

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA:
INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIEROS ELECTRÓNICOS

TEMA:
REPOTENCIACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA
REBOBINADORA MARCA KAMPF UBICADA EN LAS INSTALACIONES DE
LA EMPRESA PREPACKING S.C.C.A

AUTORES:
CARLOS ALBERTO HERNÁNDEZ ROSERO
JUAN SEBASTIAN OQUENDO MARTINOD

TUTOR:
JUNIOR RAFAEL FIGUEROA OLMEDO

Quito, Marzo del 2017

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros Carlos Alberto Hernández Rosero, con documento de identificación N° 040167627-5 y Juan Sebastián Oquendo Martinod, con documento de identificación N° 17182886-5, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de grado/titulación intitulado: “REPOTENCIACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA REBOBINADORA MARCA KAMPF UBICADA EN LAS INSTALACIONES DE LA EMPRESA PREPACKING S.C.C.A”, 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 nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Carlos Alberto Hernández Rosero

Cédula: 0401676275



Juan Sebastián Oquendo Martinod

Cédula: 1718016585

Fecha: 2017-03-07

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación, REPOTENCIACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA REBOBINADORA MARCA KAMPF UBICADA EN LAS INSTALACIONES DE LA EMPRESA PREPACKING S.C.C.A, realizado por Carlos Alberto Hernández Rosero y Juan Sebastián Oquendo Martinod, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerado como trabajo final de titulación.

Quito, Marzo del 2017



Ing. Junior Rafael Figueroa Olmedo

CI: 0802820183

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1 MARCO REFERENCIAL Y CARACTERIZACIÓN DE EQUIPOS	1
1.1 Introducción.....	1
1.1.1 Planteamiento del Problema.....	2
1.1.2 Justificación.....	3
1.1.3 Objetivos	3
1.1.3.1 Objetivo General.....	3
1.1.3.2 Objetivos Específicos	3
1.2 Proceso de Producción de la Rebobinadora de Plástico.....	4
1.3 Rebobinadora KAMPF.....	4
1.3.1 Módulos de la Máquina.....	4
1.3.1.1 Módulo de Alineación	5
1.3.1.2 Módulo de Rebobinado.....	5
1.3.2 Elementos de la Rebobinadora KAMPF.....	7
1.3.2.1 Unidad de Mantenimiento FRC Riegler	7
1.3.2.2 Electroválvula ECKARTD	8
1.3.2.3 Cilindro Neumático Airtac.....	9
1.3.2.4 Bomba Hidráulica Hydropa Olhydraulik GmbH 5810.....	10
1.3.2.5 Electroválvula Hidráulica Hydropa Olhydraulik Ventil typ.....	12
1.3.2.6 Cilindro Hidráulico Parker Hannifin NMF GmbH.....	13
1.3.2.7 Motor MEZ Motoren Belgium AS-MOT	13
1.3.2.8 Motor AC General Electric Tri Clad	14
1.3.2.9 Motor AC ASEA	15
1.3.2.10 Variador de Velocidad Lenze Smd.....	16
1.3.2.11 Controlador Lógico Programable S7 1200 y Módulos de Expansión	18

1.3.2.12	Módulo de Entradas Digitales SM 1221 DC	19
1.3.2.13	Módulo de Salidas Digitales SM 1222.	20
1.3.2.14	Módulo de Salidas Análogas SM 1232.....	21
1.3.2.15	Pantalla HMI KP300 PN.....	22
1.3.2.16	Sensor Foto-Eléctrico Weilong NT BG 22.....	24
1.3.2.17	Sensor De Velocidad de Rotación Magnética	25
1.3.2.18	Dispositivos Eléctricos Adicionales	25
CAPÍTULO 2 AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL PROCESO DE REBOBINADO DE PLÁSTICO		27
2.1	Etapas del Proceso de Rebobinado de Plástico de la Máquina KAMPF.....	27
2.1.1	Rollo de Plástico Madre	29
2.1.2	Proceso de Alineación.....	29
2.1.3	Proceso de Rebobinado.....	30
2.2	Distribución del Plástico dentro de los Ejes Rebobinadores de la Máquina KAMPF	31
2.3	Diseño e Implementación.....	32
2.3.1	Diseño del Diagrama Neumático	32
2.3.1.1	Control de Tensión y Freno	32
2.3.1.2	Control de Brazos Neumáticos	33
2.3.2	Diseño del Diagrama Hidráulico.....	34
2.3.2.1	Control del Módulo de Alineación	34
2.3.2.2	Control del Módulo de Rebobinado.....	35
2.3.3	Diseño del Diagrama Eléctrico	36
2.3.3.1	Diagrama de Potencia	36
2.3.3.2	Diagrama de Control.....	39
2.4	Circuitos Implementados en la Máquina KAMPF	40

2.5	Programación del PLC S7-1200 de la Rebobinadora KAMPF	42
2.5.1	Velocidad de Giro de los Motores de Corriente Alterna.....	42
2.5.2	Contador Rápido	43
2.5.3	Cálculo de Metros por Minuto	45
2.5.4	Alineador.....	47
2.6	Programación de la pantalla HMI.....	48
CAPÍTULO 3 ANÁLISIS Y PRUEBAS		52
3.1	Análisis Comparativo	52
3.2	Pruebas del Sensor Foto-eléctrico	52
3.3	Pruebas de Funcionamiento de la Rebobinadora KAMPF.....	53
3.3.1	Polietileno de Baja Densidad PEBD (con impresión).....	54
3.3.1.1	Prueba 1 (PEBD sin refilo)	54
3.3.1.2	Prueba 2 (PEBD con refilo).....	54
3.3.2	Polietileno de Baja Densidad PEBD (sin impresión).....	55
3.3.2.1	Prueba 3 (PEBD sin refilo)	55
3.3.2.2	Prueba 4 (PBDE con refilo).....	56
CONCLUSIONES		58
RECOMENDACIONES		60
LISTA DE REFERENCIAS		61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Módulo de alineación de plástico con sus respectivos elementos.....	5
Figura 1.2. Parte frontal del módulo de rebobinado de plástico.....	6
Figura 1.3. Unidad FRC Rieger .de mantenimiento Riegler.....	8
Figura 1.4. Electroválvula ECKARDT AG.....	9
Figura 1.5. Cilindro neumático Airtac de 40x160mm.....	10
Figura 1.6. Bomba hidráulica Hydropa Olhydraulik GmbH 5810.....	11
Figura 1.7. Electroválvula hidráulica Hydropa Olhydraulik WE 6HY-E2T.....	12
Figura 1.8. Cilindro hidráulico Parker Hannifin NMF GmbH de 38x300mm.....	13
Figura 1.9. Motor MEZ Motoren Belgium AS-MOT.....	14
Figura 1.10. Motor AC General Electric.....	15
Figura 1.11. Motor AC SEA.....	16
Figura 1.12. Variador de velocidad Lenze Smd.....	17
Figura 1.13. PLC Siemens S7-1200 con CPU 1214C.....	18
Figura 1.14. Módulo de entradas digitales SM 1221 DC (221-18F32-0XB0).....	19
Figura 1.15. Módulo de salidas digitales SM 1222 (222-1BF30-0XB0).....	20
Figura 1.16. Módulo de salidas análogas SM 1232 (232-4HB30-0XB0).....	21
Figura 1.17. Pantalla HMI KP300 PN (6AV6-647-0AH11-3AX0).....	23
Figura 1.18. Sensor foto-Eléctrico Weilong.....	24
Figura 1.19. Sensor de velocidad de rotación magnética ASD 18-30.....	25
Figura 2.1. Diagrama de etapas del proceso de la rebobinadora KAMPF.....	27
Figura 2.2. Diagrama de flujo del proceso de rebobinado de plástico de la rebobinadora KAMPF.....	28
Figura 2.3. Diagrama de flujo del proceso de alineación de la máquina KAMPF.....	29
Figura 2.4. Diagrama de flujo del proceso de rebobinado de la máquina KAMPF.....	30
Figura 2.5. Distribución del plástico en la máquina KAMPF.....	31

Figura 2.6. Diagrama neumático para el control de tensión y freno del desbobinador...	33
Figura 2.7. Diagrama Neumático para el control de brazos.....	34
Figura 2.8. Diagrama hidráulico para el control del alineador.....	35
Figura 2.9. Diagrama hidráulico para el control del módulo de rebobinado de plástico.	36
Figura 2.10. Diagrama eléctrico de potencia para control de motores AC.....	38
Figura 2.11. Diagrama eléctrico de potencia para bomba hidráulica.....	39
Figura 2.12. Conexiones eléctricas del diagrama eléctrico de control.....	40
Figura 2.13. Continuación del diagrama eléctrico de control.....	41
Figura 2.14. Diagrama eléctrico de Potencia Implementado.....	41
Figura 2.15. Diagrama Neumático Implementado.....	42
Figura 2.16. Programación para variar velocidad de los motores.....	43
Figura 2.17. Configuración del contador rápido HSC5.....	44
Figura 2.18. Configuración de la entrada del generador de impulsos de reloj.....	44
Figura 2.19. Configuración del filtro de entrada.....	45
Figura 2.20. Control del contador rápido HSC5.....	45
Figura 2.21. Cálculo final para obtener los metros por minuto.....	46
Figura 2.22. Programación para leer el valor del sensor foto-eléctrico.....	47
Figura 2.23. Programación para establecer SETPOINT del alineador.....	47
Figura 2.24. Inicio de operación del sistema en la HMI.....	48
Figura 2.25. Imagen principal de la pantalla HMI.....	49
Figura 2.26. Configuración y visualización de diferentes parámetros del sistema.....	49
Figura 2.27. Configuración del alineador.....	50
Figura 2.28. Configuración de la bomba hidráulica.....	50
Figura 2.29. Configuración de brazos hidráulicos y neumáticos.....	51
Figura 2.30. Configuración del centrífugo.....	51

Figura 3.1. Prueba 1 (PEBD sin refilo con impresión).....	54
Figura 3.2. Prueba 2 (PEBD con refilo con impresión).....	55
Figura 3.3. Prueba 3 (PEBD sin refilo sin impresión).....	56
Figura 3.4. Prueba 4 (PEBD con refilo sin impresión).....	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Caracterización de la unidad de mantenimiento Riegler.....	8
Tabla 1.2. Caracterización de la electroválvula ECKARTD AG.....	9
Tabla 1.3. Caracterización de cilindros neumáticos AIRTAC.....	10
Tabla 1.4. Caracterización de la bomba hidráulica Hydropa Olhydraulik GmbH.....	11
Tabla 1.5. Caracterización de la electroválvula hidráulica Hydropa Olhydraulik WE 6HY-E2T.....	12
Tabla 1.6. Caracterización de los cilindros hidráulicos Parker Hannifin.....	13
Tabla 1.7. Caracterización del motor de corriente alterna MEZ	14
Tabla 1.8. Caracterización del motor de corriente alterna General Electric	15
Tabla 1.9. Caracterización del motor de corriente alterna SEA.....	16
Tabla 1.10. Caracterización del variador de frecuencia Lenze smd.....	17
Tabla 1.11. Caracterización del PLC Siemens S7-1200.....	18-19
Tabla 1.12. Caracterización del módulo de entradas digitales SM 1221 DC.....	20
Tabla 1.13. Caracterización del módulo de salidas digitales SM 1222.....	21
Tabla 1.14. Caracterización del módulo de salidas analógicas SM 1232.....	22
Tabla 1.15. Caracterización de la HMI KP300 PN.....	23
Tabla 1.16. Caracterización del sensor foto-eléctrico Weilong.....	24
Tabla 1.17. Caracterización del sensor de velocidad de rotación magnético.....	25
Tabla 1.18. Caracterización de los elementos del tablero eléctrico.....	26
Tabla 2.1. Nombres de los respectivos cilindros de la máquina KAMPF.....	32
Tabla 3.1. Tabla Comparativa de resultados.....	52
Tabla 3.2. Tabla de resultados de medición del sensor foto-eléctrico.....	53
Tabla 3.3. Pruebas de funcionamiento de la rebobinadora KAMPF.....	57.

RESUMEN

La máquina rebobinadora de marca KAMPF que se encuentra ubicada en la empresa Prepacking S.C.C.A, fue adquirida en el 2006, es una máquina de segunda mano que en la actualidad se encuentra inhabilitada, debido a que sus elementos mecánicos y electrónicos se han deteriorado y requieren un mantenimiento preventivo y correctivo.

Prepacking S.C.C.A es una empresa destinada a la fabricación de rollos de plásticos para el empaque automático de alimentos, la demanda generada por sus clientes está en continuo crecimiento por lo que se requiere la habilitación de la rebobinadora de marca KAMPF desarrollando un sistema automático de rebobinado de plástico, utilizando un PLC Siemens debido a que la empresa cuenta en su inventario con esta marca de controlador.

En la elaboración de este proyecto se realizó la caracterización de toda la máquina, un mantenimiento preventivo y correctivo de sus piezas mecánicas y electrónicas, el diseño de un sistema automático de rebobinado de plástico.

Los motores AC serán controlados para manejar la tensión del plástico y la velocidad de operación; el material es montado sobre los rodillos pertenecientes a la máquina KAMPF.

Para la instrumentación del proyecto se utiliza un PLC y un variador de frecuencia para controlar el funcionamiento de los motores AC, también se cuenta con una pantalla HMI donde el usuario ingresa los valores de velocidad y tensión dependiendo el material del plástico a ser rebobinado. Se detalla los resultados obtenidos mediante la automatización de la máquina realizando pruebas con el material dado por la empresa.

ABSTRACT

The KAMPF brand rewinder machine that is in the company Prepaking S.C.C.A, was acquired in 2006 is a second hand machine that at the moment is disabled, due to its mechanical and electronic elements have deteriorated and require a preventive maintenance And corrective.

Prepacking S.C.C.A, is a company dedicated to the manufacture of plastic rolls for automatic food packaging, the demand generated by its customers is in continuous growth and therefore requires the rewinder of KAMPF brand to develop an automatic rewinding system of Plastic, Using a Siemens PLC because the company has its inventory with this brand of controler.

In the elaboration of this project, was realized the characterization of the whole machine, preventive and corrective maintenance of mechanical and electronic parts, the design of an automatic plastic rewind system.

AC motors control for plastic tension and operating speed, the material is mounted on the rollers belonging to the KAMPF machine.

For the instrumentation of the project uses a PLC and a frequency inverter to control the operation of AC motors, also an account with an HMI screen where the user enters the values of speed and tension depending on the material of the plastic a rewind. Obtain the results obtained by automating the machine by testing the material given by the company.

CAPÍTULO 1

MARCO REFERENCIAL Y CARACTERIZACIÓN DE EQUIPOS

En este capítulo se explica los aspectos importantes del proyecto a realizarse tal como objetivos, planteamiento y justificación; se detalla el proceso de producción de una rebobinadora de plástico, los módulos pertenecientes de la máquina KAMPF y se realiza una caracterización de los principales elementos eléctricos, neumáticos e hidráulicos utilizados en la elaboración del proyecto.

1.1 Introducción

El proyecto realizado tiene como finalidad la automatización de una máquina rebobinadora de plástico de marca KAMPF perteneciente a la empresa Prepacking S.C.C.A, la cual ha incrementado el número de clientes orientados en la fabricación de plástico; es por esta razón que la empresa requiere poner a funcionar la rebobinadora de para incrementar su velocidad de fabricación.

En este trabajo se realiza una caracterización de los diferentes elementos tanto mecánicos, neumáticos, hidráulicos y eléctricos, pertenecientes a la rebobinadora KAMPF; tomando este paso, como el inicio del diseño de automatización de la máquina.

Para lograr un proceso automático y que permita visualizar y controlar los datos del proceso y sus respectivas alarmas, se ha utilizado los elementos electrónicos de control que la empresa ha brindado como son: el PLC Siemens S7-1200 con módulos de expansión de entradas y salidas análogos y digitales, la pantalla HMI Siemens KP300PN, Sensor Magnético de ^{velocidad}, Sensor Foto-eléctrico, y los elementos disponibles y funcionales pertenecientes a la máquina.

Se detalla la realización de un control proporcional de velocidad y tensión de operación; éstas son variables que en el proceso de rebobinado de plástico tienen una incidencia importante para lograr un producto final bien elaborado. Para obtener un producto rebobinado correctamente se ha implementado un control de lazo cerrado en el módulo de alineación de la máquina.

Finalmente se indica los resultados obtenidos en el proyecto y se realiza un análisis comparativo, tomando una rebobinadora que actualmente está funcionando en la empresa para determinar la diferencia en velocidad de operación y porcentaje de producción del material.

1.1.1 Planteamiento del Problema

La rebobinadora de plástico KAMPF es una máquina Alemana que fue comprada por la empresa Prepacking S.C.C.A la cual se encuentra ubicada en Conocoto-Quito-Ecuador, hace 10 años y es de segunda mano debido a que era utilizada por otra empresa.

Con el tiempo la empresa Prepacking S.C.C.A dejó de utilizar la máquina lo que posteriormente provocó que sus elementos electrónicos y mecánicos se fueran deteriorando, dejando a la máquina inhabilitada; para éste año 2016 la máquina todavía está almacenada en un galpón sin darle ningún uso.

La empresa actualmente necesita que la máquina sea puesta en marcha para reducir los tiempos de entrega de sus productos debido a la demanda generada por los clientes y también recuperar la inversión realizada para comprar la rebobinadora KAMPF.

Ésta rebobinadora en la actualidad no dispone de un controlador lógico programable para manejar el proceso de forma automática, mecánicamente los actuadores hidráulicos y neumáticos de la máquina requieren una revisión y mantenimiento.

Con el desarrollo del sistema automático para el rebobinado de plástico se va a controlar la velocidad de dos motores AC mediante un variador de frecuencia para cada uno y el torque que debe ejercer cada motor para regular la tensión del material. Se dispone de una pantalla HMI Simatic Panel para realizar el control y la supervisión del funcionamiento de la máquina y también generar alarmas en caso de fallos.

¿Será posible la automatización de la máquina KAMPF mediante la utilización de un dispositivo electrónico para controlar la velocidad de dos motores AC y el torque para manejar la tensión del material?

1.1.2 Justificación

Este proyecto será implementado porque la empresa Prepacking S.C.C.A actualmente ha incrementado el número de clientes y por ende requiere que la máquina sea puesta en funcionamiento debido a la demanda que tiene en la fabricación de sus productos, con la finalidad de disminuir los tiempos de entrega y evitar que se generen cuellos de botella en el proceso de producción.

Se realizará el desarrollo del sistema automático para el rebobinado de plástico con el objetivo de mejorar la calidad del producto final entregado, disminuir los tiempos de producción y cumplir con todas las necesidades generadas por el cliente.

1.1.3 Objetivos

1.1.3.1 Objetivo General

Automatizar una máquina rebobinadora marca KAMPF para incrementar la velocidad de fabricación de los productos elaborados en la empresa Prepacking S.C.C.A.

1.1.3.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar los sistemas neumáticos, mecánicos e hidráulicos de la máquina KAMPF para que el funcionamiento este acorde a las especificaciones técnicas del fabricante.
- Analizar las variables de velocidad y torque de los motores AC para regular la tensión del material que ingresa a la máquina KAMPF.
- Diseñar un control en lazo cerrado utilizando un PLC para lograr la automatización del sistema de rebobinado de plástico.
- Implementar un proceso de control de alineación de la máquina rebobinadora mediante el uso de sensores ópticos y actuadores hidráulicos, con la finalidad de optimizar el rendimiento del proceso de refilación.
- Verificar el nivel de automatización de la máquina comparándolos con historiales de producción anteriores que la empresa Prepacking S.C.C.A dispone.

1.2 Proceso de Producción de la Rebobinadora de Plástico

En el proceso de fabricación de plástico las máquinas rebobinadoras forman parte del proceso final, éstas pueden cumplir diferentes funciones dependiendo del pedido del cliente. Para cuando el producto debe ser entregado en rollos las bobinas provenientes de los anteriores procesos son recortadas de acuerdo al ancho pedido por el cliente y bobinadas de manera independiente por módulos rebobinadores.

Una segunda función de una rebobinadora de plástico se da cuando el plástico ha sido impreso en su cara interna, pero para ser entregado al cliente debe ser dado la vuelta debido a que los procesos que utilizan los clientes funcionan de esa manera.

Cuando el proceso anterior de laminado se da entre dos materiales por ejemplo polietileno y poliéster, se utiliza la rebobinadora de plástico para dar la vuelta al material y de esta manera permitir que en este proceso se pueda sellar el mismo material, es decir, entre las dos capas de polietileno en este caso.

Otro uso de una rebobinadora de plástico se da cuando el rollo madre que proviene de otro proceso anterior supera los 25kg de peso, debido a que de acuerdo a la norma OSHAS 18.001 ningún operador puede llevar un peso superior a este, por lo que la máquina rebobinadora permitiría bobinar en rollos del mismo tamaño pero de menor longitud para que así el peso disminuya.

1.3 Rebobinadora KAMPF

La rebobinadora KAMPF es práctica y de muy fácil manejo, apropiada para procesar todo tipo de material plástico, puede soportar un peso desde los valores mínimos hasta valores de $150-180g/m^2$, de acuerdo con las características de los materiales, ancho de trabajo y la cantidad de cortes que se hace.

1.3.1 Módulos de la Máquina

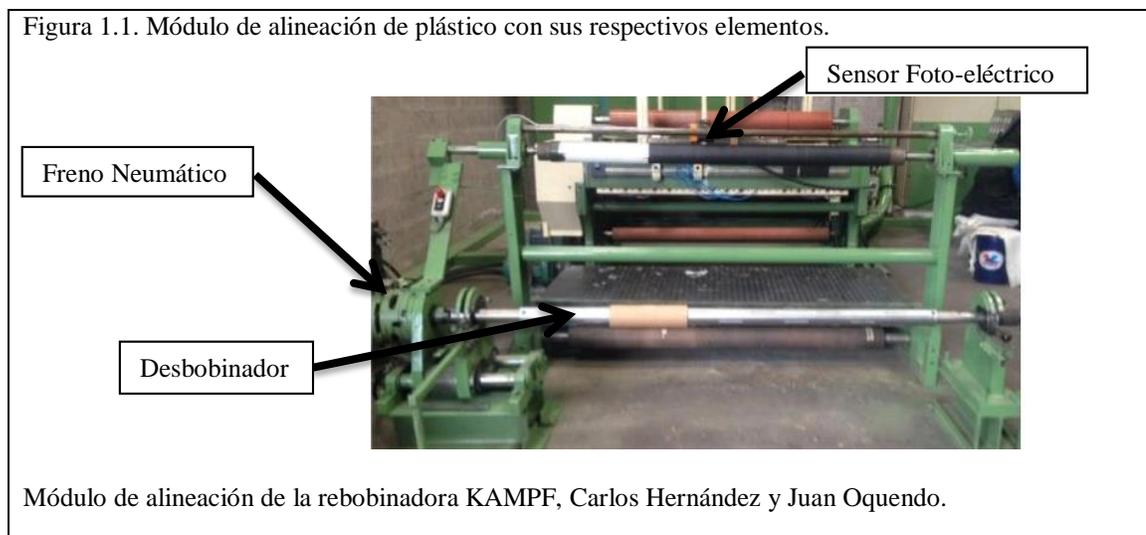
La máquina está dotada de una estación de desbobinado y de 3 módulos de rebobinado, 2 de ellos colocados en la parte frontal y 1 en la parte trasera, permite adaptar 3

módulos adicionales si las necesidades de la empresa lo requieren; con esto el operador puede controlar constantemente el rebobinado del plástico.

1.3.1.1 Módulo de Alineación

Éste módulo que se muestra en la Figura 1.1 dispone de un desbobinador de 120mm de ancho; la tensión de desbobinado de la banda está ajustada por un freno neumático con disco.

La alineación lateral está controlada por un sensor foto eléctrico que permite desplazar al eje del desbobinado por un ancho de $\pm 50\text{mm}$. En la Figura 1.1 se muestra el módulo de alineación de la máquina, donde se indica las partes más importantes mencionadas, señaladas por las flechas negras.



1.3.1.2 Módulo de Rebobinado

Éste módulo dispone de un grupo de corte que está instalado en la parte interna de la máquina, en la parte inferior de los rodillos de arrastre, en un lugar de fácil acceso para poder ajustar la posición de las cuchillas.

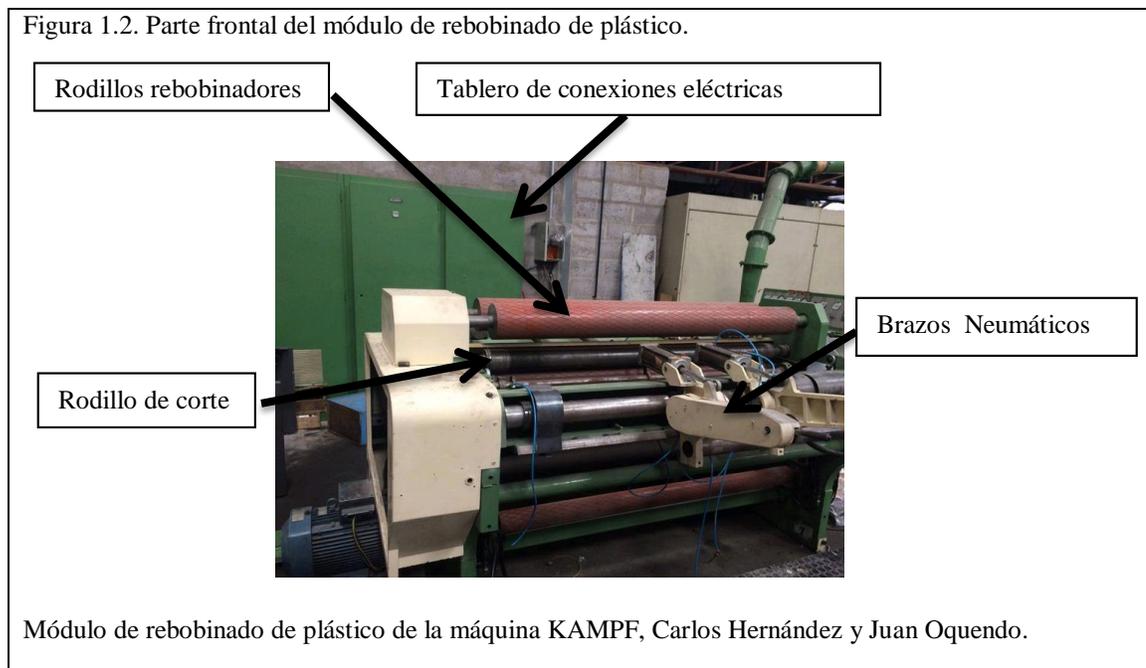
Los ejes de los rebobinadores son puestos en marcha por el accionamiento de un motor de corriente alterna y son ajustados de una forma manual. Los rodillos con funda de

goma proporcionan la pisada con presión neumática para las bobinas de rebobinado. Los brazos neumáticos son accionados por medio de los pistones neumáticos dado por la pre activación de las electro-válvulas.

El accionamiento del rodillo de control de la tensión y del grupo de corte se efectúa por medio de un motor de corriente alterna en donde se controla su velocidad mediante un variador de frecuencia.

La rebobinadora dispone de un aspirador de refiles con eyector, dotado de dos bocas de aspiración que se encuentran en la parte interior de la máquina.

Todos los elementos neumáticos de control se encuentran en la parte interior del tablero de mando y son montados de forma vertical, mientras que los elementos eléctricos se encuentran en otro tablero y son ubicados de forma vertical, teniendo en cuenta que aquí se ubican los elementos de alta potencia. En la Figura 1.2 se muestra la parte frontal del módulo de rebobinado, donde se indica las partes más importantes de la máquina.



1.3.2 Elementos de la Rebobinadora KAMPF

La rebobinadora de plástico KAMPF consta de varios elementos neumáticos y electro-neumáticos los cuales utilizan el aire comprimido como fuente de energía que a su vez generan el movimiento de actuadores para realizar distintas funciones dentro del proceso de rebobinado.

Los equipos electro-neumáticos permiten realizar el control de los actuadores neumáticos de manera más eficiente por medio de la utilización de un controlador lógico programable; con la electro-neumática se obtiene altas velocidades de operación y los costos por consumo de energía eléctrica no son tan elevados debido a que estos equipos utilizan electricidad y aire a la vez.

La rebobinadora KAMPF utiliza un equipo electro-neumático de procedencia alemana debido a que vienen desde fábrica, su marca es ECKARTD en electroválvulas y en reguladores análogos de presión y todo el sistema de la unidad de mantenimiento, mientras que los pistones neumáticos son diseñados por la marca China Airtac.

La rebobinadora KAMPF dispone de un tablero donde se realizan las conexiones eléctricas de los motores de corriente alterna, variadores de velocidad, PLC y una pantalla HMI, estos elementos permiten en conjunto tener un funcionamiento correcto de la máquina.

A continuación se procede a dar características de los elementos neumáticos y electro-neumáticos que forman parte de la rebobinadora de plástico.

1.3.2.1 Unidad de Mantenimiento FRC Riegler

En el sistema de rebobinado de plástico se utiliza dos unidades de mantenimiento como la que se muestra en la Figura 1.3, las cuales tienen una presión máxima de funcionamiento de 1- 16 Bar, las unidades de mantenimiento se encuentran montadas en la parte lateral y posterior respectivamente del tablero de control neumático y electro-neumático, y son utilizadas para distribuir el aire de una manera uniforme a todos los

elementos neumáticos, se encarga de enviar aire limpio sin impurezas para evitar daños en las electroválvulas.

Figura 1.3. Unidad FRC Rieger .de mantenimiento Riegler



Unidad de mantenimiento Rieger 1-16 bar, (Hoffman Group, s.f.)

En la Tabla 1.1 se detalla las características técnicas que tiene la Unidad de mantenimiento Riegler.

Tabla 1.1. Caracterización de la unidad de mantenimiento Riegler.

Característica	Observación
Presión de entrada	16 bar
Presión de trabajo	4 bar
Temperatura máxima de servicio	60°C
Grado de Filtración	40um
Caudal Nominal	1000L/min
Cantidad	2

Datos técnicos de la unidad de mantenimiento Riegler, Carlos Hernández y Juan Oquendo.

1.3.2.2 Electroválvula ECKARTD

Se utilizará 9 electroválvulas ECKARTD, como se observa en la Figura 1.4, Por cada electroválvula se controla dos cilindros neumáticos tanto para la apertura como para el cierre. El embrague de cada Módulo neumático se controla de manera independiente por una electroválvula.

Figura 1.4. Electroválvula ECKARDT AG.



Electrovalvula ECKARDT AG utilizada para activar y desactivar cilindros neumáticos, Carlos Hernández y Juan Oquendo.

En la Tabla 1.2 se detalla las características técnicas de las cuales dispone la electroválvula utilizada para el control de los pistones neumáticos.

Tabla 1.2. Caracterización de la electroválvula ECKARDT AG.

Característica	Observación
Voltaje máximo de operación	380V
Corriente máxima de operación	6A
Potencia Máxima	600VA
Temperatura de trabajo	De -10 a80°C
Presión mínima	0,2bar
Presión Máxima	12 bar
Cantidad	6

Datos técnicos de la electroválvula ECKARDT utilizada en el proyecto implementado, Carlos Hernández y Juan Oquendo.

1.3.2.3 Cilindro Neumático Airtac

Los cilindros neumáticos que se muestran en la Figura 1.5 cumplen un papel muy importante en el proceso de ésta máquina rebobinadora debido a que permiten elevar los brazos neumáticos para que se comience a rebobinar el plástico. Los cilindros están montados dos por cada módulo de rebobinado, con esto se tiene 3 módulos para rebobinar el plástico a diferente medida.

Figura 1.5. Cilindro neumático Airtac de 40x160mm.



Cilindro neumático Airtac utilizado para abrir y cerrar brazos, Carlos Hernández y Juan Oquendo.

En la Tabla 1.3 se detalla las características técnicas de los cilindros neumáticos Airtac.

Tabla 1.3. Caracterización de los cilindros neumáticos Airtac.

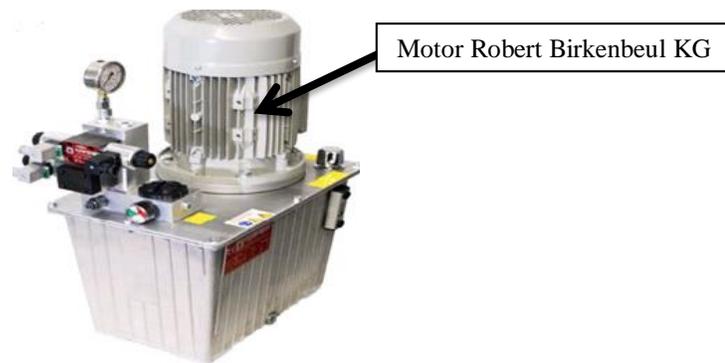
Característica	Observación
Diámetro del cilindro	40 mm
Carrera del pistón	160mm
Temperatura de trabajo	De 0 a 70°C
Amortiguación	Neumática regulable
Presión de Trabajo	1 a 9 bar
Fuerza	503 N
Cantidad	6

Datos técnicos de los cilindros neumáticos Airtac, Carlos Hernández y Juan Oquendo.

1.3.2.4 Bomba Hidráulica Hydropa Olhydraulik GmbH 5810

La rebobinadora KAMPF utiliza la bomba hidráulica para generar un caudal y una fuerza de salida cuando se energice su motor, como se indica en la Figura 1.6, con esto se provee la presión necesaria para el accionamiento de 5 cilindros hidráulicos por medio de las electroválvulas.

Figura 1.6. Bomba hidráulica Hydropa Olhydraulik GmbH 5810.



Bomba hidráulica Hydroá Olhydraulik utilizada en la implementación del proyecto, (Hydropa Olhydraulik, 2015).

En la Tabla 1.4 se detalla las características técnicas de la bomba hidráulica Hydropa Olhydraulik GmbH 5810.

Tabla 1.4. Caracterización de la bomba hidráulica Hydropa Olhydraulik GmbH.

Características	Observación
Presión de trabajo	Hasta 230 bar
Capacidad de flujo	9,5 L/min
Protección	IP 44
Voltaje de Operación	220 V
Conexión	Estrella
Corriente	11.9 A
Revoluciones por minuto	1420 Rpm
Frecuencia	50Hz
Factor de potencia	0,81

Datos técnicos de la bomba hidráulica necesarios para la implementación del proyecto, Carlos Hernández y Juan Oquendo.

1.3.2.5 Electroválvula Hidráulica Hydropa Olhydraulik Ventil typ

La bomba hidráulica contiene 5 electroválvulas Olhydraulik tipo WE 6HY-E2T que tienen una configuración de 4 entradas y 3 salidas (4/3), como se muestra en la Figura 1.7, cada una es un pre-actuador para activar a cada cilindro hidráulico que dispone la rebobinadora KAMPF.

Figura 1.7. Electroválvula hidráulica Hydropa Olhydraulik WE 6HY-E2T.



Electroválvula hidráulica utilizada para activación y desactivación de pistones hidráulicos, (Hydropa Olhydraulik, 2006).

En la Tabla 1.5 se indican las características técnicas de la electroválvula hidráulica Hydropa Olhydraulik WE 6HY-E2T.

Tabla 1.5. Caracterización de la electroválvula hidráulica Hydropa Olhydraulik WE 6HY-E2T.

Características	Observación
Serie	10
Presión Máxima	350 bar
Caudal Máximo	80 L/min
Protección	IP65
Voltaje de alimentación	220 V
Cantidad	5

Datos técnicos de la electroválvula Hydropa Olhydraulik necesarios para la implementación del proyecto, Carlos Hernández y Juan Oquendo.

1.3.2.6 Cilindro Hidráulico Parker Hannifin NMF GmbH

Se utilizará 5 cilindros hidráulicos de 38x300mm como se muestran en la Figura 1.8, uno de estos cilindros se encuentra en el módulo de alineación mientras que los otros 4 separados en grupo de 2 se encuentran en el módulo de rebobinado. Estos actuadores son accionados por las electroválvulas para levantar la mesa de rebobinado a una cierta presión dada por la bomba hidráulica.

Figura 1.8. Cilindro hidráulico Parker Hannifin NMF GmbH de 38x300mm.



Cilindro hidráulico utilizado para subir o bajar módulo de rebobinado, (Parker, 2015).

En la Tabla 1.6 se detalla las características técnicas del cilindro hidráulico Parker Hannifin con una dimensión de 38x300mm.

Tabla 1.6. Caracterización de los cilindros hidráulicos Parker Hannifin.

Características	Observación
Diámetro	38 mm
Carrera	300mm
Presión Máximo de Trabajo	70 bar
Rango de temperatura	De -46 a 150°C
Cantidad	5

Datos técnicos de los cilindros hidráulicos donde se indica las características necesarias para la correcta implementación del proyecto técnico, Carlos Hernández y Juan Oquendo.

1.3.2.7 Motor MEZ Motoren Belgium AS-MOT

La máquina rebobinadora dispone de un sistema de aspiración de refiles con eyector, para esto utiliza un motor MEZ que se muestra en la Figura 1.9, con el cual al activarlo

por medio de un pulso enviado desde la pantalla HMI, el motor comienza la aspiración en el momento del rebobinado.

Figura 1.9. Motor MEZ Motoren Belgium AS-MOT.



Motor trifásico MEZ Motoren Belgium AS-MOT utilizado para aspiración de refilos, (MEZ, s.f.).

En la Tabla 1.7 se detalla las características técnicas del motor de corriente alterna MEZ AS-MOT.

Tabla 1.7. Caracterización del motor de corriente alterna MEZ.

Características	Observación	
	Trifásico(delta/estrella)	Trifásico(delta)
Configuración	Trifásico(delta/estrella)	Trifásico(delta)
Voltaje	400/690V	460V
Corriente	10.8/6.2A	10.7A
Frecuencia	50Hz	60 Hz
Potencia	5,5KW	6.3KW
Rpm	2895rpm	3495rpm
Factor de Potencia	0,9	0,89

Datos técnicos del motor de corriente alterna MEZ, Carlos Hernández y Juan Oquendo.

1.3.2.8 Motor AC General Electric Tri Clad

El movimiento del rodillo que controla los engranajes de los brazos neumáticos es generado por el motor AC SEA de corriente alterna que se muestra en la Figura 1.10, el mismo que es controlado por un variador de frecuencia.

Figura 1.10. Motor AC General Electric.



Motor trifásico AC General Electric utilizado para generar el movimiento del cilindro que controla los engranajes de rebobinado. (TEREAPEK, 2016).

En la Tabla 1.8 se detalla las características técnicas del motor de corriente alterna General Electric Tri Clad.

Tabla 1.8. Caracterización del motor de corriente alterna General Electric.

Características	Observación
Configuración	Trifásico
Voltaje de Alimentación	220V
Corriente de Trabajo	30.3 ^a
Frecuencia	60Hz
Potencia	10Hp
Velocidad	3515rpm

Datos necesarios para la puesta en marcha del motor AC General Electric, Carlos Hernández y Juan Oquendo.

1.3.2.9 Motor AC ASEA

Este motor se encarga de generar el movimiento de los rodillos de goma de rebobinado, del rodillo de corte y del rodillo de alimentación, es un motor de corriente alterna y su control se lo hace por medio de un variador de velocidad. En la Figura 1.11 se observa el motor AC ASEA.

Figura 1.11. Motor AC SEA.



Motor AC SEA utilizado para generar el movimiento de los cilindros de arrastre, Carlos Hernández y Juan Oquendo.

En la Tabla 1.9 se detalla las características técnicas del motor de corriente alterna AC SEA.

Tabla 1.9. Caracterización del motor de corriente alterna SEA.

Características	Observación	
	Trifásico(delta)	Trifásico(estrella)
Configuración	Trifásico(delta)	Trifásico(estrella)
Voltaje de operación	220V	380V
Corriente	42 ^a	25A
Frecuencia	60Hz	60 Hz
Potencia	15Hp	15Hp
Velocidad	1740rpm	1740

Datos necesarios para la puesta en marcha del motor AC SEA de una manera correcta, Carlos Hernández y Juan Oquendo.

1.3.2.10 Variador de Velocidad Lenze Smd

Para realizar el control de los motores de corriente Alterna tanto para el motor AC SEA como para el motor AC General Electric se utiliza un variador de velocidad para cada uno, con esto se puede regular la velocidad del bobinado como también la tensión que se genera dependiendo del material. Los variadores de velocidad Lenze, como se indica en la Figura 1.12, están ubicados en el tablero de conexión eléctrica.

Figura 1.12. Variador de velocidad Lenze Smd.



Variador de velocidad Lenze utilizado para realizar el control de velocidad de motores trifásicos, se implementó dos variadores en la automatización, (Transdrive, s.f.).

En la Tabla 1.10 se detalla las características técnicas del variador de velocidad Lenze Smd.

Tabla 1.10. Caracterización del variador de frecuencia Lenze smd.

Características	Observación		
	Entrada	Salida	Dato Técnico
Frecuencia	50-60HZ	0-500HZ	
Corriente	18.1-15.8A	16.1-14.0A	
Voltaje	400-480V	0-400V/480V	
Potencia	7-5KW	7.5KW	
Temperatura en Almacenamiento			De -20 a 70°C
Temperatura en Operación			De 0 a 55°C

Datos necesarios para realizar una configuración correcta del variador de velocidad Lenze, Carlos Hernández y Juan Oquendo.

1.3.2.11 Controlador Lógico Programable S7 1200 y Módulos de Expansión

Para realizar el proceso de rebobinado automático de plástico con la máquina KAMPF se utiliza un PLC Siemens S7 1200, debido a que es un dispositivo de control modular, permitiendo que se pueda trabajar con todas las señales análogas y digitales que se tenga en todo el proceso. Este dispositivo cuenta con un puerto de comunicación Ethernet con el cual se puede conectar con la pantalla HMI, además dispone de una memoria suficiente para realizar la programación de todo el sistema de rebobinado. En la Figura 1.13 se puede observar físicamente al PLC S7-1200.

Figura 1.13. PLC Siemens S7-1200 con CPU 1214C.



PLC Siemens S7-1200 implementado en la automatización de la rebobinadora KAMPF, con CPU 1214c y relés incorporados en sus salidas, (Siemens AG, 2009).

En la Tabla 1.11 se detalla las características técnicas del PLC Siemens S7-1200.

Tabla 1.11. Caracterización del PLC Siemens S7-1200

Memoria de Usuario	
Memoria de Trabajo	50KB
Memoria de Carga	2 MB
E/S Integradas Locales	
Digitales	14 Entradas/10 Salidas
Análogas	2 Entradas (0-10V)

Continuación de la Tabla 1.11. Caracterización del PLC Siemens S7-1200

Comunicación	
Profinet	1 puerto de comunicación Ethernet
Marcas	
Área de Marcas	8192 Bytes
Temperatura de trabajo	
Montaje vertical	De 0°C a 45°C
Montaje Horizontal	De 0°C a 55°C
Transporte y Almacenamiento	De -40°C a +70°C
Fuente de alimentación	
Valor Nominal	24V
Rango Admisible	De 20,4 V a 28,4 V

Datos necesarios para una correcta configuración y conexión del PLC S7-1200, Carlos Hernández y Juan Oquendo.

1.3.2.12 Módulo de Entradas Digitales SM 1221 DC

El módulo de entradas digitales de Siemens 1221 DC que se muestra en la Figura 1.14, se conecta con el controlador lógico programable para recibir las señales digitales que se generan en el proceso, a estas entradas van conectados los datos que son enviados por los selectores ubicados en el tablero de mando.

Figura 1.14. Módulo de entradas digitales SM 1221 DC (221-18F32-0XB0).



Módulo de entradas digitales implementado para la conexión de pulsadores que regulan el incremento y el decremento de la tensión en cada módulo de bobinado. (Siemens AG, 2009).

En la Tabla 1.12 se detalla las características técnicas del módulo de entradas digitales SM 1221 DC.

Tabla 1.12. Caracterización del módulo de entradas digitales SM 1221 DC.

Fuente de alimentación	
Valor Nominal	24V
Rango Admisible	De 20,4 V a 28,4 V
Consumo de Corriente	
Por Entrada Utilizada	4mA
Entradas Digitales	
1M/2M	DI0.0- DI0.3/DI0.4-DI0.7
Temperatura de trabajo	
Montaje vertical	De 0°C a 45°C

Datos necesarios para realizar una conexión adecuada del módulo 1221 DC, Carlos Hernández y Juan Oquendo.

1.3.2.13 Módulo de Salidas Digitales SM 1222.

El controlador lógico programable S7-1200 puede ser conectado con el módulo SM 1222 que se indica en la Figura 1.15, para enviar la señal digital para encender el alineador.

Figura 1.15. Módulo de salidas digitales SM 1222 (222-1BF30-0XB0).



Módulo de salidas digitales implementado para la activación del alineador, (Siemens AG, 2009).

En la Tabla 1. 13 se detalla las características técnicas del módulo de salidas digitales SM 1222.

Tabla 1.13. Caracterización del módulo de salidas digitales SM 1222.

Fuente de alimentación	
Valor Nominal	24V
Salidas Analógicas	
Número	8
Salida de Corriente	De 0,5A
Temperatura de trabajo	
Montaje Vertical	De 0°C a 45°C
Montaje Horizontal	De 0°C a 55°C
Transporte y Almacenamiento	De -40°C a +70°C

Datos necesarios para realizar una conexión adecuada del módulo SM 1222, Carlos Hernández y Juan Oquendo.

1.3.2.14 Módulo de Salidas Análogas SM 1232

El módulo SM 1232 que se muestra en la Figura 1.16, permite una conexión de forma directa con los actuadores; presenta una resolución de 14 bits y puede ser adaptado para realizar tareas complejas. En el proceso de rebobinado se utiliza para enviar las señales análogas hacia los dos variadores de frecuencia ubicados en el tablero eléctrico.

Figura 1.16. Módulo de salidas análogas SM 1232 (232-4HB30-0XB0).



Módulo de salidas análogas para conectar al variador de velocidad y de esta manera controlar la velocidad de los motores de corriente alterna, (Siemens AG, 2009).

En la Tabla 1.14 se detalla las características técnicas del módulo de salidas análogas SM 1232.

Tabla 1.14. Caracterización del módulo de salidas análogas SM 1232.

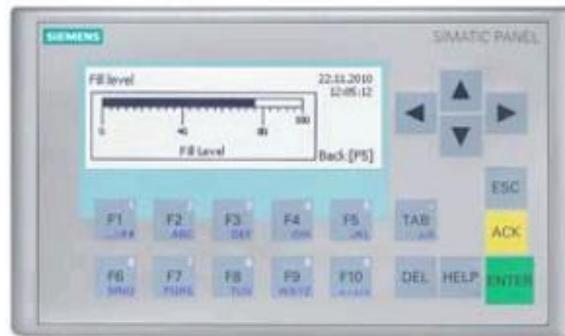
Fuente de alimentación	
Voltaje valor nominal	24V
Salidas Analógicas	
Número	2
Salida de voltaje	De -10V a +10V
Salida de corriente	De 0mA a 200mA
Temperatura de trabajo	
Montaje vertical	De 0°C a 45°C
Montaje horizontal	De 0°C a 55°C
Transporte y almacenamiento	De -40°C a +70°C

Datos necesarios para realizar una conexión adecuada del módulo SM 1232, Carlos Hernández y Juan Oquendo.

1.3.2.15 Pantalla HMI KP300 PN

Siemens ha desarrollado diferentes tipos de pantallas que son utilizadas en diferentes procesos en la industria. Tanto en la parte de control, adquisición y supervisión de datos. En el proceso de rebobinado de plástico se utiliza una pantalla HMI Siemens KP300 PN la misma que tiene características de flexibilidad, robustez y presenta una simplicidad para su programación y para su uso. Esta pantalla dispone de un puerto de comunicación Ethernet para enviar los datos desde el PLC hacia la HMI y de esta manera realizar un control del proceso desde la pantalla, permitiéndole al operador de la rebobinadora mayor facilidad para realizar su trabajo. En la Figura 1.17 se observa físicamente la estructura de la pantalla.

Figura 1.17. Pantalla HMI KP300 PN (6AV6-647-0AH11-3AX0).



Pantalla HMI utilizada para el supervisor, y controlar el proceso de rebobinado de plástico, (Siemens AG, 2014).

En la Tabla 1.15 se detalla las características técnicas de la pantalla HMI KP 300 PN.

Tabla 1.15. Caracterización de la HMI KP300 PN.

Fuente de alimentación	
Valor Nominal	24V
Rango Admisible	De 19,2 V a 28,8 V
Corriente	
Entrada	0.1A
Potencia	
Consumo	3W
Memoria	
Flash	Si
Ram	Si
Memoria para datos de Usuario	1MB
Interface	
Ethernet	1
Protección	
IP	65

Datos necesarios para realizar una configuración y una conexión correcta de la HMI KP300 PN, Carlos Hernández y Juan Oquendo.

1.3.2.16 Sensor Foto-Eléctrico Weilong NT BG 22

El módulo de alineación requiere de un sensor foto-eléctrico que se observa en la Figura 1.18, el cual envía datos análogos al controlador lógico programable, donde dependiendo del color del plástico, el valor del sensor varía; esto permite controlar que el proceso funcione correctamente y que el plástico se alinee para pasar al proceso de rebobinado.

Figura 1.18. Sensor foto-Eléctrico Weilong.



Sensor foto-eléctrico implementado en el módulo de alineación, su salida de voltaje varía entre 0 y 5V, Carlos Hernández y Juan Oquendo.

En la Tabla 1.16 se indica las características técnicas del sensor foto-eléctrico del módulo de alineación.

Tabla 1.16. Caracterización del sensor foto-eléctrico Weilong.

Características	Observación
Tensión de Alimentación	10-30VDC
Longitud del cable	2m
Tipo de salida	NPN
Número de Hilos	3
Cantidad	1
Número del modelo	NT-RG22

Datos necesarios para realizar una conexión correcta del sensor foto-eléctrico, Carlos Hernández y Juan Oquendo.

1.3.2.17 Sensor De Velocidad de Rotación Magnética

En la Figura 1.19 se muestra el sensor de velocidad de rotación magnética ASD 18-30 el mismo que es utilizado para medir la velocidad del cilindro de engranaje.



En la Tabla 1.17 se detalla las características técnicas del sensor de velocidad de rotación magnética.

Tabla 1.17. Caracterización del sensor de velocidad de rotación magnético.

Características	Observación
Tensión de Alimentación	10-30VDC
Longitud del cable	0m
Tipo de salida	PNP
Número de Hilos	3
Temperatura de Operación	+60°C a -20°C

Datos necesarios para realizar una conexión correcta del sensor de velocidad de rotación magnética, Carlos Hernández y Juan Oquendo.

1.3.2.18 Dispositivos Eléctricos Adicionales

Para realizar las conexiones eléctricas de los motores AC, PLC S7-1200, pantalla HMI KP300, variadores LENZE, etc, se utiliza una variedad de elementos eléctricos como contactores, breakers, fusibles y relés. En el Tabla 1.18 se muestra los elementos

eléctricos que forman parte del tablero de conexión eléctrica de la rebobinadora KAMPF, dichos elementos fueron reutilizados debido a que se encontraban en un estado funcional y operativo.

Tabla 1.18. Caracterización de los elementos del tablero eléctrico.

Elementos del tablero eléctrico			
N°	Elementos	Características Técnicas	Imagen
1	Fusible Legrad 163 18	*Tipo: gG/gL. *Corriente: 25A. *Voltaje: 500V. *Máxima Corriente: 120kA.	
2	Fusible Rapa	*Tipo: gL. *Corriente: 25A. *Voltaje: 500 V. *Máxima Corriente: 120kA.	
3	Fusible Efen	*Tipo: gL. *Corriente: 25A. *Voltaje: 500 V.	
4	Breaker Siemens	*Voltaje: 380V. *Corriente: 10A. *Polos: 2.	
5	Breaker schneider C10	*Voltaje: 230V. *Corriente: 10A. *Polos: 2.	
6	Breaker Vynckier C16	*Voltaje: 510V. *Corriente: 16A. *Polos: 3.	
7	Breaker schneider C32	*Voltaje: 400V. *Corriente: 32A. *Polos: 3.	

Elementos eléctricos utilizados, Carlos Hernández y Juan Oquendo.

CAPÍTULO 2

AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL PROCESO DE REBOBINADO DE PLÁSTICO

En éste capítulo se detalla el diseño realizado para automatizar el proceso de rebobinado de plástico y la debida implementación de todos sus componentes para poner en funcionamiento la máquina KAMPF en la empresa Prepacking S.C.C.A en el área de rebobinado.

Para automatizar la máquina rebobinadora KAMPF es importante conocer mediante un diagrama de etapas que se observa en la Figura 2.1, el proceso completo por el cual debe pasar el plástico para tener un resultado positivo en el bobinado final.

Figura 2.1. Diagrama de etapas del proceso de la rebobinadora KAMPF.



Diagrama de etapas general en el que se indica el proceso de rebobinado de la máquina KAMPF, Carlos Hernández y Juan Oquendo.

2.1 Etapas del Proceso de Rebobinado de Plástico de la Máquina KAMPF

En la Figura 2.2 se muestra un diagrama de flujo completo del proceso de rebobinado de plástico de la máquina KAMPF; una vez que se pase el plástico del rollo madre por los rodillos de arrastre, balancín y de corte, se procede a ajustar la medida adecuada las cuchillas, para luego pegar el plástico en cada core ubicado en su respectivo módulo de bobinado. Una vez terminado el paso anterior, mediante un pulso enviado desde la HMI o desde el control de mando de la máquina se cierran los brazos neumáticos y se procede a ajustar el freno del desbobinador y de cada embrague ubicado en los módulos a una

presión mínima, esto permite calibrar el alineador y posteriormente la tensión que se le debe dar al freno neumático dependiendo del material que se vaya a rebobinar; finalmente se aumenta la velocidad de trabajo para que el proceso de rebobinado sea el correcto.

Figura 2.2. Diagrama de flujo del proceso de rebobinado de plástico de la rebobinadora KAMPF.

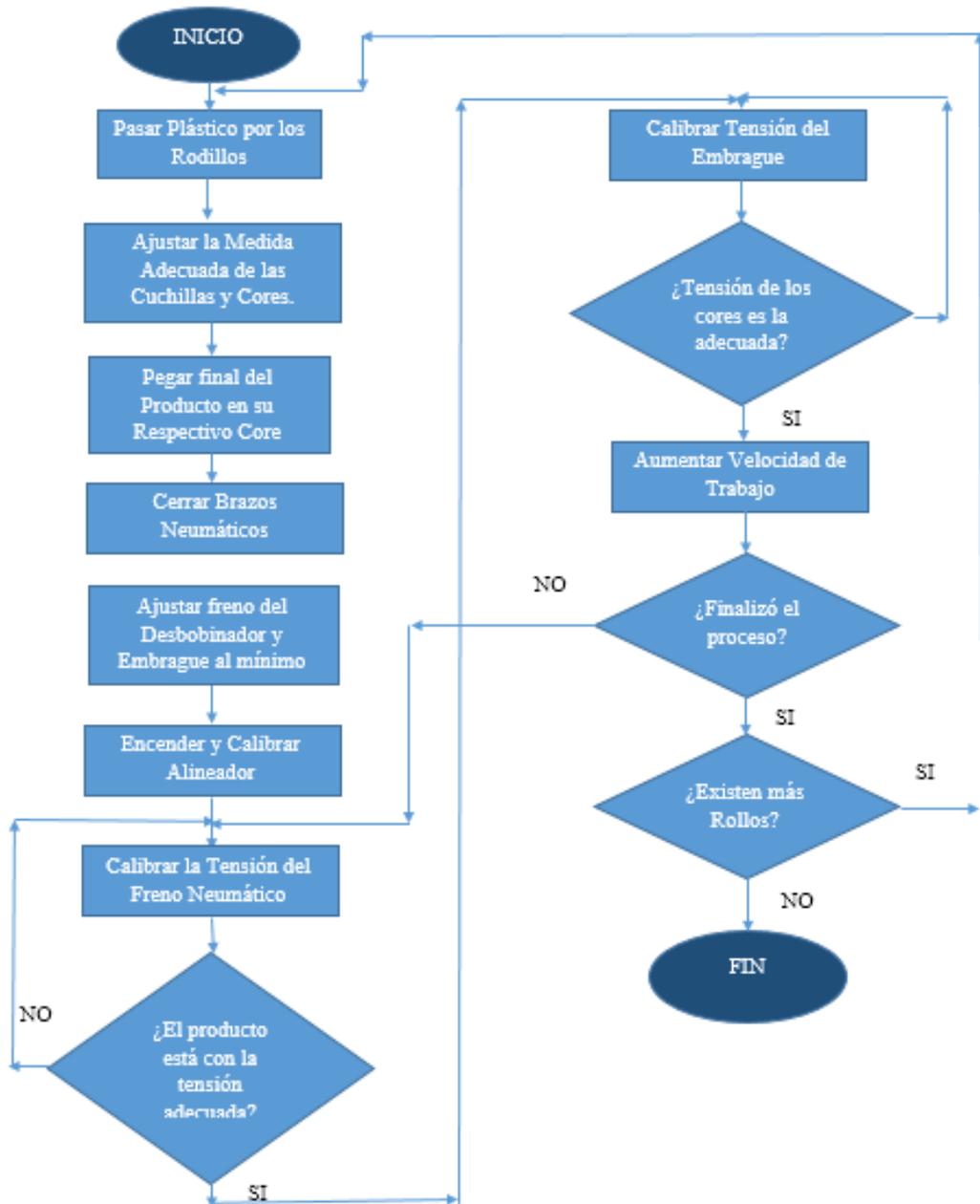


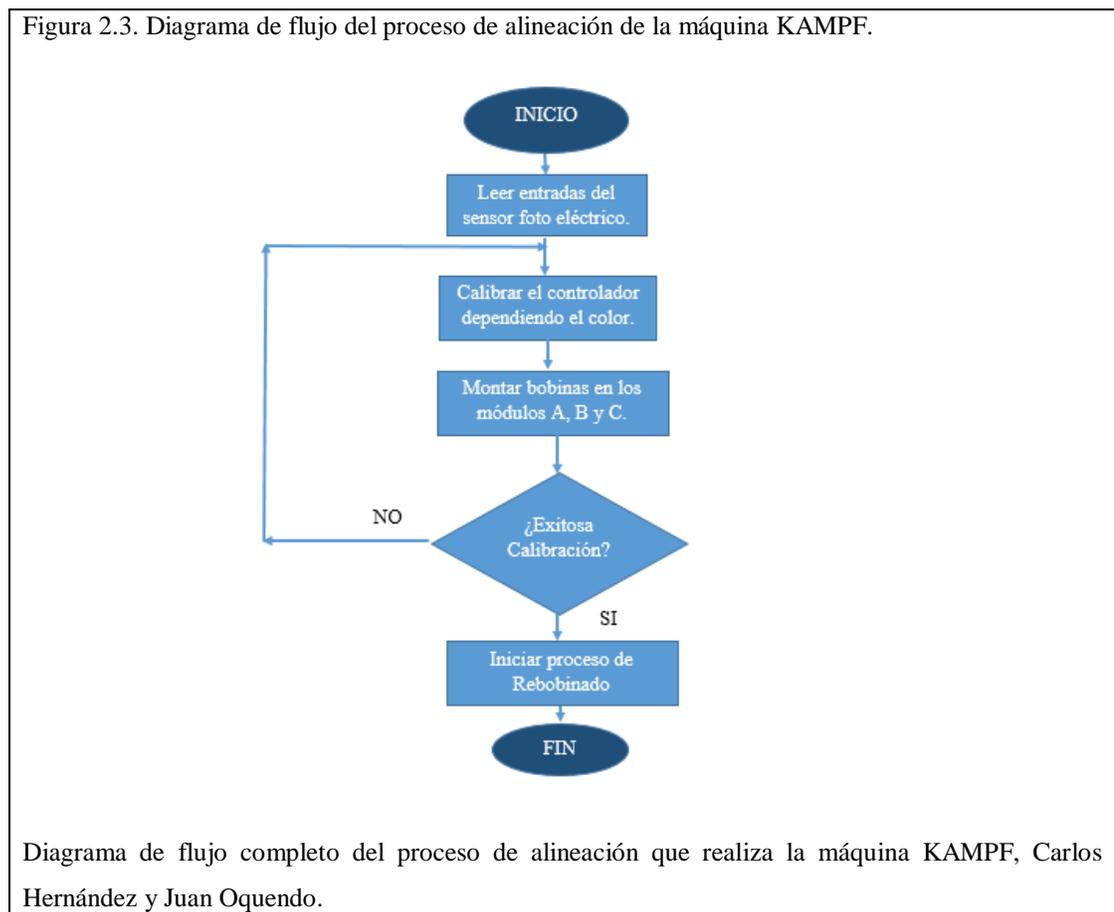
Diagrama de flujo del proceso completo de rebobinado de plástico de la máquina rebobinadora KAMPF, Carlos Hernández y Juan Oquendo.

2.1.1 Rollo de Plástico Madre

En la fabricación de plástico un rollo madre puede provenir de diferentes procesos anteriores; ya sea que directamente se rebobine posterior al proceso de impresión, cómo también después del proceso de laminado y engomado; se lo determina como rollo madre debido a que puede dividirse en rollos de menor peso y longitud pasando por un grupo de corte.

2.1.2 Proceso de Alineación

El rollo madre es ubicado en el rodillo del desbobinador y el plástico es pasado por el rodillo del alineador, una vez realizado este paso, se lee el dato que emite el sensor foto eléctrico para que el operador calibre el alineador, desde una pantalla HMI dependiendo los colores que tenga el plástico a ser rebobinado; posteriormente se monta las bobinas en los módulos A, B y C que dispone la rebobinadora KAMPF. En la Figura 2.3 se observa el diagrama de flujo para el proceso de alineación.



2.1.3 Proceso de Rebobinado

Una vez completado con el proceso de alineación es necesario determinar si el producto necesita ser dividido en menor tamaño y longitud, por lo que, si necesita corte se procede a montar las cuchillas y calcular el tamaño del plástico que requiere ser cortado para luego poner en funcionamiento a la máquina encendiendo también el extruder, el mismo que aspira los refilos de plástico; sí el producto no necesitase corte directamente se pondrá en funcionamiento la máquina hasta que se termine el rollo madre y se volverá al proceso inicial o caso contrario se termina con el proceso de rebobinado. En la Figura 2.4 se muestra el diagrama de flujo del proceso de rebobinado de plástico.

Figura 2.4. Diagrama de flujo del proceso de rebobinado de la máquina KAMPF.

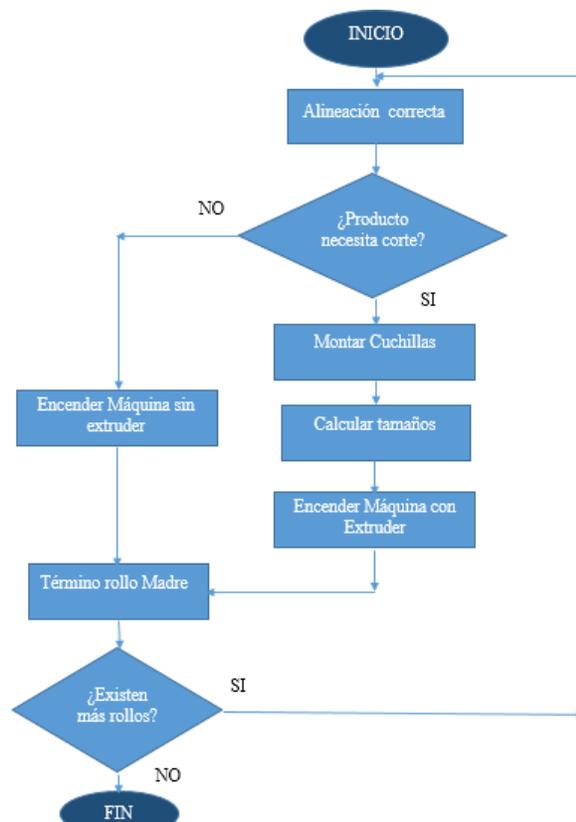
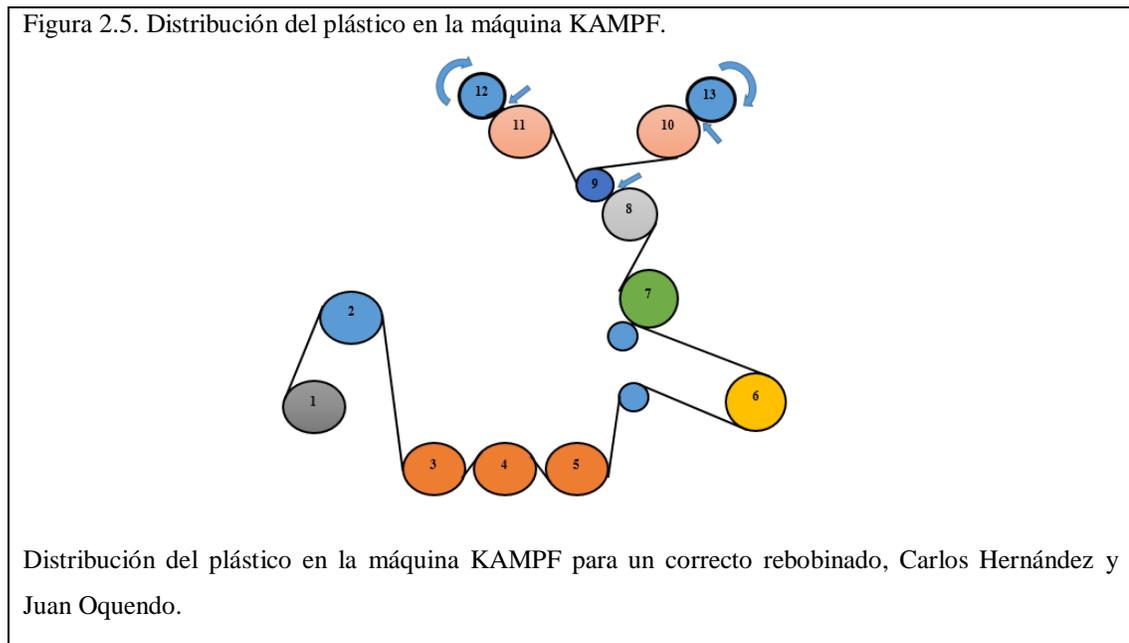


Diagrama de flujo específico del proceso que cumple el módulo de rebobinado de la máquina KAMPF, Carlos Hernández y Juan Oquendo.

2.2 Distribución del Plástico dentro de los Ejes Rebobinadores de la Máquina KAMPF

Para el correcto funcionamiento del rebobinado de plástico en la máquina KAMPF el rollo madre debe ser puesto primero en el rodillo del desbobinador el mismo que es controlado mediante un freno neumático y su presión de trabajo es seteada por el operador desde el panel de mando, posteriormente debe pasar el producto por la parte superior del rodillo de alineación; a continuación el plástico pasa por los rodillos de avance hasta llegar al rodillo balancín el cual es importante para controlar la tensión del material y esto se lo hace mediante la regulación de la presión que tiene el amortiguador neumático; luego tiene que pasar por la parte inferior del rodillo jalador y subir hasta el rodillo de corte en el que se ubicaran las cuchillas para recortar el plástico a la medida que debe ser bobinado en cada módulo. Finalmente el plástico pasa por los rodillos rebobinadores llegando a cada módulo bobinador; ésta distribución se la indica en la Figura 2.5



En la Tabla 2.1 se observa el respectivo nombre de los cilindros dibujados en la figura 2.5, los cuales forman parte de la máquina rebobinadora de plástico.

Tabla 2.1. Nombres de los respectivos cilindros de la máquina KAMPF.

ÍTEM	ELEMENTOS
1	Rodillo de la bobina madre
2	Rodillo del Alineador
3,4,5	Rodillo de avance
6	Rodillo Balancin
7	Rodillo jalador
8	Rodillo de corte
9	Grupo de corte
10	Rodillo Rebobinador Posterior
11	Rodillo Rebobinador Frontal
12	Rodillo de bobinado Módulo A
13	Rodillo de bobinado Módulo B y C

Nombres de los elementos que forman parte de la rebobinadora KAMPF, Carlos Hernández y Juan Oquendo.

2.3 Diseño e Implementación

En esta sección se detallará todos los diseños realizados para automatizar la rebobinadora de plástico de marca KAMPF y su debida implementación utilizando elementos eléctricos, electrónicos, neumáticos e hidráulicos.

2.3.1 Diseño del Diagrama Neumático

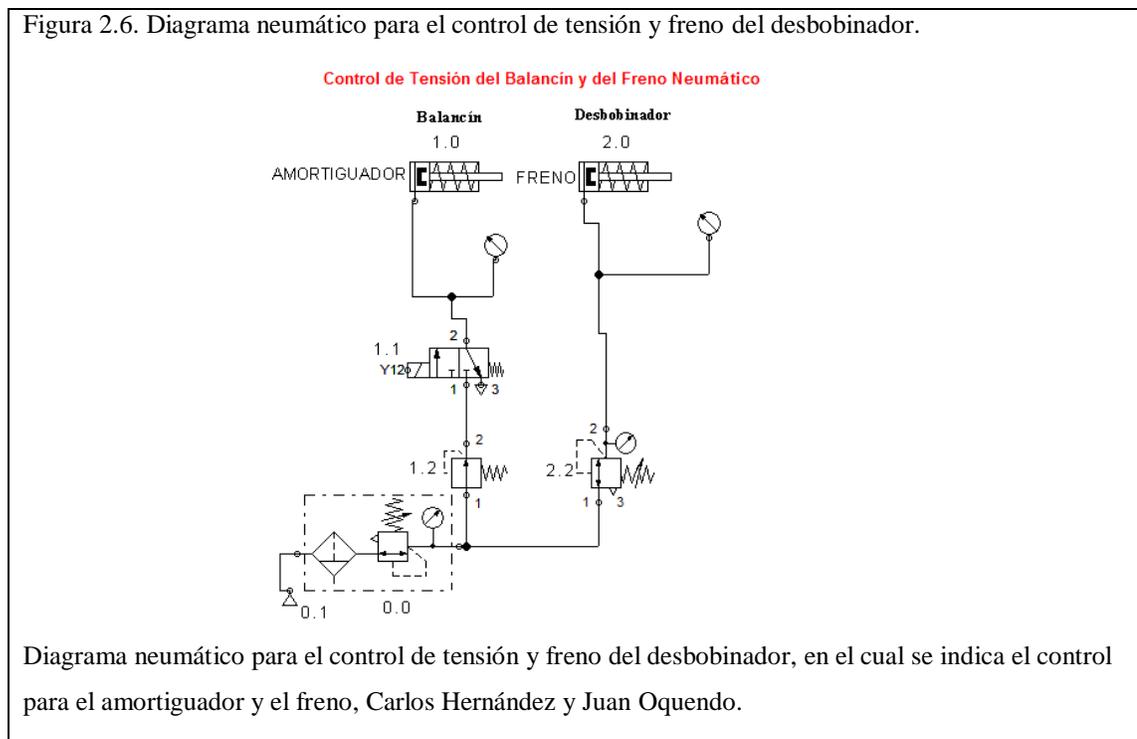
En esta sección se detalla el diseño neumático realizado para el control del módulo de alineación como para el módulo de rebobinado, explicando los elementos seleccionados y el circuito elaborado para cada control que se ve a continuación.

2.3.1.1 Control de Tensión y Freno

La tensión y el freno del desbobinador están controlados por un sistema independiente cada uno. En la Figura 2.6 se muestra el circuito neumático existente para el control tanto del balancín como del desbobinador. La tensión del plástico es generada por el rodillo balancín el mismo que es controlado por un amortiguador neumático al cual se le regula cierta presión desde el panel de mando de la máquina, dependiendo el material

que se vaya a rebobinar se ajusta la presión. Para este control se utiliza una válvula reguladora de presión 1.2, una electroválvula 1.1 y un amortiguador neumático 1.0.

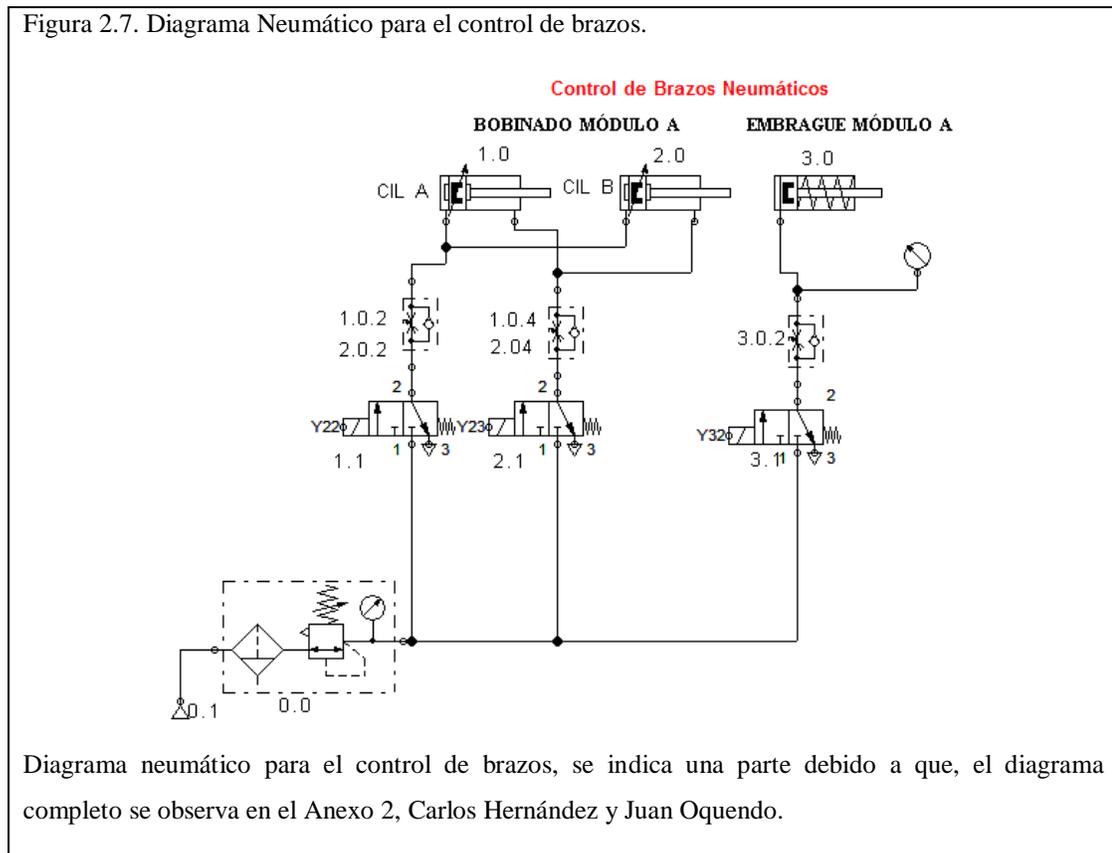
Para el control del freno solamente se utiliza una válvula reguladora de presión 2.2 y con esto se ajusta directamente desde el panel de mando de la rebobinadora KAMPF la presión que se le da al freno neumático. El diagrama se encuentra en el Anexo 1.



2.3.1.2 Control de Brazos Neumáticos

En la Figura 2.7 se observa el circuito neumático para el control de los brazos y del su respectivo embrague. La rebobinadora KAMPF dispone de 6 brazos neumáticos que trabajan en pares formando un módulo de bobinado, por lo que tiene 3 módulos A, B y C. Para el control de cada par de brazos neumáticos se utiliza una electro-válvula 3/2 ECKARTD para su apertura 1.1 y otra para su cierre 2.1; esto quiere decir que por cada electro-válvula se controla el accionamiento de dos cilindros neumáticos a la vez, también se utiliza una válvula estranguladora de caudal 1.0.2, para cada accionamiento de los cilindros neumáticos. Para el control del embrague neumático se utiliza una

electroválvula 3/2 ECKARTD 3.1 y una válvula estranguladora 3.0.2. El diagrama se observa en el Anexo 2.



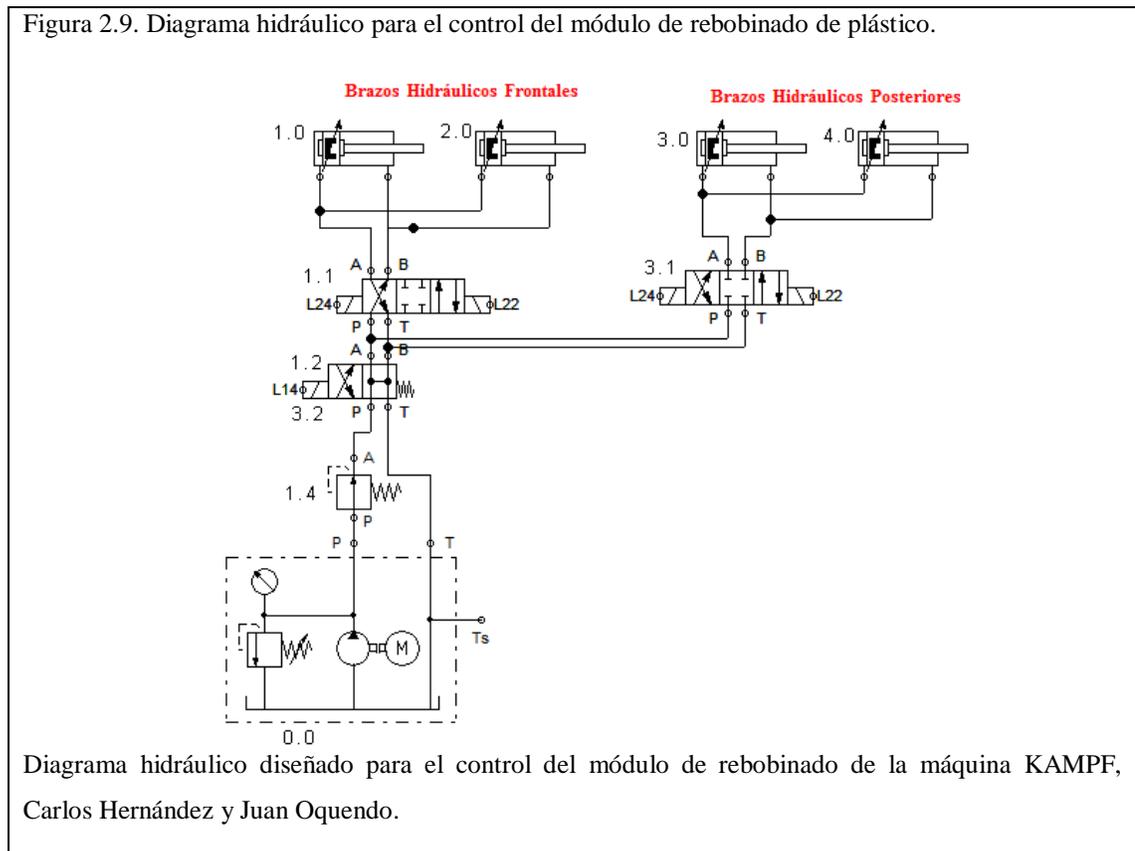
2.3.2 Diseño del Diagrama Hidráulico

El control del circuito hidráulico para el módulo de rebobinado y para el módulo de alineación se lo realiza independientemente partiendo de una bomba hidráulica en común. A continuación se detalla los circuitos hidráulicos diseñados para el control del módulo de alineación y del módulo de rebobinado.

2.3.2.1 Control del Módulo de Alineación

La simulación realizada en el software FluidSIMH se la muestra en la Figura 2.8; en el control del alineador se utiliza la bomba hidráulica Hydropa Olhydraulik GmbH 0.1, una

mientras que los cilindros 3.0 y 4.0 representan los de la parte posterior. El diagrama se observa en el Anexo 4.



2.3.3 Diseño del Diagrama Eléctrico

En esta sección se detallará los circuitos de potencia que son diseñados para el control de motores de corriente alterna y los circuitos de control diseñados para las conexiones de sensores, pre-actuadores y actuadores con el PLC Siemens S7-1200.

2.3.3.1 Diagrama de Potencia

Para realizar el control de los motores AC General Electric, AC ASEA, AS-MOT y de la bomba hidráulica se diseña un circuito de potencia para evitar sobre cargas o elevaciones de corriente. En la Figura 2.10 se observa el diagrama de potencia realizado en el software AutoCAD Electric para el control de los 3 motores que se alimentan a 380V, se

observa que el Breaker de 380V S1 es el principal elemento para poner en funcionamiento la rebobinadora debido a que permite el paso de la electricidad que viene desde el transformador de la planta. El elemento S2 que se visualiza es un switch trifásico propio de la rebobinadora KAMPF.

El motor AC General Electric Tri Clad que genera el movimiento de los engranajes de los brazos neumáticos es controlado por un variador de frecuencia Lenze Smd V1, para esto, se utilizan 3 fusibles Efen F1, tipo gL de 25 Amperios y 500 Voltios que ofrecen una protección frente a sobre cargas, un breaker Schneider S4, de 3 polos de 32 Amperios que se utiliza para controlar elevaciones de corriente, un contactor eléctrico Gummerbach KM7 el cual es un interruptor electromagnético. Se observa una línea de color verde PE, este cable representa al neutro.

Para el control del motor AC ASEA que genera el movimiento de los rodillos de goma de alimentación para el rebobinado y rodillo de corte, se diseña un circuito de potencia semejante al circuito del motor AC General Electric.

El circuito de control para el motor MEZ Motoren Belgium AS-MOT el cual se utiliza para encender el eyector, dispone de un fusible Rapa F3 tipo gL de 25 Amperios y 500Voltios por cada fase, seguido por otro Fusible F4, de un contactor térmico Gummerbach Q1 que brinda protección al motor en caso de irse una fase o de consumir mayor corriente que la de trabajo y un contactor eléctrico KM9. El diagrama se observa en el Anexo 5.

Figura 2.10. Diagrama eléctrico de potencia para control de motores AC.

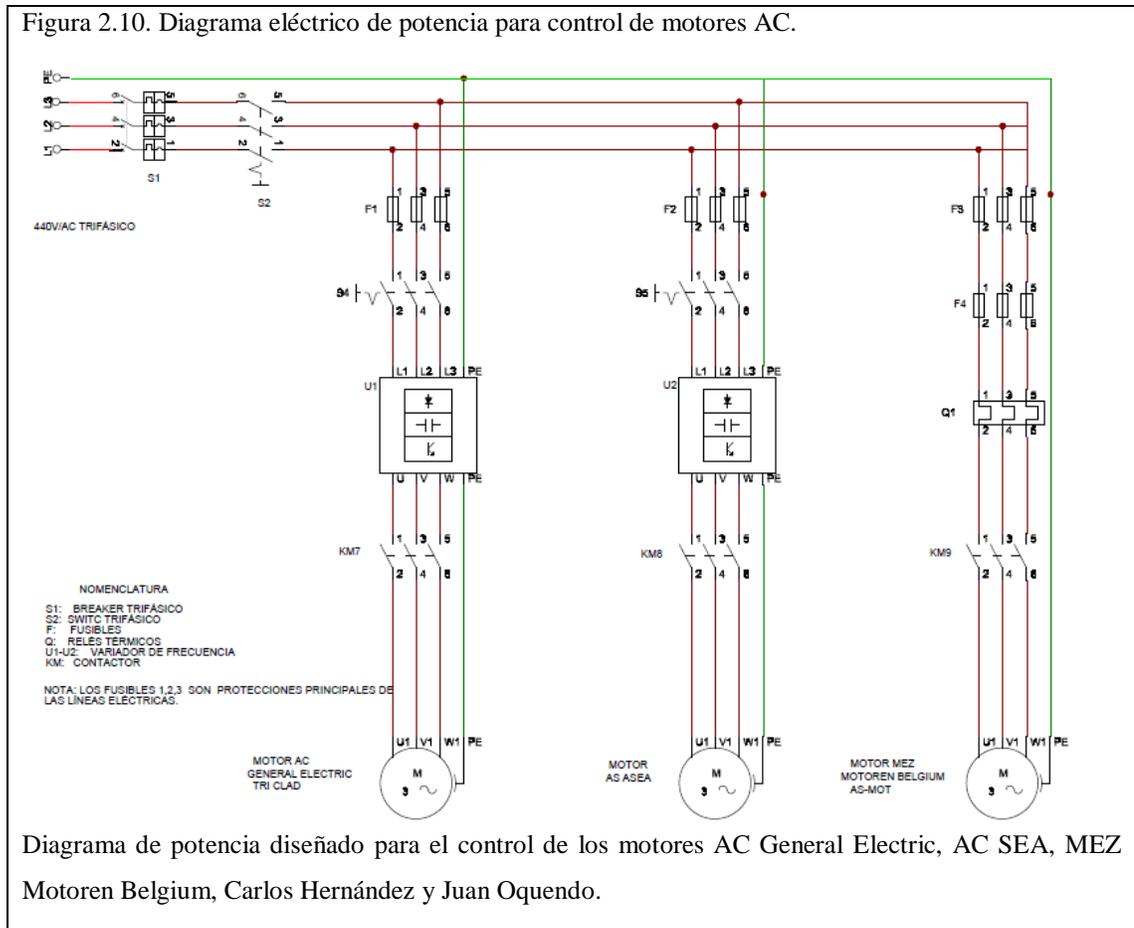


Diagrama de potencia diseñado para el control de los motores AC General Electric, AC SEA, MEZ Motoren Belgium, Carlos Hernández y Juan Oquendo.

En la Figura 2.11 se observa el diagrama de potencia desarrollado para la conexión de la bomba hidráulica Hydropa Olhydraulik GmbH 5810; a partir del Breaker S3 de 220V que se encuentra en la parte exterior de la máquina, se conecta un Breaker trifásico S6 Vycnkier S3 trifásico de 16 Amperios y 415 Voltios, un contactor eléctrico trifásico Gummerbach KM20, un fusible Legrad F5 tipo gL de 25 Amperios y 500 Voltios por cada fase, un contactor Térmico Q2 para protección del motor de la bomba y un contactor eléctrico KM10 Gummerbach para protección en caso de obtener valores elevados de corriente. El diagrama se encuentra en el Anexo 6.

Figura 2.11. Diagrama eléctrico de potencia para bomba hidráulica.

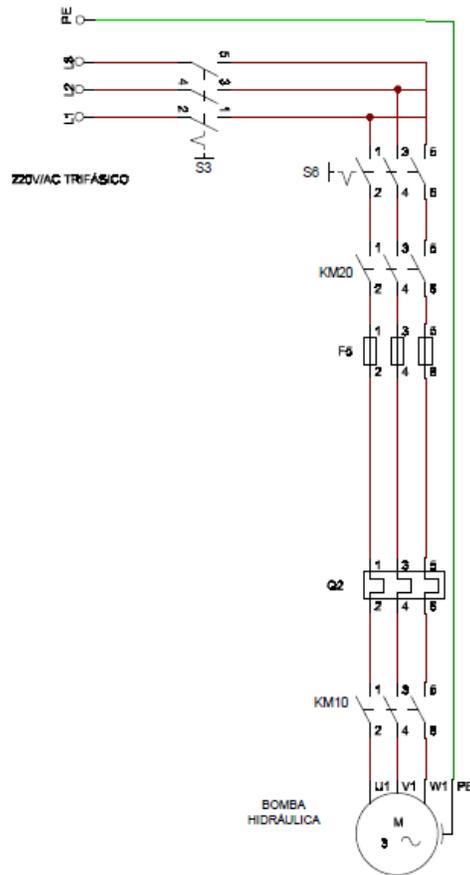


Diagrama de potencia diseñado para el control de la bomba hidráulica, Carlos Hernández y Juan Oquendo.

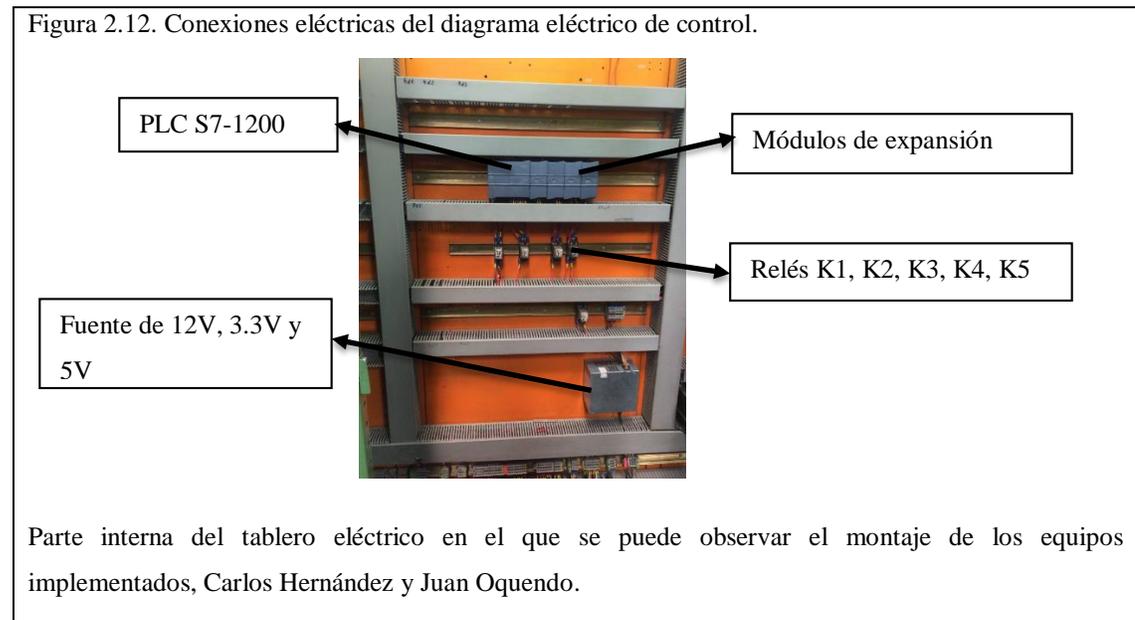
2.3.3.2 Diagrama de Control

Para la automatización de la máquina rebobinadora de plástico se utilizan las 7 entradas digitales del PLC S7-1200 desde la I0.0 hasta la I1.1 y 6 entradas digitales del módulo expandible SM 1221 DC desde la I8.0 hasta la I8.5; son necesarias también 2 entradas análogas conectadas al PLC; para la activación de las salidas con relé que tiene el PLC, se utilizan desde la Q0.1 hasta la Q1.1, una salida de 24VDC del módulo expandible SM 1222, así como también se utilizan 6 salidas análogas conectadas en dos módulos expandibles SM 1234 AQ.

En los Anexos 7, 8 y 9 se observa los diagramas eléctricos de control realizados en AutoCAD Electrical de las entradas digitales y análogas como también de las respectivas salidas conectadas al PLC y a los módulos de expansión. En el Anexo 10 se observa las respectivas direcciones de entradas digitales y análogas del PLC y de los módulos expandibles utilizados, mientras que en el Anexo 11 se muestra las direcciones de salidas digitales y análogas del PLC y de los módulos expandibles.

2.4 Circuitos Implementados en la Máquina KAMPF

En la Figura 2.12 se observa el resultado final del circuito de control implementado en el tablero eléctrico. Se muestra que el cableado se encuentra en canaletas y se ha implementado las etiquetas en los cables de conexión. Se visualiza la conexión del PLC, con una fuente de alimentación de 12V, 3.3V y 5V, los 5 relés enumerados desde K1 hasta K5, utilizados para diferentes funciones como, K1 Activación del Alineador, K2 Cambio de giro del alineador, K3 Activación de la electroválvula común, K4 Activación de la bomba hidráulica y K5 Activación de la pantalla HMI.



En la Figura 2.13 se muestra el circuito eléctrico de conexiones de electroválvulas neumáticas, switch de encendido y alimentación para elementos eléctricos de control. Los cables han sido etiquetados cumpliendo con los estándares de conexión.

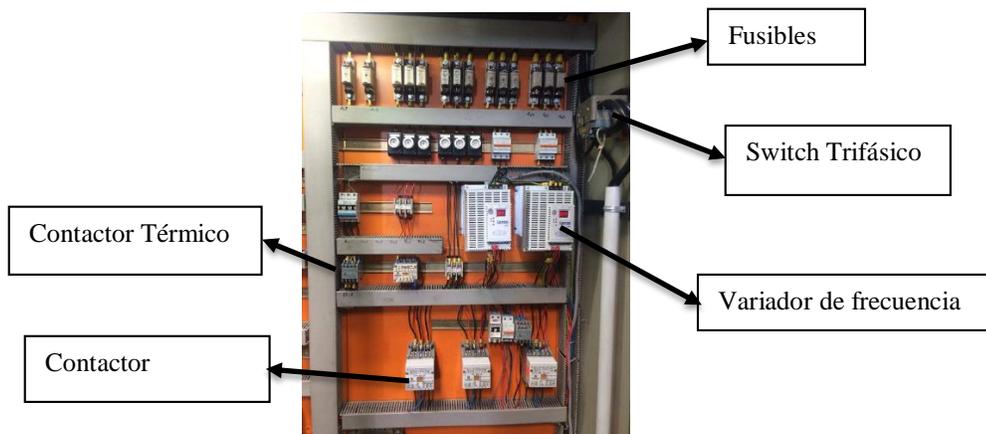
Figura 2.13. Continuación del diagrama eléctrico de control.



Conexiones de borneras ubicadas en el interior del tablero de mando de la máquina KAMPF, Carlos Hernández y Juan Oquendo.

En la Figura 2.14 se observa el circuito de potencia implementado en el tablero eléctrico, los elementos están detallados en el Anexo 2 en la parte de Diagramas Eléctricos de Potencia.

Figura 2.14. Diagrama eléctrico de Potencia Implementado.



Parte interna del tablero eléctrico en el que se puede visualizar los elementos implementados en el diagrama de potencia, Carlos Hernández y Juan Oquendo.

En la Figura 2.15 se observa el diagrama neumático implementado para el control de apertura y cierre de brazos neumáticos y embrague de cada módulo de tensión. Las mangueras neumáticas utilizadas son industriales, y se ha empleado las electroválvulas pertenecientes a la máquina.

Figura 2.15. Diagrama Neumático Implementado.



Parte posterior del tablero de mando de la máquina KAMPF, se observa las electroválvulas y válvulas reguladoras de flujo de aire, Carlos Hernández y Juan Oquendo.

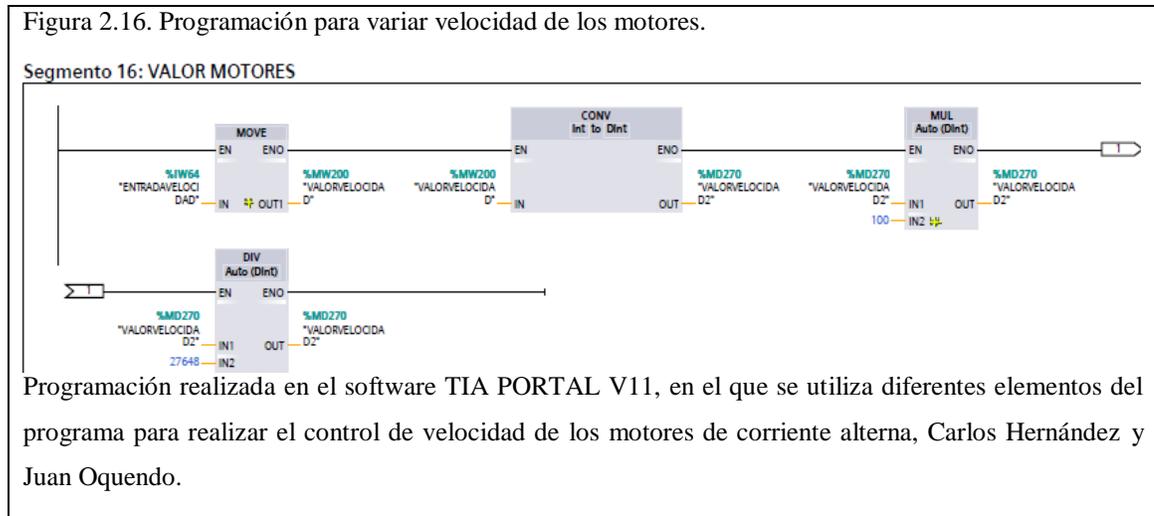
2.5 Programación del PLC S7-1200 de la Rebobinadora KAMPF

En esta sección se detalla los parámetros importantes de toda la programación realizada en el software TIA PORTAL V13 que se muestra en el Anexo 10.

2.5.1 Velocidad de Giro de los Motores de Corriente Alterna

La programación realizada en el software TIA PORTAL V13 se muestra en anexos; en esta sección se indica los aspectos más relevantes dentro de la programación. En la Figura 2.16 se observa el segmento 16 del programa, el mismo que indica cómo se lee el dato de entrada análogo recibido por la variación del potenciómetro de velocidad, el cual está asociado con la dirección IW64 del PLC. Se utiliza un bloque MOVE para almacenar el dato de entrada en una variable tipo Word que posteriormente es convertida a un tipo de variable doble entero para realizar una operación matemática y dejar el valor de la velocidad que va a ser enviado a los variadores de frecuencia en un porcentaje de 0 a 100. El dato que lee la variable MW200 es enviado a la salida QW128

y QW130, estas dos direcciones están asociadas con los variadores de frecuencia que se utilizan para controlar la velocidad del motor que controla los rodillos de rebobinado y el motor que controla los rodillos de pasado del plástico.

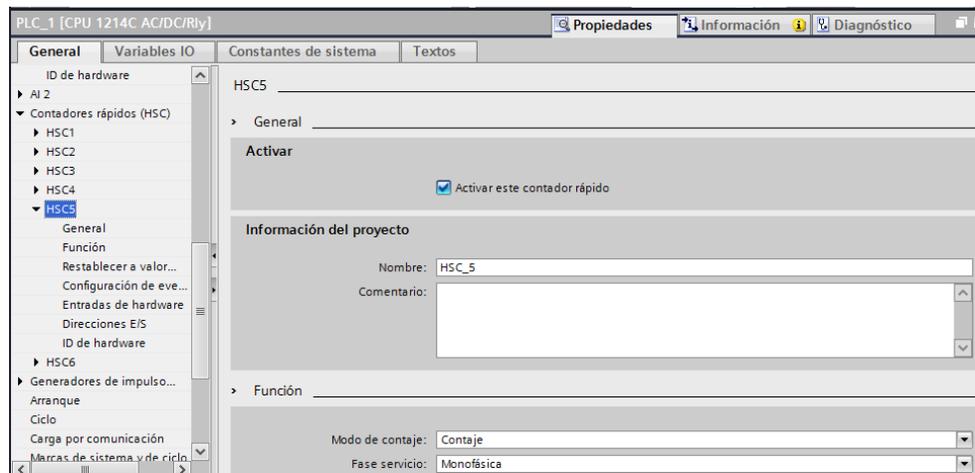


2.5.2 Contador Rápido

El PLC S7-1200 con CPU 1214 dispone de 6 contadores rápidos HSC; para medir la velocidad de giro de los motores se utiliza un sensor magnético el mismo que está asociado con la dirección I1.0 del PLC. Al tener conectado el sensor con ésta dirección se asocia al contador rápido HSC5 del PLC, el mismo que de una forma predeterminada se le debe asignar una dirección para almacenar los datos la cual es la ID1016 con un tipo de variable doble entero. (SIEMENS, 2009).

En la Figura 2.17 se observa la configuración realizada en TIA Portal del contador HSC5, para esto se activa el contador rápido y se escoge la opción contaje en modo de contaje y la fase de servicio monofásica debido a que se va utilizar un solo pulso detectado por un sensor magnético para incrementar la cuenta.

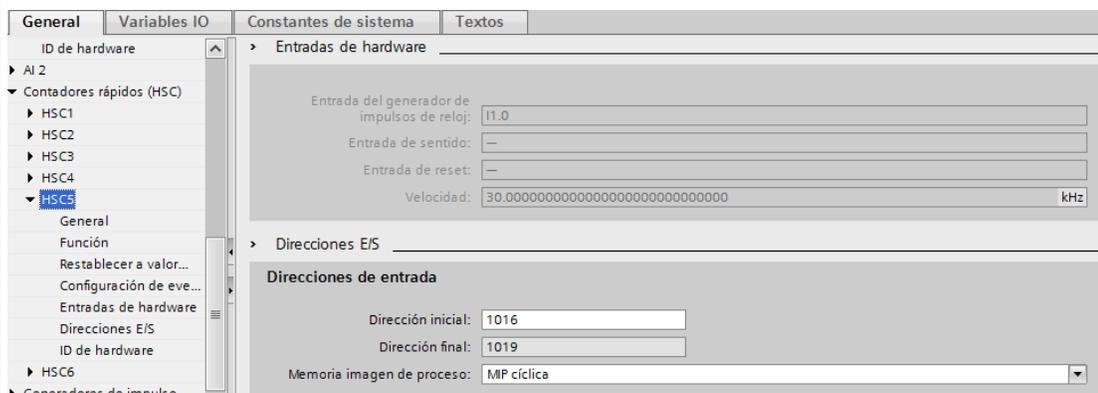
Figura 2.17. Configuración del contador rápido HSC5.



Configuración del contador rápido interno del PLC S7-1200 mediante la utilización del software TIA PORTAL V11, Carlos Hernández y Juan Oquendo.

En éste caso se ha escogido la opción de que sea un contador incremental y que sus valores de referencia sean 0. En la Figura 2.18 se muestra cómo de una forma predeterminada el PLC S7-1200 con CPU 1214 asigna la dirección I1.0 como la entrada del generador de impulsos de reloj a una frecuencia de 30KHz. Se indica también la dirección inicial que tiene asignado el contador HSC5.

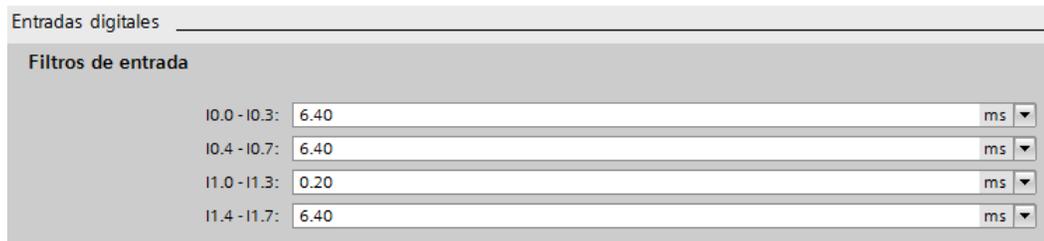
Figura 2.18. Configuración de la entrada del generador de impulsos de reloj.



Configuración predeterminada de la entrada del generador de impulsos de reloj realizada en TIA PORTAL V11, Carlos Hernández y Juan Oquendo.

En la Figura 2.19 se muestra la configuración de los tiempos de filtrado que se asigna a la entrada I1.0, para el proceso de rebobinado se utilizan velocidades altas por lo que el tiempo de filtrado se le configura en 0.20ms.

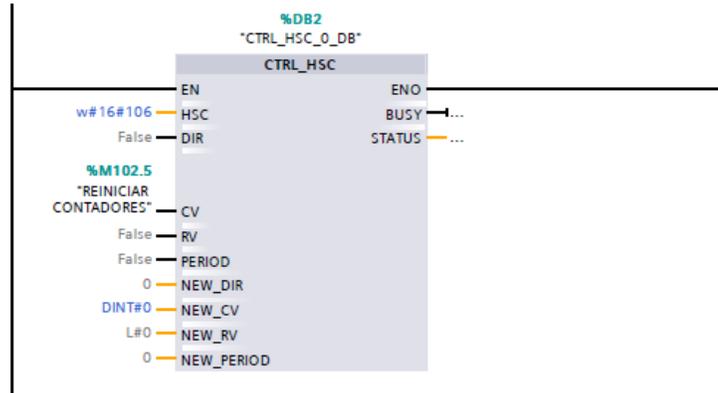
Figura 2.19. Configuración del filtro de entrada.



Configuración del filtro digital de entrada, se observa que se le configura en 0.20ms, generando mayor exactitud en la obtención de datos, Carlos Hernández y Juan Oquendo.

En la Figura 2.20 se muestra la programación realizada para el conteo rápido; se utiliza la instrucción CTRL_HSC para realizar el control del contador rápido HSC5. En la entrada HSC se configura la siguiente línea W#16#106 donde 106, es el número hexadecimal de la dirección que es la 256 en Decimal.

Figura 2.20. Control del contador rápido HSC5.



Configuración del módulo de conteo rápido en el software TIA PORTAL V11, Carlos Hernández y Juan Oquendo.

2.5.3 Cálculo de Metros por Minuto

Una vez obtenido el tiempo real de una vuelta del rodillo de rebobinado en milisegundos se realiza la división que se muestra en la Figura 2.21. En ésta división se tiene dos

valores de entrada, un valor constante de 28301.4 y el tiempo en milisegundos obtenido mediante la programación que se puede observar en el Anexo 3.

El valor constante de 28301.4 es el resultado que se tiene al reemplazar los datos reales en la relación de metros por minuto.

$$\text{Relación } \frac{m}{min} : \text{Dato} * 60000. \quad \text{Ecuación (2.1).}$$

Donde el valor obtenido en *Dato* resulta de la Ecuación 1 para calcular el perímetro de una circunferencia.

$$\text{Perímetro} = 2 * \pi * r \quad \text{Ecuación (2.2).}$$

El radio del rodillo es de 0.075072 metros, reemplazando en la Ecuación 2 y Ecuación 1 se obtiene la relación de metros por minuto para posteriormente dividirla al tiempo real y obtener finalmente los metros por minuto.

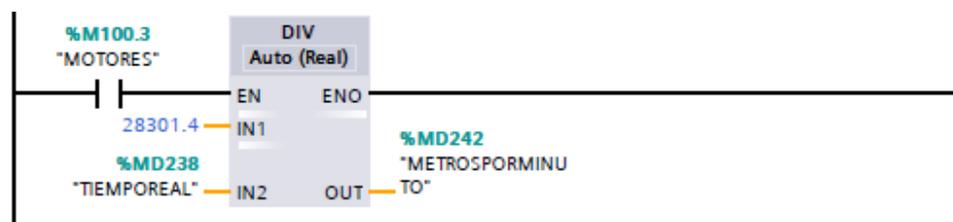
$$\text{Perímetro} = 2 * \pi * 0.075072m$$

$$\text{Perímetro} = 0.47169$$

$$\text{Relación } \frac{m}{min} : 0.47169 * 60000$$

$$\text{Relación } \frac{m}{min} : 28301.4$$

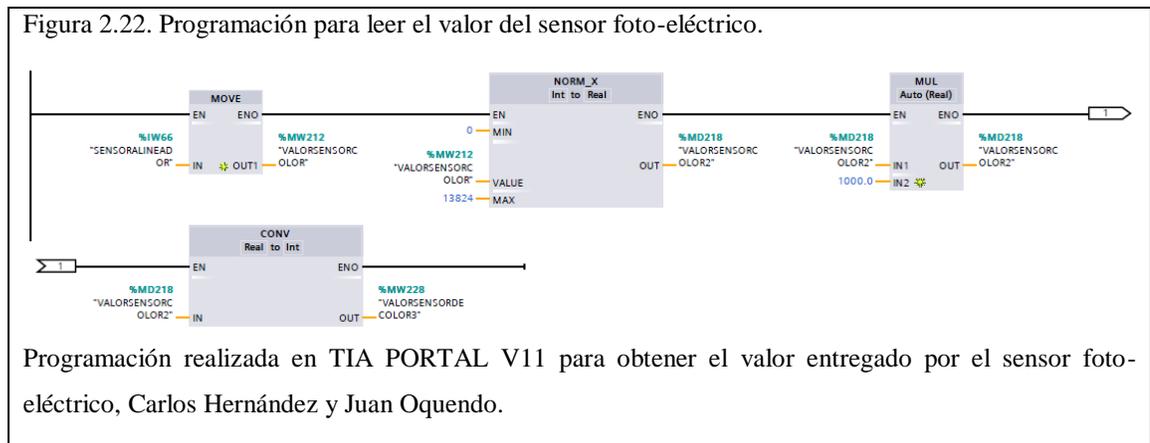
Figura 2.21. Cálculo final para obtener los metros por minuto.



Programación realizada para obtener los metros por minuto del material rebobinado, Carlos Hernández y Juan Oquendo.

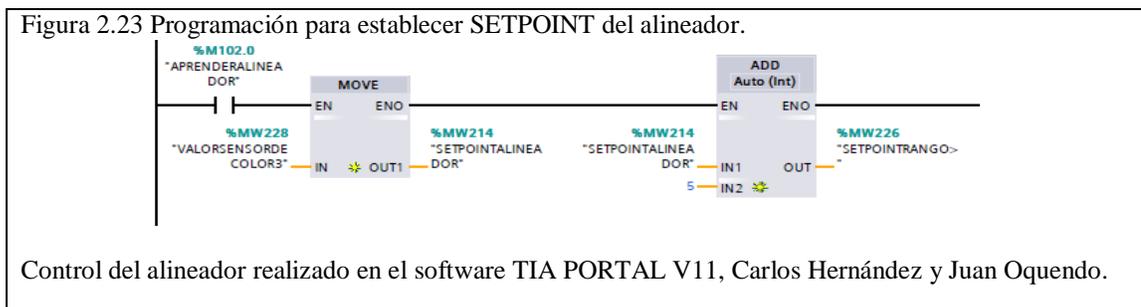
2.5.4 Alineador

En la Figura 2.22 se observa la programación realizada para la obtención de los datos que son leídos por el sensor foto-eléctrico, el mismo que está asociado con la dirección IW66 del PLC. El dato leído por la entrada IW66 es almacenado en una variable tipo Word MD212; posteriormente se utiliza la instancia norm_x, la cual permite dejar el valor de la variable MD212 entre un rango de 0 y 1, para esto se da un valor máximo y mínimo de la palabra que puede entregar el sensor donde 0V es 0 y 5V es 13824. Este dato normalizado se le almacena en una variable tipo real MD218 y se le multiplica por 1000 para obtener una mejor visualización del valor y finalmente se le convierte a una variable tipo entero MD228.



Programación realizada en TIA PORTAL V11 para obtener el valor entregado por el sensor foto-eléctrico, Carlos Hernández y Juan Oquendo.

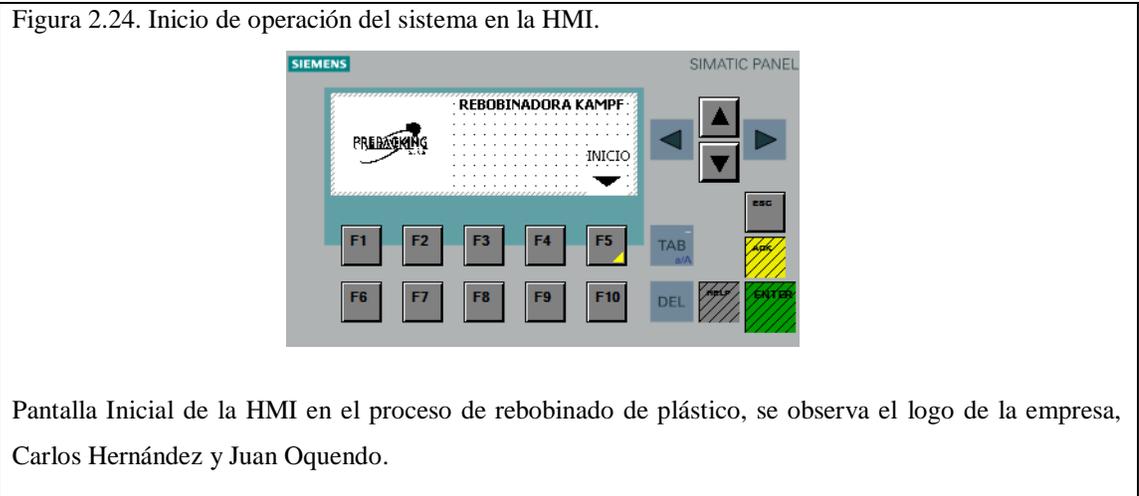
En la Figura 2.23 se muestra la programación realizada para que el alineador funcione de manera automática, es decir, que el operador de la máquina al presionar el botón de aprender (ver la Figura 46, botón F2) en la HMI, el dato de la variable MW228 pueda ser almacenado en una variable MW214 con una tolerancia en el rango de 5.



Control del alineador realizado en el software TIA PORTAL V11, Carlos Hernández y Juan Oquendo.

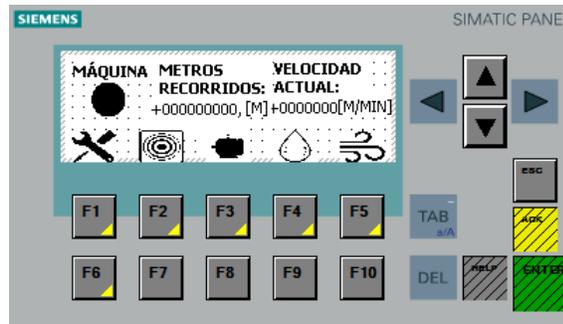
2.6 Programación de la pantalla HMI

La pantalla HMI KP300 PN ha sido programada para realizar diferentes funciones y permitir al operador la visualización de diferentes variables y datos que se manejan en el proceso de rebobinado de plástico. En la Figura 2.24 se observa la pantalla de inicio que se ejecutará al encender el panel de control, en la cual el operador debe presionar el botón F5 para acceder a la pantalla principal del sistema.



La imagen principal de todo el sistema se muestra en la Figura 2.25, en la que el operador tiene diferentes opciones para ingresar a poner en funcionamiento la rebobinadora; entre las cuales se permite la configuración de tensión de los embragues de cada módulo (botón F1), configuración y puesta en marcha del alineador (botón F2), el encendido de la bomba hidráulica (botón F3), el control de apertura y cierre de los brazos neumáticos e hidráulicos (botón F4) y el encendido del motor del eyector (botón F5).

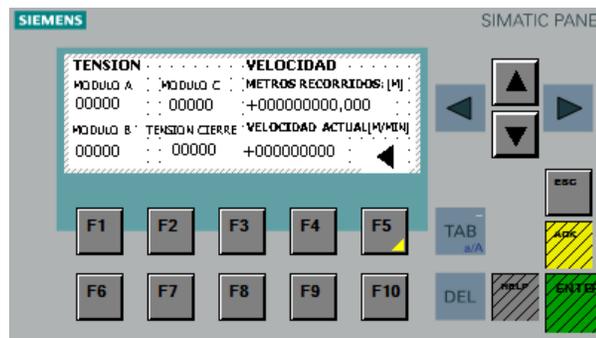
Figura 2.25. Imagen principal de la pantalla HMI.



Pantalla principal de la HMI, donde el operador puede elegir las configuraciones que se debe realizar para poner la máquina en funcionamiento, Carlos Hernández y Juan Oquendo.

Si el operador presiona F1 se visualizará la imagen de configuración mostrando diferentes parámetros, cómo se muestra en la Figura 2.26, entre ellos, la configuración de la presión de cierre de los cilindros neumáticos y de la tensión de cada módulo, la visualización de la velocidad de operación en metros por minuto y de los metros de plástico rebobinados; para volver a la pantalla principal se debe presionar F5.

Figura 2.26. Configuración y visualización de diferentes parámetros del sistema.

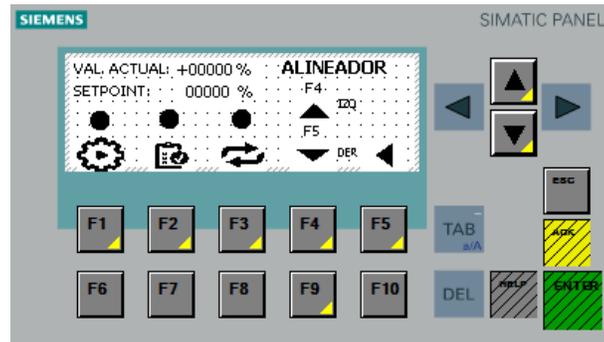


Pantalla de visualización y control de velocidad de operación, tensión individual para cada módulo, tensión de cierre de brazos neumáticos, Carlos Hernández y Juan Oquendo.

Si el operador presiona F2 en la imagen principal, el programa automáticamente presentará una imagen donde se permite la configuración del módulo de alineación, aquí el operador podrá: encender el alineador presionando F1, mover el alineador para la izquierda o derecha presionando F4 y F5 respectivamente, visualizar los datos

entregados por el sensor foto-eléctrico en el cuadro de valor actual, aprender el valor para comenzar con el proceso de alineación F2 y almacenarlo en el cuadro de SetPoint y cambiar el giro del alineador presionando F3. Los parámetros de configuración se observan en la Figura 2.27.

Figura 2.27. Configuración del alineador.



Pantalla de configuración del alineador donde el operador puede establecer el SETPOINT del material o desplazar manualmente el alineador, Carlos Hernández y Juan Oquendo.

Si el operador presiona F3 en la pantalla principal se abrirá una pantalla que se visualiza en la Figura 2.28, la misma que permitirá encender F1 o apagar F2 la bomba hidráulica; éste proceso debe realizárselo antes de configurar el alineador; para regresar a la pantalla inicial se debe presionar F5.

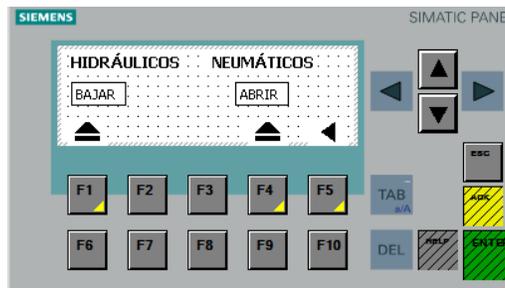
Figura 2.28. Configuración de la bomba hidráulica.



Pantalla de control de la bomba hidráulica para encenderla o apagarla directamente desde la HMI, Carlos Hernández y Juan Oquendo.

Para realizar el control de la apertura y cierre de los brazos neumáticos e hidráulicos, el operador debe presionar F4 en la pantalla principal; al presionar este botón se proyectará automáticamente la pantalla que se observa en la Figura 2.29, para la apertura de los brazos neumáticos se debe presionar F1 y para el cierre se debe presionar por segunda vez F1; para subir los brazos hidráulicos se debe presionar F3 y para bajar se debe presionar una segunda vez F4; presionando F5 se regresa a la pantalla principal.

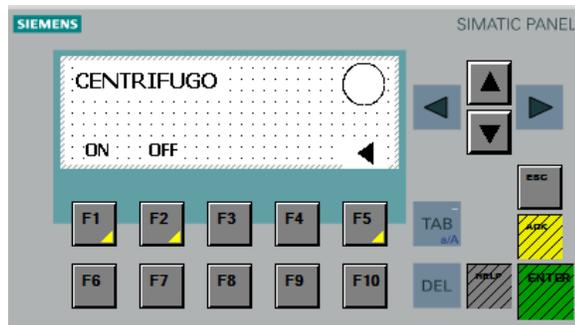
Figura 2.29. Configuración de brazos hidráulicos y neumáticos.



Pantalla para la activación y desactivación de brazos neumáticos e hidráulicos, Carlos Hernández y Juan Oquendo.

Finalmente, cuando el proceso de rebobinado de plástico requiera de sacar refilos del material, el operador puede presionar el botón F5 en la pantalla principal y de esta manera se abrirá la imagen que se muestra en la Figura 2.30 y de esta manera encender F1 o apagar F2 el motor eyector; para regresar a la pantalla principal debe presionar F5.

Figura 2.30. Configuración del centrífugo.



Pantalla para controlar el encendido y el apagado del motor centrífugo en caso de que el material requiera un refilo, Carlos Hernández y Juan Oquendo.

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS Y PRUEBAS

3.1 Análisis Comparativo

En esta sección se realiza un análisis comparativo entre la máquina rebobinadora KAMPF y otra rebobinadora de características similares utilizada en la misma empresa; de acuerdo a estos parámetros se calculó el porcentaje de producción que se puede obtener con la rebobinadora automatizada en este proyecto y el porcentaje de desperdicio. En la Tabla 3.1 se puede observar que al automatizar la rebobinadora KAMPF se puede trabajar con un valor de velocidad mayor al que trabaja la otra rebobinadora que se encuentra funcionando en la actualidad, por ende el porcentaje de producción al día asciende en un 53% y el porcentaje de desechos en un 50%.

Tabla 3.1. Tabla Comparativa de resultados.

Parámetros	Rebobinadora KAMPF	Otra Rebobinadora
Velocidad máxima de trabajo	300m/min	300m/min
Velocidad máxima para correcto rebobinado	230m/min	150m/min
Porcentaje de Producción Estimado	153%	100%
Porcentaje de Desperdicio estimado	150%	100%

Tabla comparativa entre la rebobinadora KAMPF y otra rebobinadora de la empresa, Carlos Hernández y Juan Oquendo.

3.2 Pruebas del Sensor Foto-eléctrico

El sensor foto-eléctrico es un dispositivo electrónico muy importante dentro del sistema de rebobinado, debido a que, permite que el módulo de alineación funcione correctamente y por ende, obtener un rollo rebobinado en buenas condiciones. En el proceso de fabricación de plástico los rollos pueden llegar desde un proceso anterior con diferente color de acuerdo al pedido del cliente. En este caso el sensor foto-eléctrico envía un valor análogo entre 0V y 5V al PLC, dependiendo del color que tenga la franja

del rollo a ser rebobinado. Para colores oscuros la onda incide más sobre el material mientras que para colores claros la onda rebota hacia el sensor con mayor intensidad, por este motivo se realizó las mediciones con diferentes colores y se elaboró la Tabla 3.2.

En la Tabla 3.2 los valores indicados para cada color, son referenciales para iniciar el proceso de rebobinado y son aquellos que se visualizan en la pantalla HMI, los mismos que son el resultado de un proceso de escalamiento realizado mediante programación.

Tabla 3.2. Tabla de resultados de medición del sensor foto-eléctrico.

Sensor Foto-eléctrico	
Color	Valor
Blanco	326
Amarillo	314
Azul Claro	311
Morado	304
Rosado	301
Rojo	299
Azul Oscuro	288
Negro	284

Tabla de resultados obtenidos al realizar mediciones del sensor Foto-eléctrico para cada color, Carlos Hernández y Juan Oquendo.

3.3 Pruebas de Funcionamiento de la Rebobinadora KAMPF

Para generar un proceso de rebobinado de plástico en buenas condiciones es indispensable que el alineador funcione de una forma correcta, debido a que, si hay una variación mínima en el módulo de alineación, el plástico sufre desplazamientos lo que genera que el material no se rebobine bien.

Se analizará los resultados obtenidos después de haber realizado pruebas con 3 tipos de plásticos de diferente espesor; estos datos se muestran en la Tabla 3.3.

3.3.1 Polietileno de Baja Densidad PEBD (con impresión)

Para el material con impresión de 70µm se realiza dos pruebas de rebobinado; la prueba inicial se realiza para cuando el material quede sin refilo y la prueba final para cuando el material requiera refilo.

3.3.1.1 Prueba 1 (PEBD sin refilo)

En la Figura 3.1 se observa la prueba realizada con polietileno de baja densidad con impresión sin refilo; la configuración del alineador se la realizó tomando el dato cuando el sensor se ubicó frente al color Azul. El rollo rebobinado tiene un peso de 35 Kg y se generó un desperdicio de 4Kg debido a pruebas de calibración del alineador, tensión y velocidad.

Figura 3.1. Prueba 1 (PEBD sin refilo con impresión).



Prueba realizada en la máquina KAMPF con polietileno de baja densidad con impresión y laminado sin refilo, se observa un rollo rebobinado correctamente, Carlos Hernández y Juan Oquendo.

3.3.1.2 Prueba 2 (PEBD con refilo)

Para realizar esta prueba, primero se configura el alineador, en el que se lee el dato del sensor foto-eléctrico en este caso se configuró con el color azul. Se calibro las cuchillas de una manera adecuada con el rodillo porta cuchillas y se encendió la máquina; cuando la rebobinadora es puesta en marcha se ajusta las cuchillas para refilar el material y se enciende el eyector para los desechos.

Como observación de esta prueba realizada se obtiene la Figura 3.2 en la que se indica el resultado final de rebobinado de este material, cuando el alineador no funciona correctamente, cuando las cuchillas están puestas de mala manera, cuando el alineador y las cuchillas están calibrados correctamente. El rollo rebobinado con refilo tiene un peso de 16Kg, los desperdicios de esta prueba pesan 4Kg.



3.3.2 Polietileno de Baja Densidad PEBD (sin impresión)

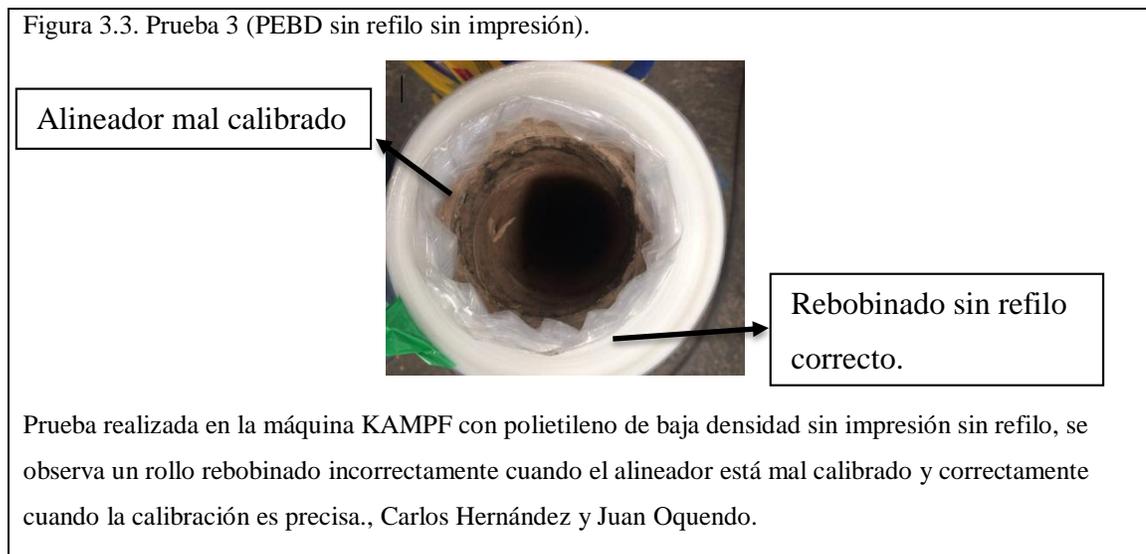
En estas pruebas se utiliza polietileno de baja densidad de 35 μ m sin impresión; la prueba inicial es la alineación del material para luego realizar una segunda prueba en donde se refila 2cm el material.

3.3.2.1 Prueba 3 (PEBD sin refilo)

En esta prueba primero se calibró el alineador con el único color del material, para luego poner en marcha la máquina. En la Figura 3.3 se observa el resultado final del proceso de rebobinado en el que se indica el rollo rebobinado final, cuando el alineador no está bien calibrado y cuando se ha configurado de manera correcta el alineador. El

peso del rodillo rebobinado sin refilo es de 6.4Kg dejando un desperdicio de 0.7Kg generado al momento de calibrar la máquina.

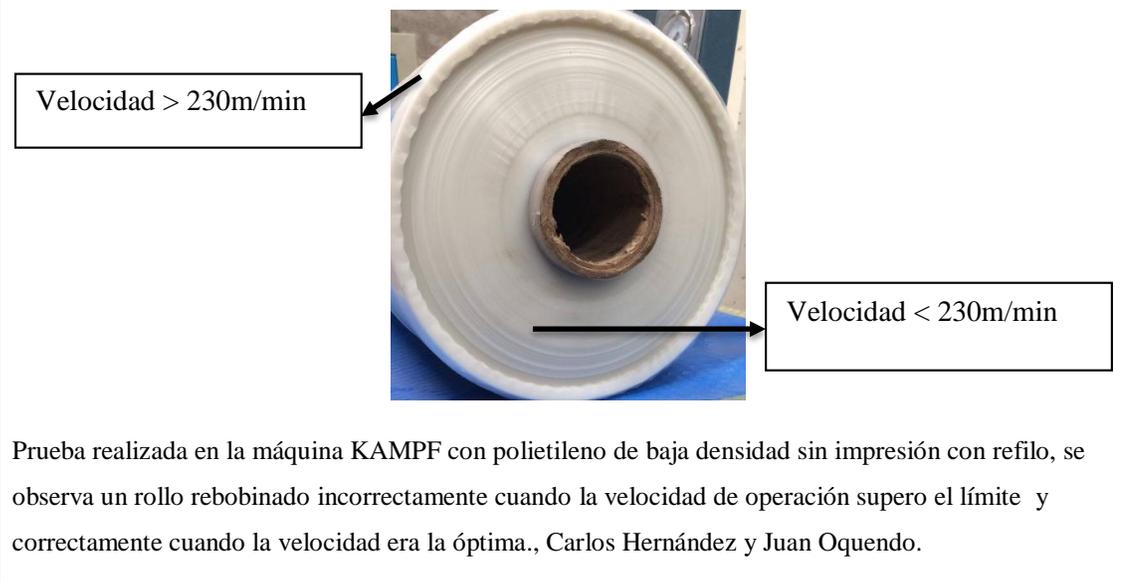
Es importante mencionar que al ser de color transparente el sensor no debe recibir luz externa por la variación de los datos entregados al PLC, por este motivo al cubrir toda la parte externa del sensor para que no afecte la luz, se configuró correctamente el alineador.



3.3.2.2 Prueba 4 (PBDE con refilo)

En esta prueba se configura el alineador con el color transparente, se calibra las cuchillas para tener un refilo de 2cm y posteriormente se enciende la máquina ajustando las cuchillas. En la Figura 3.4 se muestra el rollo de plástico rebobinado sin refilo en el que se indica el resultado cuando se aumenta la velocidad de operación continuamente hasta tener una velocidad menor a 230m/min y cuando la máquina alcanza una velocidad mayor a 230m/min. El peso del rodillo rebobinado con refilo es de 30Kg dejando un peso de desechos de 1.4Kg; los desechos se generan por calibración de la máquina en un peso de 0.4Kg y por refilo en un peso de 1Kg.

Figura 3.4. Prueba 4 (PEBD con refilo sin impresión).



En la Tabla 3.3 se muestra los resultados obtenidos de la velocidad de operación de la máquina, la tensión del módulo rebobinador utilizado en las pruebas, el peso de los rodillos rebobinados y el peso del desperdicio. Se detalla el tipo de material del plástico y su espesor.

Tabla 3.3. Pruebas de funcionamiento de la rebobinadora KAMPF.

Tipo de Material	Tipo de Impresión	Tipo de Rebobinado	Espesor (µm)	Tensión (%)	Velocidad (m/min)	Peso (Kg)	Desperdicios (Kg)
PEBD	Con Impresión	Sin Refilo	70µm	14	115	35Kg	4Kg
				16	140		
		Con Refilo		10	111	16Kg	4Kg
				12	151		
	Sin Impresión	Sin Refilo		15	115	6.4Kg	0.7Kg
				19	197		
		Con Refilo		17	111	35Kg	1.4Kg
				19	216		
23	248						

Tabla de resultados obtenidos al realizar pruebas de funcionamiento de la máquina KAMPF, Carlos Hernández y Juan Oquendo.

CONCLUSIONES

Al efectuar la caracterización de la máquina rebobinadora de plástico KAMPF se apreció que el proceso se controlaba de forma análoga, por ende, no contaba con un controlador lógico programable y una pantalla para visualizar y controlar las variables generadas en el proceso, por tal motivo, para automatizar el proceso se utilizó los dispositivos de control brindados por la empresa Prepacking S.C.C.A, como son, el PLC Siemens S7-1200 con módulos de expansión de entradas y salidas digitales y análogas, y la pantalla HMI KP300PN los cuales se enlazaron mediante comunicación Ethernet.

Se realizó un mantenimiento correctivo de los elementos neumáticos, hidráulicos y mecánicos, el mismo que permitió eliminar fugas de aire en cilindros y válvulas neumáticas, fugas de aceite en la bomba hidráulica y pistones hidráulicos y deterioro mecánico en rodillos de arrastre y de rebobinado, obteniendo como resultado que los elementos mencionados se encuentren en un estado funcional permitiendo que la máquina pueda estar operativa.

Se observó mediante las pruebas de funcionamiento que hasta una velocidad de 230 m/min, el sensor foto eléctrico funcionó de una manera adecuada donde cumplió su objetivo de corregir materiales que se encontraban totalmente desalineados; al sobrepasar dicha velocidad, el material comenzó a mostrar fallas de alineamiento donde se telescopeó o desplazó, y al entrar en una inspección de control de calidad, este no fue satisfactorio, por varios factores, uno fue alineamiento y el otro la elongación del material por motivos de ajustes de tensión.

Mediante la realización de las pruebas de funcionamiento se determinó que al tener un rollo de PEBD (polietileno de baja densidad) laminado con impresión y un espesor de 70 μ m la tensión necesaria en el módulo de rebobinado es mayor que al tener un rollo de polietileno sin impresión con un espesor de 35 μ m. Los valores referenciales de la Tabla 3.3 son variables ya que dependen de varios factores como la tensión de entrada y la velocidad de recorrido, es decir a mayor velocidad se requieren mayor tensión y al tener mayor tensión en el desbobinador se requiere menor tensión en el rebobinador, por tal

motivo, cada vez que la máquina deba ser encaminado con un material diferente, debe ser configurada de acuerdo a los parámetros en que encuentre la mayor estabilidad.

Se determinó que para obtener un material correctamente rebobinado, es indispensable la configuración del módulo de alineación de la máquina KAMPF, el mismo, que cuenta con un sensor foto-eléctrico que entrega valores análogos al PLC entre 0V y 5V; dependiendo del nivel de luz detectado por el sensor, envía un valor comprendido en el rango indicado, que mediante programación es enviado hacia la HMI para que el operador pueda observar los valores recibidos, tomando como referencia los valores de la Tabla 3.2

En las pruebas de funcionamiento realizadas se visualizó que mientras mayor sea la cantidad de metros de plástico rebobinados el diámetro del rollo aumenta proporcionalmente, por esta razón, se debe incrementar la tensión del material, caso contrario si se trabaja a la misma tensión, el rollo se vuelve frágil y por ende el material comienza a arrugarse, generando un rebobinado en mal estado.

Mediante la automatización de la rebobinadora KAMPF se logró obtener una velocidad de operación mayor que la rebobinadora de similares características que actualmente se encuentra en funcionamiento, lo que genera que la producción al día incremente en un 53%, permitiéndole a la empresa terminar con el proceso de fabricación en menor tiempo posible; al tener más material rebobinado se obtiene un 50% más de desperdicios al día, teniendo en cuenta que se trabaje con el mismo material en las dos máquinas.

RECOMENDACIONES

En el proceso de rebobinado de plástico, es importante cumplir con la norma OSHAS 18001, la cual establece que un rollo de plástico, no puede pesar más de 25Kg debido a que genera daños en la salud de personal que maneje la máquina.

La máquina cuenta con elementos neumáticos e hidráulicos que cumplen un papel importante en el proceso de rebobinado de plástico, es por esta razón, que se le debe dar un mantenimiento cada cierto tiempo como se estableció en el manual de operaciones que se indica en la parte de anexos.

Para encender la rebobinadora de plástico KAMPF o para realizar un mantenimiento de la máquina, el personal respectivo debe leer el manual de operaciones y ser capacitado para evitar daños a la máquina; de esta manera se logra reducir riesgo de peligro al personal y daños a la máquina.

Para obtener un material alineado es indispensable una correcta calibración del módulo de alineación, el sensor foto-eléctrico debe ubicarse en una posición adecuada, para que, con los datos que se indican en la HMI, el operador pueda poner en marcha la máquina; sobre el rodillo del alineador se debe ubicar un plástico de color blanco cuando el material tenga los colores que se detallan en la Tabla 3.2, para cuando se tenga un material transparente se retira el plástico blanco del rodillo.

Se recomienda implementar un dispositivo de control para el motor centrífugo, debido a que genera mucho ruido en el área de rebobinado, molestando el trabajo del personal perteneciente a esta nave, y puede generar multas ambientales para la empresa Prepacking S.C.C.A.

Si el material a rebobinarse requiere un corte, es importante manejar el sistema mecánico de calibración del grupo de cuchillas de una manera correcta y de esta manera evitar obtener un material mal rebobinado; si llegará a suceder una mala calibración el operador debe parar la máquina para retirar el material dañado del módulo de rebobinado.

LISTA DE REFERENCIAS

- Airtac. (s.f.). *Catalogo de Airtac*. Obtenido de <http://industriassanfor.com/pdf/catalogo-airtac.pdf>
- Badger Meter. (s.f.). *Research control valves*. Obtenido de <http://www.badgermeter.de/es/productos-soluciones/soluciones-de-control/704-regulador-de-posicion-srd991-sri990>
- Bartelt, T. (2012). *Industrial Control Electronics* (Vol. Tercera Edición). Boston: Cengage Learning.
- BDC ELECTRÓNIC. (15 de 10 de 2016). *Direct Industry*. Obtenido de <http://www.directindustry.es/prod/bdc-electronic/product-102913-1641901.html>
- Creus Solé, A. (2011). *Instrumentación Industrial* (Vol. 8va Edición). Barcelona: Marcombo S. A.
- Creus Solé, A. (2011). *Neumática e hidráulica* (Vol. 2da Edición). Barcelona: MARCOMBO S. A.
- ebay. (23 de Septiembre de 2016). *Herion Interruptor de presión 0820750 válvula 380v _ 6a _ 600va*. Obtenido de <http://www.ebay.com/itm/HERION-Pressure-Switch-0820750-Valve-380V-6A-600VA-/151568673167?hash=item234a32698f>
- Hoffman Group. (s.f.). *Hoffman Group*. Obtenido de <https://www.hoffmann-group.com>
- Hydropa Olhydraulik. (04 de 02 de 2006). *Wegeventil NG6*. Obtenido de http://www.hydropa.de/files/ng_6.pdf
- Hydropa Olhydraulik. (23 de 10 de 2015). *Compact Power Packs* . Obtenido de http://www.hydropa.de/files/kompaktaggregate_ka_rev02.pdf
- MEZ. (s.f.). *JKO MEZ SC*. Obtenido de <http://www.mez-cz.cz/electro-motors.php>
- Parker. (2015). *3L Series Hydraulic Cylinders*. Obtenido de <http://ph.parker.com/us/es/3l-series-hydraulic-cylinders>
- Pérez, E. M., Acevedo, J. M., & Silva, C. F. (2009). *Automatas Programables y Sistemas De Automatización*. Vigo: Alfaomega.

SIEMENS. (22 de 11 de 2009). *Simatic S7 Controlador Programable S7-1200*.

Obtenido de Manual del sistema:

<https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200-MANUAL%20DEL%20SISTEMA.PDF>

Siemens AG. (22 de 04 de 2009). *Simatic S7-1200, microcontrolador para totally integrated automation*. Obtenido de

<http://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/documents/s71200-cat.pdf>

Siemens AG. (18 de 08 de 2014). Obtenido de Siemens: [http://docs-](http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/1070/0900766b81070dad.pdf)

[europe.electrocomponents.com/webdocs/1070/0900766b81070dad.pdf](http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/1070/0900766b81070dad.pdf)

TEREAPEK. (2016). *Ge-Tri Clad AC motor*. Obtenido de

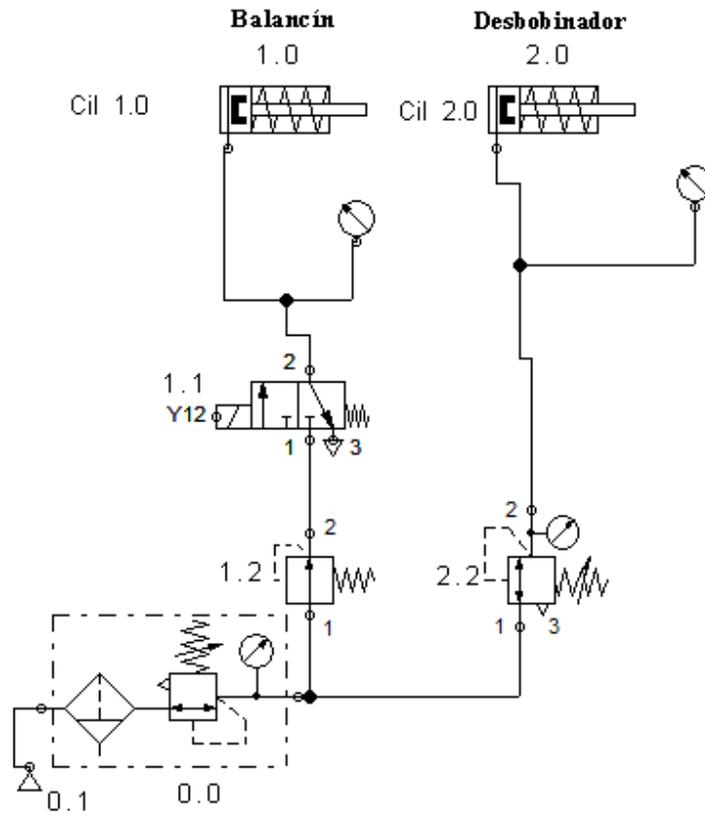
<http://www.terapeak.com/worth/ge-tri-clad-15-hp-3-ph-215tc-3515-rpm-ac-motor-bearings-5k215dl1040d-15hp/161953339250/>

Transdrive. (s.f.). *the smd frequency inverter*. Obtenido de

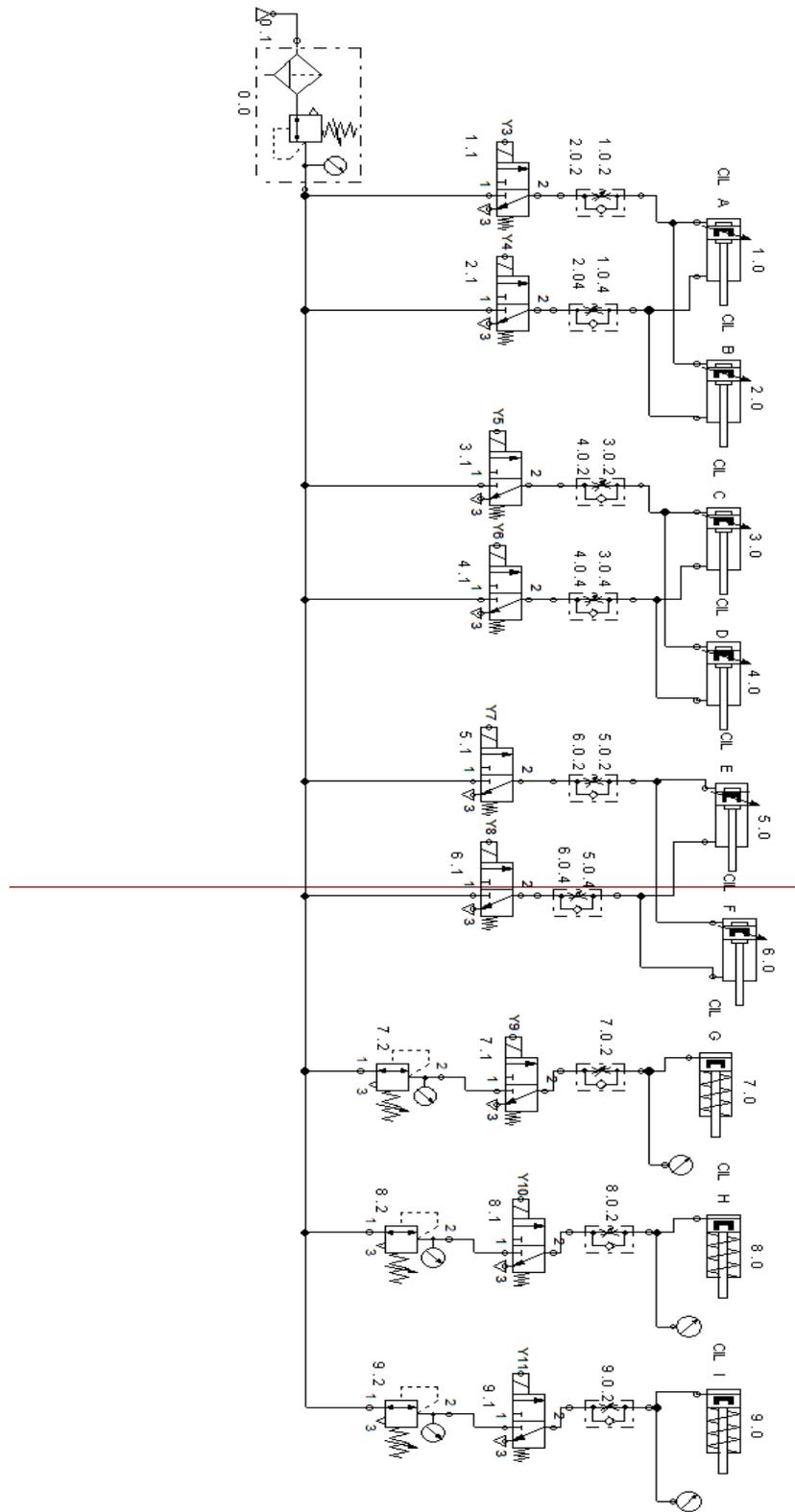
<http://www.transdriveonline.co.uk/wp-content/uploads/SMDFLYER.pdf>

ANEXOS

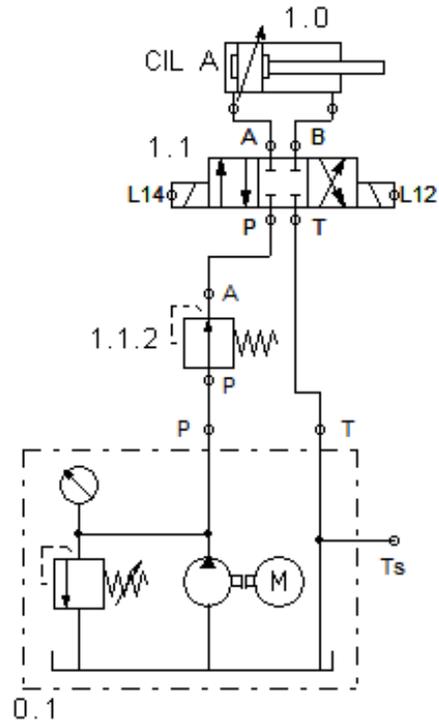
Anexo 1. Diagrama Neumático del Módulo de Alineación de la Rebobinadora KAMPF



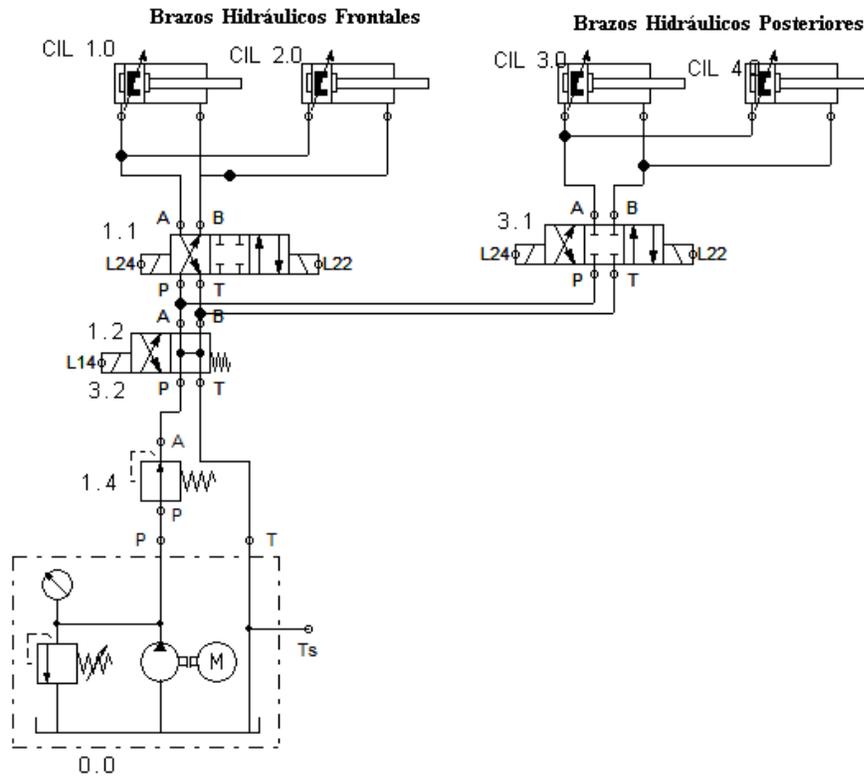
Anexo 2. Diagrama Neumático del Módulo de Rebobinado de la Rebobinadora KAMPF



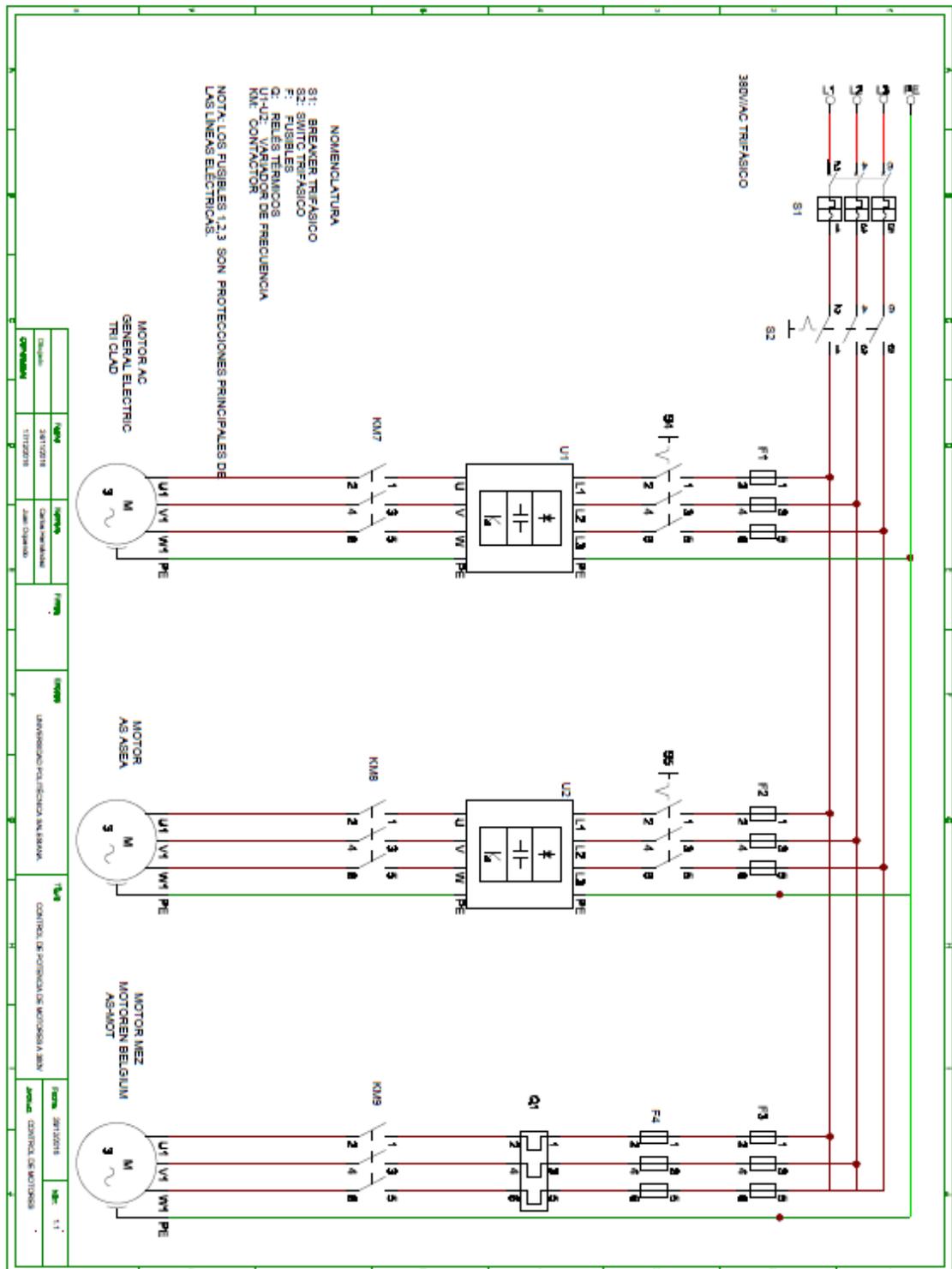
Anexo 3. Diagrama Hidráulico del Módulo de Alineación de la Rebobinadora KAMPF



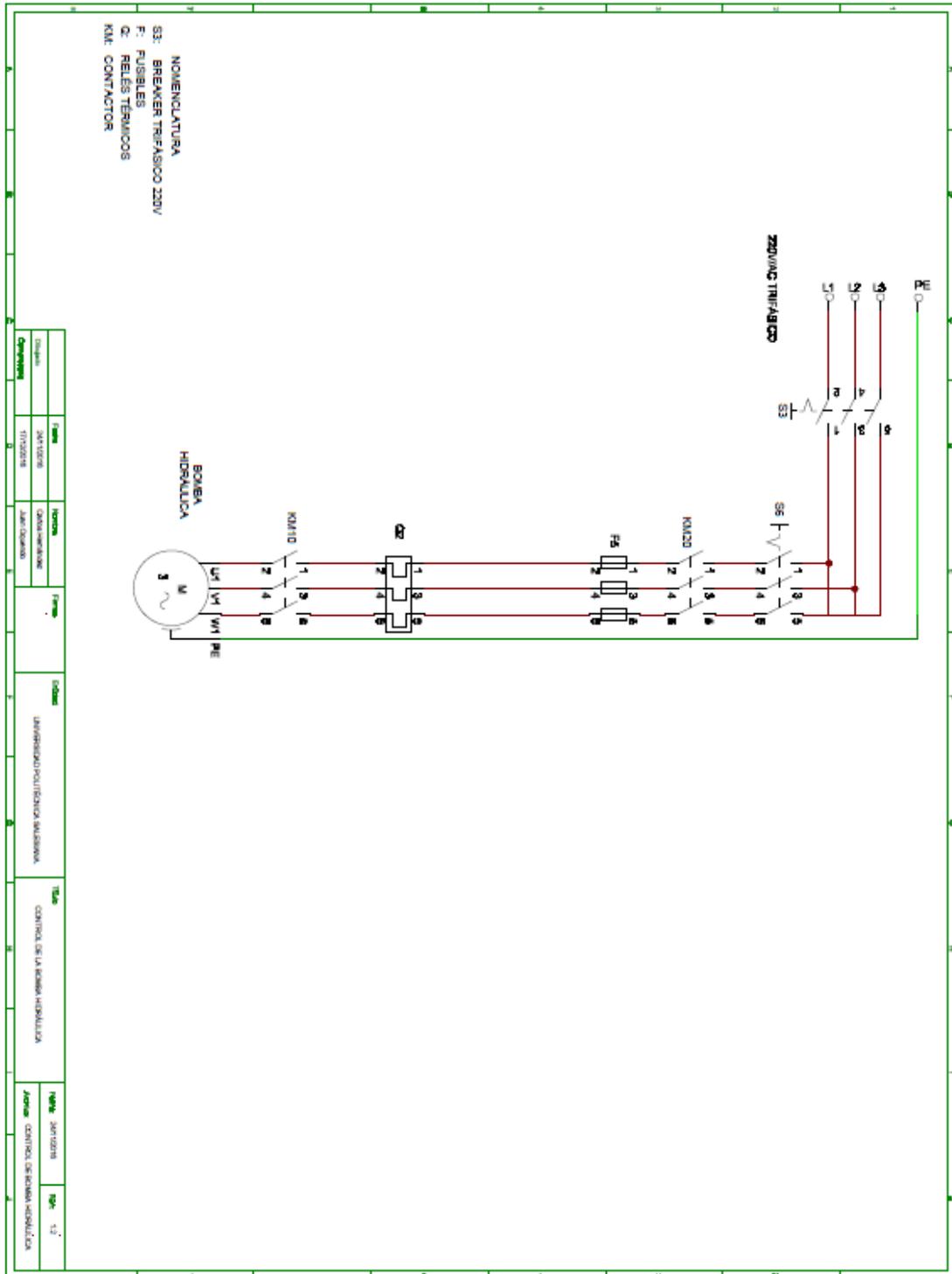
Anexo 4. Diagrama Hidráulico del Módulo de Rebobinado de la Rebobinadora KAMPF



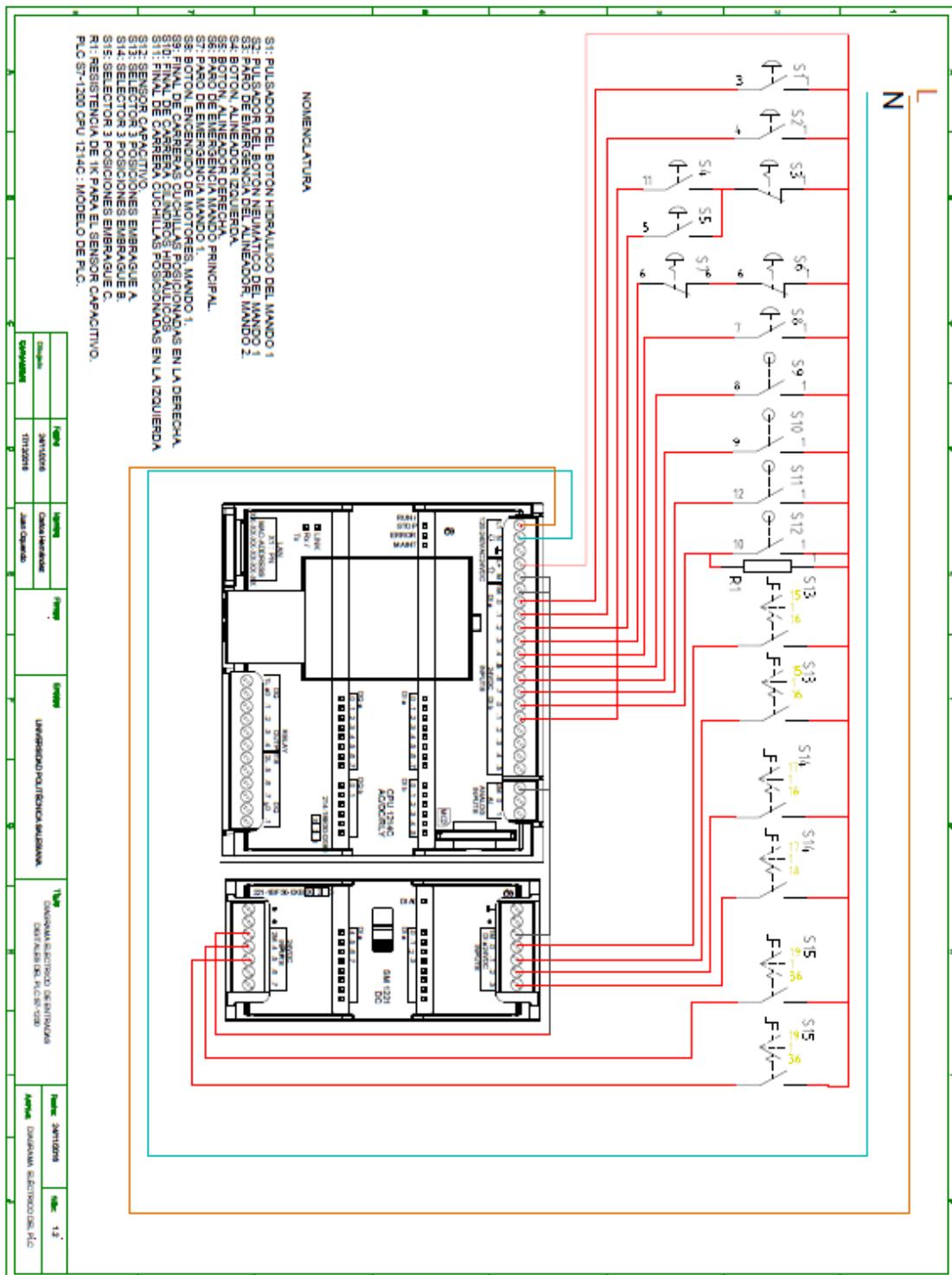
Anexo 5. Diagrama Eléctrico de Potencia de Motores Eléctricos



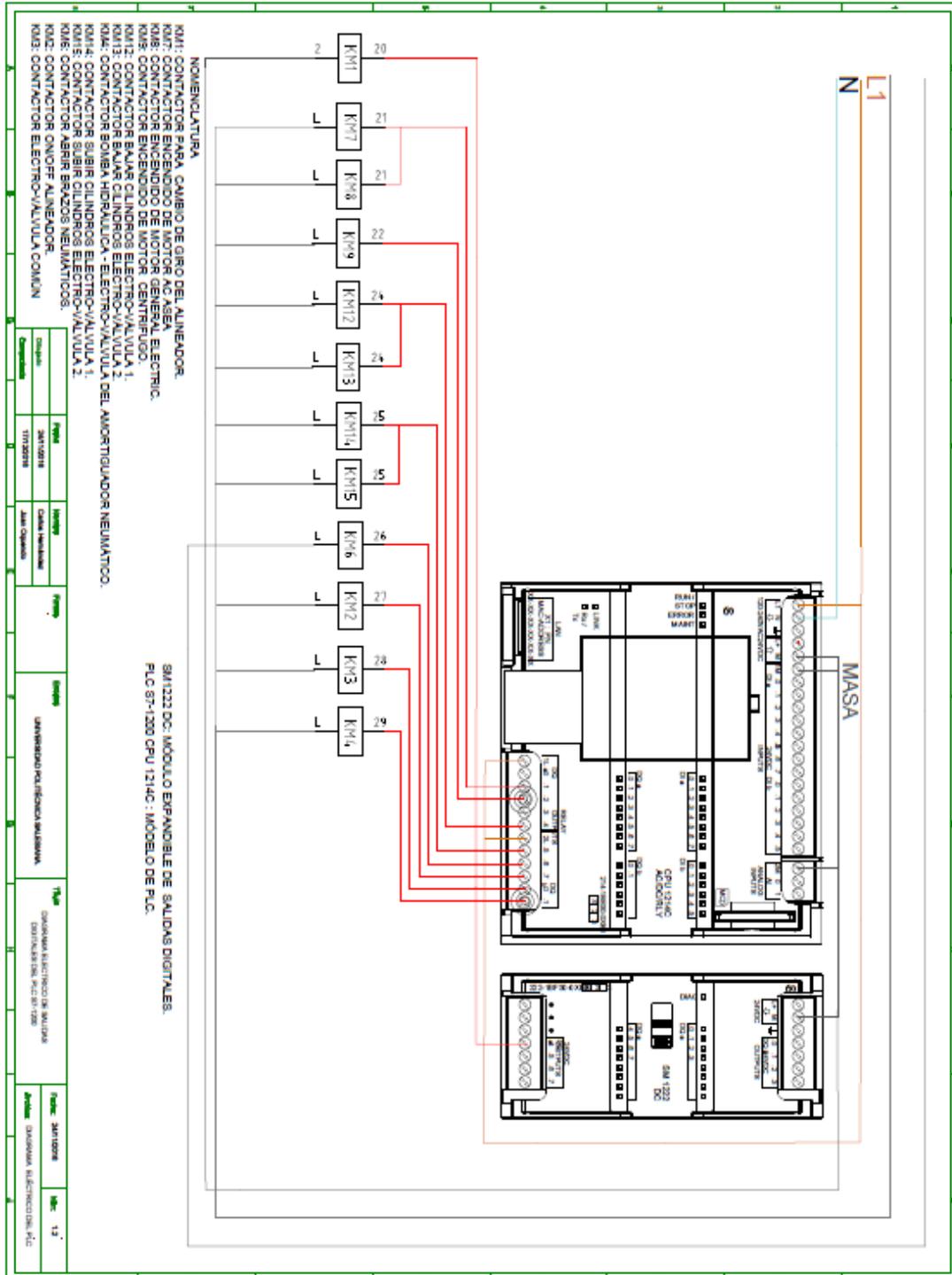
Anexo 6. Diagrama Eléctrico de Potencia de Bomba Hidráulica



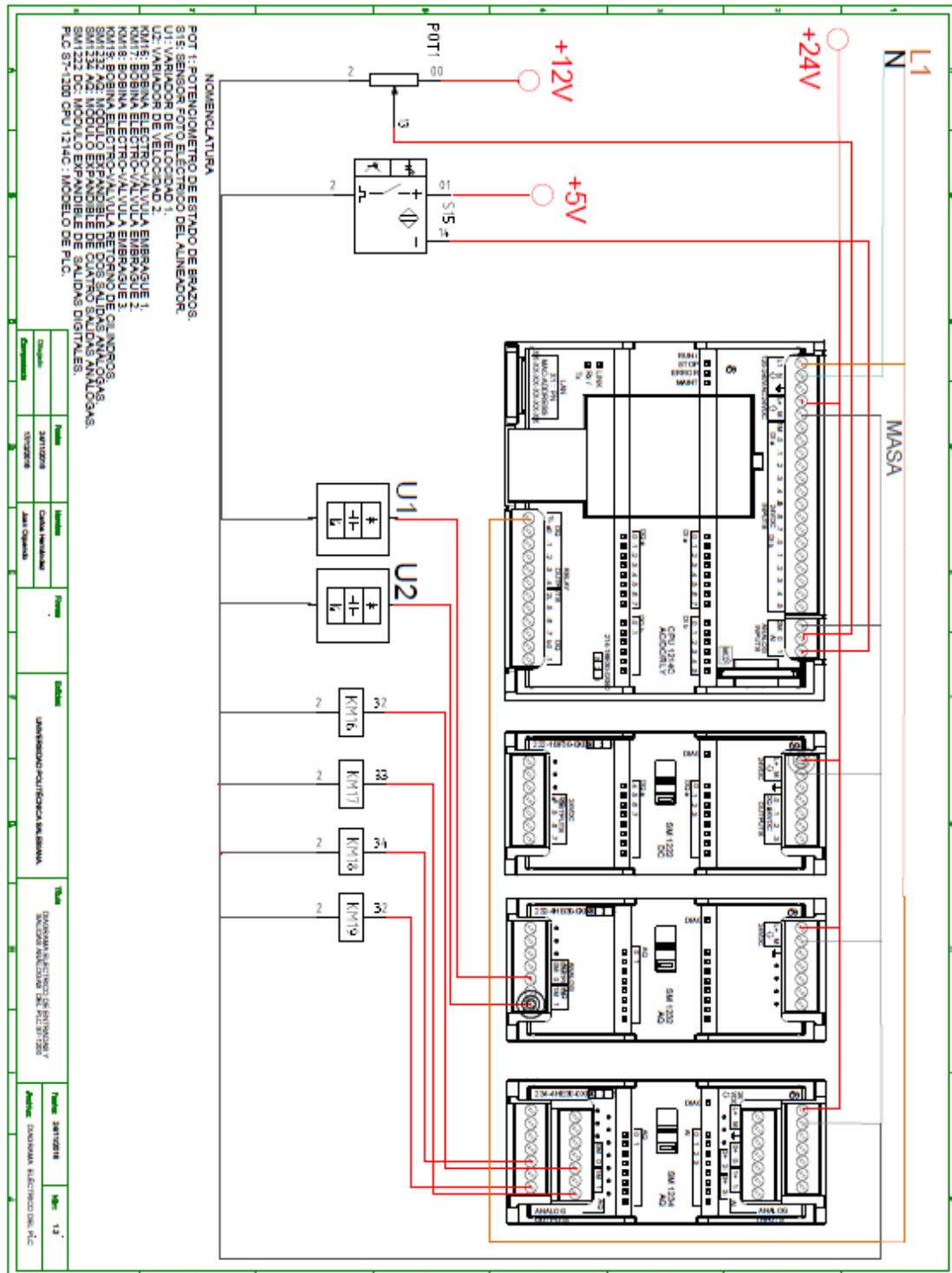
Anexo 7. Diagrama de Entradas Digitales del PLC S7-1200



Anexo 8. Diagrama de Salidas Digitales del PLC S7-1200



Anexo 9. Diagrama de Entradas y Salidas Análogas del PLC S7-1200



Anexo 10. Tabla de entradas digitales y análogas del PLC S7-1200 utilizadas en la automatización de la rebobinadora KAMPF.

ENTRADAS DIGITALES DEL PLC Y DE LOS MÓDULOS EXPANDIBLES	
DIRECCION PLC	DESCRIPCIÓN
I0.0	BOTÓN HIDRÁULICO
I0.1	BOTÓN NEUMÁTICO
I0.2	ALINEADOR DERECHA
I0.3	PARO DE EMERGENCIA
I0.4	ENCENDER MOTORES
I0.5	CUCHILLAS POSICIONADAS DERECHA
I0.6	FINAL DE CARRERA HIDRÁULICO
I0.7	CUCHILLAS POSICIONADAS IZQUIERDA
I1.0	SENSOR MAGNETICO
I1.1	ALINEADOR IZQUIERDA
I8.0	AUMENTAR TENSIÓN EMBRAGUE MÓDULO A
I8.1	DISMINUIR TENSIÓN EMBRAGUE MÓDULO A
I8.2	AUMENTAR TENSIÓN EMBRAGUE MÓDULO B
I8.3	DISMINUIR TENSIÓN EMBRAGUE MÓDULO B
I8.4	AUMENTAR TENSIÓN EMBRAGUE MÓDULO C
I8.5	DISMINUIR TENSIÓN EMBRAGUE MÓDULO C
ENTRADAS ANÁLOGAS DEL PLC	
DIRECCION PLC	DESCRIPCIÓN
IW64	POTENCIOMETRO VELOCIDAD
IW66	SENSOR DE COLOR

Anexo 11. Tabla de salidas digitales y analógicas del PLC S7-1200 utilizadas en la automatización de la rebobinadora KAMPF.

SALIDAS 24V Y TIPO RELÉ DEL PLC Y MODULOS EXPANDIBLES	
DIRECCION PLC	DESCRIPCIÓN
Q0.1	MOTORES AC
Q0.2	MOTOR CENTRIFUGO
Q0.3	N/C
Q0.4	BAJAR CILINDROS HIDRÁULICOS
Q0.5	SUBIR CILINDROS HIDRÁULICOS
Q0.6	ABRIR BRAZOS NEUMÁTICOS
Q0.7	ON/OFF ALINEADOR
Q1.0	ELECTRO-VÁLVULA COMÚN
Q1.1	BOMBA HIDRÁULICA-ELECTRO-VÁLVULA-AMORTIGUADOR NEUMÁTICO
Q12.4	CAMBIO DE GIRO DEL ALINEADOR
SALIDAS ANALÓGICAS DEL PLC	
DIRECCION PLC	DESCRIPCIÓN
QW130	SEÑAL VARIADOR DE FRECUENCIA 2
QW132	EMBRAGUE MÓDULO A
QW134	EMBRAGUE MÓDULO B
QW136	EMBRAGUE MÓDULO C
QW138	VÁLVULA DE CIERRE BRAZOS NEUMATICOS