UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA:
INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERO ELECTRÓNICO

TEMA:
ACTUALIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE LA ETIQUETADORA DE FRASCOS BAUSCH STROBEL DEL ÁREA DE PENICILINAS DE LABORATORIOS LIFE

AUTOR:
JONATHAN GIOVANNY HERRERA GUACHAMÍN

TUTOR:
EDUARDO RODRIGO TORRES SANTOS

Quito, febrero de 2016

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo Jonathan Giovanny Herrera Guachamín, con documento de identificación Nº 171770559-2, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de grado intitulado: Actualización del sistema de control automático de la etiquetadora de frascos Bausch Strobel del área de penicilinas de Laboratorios LIFE, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, 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 Politécnica Salesiana.

.....

Nombre: Jonathan Giovanny Herrera Guachamín

Cédula: 171770559-2

Fecha: Febrero de 2016

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación: Actualización del sistema de control automático de la etiquetadora de frascos Bausch Strobel del área de penicilinas de Laboratorios LIFE, realizado por Jonathan Giovanny Herrera Guachamín, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, febrero de 2016

.....

Eduardo Rodrigo Torres Santos

Cédula de identidad: 171365460-4

DEDICATORIA

Primeramente a Dios por bendecirme día a día, a mis padres Lucrecia y Jorge por el sacrificio y el esfuerzo que realizaron para apoyarme con mis estudios y sobre todo por formarme con buenas costumbres y valores lo que han permitido que pueda culminar con esta etapa de mi vida.

A mis hermanos que siempre estuvieron apoyándome, a mis abuelos que de una u otra forma estuvieron conmigo.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Politécnica Salesiana y sus docentes por tener la sabiduría para impartir su conocimiento y formarme como profesional.

Al Ingeniero Eduardo Torres que ha sabido guiarme de manera correcta, brindándome su apoyo y su tiempo de forma incondicional para la lograr la culminación de este proyecto.

A Laboratorios LIFE por darme la confianza y permitirme realizar este proyecto.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN **1**
CAPÍTULO 1 ..... **2**
MARCO CONCEPTUAL **2**
1.1 Introducción al sistema de etiquetado 2
1.2 Motores a pasos 3
1.2.1 Motor a pasos bipolar 3
1.2.2 Motor a pasos unipolar 4
1.3 Drive bipolar chooper MIDDEX B1601224 4
1.3.1 Descripción de los pines del driver 5
1.4 Etiquetadora Bausch Strobel 6
1.4.1 Cabezal de la etiquetadora Bausch Strobel 6
1.4.2 Banda de alimentación de frascos 8
1.4.3 Dimensiones y capacidad de los frascos. 9
1.4.4 Sistema de impresión 10
1.4.5 Partes del sistema de impresión 12
1.4.6 Funcionamiento de la etiquetadora Bausch Strobel 12
CAPÍTULO 2 ..... **16**
DISEÑO **16**
2.1 Autómata Programable - Siemens S7-1200 16
2.2 Tarjeta de señal de temperatura para RTD 16
2.3 Simatic HMI Basic Panel Kp300 17
2.4 Dimensionamiento de los dispositivos 18
2.5 Distribución de los elementos en el tablero eléctrico 20
2.6 Tarjeta de conexión de drive MIDDEX 21
2.7 Diagrama de bloques de la máquina etiquetadora Bausch Strobel 22
2.8 Diagrama de flujo del proceso de etiquetado 23
2.9 Diagrama de flujo de la HMI 24
2.10 Diagrama de control de la etiquetadora Bausch Strobel 25
CAPÍTULO 3 ..... **26**
IMPLEMENTACIÓN **26**

3.1 Direccionamiento de los dispositivos 26
3.2 Parámetros de la salida PTO/PWM 26
3.3 Velocidad del motor a pasos 27
3.4 Implementación de alarmas en el sistema de etiquetado 28
3.5 Implementación del tablero eléctrico 29
3.6 Pruebas y calibraciones 31
CAPÍTULO 4 35
ANÁLISIS Y RESULTADOS 35
4.1 Costos de equipos 35
4.2 Cambio de formatos 36
4.3 Análisis de la producción 37
4.4 Comparación de la producción 49
4.5 Análisis de rentabilidad 50
4.6 Factibilidad del proceso 53
CONCLUSIONES 54
RECOMENDACIONES 56
REFERENCIAS 57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Dimensionamiento de elementos 19
Tabla 2. Configuración de los dispositivos 26
Tabla 3. Costos de equipos 36
Tabla 4. Tiempos de cambios de formatos antes de la actualización.....37
Tabla 5. Tiempos de cambios de formatos actuales.....37
Tabla 6. Producción anterior a la actualización de Amoxicilina 500mg/5ml 100ml.....38
Tabla 7. Producción actual de Amoxicilina 100ml. 38
Tabla 8. Promedio de etiquetado de frascos por hora de Amoxicilina 100ml. 38
Tabla 9. Producción anterior a la actualización de Ampibex 3g 60ml. 39
Tabla 10. Producción actual de Ampibex 3g 60ml. 39
Tabla 11. Promedio de etiquetado de frascos por hora de Ampibex 3g 60ml. 39
Tabla 12. Producción actual de Ampibex 500mg/5ml 100ml.....40
Tabla 13. Promedio de etiquetado de frascos por hora de Ampibex 500mg/5ml 100ml. 40
Tabla 14. Producción anterior a la actualización de Cefadin 250mg/5ml 60ml. 40
Tabla 15. Producción actual de Cefadin 250mg/5ml 60ml. 41
Tabla 16. Promedio de etiquetado de frascos por hora de Cefadin 250mg/5ml 60ml. ...41
Tabla 17. Producción anterior a la actualización de Cefalexina 250mg/5ml 60ml. 41
Tabla 18. Producción actual de Cefalexina 250mg/5ml 60ml. 42
Tabla 19. Promedio de etiquetado de frascos por hora de Cefalexina 250mg/5ml 60ml. 42
Tabla 20. Producción actual de Enzamox DUO 60ml. 42
Tabla 21. Promedio de etiquetado de frascos por hora de Enzamox DUO 60ml. 43
Tabla 22. Producción anterior a la actualización de Furacam 125mg/5ml 70ml.....43
Tabla 23. Producción actual de Furacam 125mg/5ml 70ml. 43
Tabla 24. Promedio de etiquetado de frascos por hora de Furacam 125mg/5ml 70ml...44
Tabla 25. Producción anterior a la actualización de Furacam 250mg/5ml 70ml.....44
Tabla 26. Producción actual de Furacam 250mg/5ml 70ml. 45
Tabla 27. Promedio de etiquetado de frascos por hora de Furacam 250mg/5ml 70ml...45
Tabla 28. Producción anterior a la actualización de Grunamox 250mg 120ml. 45

Tabla 29. Producción actual de Grunamox 250mg 120ml.....46
Tabla 30. Promedio de etiquetado de frascos por hora de Grunamox 250mg 120ml.....46
Tabla 31. Producción anterior a la actualización de Moxipet 250mg/5ml 60ml. 46
Tabla 32. Producción actual de Moxipet 250mg/5ml 60ml.....47
Tabla 33. Promedio de etiquetado de frascos por hora de Moxipet 250mg/5ml 60ml...47
Tabla 34. Producción anterior a la actualización de Sultamix 250mg/5ml 60ml 47
Tabla 35. Producción actual de Sultamix 250mg/5ml 60ml.....48
Tabla 36. Promedio de etiquetado de frascos por hora de Sultamix 250mg/5ml 60ml. .48
Tabla 37. Producción anterior a la actualización de Sultamix 250mg/5ml 120ml. 48
Tabla 38. Producción actual de Sultamix 250mg/5ml 120ml.....49
Tabla 39. Promedio de etiquetado de frascos por hora de Sultamix 250mg/5ml 120ml.49
Tabla 40. Incremento de la velocidad de etiquetado.....50
Tabla 41. Promedio de incremento de producción del primer grupo de medicamentos. 51
Tabla 42. Promedio de incremento de producción del segundo grupo de medicamentos 52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Motor a pasos bipolar 3
Figura 2. Motor a pasos unipolar 4
Figura 3. Driver MIDDEX 5
Figura 4. Etiquetadora Bausch Strobel 6
Figura 5. Cabezal de la etiquetadora Bausch Strobel 7
Figura 6. Banda transportadora 8
Figura 7. Control de velocidad de la banda transportadora 8
Figura 8. Rodillo de separación 9
Figura 9. Vista superior de la banda transportadora 9
Figura 10. Vista lateral de la banda transportadora 10
Figura 11. Impresora Metronic 11
Figura 12. Cabezal impresora metronic 11
Figura 13. Resistencia tubular 11
Figura 14. Partes de la impresora Metronic 12
Figura 15. Control de operación de la etiquetadora 13
Figura 16. Sensor óptico réflex 13
Figura 17. Sensor amplificador de fibra óptica Sick 14
Figura 18. Sistema de rebobinado 14
Figura 19. Reóstato 14
Figura 20. Sensor inductivo 15
Figura 21. Sensor fotoeléctrico OMROM 15
Figura 22. Sensor fotoeléctrico horizontal OMROM AD33 15
Figura 23. Signal board RTD 17
Figura 24. Simatic Panel 17
Figura 25. Diseño del tablero eléctrico 20
Figura 26. Diseño de la tarjeta de interfaz con el driver Middex 21
Figura 27. Nueva tarjeta de interfaz del driver Middex 21
Figura 28. Diagrama de bloques de la etiquetadora Bausch Strobel 22
Figura 29. Diagrama de flujo del proceso de etiquetado 23
Figura 30. Diagrama de flujo de la interfaz de usuario 24

Figura 31. Diagrama de control de la etiquetadora Bausch Strobel.....25
Figura 32. Propiedades de la salida rápida.....27
Figura 33. Programación del ciclo de trabajo 27
Figura 34. Diagrama de flujo de las alarmas.....28
Figura 35. Funcionamiento de la HMI.....29
Figura 36. Alarmas activadas de la HMI 29
Figura 37. Base de la pantalla. 29
Figura 38. Ubicación de la pantalla.....29
Figura 39. Tablero eléctrico de la máquina Bausch Strobel 30
Figura 40. Desmontaje del antiguo tablero eléctrico 30
Figura 41. Implementación del nuevo tablero eléctrico.....31
Figura 42. Probador de PT 100 31
Figura 43. Tacómetro 32
Figura 44. Parámetros de funcionamiento 32
Figura 45. Menú de control manual 33
Figura 46. Menú de control automático 34
Figura 47. Máquina Bausch Strobel actualizada.....34
Figura 48. Comparación del primer grupo de medicamentos.....51
Figura 49. Comparación del segundo grupo de medicamentos 52
Figura 50. Comparación del tercer grupo de medicamentos.....53

RESUMEN

La máquina etiquetadora de frascos Bausch Strobel que opera en el área de penicilinas, tiene 30 años de uso, solo es capaz de fijar etiquetas en frascos redondos, las diferentes actualizaciones ejercidas en la máquina han dejado una serie de dispositivos desconectados, lo que ha generado pérdidas de tiempo para realizar los mantenimientos correctivos, razón por la cual no se cumple con la planificación de producción lo que generaba problemas con el departamento de mantenimiento.

Laboratorios LIFE por estar siempre a la vanguardia con la tecnología maneja la marca siemens en la automatización y control de sus equipos y proyectos, por esta razón se utilizó un PLC S7-1200 con una pantalla HMI KP-300 de siemens.

En el desarrollo de este proyecto se realizó la caracterización del equipo y la identificación del proceso de etiquetado para conocer el funcionamiento del equipo, revisar las fallas y plantear las mejoras que formaron la base para el desarrollo de la actualización del sistema de control.

La fijación de las etiquetas en los frascos, lo realiza un motor a pasos, las etiquetas pasan por un juego de rodillos los cuales tensan la cinta. Se utilizó una salida rápida del PLC S7-1200 para realizar el control de la velocidad de este motor accionando un driver.

Una interfaz hombre máquina (HMI) fue implementada para la supervisión y control de la máquina etiquetadora, además, posee un sistema de alarmas visibles en la HMI, la cual permiten al operador recibir alertas y resolver posibles fallas con un ambiente amigable.

ABSTRACT

The labeling machine of bottles Bausch Strobel operate in the area of penicillins, the equipment has 30 years of use, it is only able to affix labels on round bottles, different updates exerted on the machine have made a series of disconnected devices, which has generated downtime for corrective maintenance, why not satisfied with the production planning which generated problems with the maintenance department. LIFE laboratories as one of the largest pharmaceutical of the country needs to always be at the forefront with technology for making drugs. Engineers LIFE laboratories are familiar with the brand Siemens in the automation and control equipment and projects, which is why an S7-1200 PLC was used with HMI KP-300 Siemens screen. In developing the project team complete characterization and identification of the labeling process was conducted to know the operation of the equipment, check failures and propose improvements which formed the basis for the development of the automatic update control.

The process of fixing labels on the bottles is performed by a stepping motor, the labels pass through a set of rollers which tension the belt and then the blank tapes are picked up by driving another motor. A quick out of S7-1200 PLC was used for controlling the speed of this motor actuating a driver.

A human machine interface (HMI) was implemented to monitor and control the labeling machine also has a system of visible alarms in the HMI, which allow the operator receive alerts and resolve potential failures with a friendly atmosphere.

INTRODUCCIÓN

A nivel nacional las diferentes industrias han ido en constante crecimiento, lo que les ha permitido mejorar sus procesos de producción implementando tecnología actual logrando tener sistemas automatizados que generan mayor volumen de producción en un menor tiempo, teniendo sistemas sofisticados y confiables.

Laboratorios Industriales Farmacéuticos Ecuatorianos – LIFE se ha orientado a ofrecer productos en el área de la salud, logrando mejorar la calidad de vida de las personas. Laboratorios LIFE siendo una de las industrias farmacéuticas más grandes del país busca mejorar la calidad de sus procesos. El departamento de proyectos está encargado de la constante mejora de los equipos para satisfacer la demanda de medicamentos que tiene la empresa.

El presente proyecto tiene como finalidad la actualización del sistema de etiquetado de frascos de medicamentos de penicilina. El proceso actual presenta fallas en el control automático de la máquina, no se puede tener una planificación de producción, debido a que el equipo no es fiable y se tiene paros inesperados de producción. Al culminar este proyecto se espera eliminar las fallas que presenta el equipo, reducir los tiempos de calibración, incrementar la producción y tener un sistema de control más amigable para la operación de la máquina que son los requerimientos de la empresa.

En el primer capítulo se analiza y estudia el funcionamiento actual de la máquina, se identifican los dispositivos que intervienen en el sistema de etiquetado. En el siguiente capítulo se realizan los diferentes diseños y se van dando las pautas de cómo se va a realizar el proyecto.

En el tercer capítulo se detalla el procedimiento que se realiza para la implementación del proyecto hasta tener un proceso de pre-producción, en el cual se verifica los parámetros de funcionamiento para su respectiva validación. En el último capítulo se revisan los costos del equipo, los datos de producción y se hace un análisis comparativo con la producción anterior a la actualización con la actual.

CAPÍTULO 1

MARCO CONCEPTUAL

1.1 Introducción al sistema de etiquetado

Las etiquetas permiten identificar un producto y que el consumidor conozca los detalles del contenido del mismo. La industria farmacéutica ecuatoriana en cuanto al etiquetado de los medicamentos debe llevar información de acuerdo al Reglamento Sustitutivo de Registro Sanitario para medicamentos en general del Ministerio de Salud Pública que entre otras palabras dice:

> Art. 31.- Nombre del producto, nombre genérico (DCI), forma farmacéutica, contenido neto del envase, fórmula cuali-cuantitativa, nombre y concentración del principio activo, número o código de lote, código único del medicamento, uso pediátrico si el producto lo requiere, temperatura de conservación, nombre del laboratorio fabricante, fecha de elaboración y expiración, número de registro sanitario correspondiente a su inscripción o reinscripción. Para los medicamentos de venta libre, se declara además: Indicaciones y modo de empleo, posología, precauciones de uso, Advertencia: Si los síntomas persisten, consulte a su médico. Contraindicaciones y, en caso de muestras médicas, las etiquetas internas y externas deben incluir además la leyenda: Muestra Médica, prohibida su venta (Ministerio de Salud Pública, 2013).

Existen diferentes tipos de etiquetas según la aplicación y estas pueden ser:

- Etiquetas autoadhesivas.
- Etiquetas térmicas.
- Etiquetas para pegado mediante humedad.

Las máquinas etiquetadoras requieren de precisión para su operación y los motores a pasos ofrecen esa característica para el posicionamiento por lo cual es ideal para trabajar en este tipo de aplicaciones. Además, estos motores requieren de un controlador que

manejen salidas de alta frecuencia para activar la electrónica de potencia mediante un tren de pulsos y dependiendo de las necesidades y la velocidad de respuesta del controlador, se usan sensores fotoeléctricos de fibra óptica que tienen menor tiempo de respuesta.

A continuación se detallará la caracterización y el funcionamiento de la máquina etiquetadora Bausch Strobel.

1.2 Motores a pasos

"Estos motores ofrecen una gran precisión a la hora de realizar un giro, ya que permiten controlar, como su nombre indica, un paso, que no es más que un pequeño ángulo de giro" (Barra Zapata & Barra Zapata, 2011, pág. 317)

Existen 2 tipos de motores a pasos de imán: los motores a pasos bipolares y los motores a pasos unipolares.

1.2.1 Motor a pasos bipolar

Este tipo de motores generalmente tienen 4 cables, 2 por cada bobina, el control se lo realiza mediante un driver que tiene un puente en H por cada bobina, y utiliza la dirección del flujo de corriente para su movimiento (Barra Zapata & Barra Zapata, 2011, pág. 318). En la Figura 1 se observa la configuración de las bobinas de los motores a pasos bipolares.

Configuración del bobinado del motor

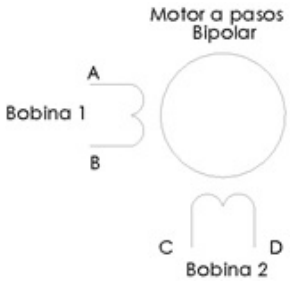


Figura 1. Motor a pasos bipolar

Elaborado por: Jonathan Herrera

La máquina etiquetadora de frascos tiene un motor de pasos bipolar controlada por medio de un driver tipo chopper fabricado por MIDDEX Electronic, especializados en la fabricación de drivers para motores DC.

1.2.2 Motor a pasos unipolar

Este tipo de motores generalmente tienen 5 o 6 cables, dependiendo de la conexión interna, el control de los motores a pasos unipolares es más sencillo que los bipolares (Barra Zapata & Barra Zapata, 2011, pág. 332), ya que solo se activan y desactivan los terminales de las bobinas, razón por la cual no requieren del cambio flujo de corriente en las bobinas por tener un común referenciado. En la Figura 2 se observa la configuración de las bobinas de los motores a pasos unipolares.

Configuración del bobinado del motor

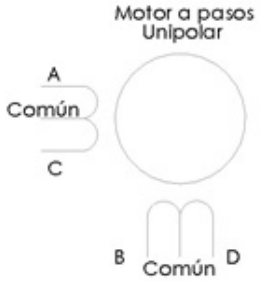


Figura 2. Motor a pasos unipolar

Elaborado por: Jonathan Herrera

1.3 Drive bipolar chooper MIDDEX B1601224

Estos drives son conocidos también como drivers moduladores de ancho de pulso (PWM) o drivers de corriente constante, utilizan una fuente de alto voltaje, la corriente de motor es regulada por la apertura y cierre de transistores a la salida, logrando un nivel de corriente medio. La característica más sobresaliente de este tipo de driver es la habilidad para manejar motores en modo de micro pasos, sin embargo, presentan una gran desventaja porque producen interferencias electromagnéticas (EMI) e interferencias de radiofrecuencias (RFI). (Laboratorios LIFE, 2008).

El driver MIDDEX posee las siguientes seguridades:

- Chequeo de altas temperaturas.
- Chequeo de alto voltaje.
- Chequeo de pasos perdidos.
- Protecciones para corto circuito (CIRO Products LTD, pág. 4).

Además, el drive tiene 3 potenciómetros como se observa en la Figura 3, que permiten ajustar la corriente que alimenta al motor a pasos, la corriente de aceleración y la corriente de STAND-BY. El driver entra en estado de STAND-BY si la frecuencia cae por debajo de 10 Hz.

Potenciómetros de regulación de corriente

Figura 3. Driver MIDDEX

Elaborado por: Jonathan Herrera

1.3.1 Descripción de los pines del driver

El driver MIDDEX presenta las siguientes características:

- Tiene una alimentación de entrada de 35Vdc hasta 150 Vdc para el funcionamiento.
- Posee una protección contra corto circuitos entre fases del motor a pasos.
- El sentido de giro del motor se lo puede cambiar a través de un puente – jumper.
- Tiene una salida tipo relé de aviso de fallo de funcionamiento.

En el anexo 1 se indica la configuración de los pines de conexión del driver.

1.4 Etiquetadora Bausch Strobel

La máquina Bausch Strobel está diseñada para etiquetar frascos redondos de vidrio, plástico etc. Sólo puede fijar etiquetas autoadhesivas y tiene una capacidad máxima de 100 frascos/minutos (Laboratorios LIFE, 2008). Su operación en los laboratorios LIFE se centra en frascos de 60ml, 70ml, 100ml y 120 ml.

En la Figura 4, se observa a la máquina con sus respectivas partes como es el cabezal de distención, la banda transportadora y el panel de operación.

Partes de la máquina

Figura 4. Etiquetadora Bausch Strobel

Elaborado por: Jonathan Herrera

1.4.1 Cabezal de la etiquetadora Bausch Strobel

Se encarga de la distención de la cinta autoadhesiva. Un motor a pasos conectado a una cinta que pasa a través de rodillos de goma permiten esta operación que con ayuda de otro motor la cinta es tensionada nuevamente logrando así el etiquetado en los frascos.

Para la alineación de las etiquetas de acuerdo al tamaño de los frascos se logra con mecanismos mecánicos que se operan manualmente.

En la Figura 5, se detallan los componentes del cabezal de la etiquetadora.

Partes del cabezal de etiquetado y trayectoria de la cinta

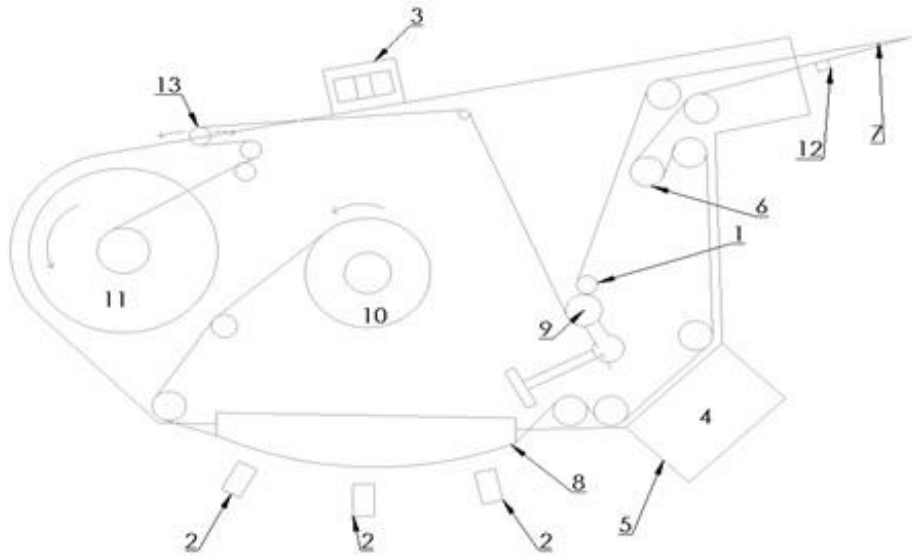


Figura 5. Cabezal de la etiquetadora Bausch Strobel

Elaborado por: Jonathan Herrera

Donde:

1. Rodillo de tensión para velocidad de la cinta
2. Sensor óptico para señal de fin de etiquetado y posición de impresión.
3. Regulador de velocidad del motor rebobinador
4. Sistema de impresión
5. Sensor fotoeléctrico “Fin de cinta de impresión”, “Cinta de impresión rota”
6. Rodillo de reversa para el ajuste de la salida de la etiqueta en la hoja peladora
7. Hoja peladora
8. Guías para la cinta de etiquetas
9. Rodillo de tensión
10. Rodillo para carrete de cinta de impresión
11. Rebobinador de cinta vacía
12. Fijador de etiquetas
13. Rodillos oscilantes para el rebobinado de la cinta vacía

1.4.2 Banda de alimentación de frascos

En la Figura 6, se puede observar la banda transportadora por la que pasan los frascos. Ésta es accionada por un motor y para variar la velocidad se utiliza un variador de frecuencia controlado por un potenciómetro de acceso manual para el operador, tal como se muestra en la Figura 7.

Banda de alimentación de frascos

Figura 6. Banda transportadora

Elaborado por: Jonathan Herrera

Potenciómetro de ajuste de velocidad

Figura 7. Control de velocidad de la banda transportadora

Elaborado por: Jonathan Herrera

La máquina cuenta con un rodillo de separación que esta accionado por el motor principal y una caja transmisora cuya velocidad puede ser alterada independientemente. La perrilla que permite ajuste de la velocidad está situada sobre la transmisión (ver Figura 8). Éste varía la distancia entre los frascos que llegan a la estación de etiquetado lo que permite prevenir que una etiqueta se adhiera en dos frascos consecutivos.

Perilla de ajuste de velocidad del rodillo de separación

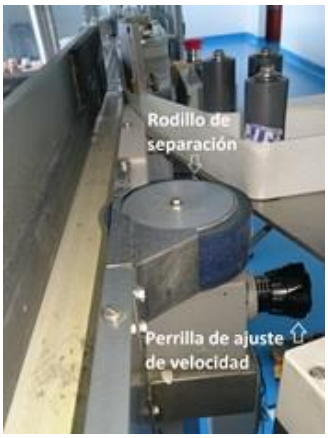


Figura 8. Rodillo de separación

Elaborado por: Jonathan Herrera

1.4.3 Dimensiones y capacidad de los frascos.

Los frascos deben tener un diámetro de 16 a 160mm, con una altura entre 35 y 320mm, la alineación de la banda transportadora se lo realiza con accionamientos mecánicos dependiendo de las dimensiones del frasco.

Para calibrar el diámetro de los frascos, se debe aflojar los pernos de sujeción de los tubos de soporte de la banda transportadora, colocar un envase de prueba y ajustar las guías nuevamente, de tal modo que en la región de entrada los frascos tengan un juego de unos 3 o 4mm. Adicionalmente, el rodillo de separación y la banda prensadora deben estar comprimidos entre 2 y 4mm (ver Figura 9).

Partes de la banda transportadora

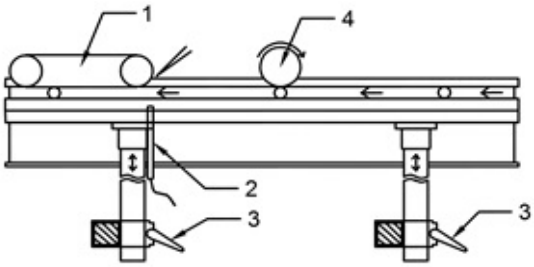


Figura 9. Vista superior de la banda transportadora

Elaborado por: Jonathan Herrera

Donde:

1. Banda prensadora.
2. Sensor de frasco.
3. Pernos de sujeción de los tubos de soporte.
4. Rodillo de separación.

Para ajustar la altura, ya sea del nuevo frasco o de la impresión se debe aflojar el perno de seguridad y girar el volante del perno de posición hasta encontrar la posición deseada, y ajustar nuevamente el perno (ver Figura 10).

Partes de la banda transportadora

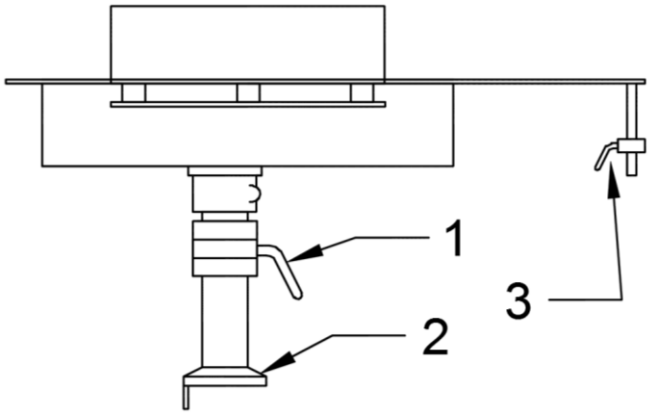


Figura 10. Vista lateral de la banda transportadora

Elaborado por: Jonathan Herrera

Donde:

1. Perno de seguridad.
2. Volante.
3. Perno de seguridad.

1.4.4 Sistema de impresión

La etiquetadora Bausch Strobel cuenta con una impresora de transferencia térmica (ver Figura 11). La impresión debe contener los campos de: la fecha de elaboración, la fecha de caducidad y el número de lote. Los valores del cabezal de impresión son

determinados por el operador y colocados en la matriz del cabezal de impresión de forma manual.

Impresora en funcionamiento

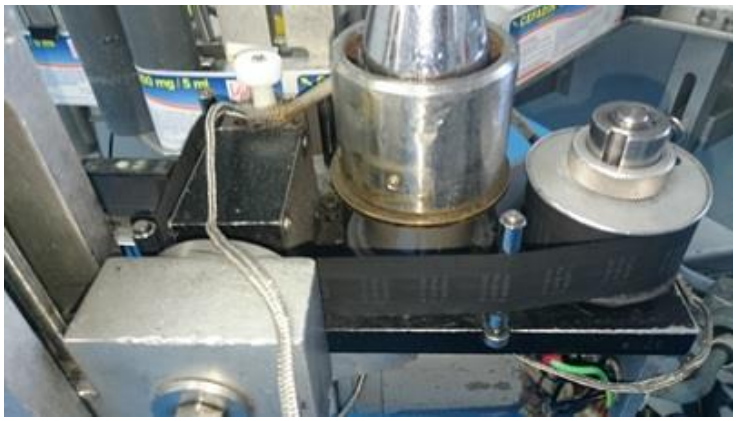


Figura 11. Impresora Metronic

Elaborado por: Jonathan Herrera

La impresión por transferencia térmica como su nombre lo dice, aprovecha el calor que genera el cabezal hacia la cinta y el material de la cinta impresa es transferido a la etiqueta, en la Figura 12 y la Figura 13 se muestra el cabezal de la impresora, y la resistencia que se utiliza para la transferencia de calor respectivamente.

Cabezal de impresión

Figura 12. Cabezal impresora metronic

Elaborado por: Jonathan Herrera

Resistencia para impresión

Figura 13. Resistencia tubular

Elaborado por: Jonathan Herrera

1.4.5 Partes del sistema de impresión

El sistema de impresión cuenta con un motor que tiene un acoplamiento para que la cinta de impresión utilizada se recoja automáticamente y a su vez el cabezal imprima en la cinta autoadhesiva. En la Figura 14 se observa las partes de la impresora de la etiquetadora.

Partes del sistema de impresión y trayectoria de la cinta

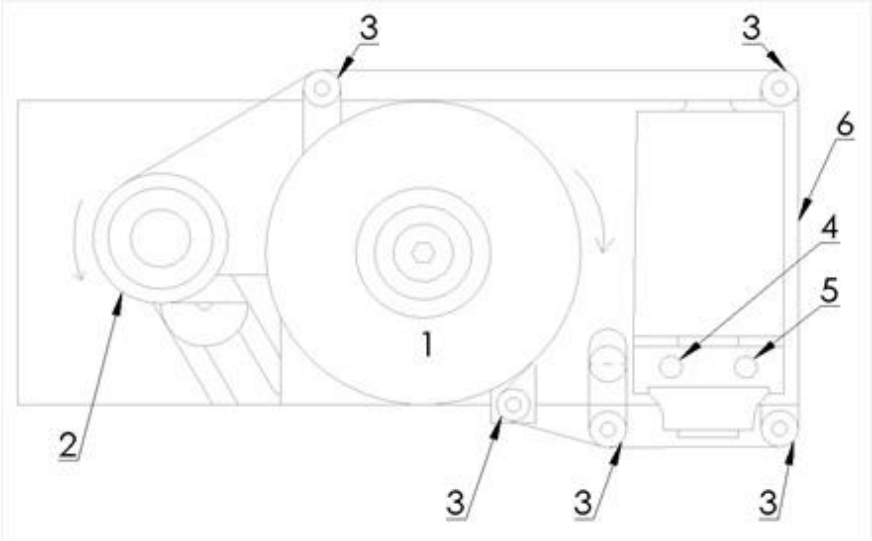


Figura 14. Partes de la impresora Metronic

Elaborado por: Jonathan Herrera

Donde:

1. Rodillo alimentador de cintas
2. Rodillo rebobinador
3. Guías para la cinta
4. Ranura para la resistencia
5. Ranura para la RTD pt100
6. Sensor fotoeléctrico para la rotura de cinta

1.4.6 Funcionamiento de la etiquetadora Bausch Strobel

La máquina cuenta con un control de operación para el proceso de etiquetado, consta de 3 botones, 1 luz piloto y un paro de emergencia como se observa en la Figura 15.

Información del panel de operación

Figura 15. Control de operación de la etiquetadora

Elaborado por: Jonathan Herrera

Donde:

1. Botón de parada de banda (color rojo)
2. Luz piloto de arranque (color verde).
3. Botón de arranque (color verde).
4. Botón reinicio (color negro).
5. Pulsador de parada de emergencia (color rojo).

En el proceso de etiquetado, los frascos son alimentados a través de una mesa giratoria, alineando los envases que ingresan a la banda transportadora, una vez dentro, los frascos son separados por un rodillo de caucho lo que permite que lleguen en intervalos homogéneos a la estación de etiquetado.

En este punto los frascos son presionados contra una pared prensadora por medio de una banda del mismo material, logrando que los frascos puedan rotar. En este lugar se encuentra un sensor óptico réflex de barrido (ver Figura 16), que da la señal para la distensión de la etiqueta.

Sensor de frasco

Figura 16. Sensor óptico réflex

Elaborado por: Jonathan Herrera

Las etiquetas son pegadas firmemente al pasar por la pared prensadora, además de esto hay otro sensor óptico (ver Figura 17), que detecta el fin de distensión de etiquetas y la posición de impresión.

Sensor de dos hilos de fibra óptica

Figura 17. Sensor amplificador de fibra óptica Sick

Fuente: http://www.tme.eu/es/details/wll170-2p132/sensores-fotoopticos-estandar/sick/

El papel vacío de la cinta autoadhesiva es rebobinado desde un motor que está conectado a un reóstato, con el cual se puede variar la velocidad de rebobinado. En la Figura 18 y en la Figura 19 se observa el sistema de rebobinado y la perilla de control del reóstato respectivamente.

Eje del sistema de rebobinado

Figura 18. Sistema de rebobinado

Elaborado por: Jonathan Herrera

Perilla de control del reóstato

Figura 19. Reóstato

Elaborado por: Jonathan Herrera

El motor de rebobinado tiene una guía que oscila en forma de arco, debajo de éste se encuentran 2 sensores inductivos como se observa en la Figura 20, que sirven como inicio y final de carrera.

Sensor de inicio y final de carrera.

Figura 20. Sensor inductivo

Fuente: https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/53454/Sensoren_es_V03_M.pdf

El proceso de distención de rollo de la cinta autoadhesiva tiene un sensor fotoeléctrico como se observa en la Figura 21, y detecta si la etiqueta (cinta autoadhesiva) se terminó o se rompió. El sensor tiene la capacidad de trabajar con papel transparente, ideal para estas aplicaciones.

Sensor tipo npn para la cinta adhesiva

Figura 21. Sensor fotoeléctrico OMROM

Elaborado por: Jonathan Herrera

De igual manera, el sistema de etiquetado tiene un sensor fotoeléctrico como se observa en la Figura 22, y detecta la cinta de impresión, tiene una distancia de sensado de 10cm.

Sensor tipo npn para la cinta de impresión

Figura 22. Sensor fotoeléctrico horizontal OMROM AD33

Elaborado por: Jonathan Herrera

CAPÍTULO 2

DISEÑO

A continuación se detallará el diseño realizado para la actualización del sistema de control de la etiquetadora tanto en la parte de hardware como de software.

2.1 Autómata Programable - Siemens S7-1200

Laboratorios LIFE siendo una de las industrias farmacéuticas más grande del ecuador, está comprometido a llevar productos de calidad, para esto necesita ir a la vanguardia del mercado, automatizando sus procesos de producción. LIFE está familiarizado con la marca Siemens en la mayoría de sus procesos de producción, por esta razón se escogió para la actualización del sistema de etiquetado, el controlador lógico programable - PLC siemens s7-1200 1214c dc/dc/dc de alta velocidad, el cual tiene 14 entradas digitales, 2 entradas análogas, 10 salidas digitales tipo transistor (Siemens, s.f), además cuenta con dos salidas rápidas PTO/PWM, que generan pulsos a alta frecuencia y se utilizan para el control de servomotores y motores paso a paso.

El autómata simatic s7-1200, al ser un PLC modular puede aumentar su capacidad de trabajo conectando módulos adicionales como entradas y salidas digitales, entradas y salidas análogas, tarjetas de señales (signal boards) de temperatura para RTDs o para termopares, .

Al PLC s7-1200 se le puede conectar un panel básico como interfaz hombre-máquina (HMI) para monitorear, supervisar procesos, se puede tener también un control limitado de estos debido a que el control total lo realiza el plc.

2.2 Tarjeta de señal de temperatura para RTD

La tarjeta de señal para dispositivos termo resistivos – RTD, ayuda a optimizar espacio y recursos del sistema, solo se puede conectar un sensor termo resistivo. Esta tarjeta de señal análoga facilita la recepción de información debido a que solo se debe conectar en la parte frontal del PLC para su funcionamiento.

Se escogió esta tarjeta ya que solo se necesita controlar la temperatura de la resistencia del sistema de impresión, en la Figura 23, se observa la adaptación de la tarjeta al PLC s7-1200.

Conexión de la signal board

Figura 23. Signal board RTD

Fuente: http://www.carven-shop.com/234-thickbox_default/signal-board-sb-1231-rtd-siemens.jpg

2.3 Simatic HMI Basic Panel Kp300

La interfaz hombre máquina - HMI (ver Figura 24) cuenta con 4 colores de retroiluminación (blanco, rojo, amarillo, verde). Tiene además 10 botones de función (alfanuméricos), 4 cursores y 6 botones de control propios del sistema, es decir, no programables (Siemens, 2011).

HMI KP 300 de 3”

Figura 24. Simatic Panel

Elaborado por: Jonathan Herrera

La HMI kp-300 de siemens tiene un ámbito funcional completo puede manejar 50 pantallas de proceso, presenta un sistema de alarmas, se puede gestionar recetas y además realiza gráficos vectoriales, gráfico de barras y curvas de tendencias (Siemens, 2011).

2.4 Dimensionamiento de los dispositivos

Para la parte de control de la etiquetadora se utilizará una fuente de alimentación de 24Vdc de marca Logo de siemens, la etiquetadora cuenta con dos fuentes de voltaje originales de fábrica, la una de 80Vdc y la otra de 24Vdc, que alimentan el driver del motor paso a paso y el motor de impresión respectivamente, las bandas son accionadas por medio de un motor de 1 hp trifásico, el motor que rebobina la cinta vacía funciona con 110Vac, en el tablero eléctrico se encuentran 2 ventiladores de enfriamiento que se alimentan con 220Vac.

La construcción de la fuente de 80Vdc, está conformada por un transformador que se alimenta con 220Vac el bobinado primario, teniendo en el bobinado secundario 56Vac, la rectificación del voltaje se lo realiza con un puente de diodos y un capacitor. El driver del motor a pasos consume 12A en su torque máximo, con estos datos, se realiza el cálculo de la corriente máxima de entrada:

$$Pentrada = Psalida$$ Ecuación (2.1)

$$220V(i) = 56V(12A)$$

$$i_{max} = \frac{56V * 12A}{220V}$$

$$i_{max} = 3.05\ A$$

Para el cálculo del motor de impresión se observó que la fuente es alimentada con 220 VAC en el primario de un transformador, en el secundario se tiene 20VAC los cuales son rectificados de igual manera por un puente de diodos pasando por un capacitor y en la salida un regulador de voltaje 7824 con una salida máxima de 3 A. Se realizaron los siguientes cálculos para obtener la corriente máxima de entrada.

$$Pentrada = Psalida$$ Ecuación (2.1)

$$220V(i) = 20V * 3A$$

$$i_{max} = \frac{20V * 3A}{220V}$$

$$i_{max} = 0.27\ A.$$

La fuente de 24Vdc Logo, tiene un consumo de corriente de entrada de 0.66 – 1.22 A (Automation24, s.f.)

Para el cálculo de corriente del motor de 1 hp, se observa en la placa del motor que tiene un factor de potencia=0.9, con esto se realizan los respectivos cálculos:

$$P = \sqrt{3} * i * v * \cos Ø$$

Ecuación (2.2)

Donde

$$i_{max} = \frac{P}{v * \cos Ø * \sqrt{3}}$$

$$i_{max} = \frac{1 * 746}{220 * 0.9 * \sqrt{3}}$$

$$i_{max} = 2.17A$$

Los ventiladores funcionan con 220Vac a una potencia de 150 W, con un factor de potencia de 0.85, se aplica la fórmula de potencia para el cálculo de corriente:

$$P = Irms * Vrms * cosØ$$

Ecuación (2.3)

$$Irms = \frac{150W}{220V * 0.85}$$

$$Irms = 0{,}8\ A.$$

Como son 2 ventiladores la corriente que utiliza es de $Irms = 1.6A$

De acuerdo con los cálculos se obtiene el consumo de corriente de entrada como se observa en la Tabla 1:

Tabla 1.

Dimensionamiento de elementos

Elemento	**Corriente de entrada [Amperios]**
Fuente Logo	1.22
Fuente 24VDC	0.27
Fuente 80VDC	3.05
Motor 1 HP	2.17
Motor de rebobinado	5
Ventiladores	1.6
Total	**13.31**

Nota: Consumo de corriente de los controladores y actuadores

Elaborado por: Jonathan Herrera

Según los cálculos realizados, se debe proteger los elementos con un disyuntor principal con capacidad de 20 A. Para evitar mezclar la parte control con la de fuerza se lo divide en 2 disyuntores secundarios con capacidad de 4A y 16A respectivamente.

2.5 Distribución de los elementos en el tablero eléctrico

En base a los requerimientos de Laboratorios LIFE se realizó la distribución de los elementos de la siguiente manera: En la parte superior se ubicó todos los elementos de fuerza (disyuntores, breakers, fusibleras), en la parte central se ubicó la parte de control (PLCs, tarjetas de control) y en la parte inferior se ubicó los pre actuadores (relés, contactores).

El diseño del tablero eléctrico se lo puede observar en la Figura 25:

Distribución de los elementos en el tablero eléctrico

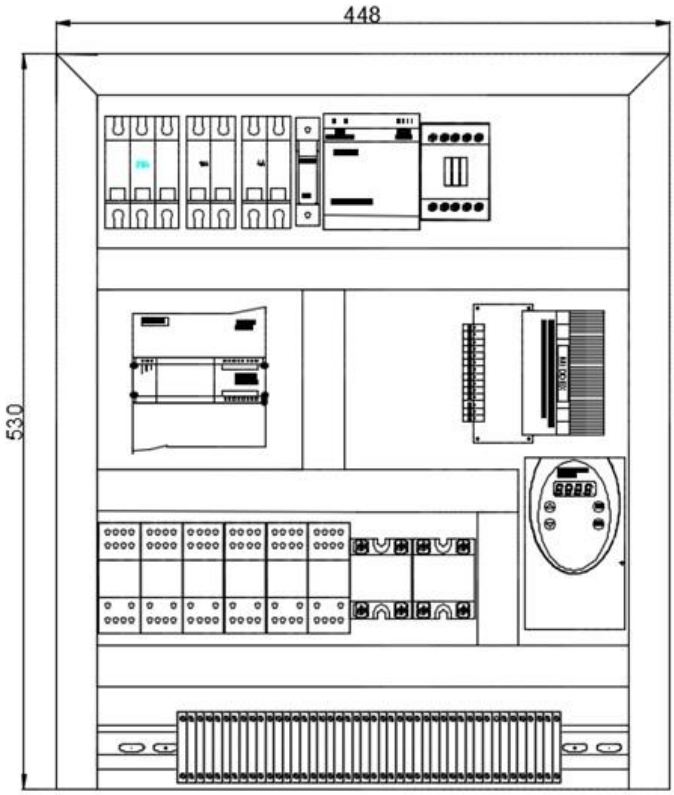


Figura 25. Diseño del tablero eléctrico

Elaborado por: Jonathan Herrera

2.6 Tarjeta de conexión de drive MIDDEX

La nueva tarjeta de conexión del driver tiene un diseño más ordenado y específico en cada pin de entrada y salida como se observa en la Figura 26.

Diseño de la placa de circuito impreso de conexión del drive

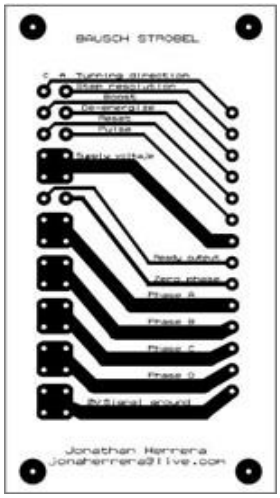


Figura 26. Diseño de la tarjeta de interfaz con el driver Middex

Elaborado por: Jonathan Herrera

En la Figura 27 se observa la placa terminada con sus respectivas borneras de conexión.

Nueva placa de circuito impreso de conexión del drive

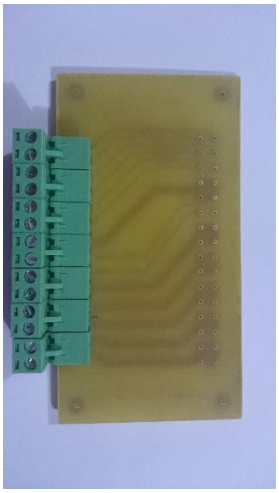


Figura 27. Nueva tarjeta de interfaz del driver Middex

Elaborado por: Jonathan Herrera

2.7 Diagrama de bloques de la máquina etiquetadora Bausch Strobel

La actualización del sistema automático de etiquetado estará estructurada como se observa en la Figura 28.

Representación de la conexión

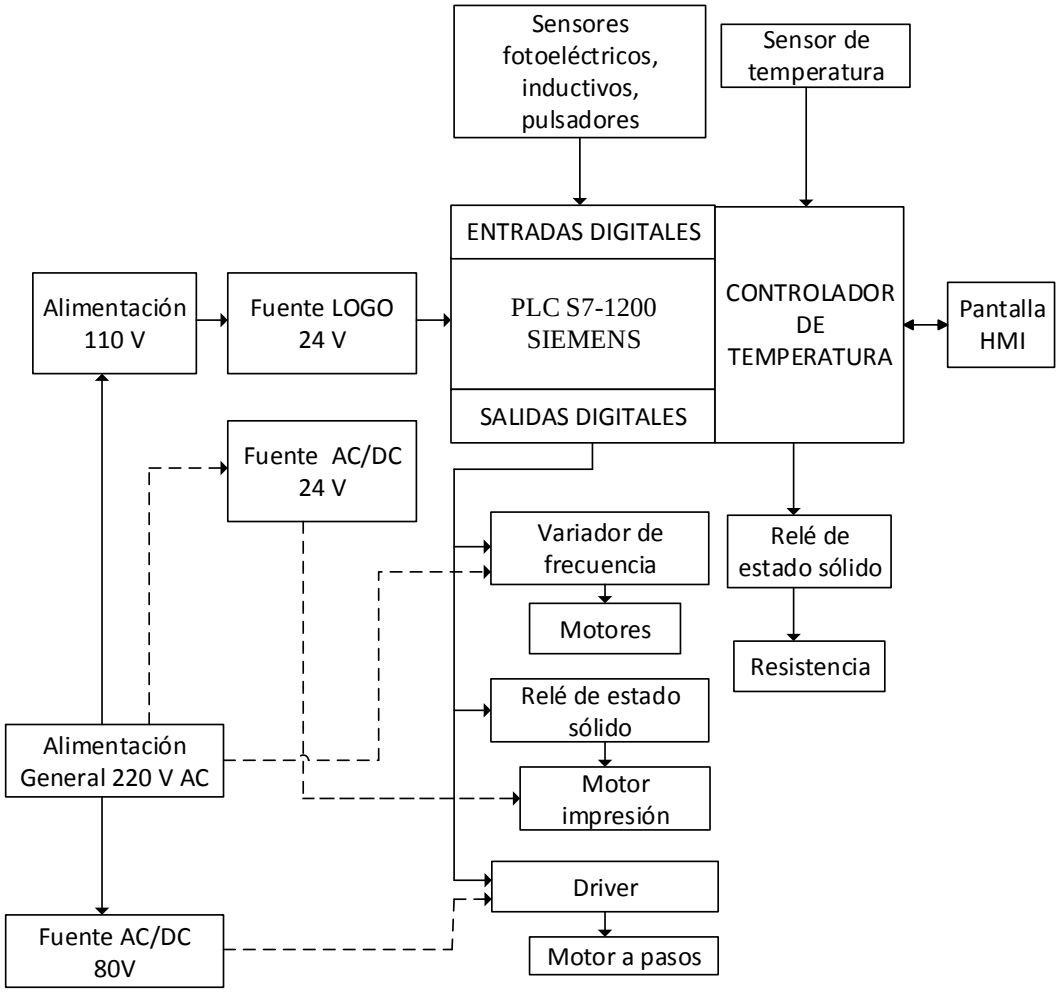


Figura 28. Diagrama de bloques de la etiquetadora Bausch Strobel

Elaborado por: Jonathan Herrera

2.8 Diagrama de flujo del proceso de etiquetado

El proceso de etiquetado fue caracterizado en el diagrama de flujo de la Figura 29.

Diagrama de flujo del control del PLC

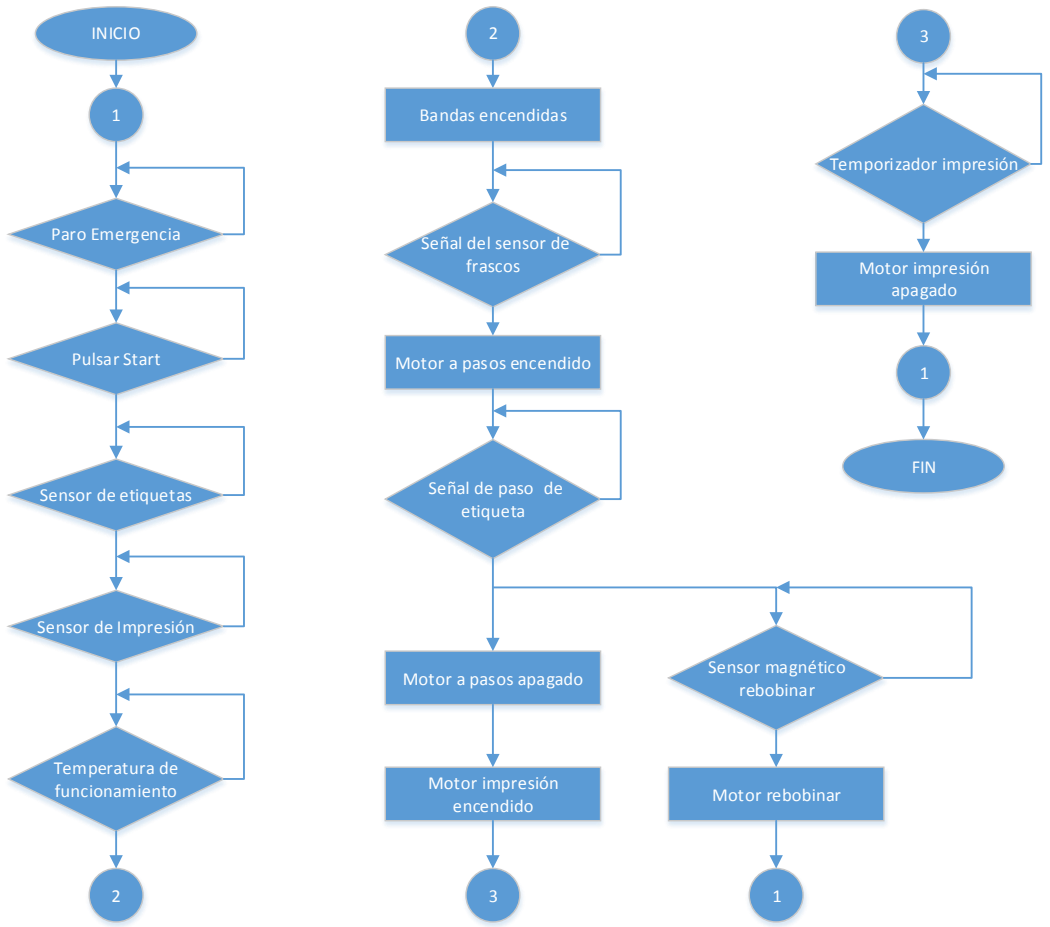


Figura 29. Diagrama de flujo del proceso de etiquetado

Elaborado por: Jonathan Herrera

El diseño de operación final se basa en el funcionamiento inicial del sistema con la adición de seguridades y parámetros de verificación que son validados por Laboratorios LIFE.

2.9 Diagrama de flujo de la HMI

En la Figura 30 se muestra el acceso que se tiene al proceso de etiquetado a través de la HMI. Adicionalmente se observa la navegación de los diferentes menús del proceso.

Diagrama de manipulación y visualización de valores establecidos

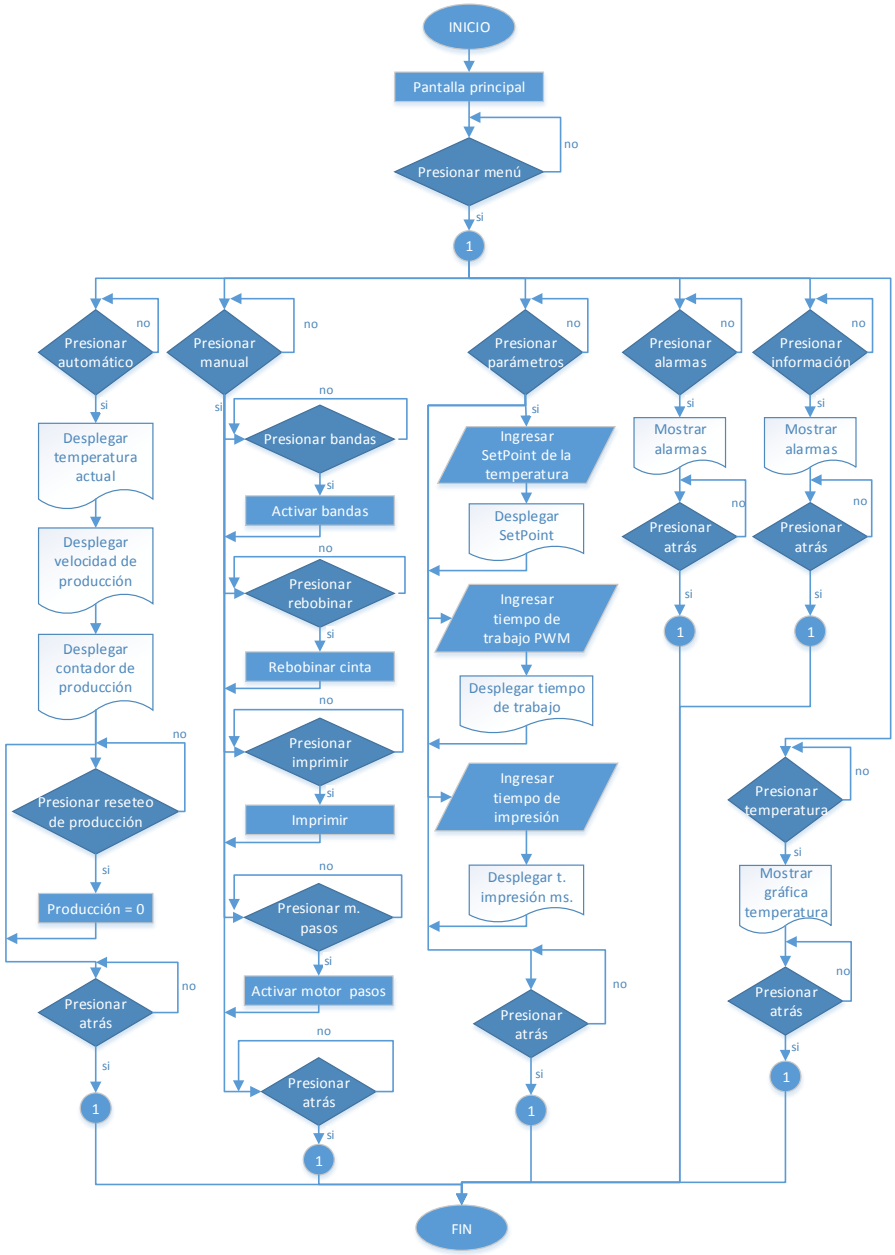


Figura 30. Diagrama de flujo de la interfaz de usuario

Elaborado por: Jonathan Herrera

2.10 Diagrama de control de la etiquetadora Bausch Strobel

Las conexiones físicas realizadas en la etiquetadora se esquematizan en la Figura 31.

Conexiones de entradas y salidas del PLC

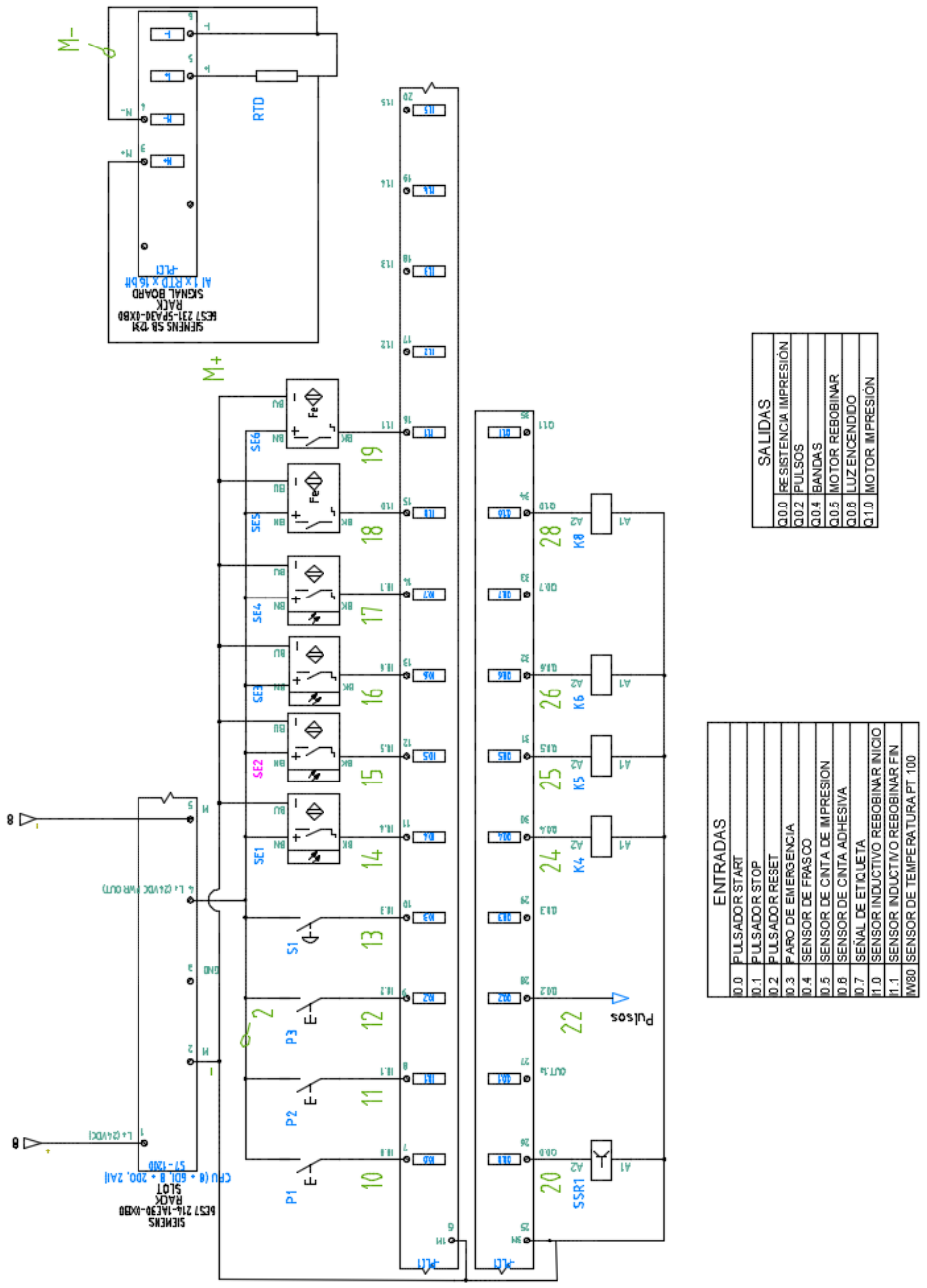


Figura 31. Diagrama de control de la etiquetadora Bausch Strobel

Elaborado por: Jonathan Herrera

CAPÍTULO 3

IMPLEMENTACIÓN

En el siguiente capítulo, se detalla el procedimiento realizado para la implementación del nuevo sistema de etiquetado.

3.1 Direccionamiento de los dispositivos

Para que los dispositivos puedan operar necesitan estar conectados en red, para esto se estableció las siguientes direcciones de red (ver Tabla 2):

Tabla 2.

Configuración de los dispositivos

Dispositivo	**Dirección Ethernet**
PLC S7-1200	
Dirección IP	192.168.0.1
Máscara de red	255.255.255.0
HMI KP-300	
Dirección IP	192.168.0.3
Máscara de red	255.255.255.0

Nota: Direcciones IP utilizadas

Elaborado por: Jonathan Herrera

3.2 Parámetros de la salida PTO/PWM

Para utilizar la salida rápida, es necesario activar el generador de impulsos e ingresar los parámetros de funcionamiento, como la base de tiempo, el formato de duración de impulso, la duración de impulso inicial y la frecuencia de trabajo como se observa en la Figura 32.

Se activó la salida rápida PTO2/PWM2 asignada a la salida física Q0.2. Una vez activado el generador de impulsos, la memoria Q0.2 deja de ser una salida digital normal y funciona solamente como salida de pulsos.

Parámetros de funcionamiento

Figura 32. Propiedades de la salida rápida

Elaborado por: Jonathan Herrera

3.3 Velocidad del motor a pasos

La velocidad del motor a pasos es controlada directamente con el ancho de pulso del PWM. En la Figura 33, se puede ver que la variable velocidad puede ser modificada, para esto se utiliza la HMI. La variable puede tener un valor de 0 a 100, este valor es el porcentaje del ciclo de trabajo del PWM de la salida rápida.

Programación KOP del control PWM

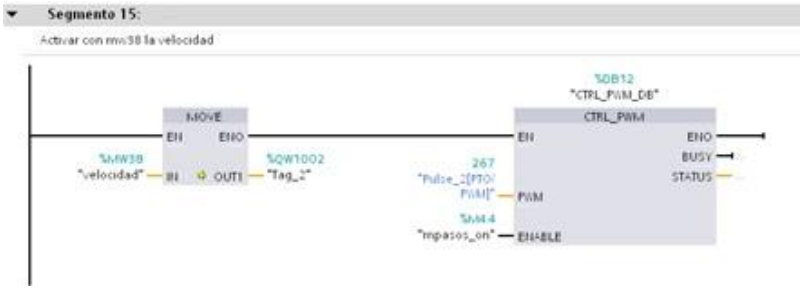


Figura 33. Programación del ciclo de trabajo

Elaborado por: Jonathan Herrera

3.4 Implementación de alarmas en el sistema de etiquetado

Se implementó un sistema de alarmas en la HMI como se observa en el diagrama de la Figura 34, donde se detalla el tipo de falla que ocurrió en el proceso de etiquetado.

Representación de las diferentes alarmas implementadas

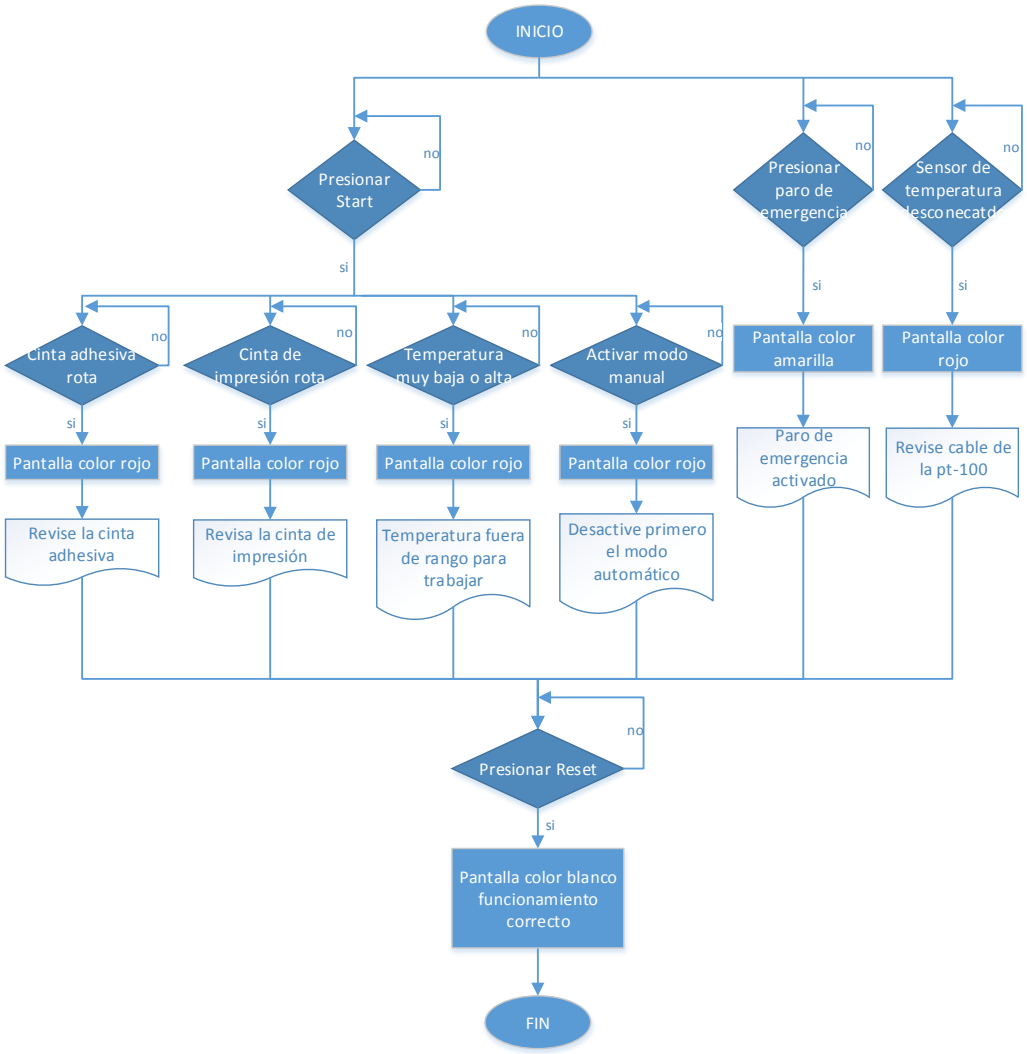


Figura 34. Diagrama de flujo de las alarmas

Elaborado por: Jonathan Herrera

En el proceso de etiquetado la HMI tiene un color de retroiluminación blanco cuando se encuentra en operación correcta tal como se observa en la Figura 35, cuando se activa una alarma el color de la pantalla cambia a color rojo como se observa en la Figura 36.

Pantalla en funcionamiento normal

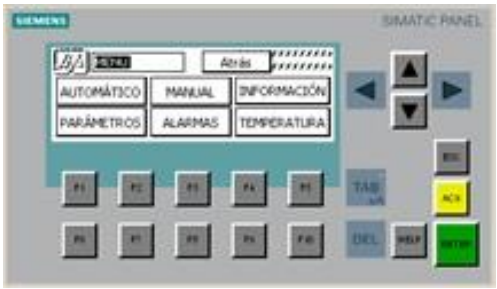


Figura 35. Funcionamiento de la HMI

Elaborado por: Jonathan Herrera

Pantalla con alarma activada

Figura 36. Alarmas activadas de la HMI

Elaborado por: Jonathan Herrera

3.5 Implementación del tablero eléctrico

Finalizado el trabajo de la parte de software, se procedió a realizar el montaje de la pantalla HMI, como se observa en la Figura 37 y la Figura 38.

Corte de lámina para la pantalla

Figura 37. Base de la pantalla.

Elaborado por: Jonathan Herrera

Pantalla colocada en el panel

Figura 38. Ubicación de la pantalla

Elaborado por: Jonathan Herrera

En el tablero eléctrico de la máquina (ver Figura 39), se procedió a etiquetar los cables de las señales eléctricas principales del sistema antes de la actualización del tablero, se etiquetaron también las bobinas del motor a pasos.

Antiguo tablero eléctrico de la etiquetadora

Figura 39. Tablero eléctrico de la máquina Bausch Strobel

Elaborado por: Jonathan Herrera

Una vez que se etiquetaron los cables, se procedió a retirar los dispositivos del panel de operación y desconectar todas las conexiones eléctricas del tablero (ver Figura 40) para realizar la actualización.

Desconexión de los antiguos elementos de control de la etiquetadora.

Figura 40. Desmontaje del antiguo tablero eléctrico

Elaborado por: Jonathan Herrera

Una vez listo el tablero se procede a realizar las conexiones nuevas y la instalación de los equipos que componen la actualización, además, se comprobó las diferentes pruebas

de conectividad y verificación con los planos unifilares del tablero eléctrico. En la Figura 41 se observa el nuevo tablero eléctrico implementado.

Tablero eléctrico de la máquina Bausch Strobel

Figura 41. Implementación del nuevo tablero eléctrico

Elaborado por: Jonathan Herrera

3.6 Pruebas y calibraciones

Se comprobó el correcto funcionamiento del control de temperatura, para esto se utilizó un probador de RTD pt100 (ver Figura 42), éste dispositivo ayuda a establecer un valor de temperatura determinado en grados centígrados, modificando el valor de la resistencia interna de su circuito.

Probador de dispositivos termo resistivos pt-100

Figura 42. Probador de PT 100

Elaborado por: Jonathan Herrera

El antiguo sistema de etiquetado trabajaba a una velocidad de 190 rpm. En las pruebas realizadas, se observa que la máquina puede trabajar con más velocidad y operar normalmente, la velocidad establecida fue de 200 rpm. Se utilizó un tacómetro para la calibración (ver Figura 43).

Verificación de la velocidad del motor a pasos

Figura 43. Tacómetro

Elaborado por: Jonathan Herrera

Debido a la actualización del sistema, se establecieron nuevos parámetros de funcionamiento, la temperatura del cabezal de impresión funcionaba con un valor de setpoint de 170º, en las pruebas realizadas se comprobó que el cabezal puede trabajar con una temperatura de 130º, además, el tiempo de impresión en las etiquetas debe tener un valor desde los 200 ms hasta los 500ms de duración y son establecidos por el operador, sin afectar el proceso, el parámetro de la velocidad permite cambiar la velocidad del motor a pasos estableciendo un valor de 10 a 100, en la Figura 44 se observa el menú de los parámetros con los valores de funcionamiento actuales.

Valores de los parámetros del sistema de etiquetado

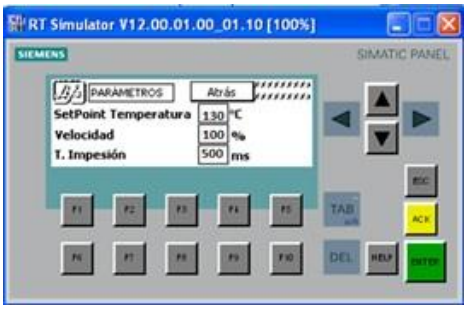


Figura 44. Parámetros de funcionamiento

Elaborado por: Jonathan Herrera

Se verifica el funcionamiento de cada actuador del sistema, para esto se ingresó en el menú manual del HMI (ver Figura 45), activando cada actuador.

Opciones de control del menú manual

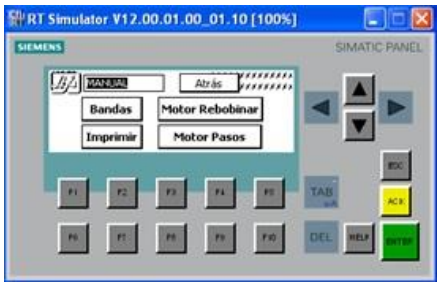


Figura 45. Menú de control manual

Elaborado por: Jonathan Herrera

Finalmente se realizaron las pruebas de pre producción, se utilizó 100 envases de diferentes tamaños y se puso en operación la máquina. Se comprobó las diferentes alarmas implementadas, entre ellas las que el sistema no permite poner en modo automático si la temperatura no alcanzaba su respectivo valor de setpoint.

Otra seguridad importante es la que verifica si los sensores de cinta adhesiva y cinta de impresión se encuentran activados (el HMI muestra un aviso en la pantalla indicando la falla). También se desconectó el sensor pt100 para verificar que el HMI muestre un error indicando que se revise el sensor de temperatura. Todos los mensajes de seguridad y alarmas se muestran en la pantalla cambiando el color de retroiluminación de blanco a verde y requieren de un procedimiento hasta que se solucione la falla del sistema.

Se comprueba que el sistema cuando se encuentra en modo automático, no permite que se active ningún actuador en modo manual, mostrando un aviso en la pantalla que no permite activar mientras se encuentre en proceso.

En el modo automático se observa los valores como la temperatura actual del cabezal de impresión, el contador de la producción, y la velocidad de etiquetado por minuto como se observa en la Figura 46. Además, se prueba el funcionamiento del contador de la producción para lo cual se simula una falla en el sistema y el contador omite el frasco sensado antes de entrar en falla.

Valores del sistema en modo automático

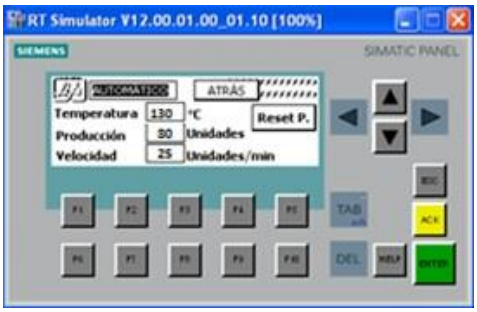


Figura 46. Menú de control automático

Elaborado por: Jonathan Herrera

Una vez realizadas las respectivas pruebas y calibraciones se entrega la máquina al supervisor del área de penicilinas de laboratorios LIFE. En la Figura 47 se observa el resultado de la actualización del sistema de control automático de la etiquetadora Bausch Strobel.

Etiquetadora Bausch Strobel implementado el nuevo sistema de control.

Figura 47. Máquina Bausch Strobel actualizada

Elaborado por: Jonathan Herrera

La última validación de la operación del sistema se verifica en ambiente de producción. En esta etapa se realizan acondicionamientos finales de acuerdo a los requerimientos del operador. Estas modificaciones no cambian la configuración del diseño y permiten la familiaridad del operador con la actualización del sistema.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS Y RESULTADOS

En este capítulo se analiza la producción de la máquina. Se realiza una comparativa entre la producción anterior a la actualización del sistema de control en relación con el sistema actual tomando la información de los registros de producción. Los datos utilizados fueron proporcionados por Laboratorios LIFE .Además, se revisará el presupuesto otorgado para la ejecución del proyecto.

Se debe considerar que la producción de medicamentos en el área de penicilinas se realiza por medio de pedidos, a cada pedido se le asigna un lote de producción. Sin embargo en la comparación no se considera el número de lote.

Laboratorios LIFE tiene una licitación para fabricar Grunamox de 120ml., este medicamento es de propiedad de la farmacéutica GRUNENTHAL, lo cual permite comparar la producción de frascos de 120ml con datos anteriores.

Una vez que los medicamentos son etiquetados, se colocan vasos dosificadores sobre las tapas de los frascos, para luego ser empacados. Estos dos últimos procesos son realizados manualmente, por esta razón se tiene paradas de máquina por la acumulación de medicamentos por empacar. En el proceso de etiquetado trabajan 6 personas, el supervisor del área, el coordinador de producción un operador y 3 empacadores, en diversos turnos y asignados diferentes lotes y medicación. Por lo anterior no se considera los procesos manuales en la comparación porque no existen registros.

Se tomaron parámetros de producción actuales en similares condiciones de operación de los anteriores como son: el tipo de frasco y tipo de la etiqueta. Se comparan independientemente cada parámetro.

4.1 Costos de equipos

Para realizar la actualización del sistema de etiquetado de la máquina Bausch Strobel, Laboratorios LIFE aprobó un presupuesto máximo de $ 2000 dólares. En la Tabla 3 se detallan los costos de los equipos utilizados.

Tabla 3.

Costos de equipos

Costo de los equipos para la actualización		
Dispositivos	**Cantidad**	**USD**
PLC S7-1200 1214DC/DC/DC	1	700
Signal Board para RTD tipo Pt100/Pt1000	1	180
Fuente de Poder, 24VDC @ 2,5A LOGO	1	100
Pantalla KP300 Siemens	1	420
GABINETE METALICO 30 x 30 x 20 cm	1	30
Contactores 220 VAC @ 16 A, 24 VDC	1	40
Luces Piloto (Verde) 110-220VAC	1	12
Breaker Bifasico de 6 A	1	20
Breaker Bifasico de 16 A	1	30
Breaker Trifasico de 40 A	1	30
Base para fusible 10 x 38, para riel DIN	1	2
Fusible de 4 A para base 10 x 38	1	1
Relés de Estado sólido 24 VDC, 10 A	2	60
Borneras de paso para cable 12 para riel Din	60	50
Caja terminales tipo puntera, para cable 16	2	8,5
Rollo de Cable 16 AWG Color Azul	3	90
RTD 3/16" Pt-100 3 hilos	1	60
Base de relé 4 polos	5	75
Relés 24 VDC 4 polos	5	75
Riel Din 1m	1	5
Canaleta ranurada 2,5x 2,5x3cm	2	10
Total		**$ 1.999,50**

Nota: Costos del hardware utilizado para realizar la actualización del sistema de control.

Elaborado por: Jonathan Herrera

En estos valores no se considera el tiempo del diseño, la implementación y el aporte del autor en el desarrollo del proyecto porque los laboratorios LIFE acordaron estas condiciones para ser considerado como un proyecto de titulación.

4.2 Cambio de formatos

En la Tabla 4 se especifican los tiempos que tenía un cambio de formato la etiquetadora antes de la actualización del sistema de control.

Tabla 4.

Tiempos de cambios de formatos antes de la actualización

Procedimiento	**Tiempo [horas]**
Calibración	1,5
Cambio de formato impresión	0,5
Total	**2**

Nota: Tiempos de cambios de formatos antes la actualización del equipo.

Elaborado por: Jonathan Herrera

Actualmente un cambio de formato se lo realiza en un tiempo menor como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 5.

Tiempos de cambios de formatos actuales

Procedimiento	**Tiempo [horas]**
Calibración	1
Cambio de formato impresión	0,25
Total	**1,25**

Nota: Tiempos de cambios de formatos actuales del equipo.

Elaborado por: Jonathan Herrera

Con los datos de los tiempos de cambios de formatos, se deduce que actualmente se redujo un 37,5% de tiempo comparado con los valores anteriores a la actualización, lo cual resultaba ser tiempo perdido para todos los trabajadores.

4.3 Análisis de la producción

En las siguientes Tablas se mostrará los datos de la producción, de cada medicamento etiquetado y empacado, que fueron tomados del libro de la máquina (facilitada por el área de penicilinas). La recolección de los datos se lo realizó en 4 meses de producción de la máquina con el nuevo sistema. La información fue tomada desde finales del mes de marzo del 2015 hasta el mes de noviembre de 2015. La actualización del nuevo sistema de control se entregó la primera semana de agosto de 2015.

Amoxicilina 500mg/5ml.

Tabla 6.

Producción anterior a la actualización de Amoxicilina 500mg/5ml 100ml.

Fecha	Tiempo [horas]	Cantidad
28/05/2015	0,5	215
28/05/2015	3,75	2072
Total	**4,25**	**2287**

Nota: Información de la cantidad de frascos etiquetados.

Elaborado por: Jonathan Herrera

Tabla 7.

Producción actual de Amoxicilina 100ml.

Fecha	Tiempo [horas]	Cantidad
11/11/2015	3,5	2096
Total	**3,5**	**2096**

Nota: Información de la cantidad de frascos etiquetados.

Elaborado por: Jonathan Herrera

Tabla 8.

Promedio de etiquetado de frascos por hora de Amoxicilina 100ml.

	Promedio [frascos/hora]
Antes	491,3
Después	591,1

Nota: Promedio de la cantidad de frascos etiquetados por hora.

Elaborado por: Jonathan Herrera

Ampibex 3g 250mg/5ml.

Tabla 9.

Producción anterior a la actualización de Ampibex 3g 60ml.

Fecha	Tiempo [horas]	Cantidad
23/04/2015	1,25	1320
24/04/2015	7,5	7320
27/04/2015	7	5556
Total	**15,75**	**14196**

Nota: Información de la cantidad de frascos etiquetados.

Elaborado por: Jonathan Herrera

Tabla 10.

Producción actual de Ampibex 3g 60ml.

Fecha	Tiempo [horas]	Cantidad
15/09/2015	0,5	672
16/09/2015	3,5	3240
16/09/2015	1,75	1008
17/09/2015	6,5	6600
18/09/2015	2,75	2560
Total	**15**	**14080**

Nota: Información de la cantidad de frascos etiquetados.

Elaborado por: Jonathan Herrera

Tabla 11.

Promedio de etiquetado de frascos por hora de Ampibex 3g 60ml.

	Promedio [Frascos/hora]
Antes	901.3
Después	938.7

Nota: Promedio de la cantidad de frascos etiquetados por hora.

Elaborado por: Jonathan Herrera

Ampibex 500mg/5ml.

Según los datos de producción, este medicamento solo fue producido con el actual sistema de etiquetado.

Tabla 12.

Producción actual de Ampibex 500mg/5ml 100ml.

Fecha	**Tiempo [horas]**	**Cantidad**
27/08/2015	6,5	2116
23/10/2015	5	2101
Total	**11,5**	**4217**

Nota: Información de la cantidad de frascos etiquetados.

Elaborado por: Jonathan Herrera

Tabla 13.

Promedio de etiquetado de frascos por hora de Ampibex 500mg/5ml 100ml.

	Promedio [Frascos/hora]
Después	366.7

Nota: Promedio de la cantidad de frascos etiquetados por hora.

Elaborado por: Jonathan Herrera

Cefadin 250g/5ml

Tabla 14.

Producción anterior a la actualización de Cefadin 250mg/5ml 60ml.

Fecha	**Tiempo [horas]**	**Cantidad**
28/04/2015	7,58	8040
29/04/2015	1,3	1164
22/06/2015	4,25	3840
25/06/2015	2,25	1686
Total	**15,38**	**14730**

Nota: Información de la cantidad de frascos etiquetados.

Elaborado por: Jonathan Herrera

Tabla 15.

Producción actual de Cefadin 250mg/5ml 60ml.

Fecha	**Tiempo [horas]**	**Cantidad**
02/09/2015	0,8	720
03/09/2015	1,6	1480
24/09/2015	6,5	6000
25/09/2015	1	1050
19/10/2015	0,6	600
20/10/2015	3,5	3900
Total	**14**	**13750**

Nota: Información de la cantidad de frascos etiquetados.

Elaborado por: Jonathan Herrera

Tabla 16.

Promedio de etiquetado de frascos por hora de Cefadin 250mg/5ml 60ml.

	Promedio [Frascos/hora]
Antes	957,7
Después	982,1

Nota: Promedio de la cantidad de frascos etiquetados por hora.

Elaborado por: Jonathan Herrera

Cefalexina 250mg/5ml

Tabla 17.

Producción anterior a la actualización de Cefalexina 250mg/5ml 60ml.

Fecha	**Tiempo [horas]**	**Cantidad**
26/06/2015	2,5	1500
Total	**2,5**	**1500**

Nota: Información de la cantidad de frascos etiquetados.

Elaborado por: Jonathan Herrera

Tabla 18.

Producción actual de Cefalexina 250mg/5ml 60ml.

Fecha	**Tiempo [horas]**	**Cantidad**
20/10/2015	0,25	360
22/10/2015	7,25	4624
Total	**7,5**	**4984**

Nota: Información de la cantidad de frascos etiquetados.

Elaborado por: Jonathan Herrera

Tabla 19.

Promedio de etiquetado de frascos por hora de Cefalexina 250mg/5ml 60ml.

	Promedio [Frascos/hora]
Antes	600
Después	664,5

Nota: Promedio de la cantidad de frascos etiquetados por hora.

Elaborado por: Jonathan Herrera

Enzamox DUO

Según los datos de producción, este medicamento solo fue producido con el actual sistema de etiquetado.

Tabla 20.

Producción actual de Enzamox DUO 60ml.

Fecha	**Tiempo [horas]**	**Cantidad**
14/09/2015	2,25	791
Total	**2,25**	**791**

Nota: Información de la cantidad de frascos etiquetados.

Elaborado por: Jonathan Herrera

Tabla 21.

Promedio de etiquetado de frascos por hora de Enzamox DUO 60ml.

	Promedio [Frascos/hora]
Después	351,6

Nota: Promedio de la cantidad de frascos etiquetados por hora.

Elaborado por: Jonathan Herrera

Furacam 125mg/5ml

Tabla 22.

Producción anterior a la actualización de Furacam 125mg/5ml 70ml.

Fecha	**Tiempo [horas]**	**Cantidad**
22/05/2015	4,5	1400
25/05/2015	3	1839
29/06/2015	7,5	1600
30/06/2015	2,25	1100
30/06/2015	2,25	1815
Total	**19,5**	**7754**

Nota: Información de la cantidad de frascos etiquetados.

Elaborado por: Jonathan Herrera

Tabla 23.

Producción actual de Furacam 125mg/5ml 70ml.

Fecha	**Tiempo [horas]**	**Cantidad**
20/08/2015	5,25	2490
21/08/2015	1,5	520
24/08/2015	2,75	2000
Total	**9,5**	**5010**

Nota: Información de la cantidad de frascos etiquetados.

Elaborado por: Jonathan Herrera

Tabla 24.

Promedio de etiquetado de frascos por hora de Furacam 125mg/5ml 70ml.

	Promedio [Frascos/hora]
Antes	397.6
Después	527.4

Nota: Promedio de la cantidad de frascos etiquetados por hora.

Elaborado por: Jonathan Herrera

Furacam 250mg/5ml

Tabla 25.

Producción anterior a la actualización de Furacam 250mg/5ml 70ml.

Fecha	**Tiempo [horas]**	**Cantidad**
20/05/2015	0,5	68
21/05/2015	7,5	3730
10/06/2015	5,5	2453
10/06/2015	1,25	884
11/06/2015	6,75	2822
12/06/2015	5,75	2489
12/06/2015	1	608
10/07/2015	7,5	2686
13/07/2015	3,5	1690
Total	**39,25**	**17430**

Nota: Información de la cantidad de frascos etiquetados.

Elaborado por: Jonathan Herrera

Tabla 26.

Producción actual de Furacam 250mg/5ml 70ml.

Fecha	Tiempo [horas]	Cantidad
24/08/2015	3,2	884
25/08/2015	1,5	338
22/09/2015	2	800
22/09/2015	1,5	884
23/09/2015	6	2884
08/10/2015	2,75	720
12/10/2015	2	901
12/10/2015	0,75	544
13/10/2015	7,5	4896
14/10/2015	2,25	746
Total	**29,45**	**13597**

Nota: Información de la cantidad de frascos etiquetados.

Elaborado por: Jonathan Herrera

Tabla 27.

Promedio de etiquetado de frascos por hora de Furacam 250mg/5ml 70ml.

	Promedio [Frascos/hora]
Antes	444,1
Después	461.4

Nota: Promedio de la cantidad de frascos etiquetados por hora.

Elaborado por: Jonathan Herrera

Grunamox 250mg

Tabla 28.

Producción anterior a la actualización de Grunamox 250mg 120ml.

Fecha	Tiempo [horas]	Cantidad
01/06/2015	6	4802
01/06/2015	2	2266
Total	**8**	**7068**

Nota: Información de la cantidad de frascos etiquetados.

Elaborado por: Jonathan Herrera

Tabla 29.

Producción actual de Grunamox 250mg 120ml.

Fecha	Tiempo [horas]	Cantidad
28/08/2015	1,75	1274
31/08/2015	4	4802
01/09/2015	0,75	947
02/09/2015	0,25	180
25/09/2015	2	2450
28/09/2015	3,25	3332
30/09/2015	2	1351
Total	**14**	**14336**

Nota: Información de la cantidad de frascos etiquetados.

Elaborado por: Jonathan Herrera

Tabla 30.

Promedio de etiquetado de frascos por hora de Grunamox 250mg 120ml.

	Promedio [Frascos/hora]
Antes	883,5
Después	1024

Nota: Promedio de la cantidad de frascos etiquetados por hora.

Elaborado por: Jonathan Herrera

Moxipet 250mg/5ml

Tabla 31.

Producción anterior a la actualización de Moxipet 250mg/5ml 60ml.

Fecha	Tiempo [horas]	Cantidad
09/04/2015	2,75	1249
21/04/2015	7,75	2650
22/04/2015	7,25	3082
Total	**17,75**	**6981**

Nota: Información de la cantidad de frascos etiquetados.

Elaborado por: Jonathan Herrera

Tabla 32.

Producción actual de Moxipet 250mg/5ml 60ml.

Fecha	Tiempo [horas]	Cantidad
12/08/2015	0,5	650
13/08/2015	4,75	4050
14/08/2015	3,25	2297
Total	**8,5**	**6997**

Nota: Información de la cantidad de frascos etiquetados.

Elaborado por: Jonathan Herrera

Tabla 33.

Promedio de etiquetado de frascos por hora de Moxipet 250mg/5ml 60ml.

	Promedio [Frascos/hora]
Antes	393.3
Después	823.2

Nota: Promedio de la cantidad de frascos etiquetados por hora.

Elaborado por: Jonathan Herrera

Sultamix 250mg/5ml

Tabla 34.

Producción anterior a la actualización de Sultamix 250mg/5ml 60ml

Fecha	Tiempo [horas]	Cantidad
24/03/2015	4,5	2464
26/03/2015	1,16	336
27/03/2015	2,75	2128
13/07/2015	3	1300
14/07/2015	1	1144
14/07/2015	4	2470
Total	**16,41**	**9842**

Nota: Información de la cantidad de frascos etiquetados.

Elaborado por: Jonathan Herrera

Tabla 35.

Producción actual de Sultamix 250mg/5ml 60ml.

Fecha	Tiempo [horas]	Cantidad
11/08/2015	0,75	650
12/08/2015	3	1813
17/08/2015	6	2461
09/09/2015	1,5	1000
09/09/2015	2,5	1470
07/10/2015	2	2473
07/10/2015	2	2479
27/11/2015	5,5	2442
Total	**23,25**	**14788**

Nota: Información de la cantidad de frascos etiquetados.

Elaborado por: Jonathan Herrera

Tabla 36.

Promedio de etiquetado de frascos por hora de Sultamix 250mg/5ml 60ml.

	Promedio [Frascos/hora]
Antes	599,8
Después	636

Nota: Promedio de la cantidad de frascos etiquetados por hora.

Elaborado por: Jonathan Herrera

Sultamix 250mg/5ml

Tabla 37.

Producción anterior a la actualización de Sultamix 250mg/5ml 120ml.

Fecha	Tiempo [horas]	Cantidad
27/03/2015	3	1300
27/05/2015	3,25	2716
15/06/2015	6	3528
16/06/2015	1	424
Total	**13,25**	**7968**

Nota: Información de la cantidad de frascos etiquetados.

Elaborado por: Jonathan Herrera

Tabla 38.

Producción actual de Sultamix 250mg/5ml 120ml.

Fecha	Tiempo [horas]	Cantidad
19/08/2015	6,25	4016
20/11/2015	0,5	86
25/11/2015	2	1260
26/11/2015	3,25	2741
Total	**12**	**8103**

Nota: Información de la cantidad de frascos etiquetados.

Elaborado por: Jonathan Herrera

Tabla 39.

Promedio de etiquetado de frascos por hora de Sultamix 250mg/5ml 120ml.

	Promedio [Frascos/hora]
Antes	601.4
Después	675.3

Nota: Promedio de la cantidad de frascos etiquetados por hora.

Elaborado por: Jonathan Herrera

4.4 Comparación de la producción

Con el análisis de la producción de los medicamentos etiquetados, se realizó un promedio de incremento de la velocidad de producción por hora como se muestra en la Tabla 40.

Tabla 40.

Incremento de la velocidad de etiquetado.

Medicamento	**Capacidad [ml]**	**Producción [Frascos/hora]**		**Incremento de la velocidad de producción**
		Antes	Después	
Amoxicilina 500mg/5ml	100	491,3	591,1	20,3 %
Ampibex 3g 250mg/5ml	60	901,3	938,7	4,1 %
Ampibex 500mg/5ml	100	0	366,7	-
Cefadin 250mg/5ml	60	957,7	982,1	2,5 %
Cefalexina 250mg/5ml	60	600	664,5	10,8 %
Enzamox DUO	60	0	351,6	-
Furacam 125mg/5ml	70	397,6	527,4	32,6 %
Furacam 250mg/5ml	70	444,1	461,4	3,9 %
Grunamox 250mg	120	883,5	1024	15,9 %
Moxipet 250mg/5ml	60	393,3	823,2	109,3 %
Sultamix 250mg/5ml	60	599,8	636	6,0 %
Sultamix 250mg/5ml	120	601,4	675,3	12,3 %

Nota: Porcentaje de incremento de la velocidad de producción de los distintos medicamentos.

Elaborado por: Jonathan Herrera

4.5 Análisis de rentabilidad

Según la información que se tiene de la Tabla 40, se separan en 3 grupos el incremento de velocidad que obtuvo la etiquetadora para realizar el análisis respectivo.

El primer grupo a analizar se lo realiza con incrementos de producción hasta de un 6% como se muestra en la Figura 48.

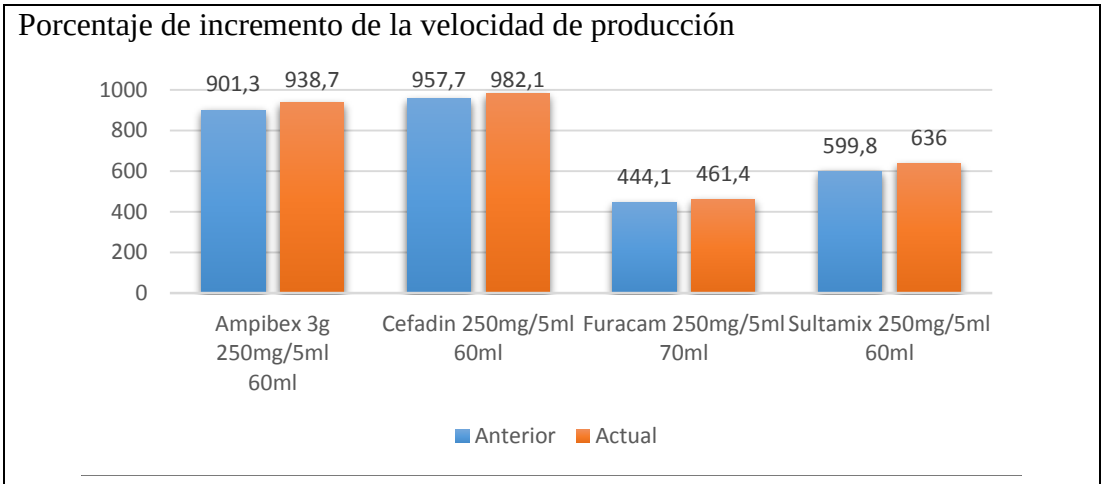


Figura 48. Comparación del primer grupo de medicamentos

Elaborado por: Jonathan Herrera

En la Tabla 41 se observa el porcentaje de incremento de producción de este grupo, según estos datos la comparación de antes en relación con la actual se realizó en las mismas condiciones, es decir, no hubo paradas de la máquina debido a fallas. La producción se mejora y la razón es porque los tiempos de calibración se redujeron, además se corrigió el problema de la rotura de la cinta vacía que es rebobinada, esto último generaba paradas inesperadas en la producción.

Tabla 41.

Promedio de incremento de producción del primer grupo de medicamentos.

Medicamento	**Capacidad [ml]**	**Incremento de la velocidad de producción**
Ampibex 3g 250mg/5ml	60	4,1 %
Cefadin 250mg/5ml	60	2,5 %
Furacam 250mg/5ml	70	3,9 %
Sultamix 250mg/5ml	60	6,0 %
Promedio		**4.1%**

Nota: Porcentaje de incremento de la velocidad de producción de los distintos medicamentos.

Elaborado por: Jonathan Herrera

En la Figura 49 se muestra un segundo grupo de medicamentos, donde el incremento de la velocidad de etiquetado es del 10 hasta el 35%.

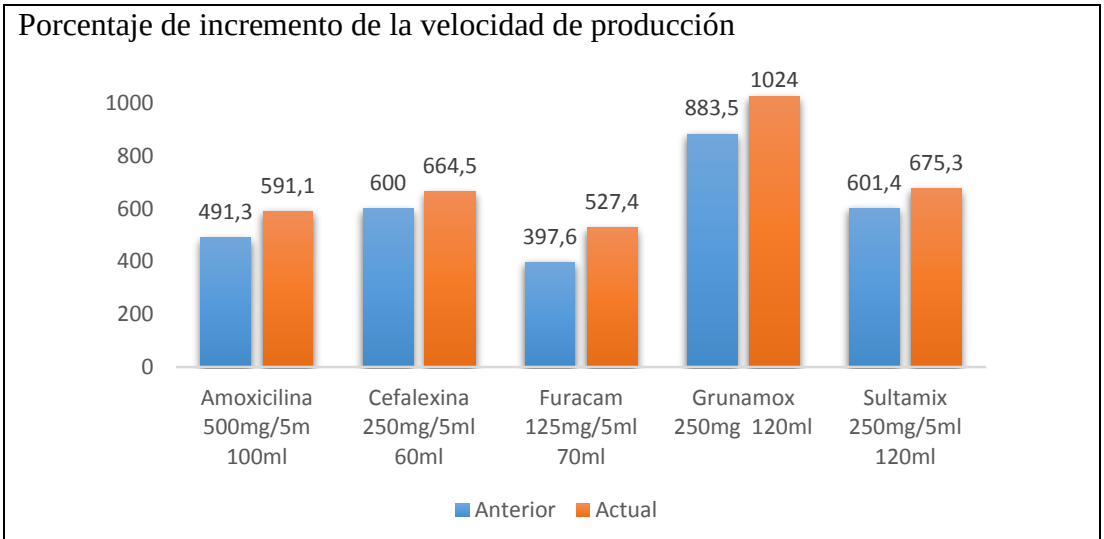


Figura 49. Comparación del segundo grupo de medicamentos

Elaborado por: Jonathan Herrera

En la Tabla 42 se observa el porcentaje de incremento de producción de este grupo. Los datos que se reflejan en esta Tabla tienen un aumento de producción desde un 10,8% hasta un 32,6% esto se debe a que en la producción anterior se tuvieron paros de producción debido a que se presentaron problemas por lo cual se realizaron mantenimientos correctivos.

Tabla 42.

Promedio de incremento de producción del segundo grupo de medicamentos

Medicamento	**Capacidad [ml]**	**Incremento de la velocidad de producción**
Amoxicilina 500mg/5ml	100	20,3 %
Cefalexina 250mg/5ml	60	10,8 %
Furacam 125mg/5ml	70	32,6 %
Grunamox 250mg	120	15,9 %
Sultamix 250mg/5ml	120	12,3 %
Promedio		**18,4%**

Nota: Porcentaje de incremento de la velocidad de producción de los distintos medicamentos

Elaborado por: Jonathan Herrera

En el tercer grupo (ver Figura 50) se encuentran los valores que no se pudieron comparar porque no existe información con registros de la producción según los datos que

proporcionó LIFE. Además existe un valor muy elevado de incremento de la velocidad de producción de 109,3% del medicamento Moxipet 20mg/5ml de 60 ml, debido principalmente a fallas ocurridas en el equipo en el periodo de análisis.

Porcentaje de incremento de la velocidad de producción

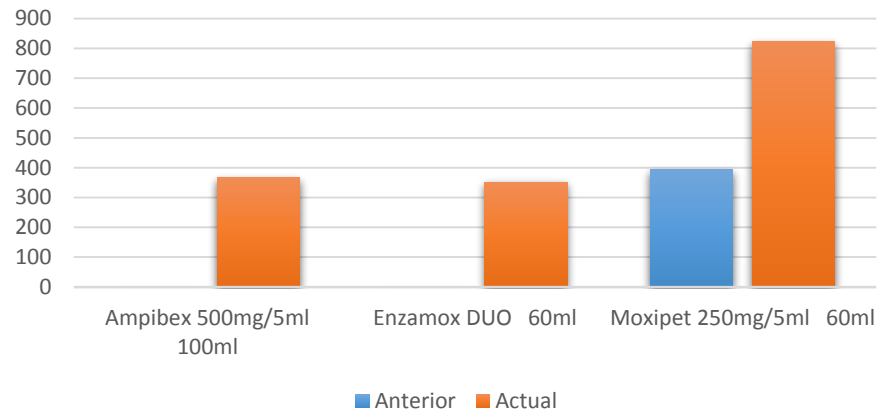


Figura 50. Comparación del tercer grupo de medicamentos

Elaborado por: Jonathan Herrera

4.6 Factibilidad del proceso

Los costos de producción de los medicamentos es una información confidencial de Laboratorios LIFE, por esta razón, no se puede realizar un análisis del valor actual neto - VAN, de la tasa interna de retorno - TIR y del costo-beneficio. La comparación de la producción realizada nos indica un incremento en la producción, esto se logró con la actualización del sistema en donde se aumentó la velocidad de la fijación de etiquetas y se redujo los tiempos de calibración del equipo debido a la interfaz amigable que se implementó también las fallas en el equipo se mitigaron que fue la petición del área de penicilinas.

Se debe considerar además la reducción de tiempo que se requiere para la capacitación en la operación de un equipo, el cual, para este proyecto, el entrenamiento del personal de ingeniería fueron nulos porque se mantuvo el diseño original del equipo así como su operación con lo cual se conservó la familiaridad que tenían los operadores con el funcionamiento del equipo.

CONCLUSIONES

La actualización del sistema de control automático de la etiquetadora de frascos Bausch Strobel requirió de una caracterización completa de la máquina, se identificaron los diferentes dispositivos que intervienen en el proceso de etiquetado. En la parte eléctrica se verificó el funcionamiento de los pulsadores, los sensores y los motores, se revisó los parámetros y los rangos de funcionamiento de cada uno de los dispositivos. En la parte mecánica se verificaron las piezas de la máquina que permiten la regulación de la altura y del ancho de los frascos a etiquetar. Se diagramó el proceso y las actividades requeridas y se lo comparó con el funcionamiento de los autómatas programables (Twido y Zelio) que realizaban el control del proceso automático.

El diseño del nuevo sistema de control automático se basa en el funcionamiento original del proceso. Además a esto, se agregaron mejoras y se tomó en cuenta las seguridades que deben de tener los equipos de acuerdo a las normas internas de seguridad de Laboratorios LIFE.

El diseño del sistema HMI redujo la cantidad de dispositivos electrónicos que se tenía inicialmente como son: el contador de frascos, el controlador de temperatura, las luces indicadoras de fallas. Se logró tener un sistema centralizado y un entorno de trabajo amigable con el operador.

La implementación de la HMI KP300 de siemens permite conocer y resolver los problemas a los operadores y al personal de mantenimiento debido a su sistema de alarmas cuando el proceso entra en falla visualizando las posibles soluciones, además el modo manual facilitó la calibración y puesta en marcha de la máquina.

Para realizar el análisis de la producción, las autoridades de los laboratorios LIFE proporcionaron la información de los 4 meses anteriores y los 4 meses posteriores a la actualización del sistema de control. Se comprobó que existe un incremento en la producción, debido al aumento de la velocidad en la fijación de etiquetas, los tiempos de calibración se redujeron en un 37,5%.

Se verificó en el análisis con el primer grupo que alcanzó un promedio en el aumento de velocidad de producción de un 4,1%. El segundo grupo generó un aumento del 18,4% y se determinó que existían paradas de máquina por realizar mantenimiento correctivo. Lo mismo sucedió con el análisis en el tercer grupo que se presenta una mejora del 109%; según las fechas de los registros de producción algunos medicamentos no fueron fabricados antes de la actualización por lo que no se tuvieron datos para una comparación.

Los tiempos por entrenamiento para el personal en la operación del equipo fueron prácticamente nulos porque se mantuvo la familiaridad de la operación inicial del equipo. También se eliminó la rotura de la cinta vacía en el sistema de rebobinado debido a que el motor no estaba sincronizado y operaba constantemente, esto provocaba paros inesperados de producción.

Los beneficios para Laboratorios LIFE por la actualización realizada se pueden verificar en la producción y en los tiempos de operación del equipo. No se realizó un análisis financiero por las limitaciones a la información sin embargo al incrementar la producción se deduce mejoras financieras por lo tanto se justifica la inversión realizada.

RECOMENDACIONES

Se puede mejorar el proceso de etiquetado de frascos en las etapas del proceso que aún se realizan de forma manual, las cuales se deben analizar y registrar la información necesaria de los tiempos que se emplean en: la alimentación de los frascos, la colocación de vasos dosificadores, la colocación de las jeringas dosificadoras en la caja y el empaque del medicamento. Esto permitirá que se analice todo el proceso para que se realice un proceso automático completo permitiendo así incorporar estas etapas al equipo.

Utilizando última tecnología para los dispositivos finales como por ejemplo: reemplazar el motor a pasos por un servomotor que permite incrementar la velocidad de la fijación de etiquetas, cambiar la impresora de transferencia térmica metronic, etc. y así disminuir los tiempos del proceso de producción. Todo esto requeriría de un nuevo análisis de costos y en general de la modificación del presupuesto inicial así como el rediseño del sistema de control automático.

Se puede realizar un análisis financiero solamente si se cuenta con la información necesaria por lo cual los representantes de los laboratorios LIFE deberían facilitar la información de costos de las materias primas de los medicamentos. El departamento de finanzas no autorizó el acceso a la información debido a las políticas de confidencialidad de la empresa. Con estos datos financieros se puede determinar el valor actual neto, la tasa interna de retorno, el costo-beneficio, y el retorno del capital del proyecto, que permiten el análisis de rentabilidad y recuperación de inversión.

El mantenimiento preventivo que se debe dar a la etiquetadora debe ser realizado semestralmente como está planificado por el supervisor de mantenimiento, y de igual manera para la operación de la máquina se debe cumplir con el procedimiento operativo estándar de la etiquetadora Bausch Strobel.

REFERENCIAS

Automation24. (s.f.). Fuente de alimentación Siemens Logo. Obtenido de Automation24.es: http://www.automation24.es/fuentes-de-alimentacion/fuente-de-alimentacion-siemens-logo-power-24v-25a-6ep1332-1sh43-i28-959-0.htm

Barra Zapata, O. E., & Barra Zapata, F. (2011). Microcontroladores PIC con programación PBP (Primera ed.). México, México: Alfaomega Grupo Editor. Recuperado el 01 de Febrero de 2016

CIRO Products LTD. (s.f.). Obtenido de www.cnc.info.pl: http://www.cnc.info.pl/files/b1601224a-b_sales_literature03051_171.pdf

FESTO. (s.f.). https://www.festo.com. Recuperado el 10 de Enero de 2016, de https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/53454/Sensoren_es_V03_M.pdf

Laboratorios LIFE. (2008). Manual de usuario de la etiquetadora Bausch Strobel. Quito, Pichincha, Ecuador.

Ministerio de Salud Pública. (19 de septiembre de 2013). www.controlsanitario.gob.ec. (MSP, Ed.) Obtenido de Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria: www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/09/A-0586-Reglamento-sustitutivo-de-registro-sanitario-para-medicamentos-en-general.pdf

Siemens. (09 de Mayo de 2011). Siemens. Recuperado el 10 de 02 de 2016, de https://support.industry.siemens.com/

Siemens. (09 de 05 de 2011). Siemens.com. Obtenido de https://support.industry.siemens.com/cs/document/49864804/liberaci%C3%B3n-para-el-suministro%3A-simatic-hmi-kp300-basic-mono-pn?dti=0&lc=es-WW

Siemens. (s.f). Siemens.com. Obtenido de https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Product/6ES7214-1AG31-0XB0

TME Electronic Components . (s.f.). TME. Obtenido de http://www.tme.eu/es/details/wll170-2p132/sensores-fotoopticos-estandar/sick/

ANEXOS

Anexo 1. Descripción de los pines del driver MIDDEX

Pines del driver

Pines	Descripción
A2	Sentido de giro Abierto = 400 pasos Conectado a 0V = 200 pasos
C2	Reversa del motor
A4	De-energize, motor de pasos sin corriente
C4	Boost, el switch de corriente ajustable está activo
A6	Entrada de pulsos
C6	Reset, el contador de pasos se establece en cero
A/C 8-10	Alimentación de voltaje
A12	Cruce de fase por cero
C12	Indicación de falla
A/C 14-16	FASE A
A/C 18-20	FASE B
A/C 22-24	FASE C
A/C 26-28	FASE D
A/C 30-32	Cero voltios

Información de los pines de conexión

Fuente: http://www.cnc.info.pl/files/b1601224a-b_sales_literature03051_171.pdf

Anexo 2. POE de la etiquetadora Bausch Strobel

PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTÁNDAR

ETIQUETADORA BAUSCH STROBEL

DEPARTAMENTO EMISOR	EMISIÓN	VIGENCIA	CÓDIGO	PÁGINA
PLANTA DE PENICILÍNAS	**2015-08-10**	**2018-07-10**	**PP/POE/016-04**	**1 de 10**
REEMPLAZA A : PP/POE/ 016-03		DEL : 2012-07-05		

Actualizado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jonathan Herrera, Tesista	Esteban Vidal Supervisor de Penicilinas	Beatriz Carrillo, Gerente de Producción
Fecha:	Fecha:	Fecha:

1 OBJETIVO

1.1 Contar con un procedimiento que describa el manejo de la Etiquetadora Bausch Strobel.

2. ALCANCE

2.1 Este procedimiento operativo cubre al proceso de etiquetado de frascos viales, frascos de suspensiones penicilínicas está dirigido a los operadores de la sección de Penicilinas que realicen operaciones en la etiquetadora Bausch Strobel.

3. RESPONSABILIDADES

3.1 *Supervisor de área:* Revisar, actualizar, difundir y controlar la correcta aplicación de este procedimiento operativo.

3.2 *Operadores del área*: Cumplir este procedimiento operativo.

4. DEFINICIONES

4.1 No aplica

5. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

5.1 Descripción del equipo

5.1.1 Etiquetadora Bausch-Strobel

Modelo	ESF 1001
Pedido #	118-E/84
Serie	56162
Año de fabricación	1985
Tensión	220 v
Fases	3
Frecuencia	60 Hz
Potencia	0.75 KW
Número de motores	3
M1 Motor banda transportadora	393 KW AC
M2 Motor impresión	0.082 KW 24VDC
M3 Motor rebobinador	0.330 KW/AC 110 V

5.1.2 Impresora Metronic

Modelo	M 01-BS
Serie	2450

5.1.3 Sensor para pulso de distensión

Sensor óptico reflex	
Marca	1 FM Electronic
Cantidad	1

5.1.4 Sensor para fin de distensión y posición de impresión

Marca	Sick optik electronik
Modelo	NT 8
Contiene	2 fibras ópticas

5.1.5 Conexiones eléctricas

Tablero del corredor interior de la planta de Penicilinas

Breaker etiquetadora capacidad	20 A-Trifásico/220 V/60HZ

5.1.6 Aplicaciones

a. La máquina está diseñada para etiquetar frascos redondos de vidrio, plástico etc.
b. Solamente pueden procesarse etiquetas autoadhesivas desde un rodillo.

5.1.7 Dimensiones y capacidad de los frascos

Dimensiones de frascos	**Capacidad**
Diámetro	16 a 160 mm
Altura del frasco	35 a 320 mm
Capacidad	Máximo 100 frascos/minuto (dependiendo la forma y tamaño)

5.1.8 La máquina consiste de:

a. Mecanismo o estación de distensión de etiquetas.

b. Mecanismo de impresión para número de lote, fecha de expiración, fecha de elaboración, precio y leyendas.

5.2 Instrumentos de control

5.2.1 Panel de control principal – Símbolos: Figura #1: Significado de los símbolos usados en la máquina

Figura 1

a. 1: Velocidad de banda (graduado del 1 al 10)

b. 2: Pantalla HMI interfaz para operar la máquina.

c. 3: Interruptor principal.

5.2.2 Panel de operación

Figura 2

a. 1: Botón de parada de banda (color rojo)

b. 2: Luz piloto de arranque (color verde).

c. 3: Botón de arranque (color verde).

d. 4: Botón para reset (color negro).

e. 5: Botón parada de emergencia (color rojo).

5.2.3 Control de la plancha de calentamiento de cinta de impresión.

5.3 Equipo de protección personal

5.3.1 Uniforme área externa de Penicilinas

5.3.2 Botas de cuero para seguridad

5.3.3 Gafas de seguridad

5.3.4 Toca

5.3.5 Tapones auditivos

5.4 Chequeo previo

5.4.1 Verificar la perfecta limpieza del equipo

5.5 Puesta en marcha

5.5.1 Encender el interruptor principal (una luz verde se iluminará).

5.5.2 Ajuste del sensor óptico de barrido para la señal de fin de distensión (Fig. 3 -2)

a. En la etiquetadora los puntos de referencia están dados por la separación entre etiquetas y son sensados por medio de fibras ópticas.

b. No es necesario ajustar la altura de las fibras ópticas. Solamente la sensibilidad del sensor óptico de barrido requiere ajuste. Para hacer esto, lentamente, haga pasar la cinta de etiquetas con las manos.

c. Cuando una separación entre etiquetas es detectada, una luz roja se encenderá; si no sucede se deberá reajustar el sensor. Esta operación debe ser realizada por el instrumentista del departamento de Mantenimiento.

d. La cinta, luego atraviesa un tensor de caucho que asegura templarla contra la sección curva de la guía de etiquetas.

e. Después pasa a la sección de impresión para luego adherir las etiquetas a los frascos, al desprenderse éstas, en la "hoja peladora". La cinta vacía es recogida en un rebobinador de rodillo actuado por su propio motor encendiéndose y apoyándose por medio de una barra de disparo y un sistema de rodillos oscilantes.

5.5.3 Impresor, partes y carga de cinta

a. Ajuste de la posición de impresión:

1) Encender el impresor desde el interruptor del panel de control.

2) Ingresar al menú manual y activar el botón impresión para verificar donde se realiza la impresión.

3) Moviendo el sensor óptico de barrido la posición de impresión se mueve hacia la derecha o hacia la izquierda, hasta ubicarla en el lugar deseado.

4) Para ajustar la altura de la impresión aflojar el perno de la montura del mecanismo de impresión y girar el volante del perno de posición hasta encontrar la posición deseada. (Esto hace que todo el impresor suba y baje) luego ajustar el perno de seguridad.

b. Ajuste de la posición de la etiqueta en la hoja.

1) Este ajuste dependerá del tamaño de la etiqueta y el diámetro del frasco.
2) Moviendo el "rodillo de reversa" hacia adelante o hacia atrás el extremo de la etiqueta se desprenderá más o menos.
3) Es importante que no se despegue demasiado la punta de la etiqueta porque puede llegar a arrugar la etiqueta en el frasco.

4) Una vez que el frasco agarre la etiqueta, éste la desprenderá completamente de la cinta de arrastre.

c. Ajuste de la altura de la etiqueta en el frasco

1) La altura de la etiqueta es alterada ajustando completamente el distensor (altura del plano de etiquetado).

2) Para hacer esto, aflojar los pernos de seguridad del distensor. La altura es regulada girando el volante. Después, ajustar nuevamente, los pernos de seguridad.

d. Cambio de velocidad de la máquina:

1) El número de frascos a ser etiquetados puede incrementar o disminuir variando la velocidad del rodillo de separación. Para hacer esto girar la perilla de regulación de la caja de reducción debajo del rodillo de separación.

e. Reajuste de las guías de la banda transportadora para un nuevo diámetro de frasco.

1) Aflojar los pernos de sujeción de los tubos de soporte.

2) Ajustar las guías de la banda transportadora, de tal modo que en la región de entrada los frascos tengan un juego de unos 3 o 4 mm. que en el rodillo de separación y la banda prensadora sean comprimidos entre 2 y 4 mm.

f Reajuste del sensor óptico para pulso de distensión

1) Este ajuste es necesario cuando el diámetro del frasco varía considerablemente. Se lo hace de tal modo que sense la presencia de un frasco aproximándose a la estación de etiquetado.

g. Ajuste del controlador de temperatura para la impresora.

1) Ingrese al menú parámetros del HMI para el seteo de la temperatura según el tipo de etiqueta. Si es plástica de 115 a 130˚C y si es de papel de 140 a 160˚C y espere que se caliente la plancha antes de iniciar la impresión de las etiquetas.

5.6 Operación normal

5.6.1 Descripción general de operación:

a. Los frascos son alimentados en la mesa pulmón y van a la banda transportadora de entrada de la etiquetadora donde previamente son separados por un rodillo de caucho para que lleguen a iguales intervalos a la estación de etiquetado.

b. En este punto los frascos son presionados contra una pared prensadora por medio de una banda prensadora de caucho esponjoso, para que los frascos roten.

c. Al mismo tiempo un sensor óptico de barrido colocado al lado opuesto de la posición de etiquetado da un impulso eléctrico al pasar el frasco accionándose el distensor de la cinta de etiquetas.

d. Después de esto la etiqueta es pegada firmemente en el frasco por rotación al pasar por la pared y banda esponjosa, para continuar a la máquina colocadora de vasitos de dosificación.

5.6.2 Descripción de funciones especiales:

a. A*ccionamiento*: La banda de alimentación de frascos es accionada por medio de un motor AC, cuya velocidad puede ser alterada por potenciómetro en panel de control. Una vez ajustada a la velocidad óptima no es necesario nuevas calibraciones para un tamaño de frasco dado.

b. *Rodillo de separación:* Está accionado por el motor principal y una caja transmisora cuya velocidad puede ser alterada independientemente. La perilla de ajuste de velocidad está situada sobre la transmisión. Dependiendo de este ajuste varía la distancia entre los frascos que llegan a la estación de etiquetado, siendo importante para evitar que una etiqueta se pegue en dos frascos consecutivos.

5.6.3 *Distensor de etiquetas*: La cinta portadora de etiquetas es tirada hacia la "hoja peladora" la cual hace que la etiqueta se desprenda dónde empieza la operación de pegado, al pasar ésta entre la pared y el rodillo prensador donde se adhiere firmemente al frasco.

a. Con un frasco presente en la estación de etiquetado, un pulso es disparado por un sensor óptico de barrido, produciéndose la distensión de la cinta hasta que otro sensor óptico de barrido detiene la distensión.

b. Este segundo sensor determina a la vez, el lugar sobre el cual se realizará la impresión detectando la separación entre dos etiquetas.

5.7 Parada de rutina

5.7.1 Para realizar las siguientes operaciones oprimir el "botón de emergencia":

a. Cambiar de rollo de etiquetas

b. Retirar rollo de papel de desecho

c. Limpiar

5.8 Situaciones de funcionamiento anormal

Falla	Causa	Corrección
1. La máquina no se enciende o se detiene inesperadamente.	• Botón de parada de emergencia presionado. • Protectores térmicos activados por sobrecarga • Fusibles descompuestos • HMI en color rojo de falla encendido.	• Levante completamente el botón de parada de emergencia. • Revisar electrónicamente el motor y reponer el protector. • Reemplazar los fusibles. • Encontrar la causa de la falla. Presionar botón negro de reposición.
2. Impresor no funciona.	• Cinta impresión • Protector térmico ha saltado	• Revisar la cinta de impresión que no esté rota. • Reposición de protector térmico.
3. Distensor de etiquetas no funciona.	• Protector térmico ha saltado • Rodillo de tensión sin ajuste.	• Reposición del protector Térmico. • Ajustar rodillo.
4. Desenrrollador no funciona	• Protector térmico ha saltado • Rodillo de presión del pre desenrrollador sin ajuste • Sensores ópticos desalineados.	• Reposición del protector térmico. • Ajustar rodillo. • Alinear sensores ópticos de tal manera que la luz del emisor sea recibida en el centro del reflector.

5. Cinta de etiquetas se arranca.	• Mal instalada la cinta. • Chorro de aire comprimido muy débil.	• Ver diagrama de instalación y colocarla de nuevo. • Ajustar regulador de aire.
6. Las etiquetas se pegan de dos en dos.	• Rodillo de separación muy rápido. La punta de la etiqueta se despega demasiado en la hoja peladora	• Ajustar velocidad de rodillo. • Ajustar rodillo de reversa.

5.9 Situaciones de emergencia

5.9.1 Oprimir el botón de Parada de Emergencia y apagar el control general de la máquina, seguir lo indicado en el estándar ES-009: Plan de Emergencia Planta Life-Quito.

5.10 Restablecimiento de la marcha

5.10.1 Seguir las indicaciones desde 5.4 de Chequeo previo hasta 5.6 de Operación normal.

6. MANTENIMIENTO

6.1 La máquina requiere mantenimiento preventivo anual (limpieza, revisión de rodelas)

6.2 Para los accesorios de la máquina seguir las indicaciones de los manuales

6.1. Todos los rodamientos de los motores eléctricos están lubricados para soportar varios años de trabajo, según recomendaciones de los fabricantes. En caso de ser necesario lubricarlos utilizando el mismo tipo de aceite o grasa.

7. PUESTA EN MARCHA DESPUÉS DEL MANTENIMIENTO

7.1 Seguir las indicaciones desde 5.4 Chequeo previo hasta 5.6 de Operación normal.

8. LIMPIEZA

8.1 Diariamente limpiar las máquinas, especialmente las partes que están en contacto con los frascos, tales como: mesa giratoria, banda transportadora, rodillos y el distensor de etiquetas.

8.2 Para limpiar el impresor, usar aire comprimido a 10 psi. Es importante mantener diariamente el portatipos, dependiendo de ello la nitidez de la impresión.

9. DOCUMENTOS ASOCIADOS

9.1 Manual (Operating Instructions NT8 - Register Control Head).

9.2 Estándar ES-009: Plan de Emergencia Planta Life-Quito.

10. ANEXOS

10.1 Anexo A : Significado de los símbolos usados en la máquina

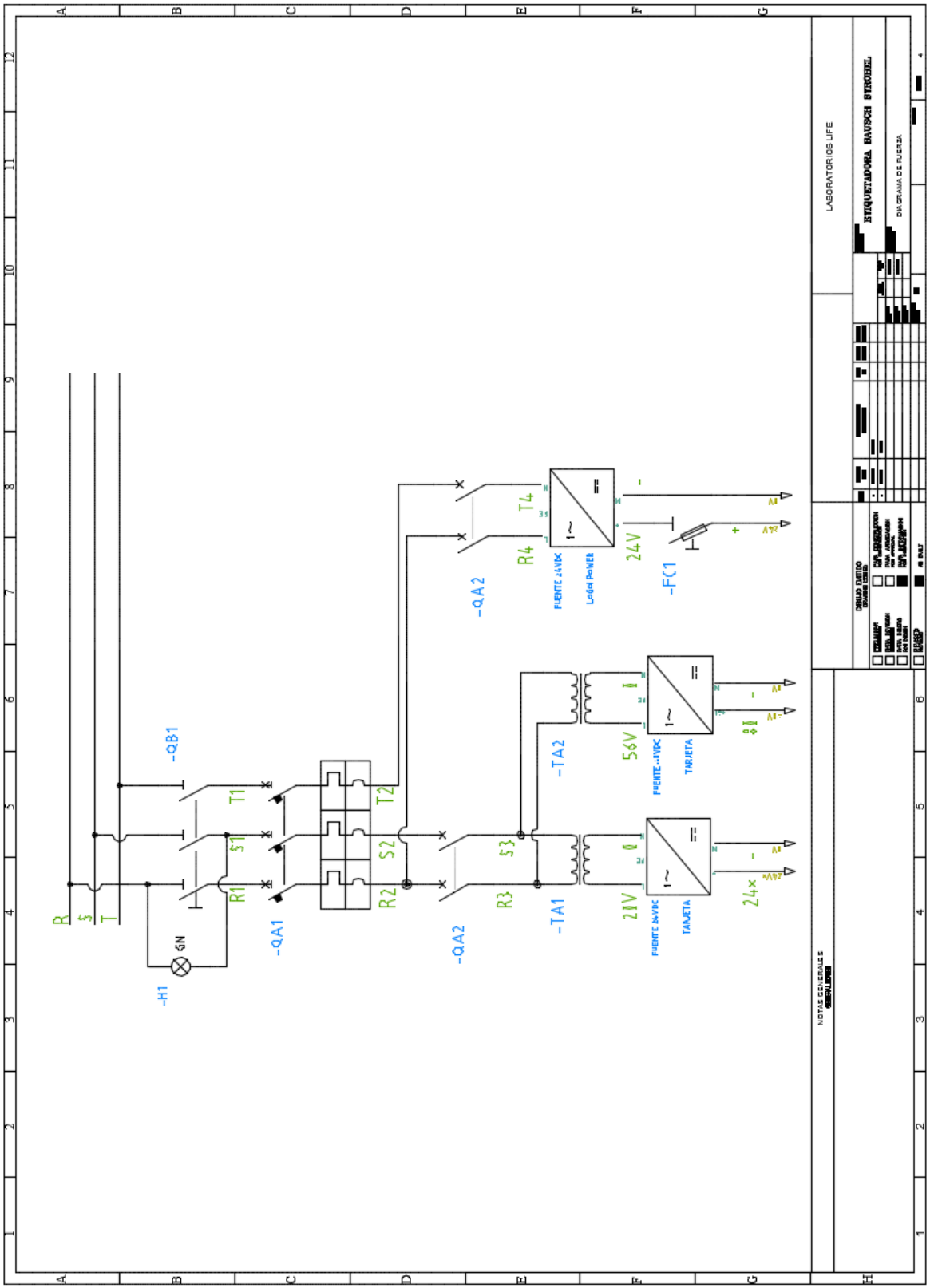
11. BIBLIOGRAFIA

11.1 No aplica

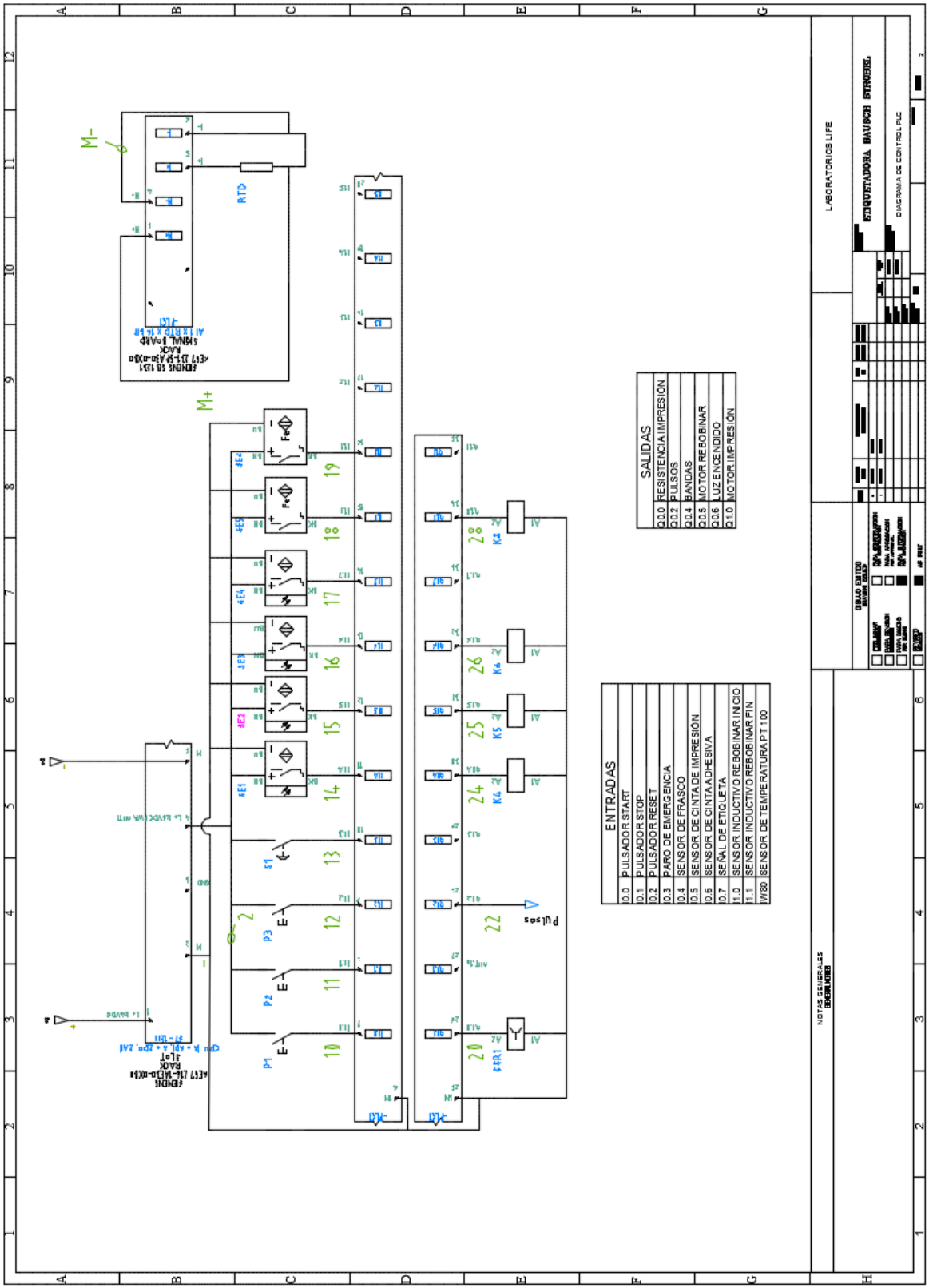
12. HISTORICO DE REVISIONES

EMISIÓN N°	FECHA	DESCRIPCION
PFP/POE/016-00	1996-10-01	Inicial
PFP/POE/016-01	2000-12-05	Actualización
PP/POE/016-02	2003-11-30	Cambio de formato y actualización
PP/POE/016-03	2005-12-12	Actualización
PP/POE/016-03	2012-07-05	Cambio de formato y actualización
PP/POE/016-04	2015-08-10	Actualización del sistema de control

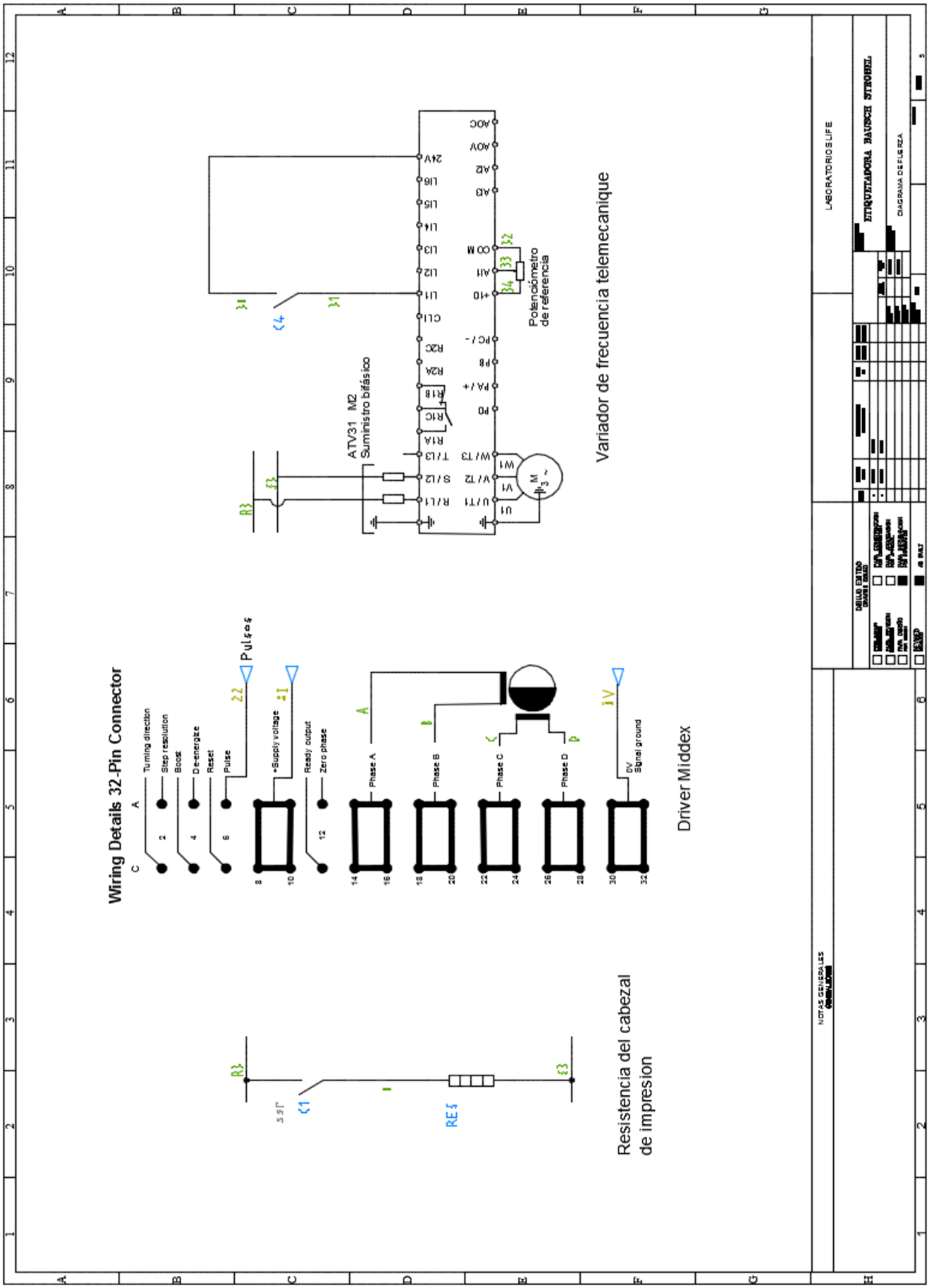
Anexo 3. Diagrama de conexión de protecciones y fuentes de voltaje.

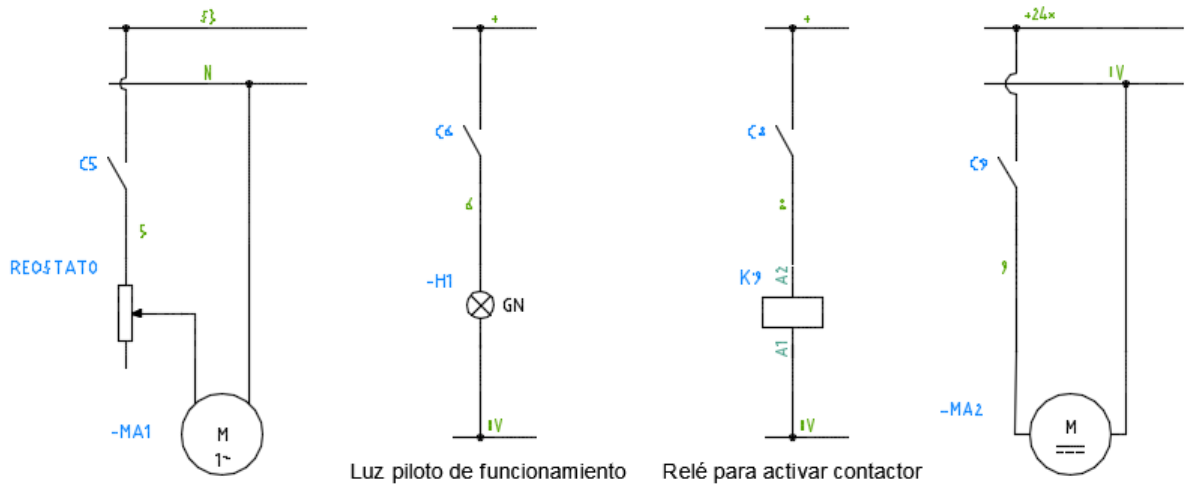


Anexo 4. Diagrama de control de la máquina.



Anexo 5. Diagramas de fuerza de la máquina.





Motor de rebobinar

Luz piloto de funcionamiento

Relé para activar contactor

Motor de impresión

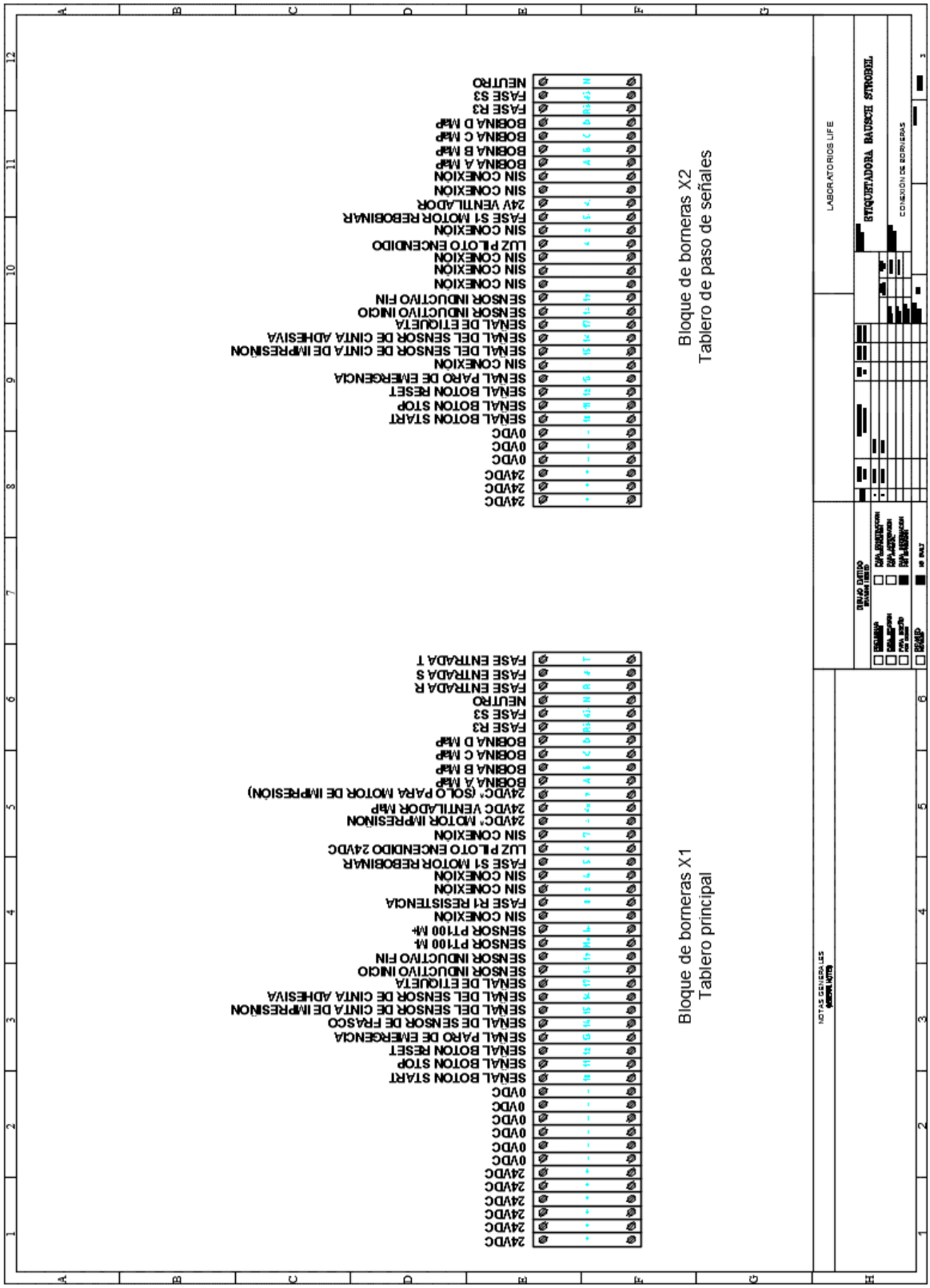
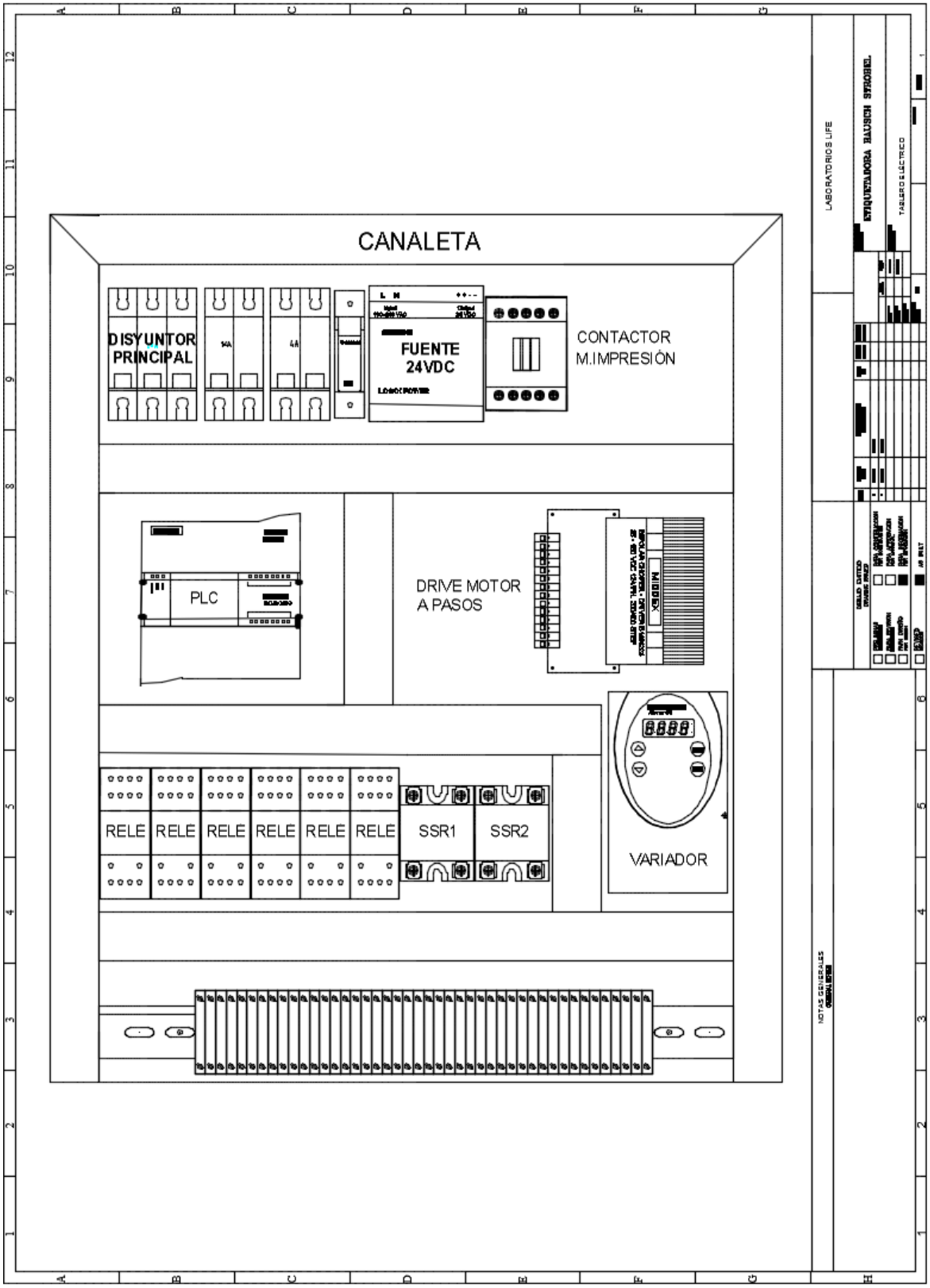
NOTAS GENERALES

LABORATORIOS LIFE

ETIQUETADORA BAUSCH STROBEL

DIAGRAMA DE FUERZA

Anexo 6. Conexión de borneras.



Anexo 7. Tablero eléctrico