



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

ESCUELA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

TEMA

**“AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA DOSIFICADORA Y
EMPACADORA DE YOGURT MARCA THIMONNIER EN LA INDUSTRIA
LECHERA CARCHI S.A.”**

AUTOR: Nazate Rosero Juan Carlos

DIRECTOR: Ing. Diego Ortiz

Ibarra – Ecuador

2014



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del norte dentro del Proyecto Repositorio Digital Institucional determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la universidad.

Por medio del presente documento dejamos sentada nuestra voluntad de participar en este proyecto, para lo cual ponemos a disposición la siguiente información:

DATOS DEL AUTOR	
CEDULA DE IDENTIDAD	040131953-8
APELLIDOS Y NOMBRES	NAZATE ROSERO JUAN CARLOS
DIRECCIÓN	TULCÁN-OLMEDO Y ARGENTINA ESQUINA
E-MAIL	xx.juankxx@hotmail.com
TELÉFONO MÓVIL	06-2985-039 - 09-9857-6796
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO	AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA DOSIFICADORA Y EMPACADORA DE YOGURT MARCA THIMONNIER EN LA INDUSTRIA LECHERA CARCHI S.A.”
AUTOR	NAZATE ROSERO JUAN CARLOS
FECHA	NOVIEMBRE DEL 2014
PROGRAMA	PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA	INGENIERO EN MECATRÓNICA
ASESOR	ING. DIEGO ORTIZ

2.- AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Juan Carlos Nazate Rosero con cédula de identidad Nro. 0401319538, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.



.....
Firma:

Nombre: Juan Carlos Nazate Rosero

C.I.: 0401319538,

.....



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Juan Carlos Nazate Rosero, con Cédula de identidad Nro. 0401319538, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la ley de propiedad intelectual del Ecuador, artículos 4, 5,6, en calidad de autor del trabajo de grado denominado: Automatización de la máquina dosificadora y empacadora de yogurt marca Thimonnier en la Industria Lechera Carchi S.A, que ha sido desarrollada para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Firma:

Nombre: Juan Carlos Nazate Rosero

C.I.: 0401319538,



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original, y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, Noviembre del 2014

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Diego Ortiz', is written over a horizontal dotted line.

Ing. Diego Ortiz

DIRECTOR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADA

CERTIFICO

Que la Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero en Mecatrónica con el tema: **AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA DOSIFICADORA Y EMPACADORA DE YOGURT MARCA THIMONNIER EN LA INDUSTRIA LECHERA CARCHI S.A**, ha sido desarrollada y terminada en su totalidad por el Sr. Juan Carlos Nazate Rosero, con cédula de identidad: 0401319538, bajo mi supervisión para lo cual firmo en constancia.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Juan Carlos Nazate Rosero', is written over a dotted line.

Firma:

Nombre: Juan Carlos Nazate Rosero

C.I.: 0401319538,



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADA

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a Dios, que gracias a su bendición de cada día ha sabido guiarme por un camino de gloria para ser lo que soy, y a mis padres que hicieron todo lo posible en el transcurso de mi vida, para que yo pudiera lograr cada uno de mis sueños propuestos, por motivarme siempre y brindarme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento.

JUAN CARLOS



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADA

AGRADECIMIENTO

Agradezco a toda mi familia y a las personas que supieron darme la mano para culminar este trabajo. Cada cosa, cada concejo, cada ayuda supo ser un apoyo para motivarme a conseguir todo hasta el momento.

JUAN CARLOS

RESUMEN

El presente trabajo es la descripción de la automatización de la máquina dosificadora y empacadora de yogurt marca Thimonnier, realizado con la finalidad de aumentar la eficiencia de la máquina, mejorar la producción y calidad del proceso, solucionando problemas existentes. El mayor de ellos un sistema de control obsoleto, cuyo principio se basa en un árbol de levas y un moto-reductor que hace girar al conjunto de levas accionando micro relés para conseguir una sincronización del proceso de la máquina de los diferentes actuadores. El trabajo principal fue el diseño e implementación del nuevo sistema de control, utilizando un PLC de gama baja que controla todas las salidas utilizadas para el funcionamiento de la dosificadora, como son: actuadores neumáticos, válvulas, sensores y una fechadora. La capacidad de producción es 23 fundas de 100ml de yogurt por minuto. También se implementó un sistema de llenado a la tolva de yogurt mediante una bomba eléctrica y un control de nivel. El tipo de dosificado utilizado en el proceso es por gravedad aprovechando la posición de la tolva.

ABSTRACT

The present work is the description of machine automation dosing and packing yogurt brand Thimonnier, carried out in order to increase the efficiency of the machine, to improve the production and quality of the process, solving existing problems. The largest of them a control system obsolete, whose principle is based on a camshaft and a Motor-reducer that spins to the camshaft set triggering micro relays to achieve synchronization of the different actuators machine process. The main work was the design and implementation of the new control system, using a PLC of low-end that controls all outputs used for the dosing operation, such as: pneumatic actuators, valves, sensors and a date. The production capacity is 23 bags of 100ml of yogurt per minute. Also implemented a system of filling the hopper of yogurt by an electric pump and level control. The type of filling used in the process is gravity taking advantage of the position of the hopper

ÌNDICE DE CONTENIDO

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN.....	II
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.....	IV
CONSTANCIAS.....	V
CERTIFICO	VI
DEDICATORIA	VII
AGRADECIMIENTO	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT	X
ÌNDICE DE CONTENIDO	XI
ÌNDICE DE TABLAS.....	XV
ÌNDICE DE FIGURAS.....	XVII
ÌNDICE DE ECUACIONES	XX
CAPÌTULO I	1
1 MÈTODOS TEÒRICOS	1
1.1 AUTOMATIZACIÓN DE MÁQUINAS.....	1
1.2 ANTECEDENTES DE LAS MÁQUINAS DOSIFICADORAS DE LÍQUIDOS.....	1
1.3 TIPOS DE DOSIFICADO.....	2
1.3.1 DOSIFICADOR VOLUMÈTRICO.....	2
1.3.2 DOSIFICADOR A TORNILLO SIN FIN.....	3
1.3.3 DOSIFICADOR A PISTÓN.....	4
1.3.4 DOSIFICADOR POR GRAVEDAD.....	5
1.3.5 DOSIFICADOR POR MEDIO DE BALANZA MULTICABEZAL	6
1.3.6 DOSIFICADOR CON CANALES VIBRATORIOS.....	7
1.4 TÉCNICAS DE SELLADO DE PLÁSTICOS.....	8
1.4.1 SELLADO POR ULTRA FRECUENCIA	9
1.4.2 SELLADO POR GAS CALIENTE.....	9

1.4.3 SELLADO POR RESISTENCIAS ELÉCTRICAS.....	9
1.4.4 SELLADO POR IMPULSO ELÉCTRICO.....	9
1.5 MEDICIÓN DE NIVEL DE LÍQUIDOS	10
1.5.1 MÉTODO DE MEDICIÓN POR SONDA	11
1.5.2 MÉTODO DE MEDICIÓN POR AFORACIÓN	11
1.5.3 MÉTODO DE MEDICIÓN POR INDICADOR DE CRISTAL	11
1.5.4 MÉTODO DE MEDICIÓN POR FLOTADOR-BOYA.....	12
1.6 BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO.....	13
1.6.1 BOMBAS ROTOESTÁTICAS.....	14
1.6.1.1 BOMBAS LOBULARES	14
CAPÍTULO II	17
2 DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA DOSIFICADORA Y EMPACADORA DE LÍQUIDOS DE MARCA THIMONNIER CON CONTROL MECÁNICO	17
2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL.....	17
2.1.1 RESUMEN DE PROBLEMAS DE LA MÁQUINA	21
CAPÍTULO III	22
3 DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL	22
3.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL.....	22
3.1.1 DESCRIPCIÓN Y SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE CONTROL.....	22
3.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE POTENCIA.....	34
3.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELECTRO NEUMÁTICO	39
3.3.1 SELLADO Y CORTE.....	39
3.3.2 IMPRESIÓN DE FECHA.....	47
3.3.3 DOSIFICACIÓN.....	49
3.4 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DEL CONTROL DE NIVEL	50
3.4.1 SELECCIÓN DE LA BOMBA	51
3.4.2 DISEÑO Y SELECCIÓN DEL CONTROL DE NIVEL	54
3.4.3 FLUJOGRAMA DEL SISTEMA DE CONTROL DE NIVEL.....	61

CAPÍTULO IV	62
4 PROGRAMACIÓN DEL SOFTWARE	62
4.1 DETERMINACIÓN DE LA SECUENCIA DE TIEMPOS DEL SISTEMA DE LEVAS	62
4.2 IDENTIFICACIÓN DE ENTRADAS Y SALIDAS	66
4.3 FLUJOGRAMA DEL SISTEMA AUTOMÁTICO	68
4.4 DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE	69
CAPÍTULO V	71
5 IMPLEMENTACIÓN, PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	71
5.1 MONTAJE DEL SISTEMA ELECTRO-NEUMÁTICO.	71
5.2 MONTAJE DEL SISTEMA DE CONTROL.	75
5.3 MONTAJE DEL SISTEMA DE POTENCIA.	78
5.4 MONTAJE DEL SISTEMA DE CONTROL DE NIVEL.	79
5.5 PRUEBAS DEL FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA.	81
5.5.1 PRUEBAS DEL SISTEMA NEUMÁTICO	81
5.5.2 PRUEBAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO	82
5.5.3 PRUEBAS DEL SISTEMA DEL CONTROL DE NIVEL	82
5.6 ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA.	82
CAPÍTULO VI	86
6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	86
6.1 CONCLUSIONES.	86
6.2 RECOMENDACIONES.	87
BIBLIOGRAFÍA	88
ANEXO A: MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	91
ANEXO B: CATÁLOGO DE BOMBAS INOXMIM	102
ANEXO C: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS BOMBA LOBULAR	106
ANEXO D: PROGRAMA DEL PLC	109
ANEXO E: PROGRAMA LOGO! TD	111
ANEXO F: PLANOS NEUMÁTICOS	112

ANEXO G: PLANO ELÉCTRICO	115
ANEXO H: PLANO CONTROL DE NIVEL	117
ANEXO I: FUNCIÓN VÁLVULAS DE AIRE.....	119

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE PLCS	23
TABLA 2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PLC LOGO!	25
TABLA 3. CARACTERÍSTICA TÉCNICAS MÓDULO DE AMPLIACIÓN LOGO! DM8	26
TABLA 4. CARACTERÍSTICAS DE FUENTE MARCA DELTA	27
TABLA 5. CARACTERÍSTICAS DE CONTADORES DIGITALES.....	28
TABLA 6. CARACTERÍSTICAS CONTADOR HANYOUNG, SERIE GE4 P61A	29
TABLA 7. SENSORES DE MARCA DE REGISTRO.....	30
TABLA 8. CARACTERÍSTICAS SENSOR DE MARCA DE REGISTRO BANNER R58E	31
TABLA 9. CARACTERÍSTICAS DEL RELÉ MARCA FINDER	33
TABLA 10. CARACTERÍSTICAS DE RELEVADORES.....	33
TABLA 11. PROPIEDADES DEL POLIETILENO.....	34
TABLA 12. MATERIALES UTILIZADOS EN LA TARJETA DE POTENCIA	36
TABLA 13. CARACTERÍSTICAS DE LOS TRANSFORMADORES UTILIZADOS EN LAS TARJETAS DE POTENCIA	37
TABLA 14. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL CILINDRO NEUMÁTICO- MORDAZA VERTICAL.....	39
TABLA 15. CARACTERÍSTICAS DE CILINDROS NEUMÁTICOS- MORDAZA VERTICAL.	40
TABLA 16. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL CILINDRO NEUMÁTICO- MORDAZA HORIZONTAL.....	41
TABLA 17. CARACTERÍSTICAS DE CILINDROS NEUMÁTICOS- MORDAZA HORIZONTAL	42
TABLA 18. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE ELECTROVÁLVULAS.....	43
TABLA 19. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA ELECTROVÁLVULA.....	44
TABLA 20. CARACTERÍSTICAS DE UNIDADES DE MANTENIMIENTO.....	45
TABLA 21. CARACTERÍSTICAS DE LA UNIDAD DE MANTENIMIENTO MARCA PARKER	46

TABLA 22. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL CODIFICADOR NEUMÁTICO.....	48
TABLA 23. MARCAS DE CODIFICADORES NEUMÁTICOS	48
TABLA 24. CARACTERÍSTICAS DEL CILINDRO DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN.....	50
TABLA 25. CARACTERÍSTICA DE BOMBA LOBULAR	53
TABLA 26. CARACTERÍSTICAS DE LAS DIFERENTES MARCAS DE BREAKES.....	55
TABLA 27. CARACTERÍSTICAS DEL INTERRUPTOR TERMO MAGNÉTICO LS	56
TABLA 28. CARACTERÍSTICAS CONTACTOR LS	57
TABLA 29. CARACTERÍSTICAS DEL RELÉ TÉRMICO LS.....	58
TABLA 30. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL RELÉ TEMPORIZADOR AC800	60
TABLA 31. TIEMPOS DE ACTIVACIÓN Y ESPERA DEL SISTEMA DE LEVAS.....	66
TABLA 32. DESCRIPCIÓN DE LAS ENTRADAS DEL PLC	67
TABLA 33. DESCRIPCIÓN DE LAS SALIDAS DEL PLC.....	67
TABLA 34. SECUENCIA DE LOS ELEMENTOS QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE LA MÁQUINA.....	69
TABLA 35. ANÁLISIS DEL SELLADO VERTICAL.....	83
TABLA 36. ANÁLISIS DEL SELLADO Y CORTE HORIZONTAL.....	84
TABLA 37. ANÁLISIS DEL DOSIFICADO.....	84

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. DOSIFICADOR VOLUMÉTRICO DE GRANOS.....	3
FIGURA 2. DOSIFICADOR A TORNILLO SIN FIN	4
FIGURA 3. DOSIFICADOR A PISTÓN.....	5
FIGURA 4. DOSIFICADOR POR GRAVEDAD	6
FIGURA 5. DOSIFICADOR DE BALANZA MULTICABEZAL	7
FIGURA 6. DOSIFICADOR CON CANALES VIBRATORIOS	8
FIGURA 7. SELLADO POR IMPULSO ELÉCTRICO	10
FIGURA 8. MEDICIÓN POR AFORACIÓN.....	11
FIGURA 9. MEDICIÓN DE AGUA POR INDICADOR DE CRISTAL DE UN CALDERO	12
FIGURA 10. MEDICIÓN DE AGUA EN UNA PISCINA POR FLOTADOR-BOYA DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.....	13
FIGURA 11. BOMBA ROTOESTÁTICA DE PALETAS DESLIZANTES	14
FIGURA 12. BOMBAS LOBULARES.....	15
FIGURA 13. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LAS BOMBAS LOBULARES	15
FIGURA 14. CUELLO DE ACERO INOXIDABLE	17
FIGURA 15. MORDAZA VERTICAL	18
FIGURA 16. ÁRBOL DE LEVAS.....	19
FIGURA 17. DOSIFICADOR.....	20
FIGURA 18. CONTROL DE MANDO	20
FIGURA 19. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA EN GENERAL	22
FIGURA 20. PLC SIEMENS LOGO! 12/24 RC	24
FIGURA 21. MÓDULO DE AMPLIACIÓN LOGO! DM8	26
FIGURA 22. FUENTE DE ALIMENTACIÓN DELTA	27
FIGURA 23. CONTADOR HANYOUNG, SERIE GE4 P61A	29
FIGURA 24. SENSOR DE MARCA DE REGISTRO BANNER R58E.....	31
FIGURA 25. RELÉ MARCA FINDER	32

FIGURA 26. TARJETA DE POTENCIA SELLADO VERTICAL.....	35
FIGURA 27. TARJETA DE POTENCIA SELLADO HORIZONTAL.....	36
FIGURA 28. RESPUESTA DE LA TARJETA DE POTENCIA.....	38
FIGURA 29. ELECTROVÁLVULA FESTO.....	44
FIGURA 30. UNIDAD DE MANTENIMIENTO MARCA PARKER.....	46
FIGURA 31. CODIFICADOR NEUMÁTICO.....	47
FIGURA 32. INTERRUPTOR TERMO MAGNÉTICO.....	56
FIGURA 33. CONTACTOR LS.....	57
FIGURA 34. RELÉ TÉRMICO LS.....	58
FIGURA 35. MICROSWITCH.....	59
FIGURA 36. RELÉ TEMPORIZADOR ON-DELAY.....	60
FIGURA 37. FLUJOGRAMA DEL CONTROL DE NIVEL.....	61
FIGURA 38. LEVA DE DISCO.....	62
FIGURA 39. DIAGRAMA DE DESPLAZAMIENTO DE LA LEVA Y EL SEGUIDOR.....	63
FIGURA 40. DIAGRAMA DE DESPLAZAMIENTO CON MOVIMIENTO CICLOIDAL.....	63
FIGURA 41. SECUENCIA DE LAS LEVAS.....	65
FIGURA 42. FLUJOGRAMA DEL SISTEMA AUTOMÁTICO DE LA MÁQUINA.....	68
FIGURA 43. DESPIECE DEL CILINDRO NEUMÁTICO DE LA MORDAZA HORIZONTAL.....	71
FIGURA 44. MONTAJE DE LOS ELEMENTOS DEL SELLADO VERTICAL.....	72
FIGURA 45. MONTAJE DE LOS ELEMENTOS DEL SELLADO HORIZONTAL.....	72
FIGURA 46. MONTAJE DE ELECTROVÁLVULAS.....	73
FIGURA 47. CODIFICADOR NEUMÁTICO UTILIZADO EN LA MÁQUINA.....	74
FIGURA 48. MONTAJE DEL CILINDRO DOSIFICADOR.....	74
FIGURA 49. CILINDRO DOSIFICADOR.....	75
FIGURA 50. MONTAJE TABLERO DE CONTROL.....	76
FIGURA 51. MONTAJE DE ELEMENTOS.....	77
FIGURA 52. MONTAJE DE LAS TARJETAS DE POTENCIA.....	78
FIGURA 53. MONTAJE DE LOS TRANSFORMADORES.....	78

FIGURA 54. MONTAJE DEL TABLERO DE CONTROL DE NIVEL.....	79
FIGURA 55. ELEMENTOS A SER INSTALADOS EN EL CONTROL DE NIVEL.....	79
FIGURA 56. MONTAJE MICRO SWITCH.....	80
FIGURA 57. IMPLEMENTACIÓN DE LA BOMBA	80
FIGURA 58. MONTAJE DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE CONTROL DE NIVEL .	81

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1. TIEMPO DE RESPUESTA	38
ECUACIÓN 2. CAUDAL DEL SISTEMA	51
ECUACIÓN 3. ÁREA DE LA BASE DEL RECIPIENTE.....	51
ECUACIÓN 4. VOLUMEN DEL RECIPIENTE	52
ECUACIÓN 5. CÁLCULO DE POTENCIA	54
ECUACIÓN 6. CORRIENTE A PLENA CARGA.....	54
ECUACIÓN 7. DESPLAZAMIENTO DE SUBIDA.....	64
ECUACIÓN 8. DESPLAZAMIENTO DE BAJADA	64

CAPÍTULO I

1 MÉTODOS TEÓRICOS

1.1 AUTOMATIZACIÓN DE MÁQUINAS.

La historia de la automatización industrial se basa por los diferentes periodos de innovaciones tecnológicas. Su importancia se basa en realizar procesos totalmente continuos a través de series programadas. Procesos automáticos con capacidad de autocontrol y auto corrección de errores.

Mediante la implementación de la automatización electro-mecánica y sistemas de automatización de cualquier industria se obtiene una mejora importante de todos los procesos productivos, siendo mucho más competitivos para en mercado. Hoy en día es posible automatizar una gran variedad de procesos industriales mediante la implementación de autómatas programables, robots, sistemas de control, para conseguir una secuencia de un proceso con tiempos menores a los que se obtendrían al realizar de una forma manual o semiautomática, cuyo fin es el de garantizar la optimización de cualquier proceso para la industria.

1.2 ANTECEDENTES DE LAS MÁQUINAS DOSIFICADORAS DE LÍQUIDOS.

“Los hermanos John e Isaías Hyatt construyeron y patentaron la primera máquina dosificadora en 1872 y no podían imaginar el impacto que su invención iba a tener en la industria y en la sociedad” (Beltran Sánchez & Cepeda Sánchez, 2008).

La primera máquina de dosificación consistía en un pistón que contenía en la cámara derivados celulósicos fundidos y era accionada manualmente. Era un diseño derivado de los métodos para obtener piezas metálicas. Sin embargo, varias décadas después se atribuye a Foster Grant (en 1934) la primera máquina de dosificación hidráulica, la cual requería de moldes más resistentes y de mayor productividad. (Plástico, 2003)

Hoy en día se encuentran compañías que se dedican a la fabricación de máquinas de dosificación como es la compañía Thimonnier y Gusther que se enfocan a la automatización de dichas máquinas y cuentan con equipos de dosificación para Cualquier tipo de productos líquidos, capaces de adecuarse a las necesidades de la industria.

1.3 TIPOS DE DOSIFICADO.

“Los equipos de envasado, no manuales, utilizan distintos tipos de dosificadores dependiendo del producto que se trabaje. La función del dosificador es fraccionar de forma precisa y autónoma el producto a envasar” (Acevedo B, 2013).

Los tipos de dosificado más comunes son:

- Dosificador volumétrico.
- Dosificador a tornillo sin fin.
- Dosificador a pistón.
- Dosificador por gravedad.
- Dosificador por medio de balanza multi-cabezal.
- Dosificador con canales vibratorios

1.3.1 DOSIFICADOR VOLUMÉTRICO.

Consiste de una tolva que acumula el producto a envasar y un número determinado de vasos telescópicos que contendrán la cantidad de producto que se ubicará en un envase, como se muestra en la figura 1. La tolva puede ser alimentada por una persona o por un elevador que es manejado de forma automática por la envasadora. La cantidad de vasos depende directamente del producto a envasar y las dimensiones de la bolsa que la máquina realizará. Este dosificador está diseñado para productos sólidos homogéneos tales como azúcar, garbanzos, porotos, maíz, lentejas, confites, pan rallado, arroz, café en granos, sal, etc. (Vescovo, 2009)



FIGURA 1. Dosificador volumétrico de granos

Fuente: Autor

1.3.2 DOSIFICADOR A TORNILLO SIN FIN.

A igual que el dosificador volumétrico éste consiste de una tolva que también puede ser alimentada de forma manual o automática. Dentro de la tolva se encuentra un tornillo sin fin que es controlado por la envasadora. Dependiendo del tipo de producto a dosificar y el engranaje del envase se ajusta la cantidad de vueltas que el tornillo girará. La Figura 2 muestra un dosificador a tornillo sin fin que dependiendo la cantidad de envases o el ancho del mismo se puede requerir más de un tornillo dentro de la tolva. Está diseñado para productos en polvo como pimienta, pimentón, colorantes, orégano, etc. (Vescovo, 2009)



FIGURA 2. Dosificador a tornillo sin fin

Fuente: (Vescovo, 2009)

1.3.3 DOSIFICADOR A PISTÓN

Se utiliza para productos líquidos y semilíquidos. Este consiste en uno o más recipientes herméticos donde se ubica el líquido y mediante uno o más pistones el producto es desalojado del recipiente y llevado hacia un pico que se ubica en el interior de la bolsa ya confeccionada por la envasadora. La Figura 3 indica un dosificador a pistón el cual es ideal para productos líquidos densos o viscosos como shampoo, yogur, grasa, tomate triturado, jaleas, dulce de membrillo, etc. También se puede utilizar para líquidos como agua, jugos, vinos, etc. (Vescovo, 2009)



FIGURA 3. Dosificador a pistón

Fuente: Autor

1.3.4 DOSIFICADOR POR GRAVEDAD

El líquido se coloca en un tanque que normalmente es alimentado por un tanque principal, donde un flotador colocado en el interior habilita o deshabilita la alimentación del mismo. En la parte inferior posee una llave de paso que es controlada por la envasadora, el cual, permite el paso del líquido en el momento preciso. Se utiliza para productos líquidos como agua, jugos, salmuera, vinos, y viscosos como yogurt, aceite, etc. (Vescovo, 2009)



FIGURA 4. Dosificador por gravedad

Fuente: (Vescovo, 2009)

1.3.5 DOSIFICADOR POR MEDIO DE BALANZA MULTICABEZAL

Es el medio más preciso y rápido en la actualidad para el dosificado de sólidos homogéneos y no homogéneos. Dada su gran velocidad este tipo de dosificador no puede ser alimentado de forma manual, es obligatorio para él el uso de un elevador de producto. El dosificador de balanza multicabezal de la Figura 5 consiste de múltiples recipientes donde se aloja el producto a envasar, éstos contienen celdas de cargas en su interior para medir el peso que tienen. Cada recipiente tiene un peso menor que el del envase, mediante la mejor combinación de los distintos pesos que contiene cada recipiente se logra llegar al peso buscado para el envase. Se utiliza para envasar todo tipo de sólidos homogéneos y no homogéneos como legumbres en general, snacks, confites, caramelos, gomitas, tornillos y un largo etcétera. (Vescovo, 2009)



FIGURA 5. Dosificador de balanza multicabezal

Fuente: (Vescovo, 2009)

1.3.6 DOSIFICADOR CON CANALES VIBRATORIOS

Este dosificador se utiliza con productos de fácil caída, como pasta, caramelos, productos deshidratados, partículas no homogéneas, etc., así como con otros productos que no pueden ser dosificados con un dosificador convencional. El dosificador vibratorio de la Figura 6 está compuesto por una tolva vibratoria de acero inoxidable y canales vibratorios grandes y chicos que va dosificando el producto continuamente a una balanza, sincronizados automáticamente con cada ciclo de máquina. (Vescovo, 2009)



FIGURA 6. Dosificador con canales vibratorios

Fuente: (Vescovo, 2009)

1.4 TÉCNICAS DE SELLADO DE PLÁSTICOS

Un aspecto muy importante en las máquinas empacadoras es el material de envase a utilizar. La selección de éste se determina por varios factores que incluyen la naturaleza del producto, sus parámetros de marketing y el sistema de distribución que se utilice. El material seleccionado tiene una influencia vital así como los sistemas de sellado a utilizar por la máquina envasadora. Para esta parte vital del proceso de empaque, en la industria pueden encontrarse diferentes técnicas de sellado. (Santacruz Figueroa & Suarez Rubio, 2007).

- Sellado por ultra frecuencia
- Sellado por gas caliente
- Sellado por resistencias eléctricas
- Sellado por impulso eléctrico

1.4.1 SELLADO POR ULTRA FRECUENCIA

El sistema de ultra frecuencia o método dieléctrico es usado para sellar materiales como el cloruro de polivinilo (PVC) y su funcionamiento consiste en colocar el termoplástico entre dos electrodos usándolo a manera de dieléctrico. Cuando un material como el PVC es expuesto a corrientes de alta frecuencia la fricción entre las moléculas que se trasladan de un lado a otro respondiendo al campo magnético producen el calor suficiente para fundir y sellar la película. (Santacruz Figueroa & Suarez Rubio, 2007)

1.4.2 SELLADO POR GAS CALIENTE

“El sellado por gas caliente es el método de unir materiales plásticos en donde éstos son calentados por un chorro de aire o gas inerte que es previamente aumentado en su temperatura” (Santacruz Figueroa & Suarez Rubio, 2007).

1.4.3 SELLADO POR RESISTENCIAS ELÉCTRICAS

Los principales sistemas que utilizan resistencias eléctricas como fuente de calor son la "mordaza caliente" que produce una unión del tipo sello por presión, aquí la temperatura es controlada durante todo el proceso utilizando resistencias eléctricas montadas dentro o fuera de una mordaza que se fabrica de un buen conductor térmico, la temperatura es medida por un termopar conectado a ésta y el suministro de corriente controlado por algún instrumento de control, generalmente un pirómetro. (Santacruz Figueroa & Suarez Rubio, 2007)

1.4.4 SELLADO POR IMPULSO ELÉCTRICO

Otro sistema usado para este mismo tipo de sello es el denominado de "impulso", como se muestra en la figura 7, en donde la temperatura no permanece constante en la mordaza, en realidad ésta no se calienta, en realidad el instrumento que sella es una resistencia del tipo banda que sólo es calentada en una porción del tiempo pequeña del ciclo de sellado. El sellado por impulso permite remover el calor rápidamente después de que el sello se ha producido teniendo presiones mayores sin flujo de material fundido produciendo una unión más resistente y una apariencia más homogénea. (Santacruz Figueroa & Suarez Rubio, 2007)



FIGURA 7. Sellado por impulso eléctrico

Fuente: (Tecnoembalaje, 2013)

1.5 MEDICIÓN DE NIVEL DE LÍQUIDOS

La medición de nivel es fundamental en la industria, ya que permite evaluar la cantidad de líquido en un reservorio o recipiente industrial de dimensiones conocidas. En consecuencia, los medidores de nivel podrían tener escalas directamente en unidades de longitud, de masa, de peso o de volumen. Para medir nivel en un líquido se determina la distancia existente entre una línea de referencia y la superficie del fluido y generalmente dicha línea de referencia se toma como el fondo del recipiente. (Borja Aldaz & Paredes Coque, 2007)

“El nivel de una variable puede ser medida fácilmente, pero existen otros factores tales como: viscosidad del fluido, tipo de medición deseada, presión; por ende el medidor de nivel seleccionado dependerá de las necesidades o condiciones de operación” (Borja Aldaz & Paredes Coque, 2007).

Los métodos de medición directa de nivel de líquidos más utilizados son:

- Método de medición por sonda.
- Método de medición por aforación.
- Método de medición por indicador de cristal.
- Método de medición flotador-boya

1.5.1 MÉTODO DE MEDICIÓN POR SONDA

Consiste en una varilla o regla graduada de la longitud conveniente para introducirla dentro del depósito. La determinación del nivel se efectúa por lectura directa de la longitud mojada por el líquido. En el momento de la lectura el tanque debe estar abierto a presión atmosférica. (Borja Aldaz & Paredes Coque, 2007)

1.5.2 MÉTODO DE MEDICIÓN POR AFORACIÓN

Es el método de medir por medio de cintas. El instrumento está compuesto por tres partes principales que son: el carrete, la cinta graduada y un peso o plomada como se observa en la Figura 8. La plomada sirve para que se mantenga la cinta tensada al penetrar en el líquido. Para medir el nivel se deja la cinta baje lentamente hasta que la plomada toque el fondo del recipiente. Una vez que la plomada toca el fondo se empieza a recoger la cinta con el carrete, hasta que aparezca la parte donde el líquido ha dejado la marca que indica su nivel. (Borja Aldaz & Paredes Coque, 2007)

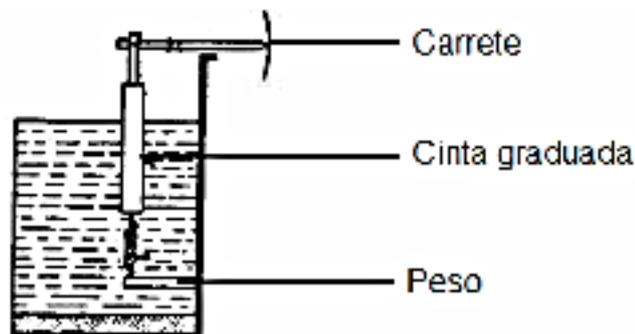


FIGURA 8. Medición por aforación

Fuente: (Borja Aldaz & Paredes Coque, 2007)

1.5.3 MÉTODO DE MEDICIÓN POR INDICADOR DE CRISTAL

Es una de las formas más comunes de medir el nivel, se basa en la utilización de un indicador de cristal. Estos tipos de indicadores sirven para varias aplicaciones y se pueden utilizar tanto para recipientes abiertos como para cerrados. En la Figura 9 se observa un indicador de cristal de un caldero que consiste de un tubo de vidrio en el caso del indicador de bajas presiones y de un vidrio plano en el caso del indicador para altas presiones, montadas entre dos válvulas, las cuales se utilizan para sacar de servicio el indicador sin necesidad de parar el proceso. (Borja Aldaz & Paredes Coque, 2007)

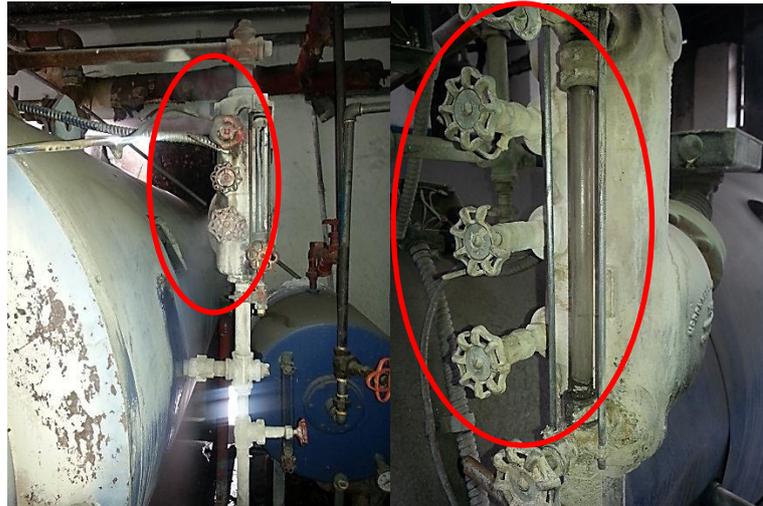


FIGURA 9. Medición de agua por indicador de cristal de un caldero

Fuente: Autor

1.5.4 MÉTODO DE MEDICIÓN POR FLOTADOR-BOYA

Los instrumentos que utilizan un flotador o una boya no dependen de la presión estática para medir el nivel de líquidos. De todos modos la presión estática debe tomarse en cuenta al proyectar el flotador, ya que siendo éste hueco, ha de construirse lo suficiente robusto como para soportarla sin deformarse. (Borja Aldaz & Paredes Coque, 2007)

El flotador se suspende ya sea de una cinta o de una varilla como, indica la Figura 10. Conforme aquel se desplaza hacia arriba o abajo, siguiendo el nivel del líquido, arrastra la cinta que hace girar una rueda catalina; en el caso de la varilla el flotador la eleva hasta que esta hace accionar ya sea un final de carrera o cualquier elemento que sense la posición de la varilla. (Borja Aldaz & Paredes Coque, 2007)



FIGURA10. Medición de agua en una piscina por flotador-boya de un sistema de refrigeración.

Fuente: Autor

1.6 BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO

“Una bomba es una máquina que absorbe energía mecánica y restituye al líquido que la atraviesa energía hidráulica. Las bombas se emplean para impulsar toda clase de líquidos (aceites, líquidos alimenticios, leche, yogurt)” (Mataix, 1992).

Las bombas de desplazamiento positivo, también llamadas bombas volumétricas, poseen un elemento intercambiador de energía que cede energía al fluido o el fluido a él en forma de energía de presión creada por la variación de volumen. Los cambios en la dirección y valor absoluto de la velocidad del fluido no juegan papel esencial alguno. (Mataix, 1992)

“El principio de desplazamiento positivo consiste en el movimiento de un fluido causado por la disminución del volumen de una cámara” (Mataix, 1992).

1.6.1 BOMBAS ROTOESTÁTICAS

Las bombas rotoestáticas son bombas de desplazamiento positivo dotadas de movimiento rotativo. Estas bombas se construyen en inmensa variedad de modelos y continuamente aparecen nuevos tipos. Constan de un estator y de un rotor, dotado este último de paletas, émbolo, etc., según el tipo de máquina. Dentro de la clasificación de estas bombas se encuentra la bomba de tipo lobular. (Mataix, 1992)

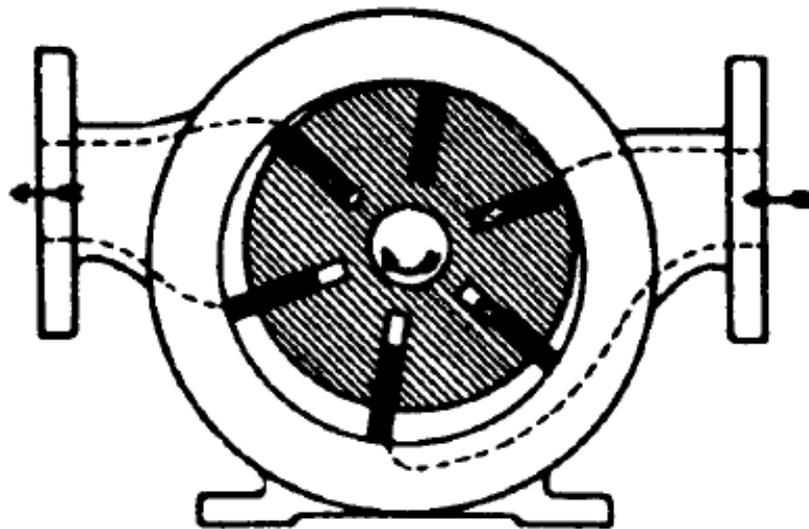


FIGURA 11. Bomba rotoestática de paletas deslizantes

Fuente: (Mataix, 1992)

1.6.1.1 BOMBAS LOBULARES

Las bombas lobulares forman parte de la clasificación de las bombas rotoestáticas. En ellas las ruedas dentadas han sido sustituidas por lóbulos, cuya forma no es apta para transmitir el movimiento mecánicamente de un lóbulo al otro; lo cual se consigue con engranajes adicionales en el eje de la bomba, los cuales realizan esa transmisión. Existen bombas lobulares de 2,3 y 4 lóbulos, dependiendo de la aplicación como se observa en la Figura 12. (Mataix, 1992)



BOMBA DE 2 LÓBULOS

BOMBA DE 3 LÓBULOS

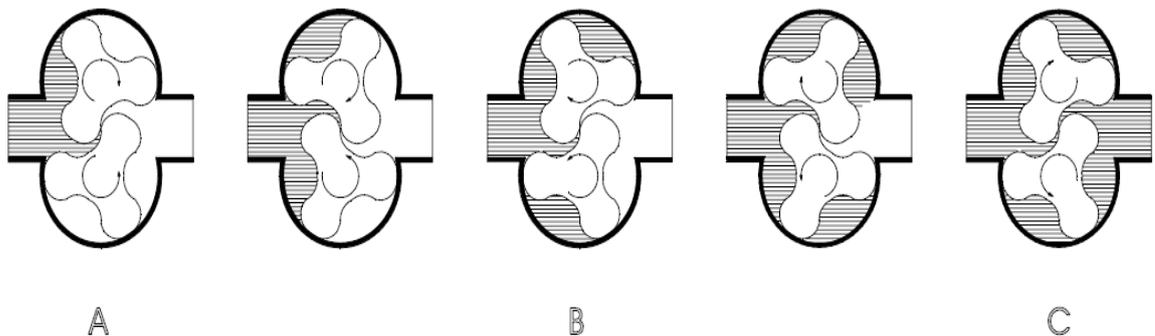
BOMBA DE 4 LÓBULOS

FIGURA 12. Bombas lobulares

Fuente: (Mataix, 1992)

El principio de funcionamiento es el siguiente:

El lóbulo superior es accionado por el eje conductor. El lóbulo inferior está situado en el eje conducido, se acciona a través de un engranaje con dentado helicoidal. Ambos lóbulos giran sincronizados sin que se toquen entre ellos. Durante el funcionamiento de la bomba se desplaza un volumen fijo, esto se puede observar en la Figura 13. (Inoxpa, 2010)



A

B

C

FIGURA 13. Principio de funcionamiento de las bombas lobulares

Fuente: (Inoxpa, 2010)

A. “Al girar los lóbulos, el espacio por el lado de aspiración aumenta porque un lóbulo se aleja del otro, provocando así un vacío parcial que conduce al líquido a la cámara de bombeo” (Inoxpa, 2010).

- B. Por medio de la rotación de los ejes, cada lóbulo se llena consecutivamente y el líquido se desplaza hacia el lado de impulsión. Las pequeñas holguras que existen entre lóbulos, y entre los lóbulos y las paredes del cuerpo de la bomba hace que los espacios se cierren debidamente. (Inoxpa, 2010)
- C. “El cuerpo de la bomba está completamente lleno y el líquido se escapa por el engranaje de los lóbulos, chocando contra las paredes de los espacios para así completar la acción de bombeo” (Inoxpa, 2010).

CAPÍTULO II

2 DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA DOSIFICADORA Y EMPACADORA DE LÍQUIDOS DE MARCA THIMONNIER CON CONTROL MECÁNICO

2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

La máquina dosificadora y empacadora es de marca Thimonnier de tipo 04-0 USR de fabricación francesa, está diseñada para dosificar todo tipo de líquidos de la industria lechera como: leche, yogurt, crema de leche, cuya viscosidad en centipoise sea de 1 a 900. Su función es formar una bolsa de 100 ml de yogurt, que con la utilización de un mecanismo sella la funda, dosifica la cantidad de yogurt y finalmente cortar la funda al tamaño preestablecido. Las mordazas de la máquina están diseñadas para sellar y cortar fundas de polietileno.

❖ Funcionamiento

El ingreso del plástico a la máquina empieza en el rodillo, donde ingresa por un cuello de acero inoxidable obteniendo una forma cilíndrica al plástico. La Figura 14 indica la forma que toma la funda al ingresar al cuello.

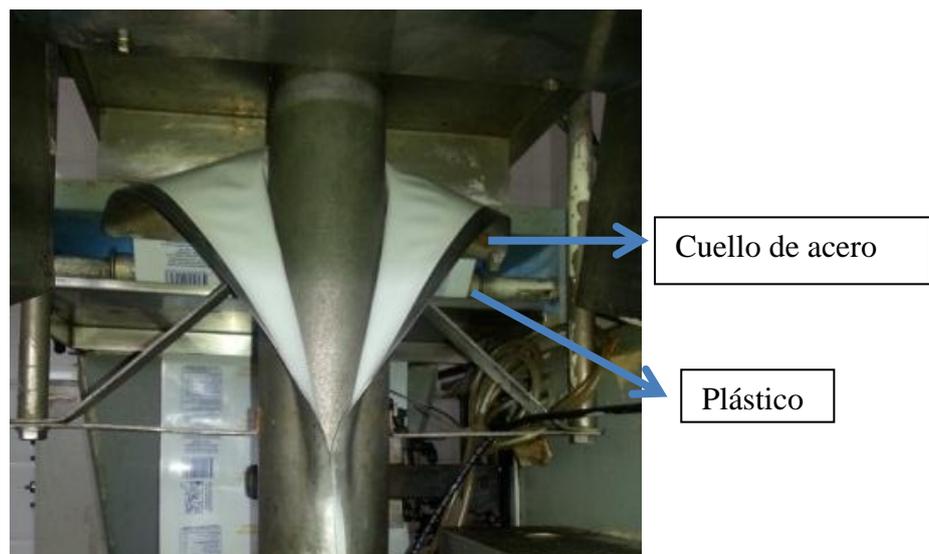


FIGURA 14. Cuello de acero inoxidable

Fuente: Autor

Una mordaza vertical se encuentra luego del cuello de acero inoxidable, que tiene como función sellar los extremos del plástico, como se ve en la Figura 15. Posee una resistencia la cual permanece a temperatura constante (80°C aproximadamente), que al hacer contacto con la funda ésta se funde y se sella. Para disminuir la temperatura en las mordazas, existe un canal dentro de ellas por donde circula agua constantemente, ya que la máquina no posee ningún tipo de control electrónico de temperatura.

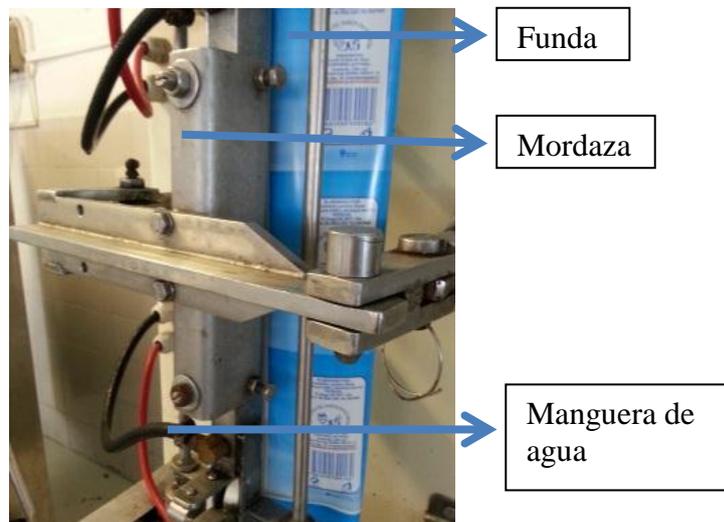


FIGURA 15. Mordaza vertical

Fuente: Autor

El arrastre vertical de la funda se lo realiza por medio de una mordaza horizontal que va unida a un cilindro neumático, donde el cilindro empuja la funda hasta la medida preestablecida mientras que la mordaza presiona la funda para ser arrastrada.

La mordaza horizontal tiene dos funciones, una de ellas es presionar la funda para el arrastre a través del cilindro; y la segunda función es sellar y cortar la funda mediante una níquelina a temperatura constante (90°C aproximadamente). Para que la mordaza disminuya la temperatura circula agua a través de un canal, ya que tampoco existe un controlador de temperatura.

Debido al funcionamiento periódico de la máquina, cada operación es realizada en un punto específico dentro del ciclo de la máquina. El elemento que realiza dicha operación es un conjunto de barra de levas e interruptores tipo fin de carrera también llamados micro-switch, como se observa en la Figura 16. Un motor con caja de reducción acoplado al árbol de levas es el encargado de hacerlas girar para la respectiva activación de cada uno de los interruptores.

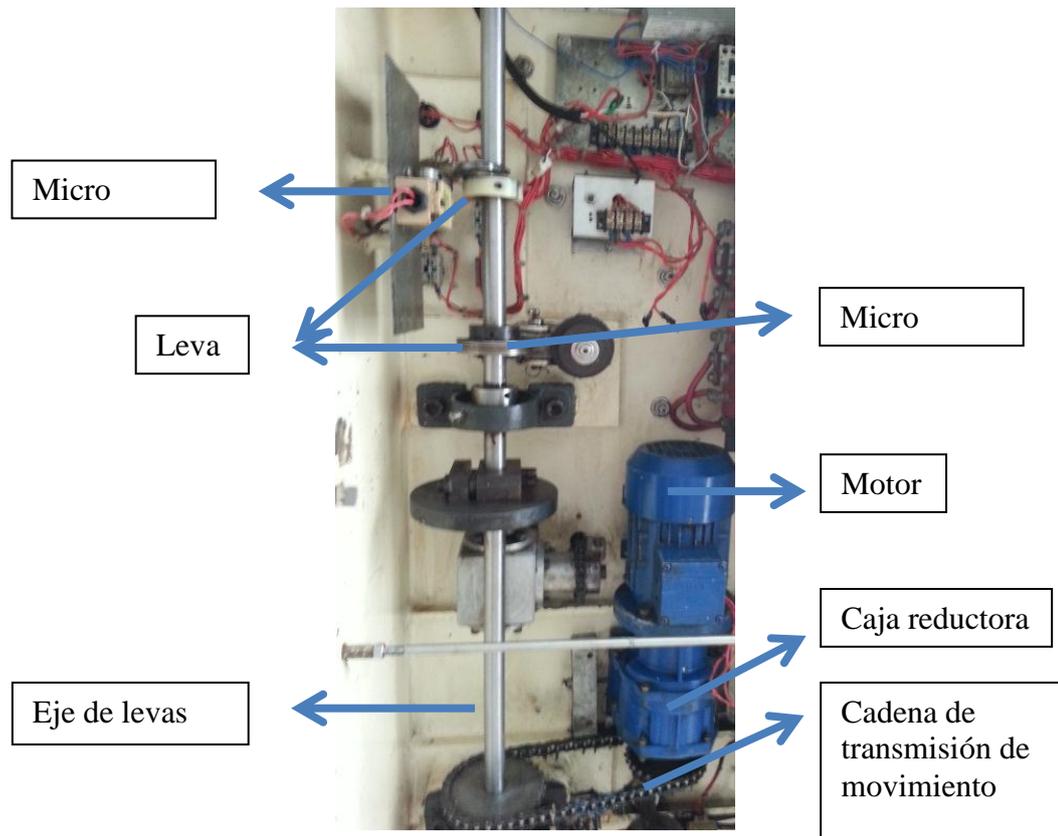


FIGURA 16. Árbol de levas

Fuente: Autor

Para el llenado de yogurt en las fundas se dispone de un dosificador por gravedad, una tolva que se encuentra en la parte superior de la máquina envía el yogurt hacia abajo para su respectivo empacado; un mecanismo cierra el paso del yogurt dependiendo de la posición de la leva en que se encuentra. En la Figura 17 se puede apreciar dicha tolva y el mecanismo de leva. Cuando el operario necesita detener el dosificado levanta una palanca haciendo levantar la leva del eje giratorio, así el yogurt deja de descender. Para la colocación del yogurt en la tolva el operario debe colocar el producto con la ayuda de una escalera.

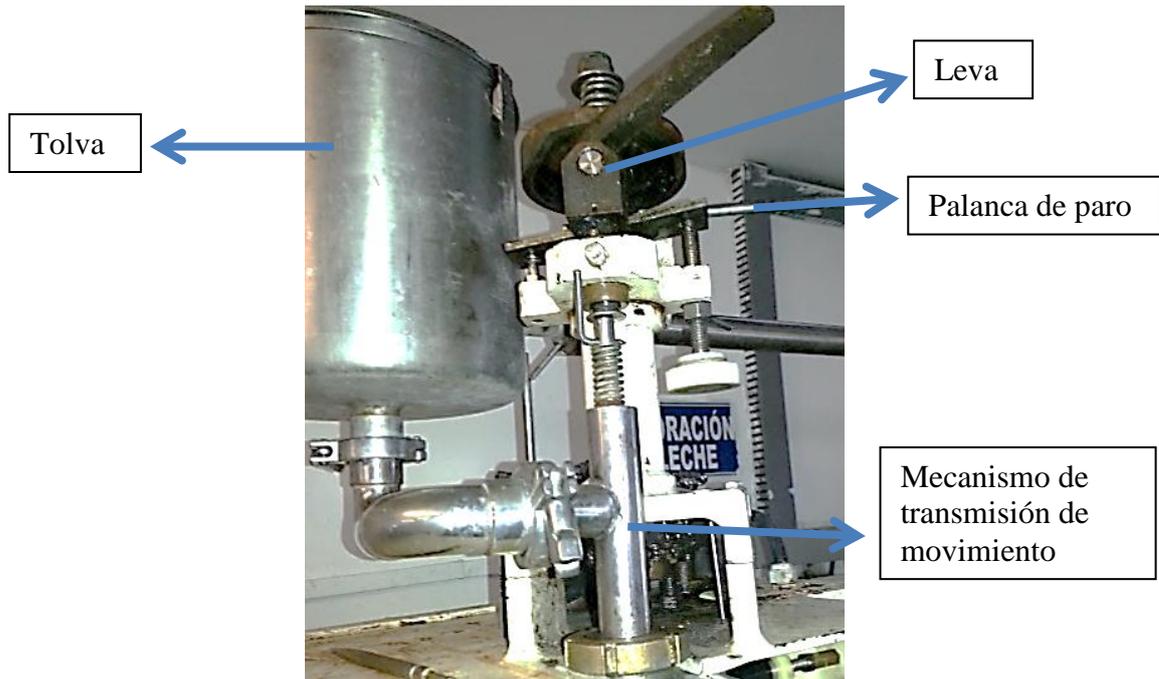


FIGURA 17. Dosificador

Fuente: Autor

La Figura 18 muestra el control de mando de la máquina, posee cuatro selectores donde dos de ellos sirven para manipular el encendido y apagado de las mordazas tanto vertical como horizontal. Los otros dos selectores, sirven para el encendido y apagado de la corriente en las niquelinas.



FIGURA 18. Control de mando

Fuente: Autor

2.1.1 RESUMEN DE PROBLEMAS DE LA MÁQUINA

Debido a que la máquina posee la mayor parte de piezas mecánicas y una mínima cantidad de elementos electrónicos presenta los siguientes inconvenientes:

- Desbalanceo del eje de levas
- Desincronización del dosificado, sellado, y empaquetado por desgaste de las levas
- Inexistencia de controles para la manipulación de ciertos parámetros, como el control de la corriente en las niquelinas, modificación del tiempo de dosificado, control de activación de mordazas.
- Velocidad lenta, cuya producción es de 10 fundas por minuto
- Colocación manual del yogurt en la tolva.
- Falta de una codificadora en la máquina para la impresión de la fecha en la funda.

CAPÍTULO III

3 DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL

3.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

De acuerdo al funcionamiento de la máquina y a los requerimientos de la empresa, el tipo de sistema de control del proceso es de lazo abierto, donde no existe una retroalimentación para ajustar las variables a controlar. En la Figura 19 se indica el diagrama de bloques del sistema en general. Este tipo de control es automático controlado mediante un PLC siendo el responsable de que todas las funciones de la máquina tengan secuencia para obtener el producto final.

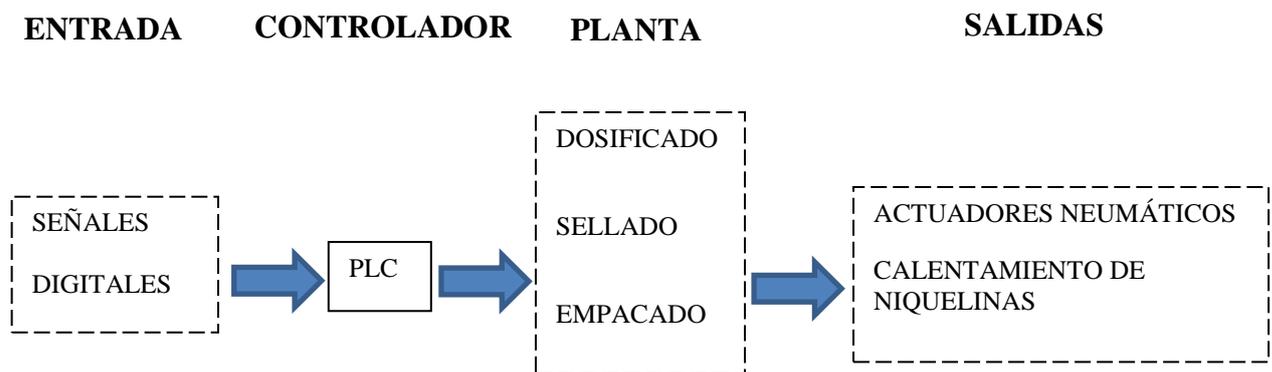


FIGURA 19. Diagrama de bloques del sistema en general

Fuente: Autor

3.1.1 DESCRIPCIÓN Y SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE CONTROL

Autómata Programable

El PLC es el encargado de realizar el control del proceso en general, es muy importante seleccionar el tipo de PLC que debe ser utilizado acorde a las necesidades del sistema para no sobre-dimensionar ni tampoco sub-dimensionar al equipo.

Debido a que el procesamiento requerido no necesita ningún lazo de control avanzado, ni procesamiento matemático alguno, se ha elegido un PLC de gama baja, mismo que es suficiente para esta implementación. En la Tabla 1 se detallan ciertas características de PLCs que pueden ajustarse al control que se implementará en el proceso de la máquina.

TABLA 1. Características Técnicas de PLCs

	SIEMENS	Allen Bradley	ABB
Serie	Logo!	Micro 810	CL
Entradas digitales	8	4	8
Salidas Digitales	4	4	4
Módulo de expansión	SI	NO	NO
Voltaje	12/24V	12/24V	12/24V
Vinculación de la empresa con distribuidores	Alta	Ninguna	Ninguna
Conocimiento del producto	Alto	Ninguno	Ninguno

Fuente: Autor

La Figura 20 muestra el PLC SIEMENS LOGO 12/24 RC que se ajusta de manera perfecta a los requerimientos de este proyecto. Los distribuidores de Siemens han garantizado a la empresa sus productos desde hace algunos años, además la empresa cuenta con personal capacitado para este tipo de productos, siendo otra razón para ser elegido.



FIGURA 20. PLC Siemens LOGO! 12/24 RC

Fuente: Autor

El PLC recibe las señales de entrada provenientes de los dispositivos de maniobra para procesarlas, y según su estado activar las diferentes señales de control que serán las que gobiernen el funcionamiento de los diferentes actuadores. Las características del PLC LOGO! se indican a continuación:

TABLA 2. Características Técnicas PLC LOGO!

Parámetro	Valor
Tensión de entrada	12/24 VCD
Rango admisible	10,8.... 28,8 VDC
Protección contra inversión de polaridad	Si
Consumo de corriente	
• 12 VDC	30 ... 140 mA
• 24 VDC	20 ... 75 mA
Respaldo de reloj	80 h.
Entradas digitales	8
Tensión de entrada L+	
• Señal 0	<5 VDC
• Señal 1	>8 VDC
Salidas digitales	4
Tipo de salida	Salida a relé
Corriente constante	Máx. 10 A por relé.

Fuente: (Siemens, Siemens, 2013)

❖ Módulo de Ampliación

Se necesitan 6 entradas y 7 salidas para el proceso de la máquina; de acuerdo a la Tabla 2 de especificaciones del el PLC LOGO! 12/24 RC de SIEMENS sólo posee 4 salidas digitales, por ende se utilizó un módulo de ampliación compatible con dicho PLC como el que se muestra en la Figura 21.



FIGURA 21. Módulo de Ampliación LOGO! DM8

Fuente: Autor

Las características del módulo de ampliación para el PLC LOGO! se describen en la Tabla 3:

TABLA 3. Característica Técnicas Módulo de Ampliación LOGO! DM8

Parámetro	Valor
Designación	LOGO! DM 8 12/24R
Alimentación	12/24 V CC
Entradas	4 digitales
Salidas	4 relés de 5A

Fuente: (Siemens, Siemens, 2013)

❖ Fuente de Alimentación

La fuente de alimentación utilizada para el funcionamiento del PLC es de marca Delta siendo una marca dedicada a la fabricación de todo tipo de fuentes de poder, garantizando sus productos en cualquier aplicación de la industria. Una de las ventajas es su tamaño, como se observa en la Figura 22, ya que al ser delgada es ideal para ajustarse en espacios pequeños a diferencia de otras fuentes que ocupan un espacio considerable en los gabinetes electrónicos.



FIGURA 22. Fuente de Alimentación Delta

Fuente: Autor

Las características técnicas de la fuente se detallan en la Tabla 4.

TABLA 4. Características de Fuente Marca Delta

Parámetro	Valor
Designación	DRP024V060W1AZ
Alimentación	110/220VAC
Temperatura de operación	-20°C – 70°C
Rango de voltaje de salida	22-28VDC
Corriente de salida	2.5 A

Fuente: (Delta, 2014)

❖ Contador Digital

El contador digital empleado en la máquina registra el número de yogures producidos en el día, siendo un dato importante para el operador como también para el jefe de producción de la empresa. La Tabla 5 describe las características de algunas marcas de contadores digitales que existen en el mercado local.

TABLA 5. Características de Contadores Digitales

	DATA XEL	KUBLER	HANYOUNG
Voltaje	120V	120V	100 – 240 VAC (50 – 60 Hz) ± 10%
Dígitos	4, de 0000 9999	6, de 00000000 99999999	6, de 000000 999999
Salida	Relé	Relé	Relé
Vinculación de la empresa con distribuidores	Ninguno	Ninguno	Alto
Conocimiento del producto	Ninguno	Ninguno	Alto

Fuente: Autor

El contador seleccionado es de marca Hanyoung, cuya serie es GE4 P61A, como se indica en la Figura 23. Este tipo de contadores han sido empleados en ciertas máquinas de la empresa cuyo funcionamiento ha sido garantizado, siendo unas de las razones por la que se eligió esta marca.

La función principal del contador en proceso de la máquina es contar el número de yogures que se empacan diariamente. La cuenta se realiza a través de código de programa y cuando el dosificador esté funcionando. Una de las ventajas de este dispositivo es que es de fácil manipulación para el operario cuando se desee resetearlo.



FIGURA 23. Contador Hanyoung, serie GE4 P61A

Fuente: Autor

Las características técnicas del contador se indican en la Tabla 6.

TABLA 6. Características Contador Hanyoung, serie GE4 P61A

Parámetro	Valor
Voltaje	100 – 240 VAC (50 – 60 Hz) \pm 10%
Entrada	1 entrada, [H] Level 4 – 30 VDC, [L] Level 0 – 2 VDC, Resistencia de pull up interna.
Salida	1 salida a relé, 250 VAC/3 A, 30 VDC/100 mA.
Dígitos	6, de 000000 999999.
Temperatura	20° - 65° C
Ambiente	IP65

Fuente: (Cover Controls, 2014)

Es importante mencionar que una de las salidas del PLC será programada para que conmute una señal digital de control que hace incrementar el contador.

❖ Sensor de Marca de Registro

Para que el corte de la funda se realice en la posición respectiva se utilizó un sensor que permite leer marcas que vienen impresas en el extremo de las fundas para empaque, ya sea en el lado derecho o izquierdo. La Tabla 7 indica algunos sensores de marca de registro que pueden ser implementados en la máquina.

TABLA 7. Sensores de Marca de Registro

	Barnner	Allen Bradley	DATALOGIC
Voltaje	10 a 30 VDC	24 VDC	24 VDC
Modelo	R58ECRGB1	45CRM	TL46
Tipo de salida	Bipolar (NPN-PNP)	NPN	NPN
Frecuencia	30kHz	30kHz	10kHz
Vinculación de la empresa con distribuidores	Alta	Ninguno	Ninguno
Conocimiento del producto	Alta	Ninguno	Medio

Fuente: Autor

El sensor seleccionado se indica en la Figura 24, es de marca Banner serie R58E cuyas características se detallan en la Tabla 8. Esta marca de sensores ha cumplido en forma adecuada su función en diferentes procesos, por ende la empresa ha decidido por la selección de este sensor., además de que el personal técnico conoce muy bien sobre su funcionamiento y manipulación del mismo.



FIGURA 24. Sensor de Marca de Registro Banner R58E

Fuente: (Banner, 2014)

TABLA 8. Características Sensor de Marca de Registro Banner R58E

Parámetro	Valor
Modelo	R58ECRGB1
Cable	Cable de 5 hilos 2 m
Foco	10mm
Voltaje de alimentación	10 a 30V de cc
Tipo de salida	Bipolar NPN/PNP
Orientación de la imagen	Perpendicular a la longitud del sensor
Respuesta de detección	50µs
Detección rectangular	1.2mm x 3.8mm

Fuente: (Banner, 2014)

❖ Relés

Se utilizaron 5 relés para el accionamiento de las electroválvulas de los diferentes actuadores neumáticos, como también para conmutar la señal al contador. El tipo de relé se puede observar en la Figura 25, posee accionamiento manual ayudando a activar el relé sin excitación de corriente; esto se realiza cuando se quiere comprobar su conmutación o realizar alguna prueba de algún actuador.

Los relés utilizados permiten soportar la carga que producen los elementos conectados a éste, con el fin de que si existe una sobrecarga el único perjudicado será el relé, más no las salidas del PLC, siendo esto coherente en tener que reemplazar un relé antes que un PLC. Las características del relé se muestran en la Tabla 9.



FIGURA 25. Relé Marca Finder

Fuente: Autor

TABLA 9. Características del Relé Marca Finder

Parámetro	Valor
Tensión nominal	220v AC
Tensión de conexión	220v AC
Número de polos	2
Intensidad de conexión	10A
Accionamiento	Pulsador de prueba con el indicador mecánico

Fuente: (Finder, 2014)

En caso de que se decida reemplazar uno de los relés y no se encuentre este tipo, se puede reemplazar por cualquiera de los siguientes relés que se indican en la Tabla 10, ya que también son marcas que la empresa utiliza en diferentes máquinas.

TABLA 10. Características de Relevadores

	Schneider Electric	ABB	General Electric
Voltaje	230 AC	220 AC	220 AC
Pines	8	8	8
Intensidad	10A	10A	10A
Pulsador de prueba	SI	SI	NO
Led indicador	SI	SI	SI
Vinculación de la empresa con distribuidores	Alto	Ninguno	Alto
Conocimiento del producto	Alto	Alto	Alto

Fuente: Autor

3.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE POTENCIA

El sellado y corte de la funda de yogurt necesita de un proceso térmico, en el que la funda debe ser totalmente sellada y cortada. Para lograr esto se utilizó un sistema de sellado por impulso eléctrico, cuyo principio se lo describió en el Capítulo 1.

En la soldadura de los plásticos, se considera la cantidad de calor y su tiempo de actuación, para que no se produzca la deformación o quemado del material. Las propiedades del polietileno se detallan en la Tabla 11.

TABLA 11. Propiedades del polietileno

Propiedad	Unidad	Norma	Polietileno (PE)
Alargamiento a la rotura	%	DIN 53455	800
Conductividad térmica	W/Km	DIN 52612	0,43
Coeficiente de dilatación térmica de 20°C a 50°C	m/m K	-	200·10-6
Coeficiente de Fricción	-	-	0,2
Densidad	g/cm ²	DIN 53479	0,95
Dureza “Shore”		DIN 53505	D65
Módulo de elasticidad	N/mm ²	DIN 53457	900
Temperatura de fusión	°C	-	120 a 136

Fuente: (Braskem, 2014)

Las mordazas por medio de una combinación de presión y calor (generada por la corriente en las niquelinas), sella el plástico a una temperatura de trabajo óptima que no sobrepase las características del mismo (130 °C aproximadamente).

Este tipo de sellados utilizan una resistencia eléctrica en forma de lámina de pequeño espesor llamadas niquelinas, mismas que al estar en contacto y con cierta presión se calientan instantáneamente para realizar el sello. Para evitar que el plástico y las láminas se peguen entre ellas se dispone de un tejido de vidrio con teflón. La corriente que produce el calentamiento en las niquelinas y el tiempo de sellado es regulable. Las mordazas tienen un sistema de refrigeración donde se hace circular agua por un canal que permiten mantener la temperatura de trabajo y así evitar el deterioro de las láminas.

Para el sellado por impulso eléctrico tanto vertical como horizontal, se diseñó dos tarjetas electrónicas de potencia como se indican en las Figuras 26 y 27 respectivamente:

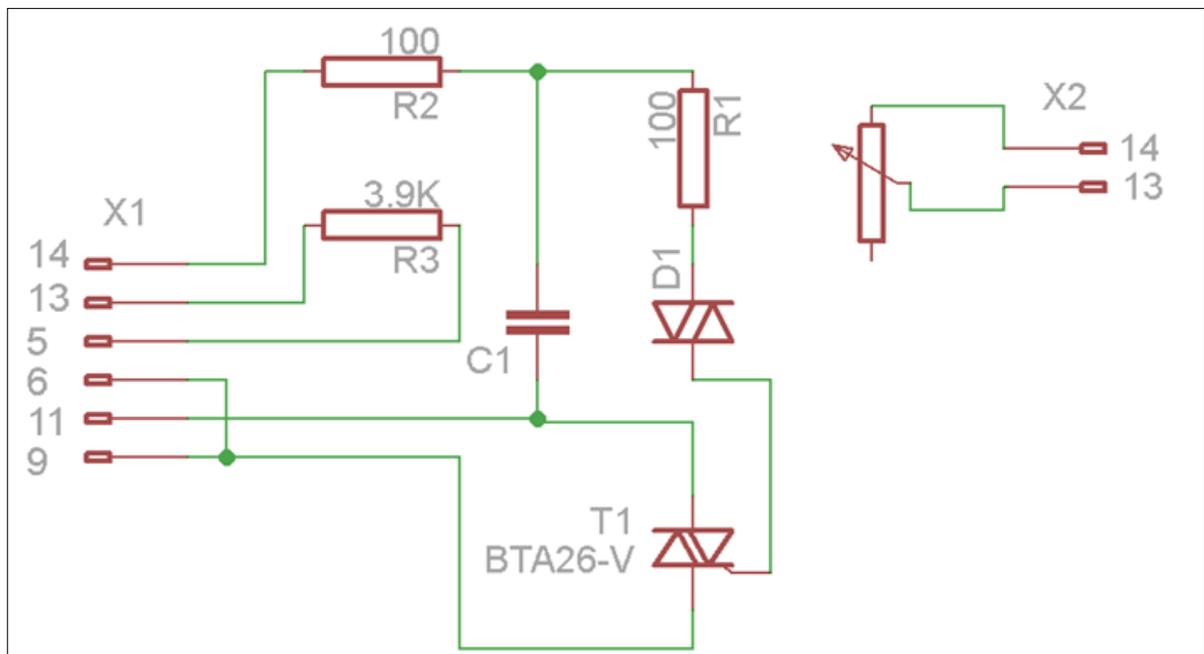


FIGURA 26. Tarjeta de potencia sellado vertical

Fuente: Autor

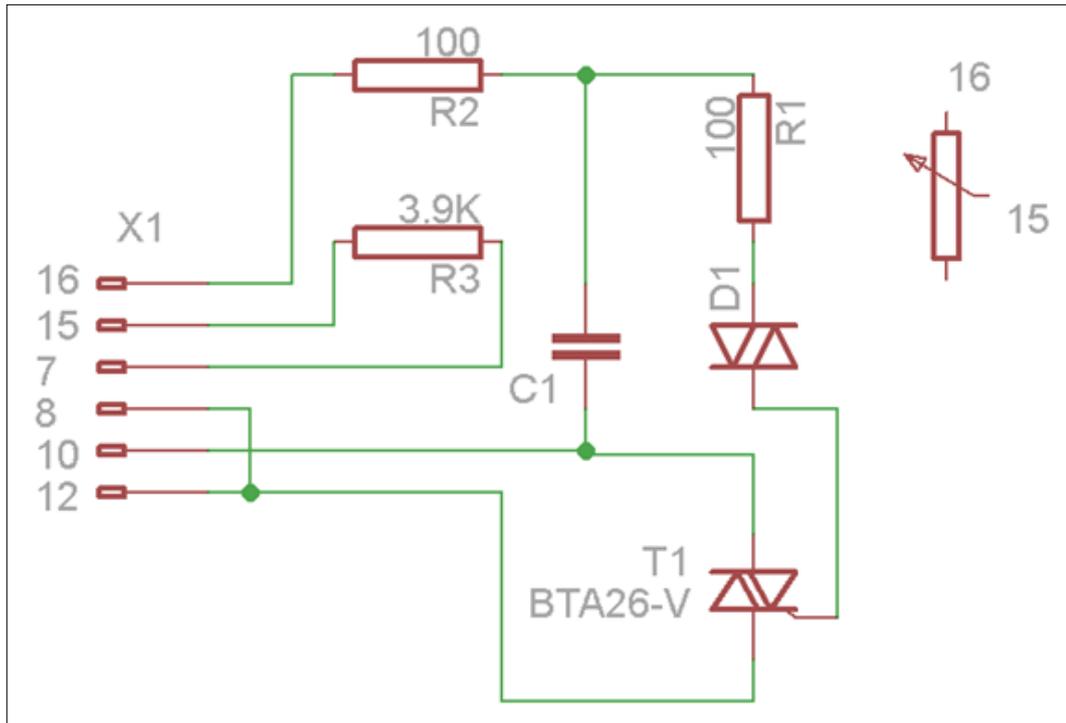


FIGURA 27. Tarjeta de potencia sellado horizontal

Fuente: Autor

Los materiales utilizados en las tarjetas se detallan en la Tabla 12.

TABLA 12. Materiales utilizados en la tarjeta de potencia

Nomenclatura	Descripción
BTA26-V	Triac BTA26
D1	Diac RB3
Pot	Potenciómetro de 100k
C1	Capacitor de 400v, 0.1uF
R1,R2	2 Resistencias de 100 ohmios
R3	Resistencia de 3.9K

Fuente: Autor

Se puede notar que las tarjetas, tanto para el sellado horizontal como vertical son idénticas, a excepción de la numeración de los pines de la bornera, ya que depende de las diferentes señales de las salidas del PLC.

La función que cumple la tarjeta es variar la corriente en las niquelinas por medio de pulsos, donde el operador puede ajustar el valor de la corriente a través de un potenciómetro hasta obtener el corte y sello deseado de la funda. Dentro de la tarjeta el elemento que se encarga de controlar la corriente hacia los transformadores es el triac.

El potenciómetro se encarga de regular la carga del condensador, cuando la tensión del condensador alcanza la tensión de disparo del diac (el voltaje de ruptura del diac es de 30V), éste entrará en conducción activando el Triac y así calentando las niquelinas de la mordaza.

El voltaje de entrada al potenciómetro es controlado mediante la salida del PLC, enviando pulsos activando y desactivando la entrada al potenciómetro de acuerdo a la secuencia de funcionamiento de las mordazas.

Cada niquelina necesita de un transformador para su funcionamiento, por lo que se extrajeron de una máquina selladora que se encontraba en desuso en la empresa. Las características de los trafos se detallan en la Tabla 13.

TABLA 13. Características de los Transformadores Utilizados en las Tarjetas de Potencia

Parámetro	Valor
Tipo	1F-SECO
No	09.03.5159
Potencia Aparente	750VA
Frecuencia	60Hz
Tensión de entrada/salida	220V/24V
Corriente de entrada/salida	3.4A/31.2A

Fuente: Autor

La simulación del funcionamiento de la tarjeta se la realizo con la herramienta de Simulink del software Matlab. En la Figura 28 se puede observar los diferentes pulsos que genera la tarjeta cuya entrada son pulsos que simulan el funcionamiento de las resistencias con el capacitor.

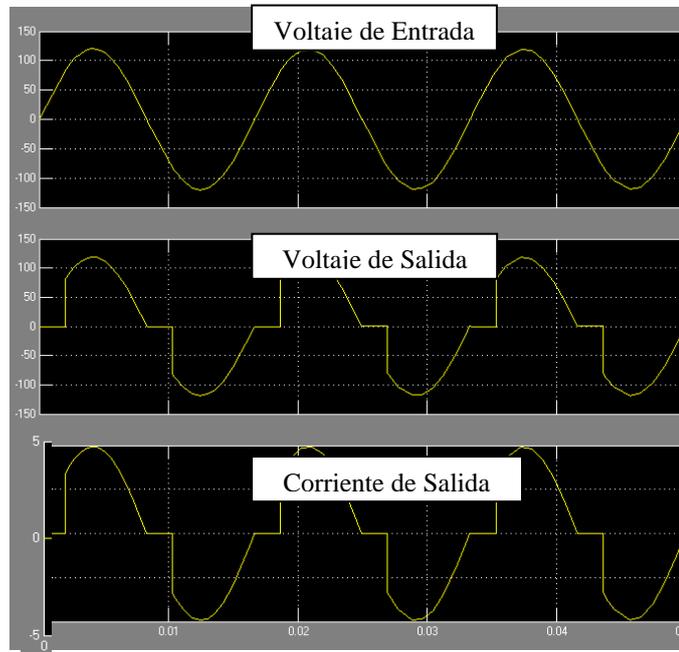


FIGURA 28. Respuesta de la Tarjeta de Potencia

Fuente: Autor

La forma de onda de la salida se debe a la carga y descarga del condensador de la tarjeta que varía dependiendo del valor del potenciómetro, pero en el software es un valor que depende del tiempo de respuesta del capacitor con la resistencia la cual se obtiene de la Ecuación 1.

Ecuación 1. Tiempo de Respuesta

$$\tau = RC$$

(Serway, 2005)

Dónde:

τ = Tiempo de respuesta

R= Valor de la resistencia (en este caso el valor del potenciómetro)

C= Capacitancia del condensador

Mientras mayor sea el valor del potenciómetro, menor será el valor de la corriente, por ende las niquelinas se calientan menos.

3.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELECTRO NEUMÁTICO

3.3.1 SELLADO Y CORTE

El movimiento de las mordazas está basado mediante cilindros neumáticos, que están controlados a través de electroválvulas que son accionadas por el PLC. La mordaza vertical utiliza un pistón neumático cuya función es presionar la mordaza con la funda para que la niquelina realice el sello vertical de la funda.

La máquina contaba con un cilindro neumático de fábrica, pero se encontraba averiado, por lo que se tuvo que cambiar los empaques para ser reutilizado en la máquina. Las características técnicas del cilindro neumático se detallan en la Tabla 14.

TABLA 14. Características Técnicas del Cilindro Neumático- Mordaza Vertical

Parámetro	Valor
Ø Vástago	20mm
Ø Émbolo	63mm
Carrera	10mm
Tipo	Doble acción, base cuadrada
Fluido	Aire comprimido
Montaje	Pie de sujeción

Fuente: Autor

En caso de que el cilindro falle por deterioro de las piezas, se puede remplazar por cualquiera de los siguientes actuadores neumáticos, garantizando su correcto funcionamiento. La Tabla 15 muestra algunas marcas de cilindros que se ajustan a los requerimientos de la máquina.

TABLA 15. Características de Cilindros Neumáticos- Mordaza Vertical

	Festo	Camozzi	SMC
Serie/Tipo	CRDNG	60N2U063A025	C95SDB63
Ø Émbolo	63mm	63mm	63mm
Carrera	10mm	25mm	25mm
Tipo	Doble acción, base cuadrada	Doble acción, base cuadrada	Doble acción, base cuadrada
Fluido	Aire comprimido	Aire comprimido	Aire comprimido
Presión	4-8 bares	4-8 bares	4-8 bares

Fuente: Autor

La mordaza horizontal posee dos cilindros neumáticos, cuya función es permitir el arrastre de la funda, sellado y corte de la funda. Los cilindros utilizados son los mismos que se encontraban en la máquina, tomando en cuenta que se realizó un mantenimiento de los mismos para garantizar su correcto funcionamiento. Las características técnicas se detallan en la Tabla 16.

TABLA 16. Características Técnicas del Cilindro Neumático- Mordaza Horizontal

Parámetro	Valor
Ø Vástago	20mm
Ø Émbolo	63mm
Carrera	60mm
Tipo	Doble acción, base cuadrada
Fluido	Aire comprimido
Montaje	Pie de sujeción

Fuente: Autor

Debido a que el cilindro se encontraba en buenas condiciones para su correcto funcionamiento se lo implemento en la máquina sin ningún problema. En caso de que el cilindro falle en un futuro se podría reemplazar por cualquiera de los siguientes actuadores neumáticos, que garantizan su correcto funcionamiento. La Tabla 17 muestra algunas marcas de cilindros que se ajustan a los requerimientos de la máquina.

TABLA 17. Características de Cilindros Neumáticos- Mordaza Horizontal

	Festo	Camozzi	SMC
Serie/Tipo	CRDNG	60N2U063A075	C95SDB63
Ø Émbolo	63mm	63mm	63mm
Carrera	60mm	75mm	50mm
Tipo	Doble acción, base cuadrada	Doble acción, base cuadrada	Doble acción, base cuadrada
Fluido	Aire comprimido	Aire comprimido	Aire comprimido
Presión	4-8 bares	4-8 bares	4-8 bares

Fuente: Autor

Para que la activación de los cilindros neumáticos, tanto de la mordaza vertical como el de la mordaza horizontal, sea de acuerdo a la secuencia que debe tener cada actuador en el proceso de la máquina se utilizó dos electroválvulas (una para el sellado vertical y la otra para el sellado horizontal) controladas desde el PLC. La Tabla 18 indica algunas marcas de válvulas existentes en el mercado local.

TABLA 18. Características técnicas de Electroválvulas

	Festo	Camozzi	SMC
Serie	MFH-5-1/4	3	SY3120
Presión de funcionamiento	2.2 a 8 bares	1.2 a 8 bares	2.0 a 8 bares
Tipo	5/2 monoestable	5/2 monoestable	5/2 monoestable
Tipo de accionamiento	Eléctrico	Eléctrico	Eléctrico
Voltaje solenoide	220VAC	220VAC	220VAC
Vinculación de la empresa con distribuidores	Alto	Ninguno	Ninguno
Conocimiento del producto	Alto	Alto	Ninguno

Fuente: Autor

La electroválvula seleccionada es de marca Festo como se puede ver en la Figura 29, la eficiencia que ha tenido esta marca en la empresa ha sido una de las razones por la cual se eligió este elemento neumático, además de tener vinculación de la empresa con los distribuidores. Las características técnicas de la electroválvula seleccionada se indican en la Tabla 19.



FIGURA 29. Electroválvula Festo

Fuente: Autor

TABLA 19. Características Técnicas de la Electroválvula

Parámetro	Valor
Serie	MFH-5-1/4
Presión de funcionamiento	2.2 a 8 bares
Tipo	5/2 monoestable
Tipo de accionamiento	Eléctrico
Voltaje solenoide	220VAC
Serie	MFH-5-1/4
Tipo de reposición	Muelle mecánico
Tipo de protección	IP65
Caudal nominal	500l/min
Temperatura del medio	-10...60°C
Conexión del tiempo de conmutación	8ms
Peso del producto	270g

Fuente: (Festo, 2014)

Para garantizar el correcto funcionamiento y prolongar la vida útil de los elementos neumáticos, se utilizó una unidad de mantenimiento para filtrar el aire comprimido y disminuir el condensado antes de pasar a las diferentes electroválvulas y actuadores. La Tabla 20 muestra ciertas marcas de unidades de mantenimiento en la cual pueden ser utilizadas en la máquina.

TABLA 20. Características de Unidades de Mantenimiento

	Festo	Parker	Camozzi
Tipo/Serie	FRC-1/8-D-7-MINI-A	06E32A13AC	MX2-3/8-000003
Presión	5 Bar	6 Bar	5 Bar
Conexión Neumática	G 1/8	G 1/2	G 3/8
Vinculación de la empresa con distribuidores	Alta	Alta	Ninguna
Conocimiento del producto	Alta	Alta	Ninguna

Fuente: Autor

La unidad de mantenimiento seleccionada es de marca Parker, como se muestra en la Figura 30, debido a la vinculación que posee la empresa con dicha marca, además de garantizar el correcto funcionamiento de sus productos. Las características de la unidad de mantenimiento seleccionada se detallan en la Tabla 21.



FIGURA 30. Unidad de Mantenimiento Marca Parker

Fuente: Autor

TABLA 21. Características de la Unidad de Mantenimiento Marca Parker

Parámetro	Valor
Tipo/Serie	06E32A13AC
Conexión Neumática	G 1/2
Presión entrada	2-125 Psi
Manómetro	Si
Grado de filtración	40µm
Margen de regulación de presión	0.5 a 7 bares
Temperatura ambiente	-5 a 50°C
Resistencia a la corrosión	1
Caudal	400 a 600 l/min

Fuente: (Parker, 2013)

3.3.2 IMPRESIÓN DE FECHA

El yogurt al ser un producto perecedero necesita tener impreso en el empaque la fecha de elaboración y caducidad para facilitar a las personas consumidoras los datos sobre el producto. Para la impresión de la fecha en las fundas de yogurt se utilizó un codificador neumático de una máquina que se encontraba en desuso.

El codificador empleado se basa en la transferencia térmica a través de ribbon de film con base plástica, que al presionar el molde de impresión caliente transfiere a la superficie de la funda la impresión deseada. La Figura 31 muestra el codificador seleccionado. Este codificador se basa en un sistema neumático, conformado por dos mini cilindros neumáticos, uno de ellos permite el arrastre de la cinta, mientras que el otro presionar la base en la funda para la impresión. Las características del codificador se pueden notar en la Tabla 22. Para que la cinta no se caliente demasiado este codificador posee un control de temperatura en la cual se tiene que ajustar la temperatura a la que se requiera trabajar, en caso de que se sobrepase este valor el control apaga la resistencia hasta ajustarse al valor que se colocó.



FIGURA 31. Codificador Neumático

Fuente: (MainPack, 2013)

TABLA 22. Características Técnicas del Codificador Neumático

Parámetro	Valor
Energía requerida	120v-60Hz
Área de impresión	10mm x 350mm
Velocidad de impresión	300 impresiones por minuto
Peso Neto	El cabezal del equipo tiene un peso de 5kg

Fuente: (MainPack, 2013)

Los mini cilindros neumáticos que utiliza este codificador son accionados mediante una electroválvula cuyas características se describieron en la Tabla 19. La activación de dicha electroválvula la realiza el PLC de acuerdo a la programación preestablecida que se detallará en el Capítulo 4.

En caso de que se requiera reemplazar el codificador seleccionado, ya sea por daño o por mantenimiento, se puede utilizar cualquiera de los codificadores que se indican en la Tabla 23, garantizando su funcionamiento en el proceso de la máquina.

TABLA 23. Marcas de Codificadores Neumáticos

	Sammi	Main Pack
Tipo de Transmisión	Neumática	Neumática
Número de modelo	Dk-77q	Mpk-006
Energía requerida	120V-60Hz	120V-60Hz
Velocidad de Impresión	250 impresiones por minuto	300 impresiones por minuto
No de caracteres por línea	16	16

Fuente: Autor

3.3.3 DOSIFICACIÓN

Los métodos de dosificación descritos en el Capítulo 1, destacan su importancia para diferentes productos. El tipo de dosificación utilizado en la máquina para el yogurt es por gravedad, siendo un método muy utilizado en las industrias alimenticias. Una de las cosas que hay que controlar en este tipo de dosificado es la formación de gotas, ya que al producirse esto puede caer una gota de yogurt justo en el área de cierre la funda evitando de que se selle correctamente.

Para obtener la cantidad de 100 ml de yogurt por cada funda, se utilizó un pistón neumático que funciona como una válvula dejando pasar la cantidad de yogurt deseada. Otra de las funciones del pistón neumático en la máquina es la de prevenir el goteo del producto, para lo cual se colocó un tapón en el extremo del vástago haciendo el cierre total del cilindro por donde desciende el yogurt.

La electroválvula utilizada para la activación del cilindro es de marca Festo cuyas características técnicas y razones por la cual fue seleccionada se detallan en la Tabla 20. El pistón seleccionado se lo obtuvo de una empresa ecuatoriana que se dedica a la fabricación de cilindros neumáticos en acero inoxidable. Las características técnicas se detallan en la Tabla 24. La fuerza del pistón es muy pequeña ya que su función es simplemente cerrar el cilindro por donde desciende el yogurt.

TABLA 24. Características del Cilindro del Sistema de Dosificación

Parámetro	Valor
Ø Vástago	20mm
Ø Émbolo	70mm
Carrera	10mm
Tipo	Doble acción, base cuadrada
Fluido	Aire comprimido
Montaje	Pie de sujeción
Material	Acero Inoxidable

Fuente: Autor

3.4 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DEL CONTROL DE NIVEL

Como se mencionó en el Capítulo 2, uno de los inconvenientes en el proceso de la máquina es la colocación del yogurt en la tolva que se la realizaba en forma manual mediante la ayuda de una escalera. Para la verificación del nivel del yogurt en la tolva se utilizaba una manguera transparente cuyo principio era la de un vaso comunicante, donde el operario observaba a través de éste cuándo había que colocar más yogurt.

Para solucionar este problema, se utilizó una bomba eléctrica (encargada de transportar el yogurt del recipiente hasta la tolva), y un control de nivel para sensor el nivel máximo del yogurt en la tolva.

3.4.1 SELECCIÓN DE LA BOMBA

Los datos a considerar por diseño del sistema de bombeo son el diámetro de la tubería de $d=1\frac{1}{2}=0.0381\text{m}$ cuyo material es de acero inoxidable por ser una aplicación de tipo alimenticio, la tolva es de 0.45m de alto y 0.6 m de diámetro, el tiempo que se estima en subir el yogurt es de 5 min.

Las propiedades del yogurt ayudan a la selección de la bomba son la viscosidad y el peso específico cuyos valores son $\mu = 800\text{cp}$ y $\rho = 1.025 \text{ g/cm}^3$ respectivamente. Por lo tanto, el caudal del sistema se lo obtiene de la Ecuación 2.

Ecuación 2. Caudal del Sistema

$$Q = \frac{V}{t}$$

Dónde:

V: Volumen de la tolva a ser llenada [m^3]

t: Tiempo en llenar la tolva [min]

Ecuación 3. Área de la base del recipiente

$$A = \pi * r^2$$

Dónde:

A: Área de la base del recipiente [m^2]

r: Radio del recipiente [m]

Reemplazando los datos se tiene:

$$A = \pi * 0.3^2 = 0.282 [m]$$

Ecuación 4. Volumen del recipiente

$$V = A * h$$

Dónde:

A: Área de la base del recipiente [m²]

h: Altura del recipiente [m]

Reemplazando los datos se tiene:

$$A = 0.282 * 0.45 = 0.127 \text{ [m}^2\text{]}$$

Al reemplazar los datos del sistema en la Ecuación 2 se obtiene que:

$$Q = \frac{0.127 \text{ [m}^3\text{]}}{5 \text{ [min]}}$$

$$Q = 1.524 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right] = 1524 \left[\frac{\text{l}}{\text{h}} \right]$$

En el Anexo B se muestra el catálogo de bombas de la empresa InoxMIM, empresa dedicada a la venta de bombas para tipo alimenticio. El tipo de bomba que se requiere en este sistema es de tipo lobular cuyo funcionamiento se describió en el Capítulo 1, mencionando que son bombas diseñadas para bombear líquidos viscosos.

Las bombas FL del catálogo antes mencionado son bombas lobulares en acero inoxidable para el bombeo de líquidos viscosos. Según el diagrama de selección de bombas FL del catálogo, el tipo de bomba para el caudal que se obtuvo de la Ecuación 2 y considerando la viscosidad del yogurt, la bomba seleccionada es la FL 55L.

El diagrama de la bomba seleccionada indica que para el caudal de 1524 l/h y a una altura de 2.60 m, la bomba trabajaría a 200 rpm con una potencia eléctrica de aproximadamente 0.32 kw o 0.43 HP. Este tipo de bombas cuenta con un motovariador para variar la velocidad de bombeo en el sistema. En el Anexo C se muestra el catálogo donde se puede apreciar las medidas de la bomba como también sus aplicaciones.

Debido a que la empresa contaba con una bomba de características similares a la bomba seleccionada, se la pudo utilizar para el sistema de bombeo, cuyas características se detallan en la Tabla 25.

TABLA 25. Característica de Bomba Lobular

Parámetro	Valor
Tipo	Lobular 125NDAVG
Caudal m³/h	1.8
n min	200
Diámetro en pulgadas de succión y de impulsión	1'1/2
Potencia HP	0.75
Voltaje V	Δ 220/ Υ 380 trifásica
Material	Acero Inoxidable, a excepción de la base, motovariador y del motor
Frecuencia (Hz)	60

Fuente: Autor

La bomba cuenta con un variador de velocidad mecánico o motovariador, la cual se lo utiliza para aumentar o disminuir la velocidad de la bomba cuando el operador nota que el yogurt no está muy espeso, esto se debe a que el fluido al pasar por la bomba a una velocidad alta el yogurt tiende a licuarse perdiendo sus propiedades.

3.4.2 DISEÑO Y SELECCIÓN DEL CONTROL DE NIVEL

El tipo de control para el nivel del yogurt en la tolva es ON-OFF, ya que no se necesita un control tan complejo para dicho sistema. La principal función del control es activar la bomba para transportar el yogurt del recipiente a la tolva hasta que se llene, una vez que pasa esto el control apaga la bomba.

El diseño del control se basa en la lógica cableada, no utiliza ningún tipo de controlador. La bomba posee las respectivas protecciones en caso de un corto circuito o sobre calentamiento. La potencia de la bomba es de 0.56 KW cuya alimentación es trifásica de 220V, por lo tanto la capacidad del breaker es:

Ecuación 5. Cálculo de potencia

$$W = V * I$$

Dónde:

W= Potencia de la bomba [kw]

V= Tensión de trabajo de la bomba [V]

I= Intensidad [A]

Ecuación 6. Corriente a plena carga

$$I = \frac{W}{V}$$

$$I = \frac{0.56 [kw]}{220 [V]} = 2.54 [A]$$

Se multiplica por un factor de seguridad de 1.25, por lo tanto el breaker debe ser de 3 a 10 A aproximadamente. La Tabla 26 muestra algunas marcas de breakers que pueden ser seleccionados para protección de corto circuitos.

TABLA 26. Características de las diferentes marcas de breakes

	LS Industrial Systems	ABB	EATON
Tipo	BK-N	Pro M S190	QC
Polos	3	3	3
Tensión máxima	400VAC	300 VAC	400 VAC
Corriente nominal	10A	10A	10A
Vinculación de la empresa con distribuidores	Alta	Ninguna	Ninguna
Conocimiento del producto	Alta	Alta	Ninguna

Fuente: Autor

El breaker o interruptor termo magnético seleccionado se indica en la Figura 32, el criterio de selección de este elemento se debe a la vinculación que posee la empresa con dicha marca, ya que ha tenido un correcto funcionamiento en otras máquinas. Las características técnicas del elemento se indican en la Tabla 28.



FIGURA 32. Interruptor termo magnético

Fuente: Autor

TABLA 27. Características del Interruptor Termo Magnético LS

Parámetro	Valor
Tipo/Serie	BKN
Protección	Sobrecarga y cortocircuito
Corriente Nominal	1,2,3,4,6,10,16,20,25,32,40,50,63A
Número de polos	3
Poder de corte	10A/6kA/220VAC
Estándar	IEC 60898
Tipo de disparo	Magneto-térmico

Fuente: (Industrial System LS, 2014)

Para maniobrar la activación de la bomba es necesario colocar un contactor de la misma capacidad del interruptor termo magnético, ya que estará sometido a la misma carga, por ende será de 10A en la cual se observa en la Figura 33, cuyas características se detallan en la Tabla 28.



FIGURA 33. Contactor LS

Fuente: Fuente

TABLA 28. Características Contactor LS

Parámetro	Valor
Tipo/Serie	GMC-9
Tipo de bobina	220AC
Estándar	IEC 60947-4
Corriente nominal	9 ^a
Polos	3

Fuente: (Industrial System LS, 2014)

La razón de selección de este material fueron las mismas que la del interruptor termo magnético ya que son de la misma marca. En el caso de que se requiera remplazar el contactor, se recomienda utilizar uno de cualquiera de las marcas que tiene vinculación con la empresa, siempre y cuando cumpla con las mismas características técnicas.

Para proteger a la bomba contra sobre cargas o fallo de alguna fase se utilizó un relé térmico de la misma marca del contactor, ya que ofrece un correcto funcionamiento en otras bombas eléctricas y motores en la empresa. El relé térmico seleccionado se muestra en la Figura 34, y las características en la Tabla 29.



FIGURA 34. Relé Térmico LS

Fuente: Autor

TABLA 29. Características del relé térmico LS

	Valor
Serie/Tipo	GTK
Rango de ajuste	5-8A
Número de polos	3

Fuente: (Industrial System LS, 2014)

En caso de que se requiera sustituir este elemento por alguna razón, se puede usar un relé térmico de las marcas que poseen vínculo con la empresa.

El elemento que registra o sensa el nivel del yogurt en la tolva es un microswitch, en la cual una varilla anclada a un flotador de acero inoxidable se eleva haciendo activar el microswitch donde cuya señal hace que la bomba se encienda o se pague. La Figura 35 indica el microswitch utilizado en el sistema.

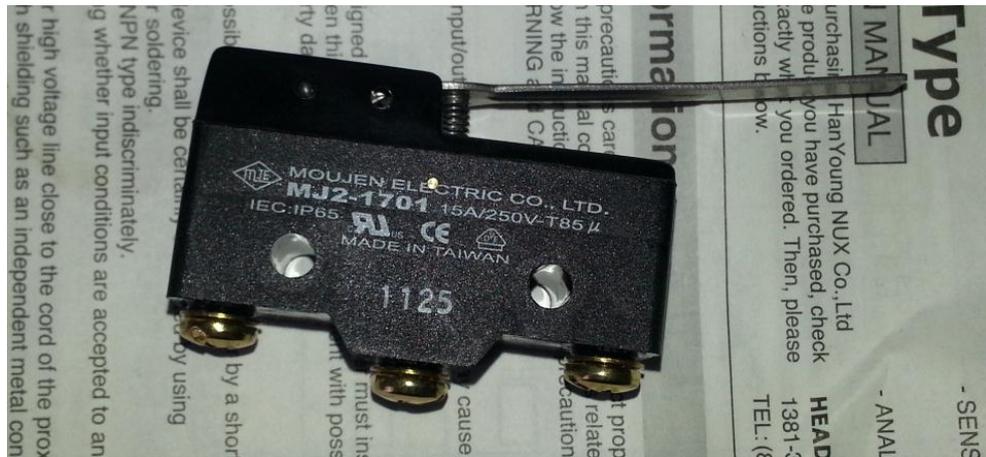


FIGURA 35. Microswitch

Fuente: Autor

Cuando el yogurt alcanza el nivel máximo la bomba deja de funcionar, pero cuando empieza a descender el microswitch activa automáticamente la bomba, esto hace que la bomba se encienda y apague aproximadamente cada 3 segundos siendo no muy recomendable por los sobre picos que se generan y la disminución de la vida útil de la bomba. Para ello se utilizó un relé temporizador on-delay como el que se indica en la Figura 36, con el fin de retardar la conexión de la bomba cuando el yogurt haya descendido, con esto se consigue q la bomba no se encienda y se apague en un lapso de tiempo muy corto. Las características del relé temporizador on-delay se detallan en la Tabla 30.



FIGURA 36. Relé Temporizador on-delay

Fuente: Autor

TABLA 30. Características Técnicas del Relé Temporizador AC800

VALOR	PARÁMETRO
Serie/Tipo	AC 800
Voltaje de entrada	19 a 288 V AC/DC
Corriente máxima de trabajo	1AMP
Temperatura de operación	-20°C a 85°C

Fuente: (Allied Electronics;, 2014)

3.4.3 FLUJOGRAMA DEL SISTEMA DE CONTROL DE NIVEL

Para tener una idea más clara del funcionamiento del sistema de control de nivel, el flujograma de la Figura 37 muestra las condiciones para la secuencia de cada uno de los elementos del sistema.

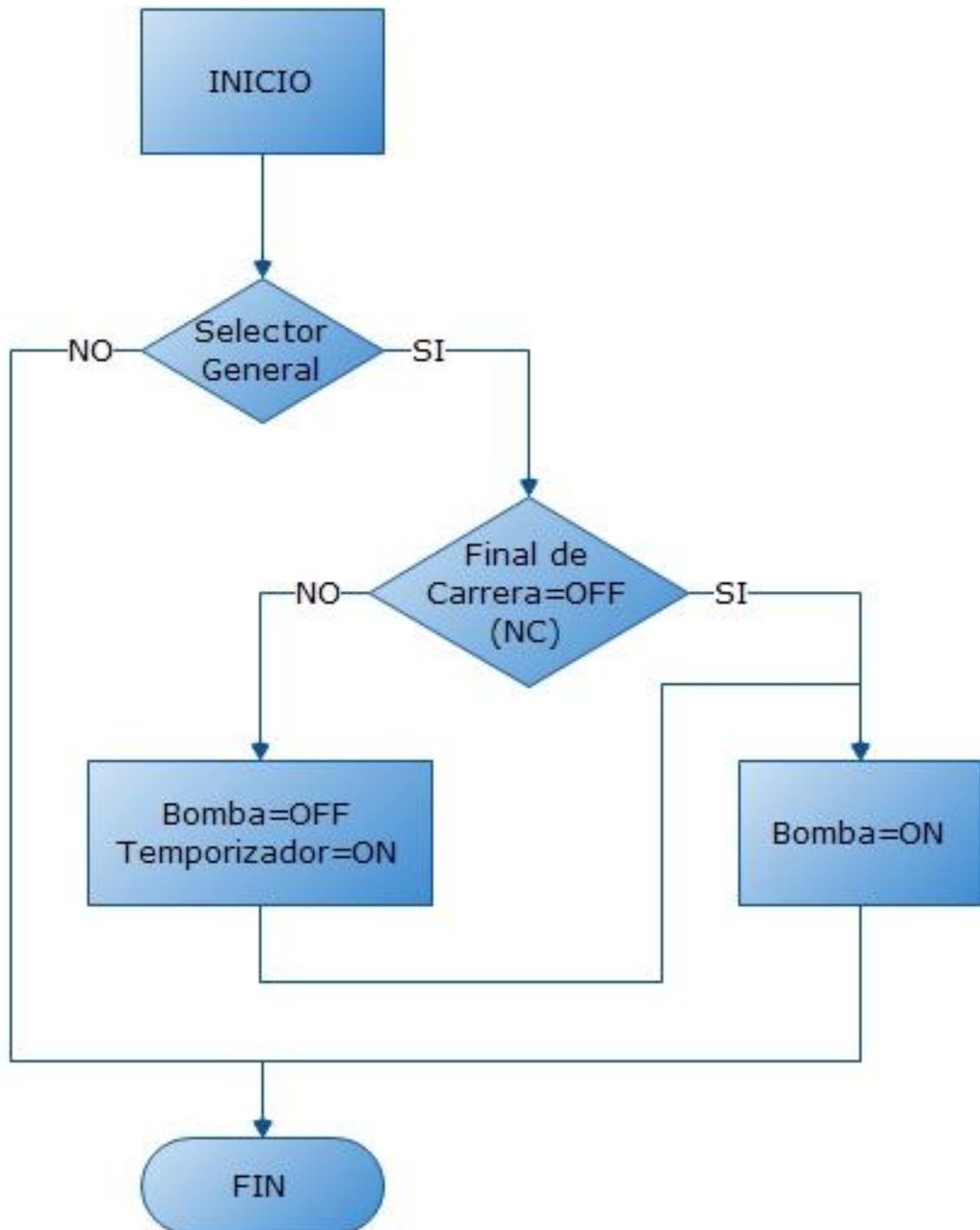


FIGURA 37. Flujograma del Control de Nivel

Fuente: Autor

CAPÍTULO IV

4 PROGRAMACIÓN DEL SOFTWARE

4.1 DETERMINACIÓN DE LA SECUENCIA DE TIEMPOS DEL SISTEMA DE LEVAS

Como se mencionó en el Capítulo 2, el elemento principal de la máquina era el conjunto de levas que de acuerdo a la geometría de las levas y de la velocidad angular (constante) del eje la máquina funcionaba con una secuencia establecida. Debido a que se reemplazó dicho sistema por un sistema electrónico, es necesario obtener los tiempos de cada leva a los que la máquina funcionaba con el antiguo sistema. La forma geométrica de las levas es la leva de disco como se indican en la Figura 38.

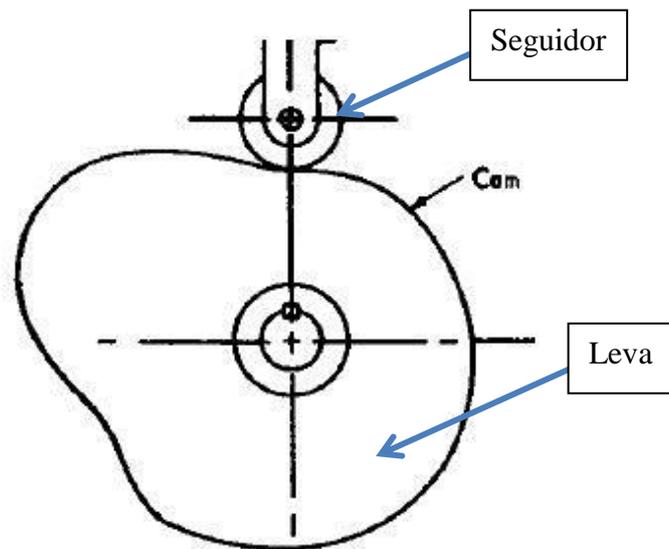


FIGURA 38. Leva de Disco

Fuente: (Northon, 2004)

La trayectoria que describe el seguidor en el perfil de la leva se puede notar en el diagrama de desplazamiento de la leva de rotación y el seguidor de traslación $y=f(\theta)$ en la Figura 39. El seguidor pasa por una trayectoria de subida, de detención y de bajada, variando su posición conforme gira la leva en el eje.

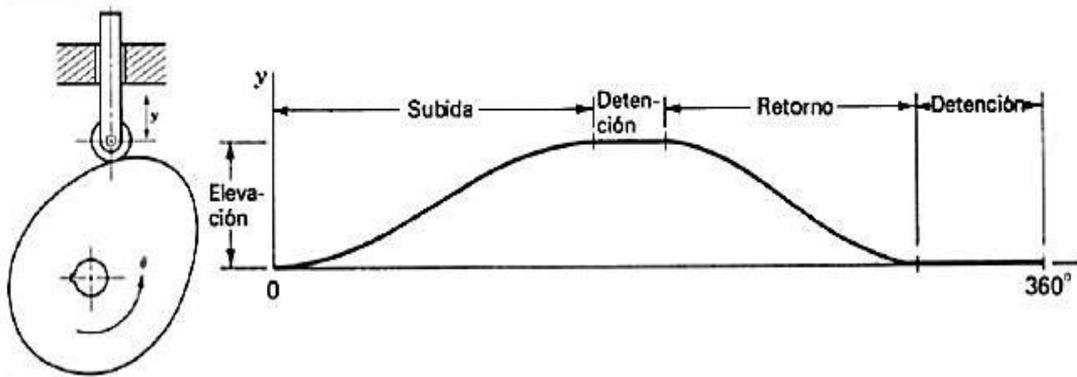


FIGURA 39. Diagrama de Desplazamiento de la Leva y el Seguidor

Fuente: (Northon, 2004)

El tipo de desplazamiento del seguidor depende del tipo de recorrido que quiera que realice, en el caso de los seguidores de la máquina que vendrían hacer los microswitch realizan un desplazamiento de subida y bajada entre detenciones, es decir, que existe un estado alto o de activación y un estado bajo o de detención. Para dicha trayectoria se utiliza un movimiento cicloidal, puesto que tiene aceleraciones nulas al inicio y al final, correspondiendo las aceleraciones nulas de las detenciones. La Figura 40 muestra el desplazamiento cicloidal de la sección de subida.

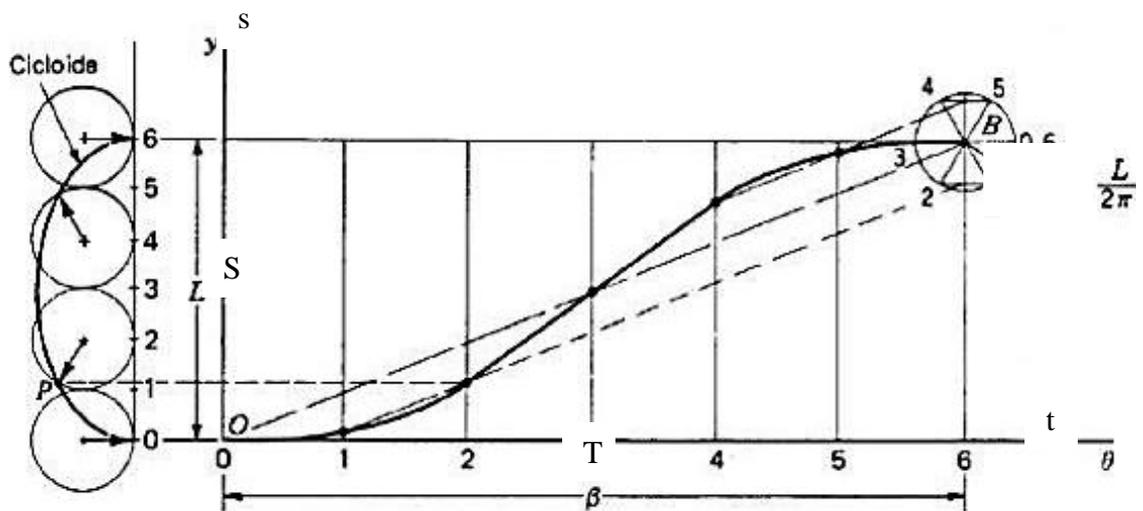


FIGURA 40. Diagrama de Desplazamiento con Movimiento Cicloidal

Fuente: (Jensen, 2004)

Las ecuaciones 7 y 8 definen la curva del diagrama de desplazamiento con movimiento cicloidal de subida y de bajada respectivamente.

Ecuación 7. Desplazamiento de subida

$$s = S\left[\frac{t}{T} - \frac{1}{2\pi} \operatorname{sen}\left(\frac{2\pi}{T}t\right)\right]$$

Ecuación 8. Desplazamiento de bajada

$$s = S\left[1 - \frac{t}{T} + \frac{1}{2\pi} \operatorname{sen}\left(\frac{2\pi}{T}t\right)\right]$$

Fuente: **(Northon, 2004)**

Donde:

s = Desplazamiento instantáneo del seguidor en cualquier momento dado [cm]

S = Desplazamiento máximo del seguidor [cm]

T = Periodo de tiempo para las secuencias de alejamiento y acercamiento del seguidor [seg]

t = Intervalos de tiempo en que se divide el tiempo de trabajo de la leva [seg]

El eje de levas acciona cuatro microswitch, lo cual conlleva a determinar los tiempos de cada una de las levas, para luego considerar dichos tiempos en la programación del PLC. Se utilizó el software de Matlab para poder ingresar las ecuaciones 7 y 8 y así analizar su comportamiento para obtener los tiempos. Un dato importante a considerar es la velocidad angular del eje que es de $\omega=4.18$ rad/s aproximadamente, ya que esta velocidad se la obtuvo tomando el tiempo en que se demora una leva en girar una vuelta completa de 360° , la cual fue de 1.5 segundos, siendo en este caso el valor de T . La Figura 41 muestra la secuencia de las levas para cada uno de los elementos.

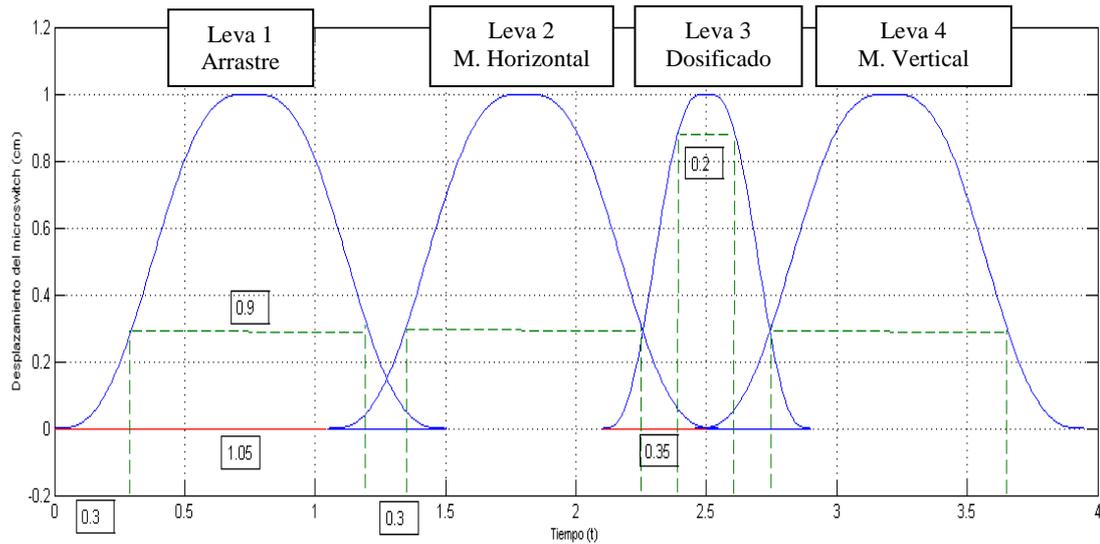


FIGURA 41. Secuencia de las levas

Fuente: Autor

Para determinar el tiempo de desfase entre levas se hizo pruebas haciendo funcionar el eje de levas a velocidad angular constante, lo cual la leva 1 se desfasa 1.05 segundos a la leva 2, de igual manera de la leva 2 a la leva 3. Como la leva 3 es la encargada de la dosificación posee un desfase menor hacia la leva 4 con un tiempo de 0.35 segundos aproximadamente.

El diagrama de la secuencia de las levas de la Figura 41 muestra los tiempos de activación y de detención del microswitch; en la leva 1 se observa que la leva acciona al seguidor por un tiempo de 0.9 segundos y un tiempo de espera de 0.6 segundos, por lo cual el periodo T es de 1.5 segundos igual al tiempo de una revolución completa de la leva. Hay que tomar en cuenta que el microswitch se activa cuando el desplazamiento del mismo es mayor a 0.25 cm.

La activación de la mordaza vertical, dosificado y mordaza horizontal, debe ser seguida una tras otra, sin existir tiempo de espera entre ella. Es por eso que se observa en las curvas de las levas los cortes de intersecciones justo en la activación del microswitch. Con todos estos criterios se obtuvo los tiempos de activación, desactivación, y desfase entre las levas para su previa programación en el PLC. La Tabla 31 indica los resultados de los tiempos para cada una de las levas.

TABLA 31. Tiempos de Activación y Espera del Sistema de Levas

Precedencia	Leva para:	Tiempo de activación (s)	Tiempo de espera (s)	Desfase (s) con respecto a la leva 1
1	Arrastre	0.9	0.6	0
2	M. Horizontal	0.9	0.6	1.05
3	Dosificado	0.2	0.6	2.1
4	M. Vertical	0.9	0.6	2.45

Fuente: Autor

4.2 IDENTIFICACIÓN DE ENTRADAS Y SALIDAS

Para la programación del PLC es necesario identificar las señales de entrada y las señales de salida de las funciones de la máquina, como también el tipo de señal (analógica o digital) que se van a programar. Los interruptores de tipo selector activarán las entradas y estas a las diferentes funciones del proceso. Las señales de entrada y salida del PLC se describen en la Tabla 32 y 33. Se puede notar que son de tipo digital, es decir de dos estados 1 y 0 lógico.

TABLA 32. Descripción de las entradas del PLC

Entrada	Elemento de entrada	Descripción
I1	Selector	Manual
I2	Selector	Auto
I3	Selector	Encendido del dosificador
I4	Selector	Activación sensor de marca de registro
I5	Selector	Encendido del codificador
I6	Sensor	Señal del sensor de marca de registro

Fuente: Autor

TABLA 33. Descripción de las salidas del PLC

Salida	Descripción
Q1	Tarjeta de potencia para la mordaza vertical
Q2	Tarjeta de potencia para la mordaza horizontal
Q3	Actuador neumático para el arrastre de la funda
Q4	Actuadores neumáticos de la mordaza horizontal
Q5	Actuador de la mordaza vertical
Q6	Actuadores neumáticos del codificador
Q7	Actuador neumático del dosificador

Fuente: Autor

4.3 FLUJOGRAMA DEL SISTEMA AUTOMÁTICO

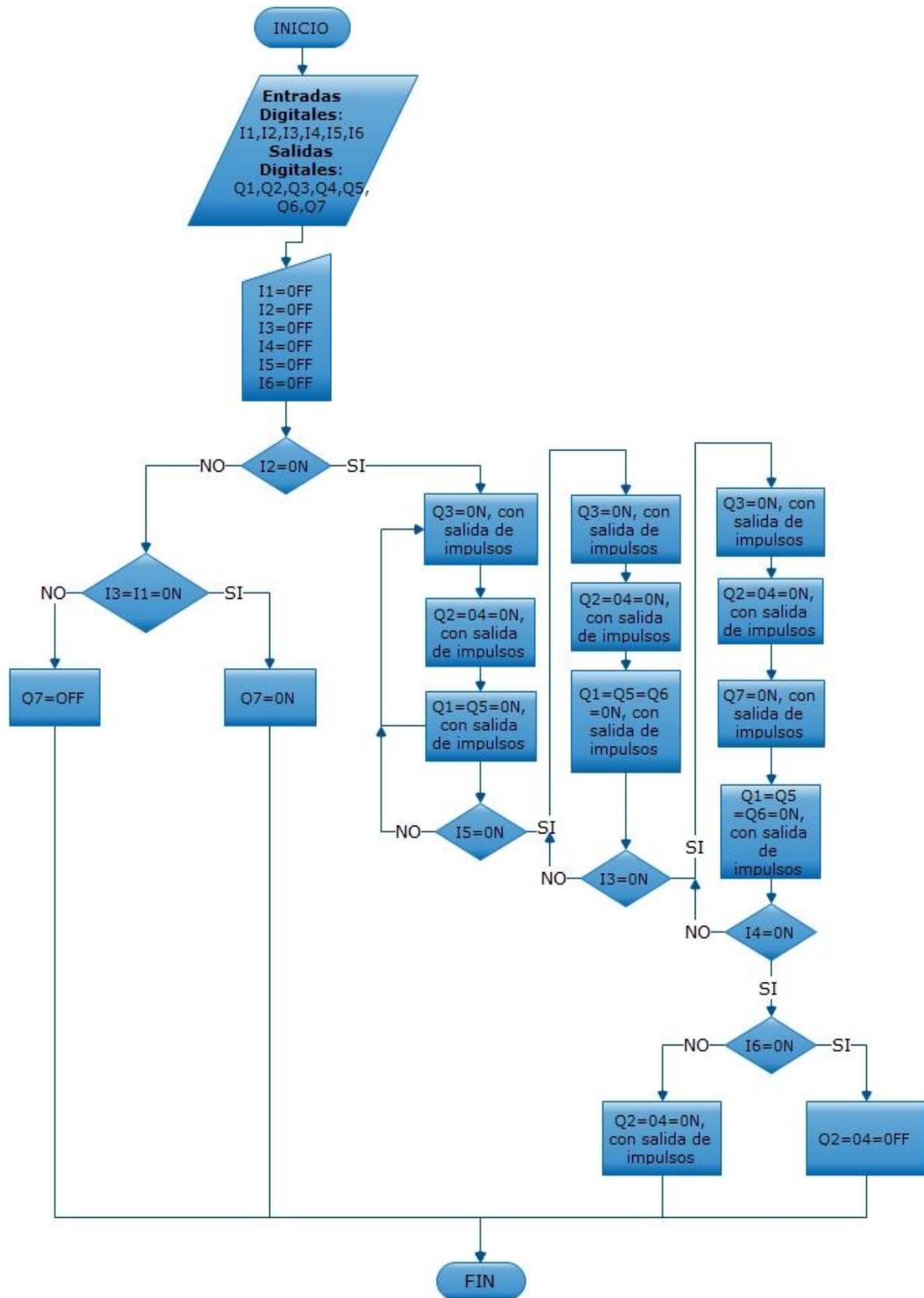


FIGURA 42. Flujograma del sistema automático de la máquina

Fuente: Autor

4.4 DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE

La programación del PLC Logo se la realizó en el software LOGO!Soft Confort de Siemens, Con el software de programación los programas se pueden crear, simular, modificar, guardar e imprimir directamente en el PC.

El tipo de programación que se utilizó es programación por bloques. Como se indicó en el Capítulo 2, el programador que poseía la máquina era un conjunto de levas que dependiendo de su posición activaban o desactivaban los diferentes actuadores. En este caso el programador es el PLC, donde los tiempos de retardo de conexión y desconexión se programaron de acuerdo a la secuencia del flujograma de la Figura 42.

Los valores de los tiempos de algunos bloques especialmente de los temporizadores se colocaron en base a la Tabla 32, ya que son los tiempos que se obtuvieron del sistema de levas, claro está que si no cumple con la secuencia requerida en el nuevo sistema se debe ir calibrando y modificando esos valores hasta que cada uno de los elementos se active el momento preciso para lograr el correcto dosificado y empaque del yogurt. La secuencia de cada uno de los elementos que intervienen en proceso se detalla en la Tabla 35.

TABLA 34. Secuencia de los Elementos que Intervienen en el Proceso de la Máquina

Precedencia	Elementos
1	Cilindro de arrastre
2	Niquelina Mordaza Horizontal
2	Cilindros Mordaza Horizontal
3	Cilindro para Dosificación
4	Niquelina Mordaza Vertical
4	Cilindro Mordaza Vertical
4	Cilindros del Codificador

Fuente: Autor

Se puede notar que se aumentaron elementos en el proceso, como son las niquelinas de cada mordaza y el codificador. Cabe mencionar que el orden de la Tabla 34 se da cuando la máquina está en completa operación, es decir, cuando todos los elementos están activados.

La máquina posee la función auto y manual, la función auto pone en funcionamiento los actuadores del sellado vertical y del sellado horizontal. La función manual al ser accionada junto con la entrada I3 activa el actuador del dosificador para que el cilindro por donde desciende el yogurt quede abierto, con el fin de dejar circular el agua para su respectiva limpieza.

Para que no exista desperdicio de yogurt al momento de calibrar la máquina, colocación de la funda o realización de alguna prueba, se puede desactivar manualmente el cilindro del dosificador, como también desactivar el codificador neumático. El programa del PLC se muestra en el Anexo D.

La manipulación de algunos parámetros en la máquina hace que ésta sea de mayor versatilidad para el operador. Unas de las ventajas de hacer esto es que al cambiar los valores de las variables se puede ajustar la máquina a los requerimientos deseados sin tener que modificar partes mecánicas, ya que todo depende de los tiempos programados en el PLC.

La pantalla Logo! TD permite visualizar y modificar las variables deseadas, la cual es programada a través del logo!Soft Confort mediante un bloque llamado texto de aviso. Para ver las variables programadas en el bloque basta con presionar las teclas de dirección para ubicarse en el parámetro deseado. En el Anexo E se indica los boques para las diferentes variables que son de acceso en la Logo! TD por el operador.

CAPÍTULO V

5 IMPLEMENTACIÓN, PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 MONTAJE DEL SISTEMA ELECTRO-NEUMÁTICO.

Los planos del sistema electro neumático se detallan en el Anexo F, indicando las diferentes conexiones de las electroválvulas y actuadores neumáticos.

Los actuadores neumáticos que poseía la máquina no se encontraban en buen estado, por ende se realizó el mantenimiento respectivo que consta del remplazo de los empaques o retenes que van en los extremos del vástago, sellos del émbolo, como también la lubricación de la camisa. La Figura 43 muestra el despiece de uno de los cilindros para su respectivo mantenimiento.

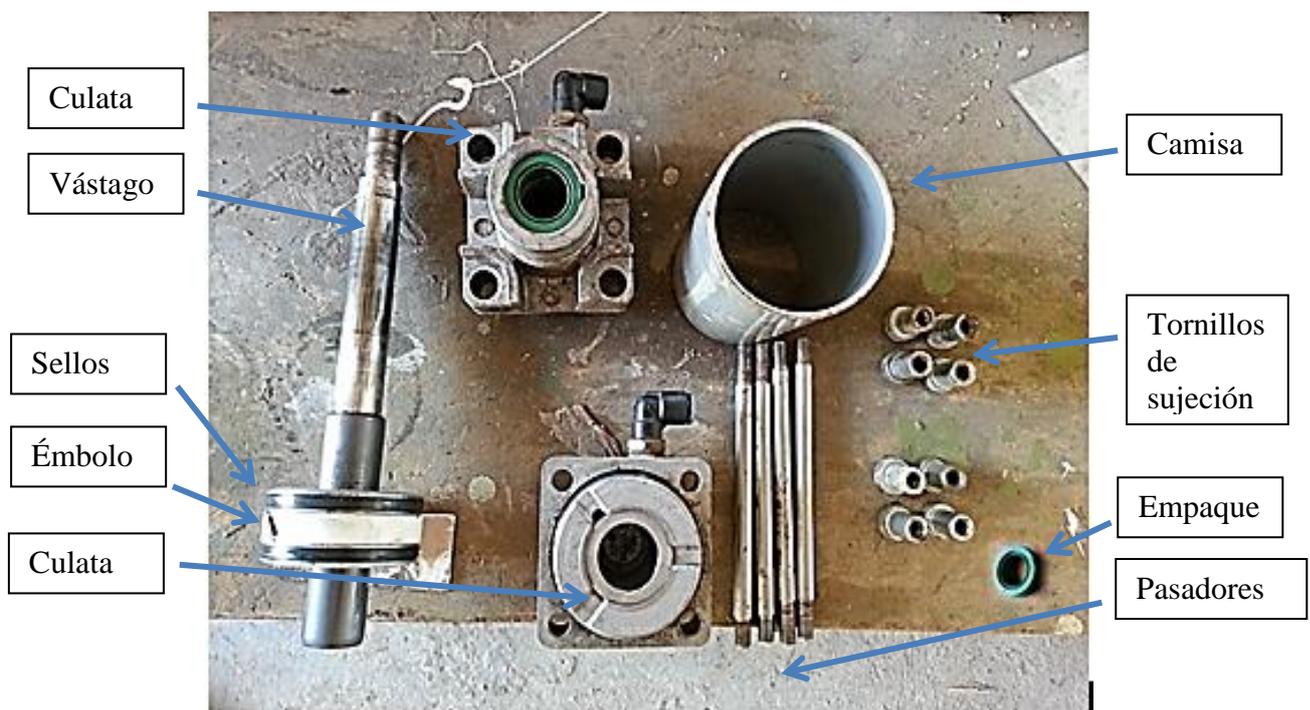


FIGURA 43. Despiece del Cilindro Neumático de la Mordaza Horizontal

Fuente: Autor

Una vez realizado el mantenimiento de los cilindros, se montaron los elementos respectivos para el sello vertical y horizontal como se indica en la Figura 44 y 45.

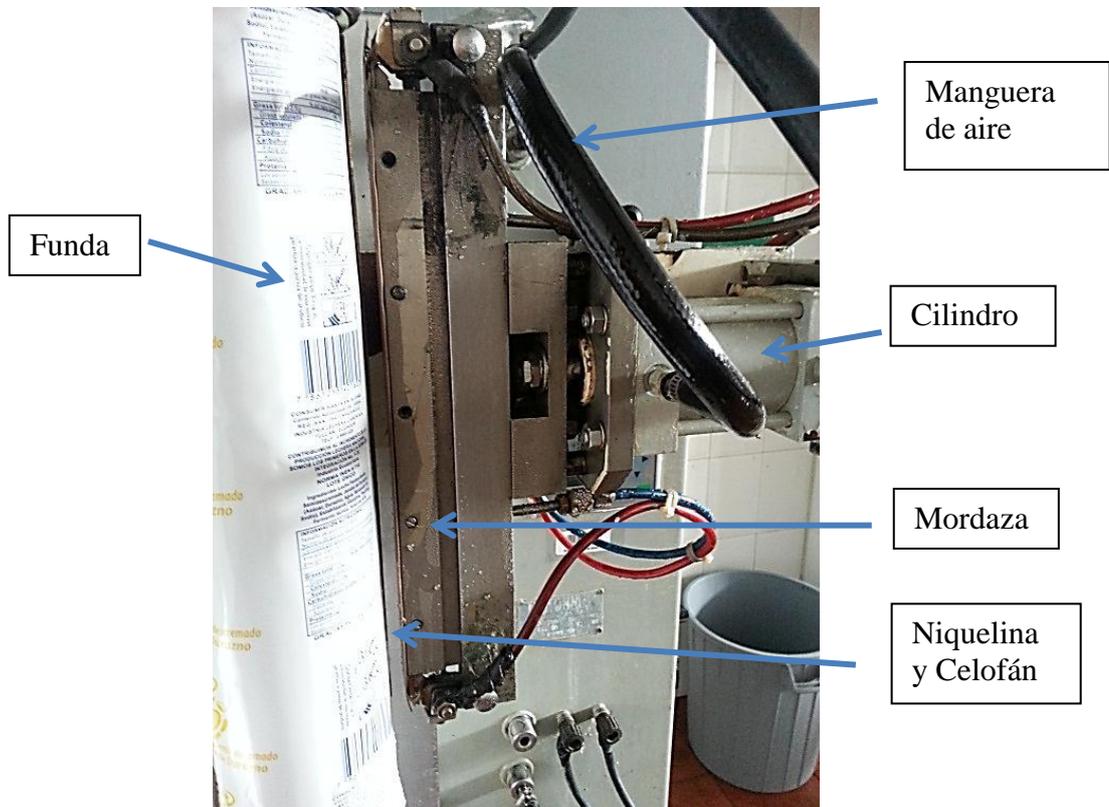


FIGURA 44. Montaje de los Elementos del Sellado Vertical

Fuente: Autor

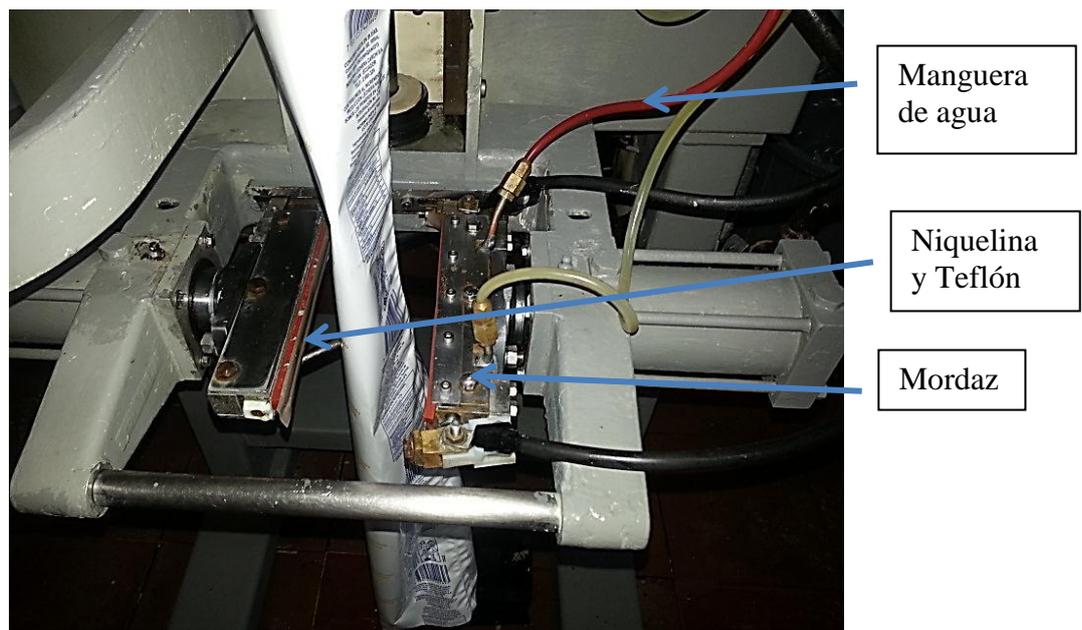


FIGURA 45. Montaje de los Elementos del Sellado Horizontal

Fuente: Autor

Las electroválvulas se colocaron en la parte interior trasera de la máquina como se muestra en la Figura 46, en esta ubicación se previene su deterioro al estar en contacto con el agua.

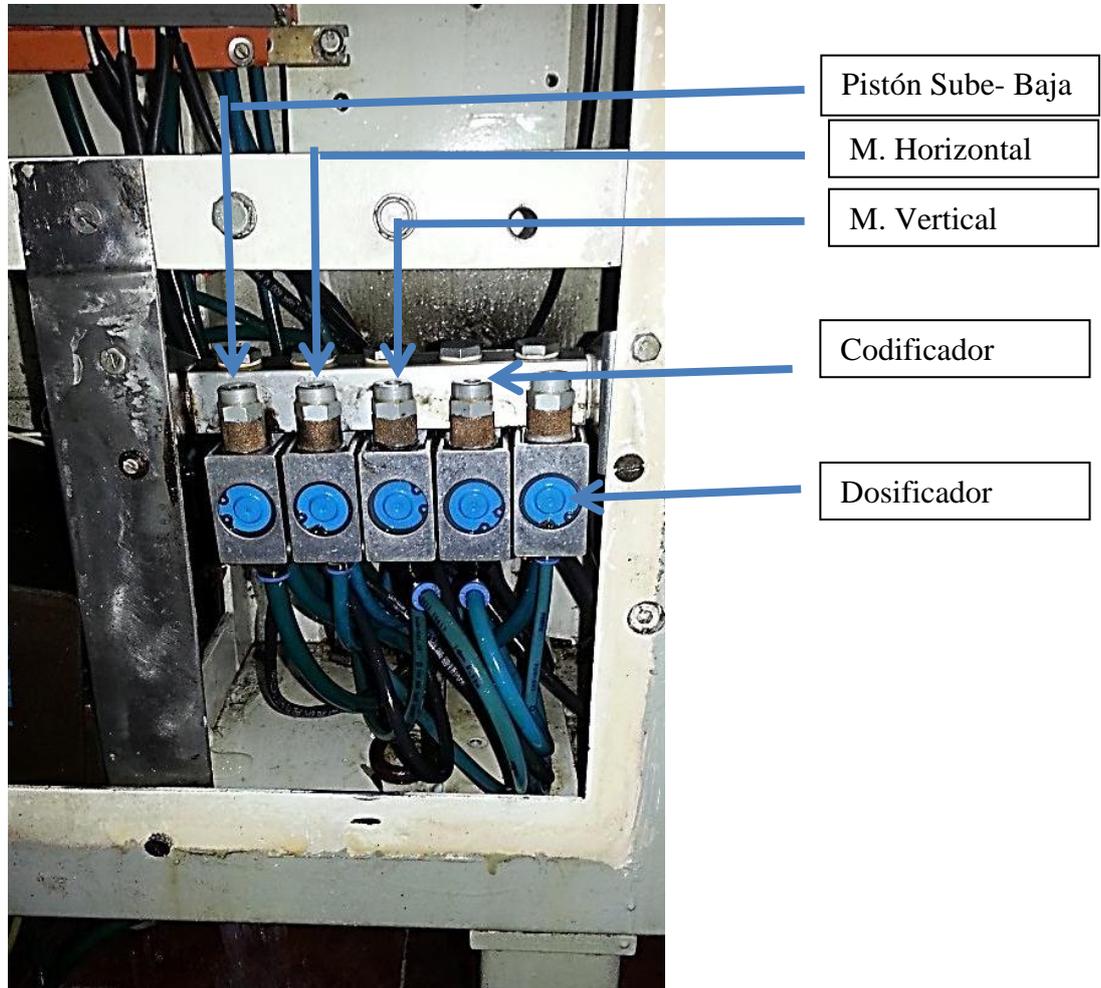


FIGURA 46. Montaje de Electroválvulas

Fuente: Autor

El codificador neumático que se utilizó se muestra en la Figura 47, y se lo colocó en la parte superior izquierda por el tamaño que presenta este elemento y por la posición de la funda. Cabe mencionar que el codificador se encontraba funcionando en otra máquina de la empresa, la cual se adaptó correctamente en la máquina dosificadora de yogurt.

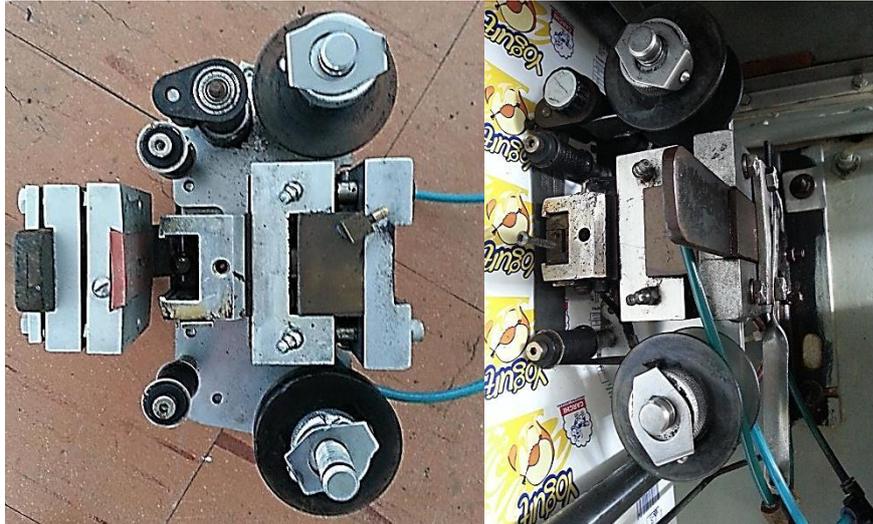


FIGURA 47. Codificador Neumático Utilizado en la Máquina

Fuente: Autor

El cilindro dosificador utilizado se muestra en la Figura 48. Se puede observar que va acoplado mediante férulas de acero inoxidable a la tubería que proviene de la tolva. Su función es permitir el paso del yogurt mediante un tapón que va unido a una varilla y ésta al vástago del cilindro como se indica en la Figura 49.

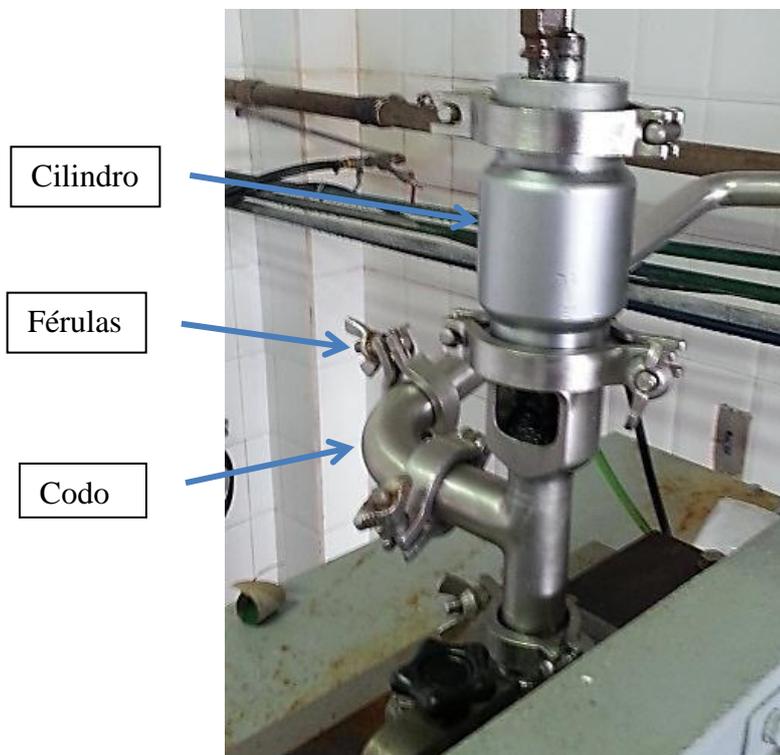


FIGURA 48. Montaje del Cilindro Dosificador

Fuente: Autor

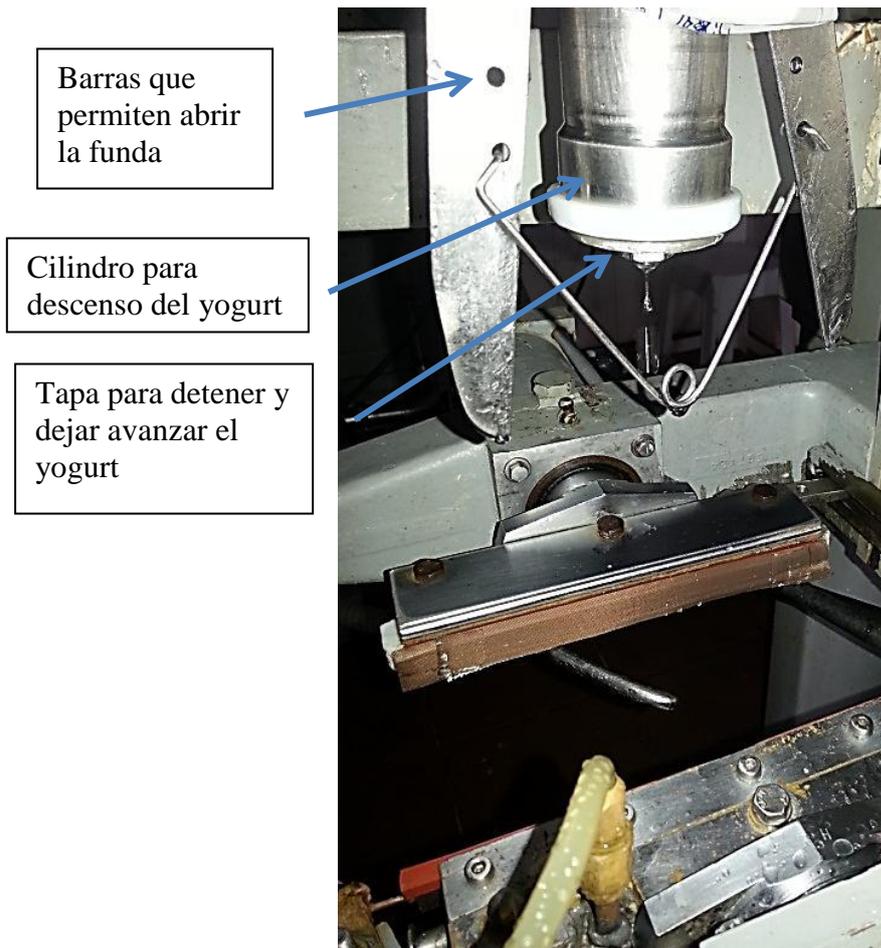


FIGURA 49. Cilindro Dosificador

Fuente: Autor

5.2 MONTAJE DEL SISTEMA DE CONTROL.

Los planos de montaje del sistema de control se detallan en el Anexo G, contienen ingeniería de detalle que permite el montaje del tablero de control. Debido a que en la parte trasera de la máquina se retiró los elementos mecánicos que poseía en un inicio se aprovechó el espacio para el montaje del tablero como se indica en la Figura 50.

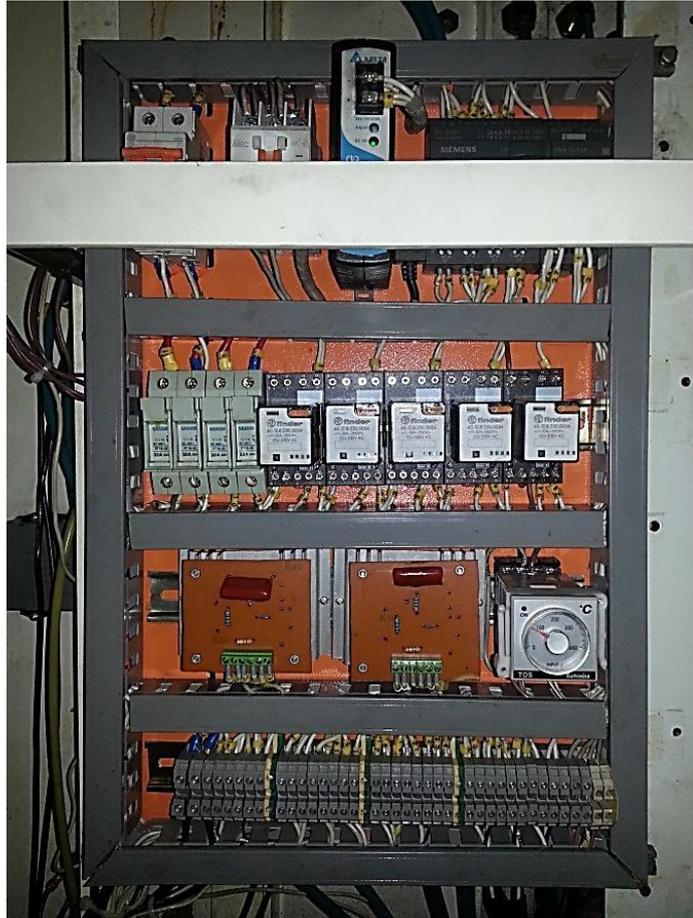


FIGURA 50. Montaje Tablero de Control

Fuente: Autor

Los selectores fueron ubicados en la parte lateral derecha, mientras que la Logo! TD en la parte frontal. El sensor de marca de registro fue colocado en la parte delantera de la máquina para poder sentir la funda. La Figura 51 muestra la posición de los elementos mencionados.

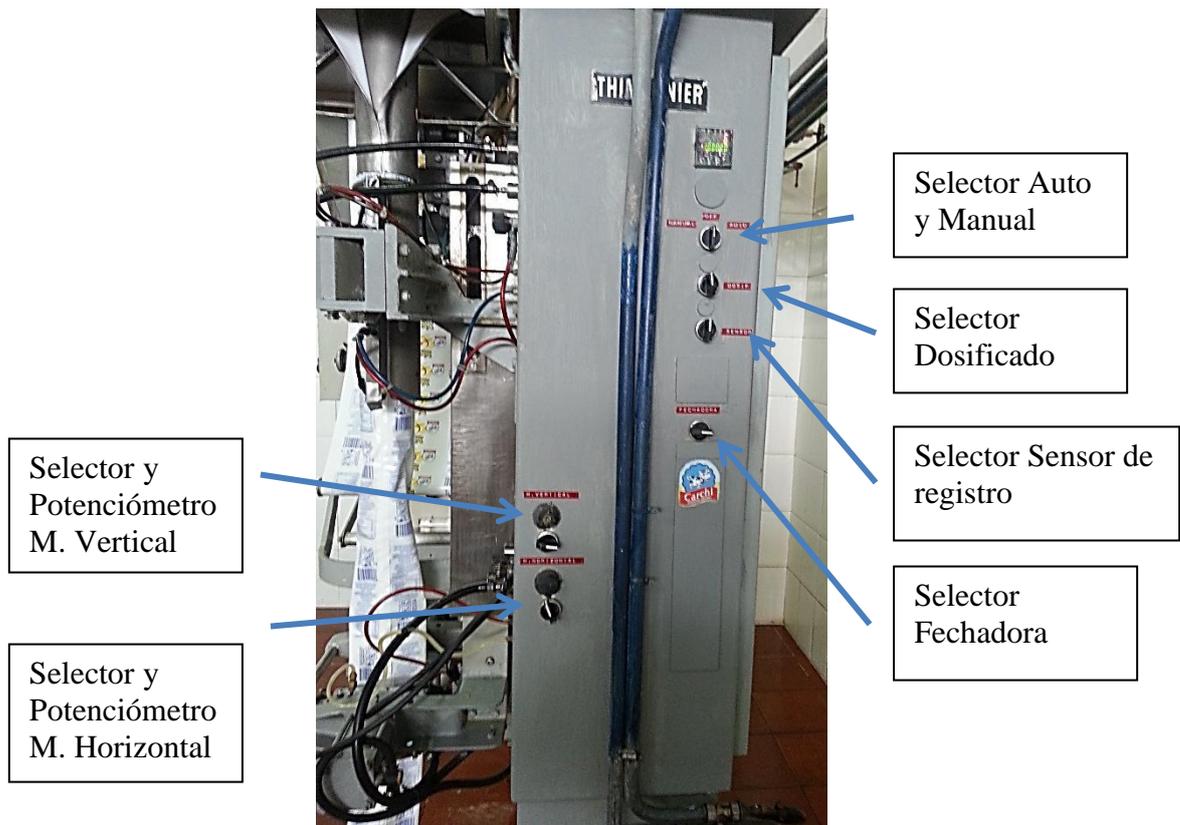
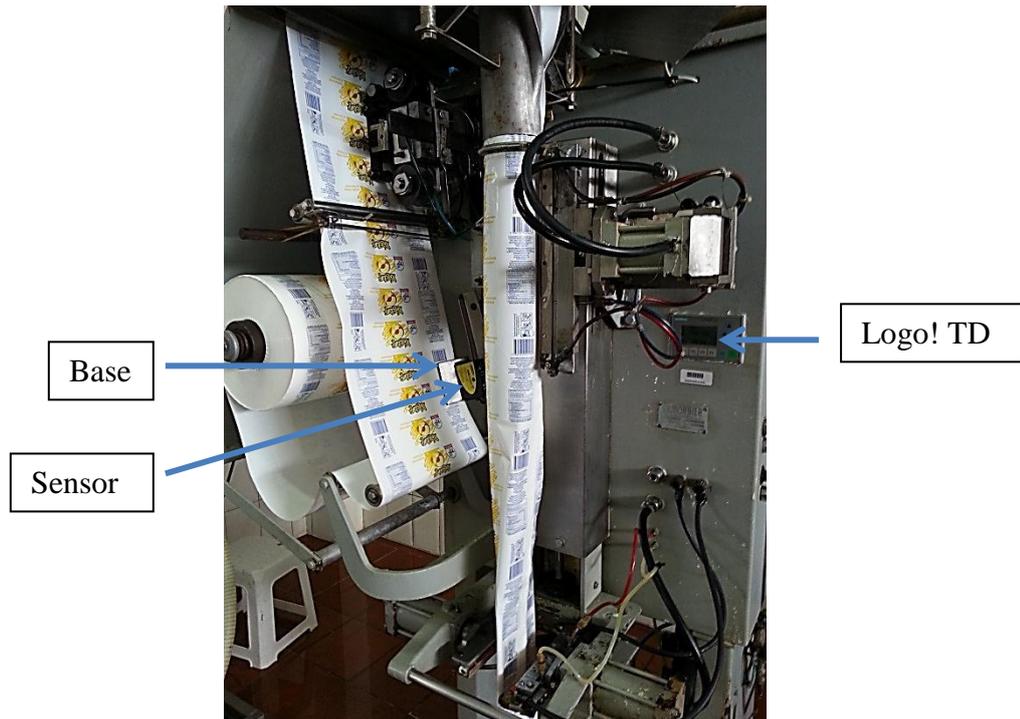


FIGURA 51. Montaje de Elementos

Fuente: Autor

5.3 MONTAJE DEL SISTEMA DE POTENCIA.

Las conexiones de los diferentes elementos del sistema de potencia se detallan en el Anexo F en el diagrama del sistema de control. Los diagramas de las tarjetas de potencia se pueden observar en la sección 3.2 del Capítulo 3. La Figura 52 muestra el montaje de las tarjetas en el tablero de control de la máquina, y la Figura 53 indica el montaje de los dos transformadores.

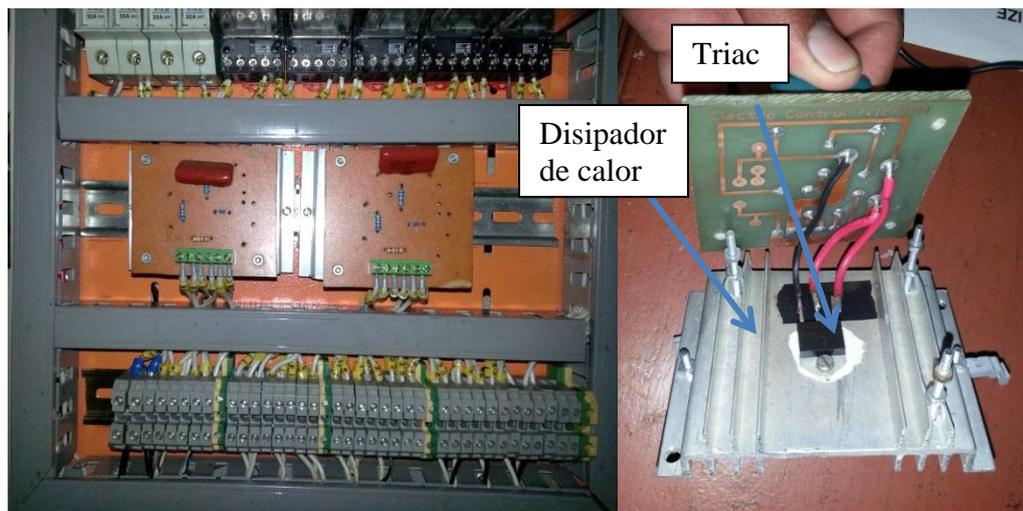


FIGURA 52. Montaje de las Tarjetas de Potencia

Fuente: Autor



FIGURA 53. Montaje de los Transformadores

Fuente: Autor

5.4 MONTAJE DEL SISTEMA DE CONTROL DE NIVEL.

El diagrama respectivo del sistema de control de nivel se indica en el Anexo H, contiene ingeniería de detalle que permite el montaje del tablero de control, como se indica en la Figura 54.



FIGURA 54. Montaje del Tablero de Control de Nivel

Fuente: Autor

El montaje de la tubería de acero inoxidable con los demás elementos se lo realizó con la ayuda de férulas, la cual poseen una abrazadera y un empaque para evitar la salida del yogurt. En la Figura 55 se puede ver las férulas a ser acopladas a un tubo de acero inoxidable.



FIGURA 55. Elementos a ser instalados en el Control de Nivel

Fuente: Autor

El micro switch se colocó sujeto a una base soldada en la tapa del recipiente como se muestra en la en la Figura 56.



FIGURA 56. Montaje Micro Switch

Fuente: Autor

El motor de la bomba no se encontraba en buenas condiciones por lo que se tuvo que rebobinar el estator. Se realizó el mantenimiento respectivo de las piezas para el correcto funcionamiento. La bomba fue ubicada en el piso como se observa en la Figura 57, ya que el yogurt a ser bombeado se encuentra en la parte baja de la máquina.



FIGURA 57. Implementación de la Bomba

Fuente: Autor

El montaje de todos los elementos del sistema de control se observa en la Figura 58.

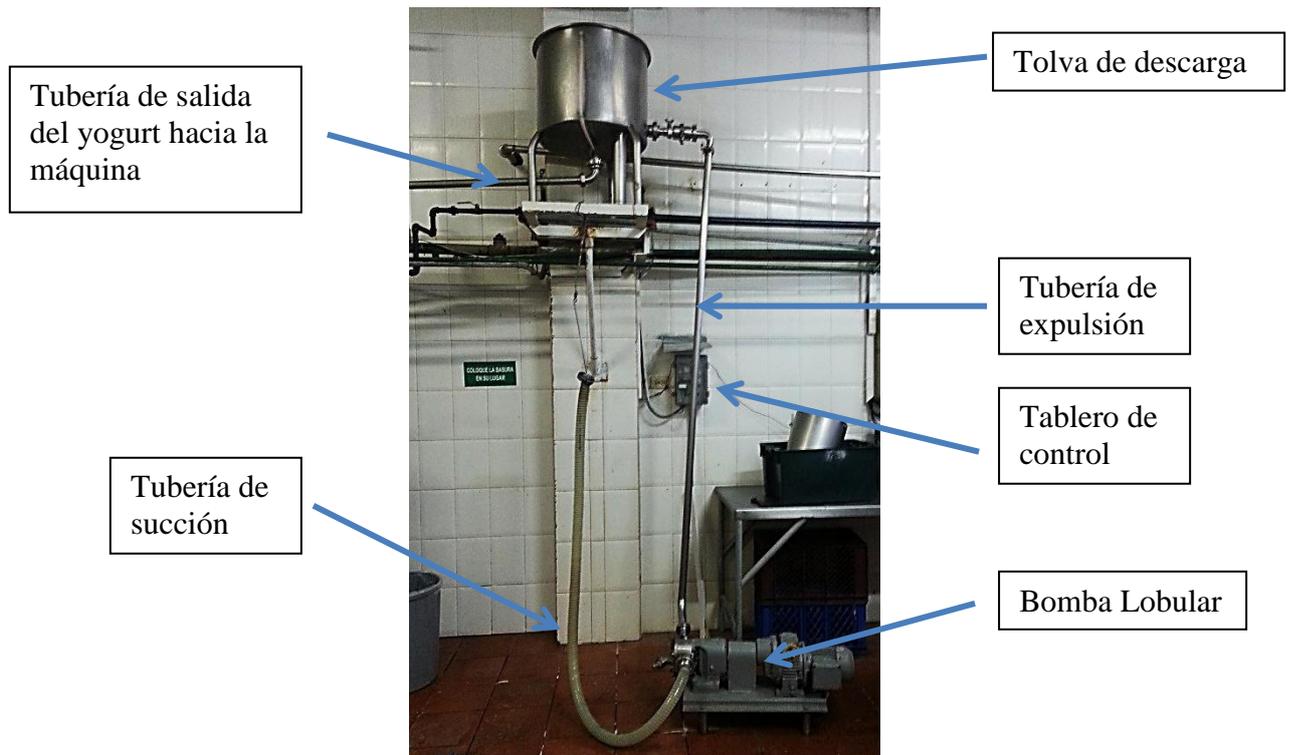


FIGURA 58. Montaje de los Elementos del Sistema de Control de Nivel

Fuente: Autor

5.5 PRUEBAS DEL FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA.

Los elementos utilizados en la máquina ya sean nuevos o existentes, fueron probados individualmente antes de ser montados y conectados en el sistema. Los materiales que se reutilizaron en los diferentes sistemas, selectores, electroválvulas, cilindros neumáticos, fechadora fueron probados durante el estudio de validación previo de la máquina y posteriormente el sensor de registro, PLC, relés, y demás elementos.

5.5.1 PRUEBAS DEL SISTEMA NEUMÁTICO

Las pruebas en el sistema neumático consistieron en una inspección visual y una evaluación práctica de las mangueras de aire, la unidad de mantenimiento, válvulas y cilindros neumáticos y verificación de la presión necesaria para que las mordazas de sellado y el codificador realicen su trabajo de manera correcta, la cual el compresor que cuenta la empresa es de 120 PSI por lo que se tuvo que regular la presión a través de la unidad de mantenimiento.

5.5.2 PRUEBAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO

Las pruebas consistieron en verificar el estado y correcto funcionamiento de los elementos de protección y maniobra en el panel de control y tablero principal, más la pantalla Logo! TD, el PLC y tarjetas de control de temperatura para las niquelinas de las mordazas de sellado tanto vertical como horizontal.

Se realizaron pruebas de alimentación y aislamiento entre las borneras, cableado, elementos de protección y maniobra desde la entraba de voltaje a la máquina al panel de control y al tablero principal. Se comprobó las señales de los selectores hacia el PLC y las señales desde el PLC a las respectivas electroválvulas.

Las pruebas preliminares se efectuaron con las funciones que ayudan a comprobar y observar el programa, que posee el Logo SoftConfort. Los tiempos para la sincronización de los diferentes elementos de la máquina se obtuvieron mediante el método prueba y error, que consiste en accionar los elementos sin importar el tiempo de activación y desactivación para que de acuerdo con la lógica de funcionamiento se vayan modificando los diferentes tiempos hasta obtener tiempo óptimos para que los elementos tengan una correcta secuencia.

5.5.3 PRUEBAS DEL SISTEMA DEL CONTROL DE NIVEL

Las pruebas en el sistema de control de nivel consistieron en el arranque y prueba del sentido de giro del motor de la bomba, ya que si el giro del motor no es el correcto la bomba no podrá elevar el yogurt a la tolva. También se comprobó el accionamiento del micro switch, en donde al activarse la bomba se apaga hasta que pase el tiempo del temporizador.

5.6 ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA.

El análisis de la efectividad del nuevo sistema de control automático viene dado por la calidad del sello y la exactitud en la cantidad del dosificado del yogurt en las fundas. Cabe mencionar que el sellado y corte de la funda depende de dos variables, el valor en milisegundos que se ingresa en la pantalla Logo! TD y el valor del potenciómetro que varía en de 0 a 10, siendo un rango de valores que sirve para tomar como referencia la posición de la perilla del potenciómetro.

Para realizar el análisis del corte se realizó el siguiente procedimiento:

- ✓ Se inicia el ciclo de producción con un valor estándar establecido inicialmente.
- ✓ Se separan 5 muestras aleatoriamente para verificar el corte y sellado.
- ✓ Se toman valores de corte en la logo! TD y se compara con el valor deseado.
- ✓ Se modifican los valores de corte en la pantalla hasta obtener el corte y sellado correcto.

La Tabla 35 y 36 indican un análisis de las muestras que se obtuvieron al realizar las pruebas de sellado vertical, horizontal y el corte respectivo.

TABLA 35. Análisis del Sellado Vertical

Muestra	Valor en Pantalla (ms)	Valor de potenciómetro (1-10)	Sellado	
			Aceptable	No aceptable
1	0	0		X
2	10	1		X
3	20	2		X
4	37	8	X	
5	48	10		X

Fuente: Autor

TABLA 36. Análisis del Sellado y Corte Horizontal

Muestra	Valor en Pantalla (ms)	Valor de potenciómetro (1-10)	Sellado	
			Aceptable	No aceptable
1	0	0		X
2	10	4		X
3	20	9	X	
4	35	9.5		X
5	45	10		X

Fuente: Autor

Para el dosificado se realiza el mismo procedimiento por lo cual la Tabla 36 indica el análisis de las pruebas. El dosificado sólo depende del valor de la variable de la pantalla logo! TD.

TABLA 37. Análisis del Dosificado

Muestra	Valor en Pantalla (ms)	Cantidad de yogurt (ml)	Sellado	
			Aceptable	No aceptable
1	0	0		X
2	5	95		X
3	22	100	X	
4	24	103		X
5	45	205		X

Fuente: Autor

En las pruebas realizadas se puede analizar que la máquina dosifica aproximadamente 23 fundas por minuto, 13 fundas más que lo que producía antes de la automatización de la máquina, es decir que aumentó su eficiencia siendo una ganancia en la producción de fundas de yogurt para la empresa, y más aun dando una solución a los problemas que presentaba la máquina.

CAPÍTULO VI

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES.

- Con la automatización de la máquina dosificadora y empacadora de yogurt se aumentó la eficiencia de la máquina dosificando 27 fundas de 100ml por minuto, siendo aproximadamente tres veces más rápida, incrementando la producción de yogures en la empresa.
- Los parámetros que se lograron controlar en el proceso de la máquina fueron la cantidad de yogurt en cada funda, el corte y sellado de la funda.
- Se implementó un sistema de dosificación por gravedad, lo cual se pudo controlar el flujo del yogurt en las fundas mediante el control del cilindro que poseía un tapón en el vástago permitiendo el paso y cierre del flujo de yogurt.
- Se implementó un sistema electro neumático de acuerdo a las necesidades del proceso de la máquina, es decir para el accionamiento de los cilindros de las mordazas, del dosificador y del codificador.
- Se implementó un control de nivel para sensar el nivel alto del yogurt en la tolva, y una bomba para transportar el yogurt del recipiente hacia la tolva. Cabe mencionar que el sistema de control de nivel no posee ningún control en el funcionamiento de la máquina, es decir, si no existe yogurt en la tolva la máquina no se detendrá, esto se debe a que la empresa lo decidió que fuera así.
- Se reemplazó el mecanismo de levas por un PLC, cuya sincronización se basa en tiempos y ya no por la activación de los micros-switch a través de las levas, evitando la desincronización de la máquina por desgaste de piezas mecánicas.
- Las pruebas realizadas en la máquina fueron satisfactorias, ya que se logró obtener el producto final con la cantidad deseada.
- Con el mantenimiento respectivo de ciertos elementos de la máquina y otros obtenidos de otras máquinas se logró reutilizarlos en la máquina, obteniendo una mejor eficiencia de la máquina y ahorro de inversión del proyecto.

6.2 RECOMENDACIONES.

- Calibrar diariamente las diferentes variables a controlarse en el proceso de la máquina, como la cantidad de dosificado, sellado y corte de la funda.
- En caso de avería de cualquier elemento de la máquina ya sea del sistema de control, electro neumático, de nivel y de potencia, optar por utilizar los elementos recomendados, ya que de igual manera garantizan el correcto funcionamiento en el proceso.
- Colocar el rollo de empaque antes de encender la máquina, ya que podría existir quemaduras al tocar las niquelinas en las mordazas. En caso de que se requiera cambiar cuando la máquina ya se ha puesto en marcha y las niquelinas estén calientes, tomar las medidas de seguridad necesarias.
- En caso de querer repotenciar la máquina para una mayor producción, será necesario reemplazar el cilindro neumático del avance de la funda por un mecanismo de ruedas mediante un motor.
- Verificar frecuentemente la cantidad de yogurt en las fundas, ya que puede existir la posibilidad de que haya algún problema con los cilindros neumáticos.
- Colocar empaques de protección al gabinete de control, ya que el ambiente de trabajo es bastante húmedo, y está sometido a gotas de agua, la cual se debe ajustar a las normas de protección IP52.
- Cambiar el material de la mayor cantidad de piezas mecánicas de la máquina por acero inoxidable, para que se encuentre dentro de los requerimientos mínimos de las normas de empresas alimenticias.

BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo B, J. (Junio de 2013). *Máquina dosificadora de líquidos*. Recuperado el 05 de Febrero de 2014, de <http://maquidosifiliquidos.blogspot.com/2013/06/marco-de-referencia.html>
- Allied Electronics;. (2014). *Allied Electronics*. Recuperado el 17 de Mayo de 2014, de <http://ex-en.alliedelec.com/search/productdetail.aspx?SKU=70089082>
- Banner, E. C. (2014). *Banner*. Recuperado el 24 de Marzo de 2014, de <http://www.bannerengineering.com/es-MX/products/sub/188#literature>
- Beltran Sánchez, J. A., & Cepeda Sánchez, J. L. (2008). *Automatización de una máquina dosificadora para dosis pequeñas de líquidos en la empresa Fuller Pinto*. Bogotá:Universidad de San Buenaventura: Proyecto de titulación.
- Borja Aldaz, R. P., & Paredes Coque, B. R. (2007). *Diseño y construcción de un módulo didáctico para control de nivel de líquidos*. Quito: Escuela Politécnica Nacional:Proyecto de titulación.
- Braskem. (2014). *Braskem IDESA*. Recuperado el 22 de Febrero de 2014, de <http://www.braskem.com>
- Cover Controls, A. I. (2014). *Cover Controls Automatización Industrial*. Recuperado el 24 de Marzo de 2014, de http://overcontrols.com/archivos/pdf/e8f881_ge_counter_manual.pdf
- Delta. (2014). *Direct Industry*. Recuperado el 20 de 05 de 2014, de Direct Industry: <http://pdf.directindustry.es/pdf-en/delta-electronics-inc/delta-din-rail-power-supplies-revaug2013/19827-449911.html>
- Festo. (1 de Septiembre de 2014). *FESTO*. Recuperado el 2 de Mayo de 2014, de http://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/16953/ProductOverview_2013_ES_low.pdf
- Finder. (2014). *Finder*. Recuperado el 31 de Marzo de 2014, de <http://gfinder.findernet.com//assets/Series/365/S60ES.pdf>

- Giles, R. V., & Evett, J. B. (2003). *Mecánica de los Fluidos e Hidráulica*. España: Tercera Edición.
- Industrial System LS. (2014). *Directindustry*. Recuperado el 13 de Mayo de 2014, de <http://pdf.directindustry.es/pdf/ls-industrial-systems/miniature-circuit-breakers/19851-4057.html>
- Inoxpa. (Septiembre de 2010). *inoxpa S.A.* Recuperado el 19 de Febrero de 2014, de http://www.inoxpa.com/uploads/document/Manuals%20de%20instruccions/Componentes/Bombes/TLS/01.520.30.00ES_RevC.pdf
- Jensen, C. (2004). *Dibujo y Diseño de Ingeniería*. 6ta Ed. Mc Graw Hill.
- MainPack, L. (2013). *MainPack*. Recuperado el 29 de Marzo de 2014, de http://www.mainpack.com.co/images/user/Ficha_tecnica_Codificador_Neumatico.pdf
- Mataix, C. (1992). *Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas*. Madrid: Ediciones delCastillo.
- Mott, R. L. (2006). *Mecánica de Fluidos*. México: Sexta Edición.
- Northon, R. L. (2004). *Diseño de Maquinaria*. Cuarta Edición, Mc Graw Hill.
- Parker. (Mayo de 2013). *Parker*. Recuperado el 5 de Mayo de 2014, de copyrightagent@parker.com
- Plástico, A. (Abril de 2003). *Ambienteplastico*. Recuperado el Domingo de Febrero de 2014, de http://www.ambienteplastico.com/artman/publish/printer_772.php
- Santacruz Figueroa, E. E., & Suarez Rubio, J. H. (2007). *Diseño y modelamiento de una máquina dosificadora y empacadora de frutas deshidratadas*. Bogotá: Universidad de la Salle: Proyecto de titulación.
- Serway, R. (2005). *Electricidad y Magnetismo*. México: 6ta edicion, International Thomson editores.

Siemens. (2011). Recuperado el 18 de Mayo de 2014, de

https://a248.e.akamai.net/cache.automation.siemens.com/dnl/TY/TY0NDE3AAA_30104177_HB/onlinehelp_es_ES.pdf

Siemens. (2013). *Siemens*. Recuperado el 21 de Marzo de 2014, de

http://cache.automation.siemens.com/dnl/zQ/zQ1ODg5AAAA_16527461_HB/Logo_s.pdf

Tecnoembalaje. (07 de Agosto de 2013). *Tecnoembalaje*. Recuperado el 13 de

Febrero de 2014, de <http://tecnoembalaje.com/selladoras-automaticas-de-impulso/>

Vescovo. (2009). *VESCOVO Sistema de envasado*. Recuperado el 13 de Febrero de

2014, de <http://www.vescovoweb.com/tiposDosificadores.html>

ANEXO A: MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

**Manual de Operación y
Mantenimiento**

**Máquina dosificadora y
empacadora de yogurt
Serie de aplicación Industrial
Tipo: 04-0 USR**

Thimonnier

GENERALIDADES

El presente manual tiene como objetivo facilitar al usuario el correcto funcionamiento de la máquina dosificadora y empacadora de yogurt de marca Thimonnier. El buen uso de este manual ayudará a evitar y reducir averías y accidentes, aumentando la fiabilidad y duración de la máquina.

El manual de instrucciones debe estar siempre disponible en un lugar de fácil acceso tanto para el operador como para la persona encargada del respectivo mantenimiento. El manual incluye:

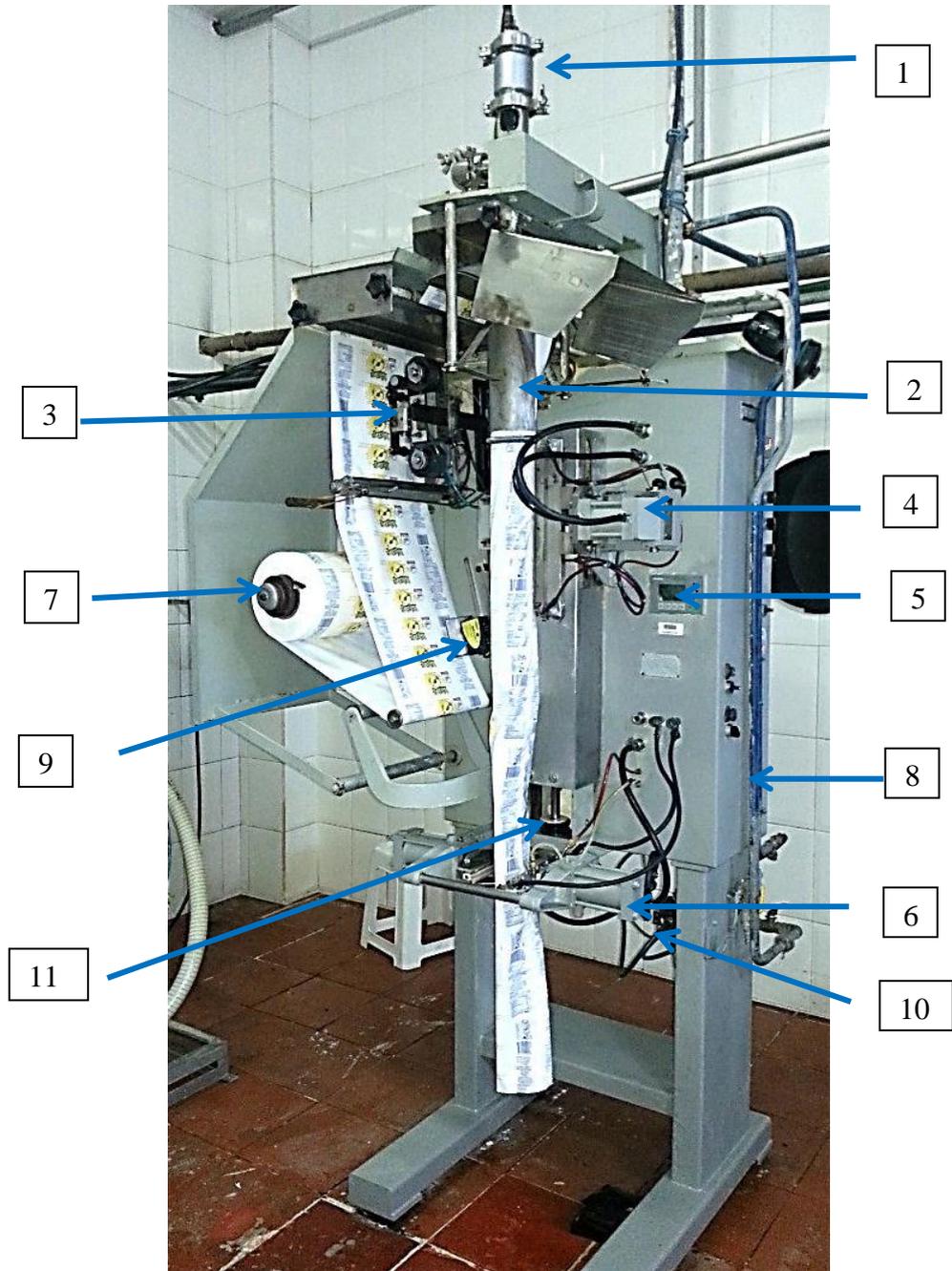
- Advertencias de seguridad
- Partes de la máquina
- Instrucciones de uso
- Advertencias de seguridad
- Instrucciones de mantenimiento



Advertencias de seguridad

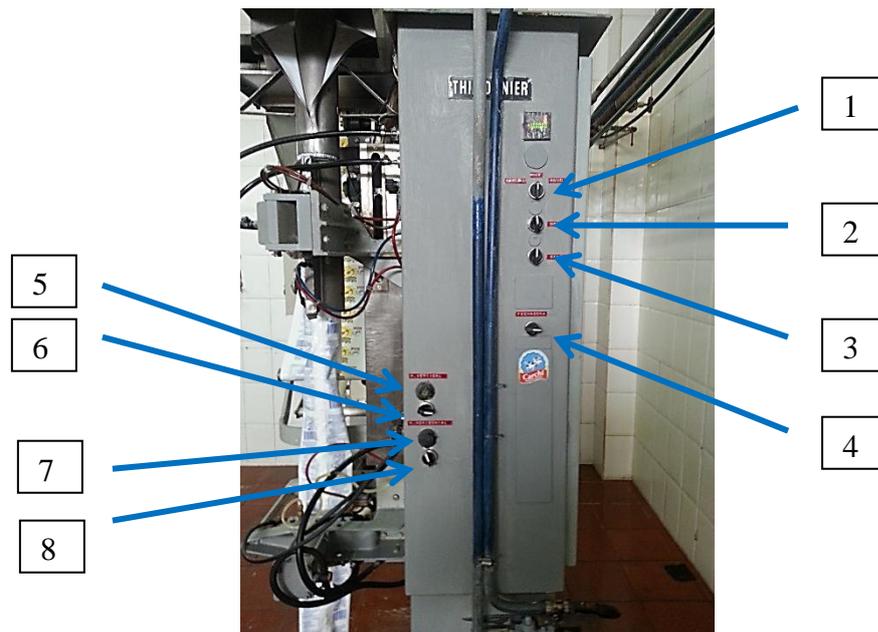
- ✓ Esta máquina ha sido automatizada exclusivamente para la dosificación de líquidos viscosos, por lo que utilizarlo para otro uso se considera indebido y por consiguiente peligroso.
- ✓ No mojar la máquina mientras se encuentra trabajando, puede existir un corto circuito afectando al operador.
- ✓ Verificar que el recipiente del yogurt no exista ningún tipo de objetos o sustancias extrañas, ya que puede ser absorbido por la bomba consiguiendo dañar los lóbulos o a la vez contaminar el producto
- ✓ Bajo ningún concepto debe abrir el tablero de control de ésta máquina mientras no se tenga un conocimiento adecuado de su funcionamiento y de sus partes.
- ✓ En caso de avería o de funcionamiento incorrecto de la máquina o de la bomba, apáguela y desenchúfela de la corriente eléctrica y cierre la acometida de aire.
- ✓ Detener la máquina para cualquier cambio que se desee realizar, como cambio de rollo de funda, cambio de cinta del codificador, reemplazo de niquelinas.
- ✓ Apagar la bomba cuando se desea colocar más yogurt en el recipiente.

Partes de la máquina



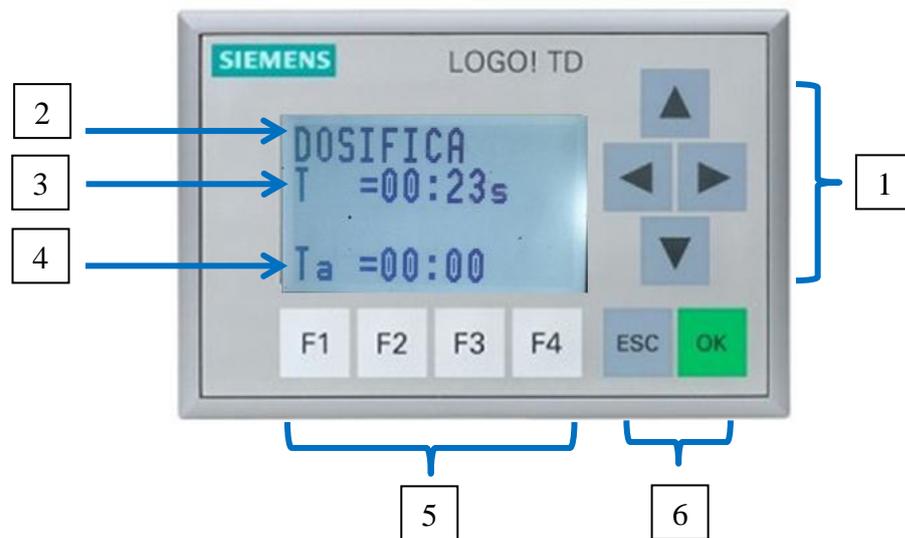
Número	Nombre	Descripción
1	Cilindro dosificador	Elemento encargado de permitir el paso del yogurt de acuerdo a la cantidad preestablecida en el PLC
2	Cuello formador	Forma la geometría de la funda
3	Codificador neumático	Imprime la fecha de elaboración y caducidad en la funda.
4	Cilindro de mordaza vertical	Presiona la mordaza vertical en la funda para ser sellada mediante la niquelina.
5	Pantalla logo! TD	Tiene como función visualizar y manipular variables del proceso como tiempo de dosificado, tiempo de sellado vertical y horizontal.
6	Cilindro de mordaza horizontal	Presiona la mordaza horizontal en la funda para ser sellada y cortada mediante la niquelina.
7	Rollo de polietileno	Material para almacenar el yogurt en forma de fundas
8	Tubería de agua	Transporta el agua a través de las mordazas para disminuir la temperatura.
9	Sensor marca de registro	Regula la posición de la impresión de la fecha en la funda.
10	Unidad de mantenimiento	Regula y filtra el aire antes de ingresar a las partes neumáticas.
11	Cilindro de arrastre vertical	Mueve los cilindros del sellado y corte vertical para cortar la funda y obtener los 100ml.

Elementos de mando



Número	Nombre	Descripción
1	Selector Auto/Manual	Pone en funcionamiento todos los elementos programados en la máquina
2	Selector Dosificador	Activa el cilindro de dosificación de acuerdo a la secuencia programada.
3	Selector Sensor de Registro	Enciende el sensor de marca de registro
4	Selector Fechadora	Enciende la codificadora
5	Selector mordaza vertical	Enciende las niquelinas
6	Perilla mordaza vertical	Regula la temperatura en las niquelinas
7	Selector mordaza horizontal	Enciende las niquelinas
8	Perilla mordaza horizontal	Regula la temperatura en las niquelinas

Pantalla LOGO! TD



Para cambiar los diferentes tiempos de ajuste de la máquina se debe utilizar el conjunto de botones configurables, la cual tienen acceso a variables como tiempos de dosificación, largo de funda, sellado de funda vertical y horizontal.

úmero	Nombre	Descripción
1	Botones de dirección	Sirven para desplazarse en las diferentes funciones programadas
2	Nombre del Parámetro	Indica la variable a modificar
3	Valor deseado (Set point)	Sirve para establecer el valor deseado en el proceso
4	Valor real o de proceso	Indica el valor real de proceso
4	Enter y Esc	Sirven para ingresar, aceptar o salir de una función o valor
F1	Visualiza los parámetros a modificar	Permite visualizar las variables para la respectiva modificación de sus valores como los tiempos de dosificación, largo de funda, sellado de funda vertical y horizontal.
F2	Botón configurable	Sin función
F3	Botón configurable	Sin función
F4	Botón configurable	Sin función

Pasos para modificar los tiempos de los parámetros en la LOGO! TD

1. Para seguridad del operador detener el proceso de la máquina
2. Presionar F1
3. Con la ayuda de los botones de dirección nos desplazamos hasta ubicarnos en el parámetro que se quiera modificar
4. Presionamos OK en el parámetro que se vaya a sobre escribir
5. Con la ayuda de los botones de dirección modificamos el valor del set point.
6. Presionamos OK y ESC para volver a la pantalla principal de la hora y fecha
7. Si el valor ingresado no fue el correcto repetir todos los pasos nuevamente.

Especificaciones técnicas de la máquina

Parámetro	Valor
Voltaje de entrada	220 VAC (560 Hz) \pm 10%
Entrada de aire	120 psi máximo
Unidad de Mantenimiento	Si
Control de nivel	Si
Temperatura de funcionamiento	20° - 65° C
Fechadora	Si
Unidades por minuto	23
Capacidad de la tolva	0.127m ³

Voltaje de entrada de la bomba	220V Trifásica
Cantidad de yogurt por funda	100ml

Mantenimiento

El mantenimiento de la máquina comprende en la inspección, limpieza, ajustes y lubricación. A continuación se detalla cada uno de los puntos antes mencionados.

Inspección: se recomienda una inspección diaria tanto de la máquina como del sistema de bombeo para encontrar piezas dañadas, imperfecciones en el equipo o fallas leves. El proceso debe ser monitoreado durante su operación por la persona encargada para identificar anomalías y así poder ser corregidas lo más pronto posible. En caso de problemas con los cilindros neumáticos, es necesario revisar los empaques y la lubricación.

Ajustes: es indispensable analizar las niquelinas de las mordazas con sus conexiones que puedan llegar aflojarse debido al movimiento, de ser necesario realizar un apriete severo. Realizar un previo ajuste de la corriente de las niquelinas a través de los potenciómetros, ya que por anomalía de las niquelinas el sello y corte de la funda puede variar.

En el sistema de bombeo es necesario revisar que las férulas se encuentren bien apretadas para que no existan fugas de yogurt.

Lubricación: La lubricación debe ser indispensable en los elementos de la máquina, se debe lubricar por lo menos tres veces al mes, ya que la máquina siempre está en continuo funcionamiento. La falta de lubricación en los elementos puede ocasionar un dosificado y empaque defectuoso lo que conlleva al desperdicio de yogurt y material de empaque.

Limpieza: limpiar el área de las mordazas constantemente para que el sello y el corte se realicen de la mejor manera. Luego de la lubricación de los cilindros, guías y partes mecánicas es necesario limpiar todos los excesos de grasa y lubricante para prevenir que el producto salga contaminado por algún derrame en el yogurt o en la funda.

A continuación se detalla el mantenimiento preventivo que se debe realizar en los diferentes elementos de la máquina según el tiempo de trabajo.

ELEMENTO	INTERVENCIONES	ACCIONES	OBSERVACIONES
Máquina	Diario	Verificar las niquelinas. Lavar la máquina y desinfectar todas las partes. Verificar los valores de los parámetros en la logo! TD	Reemplazar el teflón de las niquelinas. Tener cuidado con el tablero de control al lavar la máquina.
Actuadores neumáticos	Cada 3000 Km	Verificar si existe de fugas por los anillos. Desarme total del cilindro.	Desarmar el cilindro en un área libre de polvo. Revisar la junta del vástago si no existe alguna fisura. Cambiar los anillos de fricción. Ajustar bien las tapas del cilindro ya que de esto depende que no existan fugas en el proceso.
Válvulas	Cada 6 millones de ciclos de conmutación, seis meses	Desarme total de la válvula. Lubricar la válvula con aceite liviano.	Lavar las piezas para luego ser lubricadas nuevamente. Ajustar bien los racores a las válvulas.
Unidad de mantenimiento	Cada 200 horas	Desarme parcial de la unidad de mantenimiento. Verificación del nivel de lubricante en los frascos.	Lavar los frascos de lubricación y filtros. Limpiar las uniones y verificar que el manómetro esté funcionando correctamente
Bomba eléctrica	Cada 2000 horas o tres meses	Desarme de los lóbulos y de las partes de la bomba.	Para retirar los lobulos se desacopla la cámara del eje conductor. Cambiar los cojinetes de la bomba y cambiar de aceite al moto variador.

ANEXO B: CATÁLOGO DE BOMBAS INOXMIM

ANEXO C: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS BOMBA LOBULAR

ANEXO D: PROGRAMA DEL PLC

PROGRAMA DEL PLC

SALIDAS

ENTRADAS

Auto

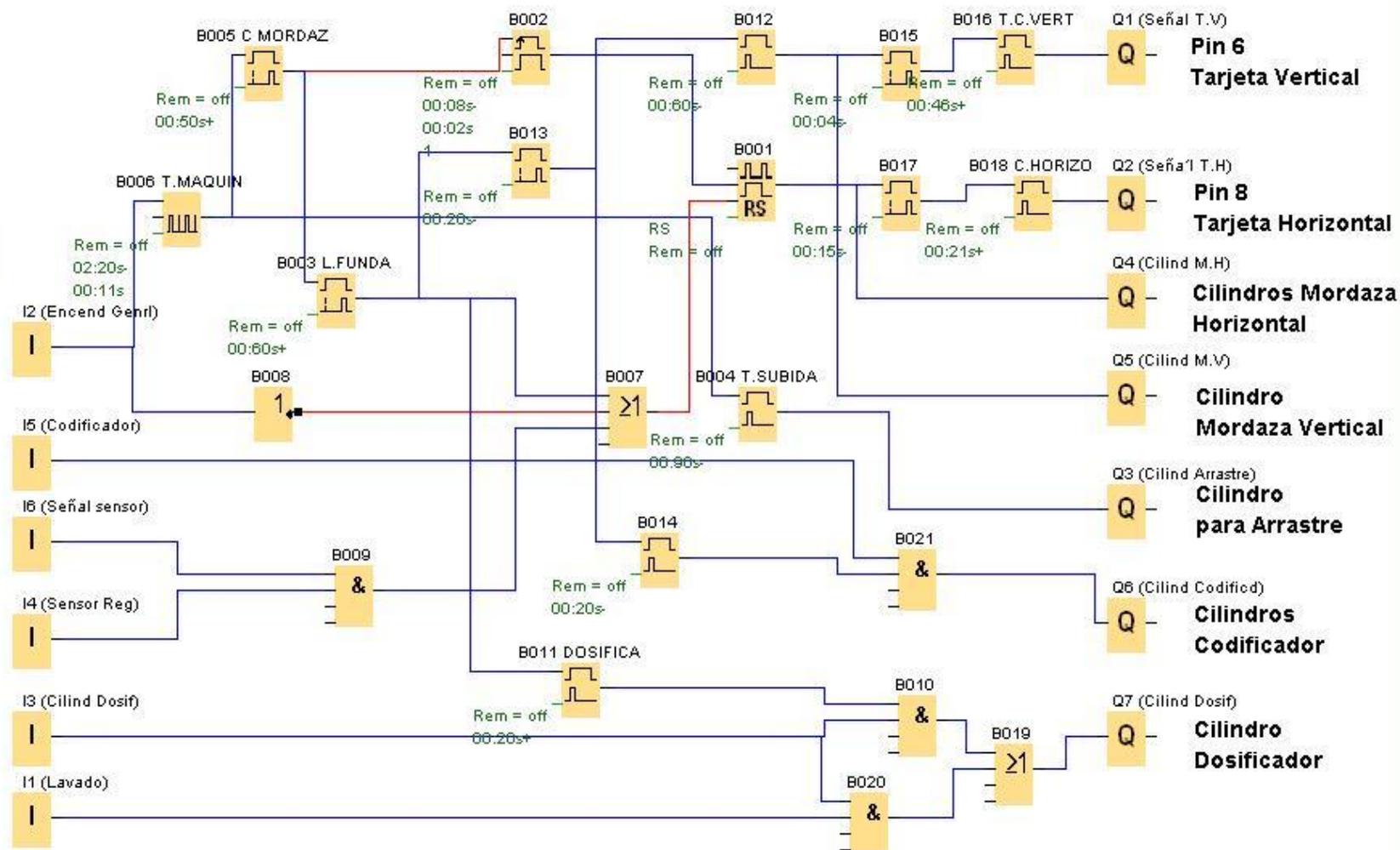
Fechadora

Señal sensor de registro

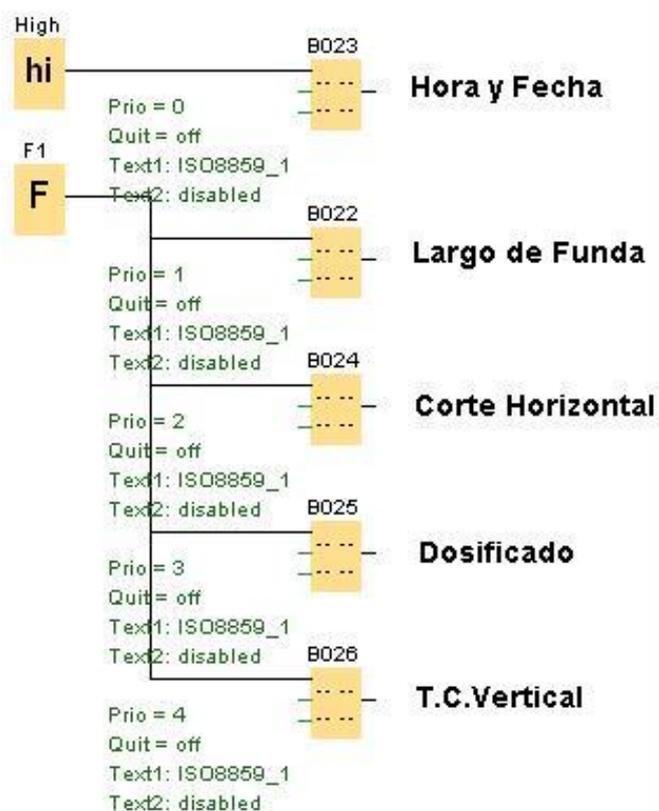
Sensor de Registro

Dosificación

Manual



ANEXO E: PROGRAMA LOGO! TD

PROGRAMACION LOGO! TD

ANEXO F: PLANOS NEUMÁTICOS

ANEXO G: PLANO ELÉCTRICO

ANEXO H: PLANO CONTROL DE NIVEL

ANEXO I: FUNCIÓN VÁLVULAS DE AIRE

VALVULAS CONTROL PASO DE AIRE

<u>VÁLVULA DE AIRE</u>	<u>FUNCIÓN</u>
<p style="text-align: center;">Válvula</p> <p style="text-align: center;"></p>	<p style="text-align: center;">PISTÓN SUBE - BAJA</p>
<p style="text-align: center;">Válvula</p> <p style="text-align: center;"></p>	<p style="text-align: center;">MORDAZA HORIZONTAL</p>
<p style="text-align: center;">Válvula</p> <p style="text-align: center;"></p>	<p style="text-align: center;">MORDAZA VERTICAL</p>
<p style="text-align: center;">Válvula</p> <p style="text-align: center;"></p>	<p style="text-align: center;">FECHADORA</p>
<p style="text-align: center;">Válvula</p> <p style="text-align: center;"></p>	<p style="text-align: center;">DOSIFICADOR</p>