

**AUTOMATIZACION DE UNA MAQUINA SOPLADORA DOBLE CHORRO ESTACION
SENCILLA MP55**

ANDERZON JESET REY ACEVEDO

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRONICA
BUCARAMANGA
2015**

**AUTOMATIZACION DE UNA MAQUINA SOPLADORA DOBLE CHORRO ESTACION
SENCILLA MP55**

ANDERZON JESET REY ACEVEDO

PROYECTO DE GRADO

JUAN CARLOS VILLAMIZAR RINCON

DIRECTOR

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

BUCARAMANGA

2015

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma de Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bucaramanga, 12 mayo de 2015

CONTENIDO

Pág.

LISTA DE FIGURAS.....	5
INTRODUCCIÓN	10
OBJETIVOS.....	12
1. GENERALIDADES	13
2. METODOLOGIA.....	19
3. CONFIGURACION DE MODULO ANALOGICO- DIGITAL FX2N-4AD.....	20
4. CONFIGURACION DE MODULO DIGITAL ANALOGICO FX2N-2DA	25
5. CONFIGURACION DE MODULO ADAMS 4018	29
6. CODIGO DE SECUENCIA DE MOVIMIENTOS.....	37
7. CONFIGURACION DE PANEL TACTIL	61
8. INFORMACION ADICIONAL.....	69
RESULTADOS.....	74
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
BIBLIOGRAFÍA	76

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1. ESQUEMA GENERAL DE MAQUINA CON TORNILLO CON RETROCESO	15
FIGURA 2. VISTA FROLTAL DE UN CABEZAL TIPICO DE EXTRUSION.	15
FIGURA 3. DIMENCIONES DEL PERNO DE SOPLADO EN FUNCION DEL TAMAÑO DE LA PIEZA.....	16
FIGURA 4. MOLDE DE SOPLADO	17
FIGURA 5. PROCESO DE IYECCION SOPLADO	18
FIGURA 6. PROCESO DE TENCIONADO SOPLADO	18
FIGURA 7. CONFIGURACION MODULO ANALOGICO DIGITAL	22
FIGURA 8. CONFIGURACION MODULO ANALOGICO DIGITAL	24
FIGURA 9. CONFIGURACION MODULO DIGITAL ANALOGICO.	26
FIGURA 10. CONFIGURACION MODULO DIGITAL ANALOGICO	27
FIGURA 11. CONFIGURACION MODULO DIGITAL ANALOGICO.	28
FIGURA 12. CONFIGURACION MODULO ADAMS 4018	29
FIGURA 13. CONFIGURACION MODULO ADAMS 4018	30
FIGURA 14. CONFIGURACION MODULO ADAMS 4018	31
FIGURA 15. CONFIGURACION MODULO ADAMS 4018.	32
FIGURA 16. CONFIGURACION MODULO ADAMS 4018.	32
FIGURA 17. CONFIGURACION MODULO ADAMS 4018	34
FIGURA 18. CONFIGURACION MODULO ADAMS 4018	34
FIGURA 19. CONFIGURACION MODULO ADAMS 4018	35
FIGURA 20. CONFIGURACION MODULO ADAMS 4018	36
FIGURA 21. CONFIGURACION MODULO ADAMS 4018.	37
FIGURA 22. MOVIMIENTO CARRO A LA IZQUIERDA	38
FIGURA 23. MOVIMIENTO CARRO A LA IZQUIERDA.	39
FIGURA 24. MOVIMIENTO CARRO A LA IZQUIERDA.	40
FIGURA 25. VERIFICACION DE HOME Y UNIDAD HIDRAULICA.	40
FIGURA 26. VERIFICACION DE HOME Y UNIDAD HIDRAULICA.	41
FIGURA 27. ARRANQUE UNIDAD HIDRAULICA	41
FIGURA 28. INICIO TIEMPO DE CICLO	42
FIGURA 29. ACCION DE ALARMA.	42
FIGURA 30. ACCION DE ALARMA.	43
FIGURA 31. ACCION DE ALARMA.	43
FIGURA 32. HORAS DE TRABAJO DE MAQUINA.....	44

FIGURA 33. HORAS DE TRABAJO DE MAQUINA.....	44
FIGURA 34. HORAS DE TRABAJO DE MAQUINA.....	45
FIGURA 35. TIEMPO MAXIMO CARRO A LA IZQUIERDA	45
FIGURA 36. TIEMPO MAXIMO CARRO A LA IZQUIERDA	45
FIGURA 37. CARGA ESTADO DE MOVIMIENTO.....	46
FIGURA 38. INICIO CIERRE MOLDE	46
FIGURA 39. INICIO CIERRE MOLDE	46
FIGURA 40. TIEMPO MAXIMO DE MOVIMIENTO.....	47
FIGURA 41. ALARMA DE MOVIMIENTO.....	47
FIGURA 42. ESTADO DE MOVIMIENTO	48
FIGURA 43. CIERRE MOLDE Y CARGA DE PRESION Y VELOCIDAD	48
FIGURA 44. INICIO DE CORTE.....	48
FIGURA 45. TIEMPO DE CORTE.....	49
FIGURA 46. CORTE DE CUCHILLA Y TIPO DE CORTE	49
FIGURA 47. FINALIZA CORTE.....	49
FIGURA 48. RESETEO DE TIEMPO DE DURACION CORTE.....	50
FIGURA 49. CORTE MANUAL Y CORTE AUTOMATICO	50
FIGURA 50. INICIO CABEZAL ARRIBA	50
FIGURA 51. TIEMPO CABEZAL ARRIBA.....	51
FIGURA 52. SUBE CABEZAL Y CARGA PRESION Y VELOCIDAD	51
FIGURA 53. ROMPE CIRCUITO CABEZAL ARRIBA	52
FIGURA 54. INICIA CIRCUITO CIERRE DE ALTA PRESION.....	52
FIGURA 55. TIEMPO CIERRE DE ALTA PRESION	53
FIGURA 56. RETARDO CARRO A LA DERECHA.....	53
FIGURA 57. INICIO CARRO A LA DERECHA	53
FIGURA 58. FINALIZA CIRCUITO DE RETARDO	54
FIGURA 59. CIRCUITO CARRO A LA DERECHA Y CARGA DE ESTADO	54
FIGURA 60. ACCIONA CARRO A LA DERECHA.....	54
FIGURA 61. INICIO BAJA CABEZAL	55
FIGURA 62. TIEMPO DE SEÑAL DE DESCENSO CABEZAL	55
FIGURA 63. CARGA DE ESTADO DE MOVIMIENTO	55
FIGURA 64. BAJA CABEZAL.....	56
FIGURA 65. BAJA CABEZAL MEDIANTE RESET	56
FIGURA 66. RETARDO DE SENSO DE PIN DE SOPLADO	56
FIGURA 67. BAJA PIN MODO MANUAL, AUTOMATICO Y CARGA DE ESTADO	57
FIGURA 68. DESCAENSO PIN DE SOPLADO Y CARGA DE VELOCIDAD Y PRESION	57
FIGURA 69. RETARDO SOPLADO	58

FIGURA 70. SOPLADO AUTOMATICO, MANUAL Y CARGA DE ESTADO	58
FIGURA 71. SOPLADO	58
FIGURA 72. TIEMPO DE DESFOGUE	59
FIGURA 73. INICIO APERTURA MOLDE	59
FIGURA 74. APERTURA MANUAL, AUTOMATICA Y CARGA DE ESTADO	59
FIGURA 75. APERTURA MOLDE	59
FIGURA 76. CARGA PRESION Y VELOCIDAD	60
FIGURA 77. INICIO DE NUEVO CICLO	60
FIGURA 78. SUBE PIN DE SOPLADO AUTOMATICO, MANUAL Y RESET	60
FIGURA 79. SUBE PIN DE SOPLADO	61
FIGURA 80. SUBE PIN DE SOPLADO, CARGA DE VELOCIDAD Y PRESION	61
FIGURA 81. PANTALLA DE PRESENTACION	62
FIGURA 82. PANTALLA PRINCIPAL	62
FIGURA 83. PANTALLA MENU	63
FIGURA 84. PANTALLA MODO DE OPERACIÓN 1	63
FIGURA 85. PANTALLA MODO DE OPERACIÓN 2	64
FIGURA 86. PANTALLA DE PRESIONES 1	64
FIGURA 87. PANTALLA DE PRESIONES 2	65
FIGURA 88. PANTALLA DE VELOCIDADES 1	65
FIGURA 89. PANTALLA DE VELOCIDADES 2	66
FIGURA 90. PANTALLA DE POSICIONES 1	66
FIGURA 91. PANTALLA DE POSICIONES 2	67
FIGURA 92. PANTALLAS DE TIEMPO 1	67
FIGURA 93. PANTALLAS DE TIEMPOS 2	68
FIGURA 94. PANTALLAS DE TEMPERATURAS	68
FIGURA 95. PANTALLAS DE TEMPERATURAS CABEZAL	69
FIGURA 96. BOSQUEJO FISICO	69
FIGURA 97. PLANO NEUMATICO	70
FIGURA 98. SISTEMA DE REFRIGERACION	70
FIGURA 99. PLANO HIDRAULICO	71
FIGURA 100. CONFIGURACIÓN DE MÓDULO ANALÓGICO DIGITAL FX2N-4AD (POSICIÓN)	71
FIGURA 101. CONFIGURACIÓN DE MODULO DIGITAL ANALÓGICO FX2N-2DA (VELOCIDAD Y PRESIÓN).	72
FIGURA 102. CONFIGURACIÓN DE MODULO ADAM-4018 (TEMPERATURA)	72
FIGURA 103. ENTRADAS Y SALIDAS DEL PLC	73

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: AUTOMATIZACIÓN DE UNA MAQUINA SOPLADORA DOBLE CHORRO ESTACIÓN SENCILLA MP55

AUTOR(ES): Anderzon Jeset Rey Acevedo

FACULTAD: Facultad de Ingeniería Electrónica

DIRECTOR(A): Juan Carlos Villamizar Rincon

RESUMEN

Con este proyecto se implementa el código de programación de una maquina sopladora doble chorro estación sencilla MP55, parte del proceso de producción de envases en FATEP industria plástica. Para que la maquina cumpla con la secuencia de producción, se desarrollaron rutinas y la configuración para el panel táctil. Estas fueron realizadas mediante el software MELSOFT GX DEVELOP y MELSOFT GT designer. Este proyecto será una herramienta útil para aumentar la eficiencia de producción y reducción de costos a la empresa además de los documentos resultantes donde se da una explicación del código de la máquina y la configuración panel táctil. La máquina es comandada por un PLC MITSUBISHI con referencia FX 2N 64 MT, módulo analógico-digital con referencia FX2N-4AD, un módulo digital-analógico con referencia FX2N-2DA y un variador de frecuencia

PALABRAS CLAVES:

Maquina Sopladora, PLC, Automatización, Extrusión

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: AUTOMATION OF A BLOWING MOLDING MACHINE SINGLE STATION MP55

AUTHOR(S): Anderzon Jeset Rey Acevedo

FACULTY: Facultad de Ingeniería Electrónica

DIRECTOR: Juan Carlos Villamizar Rincon

ABSTRACT

In this project is implemented the programming code of a blowing machine simple station MP55, part of the production process in FATEP plastic industry. There are routines and the configuration of the touchpad generated in order to allow the machine to do the expected job, it was made in MELSOFT GX DEVELOP y MELSOFT GT designer. This project will be an important tool to increase production efficiency and cost reduction for the company also there is documentation where there is explained the creation of the machine's code and configuration of the touchpad. The machine is controlled by a PLC MITSUBISHI FX 2N 64MT and analog-digital modules FX2N-4AD, digital-analog module FX2N-2DA and a variable frequency.

KEYWORDS:

Blowing machine, PLC, Automation, Extrusion

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

INTRODUCCIÓN

Actualmente el sector industrial requiere sistemas de producción mucho más rápidos y eficientes, debido a la demanda y la competencia del medio. Tal necesidad, se suple mediante ingenieros capacitados para manejar, diseñar y crear sistemas de producción que cubran la demanda actual.

En FATEP (Fabrica de tapas y envases plásticos) es una industria dedicada a la elaboración de embaces y tapas plásticas, esta empresa en su componente social trata de reducir costos finales mediante la recuperación del material reciclado. El material reciclado viene en pequeños trozos que deben ser fundidos para formar los embaces y tapas. Por lo anterior, fue requerido que la empresa adquiriera una máquina con mayor capacidad de producción, debido a la no uniformidad de la materia prima. Algunos defectos de fábrica hicieron necesario realizarle modificaciones mecánicas. Debido a estas modificaciones y a los problemas intrínsecos de fábrica se hace necesario cambiar la programación tanto del PLC como de la pantalla táctil.

Para llevar cabo estas modificaciones se cuenta con un presupuesto limitado y debido a los altos costos de las partes que componen la máquina se hizo necesario su reutilización y adaptación a los nuevos requerimientos de la misma. El hardware comprendido por el moto-reductor, resistencias y partes mecánicas como tal no se van a modificar solo algunos de los sensores serán modificados, estos ya vienen acoplados a la máquina.

Para el desarrollo de la secuencia de producción de la maquina se programó y configuró los dispositivos de control y comunicación requeridos. En la programación, se crearon rutinas con las cuales se ejecutan todos los movimientos que necesita la máquina y la configuración del panel táctil que sirve como interfaz hombre-máquina. En la configuración, se definieron los dispositivos a utilizar desde el panel táctil. Durante el desarrollo del proyecto se adquirieron los conocimientos necesarios para programar y configurar el dispositivo de control y

el panel táctil. Los cuales quedan plasmados en este documento, de tal manera sirvan de base para modificaciones futuras o solución de problemas requeridos por la empresa.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Realizar un programa de control en un PLC FX 2N 64MT de Mitsubishi para controlar una máquina sopladora de doble chorro y estación sencilla 'MP55', usada en la fabricación de envases plásticos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Adquirir los planos necesarios para entender el funcionamiento de la máquina extrusora.
- Plantear las nuevas secuencias de funcionamiento que se van a implementar en la máquina extrusora usando un lenguaje de alto nivel.
- Realizar la programación en bajo nivel para el PLC FX 2N 64MT de la marca Mitsubishi.
- Configurar el panel táctil F94OGOT-C de la marca Mitsubishi, mediante el software MELSOFT GT designer para que funcione como interfaz hombre máquina.
- Realizar la documentación sobre la programación y configuración de los dispositivos, mediante manuales de usuario y manuales de programación. Resultado: Documento con resumen de la programación y configuración. Indicador: Con el documento se puede adquirir conocimiento básico para la programación de una maquina sopladora tipo MP55.

1. GENERALIDADES

El soplado de materiales termoplásticos comenzó durante la Segunda Guerra Mundial. El PS 'Poli estireno' fue el primer material que se usó en el desarrollo de las primeras máquinas de soplado, y el LDPE 'Polietileno de baja densidad' 'PEBD' el que se empleó en la primera aplicación comercial de gran volumen (un bote de desodorante). La introducción del HDPE 'Polietileno de alta densidad' 'PEAD' y la disponibilidad comercial de las máquinas de soplado, condujo en los años 60 a un gran crecimiento industrial. Hoy en día es el tercer método más empleado en el procesado de plásticos. Durante muchos años se empleó casi exclusivamente para la producción de botellas y botes, sin embargo los últimos desarrollos en el proceso permiten la producción de piezas de geometría relativamente compleja e irregular, espesor de pared variable, dobles capas, materiales con alta resistencia química, etc.

El soplado está pensado para su uso en la fabricación de productos de plástico huecos; una de sus ventajas principales es su capacidad para producir formas huecas sin la necesidad de tener que unir dos o más partes moldeadas separadamente. Aunque hay diferencias considerables en los diferentes procesos de soplado, como se verá a continuación, todos tienen en común la producción de un precursor o preforma, su colocación en un molde hembra cerrado, y la acción de soplarlo con aire para expandir el plástico fundido contra la superficie del molde, creando así el producto final.

Además, es posible mejorar la eficiencia del proceso de enfriamiento y el tiempo de ciclo con el empleo de gases. También es frecuente la inserción de láminas impresas en el molde para obtener un producto totalmente terminado sin la necesidad de una etapa posterior de decorado o acabado. Las diferencias entre las técnicas de soplado se encuentran en la forma de obtener el precursor (por extrusión o por inyección). En el soplado convencional el precursor se usa caliente, tal y conforme sale del extrusor o de la máquina de inyección, aunque

también puede almacenarse frío, especialmente en el caso de inyección-soplado y recalentarse posteriormente [1], [2], [4].

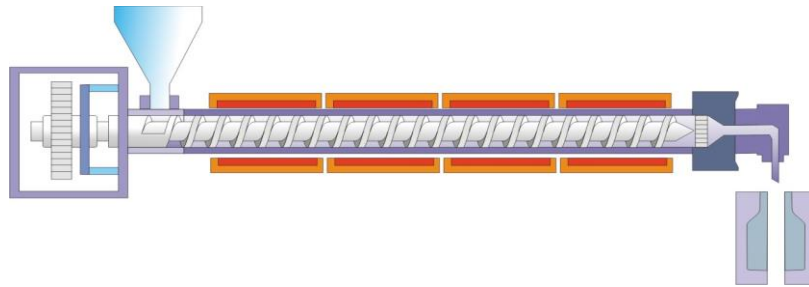
Las técnicas de soplado se clasifican según la manera de obtener el precursor; extrusión-soplado, inyección-soplado y tensionado- soplado. Estas tres técnicas siguen el mismo proceso básico de soplado que consiste en lo siguiente: Primero fundir el material, segundo obtener el precursor, tercero Introducir el precursor hueco en el molde de soplado, cuarto Insuflar aire dentro del precursor que se encuentra en el molde y finalmente enfriar y retirar la pieza moldeada.

1.1 TECNICAS DE SOPLADO

Los precursores de soplado se pueden obtener mediante inyección y extrusión, y las técnicas de soplado se pueden agrupar en extrusión-soplado, inyección-soplado y tensionado-soplado, aproximadamente el 75% de las piezas sopladas se fabrican mediante extrusión-soplado y el 25% mediante inyección-soplado a continuación se explicara de manera breve y concisa la técnicas más significativas en la industria. [1], [3], [4].

Extrusión-soplado: las máquinas de extrusión-soplado constan de una extrusora con un sistema plastificador (cilindro-tornillo) que deben permitir obtener un fundido uniforme a la velocidad adecuada. Se requiere además de un cabezal que proporcione un precursor (o parison) de forma tubular, con la sección transversal deseada. La máquina además consta de una unidad de soplado y un molde de soplado [1], [3].

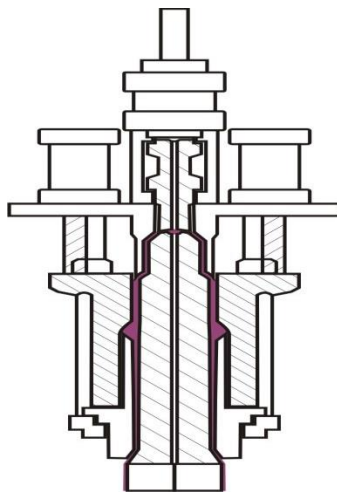
Figura 1. Esquema general de máquina con tornillo con retroceso para soplado.



Fuente: D.H., Morton-Jones and Douglas M. Bryce, *Polymer Processing*, 1st ed. London: Chapman & Hall, 1991.

Obtención del precursor: La primera etapa para conseguir una pieza de las características finales adecuadas es la obtención del precursor. El espesor de pared del precursor dependerá del tamaño de la boquilla y del mandril de la máquina de extrusión, por lo que el diseño de estas partes de la máquina de extrusión debe ser muy preciso, en la figura 2 se puede observar la vista frontal de una boquilla de una máquina de extrusión [1], [2], [3].

Figura 2. Vista frontal de un cabezal típico de extrusión empleado para la fabricación de preformas.



Fuente: Michel L. Berins, *Plastics Engineering Handbook*, 4th ed. New York: Van Nostrand, 1991.

Perno de soplado: En el moldeo por soplado, el aire se introduce a presión dentro del precursor, de modo que éste se expande contra las paredes del molde con tal presión, que capta los pormenores de la superficie del molde. Por este motivo, es muy importante controlar la entrada del aire, lo que se hace mediante un tamaño adecuado del orificio de entrada del aire. Ya que si el canal de entrada es demasiado pequeño, el tiempo de soplado requerido será excesivamente largo, o la presión ejercida sobre el precursor no será adecuada para reproducir los detalles de la superficie del molde. Para evitar esto, se han establecido unas reglas generales en la determinación del tamaño óptimo del orificio de entrada de aire, en función del tamaño de la pieza, como se muestra a continuación [2], [3], [5].

Figura 3. Dimensiones del perno de soplado en función del tamaño de la pieza

Diámetro del orificio (mm)	Capacidad de la pieza (L)
1.6	1
4	1-4
13	4-200

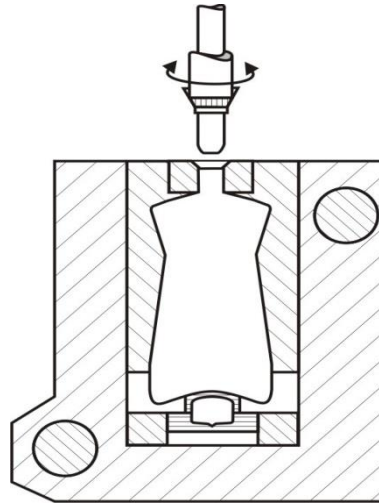
Fuente: MING PAI, MP series hollow blowing molding machinery manual book. China, 2010.

Molde de soplado:

Puesto que los moldes de soplado no tienen que soportar elevadas presiones la cantidad de materiales disponibles para su construcción es grande. Para piezas pequeñas se emplean moldes de aluminio, acero, aleaciones de cobre-berilio. Los moldes de aluminio presentan muy buena conductividad térmica, son fáciles de fabricar y pero su durabilidad no es muy elevada. En comparación, los moldes de acero son más duraderos y rígidos, y los de Cu/Be son los que presentan mejor conductividad térmica. Los moldes de aluminio son los más empleados pues son

los que presenten el mejor equilibrio entre conductividad térmica, duración y coste [2].

Figura 4. Molde de soplado.

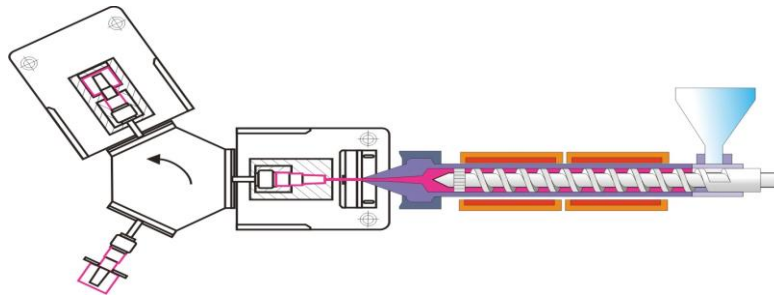


Fuente: Dominick Rosato, *Plastics Processing Data Handbook*, 2nd ed. London: Chapman & Hall, 1997.

Inyección-soplado: En el proceso de moldeo por inyección-soplado, el precursor es inyectado en lugar de la extracción. La cantidad exacta de precursor se inyecta sobre una barra central y todavía fundido, se transfiere a la estación de soplado, donde se expande hasta su forma final y se enfría en el molde de soplado.

El método Gussoni es muy empleado en la industria y utiliza una mesa rotatoria horizontal alrededor de la cual se monta la parte positiva del molde del precursor (barra central). En la primera estación, la parte negativa del molde del precursor se cierra sobre la positiva, y los precursores son inyectados por una máquina de inyección convencional. El molde de inyección se abre y el precursor se traslada sobre la barra central hasta la siguiente estación, donde el molde de soplado se cierra alrededor de precursor caliente, y se sopla a través de la abertura que hay en la barra central. Después del enfriamiento, los artículos soplados se retiran del molde [3], [4].

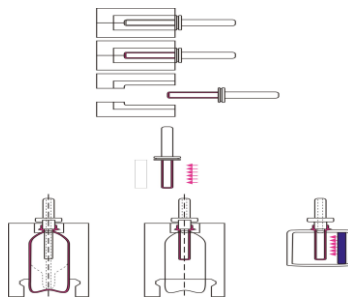
Figura 5. Proceso de inyección-soplado.



Fuente: Jack Avery, *Injection Molding Alternatives*, 1st ed. Cincinnati: Hanser Publishers, 1998.

Tensionado-soplado (stretch blow molding): En el proceso de tensión-soplado se obtiene la preforma mediante inyección, aunque ocasionalmente se puede obtener mediante extrusión. La preforma se templea en un molde muy frío, de modo que se evita que cristalice el polímero. A continuación, el polímero debe recalentarse a una temperatura superior a su Tg 'temperatura de transición vítrea'. Una vez que se alcanza esta temperatura, se produce el tensionado de la pieza en las direcciones axial y radial. Para ello, por una parte la barra central de la máquina sobre la que se obtiene la preforma se alarga y simultáneamente se introduce el aire de soplado en la pieza [1], [2], [3].

Figura 6. Proceso de tensionado-soplado.



Fuente: D.H., Morton-Jones and Douglas M. Bryce, *Polymer Processing*, 1st ed. London: Chapman & Hall, 1991.

2. METODOLOGIA

Para el desarrollo de cada objetivo específico, se llevarán a cabo las siguientes tareas.

Tarea 1: Revisar manuales de usuario y documentos relacionados con la Configuración y programación de los dispositivos a utilizar.

Tarea 2: Crear el código de las rutinas para la ejecución de cada modo de operación, aplicando las funciones anteriormente consultadas.

Tarea 3: Configurar el panel táctil mediante el software MELSOFT GT designer.

Tarea 4: Probar cada función programada.

Tarea 5: Realizar un documento con la información resumida de la programación y configuración del sistema.

3. CONFIGURACION DE MODULO ANALOGICO DIGITAL FX2N-4AD (POSICION).

Para la recepción de las señales analógicas de posición se utilizó un módulo especial con referencia FX2N-4AD este módulo se utiliza para la conversión analógico a digital mediante cuatro canales de entrada. Estos canales pueden utilizarse como entradas de voltaje o corriente según la conexión que se realice.

Como entrada de voltaje es utilizado un rango de -10V a +10V corriente directa con una resolución de 5mV, como entrada de corriente es utilizado un rango de 4mA a 20mA o de -20mA a 20mA con una resolución de 20 μ A.

El modulo maneja 32 buffers y cada memoria manipula 16 bits la conversión de las señales analógicas presentes en cada canal se convierte en señales digitales con un tamaño máximo de 12 bits

Memorias Buffers

Memoria Buffers #0: Esta memoria tiene la función de establecer los canales a utilizar y la configuración de entrada de cada uno (voltaje o corriente) esta memoria se configura mediante un número Hexadecimal conformado por 4 dígitos donde cada uno de los dígitos representa cada canal y su configuración. El canal número uno es el primer dígito de derecha a izquierda y el canal número cuatro es el primer dígito de izquierda a derecha, el número cero significa configuración de -10V a 10V, el número uno significa configuración de 4mA a 20mA, el número dos significa configuración de -20mA a 20mA y el número tres significa canal apagado.

Memoria Buffers #1, #2, #3 y #4: En cada una de estas memorias se almacena el número de muestras a tomar por dato para promediar en cada canal la memoria buffer #1 corresponde al número de muestra para el canal uno , la memoria buffer #2 corresponde al número de muestras para el canal dos y así consecutivamente hasta el canal cuatro.

Memoria Buffers #5, #6, #7 y #8: Cada una de estas memorias buffer contiene el valor promediado del dato de estrada según el número de muestras definido. La memoria buffer #5 corresponde al valor promedio del canal uno, la memoria buffer #6 corresponde al valor promedio del canal dos y así sucesivamente hasta el canal cuatro.

Memoria Buffers #9, #10, #11 y #12: Esta memoria buffer contiene el valor actual del dato de entrada de cada canal, la memoria buffer #9 corresponde al valor actual del canal número uno, la memoria buffer #10 corresponde al valor actual del canal número dos y así sucesivamente hasta el canal cuatro.

Memoria Buffer #15: Esta memoria determina el tipo de conversión analógico a digital. Con un valor de cero representa conversión normal que se define con una velocidad de 15ms por canal, con un valor de uno representa conversión de alta velocidad que se define con una velocidad de 6ms por canal. Para la conversión de alta velocidad, el número de muestras por dato es igual a uno

Memoria Buffer #20: Esta memoria tiene la función de borrar los valores de offset y ganancia configurados y carga los valores por defecto.

Memoria Buffer #21: Habilita el ajuste manual del offset y la ganancia. Para habilitar el ajuste se carga el valor binario 01 mediante el número entero K1, para deshabilitar el ajuste se carga el valor binario 10 mediante el número entero K2 .

Memoria Buffer #22: Esta memoria buffer tiene la función de seleccionar el canal y la propiedad a configurar, esto se realiza mediante la carga de un número

Hexadecimal que representa un número binario que define el canal y la propiedad a modificar (offset o ganancia).

Memoria Buffer #23: En esta memoria se carga el valor offset que se quiere establecer.

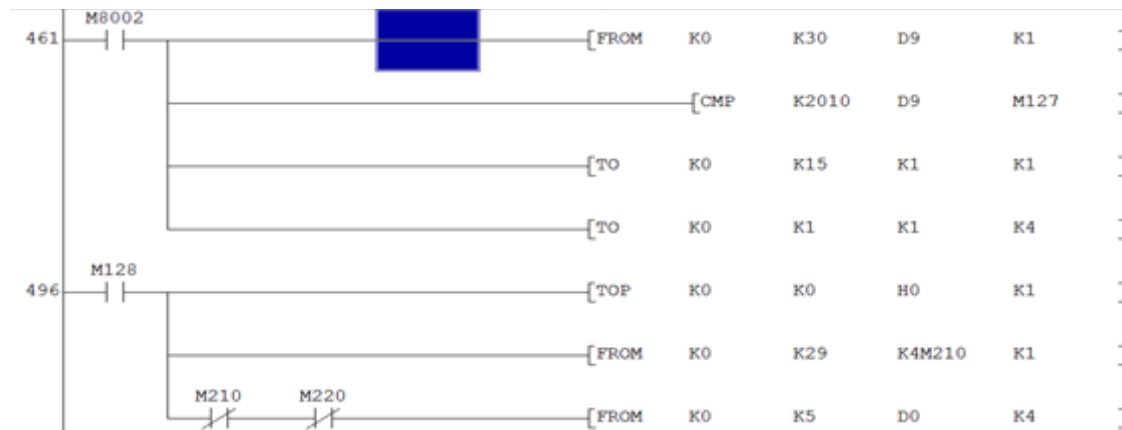
Memoria Buffer #24: Es el valor de ganancia que se quiere establecer.

Memoria Buffer #29: Indica el estado del módulo mediante los bits que manipula, el bit #0 determina error en conversión, el bit #1 representa error en offset o ganancia, el bit #2 representa error en la potencia de entrada, el bit #3 representa error en hardware, el bit #10 representa error en rango de salida digital, bit #11 representa error en promedio de datos de entrada y el bit #12 representa ajuste de ganancia y offset prohibido.

Memoria Buffer #30: Esta memoria representa el estado de la comunicación mediante el código K2010 este código indica el modulo esta online.

Descripción de código de adquisición de datos de posición:

Figura 7: Configuración modulo analógico-digital



Fuente: Autor.

En estos fragmentos se realiza la configuración y la verificación del estado de comunicación del módulo especial del módulo FX2N-4AD.

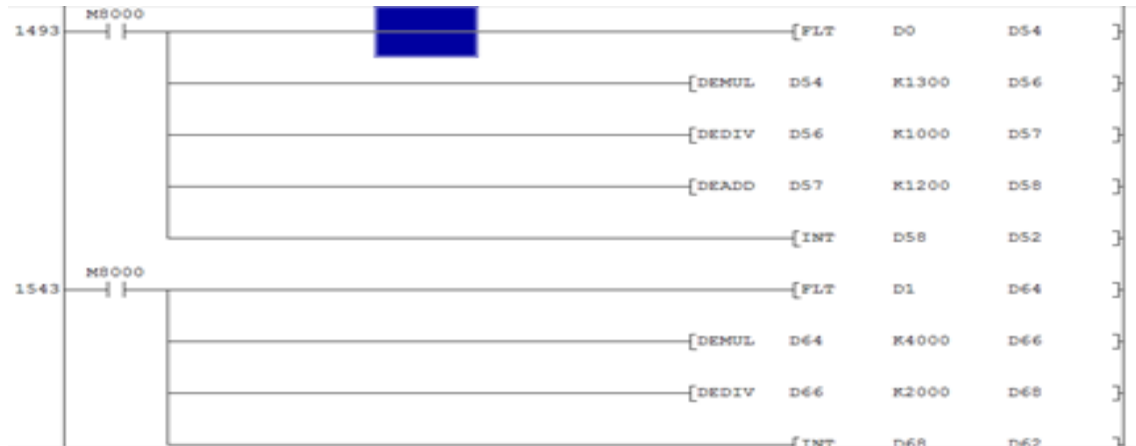
El circuito de adquisición de datos se inicia al poner en modo RUN la CPU del PLC esta identificación se realiza mediante la memoria especial M8002, la cual tiene un valor de uno cuando el PLC está en modo RUN, al iniciarse el circuito de adquisición de datos se realiza la verificación del estado del módulo mediante la función FROM la cual recibe el dato actual de la memoria buffer #30 del módulo cero y lo almacena en el registro de datos D9 si el valor almacenado en el registro D9 es igual al valor numérico K2010, entonces la comparación CMP arrojará como resultado un uno lógico en M128. La memoria M128 indica que el módulo especial se encuentra online.

Después de esto se envía el valor entero uno a la memoria buffer K15 mediante una función TO de esta manera se define la conversión de alta velocidad, inmediatamente se envía el número entero uno a las memorias buffer de la uno a la cuatro mediante la función TO de esta forma se define como número de muestras de cada canal igual a uno y esto se debe a que se utiliza el modo de conversión de alta velocidad.

El circuito siguiente es accionado por la memoria M128 este circuito acciona una función TOP, la cual envía a la memoria buffer #0 el valor Hexadecimal H0, lo cual indica que las cuatro entradas analógicas se utilizarán como entradas de voltaje con un rango de -10V a +10V. Después de esto, se verifica el estado del módulo mediante una función FROM la cual recibe el estado de cada uno de los bits de la memoria buffer #29, la cual, identifica todos los errores posibles en el módulo, el estado es almacenado en dieciséis bits a partir de la memoria M210. Por consiguiente se verifican dos errores mediante la memoria M210, la cual almacena el estado del bit cero de la memoria buffer #29 que representa error general y mediante la memoria M220, la memoria M220 corresponde al bit #10 que verifica el error en el rango de las salidas digitales, si estos errores no se representan se almacenan los valores de la memoria buffer de la #5 a la #9 en los

registros de D0 a D3 de tal forma, se estarían almacenando el dato promedio en los canales de la señal analógica en cada canal.

Figura 8: Configuración modulo analógico-digital



Fuente: Autor.

La memoria M8000 inicia el cambio de escala, los datos a convertir son los datos recibidos de los registros D0 a D3, puesto que dos canales están desconectados se utilizan los registros D0 y el D1 donde D0 corresponde a la posición del molde sin convertir y D1 corresponde a la posición del carro sin convertir.

La secuencia de cambio de escala inicia cuando el PLC es puesto en modo RUN mediante la memoria M8000, la cual da inicio al circuito de conversión que comienza convirtiendo el dato D0 en un número de coma flotante mediante la función FLT y lo guarda en el registro D54. Siguiendo a esto se efectúa una operación de multiplicación decimal, que multiplica el dato obtenido anteriormente en D54 por el factor K1300, que a su vez, es especificado por el fabricante, luego el resultado es guardado en el registro D56. Inmediatamente después de realizada la multiplicación, se ejecuta una división decimal entre el valor obtenido en D56 y un factor K1000, definido por el fabricante. El resultado de esta operación es almacenado en el registro de datos D57, una vez realizada la división se continúa con una suma decimal entre el valor D57 y el factor K1200, que es nuevamente definido por el fabricante. El resultado es almacenado en el registro de datos D58,

finalmente el resultado convertido anteriormente se redondea a un valor entero mediante la función INT, el resultado final se almacena en D52 que corresponde a la posición real del molde.

El cambio de escala de la posición del carro de la maquina se lleva a cabo mediante el mismo procesos anteriormente descrito pero como resultado final obtenemos el registro de datos D62 [5], [6], [11].

4. CONFIGURACION DE MODULO DIGITAL ANALOGICO FX2N-2DA (VELOCIDAD Y PRESION).

El módulo FX2N-2DA es un módulo especial para conversión de entradas digitales a analógicas. Este módulo posee dos canales de salida analógicas, los cuales entregan el resultado de la conversión de un valor digital de doce bits en un valor análogo, el resultado de la salida puede ser una valor de voltaje o de corriente según la configuración.

Conversor programado como salida en tensión el voltaje está en el rango permitido de 0V A 10V con una resolución 2.5mV también puede utilizarse una configuración de 0V a 5V con la misma resolución.

Con el conversor configurado con salida de corriente el rango permitido es 4mA a 20mA con una resolución de 4 μ A.

El módulo maneja nueve o diez buffer de memoria y cada memoria manipula diez y seis bits.

Memorias Buffers

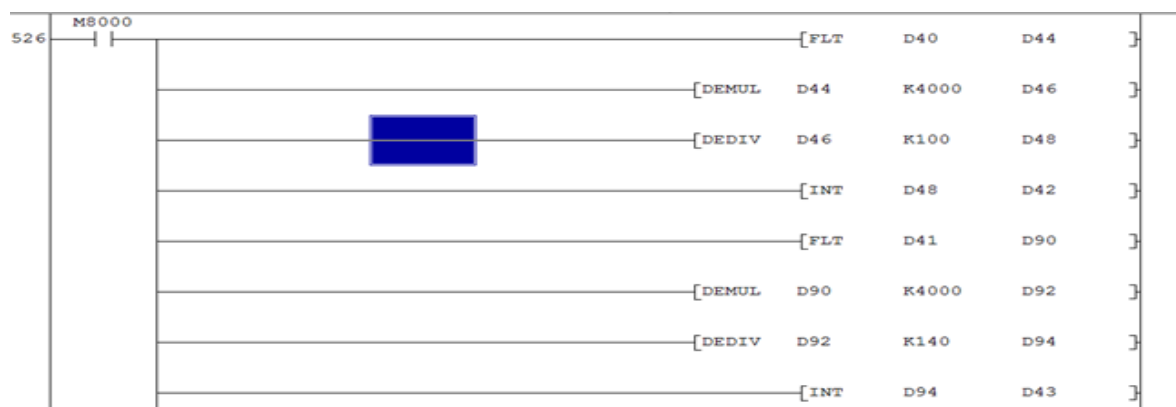
Memoria Buffers #16: En esta memoria se almacena el valor digital de doce bits a convertir. Para una conversión correcta hay que transferir los primeros ocho bits a la memoria buffer #16 y luego dar la señal de retención mediante un flaco negativo en el bit número dos de la memoria buffer #17. De esta manera los ocho

bits más significativos de la memoria buffer #16 quedan libres al desplazarse a los bits menos significativos de la memoria, posteriormente hay que transferir los cuatro bits restantes de la señal digital a la memoria buffer #16 y luego ejecutar la señal de conversión para el canal correspondiente mediante un flanco negativo en el bit cero para el canal dos y en el bit uno para el canal uno de la memoria buffer #17.

Memoria Buffers #17: Esta memoria buffer tiene la función de iniciar las conversiones en el canal uno y dos, además de dar la señal de retención de los ocho bits menos significativos del dato digital a convertir.

Descripción de código de conversión y transmisión de velocidad y presión:

Figura 9: Configuración modulo digital-analógico.



Fuente: Autor.

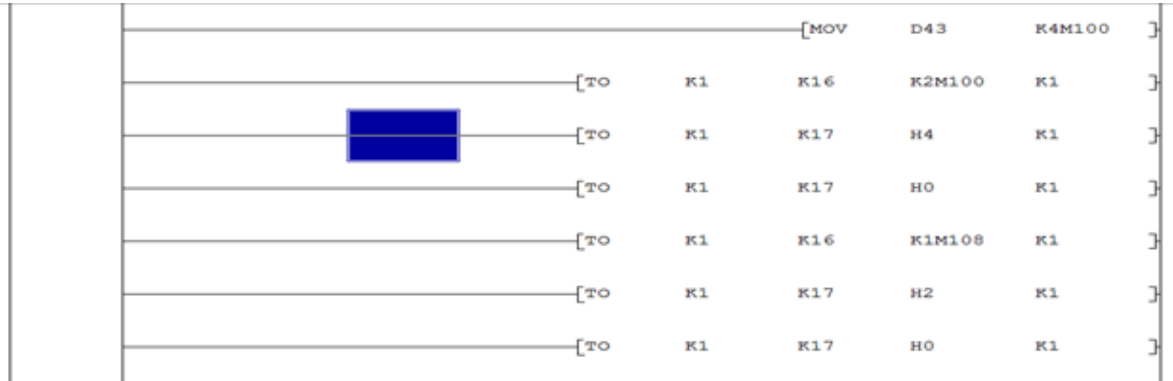
La memoria M8000 se pone en estado lógico uno cuando el PLC está en modo RUN, de esta forma activa el circuito de conversión y transmisión de los datos de velocidad y presión.

El circuito inicia convirtiendo el dato entero de velocidad almacenado en el registro D40 en un dato decimal, el cual se guarda en el registro D44, esto se realiza mediante la función FLT. El siguiente paso es multiplicar el dato flotante por el valor entero K4000 y el resultado es almacenado en el registro D46, esto se

realiza mediante la función DEMUL que significa multiplicación decimal. Luego de esto, se procede a dividir el valor anterior por el valor K100 y el resultado se almacena en el registro D48. Posteriormente el valor de velocidad convertido en su equivalente en voltaje se redondea y se almacena en el registro D42 mediante la función INT.

Luego se comienza la conversión del valor de presión en su equivalente en voltaje iniciando con la función FLT que convierte el valor entero de presión guardado en el registro D41 y el resultado lo almacena en el registro D90 posteriormente se multiplica el dato anterior por el valor entero K4000 y se guarda en el registro D92. Luego de esto, se divide el dato anterior por el valor entero K140 y el resultado se almacena en el registro D94. Posteriormente el dato convertido de presión en su equivalente de voltaje se almacena en el registro D43.

Figura 10: Configuración modulo digital-analógico.



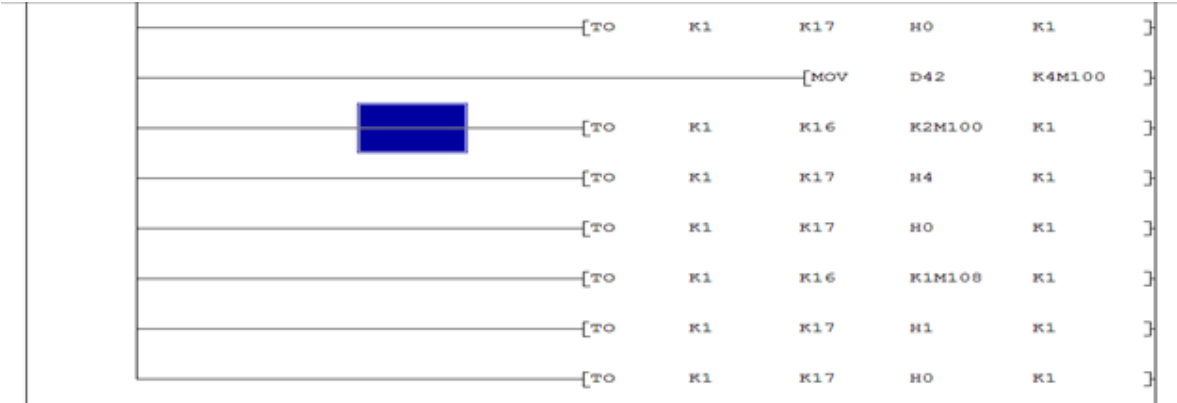
Fuete: Autor.

En este fragmento de código se convierte el dato equivalente de presión en voltaje a un valor de voltaje analógico.

El código inicia transfiriendo el dato almacenado en el registro D43 a diez y seis bits de memoria a partir de M100. Luego de esto, se transfiere los ocho bits menos significativos a la memoria buffer K16 del módulo uno mediante la función TO. Posteriormente se inicia un flaco negativo en el bit dos de la memoria buffer #17

del módulo uno mediante el valor hexadecimal H4, que representa el numero binario 100. Esta operación hace que bit numero dos se encuentra en estado lógico uno posteriormente se finaliza el flanco negativo al poner en cero el bit número dos de la memoria buffer #17 del módulo uno mediante la carga del valor hexadecimal H0. De esta forma, se retienen los ocho bits menos significativos en los ocho bits más significativos la memoria buffer #16. Luego se transfieren los cuatro bits restantes a los bits menos significativos de la memoria buffer #16 del módulo uno. De esta manera se almacena el dato digital de doce bits en la memoria buffer #16 finalmente se inicia la conversión del valor digital de doce bits a un valor analógico, mediante un flanco negativo en el bit uno de la memoria buffer #17 que representa conversión en la salida analógica dos, esto se realiza cargando el valor hexadecimal H2 en la memoria buffer #17 y posteriormente cargando el valor hexadecimal H0 en la misma memoria

Figura 11: Configuración modulo digital-analógico.



Fuente: Autor.

Para la conversión y transmisión del dato de velocidad se lleva a cabo el mismo proceso anteriormente descrito para la variable presión [5], [6], [10].

5. CONFIGURACIÓN DE MODULO ADAM-4018 (TEMPERATURA).

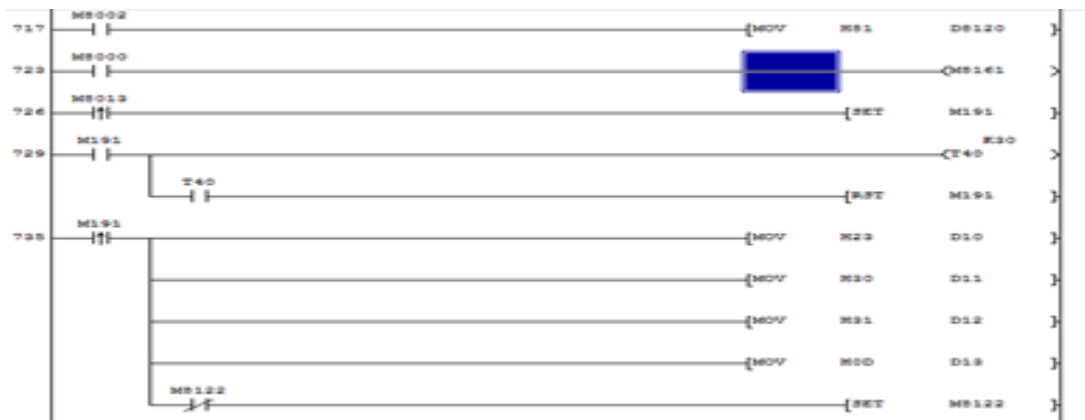
Este módulo se compone de ocho entradas para termo-cuplas, las cuales, son seis canales diferenciales y dos canal con entrada común, el modulo acepta termo-cuplas tipo J, K, T, E, R, S y B.

Las entradas aceptan un rango de voltaje de $\pm 15\text{mV}$, $\pm 50\text{mV}$, $\pm 100\text{mV}$ y $\pm 500\text{mV}$ para entradas en voltios en rangos de $\pm 1\text{V}$ y $\pm 2.5\text{V}$, para entradas de corriente $\pm 20\text{mA}$. Este módulo se comunica con el PLC mediante el puerto RS485 para realizar la transmisión y recepción de datos se realizan los siguientes pasos:

- Ajustar los parámetros de comunicación.
- Emisión de la instrucción RS
- Transferir mensaje y cuarto recibir mensaje.

Descripción de código de recepción de temperaturas:

Figura 12: Configuración modulo ADAMS 40-18.



Fuente: Autor.

Al accionarse el modo RUN del PLC se activa la memoria especial M8002, la cual envía un pulso en el primer ciclo de programa activando la primera línea de configuración en donde se carga el valor H81 a la memoria especial D8120. La memoria D8120 es utilizada para recibir la configuración de la comunicación.

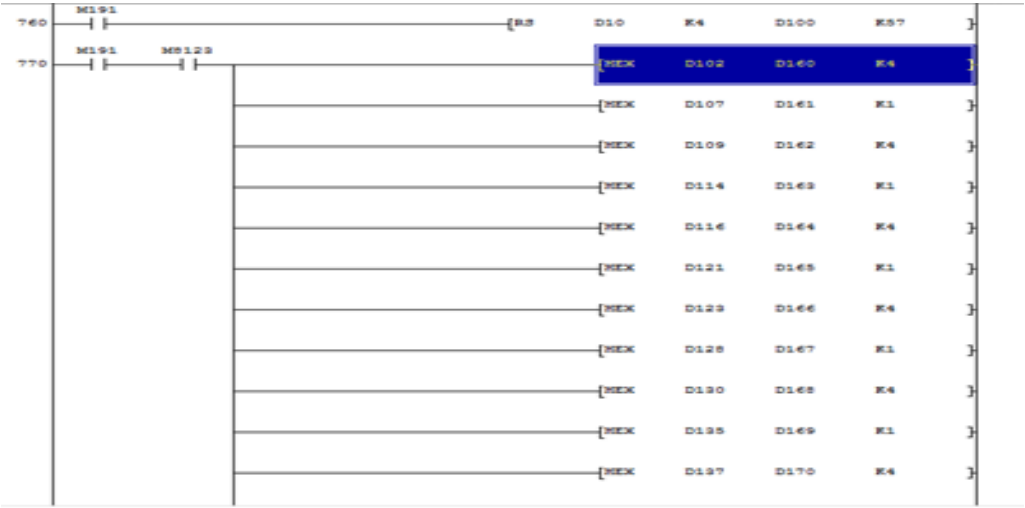
El valor H81 es el valor binario 10000001 el bit #0 que tiene como valor binario uno representa la longitud de datos en donde uno equivale a una longitud de ocho bits en cada registro y los bits cuatro y siete representa un velocidad de transmisión según el numero binario en este caso 1000 que equivale a una velocidad de nueve mil seiscientos bits por segundo.

La siguiente línea inicia en la memoria M8000, la cual está siempre activada en modo RUN esta acciona la memoria especial M8161 que indica que el formato de memoria de datos es de ocho bits, los cuales son los ocho bits menos significativos.

En la siguiente línea de código se inicia con la memoria especial M8013, la cual es un generador de impulsos cada segundo. Esta memoria da inicio al ciclo de recepción de datos mediante el accionamiento de la memoria M191, el siguiente bloque de código inicia con la memoria M191. La cual da inicio a un temporizador T40 con un tiempo de 30 centésimas de segundo que a su vez indica el tiempo máximo de recepción de datos, una vez pasado este tiempo se desactiva la memoria M191.

En el siguiente bloque inicia con un flanco positivo de la memoria M191, la cual carga datos de configuración a los cuatro registros de transmisión de la comunicación RS esto se realiza mediante la memoria especial M8122. Esta inicia la transmisión de datos y regresa a su estado inicial una vez completo el envío de datos.

Figura 13: Configuración modulo ADAMS 40-18.



Fuente: Autor.

La siguiente línea de código inicia con la memoria M191 que da accionamiento a la función RS de esta forma activa la transmisión y recepción de datos con un registro de inicial de transmisión de diez y con un registro inicial de recepción de cien. En el bloque siguiente, se convierte los datos obtenidos por el buffer de recepción de ASCLL a hexadecimal. Esto se inicia cuando la memoria M191 está activa y además la memoria especial M8123. Esta memoria se acciona una vez los datos han sido completamente recibidos. El primer dato de la función hexadecimal indica el registro inicial de donde se obtiene el valor ASCLL a convertir, el segundo dato indica el registro donde se guardara el valor hexadecimal resultante y el tercer dato indica el número de caracteres a convertir. El cual corresponde al número de registros en donde se encuentra el dato ASCLL y el número de caracteres a almacenar en el registro de recepción, donde cada registro de recepción puede almacenar un máximo de cuatro caracteres.

Figura 14: Configuración modulo ADAMS 40-18.

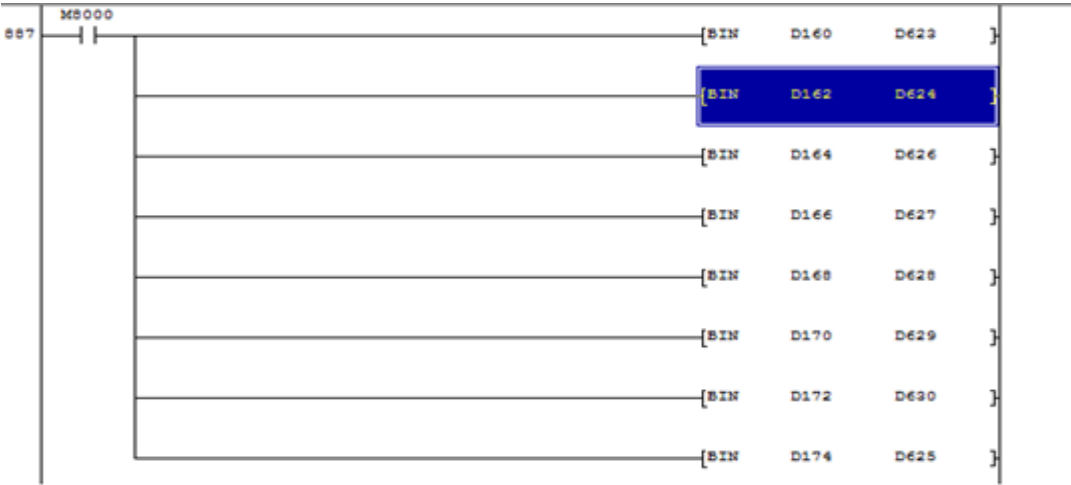
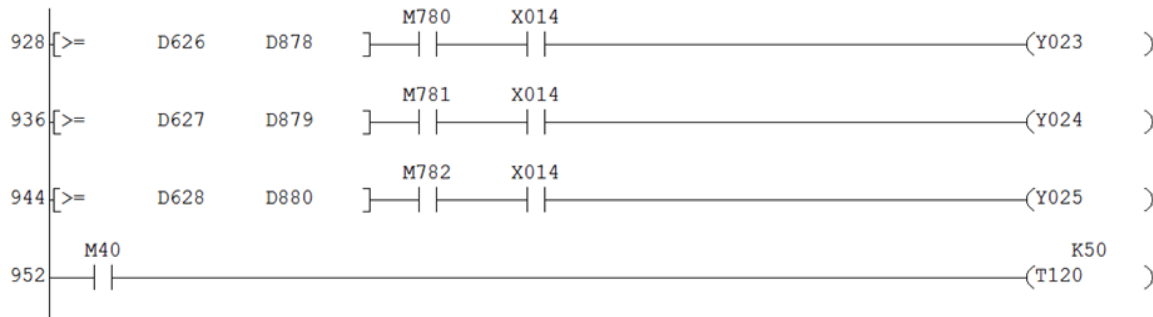


Figura: Autor.

En el siguiente bloque del código es accionado mediante la memoria M8000; la cual se activa en modo RUN. Este bloque de código tiene la función de convertir los datos anteriores en un número binario que da como resultado un valor entero proporcional a la temperatura. Los registros resultantes de este bloque son D623, D624 y D629 que son las temperaturas de los cabezales y D626, D627, D628 son las temperaturas de los barriles.

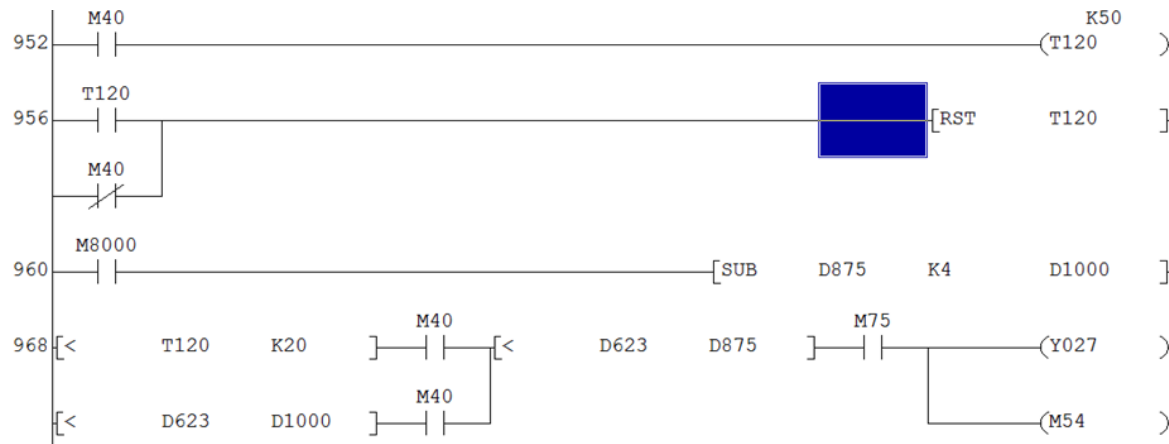
Figura 15: Configuración modulo ADAMS 40-18.



Fuente: Autor.

En la siguientes líneas de código se controla los ventiladores del barril de la máquina siendo estos las salidas Y23, Y24 y Y25 esto se efectúa mediante la comparación entre los valores actuales de las temperaturas del barril con los valores máximos de temperatura del barril que son los registros D878, D879 y D880 en donde las temperaturas actuales deben ser mayores o iguales que las temperaturas máximas. Además, se debe verificar que esté habilitado el uso de cada ventilador mediante las memorias M780, M781 y M782 y por último la parada de emergencia debe estar desactivada es decir en uno lógico.

Figura 16: Configuración modulo ADAMS 40-18.



Fuente: Autor.

El siguiente bloque se utiliza para controlar la temperatura del cabezal uno y este empieza una vez se active la memoria M40 que es la memoria de inicio de control

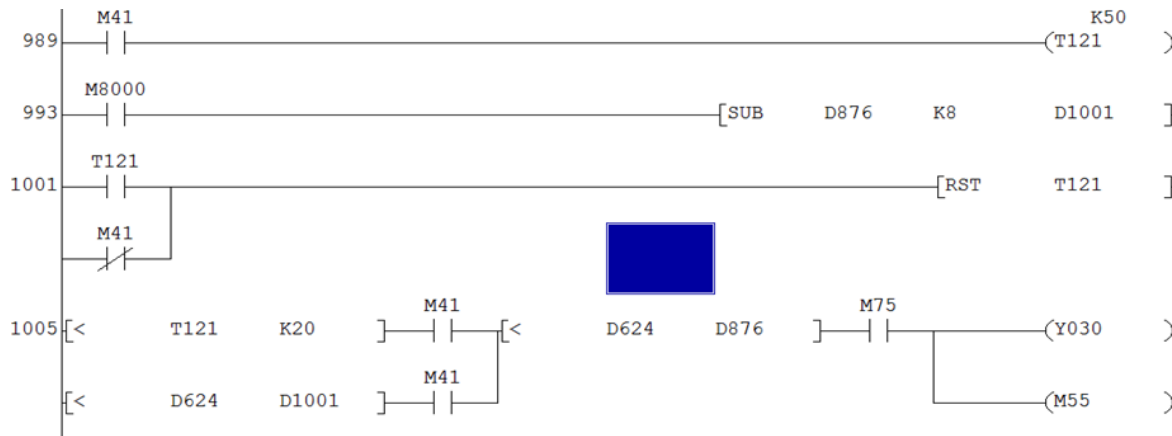
de temperatura de este cabezal, esta memoria inicia un temporizador T120 que tiene un retardo de cincuenta décimas de segundo. Una vez completo el tiempo del temporizador o deshabilitado el control de temperatura del cabezal uno se resetea el temporizador T120.

Mediante la memoria M8000 se genera un límite por debajo del máximo al accionarse la función sub que resta cuatro unidades al valor ajustado del temperatura del cabezal uno y lo guarda en el registro D1000.

En la siguiente línea de código se genera primeramente una comparación entre el valor actual de la temperatura y el límite inferior que es igual al valor máximo menos cuatro. Esta comparación se cumple si el valor actual de temperatura es menor al límite inferior, de tal forma, que si se cumple las siguientes condiciones se iniciará el calentamiento de las resistencias del cabezal uno. Las condiciones necesarias que la temperatura actual sea menor al límite inferior de temperatura, que se halla accionado el control de temperatura del cabezal mediante M40, la temperatura actual se menor al límite máximo de temperatura y se halla accionado el control de temperatura total mediante la memoria M75. Una vez cumplidas estas condiciones se accionara las resistencias del cabezal uno y además también se accionara el estado calentando cabezal el cual se acciona mediante la memoria M54.

Una vez haya alcanzado el límite inferior de temperatura el circuito dejara de ser accionado por la comparación anterior y será accionado por una nueva comparación que se realiza entre el temporizador T120 y una constante entera K20, de tal forma mientras el conteo del temporizador sea menor de veinte décimas de segundo estará activo el calentamiento del cabezal y se accionara cada treinta décimas de segundo de tal forma el calentamiento tendrá periodos de acción de veinte decimas de segundos y paradas de treinta decimas de segundos de esta forma una vez pasado el límite inferior el calentamiento será paulatino para garantizar un desfase pequeño del set point, el circuito de calentamiento es bloqueado una vez la temperatura llegue a ser mayor o igual al set point.

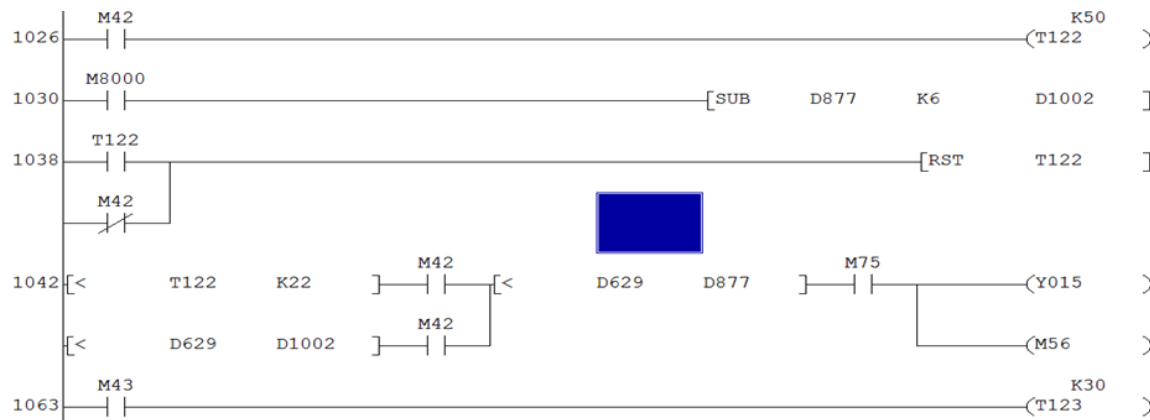
Figura 17: Configuración modulo ADAMS 40-18.



Fuente: Autor.

El circuito para el cabezal dos funciona de la misma manera que el circuito del cabezal uno el cual quedo descrito anteriormente.

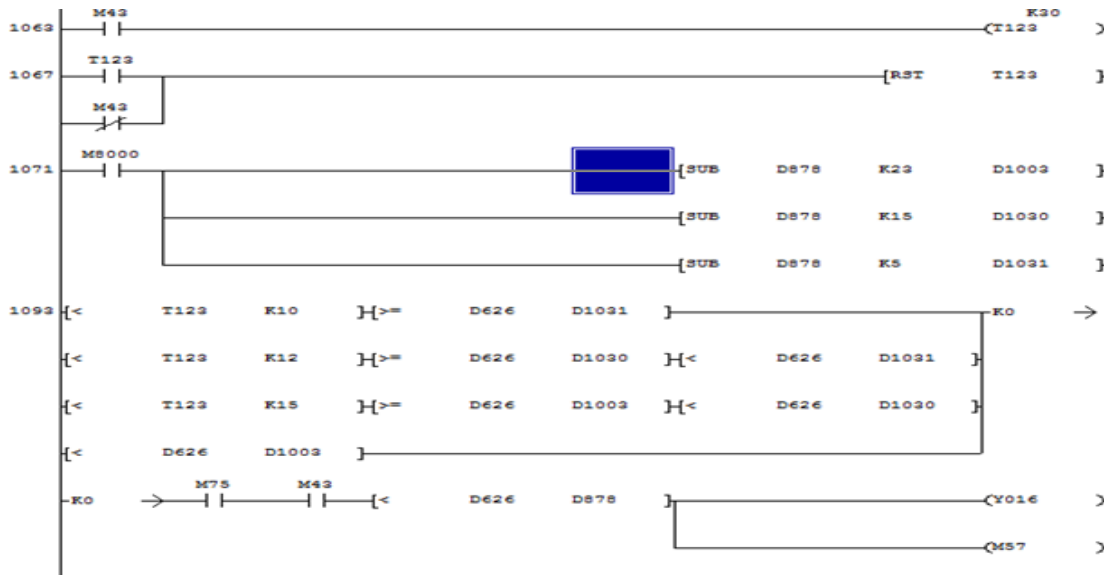
Figura 18: Configuración modulo ADAMS 40-18.



Fuente: Autor.

Este fragmento del código describe el funcionamiento del circuito de control de temperatura del bloque cabezal, el cual tiene el mismo funcionamiento del circuito de control de temperatura del cabezal uno y dos descritos anteriormente.

Figura 19: Configuración modulo ADAMS 40-18.



Fuente: Autor.

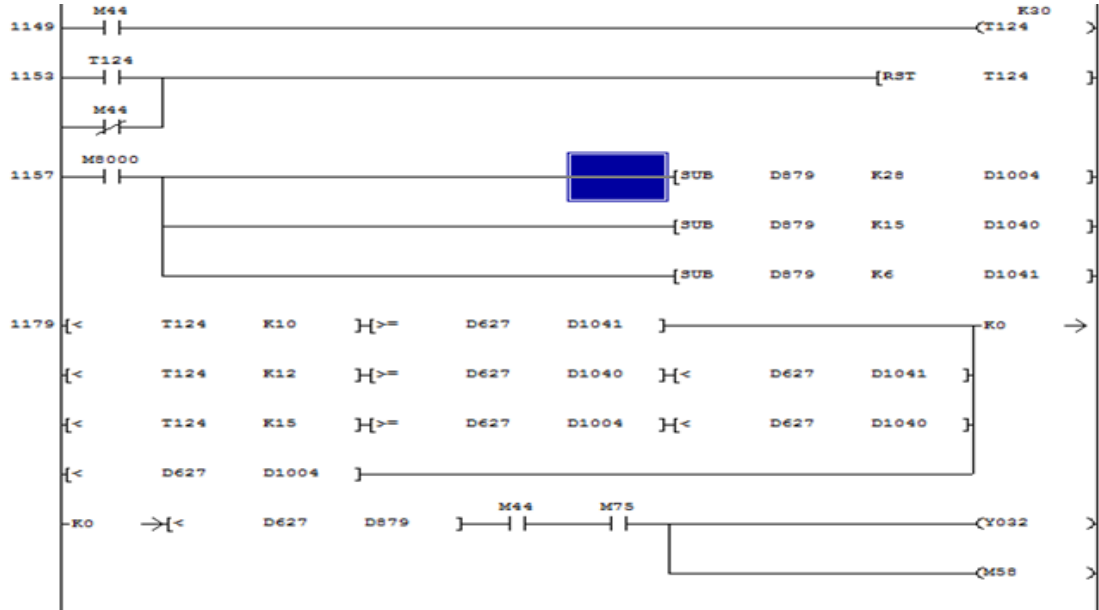
En el siguiente bloque se controla la temperatura de la zona uno del barril, el circuito inicia con la memoria M43, la cual representa el accionamiento del control de la zona uno esta memoria activa un temporizador T123 que es utilizado para definir los tiempos de accionamiento de parada de calentamiento según el límite actual este temporizador tiene el tiempo máximo de treinta décimas de segundo una vez el tiempo haya culminado o se haya desactivado el control de temperatura de la zona uno se resetea el temporizador T123.

La memoria M8000 activa el circuito que genera tres límites inferiores de temperatura mediante la función SUB el primer límite es equivalente al límite máximo de temperatura menos veinte y tres unidades el segundo límite es equivalente al límite máximo de temperatura menos quince unidades y el tercer límite es equivalente al límite máximo menos cinco unidades.

El funcionamiento del fragmento de control se realiza mediante una comparación inicial, la cual se cumple cuando la temperatura actual es menor al límite mínimo definido anteriormente esto se realiza para un calentamiento continuo durante esta comparación, una vez la temperatura actual haya sobrepasado el límite inferior el calentamiento se realizara con tiempos de acción de quince décimas de segundo y tiempos de pausas de quince décimas de segundo, esta forma de calentamiento se realizara siempre y cuando la temperatura actual de la zona uno sea mayor o igual que el límite mínimo y sea menor que le límite medio, luego de que la temperatura haya sobrepasado el límite medio el calentamiento se realizara en tiempos de acción de 12 décimas de segundo y paradas de 18 décimas de

segundo esta forma de calentamiento se lleva a cabo siempre y cuando la temperatura actual sea mayor o igual al límite medio y menor al límite máximo menos cinco, luego que la temperatura haya sobrepasado el límite máximo menos cinco el calentamiento se realizara en tiempos de acción de diez décimas de segundo y tiempos de para de veinte décimas de segundo, mediante los tres limites se garantiza un calentamiento rápido y preciso. El circuito de calentamiento se bloquea una vez la temperatura actual sobrepase el límite máximo.

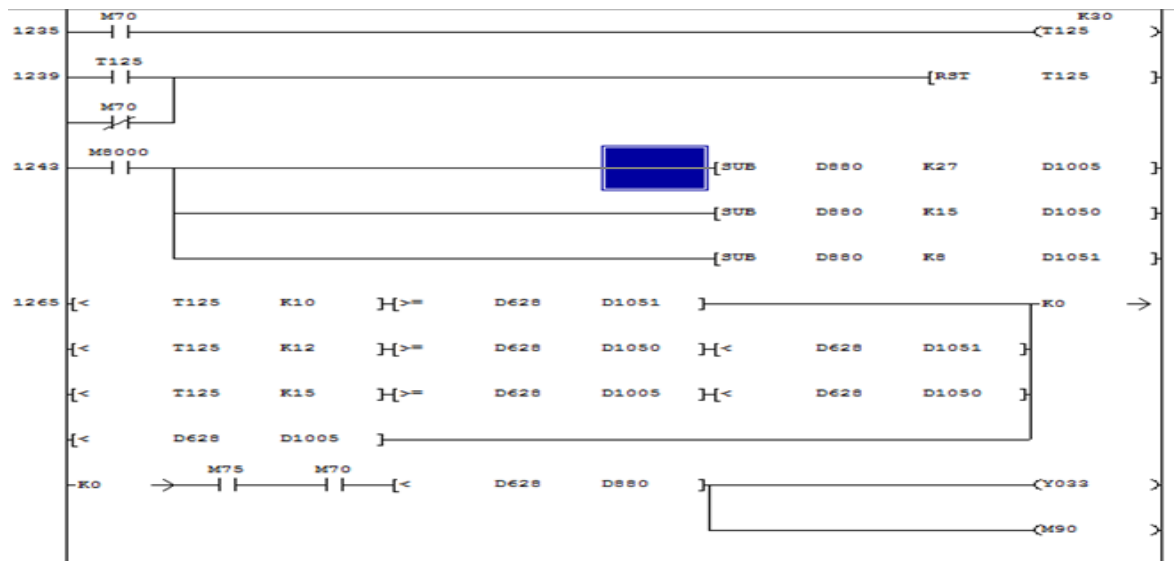
Figura 20: Configuración modulo ADAMS 40-18.



Fuente: Autor.

En esta parte del código se controla la temperatura de la zona dos del barril el cual tiene el mismo funcionamiento que el código de control de la zona uno.

Figura 21: Configuración modulo ADAMS 40-18.



Fuente: Autor.

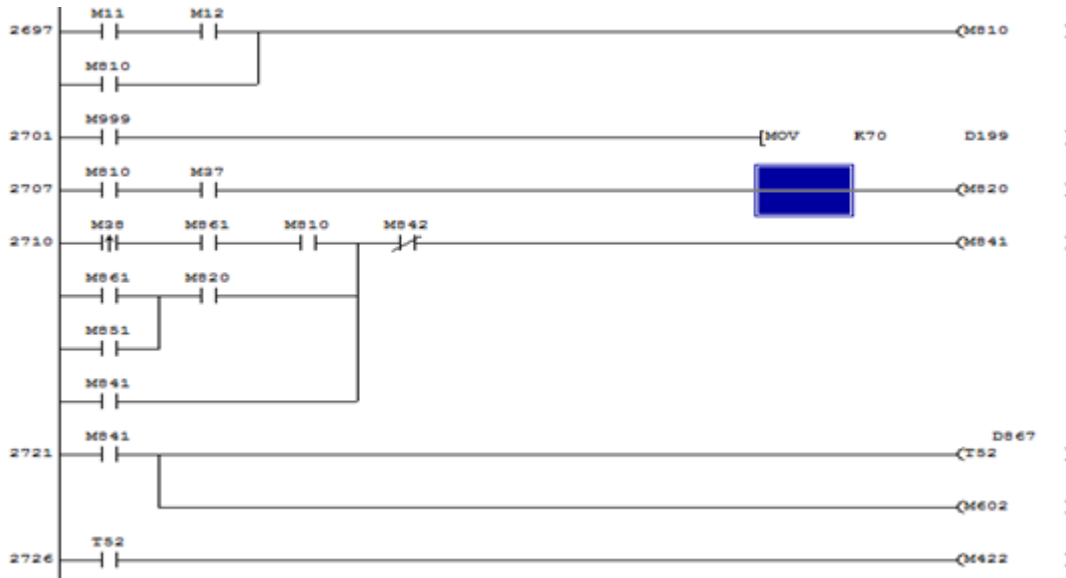
Esta parte del código controla la temperatura de la zona tres del barril, el cual tiene el mismo funcionamiento de las zonas uno y dos descritas anteriormente [5], [9].

6. CODIGO DE SECUENCIA DE MOVIMIENTOS

Inicialmente la maquina debe establecerse en HOME, lo cual consiste en que el molde se encuentre abierto, el carro este en posición derecha, el punzón esté arriba y el cabezal esté abajo. Una vez se encuentre en HOME la maquina podrá realizar la secuencia automática o semiautomática.

Primero se inicia el encendido de la unidad hidráulica y luego se enciende el motor del extrude mediante la pantalla del variador de frecuencia, una vez los chorros hayan alcanzado la longitud requerida entonces se dará inicio a la secuencia. Iniciando con el movimiento del carro a la izquierda, una vez el carro se encuentre en posición continuara cerrando el molde, cuando el molde se haya cerrado el cabezal comenzara a subir y simultáneamente se ejecutara el corte, una vez realizado el corte el carro se moverá a la derecha, cuando el carro este en posición bajara el cabezal y simultáneamente los dos punzones los cuales soplan desde una altura un poco superior al contacto, una vez se haya realizado el tiempo de desfogue el molde procede a abrirse y la secuencia se ejecuta de la misma forma con un movimiento agregado el cual es la subida del punzón una vez el molde se cierre.

Figura 22: Movimiento carro a la izquierda.



Fuente: Autor.

La secuencia inicia cuando se acciona la memoria M11 que representa el modo automático y la memoria M12 que es el resultado del HOME y del encendido de la unidad hidráulica, al estar estados dos memorias activas se acciona la memoria M810 que inicia la siguiente línea de código la cual continua con la memoria M37 que representa el inicio de la secuencia entonces al accionarse esta memoria el resultado es un uno lógico en el marcador M820, el marcador M820 inicia el primer bloque de secuencia este bloque se divide en tres partes, la primera línea se compone de un flaco positivo de la memoria M38 que representa modo semiautomático enseguida la memoria M861 que representa que la maquina se encuentra en HOME, la memoria M810 que representa modo automático más RESET activado y la memoria M842 que representa ruptura de auto retención y continuación de secuencia, de esta forma el primer fragmento representa inicio modo semiautomático.

El segundo fragmento se compone de la memoria M861 que representa el estado inicial de la maquina paralelo a este está ubicado la memoria M851 que representa el reinicio de ciclo de esta forma se garantiza que una vez finalice un ciclo empieza otro. En serie a estos dos marcadores se encuentra M820 que es la memoria resultante anterior la cual representa modo automático y su inicio de tal forma que este segundo fragmento representa inicio a la secuencia automático.

El tercer fragmento se compone simplemente de la memoria M841, la cual realiza la función de auto retención (el modo semiautomático solo ejecuta un ciclo de secuencia y el modo automático ejecuta todos los ciclos que el operador desee).

El resultado de este bloque es la memoria M841, la cual inicia un temporizador T52 con un tiempo almacenado en el registro D867 que representa retardo carro a la izquierda, también acciona la memoria M602 que da inicio al conteo del tiempo de ciclo y al función de seguridad.

Una vez completado el tiempo de T52 se acciona la memoria M422 la cual inicia dos circuitos.

La memoria M999 indica que el número de horas de trabajo de la maquina se han efectuado, al accionarse esta memoria se envía un numero entero K70 al registro D199 que representa el número de la pantalla que aparecerá en el touch-panel en donde K70 representa la pantalla número setenta en donde se accede al desbloqueo de la máquina.

Figura 23: Movimiento carro a la izquierda.



Fuente: Autor.

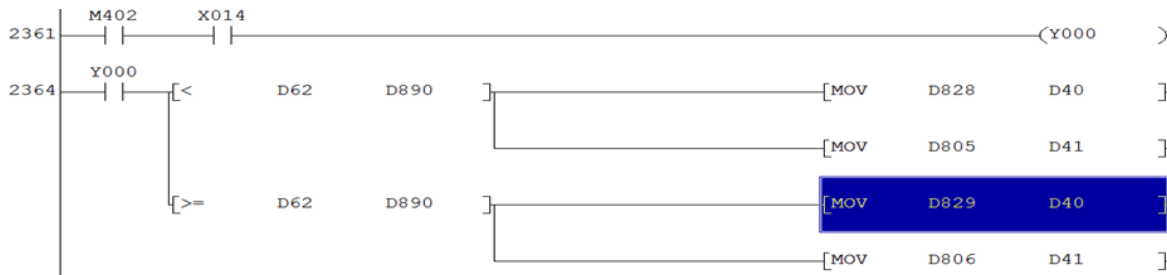
El primer circuito está compuesto por dos líneas de código paralelas, la primera línea de código está compuesta por la entrada X006 que indica molde abierto, en paralelo a esta se encuentra la entrada X000 que indica pin de soplado arriba, en serie a este se encuentra la memoria M17 y M11 negada. La memoria M17 representa el movimiento de carro a la izquierda en modo manual y la memoria M11 negada representa modo manual. Este fragmento de código representa el funcionamiento en modo manual carro a la izquierda.

Paralelo al fragmento anterior se encuentra las memorias M422 y M11 las cuales en conjunto, representan el movimiento del carro a la izquierda en modo automático, en serie a estos dos fragmentos se encuentra la entrada X004 negada que representa el final de carrera carro a la izquierda de tal manera que cuando este es uno termina el movimiento carro a la izquierda abriendo el circuito. En

serie con la entrada X004 se encuentra la memoria M402, la cual acciona directamente la salida Y000 que genera el movimiento carro a la izquierda.

El segundo circuito es el circuito que acciona el siguiente movimiento este circuito se compone de M422, X004 que cierra el circuito una vez llegue el carro a la izquierda, M843 negado que sirve para romper el circuito, M842 que continua la secuencia y genera auto retención.

Figura 24: Movimiento carro a la izquierda.



Fuente: Autor.

En la figura 24 se muestra el tramo final del código carro a la izquierda que se compone de la memoria M402, la entrada X014 que representa parada de emergencia y la salida Y000 que representa el movimiento del carro a la izquierda. El siguiente tramo de código es la carga de presión y velocidad según la posición del carro. Este fragmento de código se compone de la salida Y000, la cual da inicio al circuito, el dato D662 que tiene el dato de la posición actual del carro, el dato D890 que tiene la posición de inicio del movimiento a baja velocidad, el dato D828 representa la máxima velocidad del carro a la izquierda, el dato D40 representa la velocidad del carro, el dato D805 representa la presión a máxima velocidad del carro, el dato D829 representa la velocidad mínima del carro y el dato D806 representa la presión a baja velocidad.

Figura 25: Verificación HOME y unidad hidráulica.



Fuente: Autor.

Figura 26: Verificación HOME y unidad hidráulica.

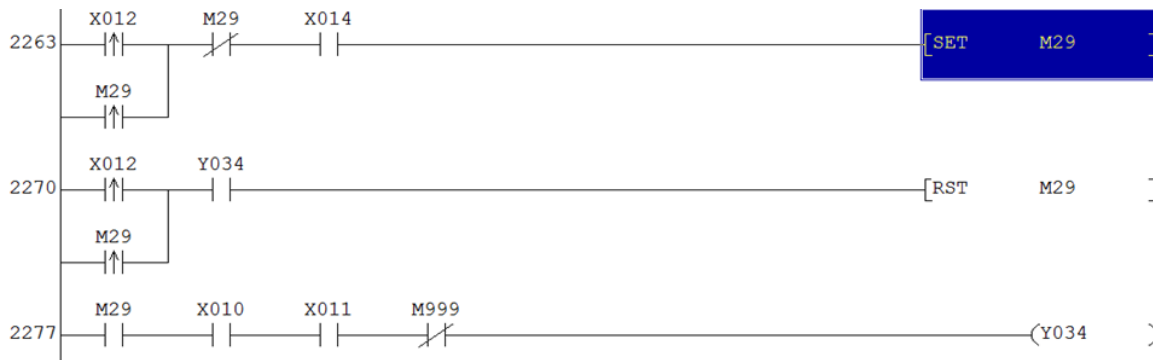


Fuente: Autor.

Los siguientes fragmentos representan el inicio de la secuencia del RESET. Cuando se inicia el RESET se verifica que haya llegado a su posición mediante las entradas X003, X000 y X006, los cuales generan un uno lógico en la memoria M861, de tal forma que esta memoria representa HOME realizado.

La otra línea de código representa que el HOME ha sido realizado, la unidad hidráulica se encuentra activada y el RESET ha sido activado, como resultado se acciona la memoria M12 y el mensaje de estado #19 que indica final del RESET.

Figura 27: Arranque unidad hidráulica.



Fuente: Autor.

Estas tres líneas de código manipulan el encendido y apagado de la unidad hidráulica teniendo en cuenta que la puerta de seguridad esté cerrada mediante las entradas X010 y X011 que representan sensores puerta izquierda y sensor puerta derecha respectivamente.

La entrada X012 acciona y para la unidad hidráulica representa el pulsador verde en la zona del operario, la salida Y034 representa el motor de la bomba de la unidad hidráulica y la memoria M999 representa la terminación de las horas de trabajo.

Figura 28: Inicio de tiempo de ciclo.



Fuente: Autor.

La memoria M602 inicia la temporización del ciclo de trabajo, esto inicia a activarse M601, que a su vez se activa un circuito en donde se envían los pulsos a un contador C17 cada cien milisegundos mediante la memoria especial M8012 y también se carga el valor actual del contador al registro D205, que muestra el tiempo de ciclo en la pantalla táctil. El dato D864 almacena el tiempo máximo de ciclo digitado por el operador.

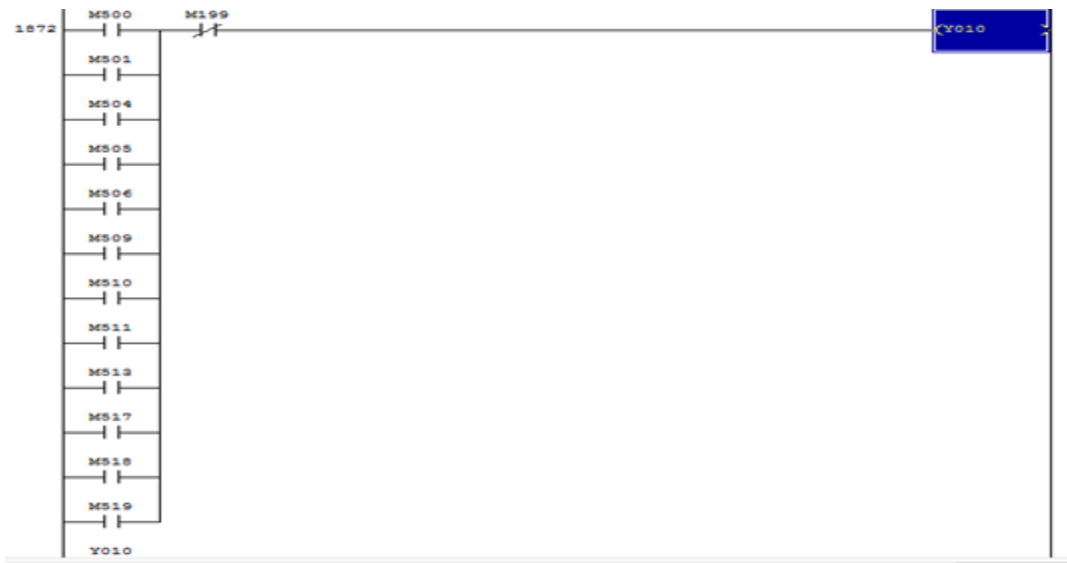
Figura 29: Acción de alarma.



Fuente: Autor.

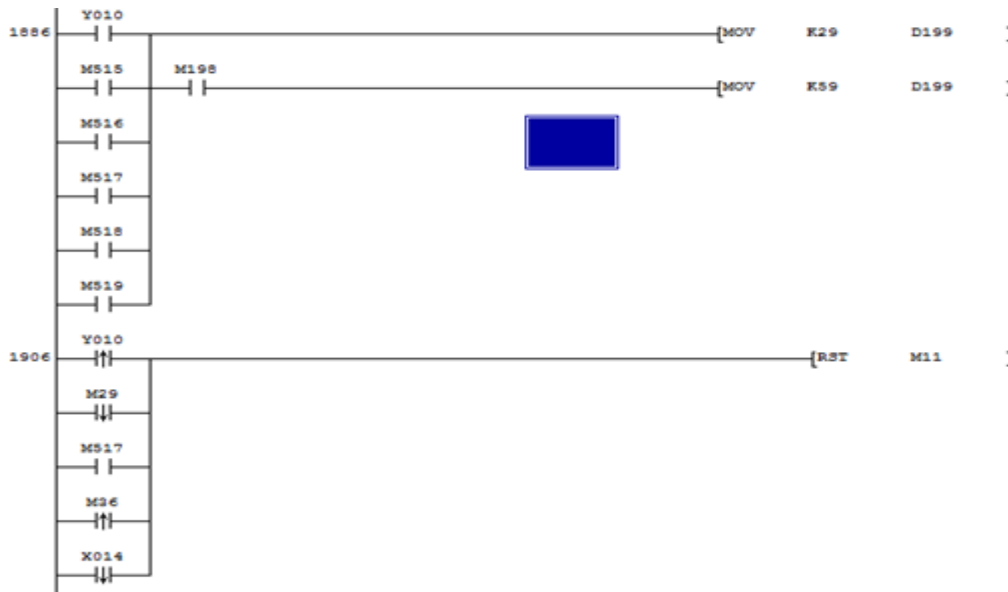
La memoria M199 representa el RESET de las alarmas desde la pantalla táctil este se utiliza para reiniciar la maquina cuando ha entrado en error.

Figura 30: Acción de alarma.



Fuente: Autor.

Figura 31: Acción de alarma.

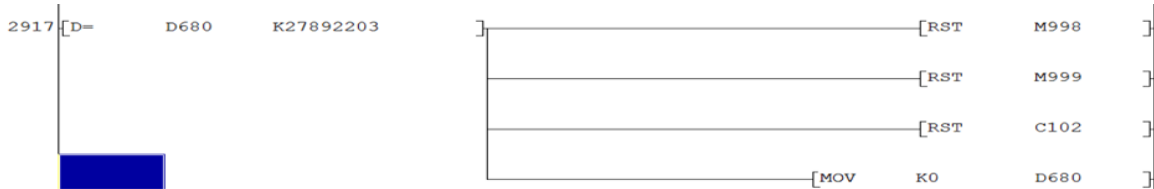


Fuente: Autor.

La memoria M601 se mantiene reseteada en modo manual o en modo automático si no se ha dado inicio a la secuencia, si el tiempo de ciclo supera al tiempo

La memoria M999 también activa la pantalla #70, en esta se deberá introducir el código para desbloquear la máquina.

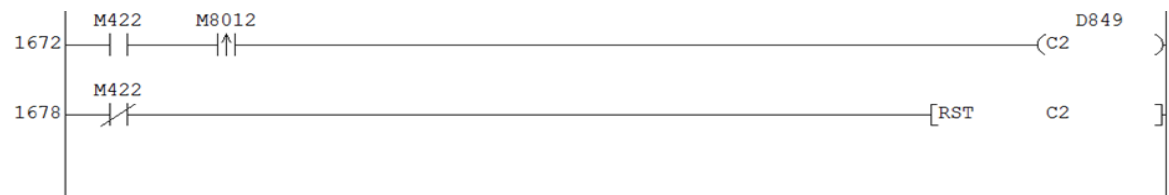
Figura 34: Horas de trabajo de máquina.



Fuente: Autor.

En este fragmento de programa se recibe el código introducido por el operario y se guarda en el registro D680, este debe coincidir con el código de desbloqueo el cual es 2789220, al introducirse el código correctamente se resetearan las memorias M998 y M999 y el contador C102 de esta forma se desbloquee la máquina y se habilita el uso de horas de trabajo nuevamente.

Figura 35: Tiempo máximo carro a la izquierda.



Fuente: Autor.

Una vez suceda el retardo, el carro a la izquierda iniciará el conteo del tiempo de duración del movimiento mediante la memoria especial M8012, que manda un pulso al contador C2 cada décima de segundo, el tiempo máximo de conteo definido por el operador queda registrado en el dato D849, el contador C2 se mantiene desactivado durante los demás movimientos.

Figura 36: Tiempo máximo carro a la izquierda.



Fuente: Autor.

Si el tiempo de duración del ciclo llega a ser mayor o igual al tiempo máximo entonces se activará un mensaje de alarma definido por M505.

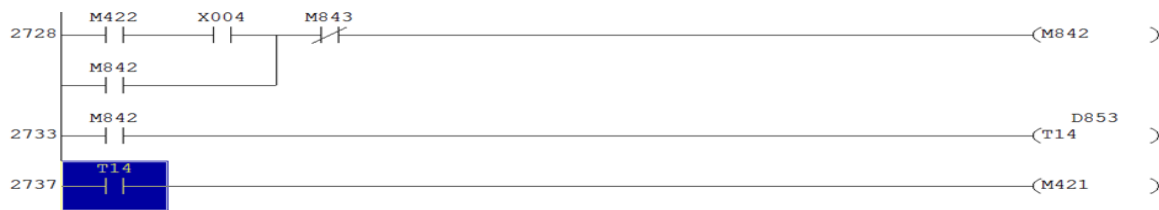
Figura 37: Carga estado de movimiento.



Fuente: Autor.

Después del retardo del carro a la izquierda se acciona la memoria M402, que carga un mensaje de estado #3 lo que significa carro a la izquierda.

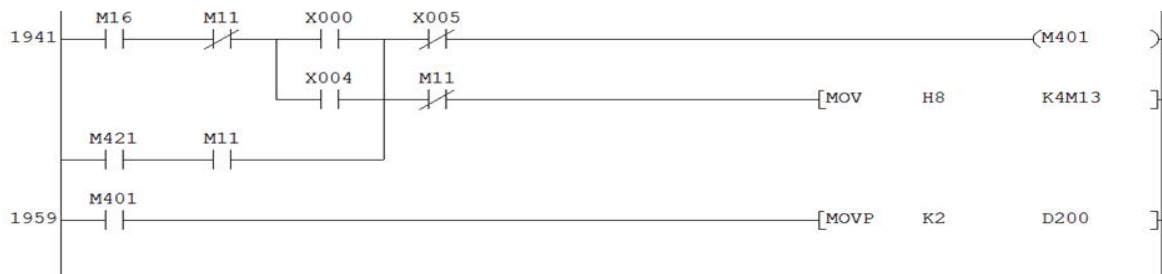
Figura 38: Inicio Cierre molde.



Fuente: Autor.

Una vez el carro haya llegado a la izquierda, el final de carrera se accionará enviando una señal X004 que cerrará el circuito que acciona la memoria M842. Esta memoria activa el temporizador T14 con un tiempo de conteo registrado en D853, el cual es el retardo al cierre del molde una vez pasado el tiempo de conteo se activara la memoria M421, y a su vez acciona el circuito de movimiento cierre molde.

Figura 39: Inicio Cierre molde.

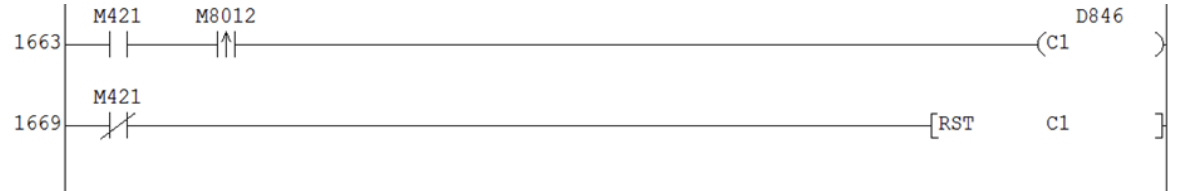


Fuente: Autor.

Este circuito está dividido en dos partes paralelas la primera partes es el funcionamiento manual que está compuesto por la memoria M16 que representa el cierre manual del molde, M11 negado representa el modo manual habilitado, X000 en paralelo a X004 verifican que el molde este cerrado y el carro haya llegado a la izquierda.

La segunda parte es el funcionamiento en automático, el cual se compone de la memoria M421 que viene de la secuencia y la memoria M11 que representa modo automático. En serie a los dos fragmentos se encuentra la entrada X005 negada que indica que el bloque el circuito una vez el molde sea cerrado y finalmente se encuentra la memoria M401, que da una acción directa a la salida Y001 para cerrar el molde.

Figura 40: Tiempo máximo de movimiento.



Fuente: Autor.

Después del retardo del cierre del molde también se acciona el tiempo de duración del movimiento, con una duración máxima registrada en el dato D846, el contador estará bloqueado durante cualquier otro movimiento.

Figura 41: Alarma de movimiento.



Fuente: Autor.

Si el tiempo de duración del cierre sobrepasa el tiempo máximo establecido por el operario entonces se activara un mensaje de alarma generado por la memoria M501.

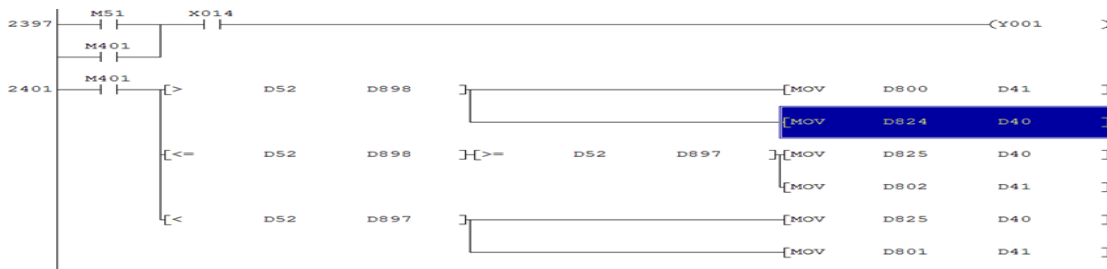
Figura 42: Estado de movimiento.



Fuente: Autor.

Una vez cumplido el tiempo de retardo la memoria M401 carga el estado #2 que significa cierre molde al registro D200.

Figura 43: Cierre molde y carga de presión y velocidad.

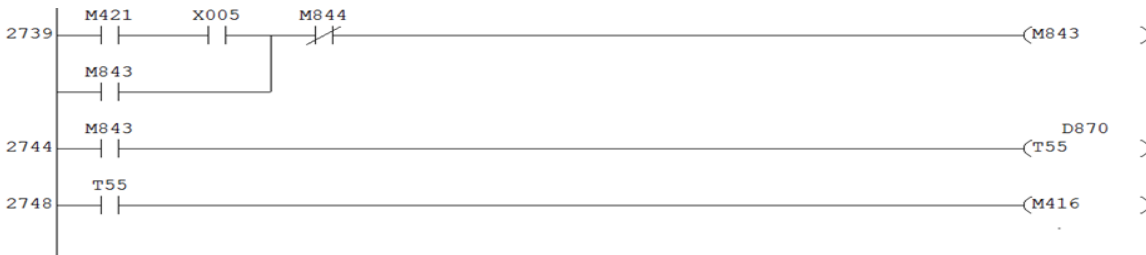


Fuente: Autor.

La memoria M401 activa el cierre del molde al energizar la salida Y001, también esto se efectúa mediante la memoria M51 que se aplica para el cierre de seguridad, esto ocurre antes del proceso de soplado.

Al activarse M401 se activa la carga de presión y velocidad según la posición, hay tres velocidades, alta, media, y baja. Además de tres presiones, las cuales son correspondientes a las velocidades anteriores.

Figura 44: Inicio corte.



Fuente: Autor.

Figura 45: Tiempo de corte.



Fuente: Autor.

Después del retardo al cierre del molde, se acciona otro circuito quien indica cuando el molde este cerrado esto se detecta mediante la entrada X005. Como resultado del circuito se activa la memoria M843, esta memoria activa un temporizador T55 que cuenta un tiempo registrado en D870 que representa retardo en el corte, una vez el temporizador se finaliza, acciona una memoria M416 esta memoria inicia el conteo de tiempo de duración del desplazamiento de la cuchilla y lo muestra en la pantalla principal en el dato D203.

Figura 46: Corte de cuchilla y tipo de corte.



Fuente: Autor.

Después del retardo del desplazamiento de la cuchilla la memoria M416 envía un flanco positivo, continúa por una de las dos partes del circuito según el tipo de corte seleccionado, donde M750 en uno representa corte doble y M750 representa corte simple, el modo de trabajo común es el corte doble.

En paralelo a este circuito esta la memoria M416 que inicia la duración de la cuchilla afuera y también carga el estado cortando.

Figura 47: Finaliza corte.



Fuente: Autor.

Una vez terminado el tiempo de corte el temporizador T10 se da paso a resetear la memoria M437 de esta forma el corte se desactiva.

Figura 48: Reseteo tiempo de duración corte.



Fuente: Autor.

Una vez el corte haya finalizado se resetea el tiempo de duración de la cuchilla a fuera.

Figura 49: Corte manual y corte automático.



Fuente: Autor.

La memoria M437 activa Y011 que representa el movimiento de la cuchilla hacia afuera en paralelo a este se encuentra el modo manual que se compone de M9 y M11 negado donde M9 representa el desplazamiento de la cuchilla en modo manual y M11 negado representa modo manual activo.

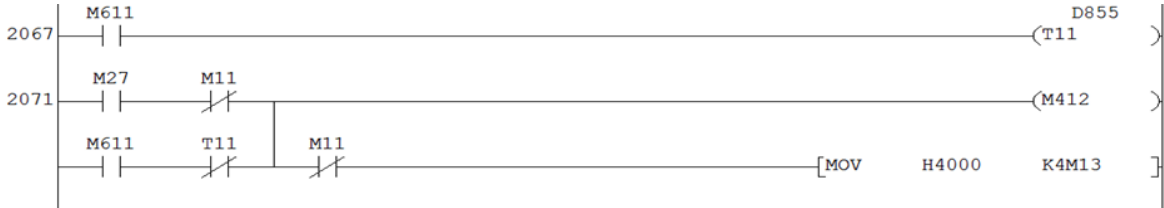
Figura 50: Inicio cabezal arriba.



Fuente: Autor.

El flanco positivo de la memoria M416 activa la memoria M610 que inicia un temporizador T60 con un tiempo máximo de conteo almacenado en el registro D903. Que representa el retardo digitado por el operario. Una vez se completa el tiempo de retardo del temporizador T60, se resetea la memoria M610 y se activa la memoria M611. La cual es reseteada por la parada de emergencia el RESET del operario y el flanco negativo de la memoria M432 que indica que el cabezal ha llegado arriba.

Figura 51: Tiempo cabezal arriba.



Fuente: Autor.

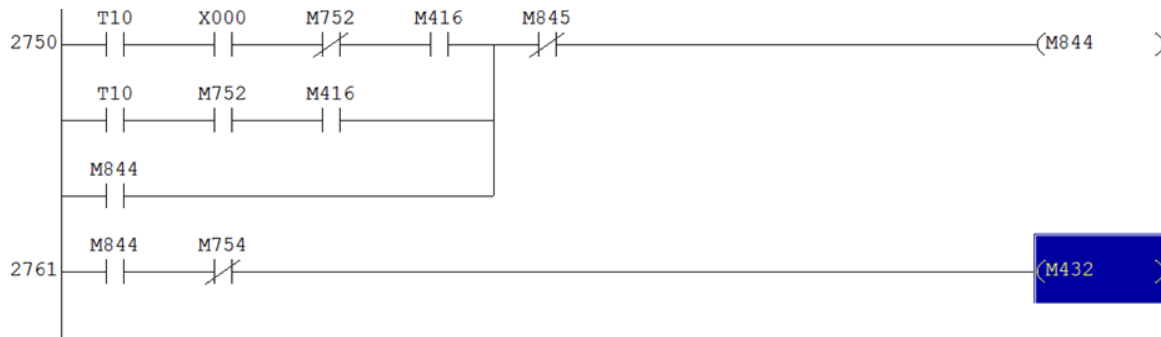
Figura 52: Sube cabezal y carga presión y velocidad.



Fuente: Autor.

La memoria M611 acciona un temporizador T11 con un tiempo máximo almacenado en el registro D855 el cual representa la duración del cabezal arriba, simultáneamente activa la memoria M412. La cual acciona la salida Y007 que representa el movimiento de subida del cabezal y simultáneamente carga los valores de presión y velocidad respectivos de este movimiento en los registros D40 y D41.

Figura 53: Rompe circuito cabezal arriba.

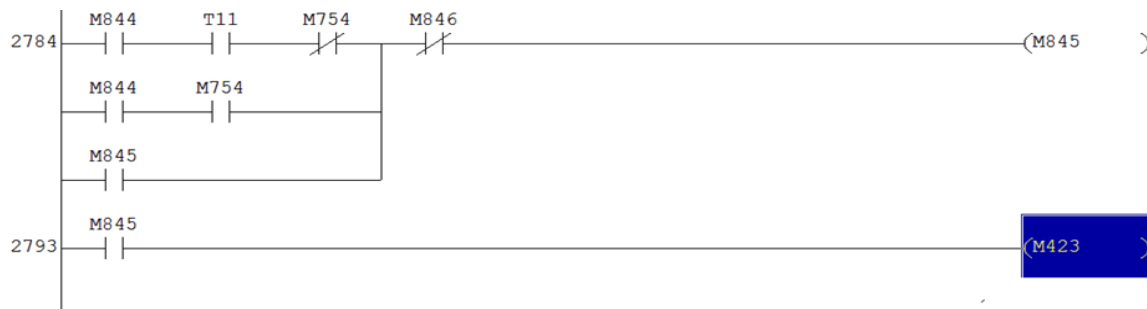


Fuente: Autor.

Luego de finalizar el corte de la cuchilla, se activa el circuito para terminar la subida del cabezal, en este circuito se verifica que el pin de soplado se encuentre arriba.

Este circuito es activado además por la memoria M416 la cual indica que el corte de la cuchilla inició, este circuito activa una memoria M844 que a su vez activa la memoria M432 para iniciar, por medio de un flanco negativo que culmina la subida del cabezal.

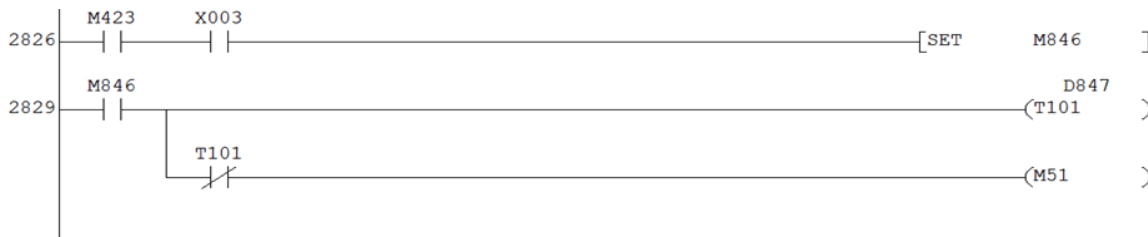
Figura 54: Inicia circuito cierre de alta presión.



Fuente: Autor.

Simultáneamente activa el circuito de cierre de alta presión aquí se verifica que el cabezal haya llegado arriba y este activo, como resultado se genera un uno lógico en la memoria M845 que termina el flanco negativo de M432 al romper el circuito anterior e inicia la verificación de la llegada del carro a la derecha.

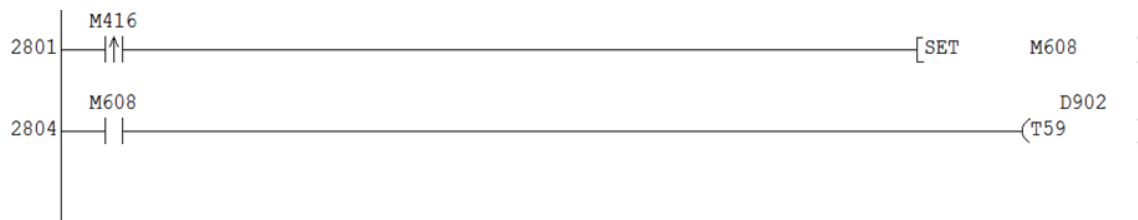
Figura 55: Tiempo cierre de alta presión.



Fuente: Autor.

Una vez el cabezal esté arriba, se genera la parada del ascenso, la memoria M423 verifica que el carro haya llegado a la derecha mediante la entrada X003. Una vez el carro llegue a la derecha se activa la memoria M846 que da inicio al cierre de seguridad mediante la memoria M51 durante un tiempo almacenado en el registro D847.

Figura 56: Retardo carro a la derecha.



Fuente: Autor.

Una vez la cuchilla genere el corte; simultáneamente se acciona la memoria M608 e inicia una temporizar el retardo del carro a la derecha almacenado en el registro D902.

Figura 57: Inicio carro a la derecha.



Fuente: Autor.

Una vez termine el retardo del carro a la derecha se acciona la memoria M609.

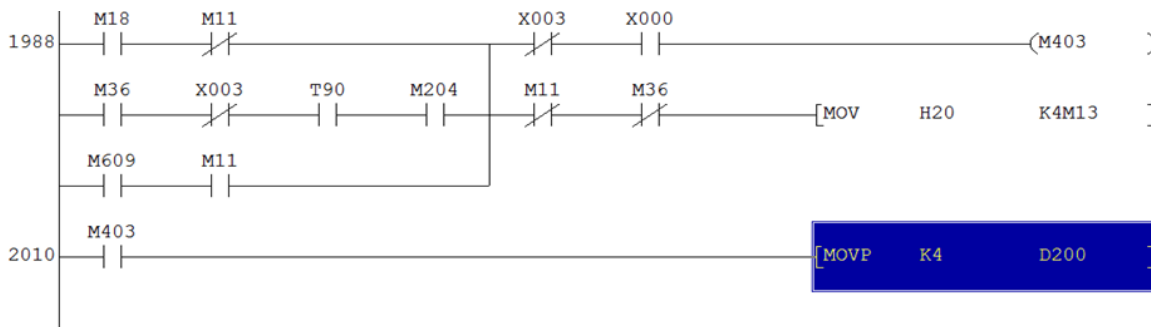
Figura 58: Finaliza circuito de retardo.



Fuente: Autor.

La memoria M609 resetea la memoria M608, esta también se produce mediante la parada de emergencia y RESET por operario.

Figura 59: Circuito carro a la derecha y carga de estado.



Fuente: Autor.

La memoria M609 inicia el movimiento carro a la derecha al activar la memoria M403, pero primero verificando que el pin de soplado esté arriba y el carro esté a la izquierda. Mediante la memoria M403 se activa el estado cuatro que representa movimiento carro a la derecha.

Figura 60: Acciona carro a la derecha.



Fuente: Autor.

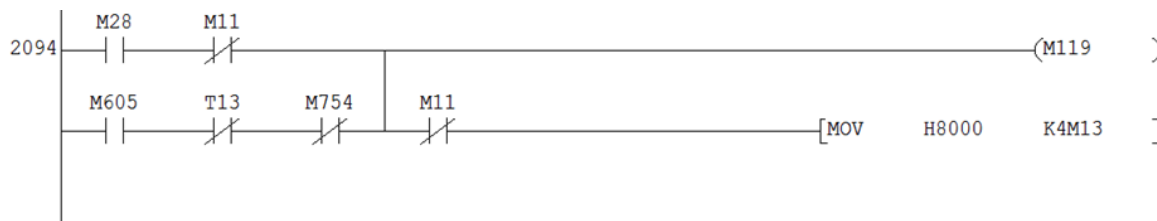
Finalmente, la memoria M403 inicia el movimiento del carro a la derecha, activando la salida Y002, este movimiento es bloqueado mediante el final de carrera X003.

Figura 61: Inicio baja cabezal.



Fuente: Autor.

Figura 62: Tiempo de señal de descenso cabezal.



Fuente: Autor.

La memoria M846 es activada una vez el cabezal ha subido y el carro ha llegado a la derecha de esta manera se acciona el circuito baja cabezal al activarse la memoria M600 que comienza el retardo de descenso de cabezal, una vez culminado el retado se resetea la memoria M600 y se activa la memoria M605, esta memoria activa el circuito de descenso de cabezal además de verificar en el circuito que el movimiento del cabezal este activo. El circuito se compone de un parte manual y la parte automática, el resultado de este es M119 la aplicación de esta señal es durante un tiempo de veinte décimas de segundo que es el tiempo de duración de la señal M605 activada.

Figura 63: Carga de estado de movimiento.



Fuente: Autor.

La memoria M119 carga el estado #14 que significa cabezal descendiendo.

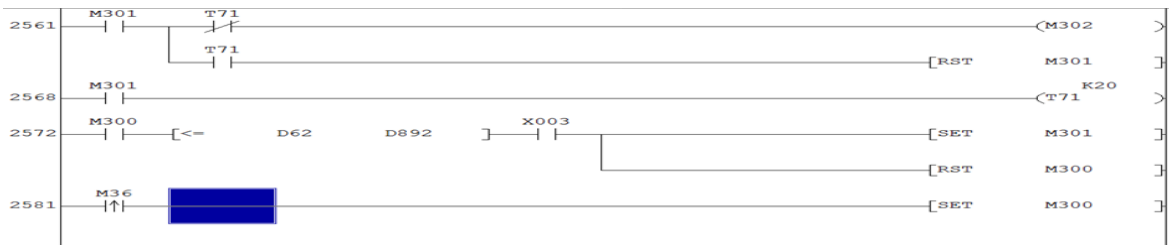
Figura 64: Baja cabezal.



Fuente: Autor.

La memoria M119 acciona la salida Y022 la cual inicia el descenso del cabezal esta también es activada por la memoria M302 que viene del circuito de reseteo.

Figura 65: Baja cabezal mediante RESET.



Fuente: Autor.

El circuito de descenso de cabezal mediante el reseteo, inicia activando la memoria M300 quien verifica que el carro se encuentre a la derecha mediante una comparación y la entrada X003. Esto genera que se active la memoria M301 y se desactive la memoria M300. La memoria M301 realiza un conteo de tiempo de veinte décimas de segundo que es el tiempo máximo de aplicación de la señal de descenso. La memoria M301 activa la memoria M302 durante veinte décimas de segundo en donde M302 activa Y022 que representa el descenso del cabezal.

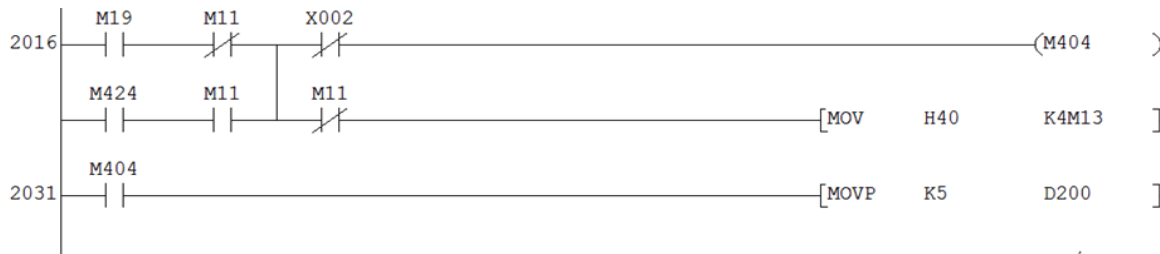
Figura 66: Retardo descenso pin de soplado.



Fuente: Autor.

Una vez terminado el cierre de seguridad se activa el retardo al descenso del pin de soplado cuyo tiempo está almacenado en el registro D868. Concluido el retardo, se activa la memoria M424 que acciona el circuito de descenso de pin de soplado. En paralelo a este se activa el circuito de soplado y el circuito que detiene el descenso del pin el cual se activa una vez el sensor X002 que representa pin abajo es activado.

Figura 67: Baja pin modo manual, automático y carga de estado.



Fuente: Autor.

La memoria M424 activa el circuito de descenso de pin. Este descenso se compone por la parte manual y la parte automática, en el circuito se verifica que el pin de soplado esté arriba y que el modo de funcionamiento se automático. Si esto se cumple, se activará la memoria M404, esta memoria carga el estado #5 que significa pin descendiendo en el registro D200 que además se muestra en el panel táctil.

Figura 68: Descenso pin de soplado, carga de velocidad y presión.



Fuente: Autor.

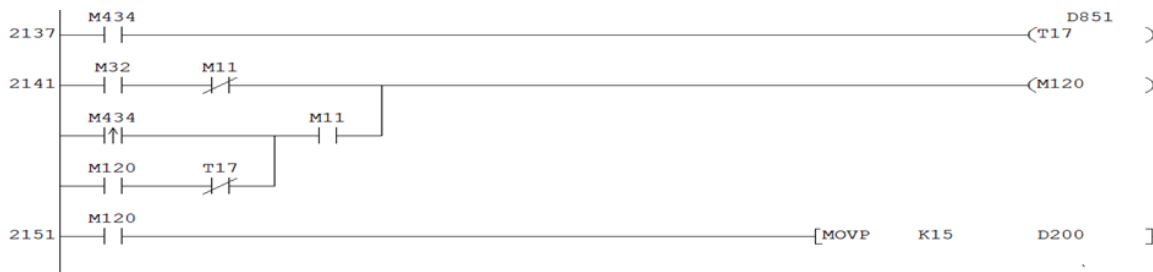
La memoria M404 inicia el descenso del pin al accionar Y003, también se carga los datos de presión y velocidad para el movimiento, además se verifica que el carro esté en la posición derecha y que el modo de funcionamiento sea automático. La memoria M759 se activa a través de la función deflexión, que no está en uso.

Figura 69: Retardo soplado.



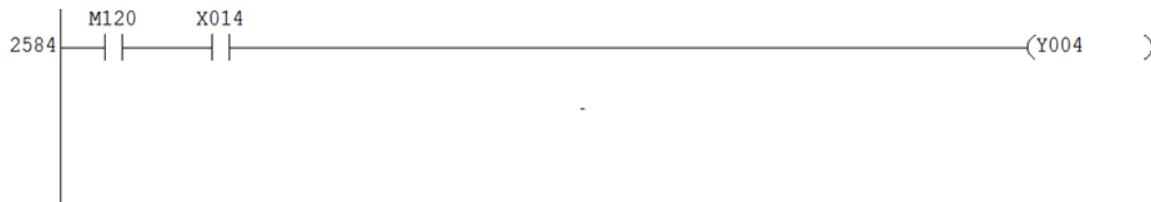
Fuente: Autor.

Figura 70: Soplado automático, manual y carga de estado.



Fuente: Autor.

Figura 71: Soplado.



Fuente: Autor.

Después del retardo de descenso del pin se activa la memoria M847, la cual da inicio al retardo del soplado, este se encuentra almacenado en el registro D869. Cuando el tiempo ha concluido se inicia el circuito de soplado, que verifica que el funcionamiento esté en modo automático y es interrumpido por el tiempo de soplado. Este pin es activado por la memoria M434 y es almacenado en el registro D851, el resultado del circuito es la memoria M120 carga el estado #15 que significa soplando, la memoria M120 activa la bobina Y004 que representa el soplado.

Figura 72: Tiempo de desfogue.



Fuente: Autor.

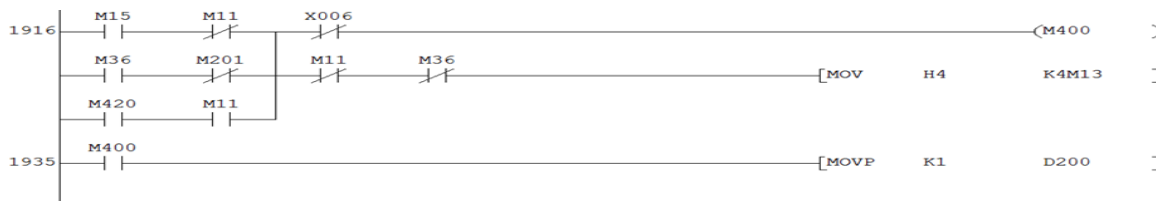
Una vez termina el soplado se inicia el tiempo de desfogue. Este estado es almacenado en el registro D859, al mismo tiempo, se carga el estado #20 que significa desfogue una vez terminado el tiempo se activa la memoria M700 la cual activa un temporizador que no está en uso T70 y este temporizador acciona la memoria M848 la cual abre el circuito de soplado.

Figura 73: Inicio apertura molde.



Fuente: Autor.

Figura 74: Apertura manual, automática y carga de estado.



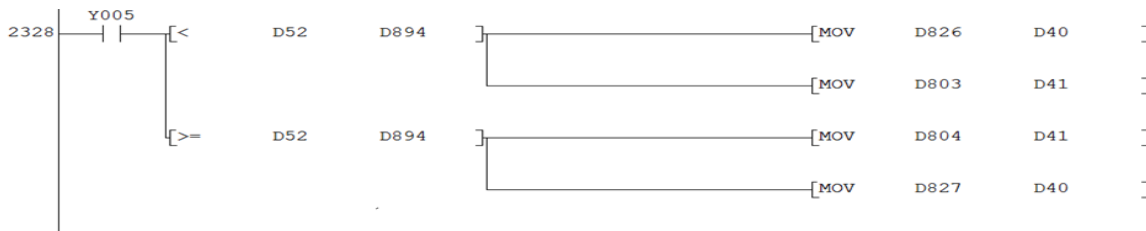
Fuente: Autor.

Figura 75: Apertura molde.



Fuente: Autor.

Figura 76: Carga presión y velocidad.



Fuente: Autor.

Figura 77: Inicio de nuevo ciclo.

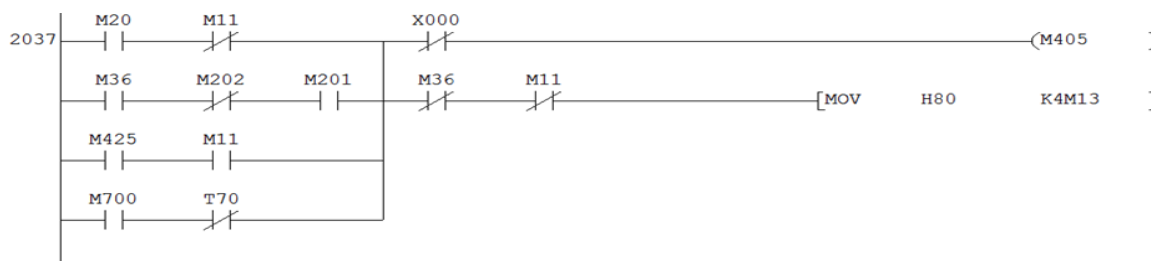


Fuente: Autor.

Una vez realizado el desfogue se acciona el circuito para abrir el molde activando la memoria M420 indicando a la memoria M400 está activa la salida Y005 y los valores de presión y velocidad según la posición en este circuito se verifica que el molde este cerrado y se bloquea una vez haya sido abierto completamente, la memoria M400 carga el estado #1 que significa abriendo molde.

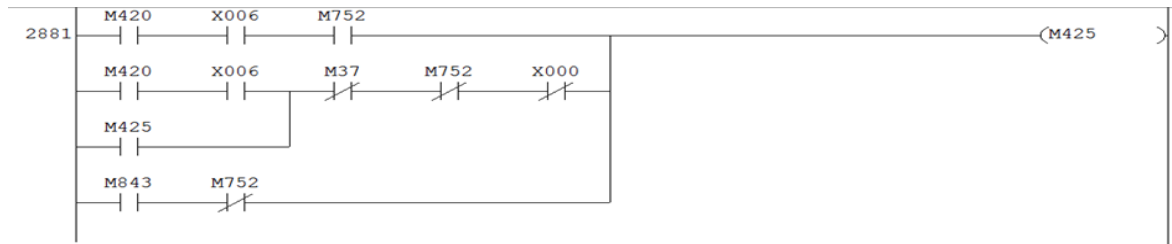
La memoria M420 inicia el circuito de reinicio de ciclo, que verifica si el molde está abierto y se encuentre en modo molde abierto pin debajo de esta forma se acciona la memoria M851 que desbloque el ultimo circuito he inicia un nuevo ciclo.

Figura 78: Subida pin de soplado automático, manual y RESET.



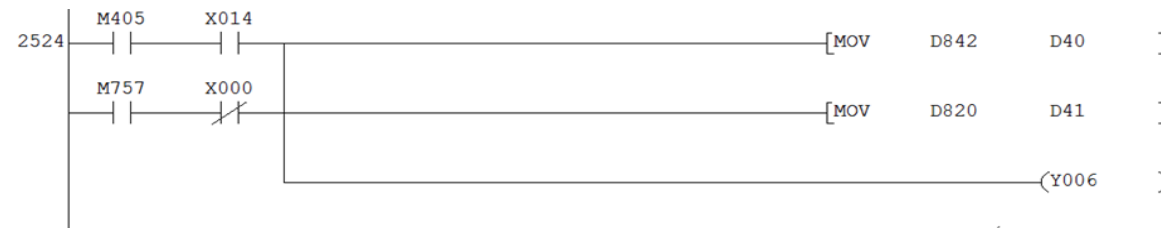
Fuente: Autor.

Figura 79: Sube pin de soplado.



Fuente: Autor.

Figura 80: Sube pin de soplado carga de velocidad y presión.



Fuente: Autor.

Después del cierre la memoria M843 se activa la memoria M425 que acciona el circuito de subida de pin de soplado. En este circuito se verifica que se esté trabajando en modo automático y que el pin de soplado este abajo, si estas condiciones se cumplen se activara la memoria M405 que a su vez, activa la salida Y006 y hace subir el pin, también carga los datos de velocidad y presión respectivos al movimiento [5], [6], [8].

7. CONFIGURACION PANEL TACTIL.

Para el manejo de la maquina se utiliza un panel táctil con referencia F94OGOT-C de la marca Mitsubishi, la cual se configura mediante el software GT-designer. En este software se realizan las diferentes pantallas a utilizar desde donde se manipularan los bits y registros del programa.

Descripción de las pantallas.

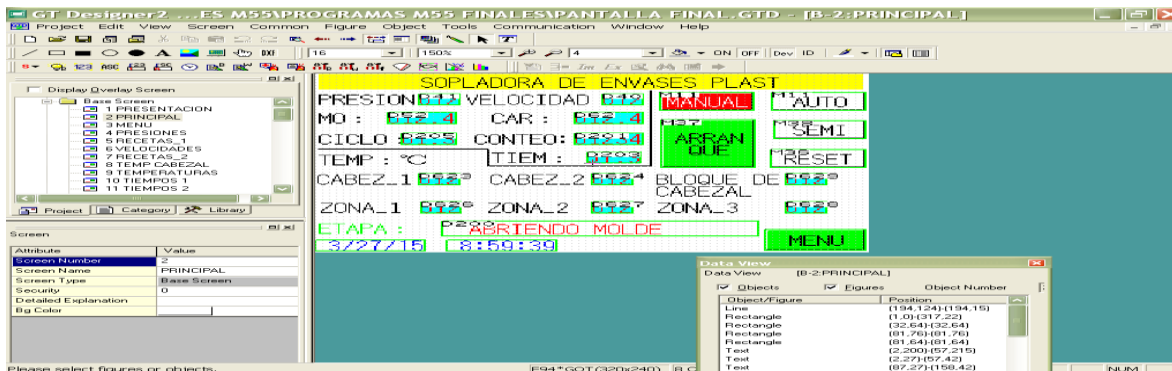
Figura 81: Pantalla de presentación.



Fuente: Autor.

La primera pantalla es la pantalla de presentación, en esta se muestra el tipo de máquina y su referencia además de acceder al menú según el idioma seleccionado español o inglés.

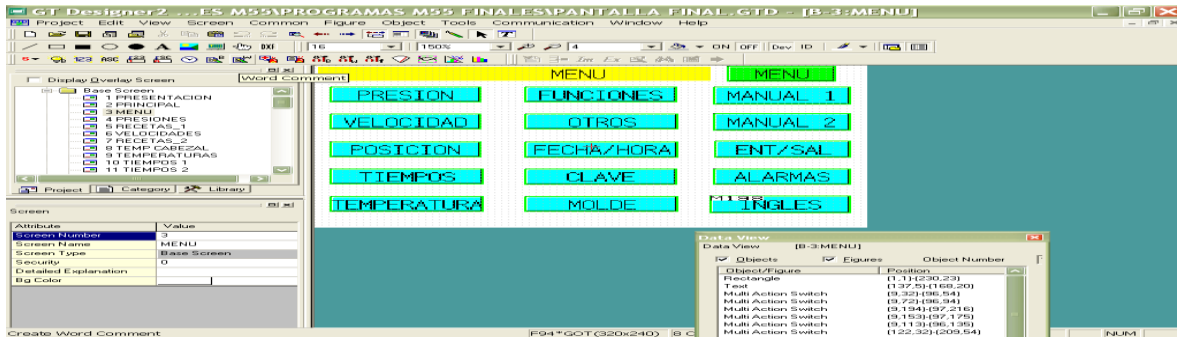
Figura 82: Pantalla principal.



Fuente: Autor.

La segunda pantalla es la pantalla principal, en donde se muestran datos como la presión y la velocidad actual de la máquina, la posición actual del carro y del molde, el tiempo actual del ciclo y del corte, las temperaturas actuales del cabezal uno y dos, del bloque cabezal de la zona uno dos y tres y finalmente se muestra el estado de la secuencia, la hora y la fecha, también se puede configurar la maquina en modo manual en modo automático y modo semiautomático además de dar arranque y RESET a la secuencia y se accede al menú.

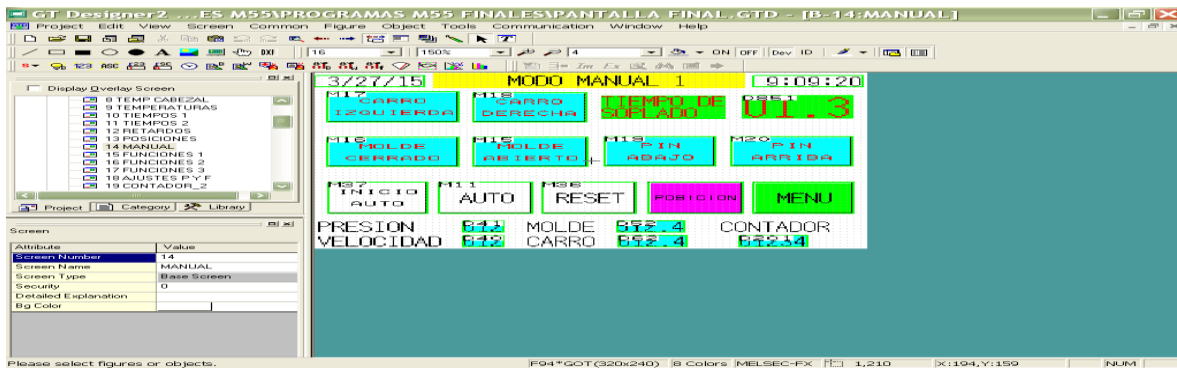
Figura 83: Pantalla menú.



Fuente: Autor.

Desde la pantalla menú se accede a todo el panorama de la máquina, se accede a los datos de precisión, velocidad, posición, tiempo y temperatura también se accede a las alarmas, a las funciones auxiliares, a otros modos de funcionamiento, a la pantalla de operación uno, a la pantalla de operación dos, a las entradas, las salidas y a las recetas de datos que no están en funcionamiento.

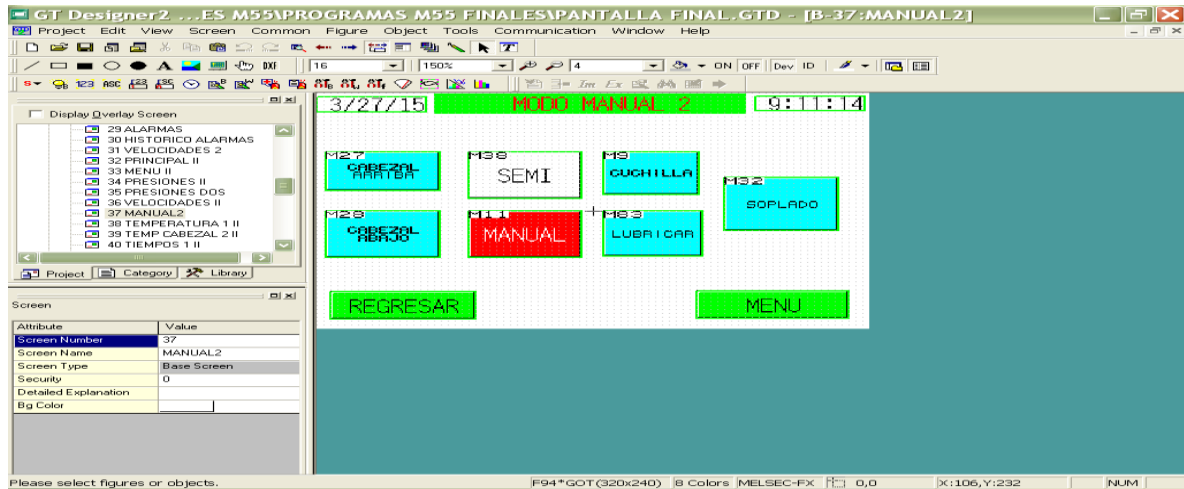
Figura 84: Pantalla modo de operación #1.



Fuente: Autor.

En la pantalla de operación #1 se pueden manipular los movimientos del carro, del molde y del pin de manera manual, también se inicia la secuencia automática mediante los botones RESET, AUTO e INICIO AUTO. En esta pantalla se puede acceder a las posiciones y al menú principal también se puede modificar directamente el tiempo de soplado y se visualizan datos como la presión, velocidad, posición y número de envases.

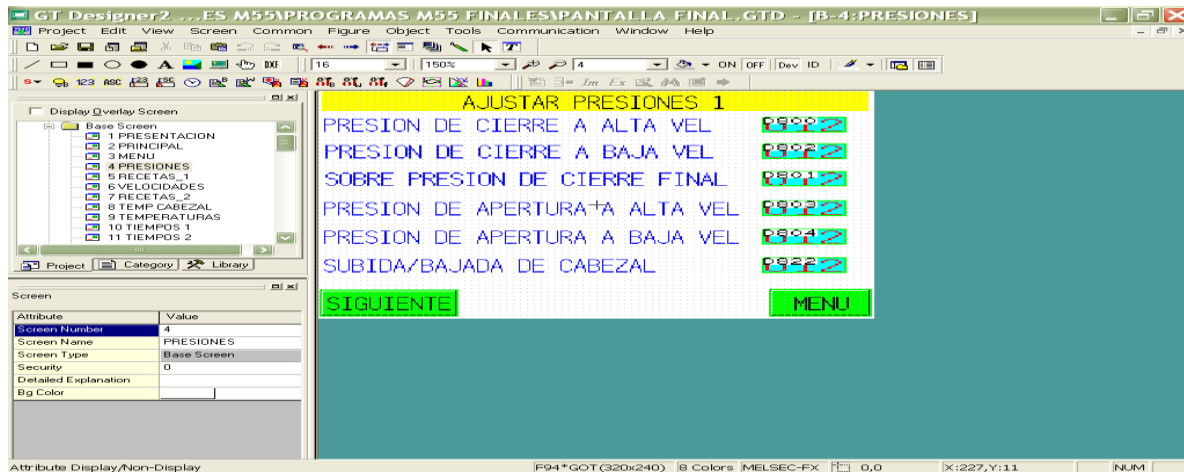
Figura 85: Pantalla modo de operación #2.



Fuente: Autor.

En la pantalla de operación #2 se puede manipular el soplado, la cuchilla, el cabezal y la lubricación también se puede operar la maquina en modo semiautomático y acceder al menú principal.

Figura 86: Pantalla de presiones 1.



Fuente: Autor.

En la pantalla de presiones 1 se ajustan los valores de la presión de cierre, apertura de molde y del cabezal.

Figura 87: Pantalla de presiones 2.



Fuente: Autor.

En la pantalla de presiones 2 se configuran las presiones del resto de movimientos que son: movimiento del carro y movimiento del pin.

Figura 88: Pantalla de velocidades 1.



Fuente: Autor.

En la pantalla de velocidades 1 se cargan los valores de velocidad para los movimientos del carro y el pin de soplado.

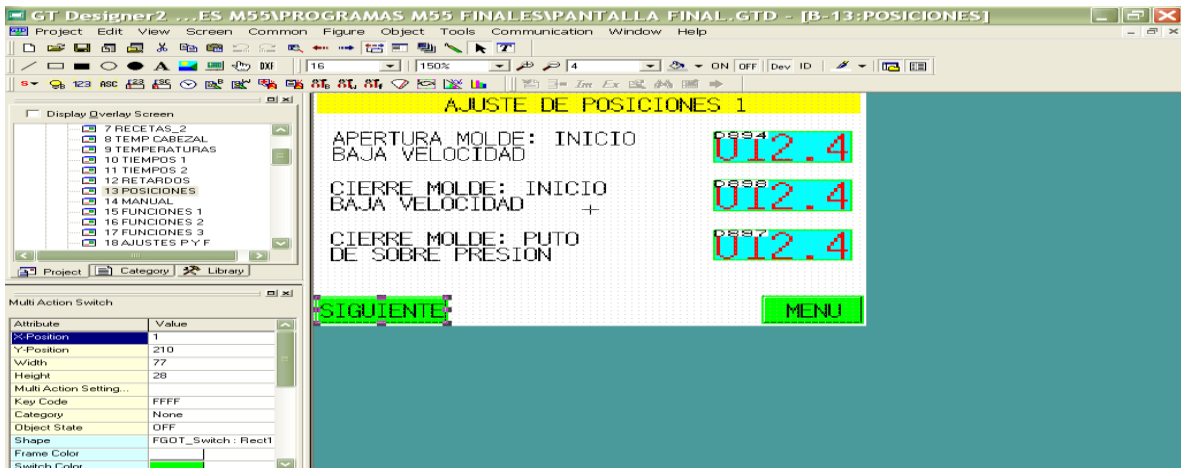
Figura 89: Pantalla de velocidades 2.



Fuente: Autor.

En la pantalla de velocidades 2 se cargan los valores restantes de velocidades de cierre, apertura de molde y cabezal.

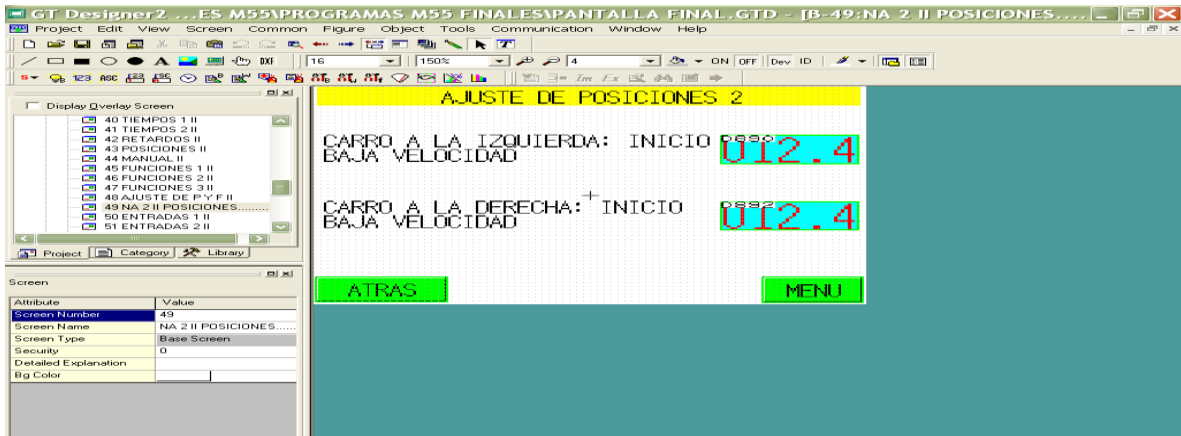
Figura 90: Pantalla de posiciones 1.



Fuente: Autor.

En la pantalla de posiciones 1 se ajusta las posiciones donde se realizan cambios de velocidades y presiones como lo son el punto de baja velocidad de cierre y apertura de molde y el punto de sobrepresión.

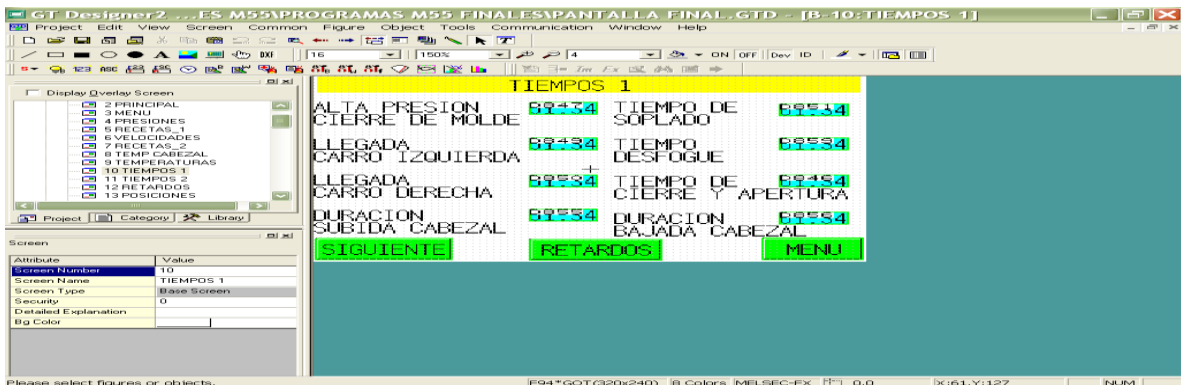
Figura 91: Pantalla de posiciones 2.



Fuente: Autor.

En la pantalla de posiciones 2 se ajustan los límites restantes como son los puntos de baja velocidad del carro.

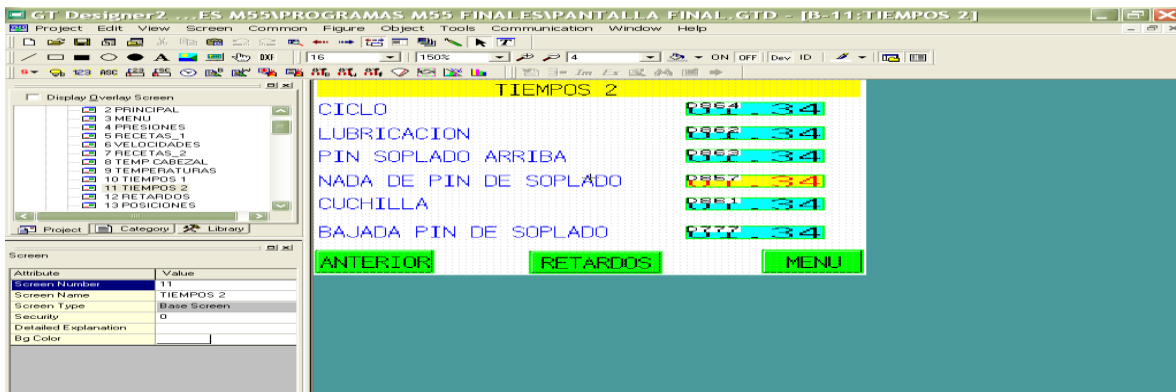
Figura 92: Pantalla de tiempos 1.



Fuente: Autor.

La pantalla de tiempos 1 se configura los tiempos máximos y los tiempos de movimiento como lo son: el tiempo máximo de cierre y apertura de molde, el tiempo máximo de movimiento carro a la izquierda y carro a la derecha, el tiempo de duración del cierre de seguridad, el tiempo de duración de la ascenso y descenso del cabezal, el tiempo de duración de soplado y el desfogue.

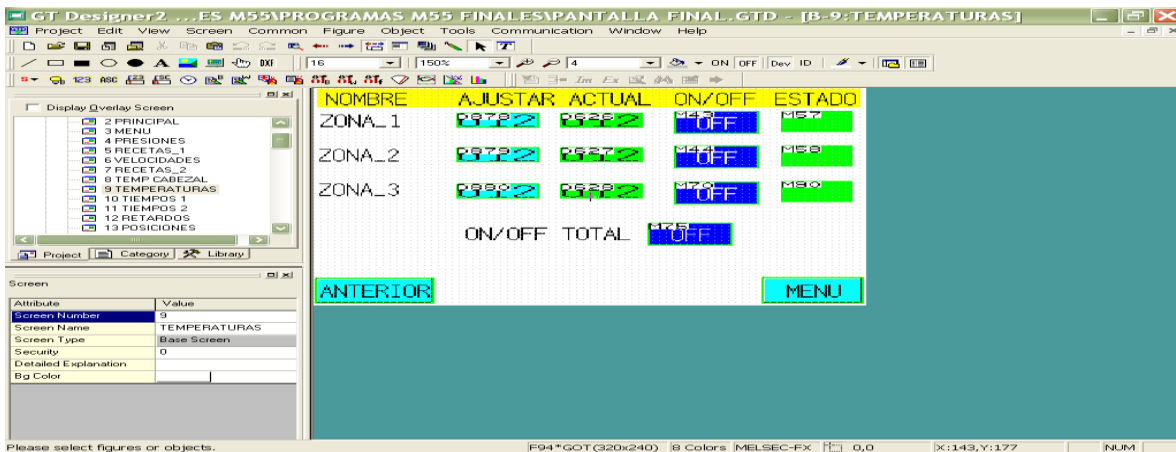
Figura 93: Pantalla de tiempos 2.



Fuente: Autor.

En la pantalla tiempos 2 se guardan los tiempos de configuración restante como lo son: la duración de la lubricación, tiempo máximo permitido en un ciclo, tiempo máximo permitido en el ascenso y descenso del pin de soplado y duración de la cuchilla afuera.

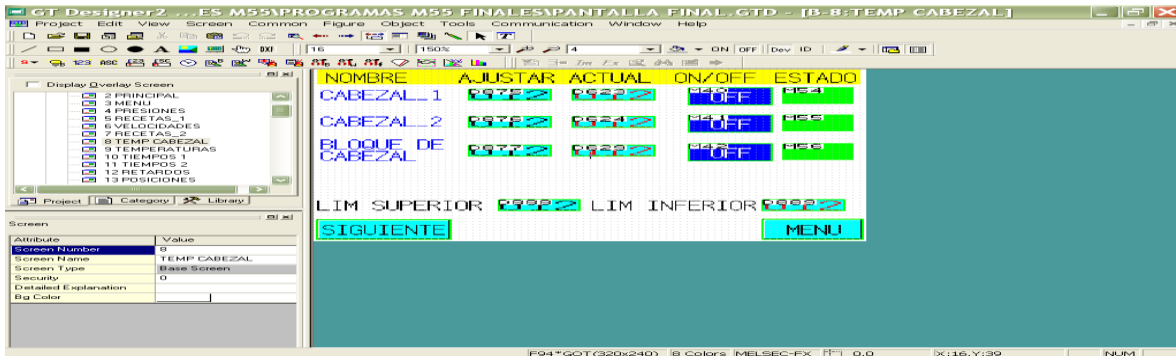
Figura 94: Pantalla de temperaturas.



Fuente: Autor.

En la pantalla de temperaturas se accionan los circuitos de calentamiento mediante los botones ON/OFF TOTAL y ON/OFF, además se cargan los valores de temperatura a los cuales se quiere llegar en la zona uno, dos y tres del barril.

Figura 95: Pantalla de temperaturas cabezal.



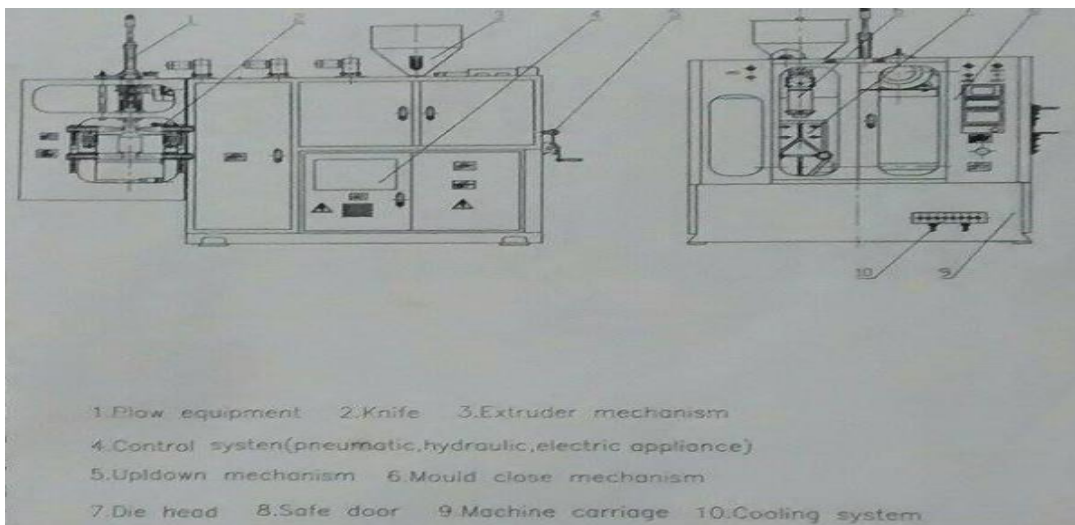
Fuente: Autor.

En la pantalla de temperatura de cabezal se habilitan los circuitos de calentamiento de la zona uno, dos del cabezal y del bloque cabezal, también se cargan los valores de temperatura deseados en cada una de las zonas [7].

8. INFORMACION ADICIONAL.

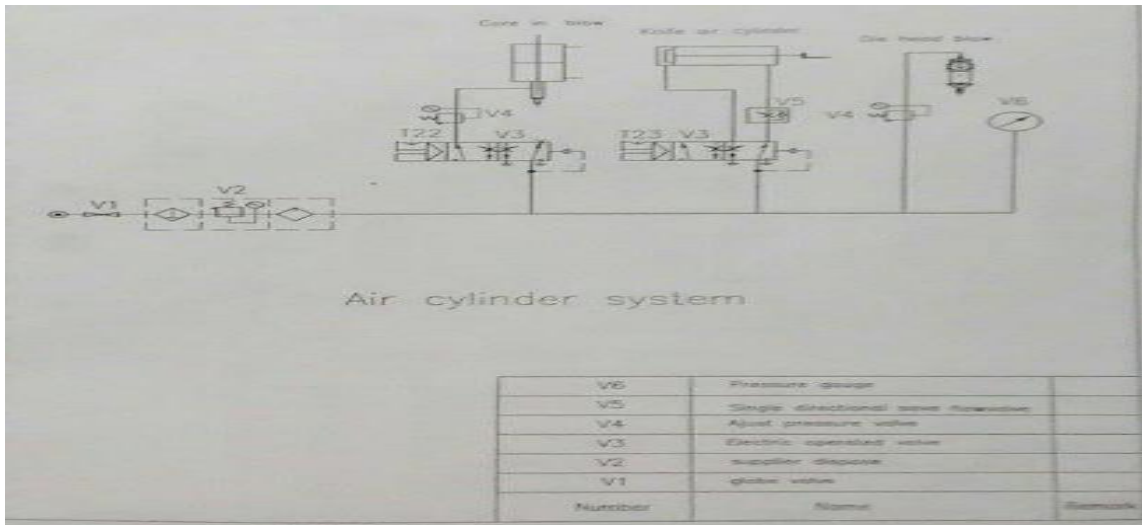
Bosquejo físico, sistema de refrigeración, planos neumáticos e hidráulico de maquina sopladora doble chorro estación sencilla MP55.

Figura 96: bosquejo físico.



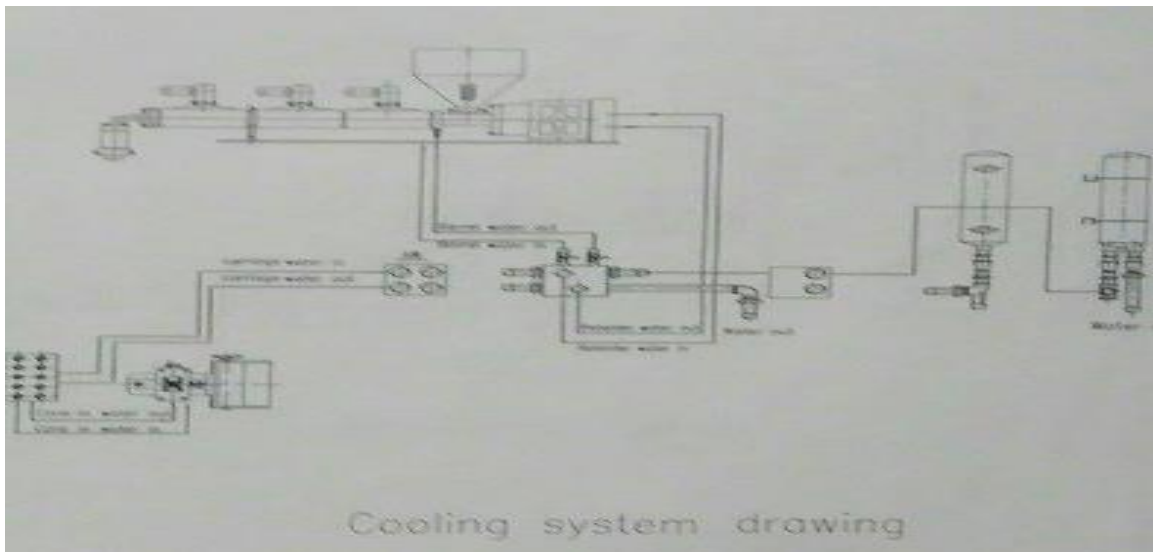
Fuente: MING PAI, MP series hollow blowing molding machinery manual book. China, 2010.

Figura 97: Plano neumático.



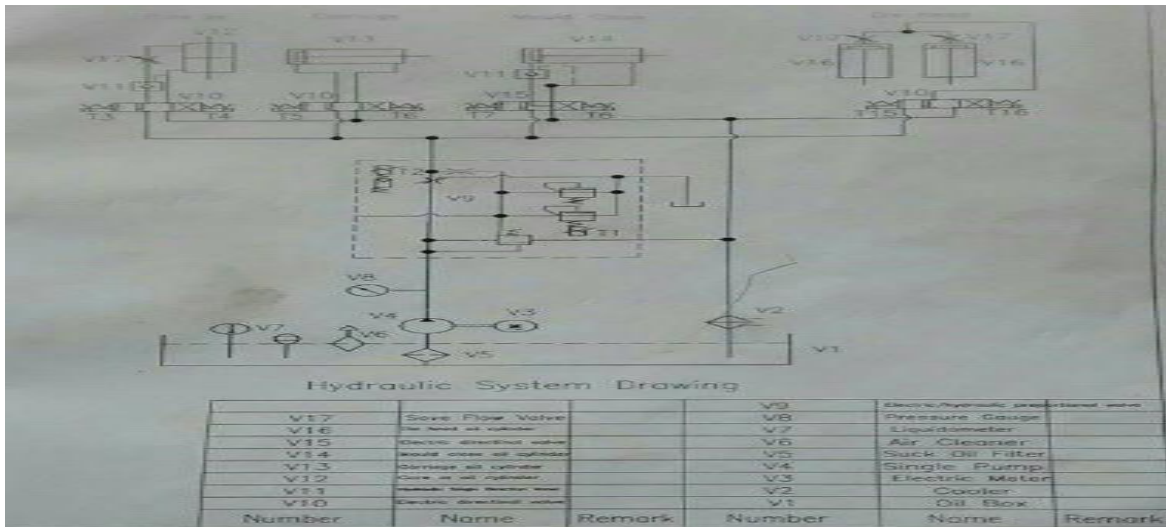
Fuente: MING PAI, MP series hollow blowing molding machinery manual book. China, 2010.

Figura 98: sistema de refrigeración.



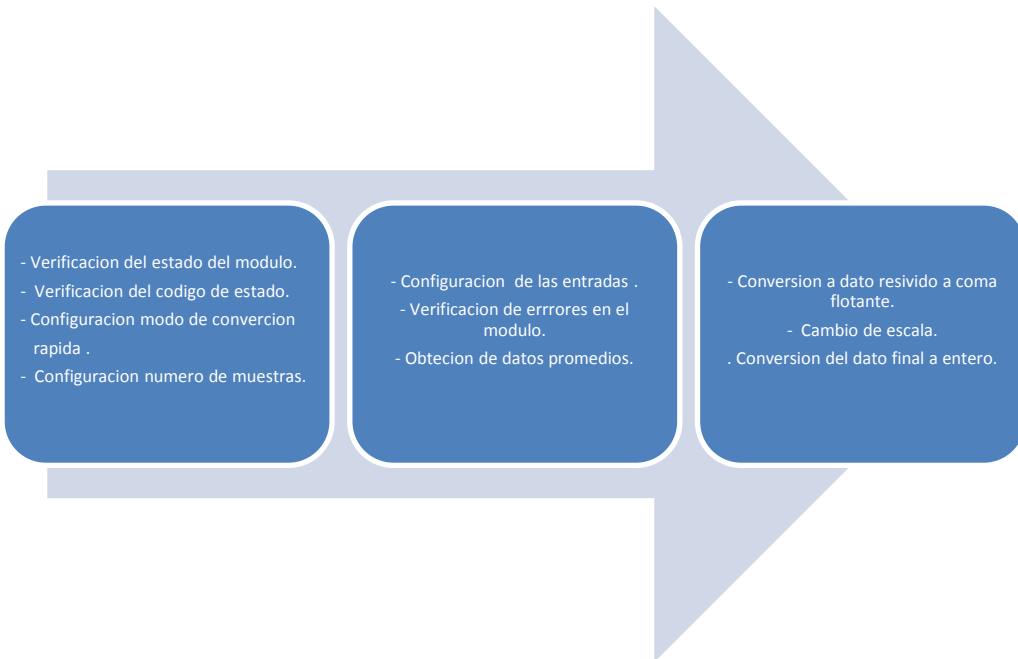
Fuente: MING PAI, MP series hollow blowing molding machinery manual book. China, 2010.

Figura 99: Plano hidráulico.



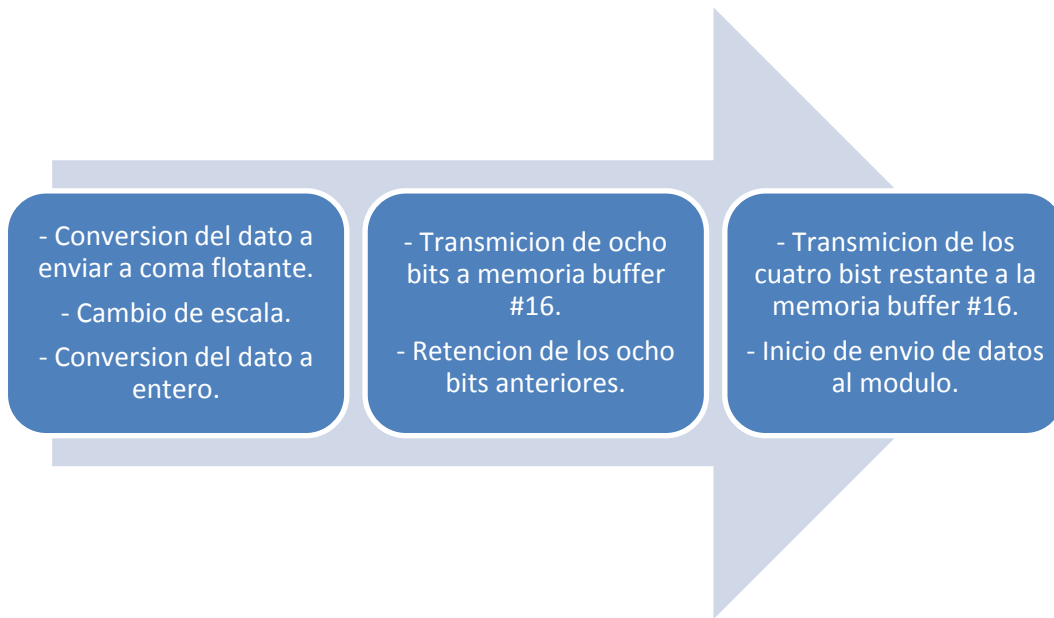
Fuente: MING PAI, MP series hollow blowing molding machinery manual book. China, 2010.

Figura 100: Configuración de módulo analógico digital FX2N-4AD (posición).



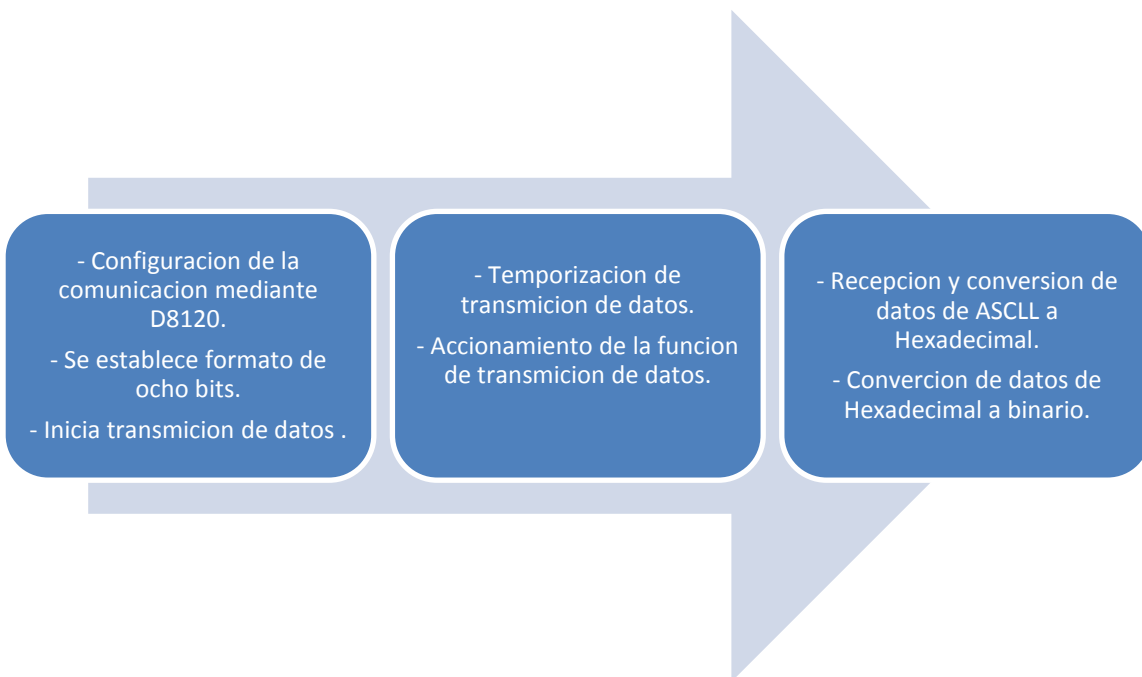
Fuente: Autor.

Figura 101: Configuración de modulo digital analógico FX2N-2DA (velocidad y presión).



Fuente: Autor.

Figura 102: Configuración de modulo adam-4018 (temperatura).



Fuente: Autor.

Figura 103: Entradas y salidas del PLC.

X0	Sensor pin arriba
X2	Sensor pin abajo
X3	Sensor carro a la derecha
X4	Sensor carro a la izquierda
X5	Molde cerrado
X6	Molde abierto
X10	Sensor puerta I
X11	Sensor puerta II
X12	Unidad hidráulica
X13	Extruder
X14	Emergencia
Y0	Carro izquierda
Y1	Cierre molde
Y2	Carro derecha
Y3	Pin soplado abajo
Y4	Soplado
Y5	Apertura molde
Y6	Pin soplado arriba
Y7	Cabezal arriba
Y10	Alarma
Y11	Cuchilla
Y12	Lubricación
Y21	Temperatura bloque cabezal
Y22	Cabezal abajo
Y23	Ventilador I
Y24	Ventilador II
Y25	Ventilador III
Y26	Extruder
Y27	Temperatura cabezal I
Y30	Temperatura Cabezal II
Y31	Temperatura zona I
Y32	Temperatura zona II
Y33	Temperatura zona III
Y34	Unidad hidráulica

Fuente: Autor.

RESULTADOS

Durante este proyecto se corrigieron errores de programación que venían por defectos de fabricación, de esta manera se hizo más eficiente la producción de envases plásticos, los errores corregidos fueron los siguientes.

La eliminación de paradas aleatorias por causas de desajuste de regletas lineales, esto se realizó al independizar los movimientos de las posiciones actuales y en remplazo se usaron las señales obtenidas por medio de finales de carrera.

Otro de los errores corregidos fue el descenso adelantado del cabezal lo cual generaba que el precursor se deformara con el movimiento del carro a la derecha, esto se solucionó al independizar el movimiento de descenso del cabezal con la llegada del carro a la derecha.

También se realizó la traducción del inglés al español de las figuras del panel táctil el cual se encontraba solo en los idiomas ingles y chino.

Se establecieron en el código de manera correcta los límites de cambio de velocidad y presión de cada movimiento, lo que generaba que los movimientos fueran muy bruscos y choques.

Se logró coordinar la secuencia de funcionamiento de manera correcta ya que anteriormente los movimientos estaban completamente ligados a tiempos, lo cual generaba una descoordinación en la secuencia al variar los datos de los tiempos incluidos en el código.

Se realizó una protección en el sistema al insertar tiempos límites de duración en cada movimiento y un tiempo máximo de ciclo, estos tiempos detectan que el sistema ha fallado al ser superados, de esta forma se evita el sobrecalentamiento en la unidad hidráulica y pérdida de energía.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para corregir los anteriores errores se llegó a diferentes conclusiones.

Para tener una secuencia coordinada no se deben ligar los movimientos completamente solamente a los tiempos intermedios puesto que esto causa que la secuencia quede dependiente a tiempos de funcionamiento específicos si no que hay que ligarlos a las señales que garanticen un movimiento completamente realizado tal como lo son las señales obtenidas por los finales de carrera.

Para garantizar un precursor adecuado después de cada corte, el movimiento del cabezal debe ser ligado con la señal de finalización del movimiento carro a la derecha, puesto que para garantizar el correcto funcionamiento estos dos movimientos deben ser netamente secuenciales.

Para definir correctamente los límites de variación de velocidad y presión en cada movimiento se tienen que usar comparaciones con altas tolerancias, puesto que por el uso continuo las regletas lineales empiezan a variar sus valores originales.

Para evitar daños en la unidad hidráulica es necesario insertar tiempos máximos de duración en cada movimiento realizado por la máquina, de esta manera se previenen sobrecargas en la unidad hidráulica al detenerse la secuencia por exceso de tiempo en cada movimiento, ya que esto indicaría que hubo un fallo en el sistema.

Finalmente como recomendación para variaciones futuras se debe tener en cuenta factores importantes como lo son generar un código dependiente de señales fijas e invariables como los finales de carrera, para garantizar una secuencia limpia y apropiada y además agregar tiempo intermedios en cada movimiento para garantizar un cambio de movimiento de manera suave y tener un control amplio sobre la secuencia.

Bibliografía:

- [1] Michel L. Berins, *Plastics Engineering Handbook*, 4th ed. New York: Van Nostrand, 1991.
- [2] Dominick Rosato, *Plastics Processing Data Handbook*, 2nd ed. London: Chapman & Hall, 1997.
- [3] D.H., Morton-Jones and Douglas M. Bryce, *Polymer Processing*, 1st ed. London: Chapman & Hall, 1991.
- [4] Jack Avery, *Injection Molding Alternatives*, 1st ed. Cincinnati: Hanser Publishers, 1998.
- [5] MITSUBISHI, *Programming Manual II the FX series of programmable controller*. 2003.
- [6] MING PAI, *MP series hollow blowing molding machinery manual book*. China, 2010.
- [7] Enrique Mandado Pérez, Jorge Marcos Acevedo, Celso Fernández Silva, and José I. Armesto Quiroga, *Autómatas programables y sistemas de automatización.*, 2nd ed., vol. 1. México: Alfa omega, 2009.
- [8] MITSUBICHI ELECTRIC, *Familia Fx Melsec controladores lógicos programables instrucciones de programación*. 2001.
- [9] Advantech Co., Ltd., *ADMA 4000 SERIES*, 7th ed. Taiwan, 2002.
- [10] Mitsubishi, *Programmable controllers Fx2N-2DA*, 5th ed. Japón, 2010.
- [11] Mitsubishi, *Programmable controllers Fx2N-4AD*, 7th ed. Japón, 2010.