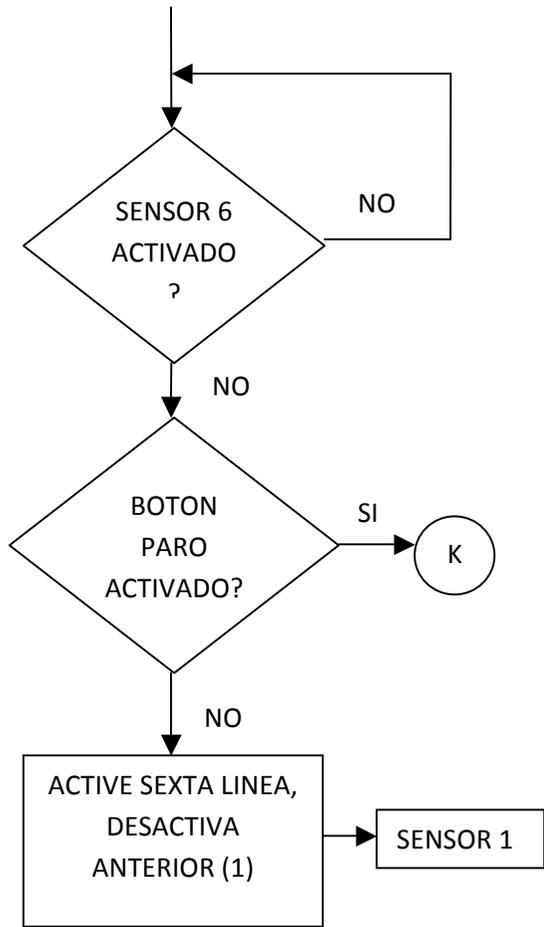












5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo, se presenta una descripción de los resultados obtenidos en el desarrollo del presente proyecto (ver tabla 1).

Tabla 1. Resumen de los cambios efectuados al secuenciador neumático de la marca Festo Didactic

	Descripción elemento	ANTES Bloque Neumático	AHORA Dispositivo Electrónico
1	Bloque secuencial	-Comunicación interna de funciones lógicas Conexiones a pilotajes de las válvulas -Señal de aire comprimido	- Tarjeta de control - Tarjeta de potencia.(In/Out) - Señal Electrónica de pulsos digital
2	Configuración de secuencia	-montaje de circuito neumático y módulo secuencial neumático	- Programación por medio de teclado para nueva secuencia
3	Control velocidad secuenciador	Regulador de velocidad para actuadores	Regulador de velocidad para actuadores
4	Introducción Secuencia	Introducción señales de aire comprimido	Teclado de 4x4

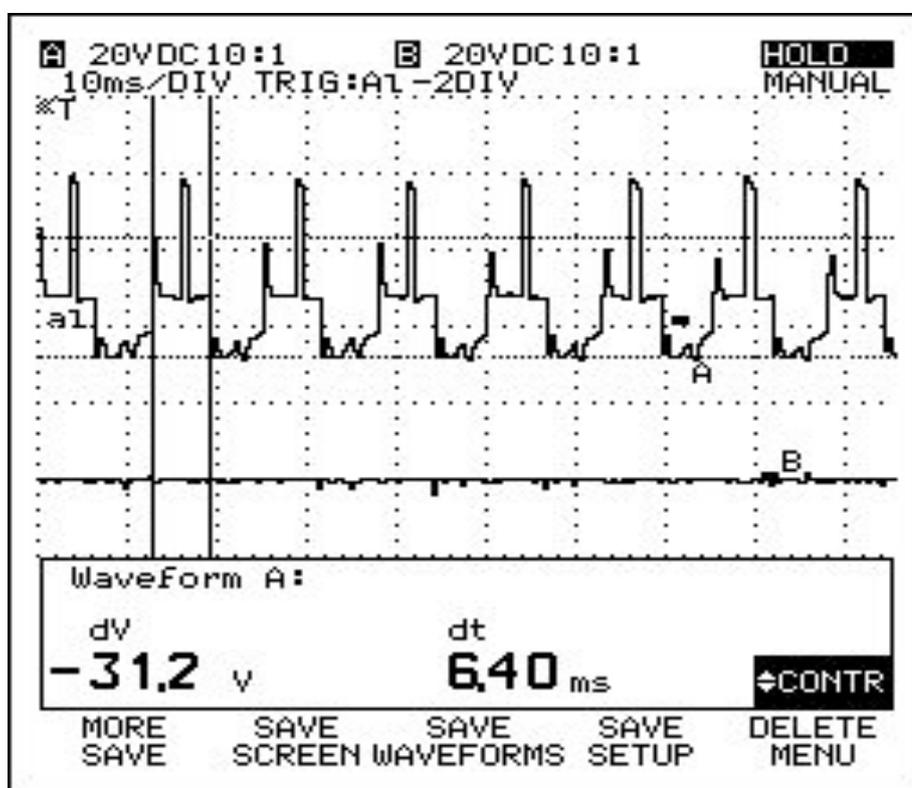
5	Visualización de programas	de	Pilotos neumáticos del bloque secuencial	Pantalla LCD
---	----------------------------	----	--	--------------

5.1 PRUEBAS REALIZADAS AL SECUENCIADOR

Se realizaron pruebas en el secuenciador neumático con el fin de determinar la frecuencia de conmutación de las electroválvulas.

Para obtener las gráficas de comportamiento y de corrientes se empleó un osciloscopio marca Fluke.96B SCOPMETER Series II, 60 MHz (ver figuras 76)

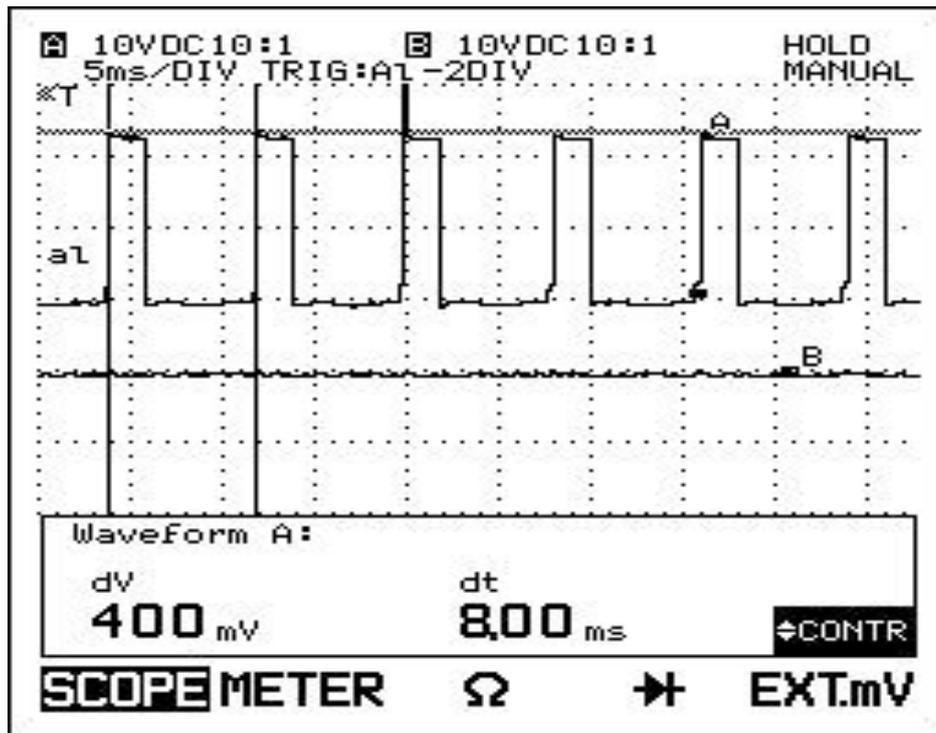
Figura 76. Pulso de conmutación de 24 VDC



Fuente: Área Automatización Sena Centro Diseño e Innovación Tecnológica Industrial. Dosquebradas. Risaralda

En la figura 77, se observa la señal de un pulso de 5 VDC para lograr la conmutación de la electroválvula

Figura 77. Pulso de 5 VDC para conmutación hacia la electroválvula



Fuente: Área Automatización Sena Centro Diseño e Innovación
Tecnológica Industrial. Dosquebradas. Risaralda

6. ANÁLISIS DE COSTOS

En este punto se presenta un análisis de la propuesta realizada de implementar un secuenciador neumático, de forma electrónica que imite sus labores de funcionamiento que permita operar de forma adecuada en la rutina de trabajo, la relación del montaje de dicha tarjeta y sus componentes se visualizan en las siguientes tablas donde elementos de la tarjeta de control, (tabla 2.); elementos de la tarjeta de potencia (tabla 3), elementos tarjeta entradas y salidas (tabla 4);

Tabla 2. Elementos de tarjeta de control

	Descripción del elemento	Referencia	Cantidad	Valor Unitario \$	Total \$
1	Microcontrolador PIC	16F877	1	22.000	22000
2	Cristal	MHz	1	1.500	1500
3	Diodos	14N7004	1	200	200
4	potenciómetro	10kΩ	1	800	800
5	Condensador	22pF	2	200	600
6	Resistencia	10kΩ	1	100	100
7	Resistencia	1kΩ	4	100	400
8	Diodo LED Rojo		2	100	300
9	Programador de microcontrolador		1	250.000	250.000
10	LCD	2x16	1	14.000	14.000
11	Teclado	4x4	1	7.000	7.000

TOTAL Costos Tarjeta de control \$ 275.600

Tabla 3. Elementos de tarjeta de regulación.

Id	Descripción del elemento	Referencia	Cantidad Por unida	Valor Unitario \$	Valor Total \$
1	Regulador	LM317	1	1800	1800
2	Potenciómetro	5kΩ	1	700	700
3	Resistencia ¼ W	220Ω	4	150	600
4	Bornera	2 pines	2	300	600
5	Condensador cerámico	2.2pf	1	150	150
6	Fusible	2Am	1	100	100
7	Baquelita	15 cm2	1	10000	10.000
8	Tornillería	1/8 x ¼	8	800	800
9	Fuente de 24 vdc	110-240vac	1	300.000	300.000
10	Break Bipolar	Merlín Gerin	1	12.000	12.000
11	Condensador Electrolítico	5 VDC 2.2mf	1	200	200

TOTAL MATERIALES Tarjeta de regulación \$ 324.450

Tabla 4. Elementos de tarjeta de entradas y salidas (potencia).

it	Descripción del elemento	Referencia	Cantidad	Valor Unitario \$	Total \$
1	Resistencia ¼ vatio	220Ω	6	100	\$ 200
2	Bornera	6 pines	2	700	\$ 1400
3	Baquelita		1	10000	10000
4	Transistores	2N3904	6	150	900
5	LED Verde		6	100	600
6	LED Amarillo		6	100	600
7	Conector Hembra		10	100	1000
8	Diodo	1n4007	6	150	900

TOTAL MATERIALES Tarjeta de potencia \$ 14,700

Consolidando los datos presentados en las tablas (2 a la 4) y anexando los otros rubros del proyecto, se tiene el resumen de costos presentado en la Tabla 5.

Tabla 5. Resumen de costos consolidados

Id	Descripción elemento	Referencia.	Cantidad	TOTAL \$	OBSERVACION.
1	Tarjeta de control	-	1	275.600	Recursos propios
2	Tarjeta de Regulación	-	1	324.450	Recursos propios
3	Tarjeta de potencia	-	1	14700	Recursos propios
4	Sensores		4		Recursos propios
5	LCD	-	1		Recursos propios
6	Resmas	Carta	4	80.000	Recursos propios
7	Fotocopias	Libros	-	150.000	Recursos propios
8	Internet	Consulta	-	120.000	Recursos propios
9	Asesoría	Externa	2	600.000	Recursos propios

TOTAL \$ 1'564.750

Del total presentado se sumaron los valores generados como Recursos Propios y se obtuvo un Total de \$ 1'564.750 lo cual corresponde a la inversión neta realizada por los autores en el desarrollo del proyecto.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se presentan algunas conclusiones como consecuencia de los resultados obtenidos en el desarrollo del presente proyecto; así mismo, se sugieren algunas recomendaciones tendientes a continuar con la ejecución con fases posteriores del trabajo.

Entre estas conclusiones se pueden citar:

- Se logró cambiar bloque neumático secuencial original por una propuesta nueva que incluye el uso de microcontrolador y la elaboración de varias tarjetas entre ellas: control, potencia y regulación
- La forma de cambio de secuencia se logró con la programación a través de un teclado, sin necesidad de cambiar en parte su estructura
- Utilizar una tarjeta adicional donde se pueda trabajar de manera esclavo-maestro, con el objetivo de poder dar cobertura a secuencias que involucre más actuadores y sensores.
- Es posible abordar en nuestro medio la tecnología de micro controlador con miras a abordar problemas convencionales a bajo costo tales como: secuenciadores, aplicaciones de rutina, entre otros, sin necesidad de depender de compañías extranjeras.
- La implementación realizada en el presente proyecto, demuestra que con elementos electrónicos de nuestro mercado, se pueden elaborar tarjetas que permitan controlar y resolver problemas que antes se pensaba solo se podía hacer con tecnologías costosa y extranjeras
- El desarrollo de aplicaciones apoyadas en software de fácil adquisición en nuestro medio, como el MPLAB IDE, permiten llegar a programar secuencias complejas y que resulta sencilla al momento de implementarla
- Se bajan sensiblemente los costos de mantenimiento de las máquinas, debido a que no es necesario recurrir a especialistas en el área, sino por el contrario contar con personal formado al interior de las instituciones educativas (SENA, Universidad Tecnológica de Pereira).

- Desde el punto de vista de asimilación de tecnología se ha asumido el reto de realizar una aplicación tecnológica basada en microcontrolador con los recursos técnicos y humanos, además con apoyo de la Universidad Tecnológica de Pereira.
- La transmisión de pulsos desde el micro controlador a la tarjeta de potencia (In/Out), se produce de maneja más rápida por la capacidad de procesamiento de este dispositivo, además de su facilidad de interactuar con este dispositivo por medio del teclado por lo tanto, se propone descargar el microcontrolador de tareas.
- Esta es la primera de varias etapas, debido a que el reto que sigue es el de extender los resultados a los demás secuencias que se puedan implementar y que se encuentran en la industria generalmente, y después de validar dichos resultados, contemplar la posibilidad de aplicarlo en regiones no cuentan con ésta tecnología .

BIBLIOGRAFÍA

- [1] “Boylestad, Nashelshy *Electrónica - Teoría de Circuitos*” Prentice Hall Hispanoamérica, S.A. 1997
- [2] *Electronic Materials and processes* hand book. Third Edition. CHARLES A. HARPER
- [3] “*Getting Started in Electronics*”. Written Exclusively for Radio Shack by FORREST M. MINS III
- [4] John D. Ryder Aguilar. *Electrónica - Fundamentos y aplicaciones*
- [5] I.E.S. GINER DE LOS RÍOS .Ciclo Formativo - Grado Medio: Electromecánica de Vehículos.
Módulo Profesional: *Circuitos de fluidos. Suspensiones y Direcciones*.
Profesor: José Rubio Blanco
- [6] *ELECTRÓNICA MODERNA PARA INGENIEROS Y TÉCNICOS*
Kaufman Seidman.McGraw Hill
- [7] Millman, Halkias *Electrónica Integrada- Circuitos y Sistemas analógicos y Digitales 1 1* McGraw-Hill
- [8] M.C.Guinzburg *Técnicas Digitales con Circuitos Integrados*
Biblioteca Técnica Superior
- [9] Ogata, Katsuhiko *Ingeniería de Control moderna 1 4* Prentice-Hall 2003
- [10] Técnica de Mando Secuencial *festo pneumatic*
- [11] Prácticas de mando secuencial: FESTO PNEUMATIC.
- [13] *Aplicación con micro controlador. Descripción General del PIC 16f877*
- [14] *Libro: Ingeniería de sistemas y Automáticas* Fluid SIMP
- [15] *Manual Microchip PIC16/17 Microcontroller 1* Microchip
- [16] *Analogue & Mixed-Signal ASIC design* Free Design & Quote / Datasheets
- [17] www.ucontrol.com/Secuenciador_programable_de_8_canales_2.0
- [18] <http://www.andrewsmachine.com/images/Festo9982.jpg>

ANEXO A

LISTADO PROGRAMA PRINCIPAL EN *MPLAB-IDE* PARA EL MICROCONTROLADOR

List p=16F877

Include "P16F877.INC"

```
ACUMULADOR1      EQU 20H
ACUMULADOR2      EQU 21H
SECUENCIA        EQU 22H
```

```
ORG 0
GOTOINICIO
```

```
ORG 5
```

```
; ----- LCD BUSY -----
```

```
BUSY BSF STATUS, 5 ; pasar al banco 1
```

```
MOVLW 0FFH
```

```
MOVWF PORTB ; puerto b como entradas
```

```
BCF STATUS, 5 ; pasar al banco 0
```

```
BSF PORTA,1 ;LCD en modo de lectura
```

```
BSF PORTA,2 ;habilitar LCD
```

```
L_BUSY BTFSC PORTB, 7 ; si el bit 7 de LCD está activado
```

```
GOTO L_BUSY ; saltar a l_busy
```

```

    BCF PORTA, 2          ; si no, deshabilitar LCD
    BSF STATUS, 5        ; pasar al banco 0

    CLRF PORTB           ; puerto b como salidas
    BCF STATUS, 5        ; pasar al banco 0

    BCF PORTA, 1         ; LCD en modo de escritura

    RETURN                ; regresar a posición del programa

```

; ----- ENVIA DATOS VISUALIZAR O HA ESCRIBIR EN CGRAM -----

-

```

DATO BCF PORTA, 0      ; modo envío de instrucción
MOVWF PORTB            ; enviar datos a LCD
CALL BUSY              ; llamar subrutina de busy

```

```

BSF PORTA, 0          ; modo envío de dato
GOTO ENABLE           ; saltar a subrutina enable

```

; ----- ENVIA DATOS DE CONTROL -----

```

CONTROL BCF PORTA, 0  ; modo envío de instrucción
MOVWF PORTB           ; enviar instrucción a LCD
CALL BUSY             ; llamar subrutina de busy
ENABLE BSF PORTA, 2   ; habilitar LCD

NOP

BCF PORTA, 2          ; deshabilitar LCD

RETURN                ; regresar a posición del programa

```

;----- TEMPORIZA mS -----

MILI MOVWF 20H ; mover el contenido de w a registro 20h
MIL A MOVLW d'110' ; cargar w con 110
MOVWF 21H ; mover el contenido de w a registro 20h
MILB DECFSZ 21H,1 ;decremento registro 21h y guardar valor
en registro
GOTO MILB ;si no ha llagado a cero siga decrementando
registro
DECFSZ 20H,1 ;si llego a cero registro 21h, decrementar
registro 20h
GOTO MILA ;si 21h no ha llegado a cero siga decrementando
RETURN ; si llego a cero regresar a posición del programa

; ----- INICIO DEL PROGRAMA-----

INICIO BSF STATUS,5 ;ir al banco 1
BCF STATUS, 6
MOVLW .6 ; byte de configuración
MOVWF ADCON1 ;mover byte a adcon1, puerto a como i/o
digitales
MOVLW B'00111000' ; byte de configuración
MOVWF PORTA ; configurar entradas y salidas de puerto a

```

MOVLW    07H        ; byte de configuración
MOVWF    PORTE      ; puerto e como entradas
CLRF    PORTC       ; puerto c como salidas
CLRF    PORTB       ; puerto b como0 salidas
BCF     STATUS, 5   ; ir al banco 0

MOVLW    07H        ; byte de configuración
MOVWF    ADCON0     ;mover byte a ad con 0, configurar modulo ad

CLRF    PORTB       ; limpiar puerto b
LCD_INI  MOVLW      d'44'
CALL    MILI        ; evita errores de ejecución 15 milisegundos

MOVLW    30H
CALL    CONTROL
MOVLW    d'12'
CALL    MILI        ; evita errores de ejecución 4.1 milisegundos

MOVLW    30H
CALL    CONTROL
MOVLW    d'1'
CALL    MILI        ; evita errores de ejecucion 100 microsegundos

MOVLW    30H
CALL    CONTROL
MOVLW    d'12'

```

CALL MILI ; temporizar 4,1 milisegundos

MOVLW 02H ; posicionar el cursor en home o posición inicial

CALL CONTROL

MOVLW d'12'

CALL MILI ; temporizar 4,1 ms

MOVLW 38H ;8 bits, 2 lineas, 5x7 pixels -->(30h) 4bits,
1linea, 5x7 pixels

CALL CONTROL

MOVLW d'12'

CALL MILI ; temporizar 4,1 ms

MOVLW 01H ; borra e inicia la LCD en primera posición

CALL CONTROL

MOVLW d'12'

CALL MILI ; temporizar 4,1 ms

MOVLW 06H ; incrementa cursor y desplaza visualización
con cada dato

CALL CONTROL

MOVLW d'12'

CALL MILI ; temporizar 4,1 ms

MOVLW 0CH ; activa la pantalla, cursor off y no parpadeo del
cursor

CALL CONTROL

MOVLW d'12'

```

CALL MILI                                ; temporizar 4,1 ms

VIEWCLRF ACUMULADOR1                     ; limpiar acumulador 1

VIEW2 MOVF ACUMULADOR1, 0                 ; mover el contenido del
acumulador 1 a w

CALL MENS                                ; llamar al primer mensaje para mostrar en LCD

IORLW 0                                   ; revisar si ya se envió el ultimo carácter

BTFSC STATUS,2                           ; ¿ya se envió el último dato?

GOTO LINE2                                ; si, pasar a la segunda línea

CALL DATO                                 ; no, enviar datos a LCD

INCF ACUMULADOR1,1                       ; incrementar en 1 el acumulador1

GOTO VIEW2                                ; y saltar a view2

LINE2 MOVLW 0C0H                          ; primera posición de la segunda
línea

CALL CONTROL

CLRF ACUMULADOR1                         ; limpiar acumulador 1

VIEW3 MOVF ACUMULADOR1, 0                 ; mover el contenido de
acumulador 1 a w

CALL MENS2                                ; llamar al segundo mensaje para mostrar en
lcd

IORLW 0                                   ; revisar se ya se envió el ultimo carácter

```

BTFSC STATUS, 2 ; ¿ya se envió el último dato?

 GOTO SALE ; si, saltar a sale

 CALL DATO ; no, enviar datos a lcd

 INCF ACUMULADOR1, 1 ; incrementar en 1 el acumulador1

 GOTO VIEW3 ; y saltar a view3
 SALE MOVLW .200 ; temporizaciones para mantener visible
 el mensaje
 CALL MILI
 MOVLW .150

 CALL MILI
 MOVLW .90

 CALL MILI

 MOVLW .1 ; borrar lcd

 CALL CONTROL
 MOVLW .12 ; temporizar 4,1 ms

 CALL MILI
 MOVLW .2 ; posicionar el cursor en home o posición inicial

 CALL CONTROL

```

MOVLW    .12                ; temporizar 4,1 ms

CALL MILI

CLRF ACUMULADOR1           ; limpiar acumulador 1

VER_MS3  MOVF ACUMULADOR1, W    ; mover el contenido de
acumulador 1 a w

CALL MENS3                ; llamar al tercer mensaje para mostrar en lcd

IORLW    0                  ; revisar se ya se envió el ultimo carácter

BTFS    STATUS, Z          ; ¿ya se envió el último dato?

GOTO     VER_MS4           ; si, saltar a ver_ms4

CALL DATO                  ; no, enviar datos a lcd

INCF    ACUMULADOR1, 1     ; incrementar en 1 el acumulador1

GOTO     VER_MS3           ; y saltar a ver_ms3

VER_MS4  MOVLW    0C0H      ; primera posición de la segunda
línea

CALL CONTROL

CLRF ACUMULADOR1           ; limpiar acumulador 1

MENSAJ4  MOVF ACUMULADOR1, W    ; mover el contenido de
acumulador 1 a w

```

CALL MENS4 ; llamar al cuarto mensaje para mostrar en lcd

IORLW 0 ; revisar se ya se envió el ultimo carácter

BTFSC STATUS, Z ;¿ya se envió el último dato?

GOTO SALE1 ; si, saltar a sale1

CALL DATO ; no, enviar datos a lcd

INCF ACUMULADOR1, 1 ; incrementar en 1 el acumulador1

GOTO MENSAJ4 ; y saltar a mensaj4

MENSADDWF PCL,1 ;mensaje 1

RETLW ''
RETLW ''
RETLW ''
RETLW 'M'
RETLW 'O'
RETLW 'D'
RETLW 'U'
RETLW 'L'
RETLW 'O'
RETLW ''
RETLW ''
RETLW ''
RETLW .0

MENS2 ADDWF PCL,1 ;mensaje 2

RETLW ''
RETLW ''

```
RETLW    'P'  
RETLW    'A'  
RETLW    'S'  
RETLW    'O'  
RETLW    ''  
RETLW    'A'  
RETLW    ''  
RETLW    'P'  
RETLW    'A'  
RETLW    'S'  
RETLW    'O'  
RETLW    ''  
RETLW    ''  
RETLW    .0
```

```
MENS3    ADDWF    PCL,1        ;mensaje 3
```

```
RETLW    '1'  
RETLW    '!'  
RETLW    ''  
RETLW    'M'  
RETLW    'O'  
RETLW    'D'  
RETLW    'U'  
RETLW    'L'  
RETLW    'O'
```

```
MENS4    ADDWF    PCL,1        ;mensaje 4
```

```
RETLW    '2'  
RETLW    '!'  
RETLW    ''  
RETLW    'S'  
RETLW    'E'  
RETLW    'U'  
RETLW    'E'
```

```

                                RETLW    'N'

RETLW    'C'
                                RETLW    'I'
                                RETLW    'A'
                                RETLW    'D'
                                RETLW    'O'
                                RETLW    'R'
                                RETLW    .0

```

```

MENS5    ADDWF    PCL,1          ;mensaje 5

                                RETLW    ''
                                RETLW    .0

```

```

SALE1

MOVLW    .12                    ; temporizar 4,1 ms

CALL    MILI

```

```

BSF STATUS,5 ;pasar al banco 1
MOVLW B'11110000' ; byte de configuración
MOVWF PORTD ;4 entradas y 4 salidas en puerto d

BCF STATUS,5 ;pasar al banco 0
CLRF PORTD ;limpiar el puerto d
MENUBSF PORTC, 3 ; activar primera fila del teclado

BTFSC PORTC, 7 ; si se activa tecla 1

GOTOMODULO ; seleccionar modulo
BTFSC PORTC, 6 ; se se activa tecla 2
GOTOSECUEN ; seleccionar secuencia
GOTOMENU ;si no se activa ninguna volver a menú

```

; -----RUTINA MODO MODULO-----

```

MODULO MOVLW .12 ; temporizar 4,1 ms

CALL MILI

MODUL BTFSC PORTD,7 ;antirebote de la tecla

GOTOMODUL
MENS_X MOVLW 0C0H ; enviar primera posición de
segunda línea

CALL CONTROL

```

```

CLRF ACUMULADOR1                ; limpiar acumulador 1

MENS_MO  MOVFACUMULADOR1, W      ; mover el contenido de
acumulador 1 a w

CALL MENS5                        ; llamar al quinto mensaje para mostrar en lcd

IORLW    0                        ; revisar se ya se envió el ultimo carácter

BTFSC    STATUS, Z                ; ¿ya se envió el último dato?
GOTO     CONFI_1                  ; si, saltar a confi_1

CALL DATO                          ; no, enviar datos a lcd

INCF ACUMULADOR1, 1              ; incrementar en 1 el acumulador1

GOTO     MENS_MO                  ; y saltar a MENS_MO

CONFI_1  BSF  STATUS, 5           ; pasar al banco 1

MOVLW   .15                       ; byte de configuración

MOVWF   PORTD                     ; byte menos significativo de
puerto d como entradas

BCF  STATUS,5                      ; pasar al banco 0

CLRF PORTD                          ; limpiar puerto D

MOVLW   .7                          ; temporizar

CALL MILI

INI_MOD  BSF  PORTD, 4            ; activar última columna

PORTD, 3                              ; si n se activa tecla arranque

GOTOINI_MOD                          ; esperar hasta que se active

```

MOVLW .12 ;si se activa, temporizar 4,1 milisegundos arranq

CALL MILI

BTFSC PORTD,3 ;realizar antirrebote iniciar el módulo paso a paso

GOTOARRANQ

PASO1 BTFSC PORTD,2 ;si se activa tecla de paro

GOTOINI_MOD ; saltar a ini_mod

BTFSS PORTE, 2 ;si no, preguntar por entrada 6
GOTOPASO1 ;si no se activa entrada 6 saltar a paso 1

P1 BTFSC PORTA, 3 ;si se activa preguntar por entrada 1

GOTOP1 ; si esta activada entrada 1, esperar a que se desactive

BSF PORTC,0 ;si no activar salida 1

PASO2 BTFSC PORTD,2 ;si se activa la tecla de paro

GOTOINI_MOD ; saltar a ini_mod

BTFSS PORTA,3 ;si no, preguntar por entrada 1

GOTOPASO2 ;si no se activa entrada 1 saltar a paso 2

P2

BTFSC PORTA,4 ;si se activa preguntar por entrada 2

GOTOP2 ;si esta activada entrada 2, esperar a que se desactive

```

BSF  PORTC,1                ;si no, activar salida 2

BCF  PORTC,5                ;desactivar salida 6

PASO3    BTFSC    PORTD,2    ;si se activa la tecla de paro

GOTOINI_MOD                ;saltar a INI_MOD

BTFSS    PORTA,4            ;si no, preguntar por entrada 2

GOTOPASO3                ; si no se activa entrada 2 saltar a paso 3
    P3

BTFSC    PORTA, 5            ; si se activa preguntar por entrada

GOTOP3                ; si esta activada entrada 3, esperar a que se
desactive

BSF  PORTC, 2                ; si no, activar salida 3

BCF  PORTC, 1                ; desactivar salida 2

PASO4    BTFSC    PORTD, 2    ;si se activa la tecla de paro

GOTOINI_MOD                ; saltar a INI_MOD

BTFSS    PORTA,5            ;si no, preguntar por entrada 3

GOTOPASO4                ;si no se activa entrada 3 saltar a paso 4

    P4

BTFSC    PORTE, 0            ; si se activa preguntar por entrada 4

GOTOP1                ; si esta activada entrada 4, esperar a que se desactive

```

```

BSF  PORTC, 3          ; si no, activar salida 4
BCF  PORTC,2          ; desactivar salida 3
PASO5    BTFSC    PORTD,2    ; si se activa la tecla de paro

GOTOINI_MOD          ; saltar a INI_MOD
BTFSS    PORTE,0      ;si no, preguntar por entrada 4

GOTOPASO5          ; si no se activa entrada 4 saltar a paso 5
P5
BTFSC    PORTE,1      ;si se activa preguntar por entrada 5

GOTOP5          ; si esta activada entrada 5, esperar a que se
desactive
BSF  PORTC, 4          ; si no, activar salida 5
BCF  PORTC, 3          ; desactivar salida 4
PASO6
BTFSC    PORTD, 2      ; si se activa la tecla de paro

GOTOINI_MOD          ; saltar a INI_MOD
BTFSS    PORTE, 1      ; si no, preguntar por entrada 5

GOTOPASO4          ; si no se activa entrada 4 saltar a paso 6

P6
BTFSC    PORTE,2      ;si se activa preguntar por entrada 6

```

GOTOP6 ; si esta activada entrada 6, esperar a que se desactive

BSF PORTC,5 ;si no, activar salida 6

BCF PORTC, 4 ; desactivar salida 5

GOTOPASO1 ; saltar a paso 1

; -----RUTINA MODO SECUENCIA-----

SECUEN MOVLW .12 ; temporizar 4,1 ms

CALL MILI

ANTIRR BTFSC PORTC, 7 ; realizar antirrebote de tecla

GOTOANTIRR

MOVLW .1 ; borrar pantalla

CALL CONTROL

MOVLW .12 ; temporizar 4,1 ms

CALL MILI

MOVLW .2 ; posicionar el cursor en home o posición inicial

CALL CONTROL

MOVLW .12 ; temporizar 4,1 ms

CALL MILI

CLRF ACUMULADOR1 ; limpiar acumulador 1

MENS_SE MOVF ACUMULADOR1, W ; mover el contenido de
acumulador 1 a w

CALL MENS4 ; llamar al cuarto mensaje para mostrar en LCD

```

IORLW    0                ; revisar si ya se envió el ultimo carácter
BTFSC    STATUS, Z        ; ¿ya se envió el último dato?

GOTO     DIGITAR          ; si, saltar a digitar
CALL DATO                  ; no, enviar datos a lcd
INCF     ACUMULADOR1, 1   ; incrementar en 1 el acumulador1

GOTO     MENS_SE          ; y saltar a mens_se digitar
MOVLW    .12
CALL MILI                  ; temporizar 4,1 ms
MOVLW    0C0H             ; enviar primera posición de segunda
línea
CALL CONTROL
MOVLW    .12              ; temporizar 4,1 ms
CALL MILI
MOVLW    08H
CALL CONTROL
MOVLW    .12
CALL MILI
MOVLW    14H
CALL CONTRO
CALL MILI
CLRF     ACUMULADOR1      ; limpiar acumulador 1

```

; -----RUTINA DE ESCANEEO DE TECLADO-----

```
TECLADO BSF STATUS,5 ;pasar al banco 1
MOVLW .15 ; byte de configuración
MOVWF PORTD ; 4 bits menos significativos de puerto d como
entradas
BCF STATUS,5 ;pasar al banco 1

CLRF PORTD ; limpiar puerto D

CLRF SECUENCIA ; limpiar registro secuencia

CALL MILI

BSF PORTD,4 ; activar última columna
LETRA_A BTFSS PORTD,3 ; si no se activa tecla a

GOTOLETRA_B ; revisar tec

AA MOVLW .12 ; si se activa temporizar 4,1 ms
CALL MILI

BTFSC PORTD,3 ;realizar antirrebote de tecla

GOTOAA

MOVLW .1 ; cargar w con 1
ADDWF SECUENCIA, 1 ; sumar w a secuencia

MOVLW 'A' ; mostrar en lcd letra A
```

CALL DATO

LETRA_B BTFSS PORTD,2 ;si no se activa tecla B

GOTOLETRA_C ; revisar

BB MOVLW .12 ; si se activa temporizar 4,1 ms

CALL MILI

BTFSC PORTD,2 ;realizar antirrebote de tecla

GOTOBB

MOVLW .2 ; cargar w con 2

ADDWF SECUENCIA,1 ; sumar w a secuencia

MOVLW 'B' ; mostrar en lcd letra B

CALL DATO

LETRA_C BTFSS PORTD,1 ;si no se activa tecla C

GOTOLETRA_D ; revisar tecla D

CC MOVLW .12 ;si se activa temporizar 4,1 ms

CALL MILI

BTFSC PORTD,1 ;realizar antirrebote de tecla

GOTOCC

MOVLW .3 ; cargar w con 3

ADDWF SECUENCIA, 1 ; sumar w a secuencia

MOVLW 'C' ; mostrar en lcd letra C

CALL DATO

LETRA_D BTFSS PORTD,0 ;si no se activa tecla C

```

GOTOCAMBIO                ; saltar a cambio para revisar signos
    DD MOVLW    .12        ; si se activa temporizar 4,1 ms
CALL MILI
BTFSC    PORTD,0          ; realizar antirrebote de tecla

GOTODD
MOVLW    .4                ; cargar W con 4
ADDWF    SECUENCIA,1      ; sumar w a secuencia
MOVLW    'D'               ; mostrar en lcd letra D
CALL DATO
CAMBIO
BSF    STATUS,5           ; ir al banco 1
SWAPF
PORTD                ;bits más significativos de puerto d como entradas
BCF    STATUS,5           ; ir al banco 0
CLRF PORTD              ; limpiar puerto d
BSF    PORTD,0           ; activar primera fila del
teclado

SIG_MAS BTFSS PORTD,7    ; si no se activa tecla *

GOTOSIG_MEN              ; revisar tecla #
MAS MOVLW    .12        ; si se activa temporizar 4,1 ms
CALL MILI
BTFSC    PORTD,7          ; realizar antirrebote de tecla

GOTOMAS
MOVLW    .5                ; cargar w con 5

```

```

ADDWF    SECUENCIA,1          ; sumar w a secuencia
MOVLW    '+'                  ; mostrar en lcd signo +
CALL DATO
SIG_MEN  BTFSS PORTD, 5      ;si no se activa tecla #

GOTO     COMPARA              ; ir a comparar los datos
MENOS    MOVLW    .12        ; si se activa temporizar 4,1 ms
CALL MILI
BTFSC    PORTD,5              ; realizar antirrebote de tecla
GOTOMENOS
MOVLW    .6                   ; cargar w con 5
ADDWF    SECUENCIA,1          ; sumar w a secuencia
MOVLW    '-'                  ; mostrar en lcd signo -
CALL DATO

COMPARA  MOVF SECUENCIA,W     ;mover el contenido de registro
secuencia a w

BCF      PORTD,0              ; desactivar fila 4

BSF      PORTD,1              ; activar fila 1

BTFSS    PORTD,7              ;si no se activa letra c para confirmar secuencia

GOTOTECLADO                    ; entonces vuelva a escanear el teclado
XORLW    .13                  ; se activa comparar resultados
BTFSC    STATUS, Z

GOTOSEC_1

XORLW    .28

BTFSC    STATUS,Z

GOTOSEC_2

```

```

XORLW    .45

BTFSC    STATUS,Z

GOTOSEC_3

CLRF ACUMULADOR1      ; si no coinciden datos limpiar acumulador

GOTOMENS_SE          ; volver a subrutina de mens_se

;-----SECUENCIA UNO-----
SEC_1      BSF  STATUS,5      ;pasar al banco 1
MOVLW     .15                ; byte de configuración
MOVWF     PORTD      ; 4 bits menos significativos de puerto d como
entradas
BCF       STATUS,5          ;pasar al banco 0
          CLRf PORTD        ; limpiar puerto D
          CLRf PORTC        ; limpiar puerto C
          MOVLW  .12        ; temporizar 4,1 ms
          CALL  MILI
SEC11     BSF  PORTD,4      ;activar primera columna del teclado

BTFSS     PORTD,3          ;si no se activa tecla arranque

GOTOSEC11          ; esperar a que se active
START MOVLW .12          ; si se activa temporizar 4,1 ms

CALL  MILI
BTFSC     PORTD, 3        ; realizar antirrebote de tecla

GOTOSTART
PAS11     BTFSC     PORTD, 2 ;si se activa la tecla de paro
GOTOSEC11          ; saltar a SEC11
BTFSS     PORTA,3        ;si no, preguntar por entrada 1

GOTOPAS11          ; si no se activa entrada 1 saltar a PAS11
MOVLW     .200          ; si se activa entrada 1, temporizar

```

```

CALL MILI
    BSF  PORTC, 0          ; y activar salida 1
PSS1  BTFSC  PORTD, 2    ; si se activa la tecla de paro
      GOTOSEC11          ; saltar a SEC11
      BTFSC  PORTA, 3    ; si no, preguntar por entrada 1
      GOTOPSS1          ; si esta activa entrada 1 saltar a PSS1
      MOVLW  .200        ; si no temporizar
      CALL MILI
      BCF  PORTC,0       ; y desactivar salida 1
      GOTOPAS11         ; volver a empezar la secuencia

```

;-----SECUENCIA DOS-----

```

SEC_2  BSF  STATUS,5      ;pasar al banco 1
      MOVLW  .15          ; byte de configuración
      MOVWF  PORTD       ; 4 bits menos significativos de puerto D
como entradas

```

```

      BCF  STATUS,5      ;pasar al banco 0
      CLRF PORTD         ; limpiar puerto D
      CLRF PORTC         ; limpiar puerto C
      MOVLW  .12         ; temporizar 4,1 ms

```

```

CALL MILI
SEC22  BSF  PORTD,4      ;activar primera columna del teclado
BTFSS  PORTD,3          ;si no se activa tecla arranque (a)

```

```

GOTOSEC22          ; esperar a que se active
START2  MOVLW  .12      ; si se activa temporizar 4,1 ms

```

```

CALL MILI
BTFSC  PORTD,3          ;realizar antirrebote de tecla

```

```

GOTOSTART2
PAS21  BTFSC  PORTD,2    ;si se activa la tecla de paro

```

```

GOTOSEC22          ; saltar a SEC22
BTFSS  PORTA,4          ; si no, preguntar por entrada 2

```

GOTOPAS21 ; si no se activa entrada 2, esperar hasta que se active
P21 BTFSC PORTA,3 ; si se activa preguntar por entrada 1

GOTOP1 ; si esta activa entrada 1, esperar hasta que se desactive
BSF PORTC,0 ;si no activar salida 1
BCF PORTC,1 ;desactivar salida 2

PAS22 BTFSC PORTD,2 ;si se activa la tecla de paro

GOTOSEC22 ; saltar a SEC22
BTFSS PORTA,3 ; si no, preguntar por entrada 1

GOTOPAS22 ; si no se activa entrada 1, esperar hasta que se active
P22 BTFSC PORTA,4 ;si se activa preguntar por entrada 2

GOTOP22 ; si esta activa entrada 2, esperar hasta que se desactive
BSF PORTC,1 ; si no activar salida 2
BCF PORTC,0 ; desactivar salida 1
GOTOPAS21 ; volver a empezar la secuencia

;-----SECUENCIA TRES-----

SEC_3 BSF STATUS,5 ; pasar al banco 1
MOVLW .15 ; byte de configuración
MOVWF PORTD ; 4 bits menos significativos de puerto d
como entradas

BCF STATUS,5 ;pasar al banco 0
CLRF PORTD ; limpiar puerto D
CLRF PORTC ; limpiar puerto C
MOVLW .12 ; temporizar 4,1 ms
CALL MILI

SEC33 BSF PORTD,4 ; activar primera columna del teclado
BTFSS PORTD,3 ;si no se activa tecla arranque (a)

GOTOSEC33 ; esperar a que se active

```

START3    MOVLW    .12    ; si se activa temporizar 4,1 ms

CALL MILI
          BTFSC    PORTD,3    ;realizar antirrebote de tecla

GOTOSTART3
PAS31
BTFSC    PORTD,2    ;si se activa la tecla de paro

GOTOSEC33    ; saltar a SEC33
BTFSS    PORTA,5    ; si no, preguntar por entrada 3

GOTOPAS31    ; si no se activa entrada 3, esperar hasta que se active

P31
BTFSC    PORTA,3    ;si se activa preguntar por entrada 1

GOTOP1    ; si esta activa entrada 1, esperar hasta que se desactive

BSF    PORTC,0    ; si no activar salida 1
BCF    PORTC,2    ; desactivar salida 3

PAS32    BTFSC    PORTD,2    ;si se activa la tecla de paro

GOTOSEC33    ; saltar a SEC33
BTFSS    PORTA,3    ;si no, preguntar por entrada 1

GOTOPAS32    ; si no se activa entrada 1, esperar hasta que se active

P32
BTFSC    PORTA, 4    ;si se activa preguntar por entrada 2

GOTOP32    ; si esta activa entrada 2, esperar hasta que se desactive

BSF    PORTC, 1    ; si no activar salida 2
BCF    PORTC, 0    ; desactivar salida 1

```


ANEXO B

MICROCONTROLADOR PIC 16F877

ORGANIZACIÓN DE LA MEMORIA DEL PIC.

Los PIC tiene dos tipos de memoria: Memoria de datos y memoria de programa, cada bloque con su propio bus: Bus de datos y Bus de programa, por lo cual cada bloque ser explorado durante un mismo ciclo de oscilación.

La memoria de datos a su vez se divide en:

- Memoria RAM de propósito general
- Archivo de registro (*Special Function Register (SFR)*)

La Memoria de programa: los PIC de rango medio poseen un registro contador del programa PC de 13 bits, capaz de direccionar un espacio de 8k por 14, como todas las instrucciones son de 14 bits, esto significa un bloque de 8k instrucciones. El bloque total de 8k x 14 de memoria de programa está subdividido en 4 páginas de 2k x 14. En la figura B1 se muestra esta organización.

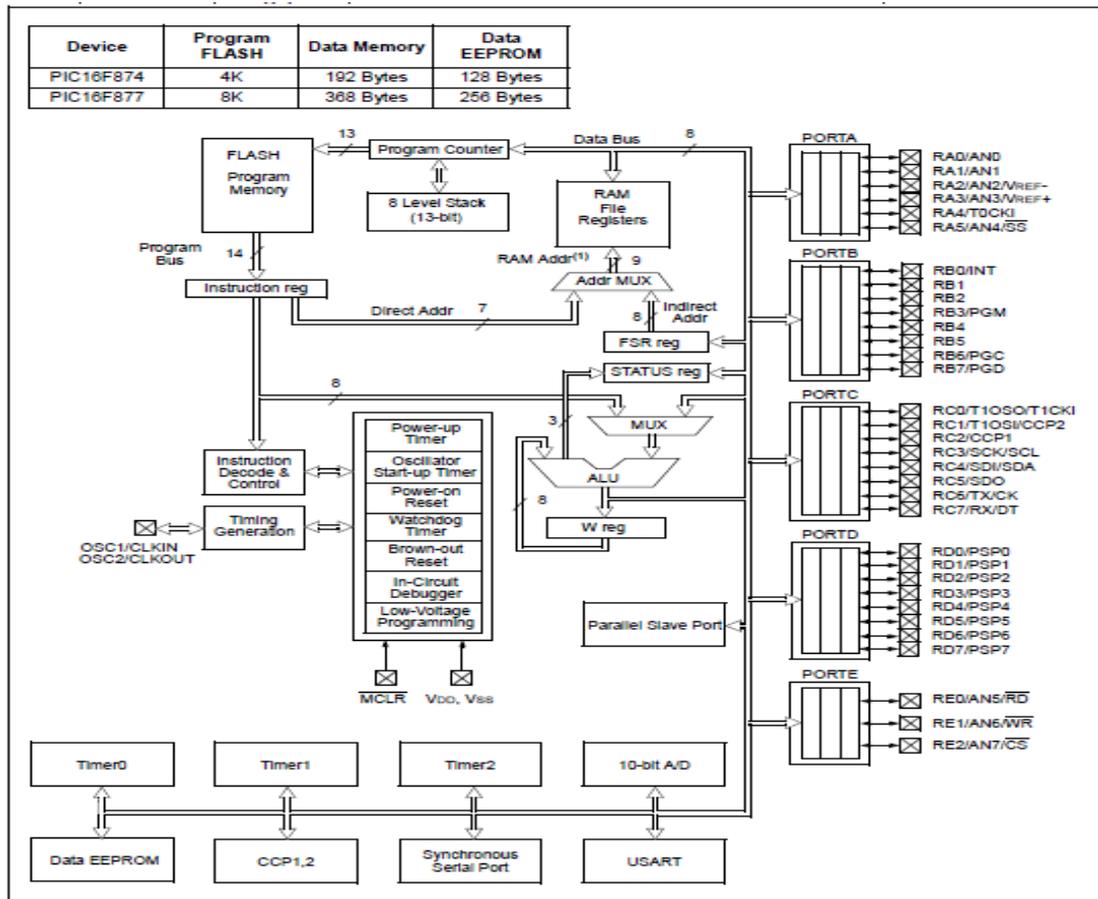
Figura B1. Organización de programa de memoria

Dirección	
0000h	Vector de Reset
...	...
0004h	Vector de interrupción
0005h	
...	
07FFh	Página 0
0800h	
...	
0FFFh	Página 1
1000h	
...	
17FFh	Página 2
1800h	
...	
1FFFh	Página 3

Fuente: Aplicación con micro controlador. Descripción General del **PIC 16F877**

A continuación, se presenta el diagrama de bloques de un Microcontrolador PIC 16F877 (ver figura B2, donde se representa su estructura interna de operación).

Figura B2. Diagrama de bloques del micro controlador 16F877



Fuente: Aplicación con Micro controlador. Descripción General del PIC 16F877

Dispositivos Incluidos en este Datos Cubren:

Microcontroller Core los Rasgos:

- la actuación Alta RISC CPU
- Solo 35 solas palabra instrucciones para aprender
- Operating la velocidad: DC - 20 MHz cronometran la entrada DC - 200 ciclo de instrucción de ns
- A a 8K x 14 palabras de Memoria de Programa de LLAMARADA,
- A a 368 x 8 bytes de Memoria de los Datos (el RAM)
- A a 256 x 8 bytes de EEPROM Datos Memoria
- Pinout compatible al PIC16C73B/74B/76/77

- Interrupt la capacidad (a a 14 fuentes)
- Ocho nivel la pila del hardware profunda
- Direct, los modos dirigiéndose indirectos y relativos,
- Power-adelante Restablezca (POR)
- Power-a el Cronómetro (PWRT) y
- El oscilador Salida-a el Cronómetro (OST)
- El o Perro guardián Cronómetro (WDT) con su propio en-astilla RC
- El oscilador para el funcionamiento fiable
- protección del código Programable
- Power el modo de SUEÑO salvador
- las Selectable oscilador opciones
- el poder Bajo, la velocidad alta CMOS FLASH/EEPROM la tecnología
- el plan Totalmente estático
- la o En-circuito Folletín Programación (ICSP) vía dos los alfileres
- Single 5V En-circuito Folletín Programación capacidad
- En-circuito de o que Pone a punto vía dos alfileres
- los o Procesador read/write acceden para programar la memoria
- Wide que opera el rango de voltaje: 2.0V a 5.5V
- la Corriente de Sink/Source Alta: 25 MA
- el Anuncio de o, la temperatura Industrial y Extendida, los rangos

El consumo de bajo-poder:

- <0.6 MA típico a 3V, 4 MHz,
- 20 un típico a 3V, 32 kHz,
- <1 una corriente de reserva típica

El Diagrama del alfiler

Los rasgos periféricos:

- Timer0: El timer/counter del 8-pedazo con el prescaler del 8-pedazo
 - Timer1: El timer/counter del 16-pedazo con el prescaler, puede incrementarse durante el SUEÑO vía externo el crystal/clock
 - Timer2: El timer/counter del 8-pedazo con el periodo del 8-pedazo el registro, prescaler y postscaler
 - Dos Captura, Compare, módulos de PWM
- La captura es 16-pedazo, el máximo. la resolución es 12.5 ns
 - La comparación es 16-pedazo, el máximo. la resolución es 200 ns
 - El máximo de PWM. la resolución es el 10-pedazo
 - 10-pedazo multi-cauce el conversor Analógico-a-digital
- el Puerto De serie Síncrono (SSP) con SPI (Amo el modo) e I2C (Master/Slave)
 - el Receptor Asíncrono Síncrono Universal El transmisor (USART/SCI) con la dirección del 9-pedazo el descubrimiento
 - el Puerto del Esclavo Paralelo (PSP) los 8-pedazos ancho, con RD externo, WR y CS controla (el 40/44-alfiler sólo)
 - Castaño-fuera la circuitería de descubrimiento para Castaño-fuera Restablezca (BOR)

Tabla B1. Características del micro 16F77

CARACTERÍSTICAS	16F877
Frecuencia máxima	DX-20MHz
Memoria de programa flash palabra de 14 bits	8KB
Posiciones RAM de datos	368
Posiciones EEPROM de datos	256
Puertos E/S	A,B,C,D,E
Número de pines	40
Interrupciones	14
Timers	3
Módulos CCP	2
Comunicaciones Serie	MSSP, USART
Comunicaciones paralelo	PSP
Líneas de entrada de CAD de 10 bits	8
Juego de instrucciones	35 Instrucciones
Longitud de la instrucción	14 bits
Arquitectura	Harvard
CPU	<i>RISC</i>
Canales PWM	2
Pila Hardware	-
Ejecución en un ciclo de máquina	-

Tabla B2. Descripción de pines de salida PIC 16F874 y 16F877

Pin Name	DIP Pin#	PLCC Pin#	QFP Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKIN	13	14	30	I	ST/CMOS ⁽⁴⁾	Oscillator crystal input/external clock source input.
OSC2/CLKOUT	14	15	31	O	—	Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in crystal oscillator mode. In RC mode, OSC2 pin outputs CLKOUT which has 1/4 the frequency of OSC1, and denotes the instruction cycle rate.
MCLR/VPP	1	2	18	I/P	ST	Master Clear (Reset) input or programming voltage input. This pin is an active low RESET to the device.
RA0/AN0	2	3	19	I/O	TTL	<p>PORTA is a bi-directional I/O port.</p> <p>RA0 can also be analog input0.</p> <p>RA1 can also be analog input1.</p> <p>RA2 can also be analog input2 or negative analog reference voltage.</p> <p>RA3 can also be analog input3 or positive analog reference voltage.</p> <p>RA4 can also be the clock input to the Timer0 timer/counter. Output is open drain type.</p> <p>RA5 can also be analog input4 or the slave select for the synchronous serial port.</p>
RA1/AN1	3	4	20	I/O	TTL	
RA2/AN2/VREF-	4	5	21	I/O	TTL	
RA3/AN3/VREF+	5	6	22	I/O	TTL	
RA4/T0CKI	6	7	23	I/O	ST	
RA5/SS/AN4	7	8	24	I/O	TTL	
RB0/INT	33	36	8	I/O	TTL/ST ⁽¹⁾	<p>PORTB is a bi-directional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-up on all inputs.</p> <p>RB0 can also be the external interrupt pin.</p> <p>RB3 can also be the low voltage programming input.</p> <p>Interrupt-on-change pin.</p> <p>Interrupt-on-change pin.</p> <p>Interrupt-on-change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming clock.</p> <p>Interrupt-on-change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming data.</p>
RB1	34	37	9	I/O	TTL	
RB2	35	38	10	I/O	TTL	
RB3/PGM	36	39	11	I/O	TTL	
RB4	37	41	14	I/O	TTL	
RB5	38	42	15	I/O	TTL	
RB6/PGC	39	43	16	I/O	TTL/ST ⁽²⁾	
RB7/PGD	40	44	17	I/O	TTL/ST ⁽²⁾	

Legend: I = input

O = output

— = Not used

I/O = input/output

TTL = TTL input

P = power

ST = Schmitt Trigger input

Tabla B3. Continuación descripción de pines

Pin Name	DIP Pin#	PLCC Pin#	QFP Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
RC0/T1OSO/T1CKI	15	16	32	I/O	ST	PORTC is a bi-directional I/O port. RC0 can also be the Timer1 oscillator output or a Timer1 clock input. RC1 can also be the Timer1 oscillator input or Capture2 input/Compare2 output/PWM2 output. RC2 can also be the Capture1 input/Compare1 output/PWM1 output. RC3 can also be the synchronous serial clock input/output for both SPI and I ² C modes. RC4 can also be the SPI Data In (SPI mode) or data I/O (I ² C mode). RC5 can also be the SPI Data Out (SPI mode). RC6 can also be the USART Asynchronous Transmit or Synchronous Clock. RC7 can also be the USART Asynchronous Receive or Synchronous Data.
RC1/T1OSI/CCP2	16	18	35	I/O	ST	
RC2/CCP1	17	19	36	I/O	ST	
RC3/SCK/SCL	18	20	37	I/O	ST	
RC4/SDI/SDA	23	25	42	I/O	ST	
RC5/SDO	24	26	43	I/O	ST	
RC6/TX/CK	25	27	44	I/O	ST	
RC7/RX/DT	26	29	1	I/O	ST	
RD0/PSP0	19	21	38	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	PORTD is a bi-directional I/O port or parallel slave port when interfacing to a microprocessor bus.
RD1/PSP1	20	22	39	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD2/PSP2	21	23	40	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD3/PSP3	22	24	41	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD4/PSP4	27	30	2	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD5/PSP5	28	31	3	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD6/PSP6	29	32	4	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD7/PSP7	30	33	5	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RE0/ \overline{RD} /AN5	8	9	25	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	PORTE is a bi-directional I/O port. RE0 can also be read control for the parallel slave port, or analog input5. RE1 can also be write control for the parallel slave port, or analog input6. RE2 can also be select control for the parallel slave port, or analog input7.
RE1/ \overline{WR} /AN6	9	10	26	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RE2/ \overline{CS} /AN7	10	11	27	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
V _{ss}	12,31	13,34	6,29	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
V _{DD}	11,32	12,35	7,28	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.
NC	—	1,17,28,40	12,13,33,34		—	These pins are not internally connected. These pins should be left unconnected.

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
 — = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

- Note 1:** This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as an external interrupt.
Note 2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
Note 3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as general purpose I/O and a TTL input when used in the Parallel Slave Port mode (for interfacing to a microprocessor bus).
Note 4: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC oscillator mode and a CMOS input otherwise.

Descripción de los puertos:

Puerto A:

- Puerto de e/s de 6 pines
- RA0 è RA0 y AN0
- RA1 è RA1 y AN1
- RA2 è RA2, AN2 y Vref-
- RA3 è RA3, AN3 y Vref+

- RA4 è RA4 (Salida en colector abierto) y T0CKI(Entrada de reloj del modulo Timer0)
- RA5 è RA5, AN4 y SS (**Selección** esclavo para el puerto serie síncrono)

Puerto B:

- Puerto e/s 8 pines
- Resistencias pull-up programables
- RB0 è Interrupción externa
- RB4-7 è Interrupcion por **cambio** de flanco
- RB5-RB7 y RB3 è programación y *debugger* in circuit

Puerto C:

- Puerto e/s de 8 pines
- RC0 è RC0, T1OSO (Timer1 salida oscilador) y T1CKI (Entrada de reloj del modulo Timer1).
- RC1-RC2 è PWM/COMP/CAPT
- RC1 è T1OSI (entrada osc timer1)
- RC3-4 è IIC
- RC3-5 è SPI
- RC6-7 è USART

Puerto D:

- Puerto e/s de 8 pines
- Bus de datos en PPS (**Puerto paralelo esclavo**)
- Puerto E:
- Puerto de e/s de 3 pines
- RE0 è RE0 y AN5 y Read de PPS
- RE1 è RE1 y AN6 y Grité de PPS
- RE2 è RE2 y AN7 y CS de PPS

Dispositivos periféricos:

- Timer0: Temporizador-contador de 8 bits con *preescaler* de 8 bits
- Timer1: Temporizador-contador de 16 bits con *preescaler* que puede incrementarse en modo *sleep* de forma externa por un cristal/*clock*.
- *Timer2*: Temporizador-contador de 8 bits con *preescaler* y *postescaler*.
- Dos módulos de Captura, Comparación, PWM (**Modulación** de Anchura de Impulsos).
- Puerto Serie Síncrono *Master* (MSSP) con SPI e I²C (*Master/Slave*).
- USART/SCI (*Universal Syncheronus Asynchronous Receiver Transmitter*) con 9 bit.
- Puerta Paralela Esclava (PSP) solo en encapsulados con 40 pines

ANEXO C

PANTALLA LCD 2X16

Tabla C1. Descripción de pines de la LCD

Pin nº	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
1	Vss	Tierra de alimentación GND
2	Vdd	Alimentación +5V CC
3	Vo	Contraste del cristal liquido. (0 a + 5v)
4	Rs	Selección de riesgo de control /riesgo de datos: RS=0 Selección riesgo de control RS=1 Selección registro de datos
5	RW	Señal de lectura/ escritura: R/W=0 escritura R/W=1Lectura
6	E	Habilitación del módulo: E=0 Módulo desconectado E=1 Módulo conectado
7	D0-D7	Bus de datos bidireccional

Juego de instrucciones: Estas son las instrucciones para el control del módulo

CLEAR DISPLAY

Borra el módulo LCD y coloca el cursor en la primera posición (dirección0). Pone el Bit I/D a 1 por defecto

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

HOME

Coloca el cursor en la posición de inicio (direccion0) y hace que el Display comience a desplazarse desde la posición original. El contenido de la memoria RAM de datos de visualización (DDRAM) permanece invariable. La dirección de la memoria RAM de datos para la visualización (DDRAM) es puesta a 0

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
S	0	0	0	0	0	0	0	1	X

Tiempo de ejecución 1.64ms

ENTRY MODE SET

Establece la dirección dl movimiento del cursor y especifica si la visualización se va desplazando a la siguiente posición de la pantalla o no. Estas operaciones se ejecutan durante la lectura o escritura de la DD RAM o CG RAM. Para visualizar normalmente poner el bit S=0

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S

Tiempo de ejecución 40 μ s

DISPLAY ON OFF CONTROL

Activa o desafia poniendo en on/off tanto al Display (D) como al cursor(c) y se establece si este último debe o no parpadear (B)

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	1	D	C	B

Tiempo de ejecución 40 μ s

CURSOR DISPLAY SHIFT

Mueve el cursor y desplaza el Display sin cambiar el contenido de la memoria de datos de visualización DDRAM

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	X	X

Tiempo de ejecución 40 μ s

FUNCION SET

Establece el tamaño con el bus de datos (DL), Número de líneas de Display(N) y tipo de carácter

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	DL	N	F	X	X

Tiempo de ejecución 40 μ s

SET THE CG RAM ADDRESS

El módulo LCD además de tener definidos todo el conjunto de caracteres *ASCII*, permite al usuario definir 4 u 8 caracteres gráficos. La composición de estos caracteres se va guardando en una memoria llamada *CG RAM* con capacidad para 64 bites, cada carácter gráfico definido por el usuario se compone de 4 u 8 bits que se almacenan en sus sucesivas posiciones de la *CG RAM*.

Mediante esta instrucción se establece la dirección de memoria CG RAM a partir de la cual se irán almacenando los bits que definen un carácter gráfico. Ejecutando estos comandos todos los comandos que se lean o escriban posteriormente, lo hacen desde esta memoria CG RAM

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	1	Dirección De l La CG RAM					

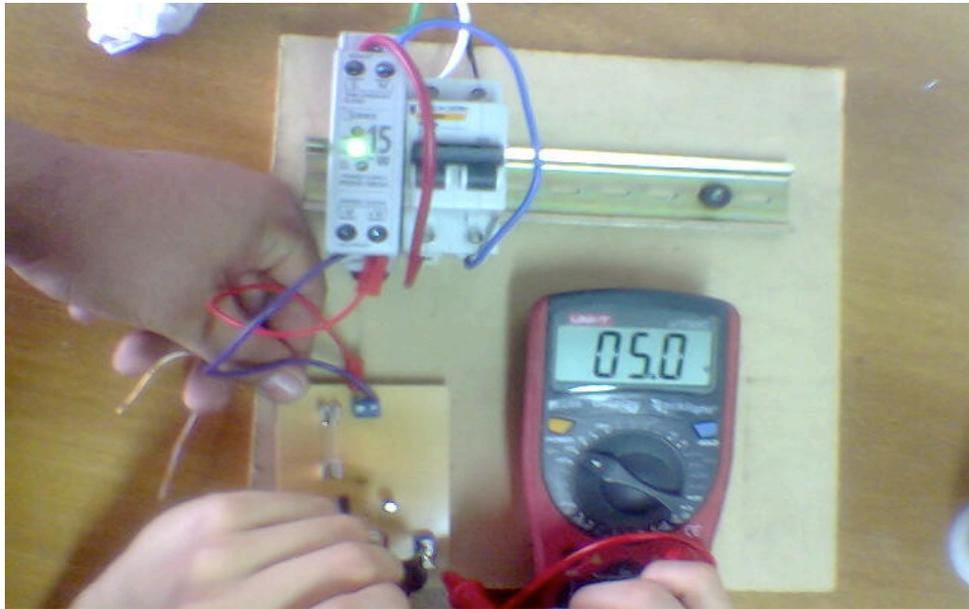
Abreviaturas empleadas en los códigos anteriores

S	1 Desplaza la visualización cada vez que se escribe un dato 0 Modo normal
I/D	1 Incremento del cursor 0 Decremento del cursor
S/C	1 Desplaza el Display 0 Mueve el curso
R/L	1 Desplazamiento a la derecha 0 Desplazamiento a la izquierda
BF	1 Modulo ocupado 0 Modulo disponible
DL	1 Bus de datos de 8 bits 0 Bus de datos de 4 bits
N	1 LCD de dos líneas 0 LCD de una línea
F	1 Carácter de 5 x 10 puntos 0 Carácter de 5 x 7 punto
B	1 Parpadeo del cursor ON 0 Parpadeo del cursor Off
C	1 Cursor ON 0 Cursor OFF
D	1 Display ON 0 Display OFF

ANEXO D

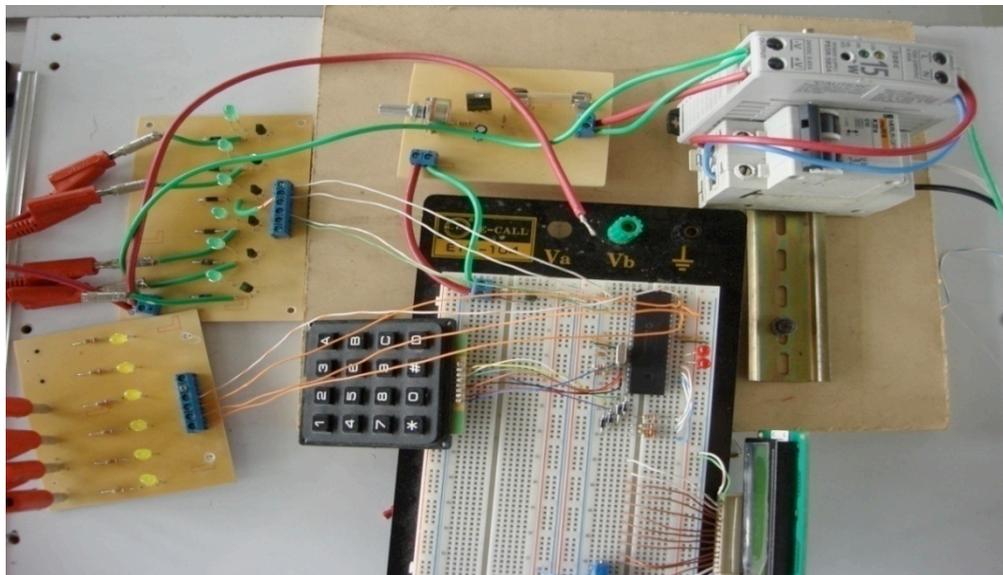
FOTOGRAFÍAS PROYECTO SECUENCIADOR

Figura D1. Pruebas tarjeta de regulación



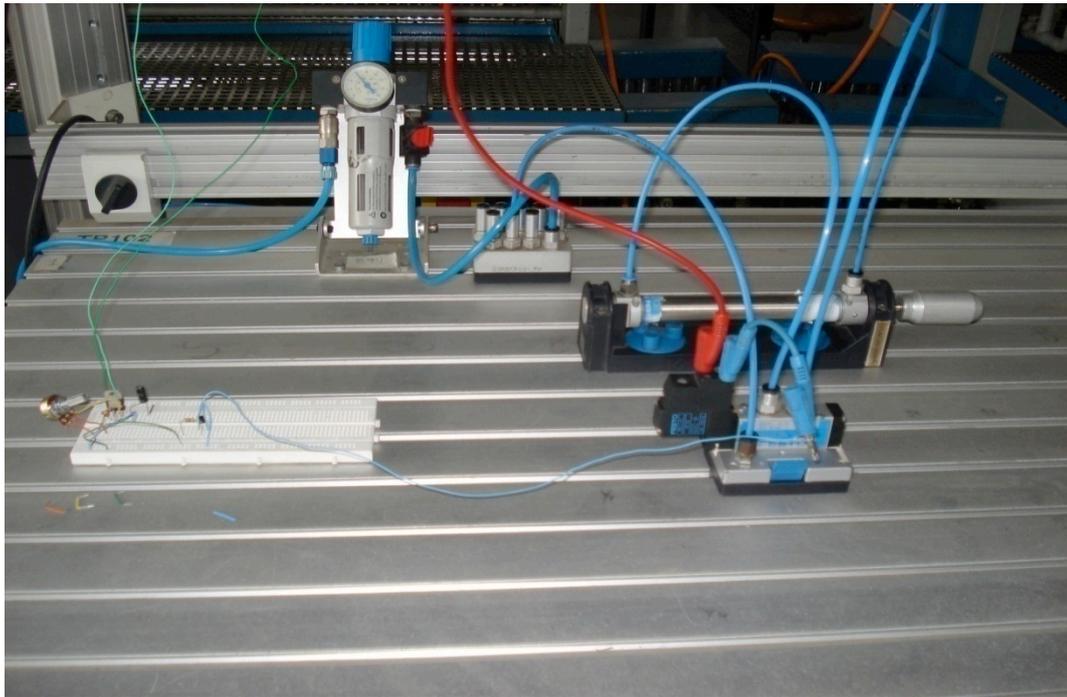
Fuente: Área Automatización Sena Centro Diseño e Innovación Tecnológica Industrial. Dosquebradas. Risaralda

Figura D2. Pruebas con tarjeta de control y potencia



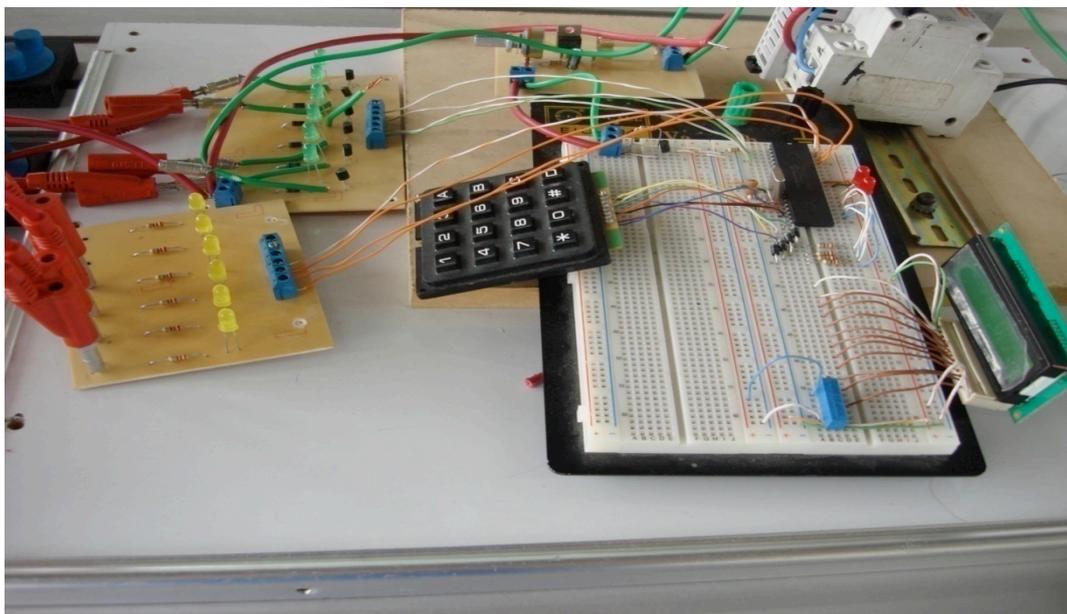
Fuente: Área Automatización Sena Centro Diseño e Innovación Tecnológica Industrial. Dosquebradas. Risaralda

Figura D3. Prueba con un solo solenoide



Fuente: Área Automatización Sena Centro Diseño e Innovación
Tecnológica Industrial. Dosquebradas. Risaralda

Figura D4. Pruebas de control



Fuente: Área Automatización Sena Centro Diseño e Innovación
Tecnológica Industrial. Dosquebradas. Risaralda

Figura D5. Pruebas con actuadores



Fuente: Área Automatización Sena Centro Diseño e Innovación
Tecnológica Industrial. Dosquebradas. Risaralda

Figura D6. Limpieza de pistas de la tarjeta



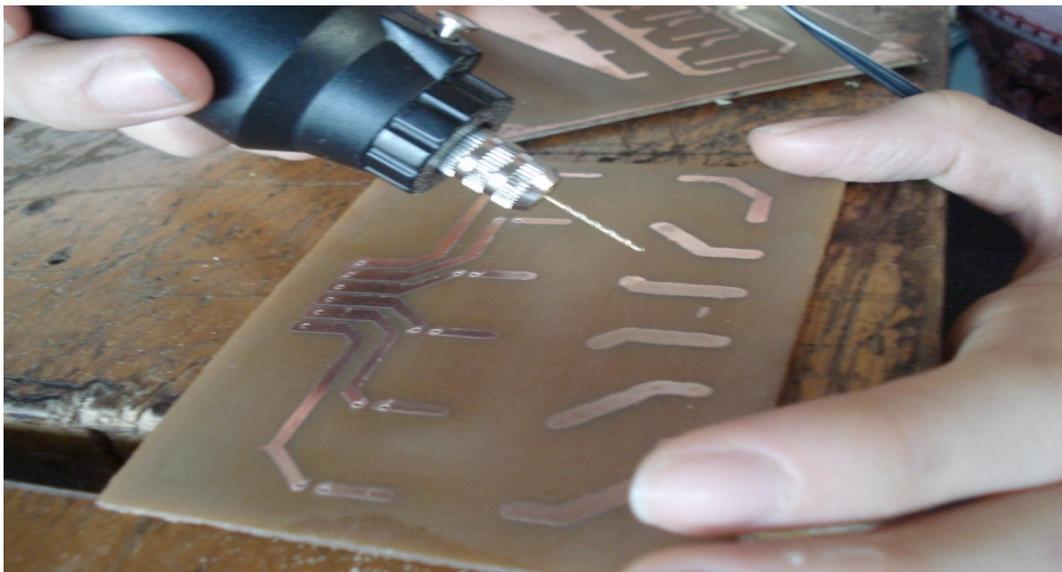
Fuente: Área Automatización Sena Centro Diseño e Innovación
Tecnológica Industrial. Dosquebradas. Risaralda

Figura D7. Tarjetas de potencia (*In/Out*), y regulación



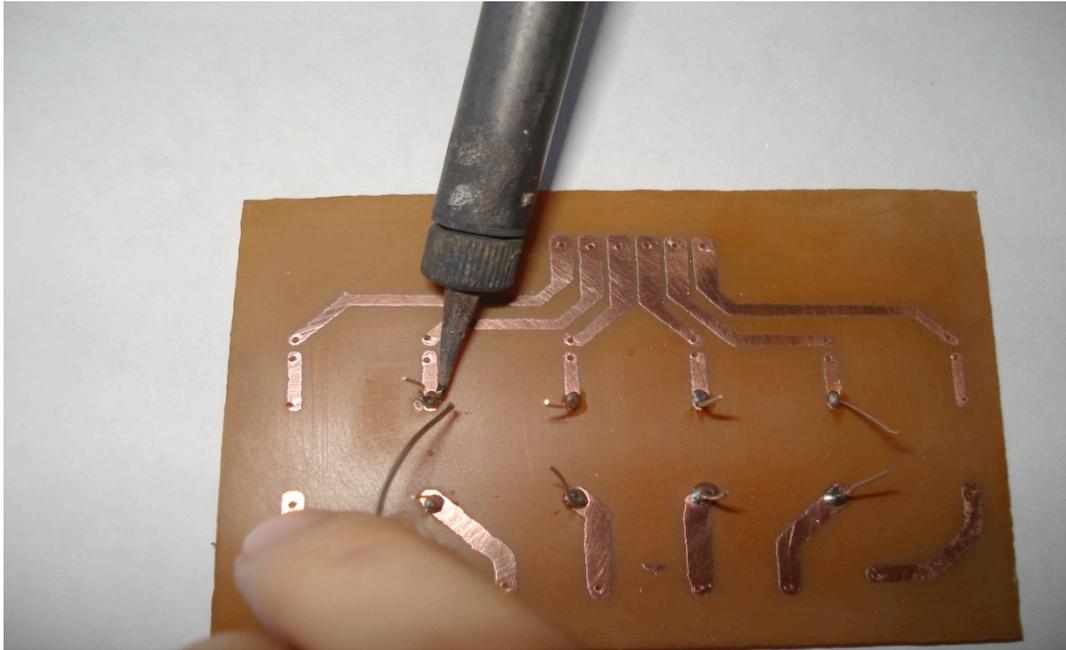
Fuente: Área Automatización Sena Centro Diseño e Innovación
Tecnológica Industrial. Dosquebradas. Risaralda

Figura D8. Perforación de donas



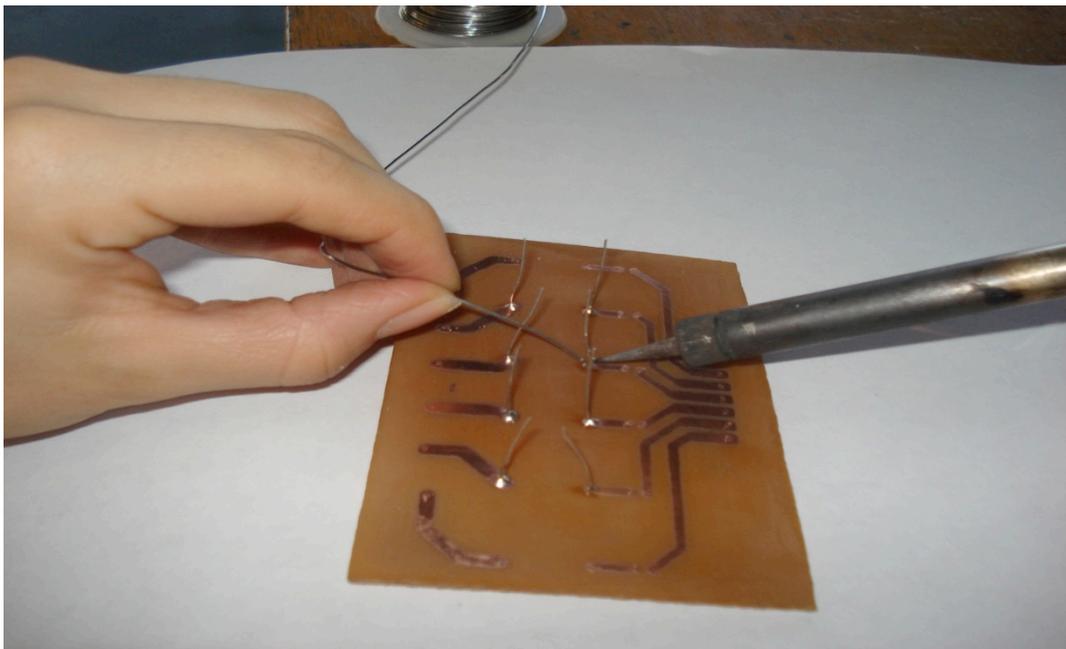
Fuente: Área Automatización Sena Centro Diseño e Innovación
Tecnológica Industrial. Dosquebradas. Risaralda

Figura D9. Ensamble de la tarjeta de entradas



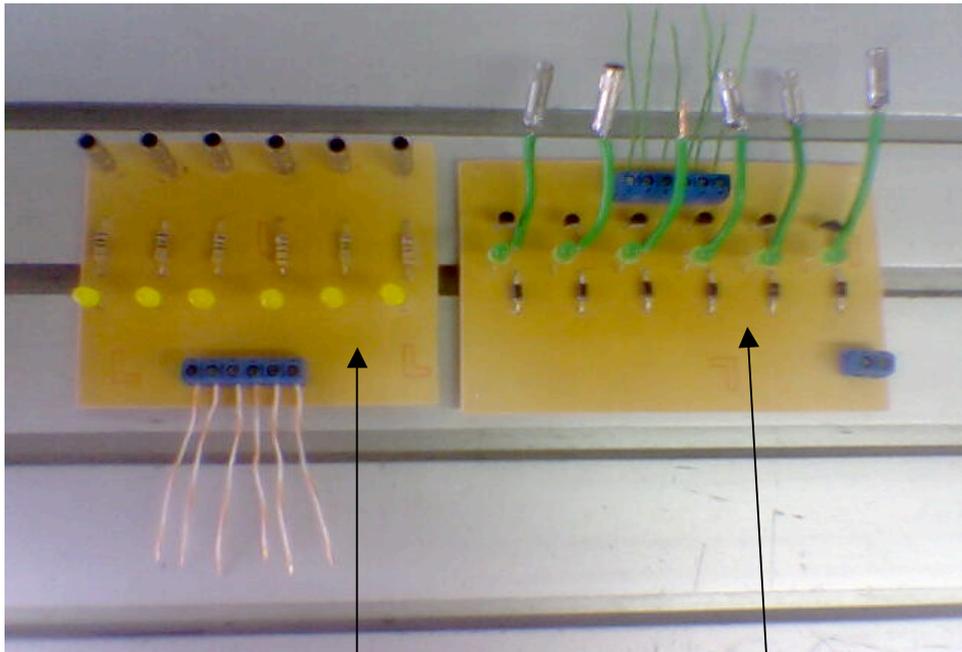
Fuente: Área Automatización Sena Centro Diseño e Innovación
Tecnológica Industrial. Dosquebradas. Risaralda

Figura D10. Soldada de componentes en las tarjetas



Fuente: Área Automatización Sena Centro Diseño e Innovación
Tecnológica Industrial. Dosquebradas. Risaralda

Figura D11. Tarjetas de potencia (In/Out)



Tarjeta de entradas

Tarjetas de salidas

Fuente: Área Automatización Sena Centro Diseño e Innovación Tecnológica Industrial. Dosquebradas. Risaralda

Figura D12. Módulo secuencial digital.



Fuente: Área Automatización Sena Centro Diseño e Innovación Tecnológica Industrial. Dosquebradas. Risaralda

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. DESCRIPCIÓN DEL MÓDULO SECUENCIAL	9
1.1 Estructura básica y forma de funcionamiento de una cadena secuencial.....	11
1.2 Funcionamiento del mando secuencial.....	12
1.3 Descripción de fases del mando secuencial.....	17
1.4 Descomposición de la unidad de mando.....	21
1.5 Diagrama de funcionamiento.....	25
1.6 Funciones de memoria.....	32
2. MARCO TEÓRICO Y METODOLOGÍA	36
2.1 Marco teórico.....	36
2.2 Metodología.....	42
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	46
3.1 Descripción del problema.....	46
3.2 Justificación.....	47
4. DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN	49
4.1 Diseño y elaboración de la tarjeta de control de secuencia.....	49
4.2 Diseño de la aplicación	66
4.3 Diseño del programa para el microcontrolador.....	70
5 Análisis de resultados	77
6. Análisis de costos	80
7. Conclusiones y Recomendaciones	84
BIBLIOGRAFÍA	86

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A	
Listado del programa principal en <i>MPLAB-IDE</i> para el microcontrolador.....	95
ANEXO B	
Características del Microcontrolador PIC 16F877.....	124
ANEXO C	
Pantalla LCD 2X16.....	130
ANEXO D	
Fotografías del modelo del secuenciador desarrollado.....	135

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Bloque neumático secuencial (Parte física).....	2
Figura 2. Configuración de pines del micro controlador 16F877.....	4
Figura 3. Microsecuenciador y Controlador FSS/FSSC.....	5
Figura 4. Unidad de control local DLP-VSE.....	10
Figura 5. Electroválvula neumática monoestable.....	10
Figura 6. Relé o relevador.....	10
Figura 7. Estructura interna del bloque neumático secuencial.....	11
Figura 8. Cadena secuencial.....	11
Figura 9. Esquema según DIN 40 700	12
Figura 10. Esquema según DIN/ISO 1219.....	13
Figura 11 Esquema normalizado según DIN.....	13
Figura 12. Forma de funcionamiento de la cadena secuencial.....	14
Figura 13. Unidad normalizada tipo A.....	15
Figura 14. Unidad normalizada tipo B.....	16
Figura 15. Estructura física de una módulo secuencial neumático.....	17
Figura 16. Introducción de señales.....	18
Figura 17. Esquema principal de mando.....	18
Figura 18. Señal binaria.....	19
Figura 19. Señal discreta.....	20
Figura 20. Señal digital.....	20
Figura 21. Señal binaria.....	21
Figura 22. Sentido de fluencia de señales.....	21
Figura 23. Flujo de información con los tres grupos principales de mando.....	22

Figura 24. Designación de los grupos de elemento.....	22
Figura 25. Separación de las partes de mando y trabajo.....	23
Figura 26. Válvula 3/2 distribuidora.....	23
Figura 27. Válvula 5/2 Distribuidora.....	23
Figura 28. Válvulas de trabajo.....	24
Figura 29a. Actuador de simple efecto	24
Figura 29b. Simbología del actuador	25
Figura 30. Diagrama de circuito neumático.....	25
Figura 31. Estructura del diagrama de desplazamientos/fase según VDI 3260.....	26
Figura 32. Representación del diagrama de movimiento espacio-tiempo para dos cilindros con distintas velocidades de entrada y salida.....	27
Figura 33. Válvula 3/2 normalmente cerrada y accionamiento mecánico.....	28
Figura 34. Circuito neumático alternativo para un cilindro de doble efecto.....	29
Figura 35. Circuito electro neumático con válvula 5/2 biestable.....	29
Figura 36. Diagrama en serie Unión “Y”.....	30
Figura 37. Unión lógica “O”	31
Figura 38. Diagrama negación (Inversión de señal).....	31
Figura 39. Funciones de memoria, comportamiento mecánico de retención.....	32
Figura 40. Memoria con comportamiento preferente.....	33
Figura 41. Retardo a la conexión (t) con módulo RC neumático.....	34
Figura 42. Retardo a la desconexión.....	35
Figura 43. Circuito selector Automático-Manual.....	37
Figura 44. Circuito de auto mantenimiento para Ciclo Continuo.....	38
Figura 45. Circuito para Ciclo Único Automático.....	39

Figura 46. Funcionamiento en pruebas por pasos.....	40
Figura 47. Circuito de funcionamiento por pasos de selección.....	41
Figura 48. Circuito de una unidad memorizador.....	42
Figura 49. Flujo grama del proyecto.....	43
Figura 50 Diagrama Bloques del secuenciador.....	50
Figura 51. Tarjeta de control secuencial en protoboard.....	50
Figura 52. Fuente de alimentación de 24 VDC.....	51
Figura 53. Montaje en protoboard de regulador de 5 VDC.....	52
Figura 54. Tarjeta de regulación.....	52
Figura 55. Tarjeta de regulación y su prueba de salida.....	53
Figura 56. Eliminación de descargas en la inductancia.....	54
Figura 57. Montaje en protoboard Tarjeta de potencia.....	55
Figura 58. Diseño tarjeta entrada.....	56
Figura 59 Impreso señales de entrada.....	56
Figura 60. Tarjeta final de entradas.....	57
Figura 61. Impreso señales de salida.....	57
Figura 62. Tarjeta final de salida.....	58
Figura 63. Teclado matricial de 4x4.....	59
Figura 64. Esquema de conexión de teclado.....	60
Figura 65. Conexiones entre el teclado de 4x4 y el Microcontrolador...60	
Figura 66. LCD de 2x16.....	61
Figura 67. Conexión de LCD al microcontrolador.....	62
Figura 68. Diseño tarjeta control.....	63
Figura 69. Circuito impreso tarjeta de control.....	63
Figura 70. Tarjeta final de control.....	64

Figura 71. Ubicación de los sensores en el banco.....	65
Figura 72. Conexión de entrada de señal de sensor al micro.....	65
Figura 73. Organigrama de la secuencia a seguir para el grabado del Microcontrolador.....	67
Figura 74. Programador de microcontrolador (16Fxxx, 16cxxx, memorias EEPROM).....	68
Figura 75. Diagrama de flujo del programa en Ensamblador.....	71
Figura 76. Pulso de conmutación de 24 VDC.....	78
Figura 77. Pulso de 5 VDC para conmutación de la electroválvula.....	79

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Resumen de los cambios efectuados al secuenciador neumático de la marca <i>Festo Didactic</i>	86
Tabla 2. Elementos de tarjeta de control.....	89
Tabla 3. Elementos de tarjeta de regulación.....	90
Tabla 4. Elementos de tarjeta de entradas y salidas (potencia).....	91
Tabla 5. Resumen de costos consolidados.....	92

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO ELECTRÓNICO
QUE OPERE COMO UN MÓDULO NEUMÁTICO SECUENCIAL**

SAÚL ALFREDO ERAZO VÁSQUEZ

ELMER ANDRÉS MOLINA ARANGO

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar
por el título de Ingeniero en Mecatrónica**

Director

JOSÉ AGUSTIN MURIEL ESCOBAR

Ingeniero Mecánico, M.Sc

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

FACULTAD DE TECNOLOGÍAS

INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

PEREIRA

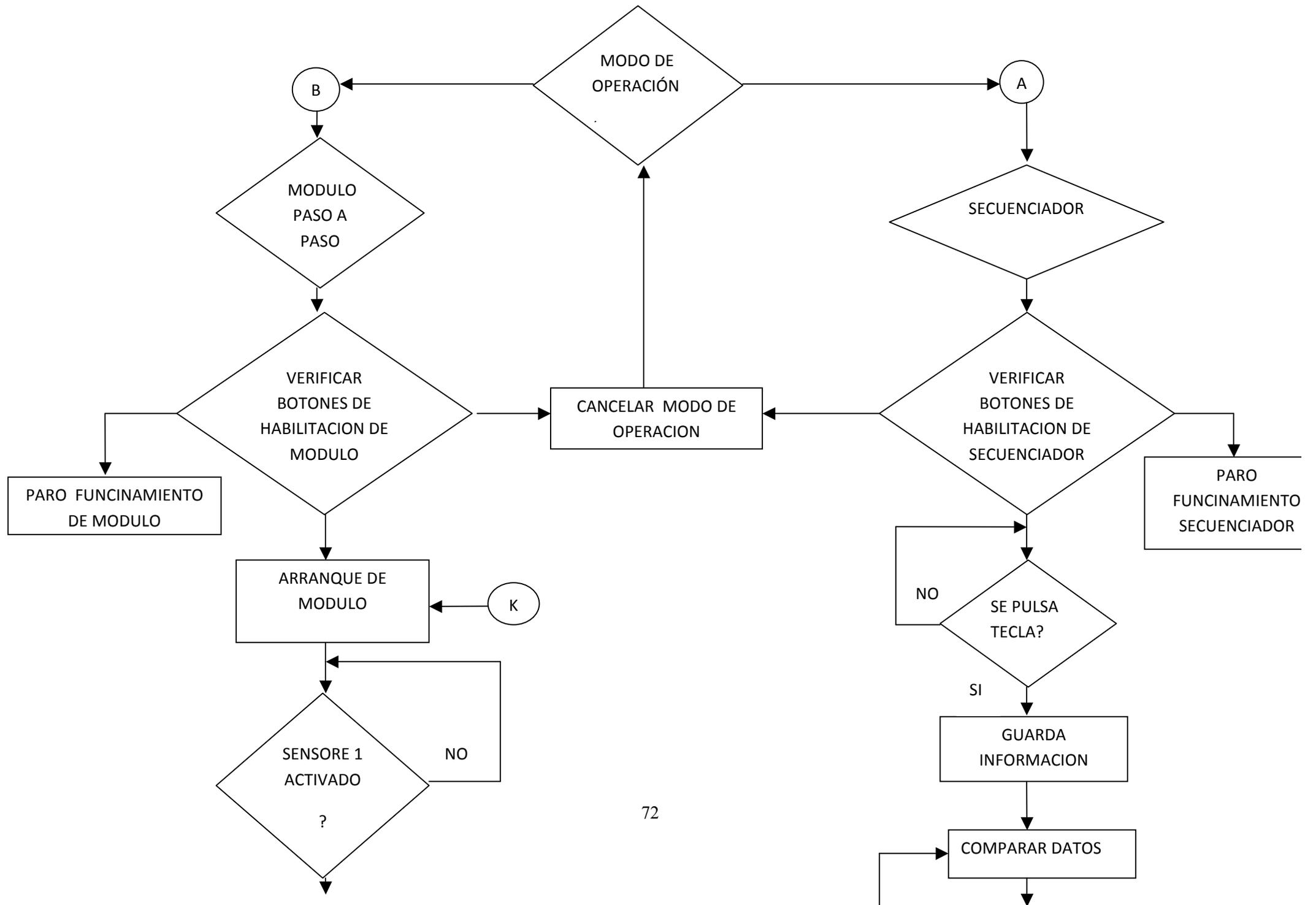
2010

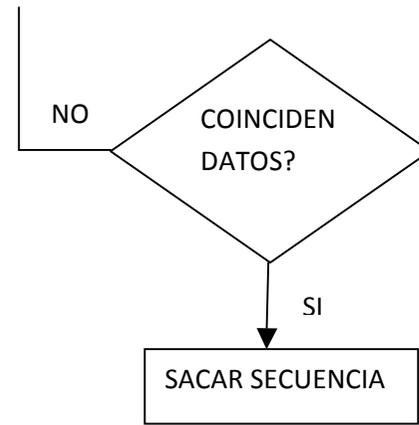
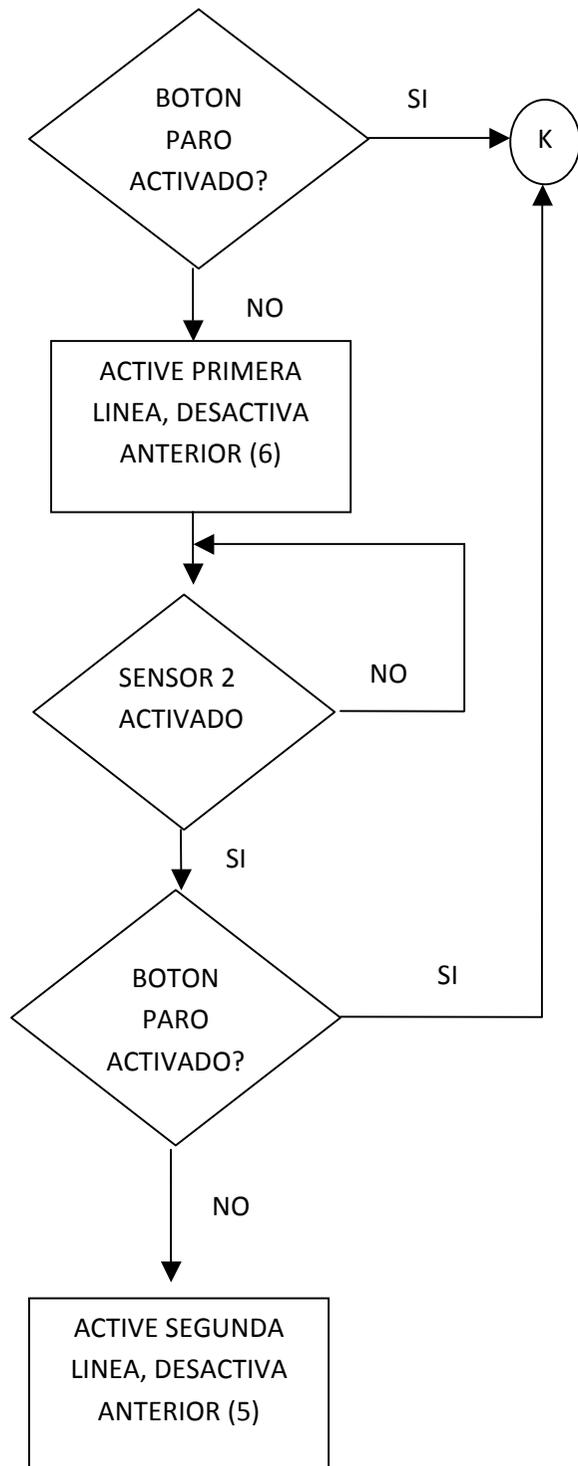
Nota de aceptación:

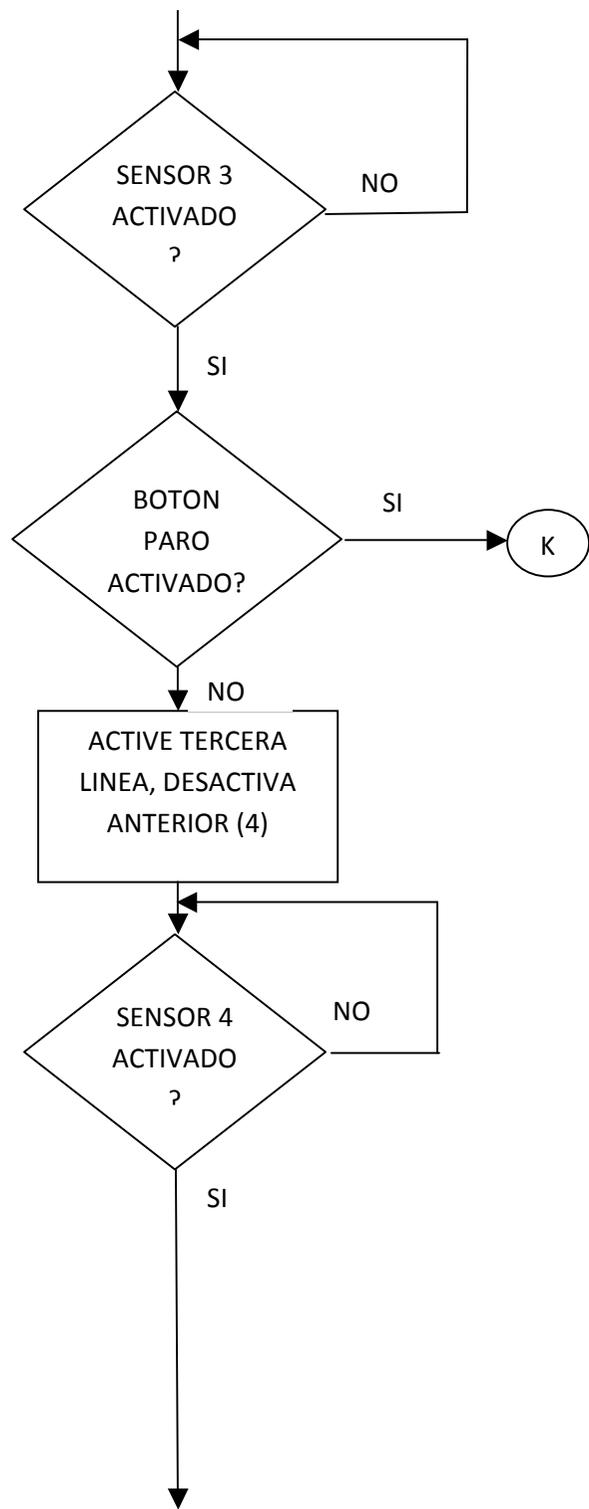
Firma del Director

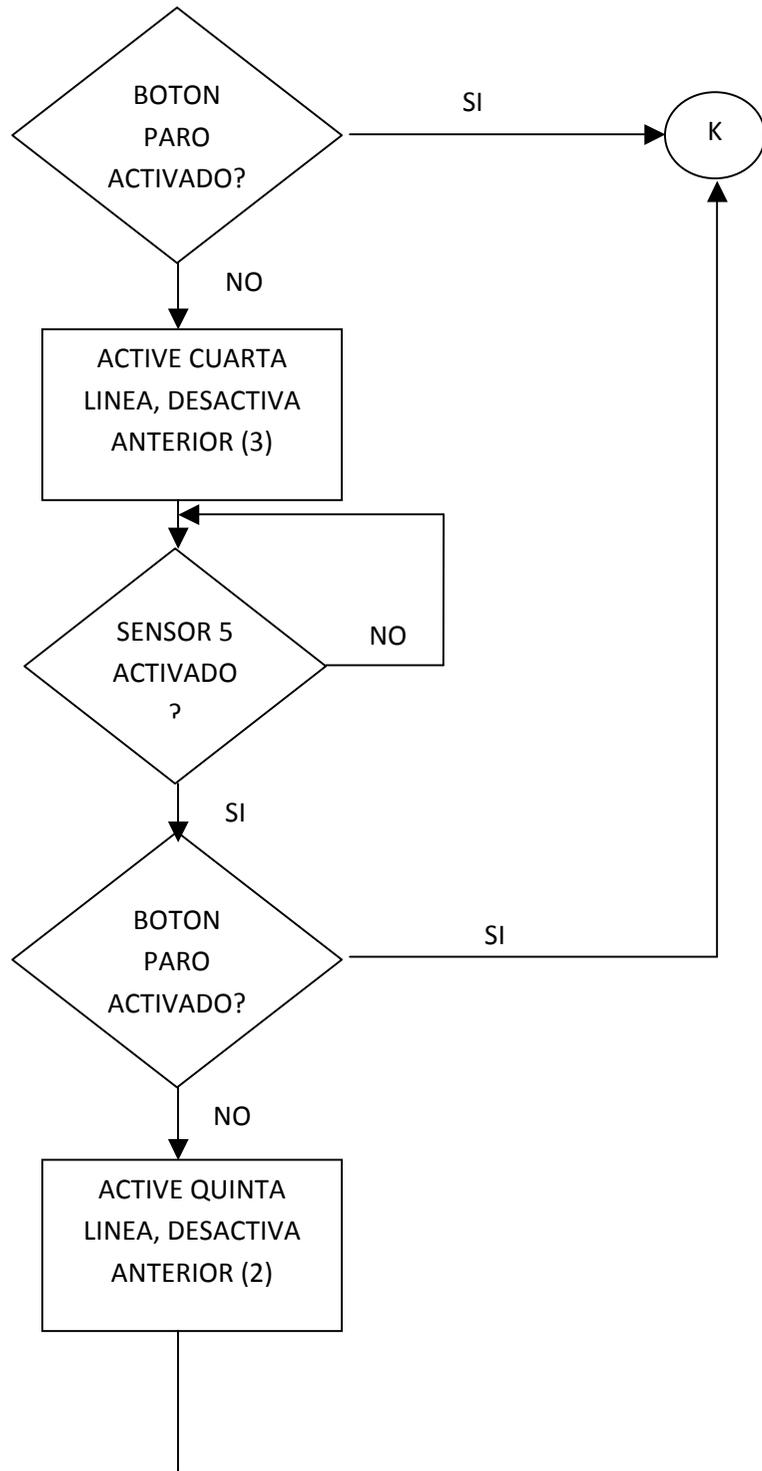
Firma del jurado

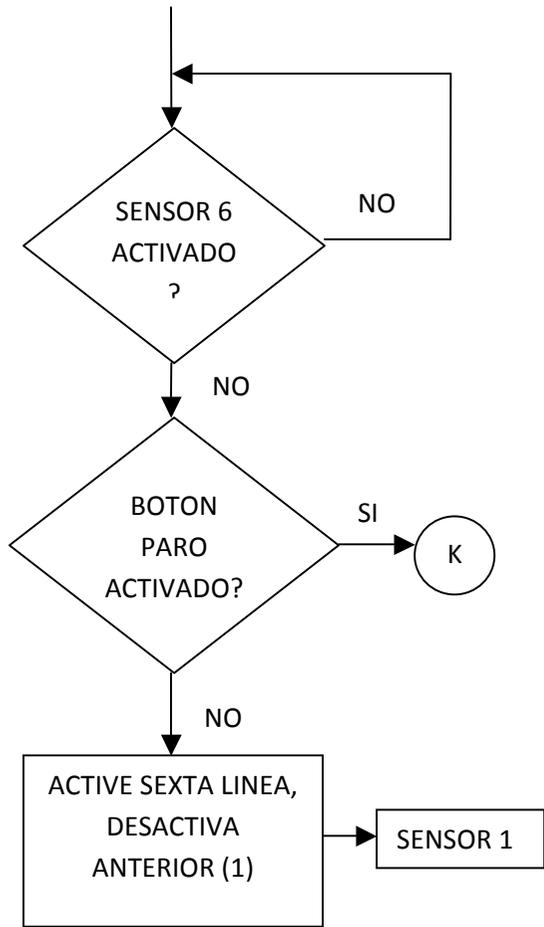
Firma del jurado











5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo, se presenta una descripción de los resultados obtenidos en el desarrollo del presente proyecto (ver tabla 1).

Tabla 1. Resumen de los cambios efectuados al secuenciador neumático de la marca Festo Didactic

	Descripción elemento	ANTES Bloque Neumático	AHORA Dispositivo Electrónico
1	Bloque secuencial	-Comunicación interna de funciones lógicas Conexiones a pilotajes de las válvulas -Señal de aire comprimido	- Tarjeta de control - Tarjeta de potencia.(In/Out) - Señal Electrónica de pulsos digital
2	Configuración de secuencia	-montaje de circuito neumático y módulo secuencial neumático	- Programación por medio de teclado para nueva secuencia
3	Control velocidad secuenciador	Regulador de velocidad para actuadores	Regulador de velocidad para actuadores
4	Introducción Secuencia	Introducción señales de aire comprimido	Teclado de 4x4

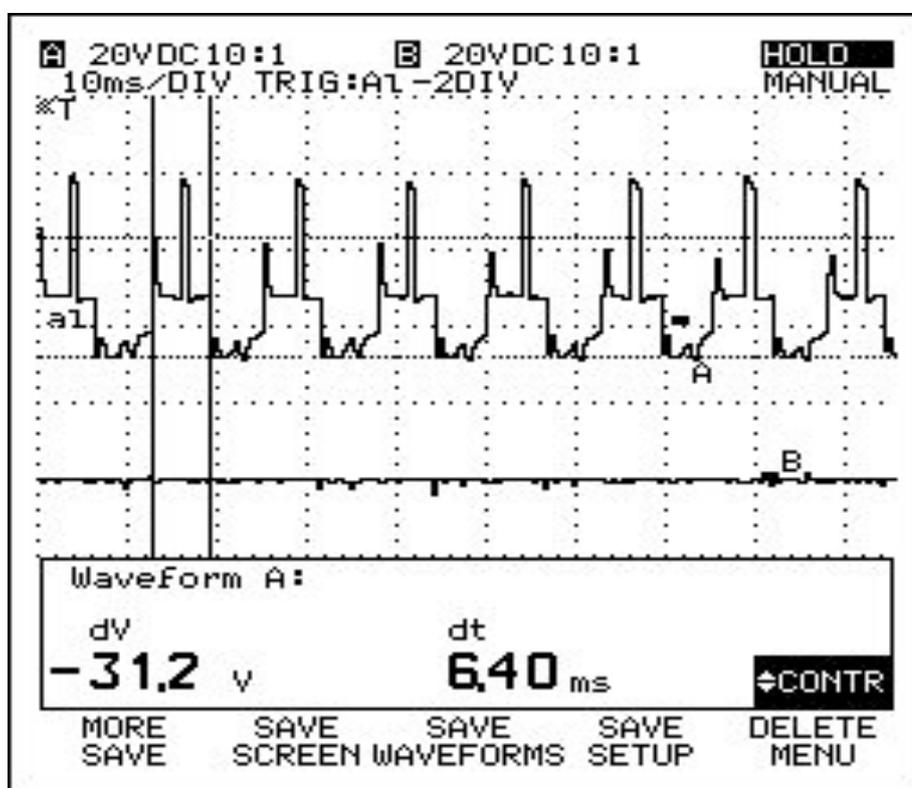
5	Visualización de programas	de	Pilotos neumáticos del bloque secuencial	Pantalla LCD
---	----------------------------	----	--	--------------

5.1 PRUEBAS REALIZADAS AL SECUENCIADOR

Se realizaron pruebas en el secuenciador neumático con el fin de determinar la frecuencia de conmutación de las electroválvulas.

Para obtener las gráficas de comportamiento y de corrientes se empleó un osciloscopio marca Fluke.96B SCOPMETER Series II, 60 MHz (ver figuras 76)

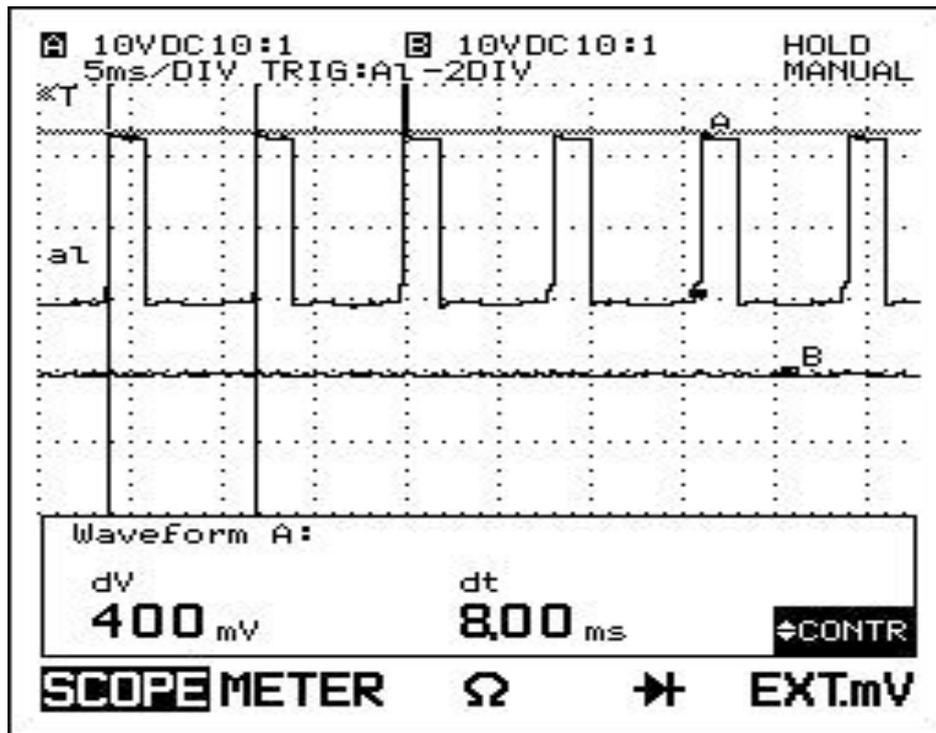
Figura 76. Pulso de conmutación de 24 VDC



Fuente: Área Automatización Sena Centro Diseño e Innovación Tecnológica Industrial. Dosquebradas. Risaralda

En la figura 77, se observa la señal de un pulso de 5 VDC para lograr la conmutación de la electroválvula

Figura 77. Pulso de 5 VDC para conmutación hacia la electroválvula



Fuente: Área Automatización Sena Centro Diseño e Innovación Tecnológica Industrial. Dosquebradas. Risaralda

6. ANÁLISIS DE COSTOS

En este punto se presenta un análisis de la propuesta realizada de implementar un secuenciador neumático, de forma electrónica que imite sus labores de funcionamiento que permita operar de forma adecuada en la rutina de trabajo, la relación del montaje de dicha tarjeta y sus componentes se visualizan en las siguientes tablas donde elementos de la tarjeta de control, (tabla 2.); elementos de la tarjeta de potencia (tabla 3), elementos tarjeta entradas y salidas (tabla 4);

Tabla 2. Elementos de tarjeta de control

	Descripción del elemento	Referencia	Cantidad	Valor Unitario \$	Total \$
1	Microcontrolador PIC	16F877	1	22.000	22000
2	Cristal	MHz	1	1.500	1500
3	Diodos	14N7004	1	200	200
4	potenciómetro	10kΩ	1	800	800
5	Condensador	22pF	2	200	600
6	Resistencia	10kΩ	1	100	100
7	Resistencia	1kΩ	4	100	400
8	Diodo LED Rojo		2	100	300
9	Programador de microcontrolador		1	250.000	250.000
10	LCD	2x16	1	14.000	14.000
11	Teclado	4x4	1	7.000	7.000

TOTAL Costos Tarjeta de control \$ 275.600

Tabla 3. Elementos de tarjeta de regulación.

Id	Descripción del elemento	Referencia	Cantidad Por unida	Valor Unitario \$	Valor Total \$
1	Regulador	LM317	1	1800	1800
2	Potenciómetro	5kΩ	1	700	700
3	Resistencia ¼ W	220Ω	4	150	600
4	Bornera	2 pines	2	300	600
5	Condensador cerámico	2.2pf	1	150	150
6	Fusible	2Am	1	100	100
7	Baquelita	15 cm ²	1	10000	10.000
8	Tornillería	1/8 x ¼	8	800	800
9	Fuente de 24 vdc	110-240vac	1	300.000	300.000
10	Break Bipolar	Merlín Gerin	1	12.000	12.000
11	Condensador Electrolítico	5 VDC 2.2mf	1	200	200

TOTAL MATERIALES Tarjeta de regulación \$ 324.450

Tabla 4. Elementos de tarjeta de entradas y salidas (potencia).

it	Descripción del elemento	Referencia	Cantidad	Valor Unitario \$	Total \$
1	Resistencia ¼ vatio	220Ω	6	100	\$ 200
2	Bornera	6 pines	2	700	\$ 1400
3	Baquelita		1	10000	10000
4	Transistores	2N3904	6	150	900
5	LED Verde		6	100	600
6	LED Amarillo		6	100	600
7	Conector Hembra		10	100	1000
8	Diodo	1n4007	6	150	900

TOTAL MATERIALES Tarjeta de potencia \$ 14,700

Consolidando los datos presentados en las tablas (2 a la 4) y anexando los otros rubros del proyecto, se tiene el resumen de costos presentado en la Tabla 5.

Tabla 5. Resumen de costos consolidados

Id	Descripción elemento	Referencia.	Cantidad	TOTAL \$	OBSERVACION.
1	Tarjeta de control	-	1	275.600	Recursos propios
2	Tarjeta de Regulación	-	1	324.450	Recursos propios
3	Tarjeta de potencia	-	1	14700	Recursos propios
4	Sensores		4		Recursos propios
5	LCD	-	1		Recursos propios
6	Resmas	Carta	4	80.000	Recursos propios
7	Fotocopias	Libros	-	150.000	Recursos propios
8	Internet	Consulta	-	120.000	Recursos propios
9	Asesoría	Externa	2	600.000	Recursos propios

TOTAL \$ 1'564.750

Del total presentado se sumaron los valores generados como Recursos Propios y se obtuvo un Total de \$ 1'564.750 lo cual corresponde a la inversión neta realizada por los autores en el desarrollo del proyecto.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se presentan algunas conclusiones como consecuencia de los resultados obtenidos en el desarrollo del presente proyecto; así mismo, se sugieren algunas recomendaciones tendientes a continuar con la ejecución con fases posteriores del trabajo.

Entre estas conclusiones se pueden citar:

- Se logró cambiar bloque neumático secuencial original por una propuesta nueva que incluye el uso de microcontrolador y la elaboración de varias tarjetas entre ellas: control, potencia y regulación
- La forma de cambio de secuencia se logró con la programación a través de un teclado, sin necesidad de cambiar en parte su estructura
- Utilizar una tarjeta adicional donde se pueda trabajar de manera esclavo-maestro, con el objetivo de poder dar cobertura a secuencias que involucre más actuadores y sensores.
- Es posible abordar en nuestro medio la tecnología de micro controlador con miras a abordar problemas convencionales a bajo costo tales como: secuenciadores, aplicaciones de rutina, entre otros, sin necesidad de depender de compañías extranjeras.
- La implementación realizada en el presente proyecto, demuestra que con elementos electrónicos de nuestro mercado, se pueden elaborar tarjetas que permitan controlar y resolver problemas que antes se pensaba solo se podía hacer con tecnologías costosa y extranjeras
- El desarrollo de aplicaciones apoyadas en software de fácil adquisición en nuestro medio, como el MPLAB IDE, permiten llegar a programar secuencias complejas y que resulta sencilla al momento de implementarla
- Se bajan sensiblemente los costos de mantenimiento de las máquinas, debido a que no es necesario recurrir a especialistas en el área, sino por el contrario contar con personal formado al interior de las instituciones educativas (SENA, Universidad Tecnológica de Pereira).

- Desde el punto de vista de asimilación de tecnología se ha asumido el reto de realizar una aplicación tecnológica basada en microcontrolador con los recursos técnicos y humanos, además con apoyo de la Universidad Tecnológica de Pereira.
- La transmisión de pulsos desde el micro controlador a la tarjeta de potencia (In/Out), se produce de maneja más rápida por la capacidad de procesamiento de este dispositivo, además de su facilidad de interactuar con este dispositivo por medio del teclado por lo tanto, se propone descargar el microcontrolador de tareas.
- Esta es la primera de varias etapas, debido a que el reto que sigue es el de extender los resultados a los demás secuencias que se puedan implementar y que se encuentran en la industria generalmente, y después de validar dichos resultados, contemplar la posibilidad de aplicarlo en regiones no cuentan con ésta tecnología .

BIBLIOGRAFÍA

- [1] “Boylestad, Nashelshy *Electrónica - Teoría de Circuitos*” Prentice Hall Hispanoamérica, S.A. 1997
- [2] *Electronic Materials and processes* hand book. Third Edition. CHARLES A. HARPER
- [3] “*Getting Started in Electronics*”. Written Exclusively for Radio Shack by FORREST M. MINS III
- [4] John D. Ryder Aguilar. *Electrónica - Fundamentos y aplicaciones*
- [5] I.E.S. GINER DE LOS RÍOS .Ciclo Formativo - Grado Medio: Electromecánica de Vehículos.
Módulo Profesional: *Circuitos de fluidos. Suspensiones y Direcciones*.
Profesor: José Rubio Blanco
- [6] *ELECTRÓNICA MODERNA PARA INGENIEROS Y TÉCNICOS*
Kaufman Seidman.McGraw Hill
- [7] Millman, Halkias *Electrónica Integrada- Circuitos y Sistemas analógicos y Digitales* 1 1 McGraw-Hill
- [8] M.C.Guinzburg *Técnicas Digitales con Circuitos Integrados*
Biblioteca Técnica Superior
- [9] Ogata, Katsuhiko *Ingeniería de Control moderna* 1 4 Prentice-Hall 2003
- [10] Técnica de Mando Secuencial *festo pneumatic*
- [11] Prácticas de mando secuencial: FESTO PNEUMATIC.
- [13] *Aplicación con micro controlador. Descripción General del PIC 16f877*
- [14] *Libro: Ingeniería de sistemas y Automáticas* Fluid SIMP
- [15] *Manual Microchip PIC16/17 Microcontroller* 1 Microchip
- [16] *Analogue & Mixed-Signal ASIC design* Free Design & Quote / Datasheets
- [17] www.ucontrol.com/Secuenciador_programable_de_8_canales_2.0
- [18] <http://www.andrewsmachine.com/images/Festo9982.jpg>

ANEXO A

LISTADO PROGRAMA PRINCIPAL EN *MPLAB-IDE* PARA EL MICROCONTROLADOR

List p=16F877

Include "P16F877.INC"

```
ACUMULADOR1      EQU 20H
ACUMULADOR2      EQU 21H
SECUENCIA        EQU 22H
```

```
ORG 0
GOTOINICIO
```

```
ORG 5
```

```
; ----- LCD BUSY -----
```

```
BUSY BSF STATUS, 5 ; pasar al banco 1
```

```
MOVLW 0FFH
```

```
MOVWF PORTB ; puerto b como entradas
```

```
BCF STATUS, 5 ; pasar al banco 0
```

```
BSF PORTA,1 ;LCD en modo de lectura
```

```
BSF PORTA,2 ;habilitar LCD
```

```
L_BUSY BTFSC PORTB, 7 ; si el bit 7 de LCD está activado
```

```
GOTO L_BUSY ; saltar a l_busy
```

```

    BCF PORTA, 2          ; si no, deshabilitar LCD
    BSF STATUS, 5        ; pasar al banco 0

    CLRF PORTB           ; puerto b como salidas
    BCF STATUS, 5        ; pasar al banco 0

    BCF PORTA, 1         ; LCD en modo de escritura

    RETURN               ; regresar a posición del programa

```

; ----- ENVIA DATOS VISUALIZAR O HA ESCRIBIR EN CGRAM -----

-

```

DATO BCF PORTA, 0      ; modo envío de instrucción
MOVWF PORTB           ; enviar datos a LCD
CALL BUSY             ; llamar subrutina de busy

```

```

BSF PORTA, 0          ; modo envío de dato
GOTO ENABLE          ; saltar a subrutina enable

```

; ----- ENVIA DATOS DE CONTROL -----

```

CONTROL BCF PORTA, 0  ; modo envío de instrucción
MOVWF PORTB           ; enviar instrucción a LCD
CALL BUSY             ; llamar subrutina de busy
ENABLE BSF PORTA, 2   ; habilitar LCD

NOP

BCF PORTA, 2          ; deshabilitar LCD

RETURN               ; regresar a posición del programa

```

;----- TEMPORIZA mS -----

MILI MOVWF 20H ; mover el contenido de w a registro 20h
MIL A MOVLW d'110' ; cargar w con 110
MOVWF 21H ; mover el contenido de w a registro 20h
MILB DECFSZ 21H,1 ;decremento registro 21h y guardar valor
en registro
GOTO MILB ;si no ha llagado a cero siga decrementando
registro
DECFSZ 20H,1 ;si llego a cero registro 21h, decrementar
registro 20h
GOTO MILA ;si 21h no ha llegado a cero siga decrementando
RETURN ; si llego a cero regresar a posición del programa

; ----- INICIO DEL PROGRAMA-----

INICIO BSF STATUS,5 ;ir al banco 1
BCF STATUS, 6
MOVLW .6 ; byte de configuración
MOVWF ADCON1 ;mover byte a adcon1, puerto a como i/o
digitales
MOVLW B'00111000' ; byte de configuración
MOVWF PORTA ; configurar entradas y salidas de puerto a

```

MOVLW    07H        ; byte de configuración
MOVWF    PORTE      ; puerto e como entradas
CLRF    PORTC       ; puerto c como salidas
CLRF    PORTB       ; puerto b como0 salidas
BCF     STATUS, 5   ; ir al banco 0

MOVLW    07H        ; byte de configuración
MOVWF    ADCON0     ;mover byte a ad con 0, configurar modulo ad

CLRF    PORTB       ; limpiar puerto b
LCD_INI  MOVLW      d'44'
CALL    MILI        ; evita errores de ejecución 15 milisegundos

MOVLW    30H
CALL    CONTROL
MOVLW    d'12'
CALL    MILI        ; evita errores de ejecución 4.1 milisegundos

MOVLW    30H
CALL    CONTROL
MOVLW    d'1'
CALL    MILI        ; evita errores de ejecucion 100 microsegundos

MOVLW    30H
CALL    CONTROL
MOVLW    d'12'

```

CALL MILI ; temporizar 4,1 milisegundos

MOVLW 02H ; posicionar el cursor en home o posición inicial

CALL CONTROL

MOVLW d'12'

CALL MILI ; temporizar 4,1 ms

MOVLW 38H ;8 bits, 2 lineas, 5x7 pixels -->(30h) 4bits,
1linea, 5x7 pixels

CALL CONTROL

MOVLW d'12'

CALL MILI ; temporizar 4,1 ms

MOVLW 01H ; borra e inicia la LCD en primera posición

CALL CONTROL

MOVLW d'12'

CALL MILI ; temporizar 4,1 ms

MOVLW 06H ; incrementa cursor y desplaza visualización
con cada dato

CALL CONTROL

MOVLW d'12'

CALL MILI ; temporizar 4,1 ms

MOVLW 0CH ; activa la pantalla, cursor off y no parpadeo del
cursor

CALL CONTROL

MOVLW d'12'

```

CALL MILI                                ; temporizar 4,1 ms

VIEWCLRF ACUMULADOR1                    ; limpiar acumulador 1

VIEW2 MOVF ACUMULADOR1, 0                ; mover el contenido del
acumulador 1 a w

CALL MENS                                ; llamar al primer mensaje para mostrar en LCD

IORLW 0                                  ; revisar si ya se envió el ultimo carácter

BTFSC STATUS,2                          ; ¿ya se envió el último dato?

GOTO LINE2                               ; si, pasar a la segunda línea

CALL DATO                                ; no, enviar datos a LCD

INCF ACUMULADOR1,1                      ; incrementar en 1 el acumulador1

GOTO VIEW2                               ; y saltar a view2

LINE2 MOVLW 0C0H                         ; primera posición de la segunda
línea

CALL CONTROL

CLRF ACUMULADOR1                        ; limpiar acumulador 1

VIEW3 MOVF ACUMULADOR1, 0                ; mover el contenido de
acumulador 1 a w

CALL MENS2                               ; llamar al segundo mensaje para mostrar en
lcd

IORLW 0                                  ; revisar se ya se envió el ultimo carácter

```

BTFSC STATUS, 2 ; ¿ya se envió el último dato?

 GOTO SALE ; si, saltar a sale

 CALL DATO ; no, enviar datos a lcd

 INCF ACUMULADOR1, 1 ; incrementar en 1 el acumulador1

 GOTO VIEW3 ; y saltar a view3
 SALE MOVLW .200 ; temporizaciones para mantener visible
 el mensaje
 CALL MILI
 MOVLW .150

 CALL MILI
 MOVLW .90

 CALL MILI

 MOVLW .1 ; borrar lcd

 CALL CONTROL
 MOVLW .12 ; temporizar 4,1 ms

 CALL MILI
 MOVLW .2 ; posicionar el cursor en home o posición inicial

 CALL CONTROL

```

MOVLW    .12                ; temporizar 4,1 ms

CALL MILI

CLRF ACUMULADOR1           ; limpiar acumulador 1

VER_MS3  MOVF ACUMULADOR1, W    ; mover el contenido de
acumulador 1 a w

CALL MENS3                ; llamar al tercer mensaje para mostrar en lcd

IORLW    0                  ; revisar se ya se envió el ultimo carácter

BTFS    STATUS, Z          ; ¿ya se envió el último dato?

GOTO     VER_MS4           ; si, saltar a ver_ms4

CALL DATO                  ; no, enviar datos a lcd

INCF    ACUMULADOR1, 1     ; incrementar en 1 el acumulador1

GOTO     VER_MS3          ; y saltar a ver_ms3

VER_MS4  MOVLW    0C0H      ; primera posición de la segunda
línea

CALL CONTROL

CLRF ACUMULADOR1           ; limpiar acumulador 1

MENSAJ4  MOVF ACUMULADOR1, W    ; mover el contenido de
acumulador 1 a w

```

CALL MENS4 ; llamar al cuarto mensaje para mostrar en lcd

IORLW 0 ; revisar se ya se envió el ultimo carácter

BTFSC STATUS, Z ;¿ya se envió el último dato?

GOTO SALE1 ; si, saltar a sale1

CALL DATO ; no, enviar datos a lcd

INCF ACUMULADOR1, 1 ; incrementar en 1 el acumulador1

GOTO MENSAJ4 ; y saltar a mensaj4

MENSADDWF PCL,1 ;mensaje 1

RETLW ''
RETLW ''
RETLW ''
RETLW 'M'
RETLW 'O'
RETLW 'D'
RETLW 'U'
RETLW 'L'
RETLW 'O'
RETLW ''
RETLW ''
RETLW ''
RETLW .0

MENS2 ADDWF PCL,1 ;mensaje 2

RETLW ''
RETLW ''

```
RETLW    'P'  
RETLW    'A'  
RETLW    'S'  
RETLW    'O'  
RETLW    ''  
RETLW    'A'  
RETLW    ''  
RETLW    'P'  
RETLW    'A'  
RETLW    'S'  
RETLW    'O'  
RETLW    ''  
RETLW    ''  
RETLW    .0
```

```
MENS3    ADDWF    PCL,1        ;mensaje 3
```

```
RETLW    '1'  
RETLW    '!'  
RETLW    ''  
RETLW    'M'  
RETLW    'O'  
RETLW    'D'  
RETLW    'U'  
RETLW    'L'  
RETLW    'O'
```

```
MENS4    ADDWF    PCL,1        ;mensaje 4
```

```
RETLW    '2'  
RETLW    '!'  
RETLW    ' '  
RETLW    'S'  
RETLW    'E'  
RETLW    'U'  
RETLW    'E'
```

```

                RETLW    'N'

RETLW    'C'
                RETLW    'I'
                RETLW    'A'
                RETLW    'D'
                RETLW    'O'
                RETLW    'R'
                RETLW    .0

```

```

MENS5    ADDWF    PCL,1        ;mensaje 5

                RETLW    ''
                RETLW    .0

```

```

SALE1

MOVLW    .12                ; temporizar 4,1 ms

CALL    MILI

```

```

BSF STATUS,5 ;pasar al banco 1
MOVLW B'11110000' ; byte de configuración
MOVWF PORTD ;4 entradas y 4 salidas en puerto d

BCF STATUS,5 ;pasar al banco 0
CLRF PORTD ;limpiar el puerto d
MENUBSF PORTC, 3 ; activar primera fila del teclado

BTFSC PORTC, 7 ; si se activa tecla 1

GOTOMODULO ; seleccionar modulo
BTFSC PORTC, 6 ; se se activa tecla 2
GOTOSECUEN ; seleccionar secuencia
GOTOMENU ;si no se activa ninguna volver a menú

```

; -----RUTINA MODO MODULO-----

```

MODULO MOVLW .12 ; temporizar 4,1 ms

CALL MILI

MODUL BTFSC PORTD,7 ;antirebote de la tecla

GOTOMODUL
MENS_X MOVLW 0C0H ; enviar primera posición de
segunda línea

CALL CONTROL

```

```

CLRF ACUMULADOR1           ; limpiar acumulador 1

MENS_MO MOVFACUMULADOR1, W ; mover el contenido de
acumulador 1 a w

CALL MENS5                 ; llamar al quinto mensaje para mostrar en lcd

IORLW    0                 ; revisar se ya se envió el ultimo carácter

BTFSC    STATUS, Z        ; ¿ya se envió el último dato?
GOTO     CONFI_1          ; si, saltar a confi_1
CALL DATO                  ; no, enviar datos a lcd
INCF ACUMULADOR1, 1       ; incrementar en 1 el acumulador1

GOTO     MENS_MO          ; y saltar a MENS_MO
CONFI_1  BSF  STATUS, 5    ; pasar al banco 1
MOVLW   .15               ; byte de configuración
MOVWF   PORTD             ; byte menos significativo de
puerto d como entradas

BCF  STATUS,5             ; pasar al banco 0
CLRF PORTD                ; limpiar puerto D
MOVLW .7                  ; temporizar

CALL MILI

INI_MOD  BSF  PORTD, 4     ; activar última columna

PORTD, 3                   ; si n se activa tecla arranque
GOTOINI_MOD                ; esperar hasta que se active

```

MOVLW .12 ;si se activa, temporizar 4,1 milisegundos arranq

CALL MILI

BTFSC PORTD,3 ;realizar antirrebote iniciar el módulo paso a paso

GOTOARRANQ

PASO1 BTFSC PORTD,2 ;si se activa tecla de paro

GOTOINI_MOD ; saltar a ini_mod

BTFSS PORTE, 2 ;si no, preguntar por entrada 6
GOTOPASO1 ;si no se activa entrada 6 saltar a paso 1

P1 BTFSC PORTA, 3 ;si se activa preguntar por entrada 1

GOTOP1 ; si esta activada entrada 1, esperar a que se desactive

BSF PORTC,0 ;si no activar salida 1

PASO2 BTFSC PORTD,2 ;si se activa la tecla de paro

GOTOINI_MOD ; saltar a ini_mod

BTFSS PORTA,3 ;si no, preguntar por entrada 1

GOTOPASO2 ;si no se activa entrada 1 saltar a paso 2

P2

BTFSC PORTA,4 ;si se activa preguntar por entrada 2

GOTOP2 ;si esta activada entrada 2, esperar a que se desactive

```

BSF  PORTC,1                ;si no, activar salida 2

BCF  PORTC,5                ;desactivar salida 6

PASO3    BTFSC    PORTD,2    ;si se activa la tecla de paro

GOTOINI_MOD                ;saltar a INI_MOD

BTFSS    PORTA,4            ;si no, preguntar por entrada 2

GOTOPASO3                ; si no se activa entrada 2 saltar a paso 3
    P3

BTFSC    PORTA, 5            ; si se activa preguntar por entrada

GOTOP3                ; si esta activada entrada 3, esperar a que se
desactive

BSF  PORTC, 2                ; si no, activar salida 3

BCF  PORTC, 1                ; desactivar salida 2

PASO4    BTFSC    PORTD, 2    ;si se activa la tecla de paro

GOTOINI_MOD                ; saltar a INI_MOD

BTFSS    PORTA,5            ;si no, preguntar por entrada 3

GOTOPASO4                ;si no se activa entrada 3 saltar a paso 4

    P4

BTFSC    PORTE, 0            ; si se activa preguntar por entrada 4

GOTOP1                ; si esta activada entrada 4, esperar a que se desactive

```

```

BSF  PORTC, 3          ; si no, activar salida 4
BCF  PORTC,2          ; desactivar salida 3
PASO5      BTFSC      PORTD,2      ; si se activa la tecla de paro

GOTOINI_MOD          ; saltar a INI_MOD
BTFSS     PORTE,0      ;si no, preguntar por entrada 4

GOTOPASO5          ; si no se activa entrada 4 saltar a paso 5
P5
BTFSC     PORTE,1      ;si se activa preguntar por entrada 5

GOTOP5          ; si esta activada entrada 5, esperar a que se
desactive
BSF  PORTC, 4          ; si no, activar salida 5
BCF  PORTC, 3          ; desactivar salida 4
PASO6
BTFSC     PORTD, 2      ; si se activa la tecla de paro

GOTOINI_MOD          ; saltar a INI_MOD
BTFSS     PORTE, 1      ; si no, preguntar por entrada 5

GOTOPASO4          ; si no se activa entrada 4 saltar a paso 6

P6
BTFSC     PORTE,2      ;si se activa preguntar por entrada 6

```

GOTOP6 ; si esta activada entrada 6, esperar a que se desactive

BSF PORTC,5 ;si no, activar salida 6

BCF PORTC, 4 ; desactivar salida 5

GOTOPASO1 ; saltar a paso 1

; -----RUTINA MODO SECUENCIA-----

SECUEN MOVLW .12 ; temporizar 4,1 ms

CALL MILI

ANTIRR BTFSC PORTC, 7 ; realizar antirrebote de tecla

GOTOANTIRR

MOVLW .1 ; borrar pantalla

CALL CONTROL

MOVLW .12 ; temporizar 4,1 ms

CALL MILI

MOVLW .2 ; posicionar el cursor en home o posición inicial

CALL CONTROL

MOVLW .12 ; temporizar 4,1 ms

CALL MILI

CLRF ACUMULADOR1 ; limpiar acumulador 1

MENS_SE MOVF ACUMULADOR1, W ; mover el contenido de
acumulador 1 a w

CALL MENS4 ; llamar al cuarto mensaje para mostrar en LCD

```

IORLW    0                ; revisar si ya se envió el ultimo carácter
BTFSC    STATUS, Z        ; ¿ya se envió el último dato?

GOTO     DIGITAR          ; si, saltar a digitar
CALL DATO                  ; no, enviar datos a lcd
INCF     ACUMULADOR1, 1    ; incrementar en 1 el acumulador1

GOTO     MENS_SE          ; y saltar a mens_se digitar
MOVLW    .12
CALL MILI                  ; temporizar 4,1 ms
MOVLW    0C0H             ; enviar primera posición de segunda
línea
CALL CONTROL
MOVLW    .12              ; temporizar 4,1 ms
CALL MILI
MOVLW    08H
CALL CONTROL
MOVLW    .12
CALL MILI
MOVLW    14H
CALL CONTRO
CALL MILI
CLRF     ACUMULADOR1      ; limpiar acumulador 1

```

; -----RUTINA DE ESCANEEO DE TECLADO-----

```
TECLADO BSF STATUS,5 ;pasar al banco 1
MOVLW .15 ; byte de configuración
MOVWF PORTD ; 4 bits menos significativos de puerto d como
entradas
BCF STATUS,5 ;pasar al banco 1

CLRF PORTD ; limpiar puerto D

CLRF SECUENCIA ; limpiar registro secuencia

CALL MILI

BSF PORTD,4 ; activar última columna
LETRA_A BTFSS PORTD,3 ; si no se activa tecla a

GOTOLETRA_B ; revisar tec

AA MOVLW .12 ; si se activa temporizar 4,1 ms
CALL MILI

BTFSC PORTD,3 ;realizar antirrebote de tecla

GOTOAA

MOVLW .1 ; cargar w con 1
ADDWF SECUENCIA, 1 ; sumar w a secuencia

MOVLW 'A' ; mostrar en lcd letra A
```

CALL DATO

LETRA_B BTFSS PORTD,2 ;si no se activa tecla B

GOTOLETRA_C ; revisar

BB MOVLW .12 ; si se activa temporizar 4,1 ms

CALL MILI

BTFSC PORTD,2 ;realizar antirrebote de tecla

GOTOBB

MOVLW .2 ; cargar w con 2

ADDWF SECUENCIA,1 ; sumar w a secuencia

MOVLW 'B' ; mostrar en lcd letra B

CALL DATO

LETRA_C BTFSS PORTD,1 ;si no se activa tecla C

GOTOLETRA_D ; revisar tecla D

CC MOVLW .12 ;si se activa temporizar 4,1 ms

CALL MILI

BTFSC PORTD,1 ;realizar antirrebote de tecla

GOTOCC

MOVLW .3 ; cargar w con 3

ADDWF SECUENCIA, 1 ; sumar w a secuencia

MOVLW 'C' ; mostrar en lcd letra C

CALL DATO

LETRA_D BTFSS PORTD,0 ;si no se activa tecla C

```

GOTOCAMBIO                ; saltar a cambio para revisar signos
    DD MOVLW    .12        ; si se activa temporizar 4,1 ms
CALL MILI
BTFSC    PORTD,0          ; realizar antirrebote de tecla

GOTODD
MOVLW    .4                ; cargar W con 4
ADDWF    SECUENCIA,1      ; sumar w a secuencia
MOVLW    'D'               ; mostrar en lcd letra D
CALL DATO
CAMBIO
BSF    STATUS,5           ; ir al banco 1
SWAPF
PORTD                ;bits más significativos de puerto d como entradas
BCF    STATUS,5           ; ir al banco 0
CLRF PORTD              ; limpiar puerto d
BSF    PORTD,0           ; activar primera fila del
teclado

SIG_MAS BTFSS PORTD,7    ; si no se activa tecla *

GOTOSIG_MEN              ; revisar tecla #
MAS MOVLW    .12        ; si se activa temporizar 4,1 ms
CALL MILI
BTFSC    PORTD,7          ; realizar antirrebote de tecla

GOTOMAS
MOVLW    .5                ; cargar w con 5

```

```

ADDWF    SECUENCIA,1          ; sumar w a secuencia
MOVLW    '+'                  ; mostrar en lcd signo +
CALL DATO
SIG_MEN  BTFSS PORTD, 5      ;si no se activa tecla #

GOTO     COMPARA              ; ir a comparar los datos
MENOS    MOVLW    .12        ; si se activa temporizar 4,1 ms
CALL MILI
BTFSC    PORTD,5              ; realizar antirrebote de tecla
GOTOMENOS
MOVLW    .6                   ; cargar w con 5
ADDWF    SECUENCIA,1          ; sumar w a secuencia
MOVLW    '-'                  ; mostrar en lcd signo -
CALL DATO

COMPARA  MOVF SECUENCIA,W     ;mover el contenido de registro
secuencia a w

BCF      PORTD,0              ; desactivar fila 4

BSF      PORTD,1              ; activar fila 1

BTFSS    PORTD,7              ;si no se activa letra c para confirmar secuencia

GOTOTECLADO                    ; entonces vuelva a escanear el teclado
XORLW    .13                  ; se activa comparar resultados
BTFSC    STATUS, Z

GOTOSEC_1

XORLW    .28

BTFSC    STATUS,Z

GOTOSEC_2

```

```

XORLW    .45

BTFSC    STATUS,Z

GOTOSEC_3

CLRF ACUMULADOR1      ; si no coinciden datos limpiar acumulador

GOTOMENS_SE          ; volver a subrutina de mens_se

;-----SECUENCIA UNO-----
SEC_1      BSF  STATUS,5      ;pasar al banco 1
MOVLW     .15                ; byte de configuración
MOVWF     PORTD      ; 4 bits menos significativos de puerto d como
entradas
BCF       STATUS,5          ;pasar al banco 0
          CLRf PORTD        ; limpiar puerto D
          CLRf PORTC        ; limpiar puerto C
          MOVLW  .12        ; temporizar 4,1 ms
          CALL  MILI
SEC11     BSF  PORTD,4      ;activar primera columna del teclado

BTFSS     PORTD,3          ;si no se activa tecla arranque

GOTOSEC11          ; esperar a que se active
START MOVLW .12          ; si se activa temporizar 4,1 ms

CALL  MILI
BTFSC   PORTD, 3          ; realizar antirrebote de tecla

GOTOSTART
PAS11   BTFSC   PORTD, 2  ;si se activa la tecla de paro
GOTOSEC11          ; saltar a SEC11
BTFSS   PORTA,3          ;si no, preguntar por entrada 1

GOTOPAS11          ; si no se activa entrada 1 saltar a PAS11
MOVLW   .200          ; si se activa entrada 1, temporizar

```

```

CALL MILI
    BSF  PORTC, 0          ; y activar salida 1
PSS1  BTFSC  PORTD, 2     ; si se activa la tecla de paro
      GOTOSEC11          ; saltar a SEC11
      BTFSC  PORTA, 3     ; si no, preguntar por entrada 1
      GOTOPSS1          ; si esta activa entrada 1 saltar a PSS1
      MOVLW  .200        ; si no temporizar
      CALL MILI
      BCF  PORTC,0       ; y desactivar salida 1
      GOTOPAS11         ; volver a empezar la secuencia

```

;-----SECUENCIA DOS-----

```

SEC_2  BSF  STATUS,5     ;pasar al banco 1
      MOVLW  .15         ; byte de configuración
      MOVWF  PORTD      ; 4 bits menos significativos de puerto D
como entradas

```

```

      BCF  STATUS,5     ;pasar al banco 0
      CLRF PORTD        ; limpiar puerto D
      CLRF PORTC        ; limpiar puerto C
      MOVLW  .12        ; temporizar 4,1 ms

```

```

CALL MILI
SEC22  BSF  PORTD,4     ;activar primera columna del teclado
BTFSS  PORTD,3         ;si no se activa tecla arranque (a)

```

```

GOTOSEC22          ; esperar a que se active
START2  MOVLW  .12     ; si se activa temporizar 4,1 ms

```

```

CALL MILI
BTFSC  PORTD,3         ;realizar antirrebote de tecla

```

```

GOTOSTART2
PAS21  BTFSC  PORTD,2   ;si se activa la tecla de paro

```

```

GOTOSEC22          ; saltar a SEC22
BTFSS  PORTA,4         ; si no, preguntar por entrada 2

```

GOTOPAS21 ; si no se activa entrada 2, esperar hasta que se active
P21 BTFSC PORTA,3 ; si se activa preguntar por entrada 1

GOTOP1 ; si esta activa entrada 1, esperar hasta que se desactive
BSF PORTC,0 ;si no activar salida 1
BCF PORTC,1 ;desactivar salida 2

PAS22 BTFSC PORTD,2 ;si se activa la tecla de paro

GOTOSEC22 ; saltar a SEC22
BTFSS PORTA,3 ; si no, preguntar por entrada 1

GOTOPAS22 ; si no se activa entrada 1, esperar hasta que se active
P22 BTFSC PORTA,4 ;si se activa preguntar por entrada 2

GOTOP22 ; si esta activa entrada 2, esperar hasta que se desactive
BSF PORTC,1 ; si no activar salida 2
BCF PORTC,0 ; desactivar salida 1
GOTOPAS21 ; volver a empezar la secuencia

-----SECUENCIA TRES-----

SEC_3 BSF STATUS,5 ; pasar al banco 1
MOVLW .15 ; byte de configuración
MOVWF PORTD ; 4 bits menos significativos de puerto d
como entradas

BCF STATUS,5 ;pasar al banco 0
CLRF PORTD ; limpiar puerto D
CLRF PORTC ; limpiar puerto C
MOVLW .12 ; temporizar 4,1 ms
CALL MILI

SEC33 BSF PORTD,4 ; activar primera columna del teclado
BTFSS PORTD,3 ;si no se activa tecla arranque (a)

GOTOSEC33 ; esperar a que se active

```

START3    MOVLW    .12    ; si se activa temporizar 4,1 ms

CALL MILI
          BTFSC    PORTD,3    ;realizar antirrebote de tecla

GOTOSTART3
PAS31
BTFSC    PORTD,2    ;si se activa la tecla de paro

GOTOSEC33    ; saltar a SEC33
BTFSS    PORTA,5    ; si no, preguntar por entrada 3

GOTOPAS31    ; si no se activa entrada 3, esperar hasta que se active

P31
BTFSC    PORTA,3    ;si se activa preguntar por entrada 1

GOTOP1    ; si esta activa entrada 1, esperar hasta que se desactive

BSF    PORTC,0    ; si no activar salida 1
BCF    PORTC,2    ; desactivar salida 3

PAS32    BTFSC    PORTD,2    ;si se activa la tecla de paro

GOTOSEC33    ; saltar a SEC33
BTFSS    PORTA,3    ;si no, preguntar por entrada 1

GOTOPAS32    ; si no se activa entrada 1, esperar hasta que se active

P32
BTFSC    PORTA, 4    ;si se activa preguntar por entrada 2

GOTOP32    ; si esta activa entrada 2, esperar hasta que se desactive

BSF    PORTC, 1    ; si no activar salida 2
BCF    PORTC, 0    ; desactivar salida 1

```


ANEXO B

MICROCONTROLADOR PIC 16F877

ORGANIZACIÓN DE LA MEMORIA DEL PIC.

Los PIC tiene dos tipos de memoria: Memoria de datos y memoria de programa, cada bloque con su propio bus: Bus de datos y Bus de programa, por lo cual cada bloque ser explorado durante un mismo ciclo de oscilación.

La memoria de datos a su vez se divide en:

- Memoria RAM de propósito general
- Archivo de registro (*Special Function Register (SFR)*)

La Memoria de programa: los PIC de rango medio poseen un registro contador del programa PC de 13 bits, capaz de direccionar un espacio de 8k por 14, como todas las instrucciones son de 14 bits, esto significa un bloque de 8k instrucciones. El bloque total de 8k x 14 de memoria de programa está subdividido en 4 páginas de 2k x 14. En la figura B1 se muestra esta organización.

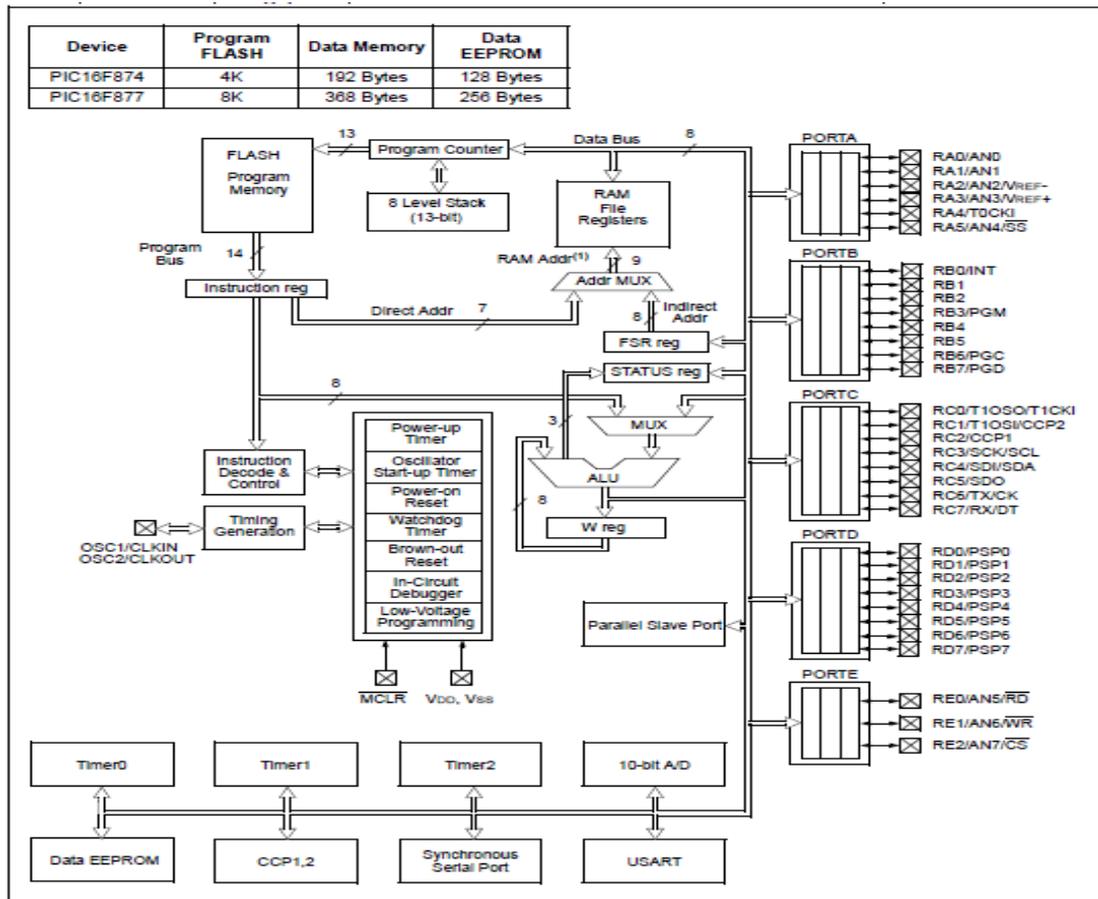
Figura B1. Organización de programa de memoria

Dirección	
0000h	Vector de Reset
...	...
0004h	Vector de interrupción
0005h	
...	Página 0
07FFh	
0800h	
...	Página 1
0FFFh	
1000h	
...	Página 2
17FFh	
1800h	
...	Página 3
1FFFh	

Fuente: Aplicación con micro controlador. Descripción General del **PIC 16F877**

A continuación, se presenta el diagrama de bloques de un Microcontrolador PIC 16F877 (ver figura B2, donde se representa su estructura interna de operación).

Figura B2. Diagrama de bloques del micro controlador 16F877



Fuente: Aplicación con Micro controlador. Descripción General del PIC 16F877

Dispositivos Incluidos en este Datos Cubren:

Microcontroller Core los Rasgos:

- la actuación Alta RISC CPU
- Solo 35 solas palabra instrucciones para aprender
- Operating la velocidad: DC - 20 MHz cronometran la entrada DC - 200 ciclo de instrucción de ns
- A a 8K x 14 palabras de Memoria de Programa de LLAMARADA,
- A a 368 x 8 bytes de Memoria de los Datos (el RAM)
- A a 256 x 8 bytes de EEPROM Datos Memoria
- Pinout compatible al PIC16C73B/74B/76/77

- Interrupt la capacidad (a a 14 fuentes)
- Ocho nivel la pila del hardware profunda
- Direct, los modos dirigiéndose indirectos y relativos,
- Power-adelante Restablezca (POR)
- Power-a el Cronómetro (PWRT) y
- El oscilador Salida-a el Cronómetro (OST)
- El o Perro guardián Cronómetro (WDT) con su propio en-astilla RC
- El oscilador para el funcionamiento fiable
- protección del código Programable
- Power el modo de SUEÑO salvador
- las Selectable oscilador opciones
- el poder Bajo, la velocidad alta CMOS FLASH/EEPROM la tecnología
- el plan Totalmente estático
- la o En-circuito Folletín Programación (ICSP) vía dos los alfileres
- Single 5V En-circuito Folletín Programación capacidad
- En-circuito de o que Pone a punto vía dos alfileres
- los o Procesador read/write acceden para programar la memoria
- Wide que opera el rango de voltaje: 2.0V a 5.5V
- la Corriente de Sink/Source Alta: 25 MA
- el Anuncio de o, la temperatura Industrial y Extendida, los rangos

El consumo de bajo-poder:

- <0.6 MA típico a 3V, 4 MHz,
- 20 un típico a 3V, 32 kHz,
- <1 una corriente de reserva típica

El Diagrama del alfiler

Los rasgos periféricos:

- Timer0: El timer/counter del 8-pedazo con el prescaler del 8-pedazo
 - Timer1: El timer/counter del 16-pedazo con el prescaler, puede incrementarse durante el SUEÑO vía externo el crystal/clock
 - Timer2: El timer/counter del 8-pedazo con el periodo del 8-pedazo el registro, prescaler y postscaler
 - Dos Captura, Compare, módulos de PWM
- La captura es 16-pedazo, el máximo. la resolución es 12.5 ns
 - La comparación es 16-pedazo, el máximo. la resolución es 200 ns
 - El máximo de PWM. la resolución es el 10-pedazo
 - 10-pedazo multi-cauce el conversor Analógico-a-digital
- el Puerto De serie Síncrono (SSP) con SPI (Amo el modo) e I2C (Master/Slave)
 - el Receptor Asíncrono Síncrono Universal El transmisor (USART/SCI) con la dirección del 9-pedazo el descubrimiento
 - el Puerto del Esclavo Paralelo (PSP) los 8-pedazos ancho, con RD externo, WR y CS controla (el 40/44-alfiler sólo)
 - Castaño-fuera la circuitería de descubrimiento para Castaño-fuera Restablezca (BOR)

Tabla B1. Características del micro 16F77

CARACTERÍSTICAS	16F877
Frecuencia máxima	DX-20MHz
Memoria de programa flash palabra de 14 bits	8KB
Posiciones RAM de datos	368
Posiciones EEPROM de datos	256
Puertos E/S	A,B,C,D,E
Número de pines	40
Interrupciones	14
Timers	3
Módulos CCP	2
Comunicaciones Serie	MSSP, USART
Comunicaciones paralelo	PSP
Líneas de entrada de CAD de 10 bits	8
Juego de instrucciones	35 Instrucciones
Longitud de la instrucción	14 bits
Arquitectura	Harvard
CPU	<i>RISC</i>
Canales PWM	2
Pila Hardware	-
Ejecución en un ciclo de máquina	-

Tabla B2. Descripción de pines de salida PIC 16F874 y 16F877

Pin Name	DIP Pin#	PLCC Pin#	QFP Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKIN	13	14	30	I	ST/CMOS ⁽⁴⁾	Oscillator crystal input/external clock source input.
OSC2/CLKOUT	14	15	31	O	—	Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in crystal oscillator mode. In RC mode, OSC2 pin outputs CLKOUT which has 1/4 the frequency of OSC1, and denotes the instruction cycle rate.
MCLR/VPP	1	2	18	I/P	ST	Master Clear (Reset) input or programming voltage input. This pin is an active low RESET to the device.
RA0/AN0	2	3	19	I/O	TTL	<p>PORTA is a bi-directional I/O port.</p> <p>RA0 can also be analog input0.</p> <p>RA1 can also be analog input1.</p> <p>RA2 can also be analog input2 or negative analog reference voltage.</p> <p>RA3 can also be analog input3 or positive analog reference voltage.</p> <p>RA4 can also be the clock input to the Timer0 timer/counter. Output is open drain type.</p> <p>RA5 can also be analog input4 or the slave select for the synchronous serial port.</p>
RA1/AN1	3	4	20	I/O	TTL	
RA2/AN2/VREF-	4	5	21	I/O	TTL	
RA3/AN3/VREF+	5	6	22	I/O	TTL	
RA4/T0CKI	6	7	23	I/O	ST	
RA5/SS/AN4	7	8	24	I/O	TTL	
RB0/INT	33	36	8	I/O	TTL/ST ⁽¹⁾	<p>PORTB is a bi-directional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-up on all inputs.</p> <p>RB0 can also be the external interrupt pin.</p> <p>RB3 can also be the low voltage programming input.</p> <p>Interrupt-on-change pin.</p> <p>Interrupt-on-change pin.</p> <p>Interrupt-on-change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming clock.</p> <p>Interrupt-on-change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming data.</p>
RB1	34	37	9	I/O	TTL	
RB2	35	38	10	I/O	TTL	
RB3/PGM	36	39	11	I/O	TTL	
RB4	37	41	14	I/O	TTL	
RB5	38	42	15	I/O	TTL	
RB6/PGC	39	43	16	I/O	TTL/ST ⁽²⁾	
RB7/PGD	40	44	17	I/O	TTL/ST ⁽²⁾	

Legend: I = input

O = output

— = Not used

I/O = input/output

TTL = TTL input

P = power

ST = Schmitt Trigger input

Tabla B3. Continuación descripción de pines

Pin Name	DIP Pin#	PLCC Pin#	QFP Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
RC0/T1OSO/T1CKI	15	16	32	I/O	ST	PORTC is a bi-directional I/O port. RC0 can also be the Timer1 oscillator output or a Timer1 clock input. RC1 can also be the Timer1 oscillator input or Capture2 input/Compare2 output/PWM2 output. RC2 can also be the Capture1 input/Compare1 output/PWM1 output. RC3 can also be the synchronous serial clock input/output for both SPI and I ² C modes. RC4 can also be the SPI Data In (SPI mode) or data I/O (I ² C mode). RC5 can also be the SPI Data Out (SPI mode). RC6 can also be the USART Asynchronous Transmit or Synchronous Clock. RC7 can also be the USART Asynchronous Receive or Synchronous Data.
RC1/T1OSI/CCP2	16	18	35	I/O	ST	
RC2/CCP1	17	19	36	I/O	ST	
RC3/SCK/SCL	18	20	37	I/O	ST	
RC4/SDI/SDA	23	25	42	I/O	ST	
RC5/SDO	24	26	43	I/O	ST	
RC6/TX/CK	25	27	44	I/O	ST	
RC7/RX/DT	26	29	1	I/O	ST	
RD0/PSP0	19	21	38	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	PORTD is a bi-directional I/O port or parallel slave port when interfacing to a microprocessor bus.
RD1/PSP1	20	22	39	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD2/PSP2	21	23	40	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD3/PSP3	22	24	41	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD4/PSP4	27	30	2	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD5/PSP5	28	31	3	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD6/PSP6	29	32	4	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD7/PSP7	30	33	5	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RE0/ \overline{RD} /AN5	8	9	25	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	PORTE is a bi-directional I/O port. RE0 can also be read control for the parallel slave port, or analog input5. RE1 can also be write control for the parallel slave port, or analog input6. RE2 can also be select control for the parallel slave port, or analog input7.
RE1/ \overline{WR} /AN6	9	10	26	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RE2/ \overline{CS} /AN7	10	11	27	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
V _{ss}	12,31	13,34	6,29	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
V _{DD}	11,32	12,35	7,28	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.
NC	—	1,17,28,40	12,13,33,34		—	These pins are not internally connected. These pins should be left unconnected.

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
 — = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

- Note 1:** This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as an external interrupt.
Note 2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
Note 3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as general purpose I/O and a TTL input when used in the Parallel Slave Port mode (for interfacing to a microprocessor bus).
Note 4: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC oscillator mode and a CMOS input otherwise.

Descripción de los puertos:

Puerto A:

- Puerto de e/s de 6 pines
- RA0 è RA0 y AN0
- RA1 è RA1 y AN1
- RA2 è RA2, AN2 y Vref-
- RA3 è RA3, AN3 y Vref+

- RA4 è RA4 (Salida en colector abierto) y T0CKI(Entrada de reloj del modulo Timer0)
- RA5 è RA5, AN4 y SS (**Selección** esclavo para el puerto serie síncrono)

Puerto B:

- Puerto e/s 8 pines
- Resistencias pull-up programables
- RB0 è Interrupción externa
- RB4-7 è Interrupcion por **cambio** de flanco
- RB5-RB7 y RB3 è programación y *debugger* in circuit

Puerto C:

- Puerto e/s de 8 pines
- RC0 è RC0, T1OSO (Timer1 salida oscilador) y T1CKI (Entrada de reloj del modulo Timer1).
- RC1-RC2 è PWM/COMP/CAPT
- RC1 è T1OSI (entrada osc timer1)
- RC3-4 è IIC
- RC3-5 è SPI
- RC6-7 è USART

Puerto D:

- Puerto e/s de 8 pines
- Bus de datos en PPS (**Puerto paralelo esclavo**)
- Puerto E:
- Puerto de e/s de 3 pines
- RE0 è RE0 y AN5 y Read de PPS
- RE1 è RE1 y AN6 y Grité de PPS
- RE2 è RE2 y AN7 y CS de PPS

Dispositivos periféricos:

- Timer0: Temporizador-contador de 8 bits con *preescaler* de 8 bits
- Timer1: Temporizador-contador de 16 bits con *preescaler* que puede incrementarse en modo *sleep* de forma externa por un cristal/*clock*.
- *Timer2*: Temporizador-contador de 8 bits con *preescaler* y *postescaler*.
- Dos módulos de Captura, Comparación, PWM (**Modulación** de Anchura de Impulsos).
- Puerto Serie Síncrono *Master* (MSSP) con SPI e I²C (*Master/Slave*).
- USART/SCI (*Universal Syncheronus Asynchronous Receiver Transmitter*) con 9 bit.
- Puerta Paralela Esclava (PSP) solo en encapsulados con 40 pines

ANEXO C

PANTALLA LCD 2X16

Tabla C1. Descripción de pines de la LCD

Pin nº	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
1	Vss	Tierra de alimentación GND
2	Vdd	Alimentación +5V CC
3	Vo	Contraste del cristal liquido. (0 a + 5v)
4	Rs	Selección de riesgo de control /riesgo de datos: RS=0 Selección riesgo de control RS=1 Selección registro de datos
5	RW	Señal de lectura/ escritura: R/W=0 escritura R/W=1Lectura
6	E	Habilitación del módulo: E=0 Módulo desconectado E=1 Módulo conectado
7	D0-D7	Bus de datos bidireccional

Juego de instrucciones: Estas son las instrucciones para el control del módulo

CLEAR DISPLAY

Borra el módulo LCD y coloca el cursor en la primera posición (dirección0). Pone el Bit I/D a 1 por defecto

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

HOME

Coloca el cursor en la posición de inicio (direccion0) y hace que el Display comience a desplazarse desde la posición original. El contenido de la memoria RAM de datos de visualización (DDRAM) permanece invariable. La dirección de la memoria RAM de datos para la visualización (DDRAM) es puesta a 0

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
S	0	0	0	0	0	0	0	1	X

Tiempo de ejecución 1.64ms

ENTRY MODE SET

Establece la dirección dl movimiento del cursor y especifica si la visualización se va desplazando a la siguiente posición de la pantalla o no. Estas operaciones se ejecutan durante la lectura o escritura de la DD RAM o CG RAM. Para visualizar normalmente poner el bit S=0

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S

Tiempo de ejecución 40 μ s

DISPLAY ON OFF CONTROL

Activa o desafia poniendo en on/off tanto al Display (D) como al cursor(c) y se establece si este último debe o no parpadear (B)

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	1	D	C	B

Tiempo de ejecución 40 μ s

CURSOR DISPLAY SHIFT

Mueve el cursor y desplaza el Display sin cambiar el contenido de la memoria de datos de visualización DDRAM

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	X	X

Tiempo de ejecución 40 μ s

FUNCION SET

Establece el tamaño con el bus de datos (DL), Número de líneas de Display(N) y tipo de carácter

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	DL	N	F	X	X

Tiempo de ejecución 40 μ s

SET THE CG RAM ADDRESS

El módulo LCD además de tener definidos todo el conjunto de caracteres *ASCII*, permite al usuario definir 4 u 8 caracteres gráficos. La composición de estos caracteres se va guardando en una memoria llamada *CG RAM* con capacidad para 64 bites, cada carácter gráfico definido por el usuario se compone de 4 u 8 bits que se almacenan en sus sucesivas posiciones de la *CG RAM*.

Mediante esta instrucción se establece la dirección de memoria CG RAM a partir de la cual se irán almacenando los bits que definen un carácter gráfico. Ejecutando estos comandos todos los comandos que se lean o escriban posteriormente, lo hacen desde esta memoria CG RAM

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	1	Dirección De l La CG RAM					

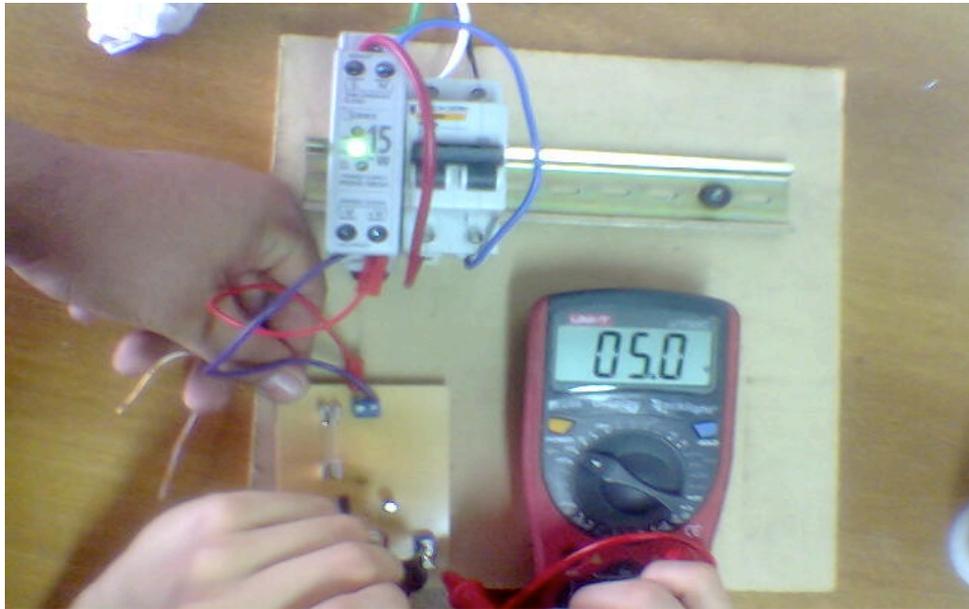
Abreviaturas empleadas en los códigos anteriores

S	1 Desplaza la visualización cada vez que se escribe un dato 0 Modo normal
I/D	1 Incremento del cursor 0 Decremento del cursor
S/C	1 Desplaza el Display 0 Mueve el curso
R/L	1 Desplazamiento a la derecha 0 Desplazamiento a la izquierda
BF	1 Modulo ocupado 0 Modulo disponible
DL	1 Bus de datos de 8 bits 0 Bus de datos de 4 bits
N	1 LCD de dos líneas 0 LCD de una línea
F	1 Carácter de 5 x 10 puntos 0 Carácter de 5 x 7 punto
B	1 Parpadeo del cursor ON 0 Parpadeo del cursor Off
C	1 Cursor ON 0 Cursor OFF
D	1 Display ON 0 Display OFF

ANEXO D

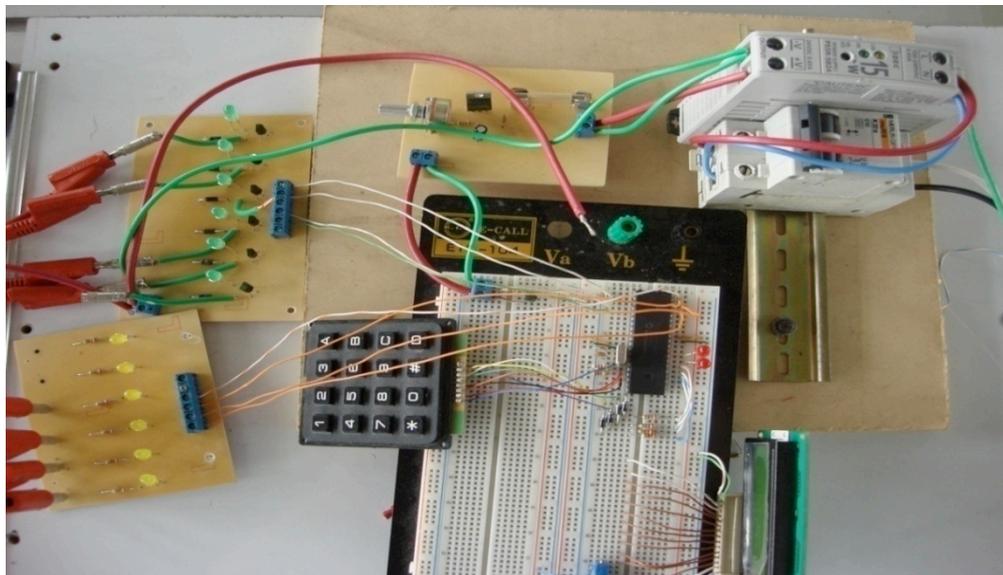
FOTOGRAFÍAS PROYECTO SECUENCIADOR

Figura D1. Pruebas tarjeta de regulación



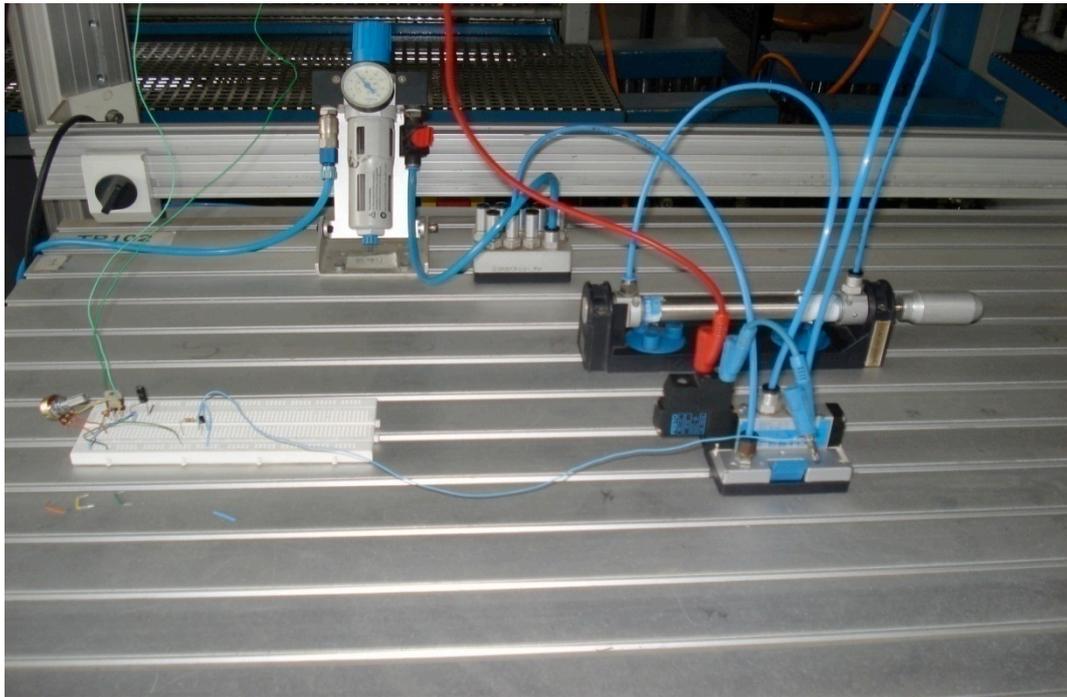
Fuente: Área Automatización Sena Centro Diseño e Innovación
Tecnológica Industrial. Dosquebradas. Risaralda

Figura D2. Pruebas con tarjeta de control y potencia



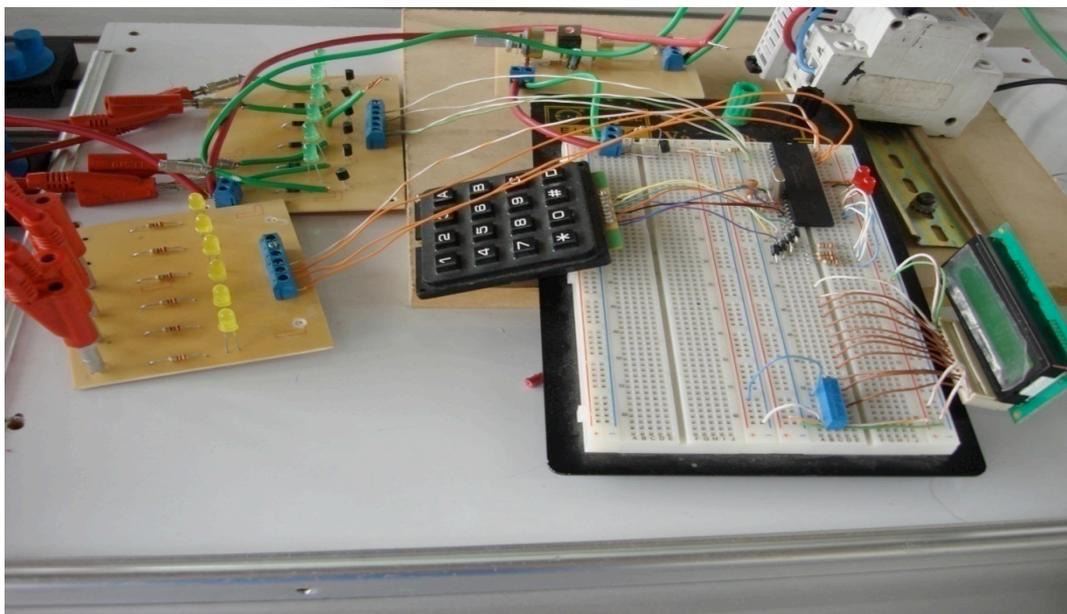
Fuente: Área Automatización Sena Centro Diseño e Innovación
Tecnológica Industrial. Dosquebradas. Risaralda

Figura D3. Prueba con un solo solenoide



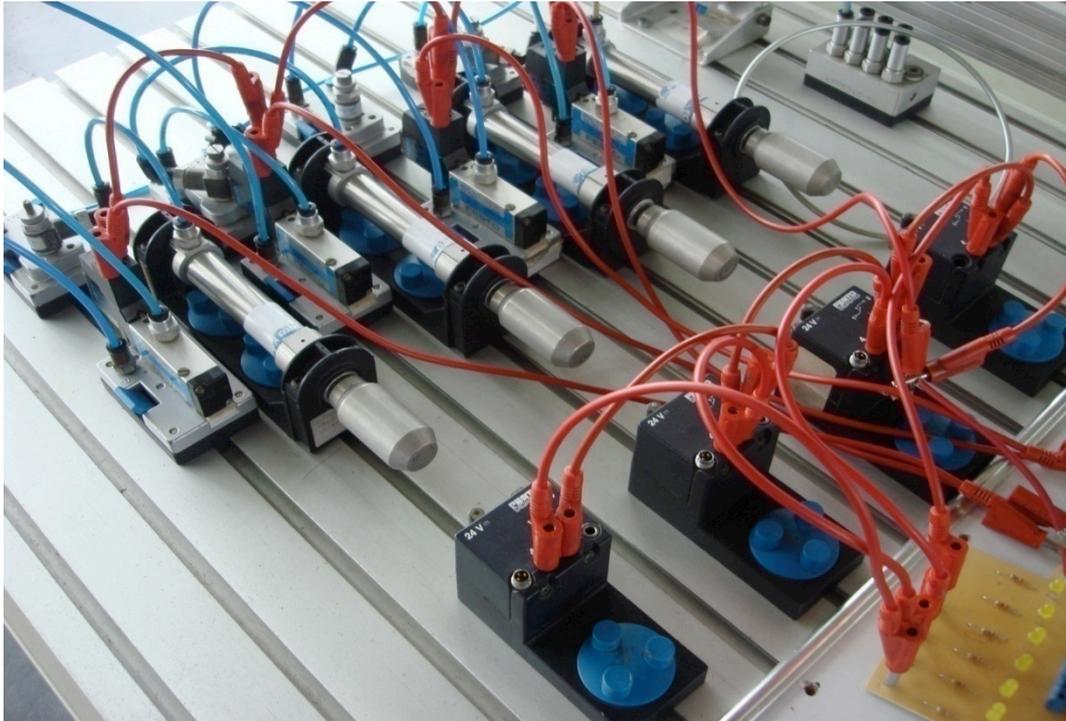
Fuente: Área Automatización Sena Centro Diseño e Innovación
Tecnológica Industrial. Dosquebradas. Risaralda

Figura D4. Pruebas de control



Fuente: Área Automatización Sena Centro Diseño e Innovación
Tecnológica Industrial. Dosquebradas. Risaralda

Figura D5. Pruebas con actuadores



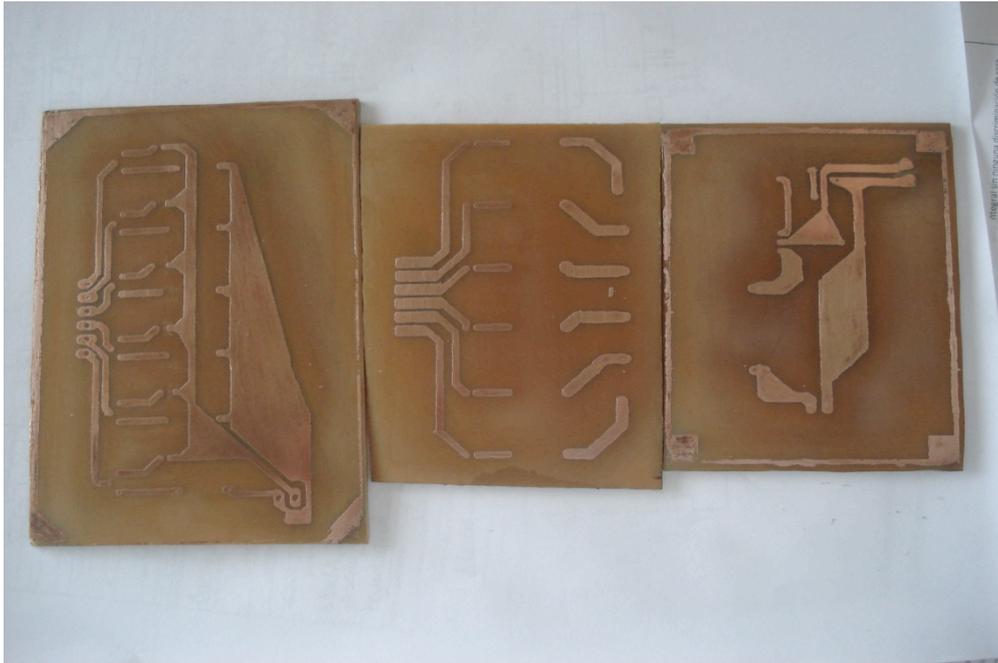
Fuente: Área Automatización Sena Centro Diseño e Innovación
Tecnológica Industrial. Dosquebradas. Risaralda

Figura D6. Limpieza de pistas de la tarjeta



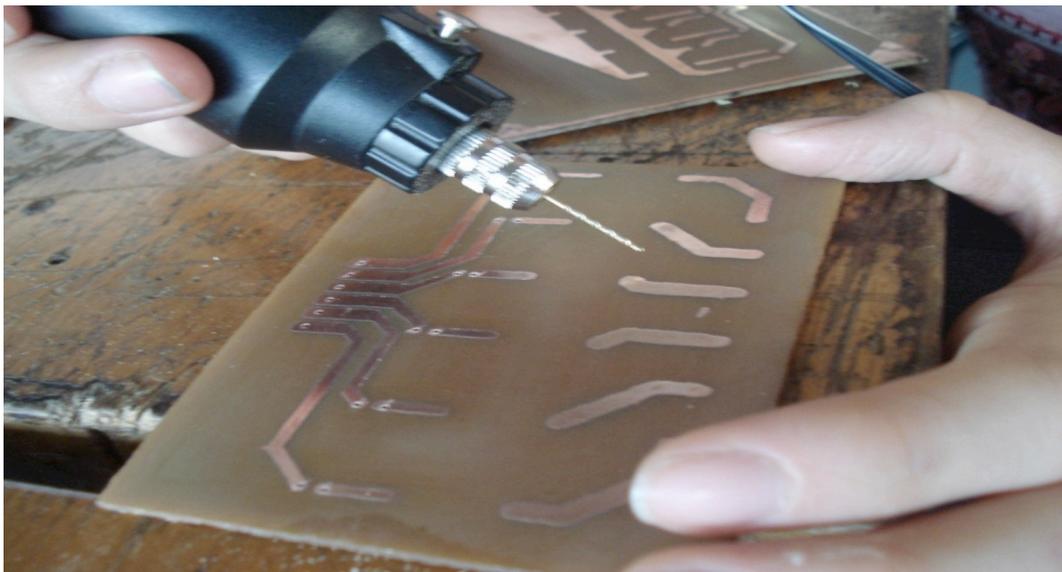
Fuente: Área Automatización Sena Centro Diseño e Innovación
Tecnológica Industrial. Dosquebradas. Risaralda

Figura D7. Tarjetas de potencia (*In/Out*), y regulación



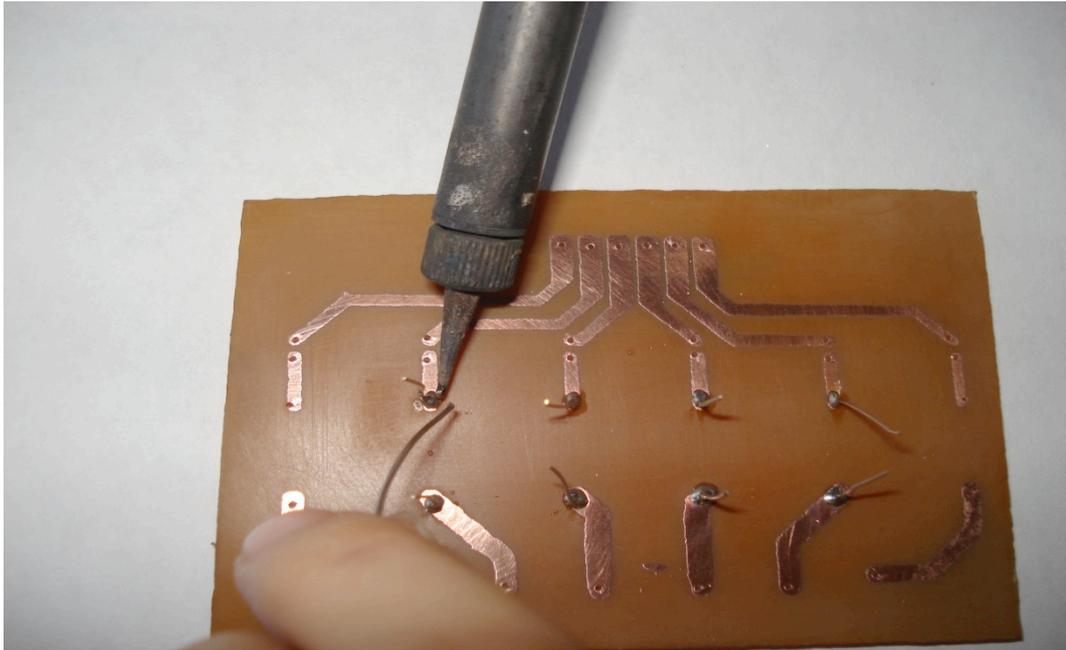
Fuente: Área Automatización Sena Centro Diseño e Innovación
Tecnológica Industrial. Dosquebradas. Risaralda

Figura D8. Perforación de donas



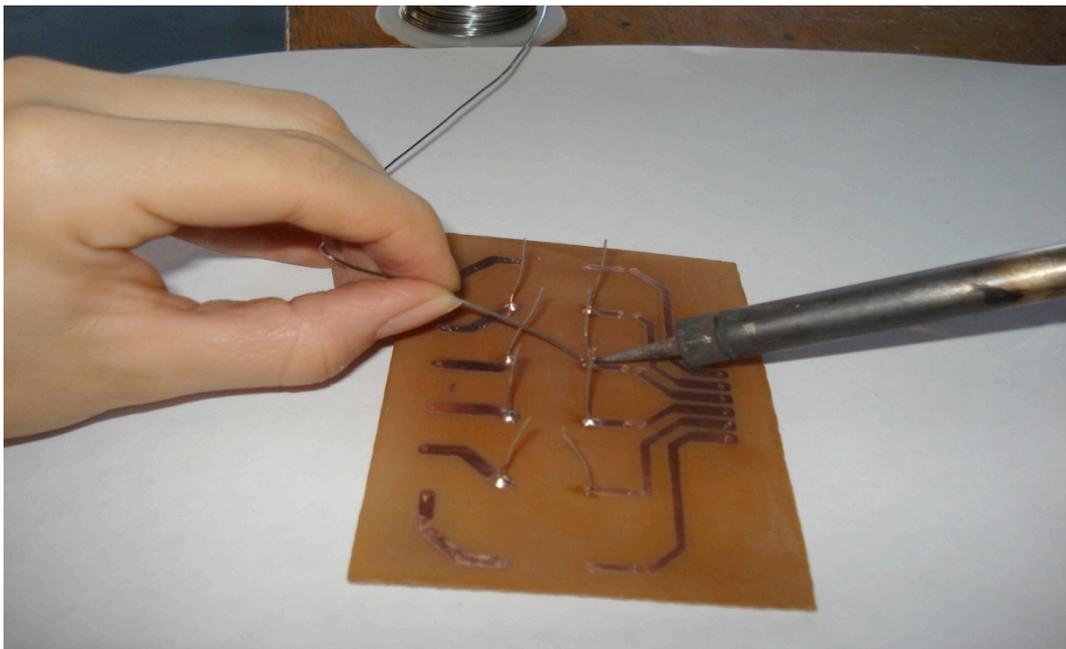
Fuente: Área Automatización Sena Centro Diseño e Innovación
Tecnológica Industrial. Dosquebradas. Risaralda

Figura D9. Ensamble de la tarjeta de entradas



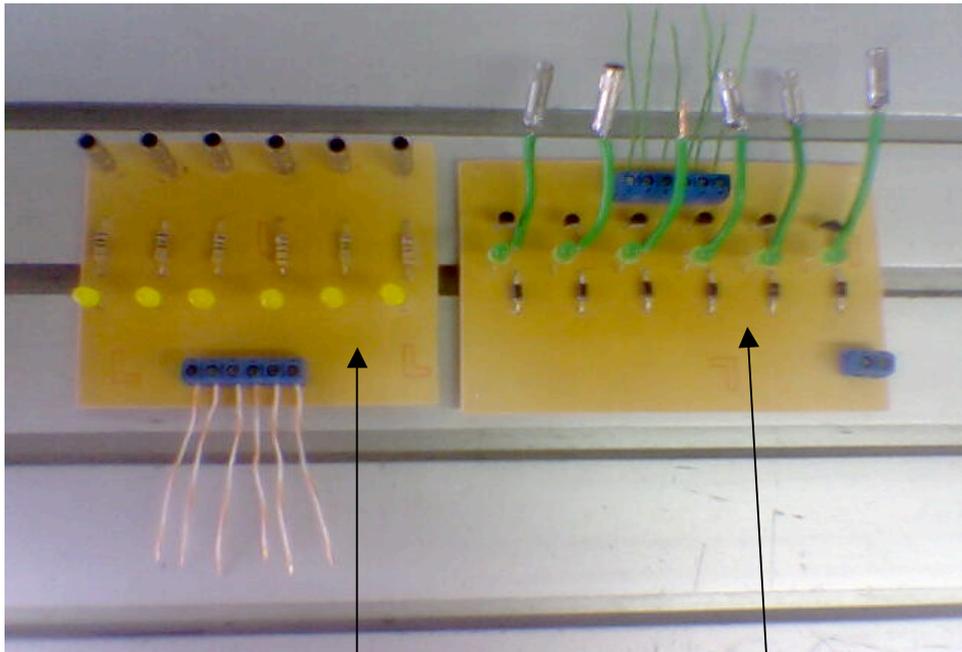
Fuente: Área Automatización Sena Centro Diseño e Innovación
Tecnológica Industrial. Dosquebradas. Risaralda

Figura D10. Soldada de componentes en las tarjetas



Fuente: Área Automatización Sena Centro Diseño e Innovación
Tecnológica Industrial. Dosquebradas. Risaralda

Figura D11. Tarjetas de potencia (In/Out)



Tarjeta de entradas

Tarjetas de salidas

Fuente: Área Automatización Sena Centro Diseño e Innovación Tecnológica Industrial. Dosquebradas. Risaralda

Figura D12. Módulo secuencial digital.



Fuente: Área Automatización Sena Centro Diseño e Innovación Tecnológica Industrial. Dosquebradas. Risaralda

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. DESCRIPCIÓN DEL MÓDULO SECUENCIAL	9
1.1 Estructura básica y forma de funcionamiento de una cadena secuencial.....	11
1.2 Funcionamiento del mando secuencial.....	12
1.3 Descripción de fases del mando secuencial.....	17
1.4 Descomposición de la unidad de mando.....	21
1.5 Diagrama de funcionamiento.....	25
1.6 Funciones de memoria.....	32
2. MARCO TEÓRICO Y METODOLOGÍA	36
2.1 Marco teórico.....	36
2.2 Metodología.....	42
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	46
3.1 Descripción del problema.....	46
3.2 Justificación.....	47
4. DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN	49
4.1 Diseño y elaboración de la tarjeta de control de secuencia.....	49
4.2 Diseño de la aplicación	66
4.3 Diseño del programa para el microcontrolador.....	70
5 Análisis de resultados	77
6. Análisis de costos	80
7. Conclusiones y Recomendaciones	84
BIBLIOGRAFÍA	86

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A	
Listado del programa principal en <i>MPLAB-IDE</i> para el microcontrolador.....	95
ANEXO B	
Características del Microcontrolador PIC 16F877.....	124
ANEXO C	
Pantalla LCD 2X16.....	130
ANEXO D	
Fotografías del modelo del secuenciador desarrollado.....	135

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Bloque neumático secuencial (Parte física).....	2
Figura 2. Configuración de pines del micro controlador 16F877.....	4
Figura 3. Microsecuenciador y Controlador FSS/FSSC.....	5
Figura 4. Unidad de control local DLP-VSE.....	10
Figura 5. Electroválvula neumática monoestable.....	10
Figura 6. Relé o relevador.....	10
Figura 7. Estructura interna del bloque neumático secuencial.....	11
Figura 8. Cadena secuencial.....	11
Figura 9. Esquema según DIN 40 700	12
Figura 10. Esquema según DIN/ISO 1219.....	13
Figura 11 Esquema normalizado según DIN.....	13
Figura 12. Forma de funcionamiento de la cadena secuencial.....	14
Figura 13. Unidad normalizada tipo A.....	15
Figura 14. Unidad normalizada tipo B.....	16
Figura 15. Estructura física de una módulo secuencial neumático.....	17
Figura 16. Introducción de señales.....	18
Figura 17. Esquema principal de mando.....	18
Figura 18. Señal binaria.....	19
Figura 19. Señal discreta.....	20
Figura 20. Señal digital.....	20
Figura 21. Señal binaria.....	21
Figura 22. Sentido de fluencia de señales.....	21
Figura 23. Flujo de información con los tres grupos principales de mando.....	22

Figura 24. Designación de los grupos de elemento.....	22
Figura 25. Separación de las partes de mando y trabajo.....	23
Figura 26. Válvula 3/2 distribuidora.....	23
Figura 27. Válvula 5/2 Distribuidora.....	23
Figura 28. Válvulas de trabajo.....	24
Figura 29a. Actuador de simple efecto	24
Figura 29b. Simbología del actuador	25
Figura 30. Diagrama de circuito neumático.....	25
Figura 31. Estructura del diagrama de desplazamientos/fase según VDI 3260.....	26
Figura 32. Representación del diagrama de movimiento espacio-tiempo para dos cilindros con distintas velocidades de entrada y salida.....	27
Figura 33. Válvula 3/2 normalmente cerrada y accionamiento mecánico.....	28
Figura 34. Circuito neumático alternativo para un cilindro de doble efecto.....	29
Figura 35. Circuito electro neumático con válvula 5/2 biestable.....	29
Figura 36. Diagrama en serie Unión “Y”.....	30
Figura 37. Unión lógica “O”	31
Figura 38. Diagrama negación (Inversión de señal).....	31
Figura 39. Funciones de memoria, comportamiento mecánico de retención.....	32
Figura 40. Memoria con comportamiento preferente.....	33
Figura 41. Retardo a la conexión (t) con módulo RC neumático.....	34
Figura 42. Retardo a la desconexión.....	35
Figura 43. Circuito selector Automático-Manual.....	37
Figura 44. Circuito de auto mantenimiento para Ciclo Continuo.....	38
Figura 45. Circuito para Ciclo Único Automático.....	39

Figura 46. Funcionamiento en pruebas por pasos.....	40
Figura 47. Circuito de funcionamiento por pasos de selección.....	41
Figura 48. Circuito de una unidad memorizador.....	42
Figura 49. Flujo grama del proyecto.....	43
Figura 50 Diagrama Bloques del secuenciador.....	50
Figura 51. Tarjeta de control secuencial en protoboard.....	50
Figura 52. Fuente de alimentación de 24 VDC.....	51
Figura 53. Montaje en protoboard de regulador de 5 VDC.....	52
Figura 54. Tarjeta de regulación.....	52
Figura 55. Tarjeta de regulación y su prueba de salida.....	53
Figura 56. Eliminación de descargas en la inductancia.....	54
Figura 57. Montaje en protoboard Tarjeta de potencia.....	55
Figura 58. Diseño tarjeta entrada.....	56
Figura 59 Impreso señales de entrada.....	56
Figura 60. Tarjeta final de entradas.....	57
Figura 61. Impreso señales de salida.....	57
Figura 62. Tarjeta final de salida.....	58
Figura 63. Teclado matricial de 4x4.....	59
Figura 64. Esquema de conexión de teclado.....	60
Figura 65. Conexiones entre el teclado de 4x4 y el Microcontrolador...60	
Figura 66. LCD de 2x16.....	61
Figura 67. Conexión de LCD al microcontrolador.....	62
Figura 68. Diseño tarjeta control.....	63
Figura 69. Circuito impreso tarjeta de control.....	63
Figura 70. Tarjeta final de control.....	64

Figura 71. Ubicación de los sensores en el banco.....	65
Figura 72. Conexión de entrada de señal de sensor al micro.....	65
Figura 73. Organigrama de la secuencia a seguir para el grabado del Microcontrolador.....	67
Figura 74. Programador de microcontrolador (16Fxxx, 16cxxx, memorias EEPROM).....	68
Figura 75. Diagrama de flujo del programa en Ensamblador.....	71
Figura 76. Pulso de conmutación de 24 VDC.....	78
Figura 77. Pulso de 5 VDC para conmutación de la electroválvula.....	79

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Resumen de los cambios efectuados al secuenciador neumático de la marca <i>Festo Didactic</i>	86
Tabla 2. Elementos de tarjeta de control.....	89
Tabla 3. Elementos de tarjeta de regulación.....	90
Tabla 4. Elementos de tarjeta de entradas y salidas (potencia).....	91
Tabla 5. Resumen de costos consolidados.....	92