



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

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

TEMA:

***“AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA TEJEDORA DE CALCETINES MARCA
KOMET KNITTER KS.”***

AUTOR: Carlos Andrés Cerón Puga

DIRECTOR: MSc. Cosme Damián Mejía Echeverría

IBARRA – ECUADOR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1 IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100299750-8		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Carlos Andrés Cerón Puga		
DIRECCIÓN:	Otavalo, Urb. El Empedrado, Gustavo Jácome y Rocafuerte		
EMAIL:	caceron@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	062921121	TELÉFONO MÓVIL:	0990805537

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA TEJEDORA DE CALCETINES MARCA KOMET KNITTER KS"
AUTOR (ES):	Carlos Andrés Cerón Puga
FECHA: DD/MM/AAAA	25/11/2021
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mecatrónica
ASESOR /DIRECTOR:	MSc. Cosme Mejía

CONSTANCIAS

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

Ibarra, a los 25 días del mes de noviembre de 2021.



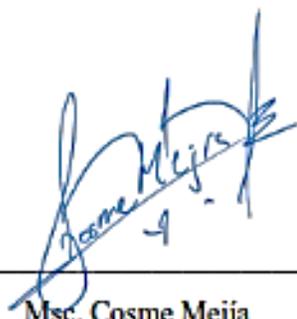
Firma

Nombre: Carlos Andrés Cerón Puga

Cédula: 1002997508

CERTIFICACIÓN

En calidad de tutor del presente Trabajo de Grado titulado: “**AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA TEJEDORA DE CALCETINES MARCA KOMET KNITTER KS**”, certifico que fue desarrollado por el señor Cerón Puga Carlos Andrés, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Cosme Mejía', is written over a horizontal line. The signature is stylized and includes a date '9-11'.

Msc. Cosme Mejía

DIRECTOR DEL PROYECTO

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo de investigación a Dios, por ser quien con su mano poderosa nunca me ha dejado solo, siempre me ha dado su aliento y las fuerzas para seguir adelante.

A mis Padres quienes han velado por mí en cada momento de mi vida, de manera muy especial a mi mami Amparito, ya que ella fue la que me ha enseñado que no hay que bajar los brazos, ni dejarse vencer por las adversidades, sino más bien luchar sin descanso hasta lograr conseguir la meta.

A mis abuelitos, Papá Eloycito, Mamá Lolita, Papa Alfonsito, que ya no están con nosotros, pero siguen viviendo en un lugar muy especial en mi corazón, y también a Mamá Charito que sigue junto a nosotros; ya que todos han sido un apoyo muy importante durante muchas etapas de mi vida.

Carlos Andrés Cerón Puga

AGRADECIMIENTO

Primeramente, a Dios por ser quien me dio la vida, la fuerza, la capacidad y la inteligencia para culminar este importante paso en mi vida.

A mis padres Patricio y Amparito, por ser quienes de muchas maneras me han ayudado, con su apoyo o también brindándome su aliento para seguir adelante en esta etapa.

A mis ñañas Paty, Mayri, Belencita y Paolita, las cuales conozco de toda mi vida, que amo con todo mi corazón y que siempre han estado conmigo ayudándome de muchas maneras.

A mi futura esposa Daysi, que ha sido alguien muy especial, que llegó en el momento exacto que necesitaba, y que me ha demostrado con su amor y su ternura que nunca me dejará solo.

A mis primos David y Paúl, que cuando lo necesite estuvieron ahí apoyándome con su aliento y ayuda, para llegar a la culminación de esta meta.

A la Universidad Técnica del Norte, por haberme abierto sus puertas y darme la oportunidad de poder llegar a ser un profesional con ética y valores.

A los docentes que me apoyaron en el desarrollo de este trabajo, de manera especial al Ing. Cosme Mejía, por su orientación y acompañamiento permanente.

A los amigos que hice en la Universidad, que, aunque fueron pocos, saben que los llevo en un lugar muy especial.

Y también a aquellas personas que ya no están conmigo, que las recuerdo con cariño y que fueron parte de este largo proceso, para todos ustedes. Muchas Gracias.

Carlos Andrés Cerón Puga

RESUMEN

Este trabajo de investigación pretende el mejorar el funcionamiento de la máquina tejedora de calcetines Komet Knitter KS modelo JL, que se encuentra ubicada en un taller de categoría artesanal de la ciudad de Otavalo; esta máquina al ser de tipo mecánico no posee ningún tipo de control sobre su funcionamiento, por lo que se encuentra gobernada por una cadena de tiempos; por lo que se utilizó un sistema que a través de un controlador permita el conteo de eslabones para controlar el paso de fase, así como determinar la fase de producción en la que se encontraba y el número de unidades que produjo durante la jornada de trabajo.

El sistema está controlado por una placa Arduino Mega, que recibe la señal de los sensores y del circuito contador; los cuales se encuentran en lugares estratégicos, así como de igual manera los dispositivos que efectúan el accionamiento para el cambio de fase de producción; con esto la información se indica en las pantallas para que el operario sea capaz de verificar el trabajo que se encuentra realizando la máquina y también permita llevar una cuenta más clara de la producción diaria.

El resultado de este trabajo de investigación se ve reflejado en la mejora de la producción, así como en la optimización de recursos, lo cual significa un ahorro en los costos de producción y aumentando la producción de calcetines.

Palabras clave: máquina tejedora de calcetines, Arduino, producción, controlador

ABSTRACT

This research work aims to improve the operation of the sock knitting machine Komet Knitter KS model JL, which is located in a workshop of artisan category in the city of Otavalo; this machine being of mechanical type does not have any control over its operation, so it is governed by a chain of times; so we used a system that through a controller allows the counting of links to control the passage of phase and determine the phase of production in which it was and the number of units produced during the workday.

The system is controlled by an Arduino Mega board, which receives the signal from the sensors and the counter circuit, which are located in strategic places, as well as the devices that perform the drive for the change of production phase; with this information is indicated on the screens so that the operator is able to verify the work that the machine is doing and also allows to keep a clearer account of the daily production.

The result of this research work is reflected in the improvement of production, as well as in the optimization of resources, which means a saving in production costs and an increase in the production of socks.

Keywords: sock weaver machine, Arduino, production, controller

TABLA DE CONTENIDO

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA	I
CONSTANCIAS	II
CERTIFICACIÓN.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO	V
RESUMEN.....	VI
ABSTRACT.....	VII
TABLA DE CONTENIDO.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIV
ÍNDICE DE TABLAS.....	XVIII
ASPECTOS GENERALES.....	1
Problema de Investigación	1
Antecedentes.....	1
Planteamiento del Problema	1
Objetivos	2
Objetivo Principal.....	2
Objetivos Específicos	3
Alcance.....	3
Justificación.....	4

Contexto	5
CAPÍTULO I.....	7
<i>1. Fundamentación Teórica</i>	<i>7</i>
<i>1.1. Sistema de control de lazo abierto</i>	<i>7</i>
<i>1.2. Sistema de control de lazo cerrado</i>	<i>7</i>
<i>1.3. Sensor de rotura de hilos</i>	<i>8</i>
<i>1.4. Contactor</i>	<i>9</i>
<i>1.5. Guardamotor</i>	<i>9</i>
<i>1.6. Arduino Mega</i>	<i>10</i>
<i>1.7. Servomotor</i>	<i>11</i>
<i>1.8. Laser</i>	<i>11</i>
<i>1.9. Fotocelda</i>	<i>12</i>
<i>1.10. Proceso de fabricación de calcetines</i>	<i>12</i>
<i>1.10.1. Elástico</i>	<i>15</i>
<i>1.10.2. Caña</i>	<i>15</i>
<i>1.10.3. Talón</i>	<i>16</i>
<i>1.10.4. Planta</i>	<i>17</i>
<i>1.10.5. Punta o Desperdicio</i>	<i>17</i>
<i>1.11. Descripción de la máquina Komet Knitter KS Modelo JL.....</i>	<i>18</i>
<i>1.11.1. Partes de la máquina</i>	<i>18</i>

<i>Motor principal</i>	18
<i>Banda de transmisión</i>	19
<i>Tambor principal de camones</i>	20
<i>Sistema de engranajes</i>	21
<i>Tubos de posición o Flautas</i>	22
<i>Tambores de tejido o cilindros</i>	23
<i>Agujas</i>	24
<i>Singeres</i>	24
<i>Sliders</i>	25
<i>1.11.2. Selección de hilo</i>	27
<i>1.11.3. Descripción del Sistema de Control mecánico</i>	31
<i>1.11.4. Funcionamiento</i>	31
<i>1.11.5. Producto Terminado</i>	34
<i>1.11.7. Situación de talleres cercanos</i>	36
CAPÍTULO II.	39
<i>2. Sistema de control de tamaño de calcetines</i>	39
<i>2.1. Descripción de la situación actual de la Máquina.</i>	39
<i>2.2. Propuesta del sistema de control de tallas</i>	41
<i>2.3. Desarrollo del algoritmo para el sistema de control</i>	41
<i>2.3.1. Diagrama de flujo del proceso de funcionamiento</i>	41

2.3.2.	<i>Diagrama de flujo de fallos en hilos</i>	43
2.3.3.	<i>Diagrama de flujo de corte de consumo eléctrico</i>	44
2.4.	<i>Selección de dispositivos para el sistema</i>	45
2.5.	<i>Descripción de funcionamiento del sistema</i>	49
2.5.1.	<i>Tallas</i>	49
	<i>Talla pequeña 2-4</i>	50
	<i>Talla intermedia 4-6</i>	51
	<i>Talla normal 6-8</i>	52
2.6.	<i>Análisis de funcionamiento del sistema</i>	53
CAPÍTULO III		54
3.	<i>Construcción e implementación del sistema</i>	54
3.1.	<i>Diseño del sistema de control eléctrico del motor de transmisión mediante el uso de software</i>	54
3.1.1.	<i>Implementación del sistema de control del motor</i>	54
3.1.2.	<i>Diseño del sistema eléctrico de control</i>	55
	<i>Diagrama eléctrico de arranque del motor de transmisión</i>	56
3.2.	<i>Implementación del sistema de control electrónico</i>	57
3.2.1.	<i>Controlador lógico y circuitos electrónicos</i>	58
3.2.2.	<i>Sensor de rotura de hilos</i>	59
3.2.3.	<i>Contador de eslabones de la cadena</i>	60

3.2.4. <i>Detección de fase</i>	62
CAPÍTULO IV	64
4. Pruebas y resultados	64
4.1. <i>Pruebas de funcionamiento</i>	64
4.1.1. <i>Primera fase: Calibración del sistema</i>	64
4.1.2. <i>Segunda fase: Prueba del sistema sin consumibles</i>	68
4.1.3. <i>Tercera fase: Prueba de funcionamiento total</i>	70
4.2. <i>Comparación de la producción entre el modelo previo y el sistema implementado</i>	72
4.3. <i>Fallas encontradas en el sistema de control y correcciones realizadas</i>	77
CAPÍTULO V	79
5. Costos del sistema	79
5.1. <i>Análisis de los Costos</i>	79
5.2. <i>Costos directos de fabricación del sistema</i>	79
5.3. <i>Costos Indirectos de fabricación del sistema</i>	80
5.4. <i>Costo de materiales usados para la fabricación de los calcetines</i>	80
5.5. <i>Resultado de análisis de los Costos de producción</i>	81
CAPÍTULO VI	85
6. Conclusiones y Recomendaciones	85
CONCLUSIONES	85
RECOMENDACIONES	86

BIBLIOGRAFIA..... 87

ANEXOS 90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Sistema de control de lazo abierto	7
Figura 2 Control de lazo cerrado	8
Figura 3 Sensor de corte de alimentadores	8
Figura 4 Contactores	9
Figura 5 Guardamotor	10
Figura 6 Arduino mega	10
Figura 7 Servomotor	11
Figura 8 Diodo laser	12
Figura 9 Sensor de luz con fotocelda	12
Figura 10 Proceso de fabricación del calcetín	13
Figura 11 Partes del Calcetín	14
Figura 12 Tejido Elástico	15
Figura 13 Tejido Caña	16
Figura 14 Tejido talón	16
Figura 15 Tejido planta	17
Figura 16 Tejido punta	17
Figura 17 Estado actual del motor	19
Figura 18 Banda de transmisión	20
Figura 19 Tambor principal	21
Figura 20 Tambor principal (Vista lateral)	21
Figura 21 Sistema de engranajes	22
Figura 22 Tubos de posición o Flautas	23

Figura 23 Tambores de tejido	23
Figura 24 Aguja Komet # 9	24
Figura 25 Singer usado en la máquina.....	25
Figura 26 Sliders usados en la máquina.....	25
Figura 27 Alimentador.....	26
Figura 28 Bobinas de material	26
Figura 29 Tambor de almacenamiento	27
Figura 30 Orllón.....	28
Figura 31 Poliéster	29
Figura 32 Bobinas de elástico.....	30
Figura 33 Bobina de hilo nylon	30
Figura 34 Palanca de avance manual	32
Figura 35 Cadena de eslabones planos	32
Figura 36 Eslabones con alza.....	33
Figura 37 Sistema de paro de funcionamiento.....	33
Figura 38 Tira de medias	34
Figura 39 Calcetín terminado de tejer.....	35
Figura 40 Aguja rota.....	35
Figura 41 Slider roto.....	36
Figura 42 Singer roto	36
Figura 43 Máquina electrónica de un taller cercano.....	37
Figura 44 Máquina electrónica de un taller cercano.....	37
Figura 45 Máquina electrónica de un taller cercano.....	38

Figura 46 Máquina computarizada actual.....	38
Figura 47 Estado actual de sensores de rotura de hilo	39
Figura 48 Estado actual de cilindros de tejido	39
Figura 49 Estado actual del activador del paro de falla	40
Figura 50 Estado actual de la banda de transmisión.....	40
Figura 51 Estado actual de los elevadores o flautas	40
Figura 52 Diagrama de flujo de funcionamiento de la máquina.....	42
Figura 53 Diagrama de flujo de detección de rotura de hilos	43
Figura 54 Diagrama de flujo de corte de energía.....	44
Figura 55 Caja del sistema de arranque del motor de transmisión	54
Figura 56 Botones de encendido y apagado (Vista interior).....	55
Figura 57 Guardamotor y contactor colocados en la riel Din.....	55
Figura 58 Imagen de switch de arranque de máquinas continuas del taller.....	56
Figura 59 Diagrama de arranque del motor de transmisión.....	57
Figura 60 Simulación del sistema mediante software.....	58
Figura 61 Controlador lógico implementado y circuitos electrónicos.....	59
Figura 62 Rehabilitación de sensores de rotura de hilo	60
Figura 63 Sensores de rotura de hilo reparados	60
Figura 64 Sistema de conteo de eslabones previo	61
Figura 65 Soporte para el sistema de conteo de eslabones	62
Figura 66 Secuencia lógica de activación del servomotor.....	62
Figura 67 Ubicación servomotor de fase	65
Figura 68 Ubicación servomotor de alimentador de elástico.....	65

Figura 69 Barra de activación del alimentador de elástico	66
Figura 70 Dispositivo para detección de fallas	66
Figura 71 Caja principal del sistema de control.....	67
Figura 72 Contador de eslabones	67
Figura 73 Palanca de cambio de fase activada por la cadena con alza	68
Figura 74 Tambor de tejido sin consumibles	69
Figura 75 Cadena plana sin alzas.....	69
Figura 76 Cadena con alzas	70
Figura 77 Tambor de almacenamiento de tejido vacío.....	70
Figura 78 Tambor de tejido con consumibles colocados.....	71
Figura 79 Tambor de almacenamiento de tejido con calcetines	71
Figura 80 Tejido terminado de calcetines después de un periodo de funcionamiento	72
Figura 81 Comparativa de eficiencia de producción Talla 2 - 4.....	75
Figura 82 Comparativa de eficiencia de producción Talla 4 - 6.....	76
Figura 83 Comparativa de eficiencia de producción Talla 6 - 8.....	76
Figura 84 Consumo eléctrico de los 2 últimos años del dueño del taller	81
Figura 85 Costos de Producción mensual durante el primer año de funcionamiento del sistema	84
Figura 86 Costos de Producción mensual durante el segundo año de funcionamiento del sistema	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características técnicas del motor de transmisión	18
Tabla 2 Comparación entre Arduino y PLC	45
Tabla 3 Valoración de selección de controlador programable.....	46
Tabla 4 Comparación de opciones disponibles de dispositivo de activación	47
Tabla 5 Valoración de selección de dispositivo de control para la cadena de tiempos	47
Tabla 6 Comparación de pantallas LCD disponibles.....	48
Tabla 7 Valoración de selección de pantalla.....	48
Tabla 8 Tiempos de funcionamiento del servomotor	53
Tabla 9 Datos de tiempo de producción diaria sin el sistema de control implementado	72
Tabla 10 Datos de tiempo de producción diaria con el sistema de control implementado.....	73
Tabla 11 Comparación de producción de máquina Komet Knitter KS	74
Tabla 12 Producción diaria de la máquina Komet Knitter KS	74
Tabla 13 Producción semanal de la máquina Komet Knitter KS	75
Tabla 14 Tiempos aproximados de arreglo por daños	77
Tabla 15 Fallas encontradas y correcciones realizadas en las pruebas de funcionamiento	77
Tabla 16 Costos directos de fabricación del sistema	79
Tabla 17 Costos indirectos de fabricación del sistema	80
Tabla 18 Costos de consumibles de la máquina – Referencias a septiembre de 2021	80
Tabla 19 Costos de materiales para el tejido – Referencia a septiembre de 2021	81
Tabla 20 Producción semanal y mensual de calcetines	82
Tabla 21 Distribución del costo de implementación del sistema de forma mensual	83
Tabla 22 Margen de utilidades durante los dos primeros años.....	83

ASPECTOS GENERALES

Problema de Investigación

Antecedentes

A nivel local, no existen trabajos de investigación documentados en las que se mencione que se haya manufacturado este tipo de sistemas de control en máquinas de confección de calcetines.

Luego de una investigación de campo, se logró determinar que, en la zona de Otavalo, existen talleres de confección de calcetines que encajan en la categoría de manufactura artesanal, y hay una sola fábrica industrial que se dedica a este tipo de actividad.

Los talleres funcionan en su gran mayoría en los domicilios de las personas que tienen este tipo de maquinaria, es decir son talleres familiares.

En estos talleres no se ha implementado ningún tipo de sistema de control para estas máquinas, ya que son máquinas mecánicas que han sido compradas a través de remates de fábricas o de talleres que ya no se dedican a esa actividad económica.

Este trabajo de investigación servirá como modelo para futuras investigaciones en las que se lleve a cabo una automatización más extensa que permita solventar otros problemas adicionales que puedan tener este tipo de talleres en la zona de la ciudad de Otavalo.

Planteamiento del Problema

En la provincia de Imbabura, específicamente en la ciudad de Otavalo, existen muchas personas que tienen sus talleres de confección de textiles, en los que existen varios tipos, entre los cuales algunos se dedican a la confección de medias o calcetines.

Una constante en este medio es el uso de máquinas artesanales, ya que, no se realiza la confección de calcetines a escala industrial por lo que se perdería el título de producto en categoría artesanal.

Las máquinas utilizadas para este propósito en su gran mayoría son máquinas mecánicas con un sistema que no tienen ningún tipo de control ni automatización, estas necesitan de un operario que verifique constantemente todo lo que sucede en el proceso de producción para que estas funcionen normalmente.

En ese sentido se puede ver, que un inconveniente es el de parar la producción para poder confeccionar un tamaño diferente de medida de los calcetines, esta modificación genera una gran pérdida de tiempo, ya que todo ese proceso de cambio es manual, haciendo una modificación en un sistema de cadena, que es el que determina los tiempos de funcionamiento de las fases de producción de los calcetines, por lo que se ha visto la necesidad de realizar un sistema que cumpla con ese objetivo sin necesidad de parar la producción y volviendo más eficiente a todo el proceso en sí.

El costo de las máquinas de última generación es en este caso muy costosas, por esa razón es viable el implementar un sistema de control sobre las máquinas que permita el controlar el funcionamiento y mejorar la producción.

Objetivos

Objetivo Principal

- Mejorar el funcionamiento de la máquina, automatizándola e implementando un sistema que permita seleccionar de manera sencilla, los tamaños de los calcetines sin parar la producción.

Objetivos Específicos

- Analizar la mejor opción en cuanto a formas de control y optimización del ciclo de trabajo de la máquina.
- Diseñar un sistema que permita controlar el ciclo de funcionamiento, para poder cambiar los tamaños y tallas de los calcetines de manera más eficiente.
- Implementar el sistema diseñado para que maneje el ciclo de funcionamiento de la máquina y que permita visualizar en qué fase se encuentra.
- Comprobar el funcionamiento del sistema, y también la mejora en la producción.

Alcance

Este sistema pretende controlar el funcionamiento de la máquina de confección de calcetines de marca Komet Knitter KS.

Controlar el tamaño de los calcetines usando un servomotor, que funcionará directamente sobre la cadena de tiempos, el cual será gobernado por un sistema de control en el cual se indicará el tiempo de funcionamiento.

- Mejorar el tiempo de producción evitando el cambio de tamaño de cadena.
- Usando este sistema permitirá que el tambor que controla las fases de tejido cambie de posición.
- Mostrar al operador la fase de tejido en la que se encuentra mediante un aviso visual.
- Detener el sistema si se presenta alguna falla en los sensores.

Los tiempos de funcionamiento de la máquina se deben a una cadena que, mediante los eslabones de esta, indica de manera mecánica, cual es la fase en la que se encuentra funcionando, para esto se tiene un tambor de transmisión que está conectado a la cadena y que a su vez acciona

los elementos de la máquina que confeccionan el tejido de un calcetín por cada vuelta completa del tambor, en el cual ya tiene predeterminado las fases de funcionamiento y producción.

Este sistema permitirá controlar el giro del tambor, así como mejorar la precisión de funcionamiento, y también que el operario pueda cambiar las tallas de las medias producidas sin generar pérdidas de tiempo y dinero.

Se generará un ahorro en el costo de producción, ya que, al poder cambiar los tamaños de los calcetines sin parar por mucho tiempo, esto genera mayor ganancia.

Este sistema dará mayor calidad en el tejido de los calcetines, dado que el sistema de tiempos de la cadena en algunos momentos falla por cuestiones mecánicas de desgaste normal.

El sistema de control le indicará cuando debe activarse para cambiar la posición que el tambor debe tener, y también procesará la información de los sensores para que en el caso de que exista una falla, el sistema de funcionamiento de la máquina se detenga.

En el caso de que el sistema se encuentre detenido y que no exista una revisión de este por parte del operador, se pondrá en marcha un temporizador que obligará al sistema a desconectarse de la energía, generando un ahorro adicional, evitando que el motor principal siga consumiendo energía eléctrica sin ejercer ningún tipo de trabajo.

La máquina que será usada es marca Komet Knitter KS, de procedencia inglesa fabricada en el año 1965.

Justificación

En la provincia de Imbabura, y en este caso en la ciudad de Otavalo, existen muchas personas que se dedican a la confección de medias usando máquinas mecánicas que no tienen

ningún tipo de control automático, haciendo que los tiempos de producción y por ende los costos sean más elevados generando pérdidas para los talleres en sí, por lo que se propone el realizar este tipo de automatización para mejorar el tiempo de producción y evitar pérdidas, aprovechando al máximo los recursos que tienen los talleres que se dedican a esta actividad económica,

Se pretende optimizar la fase de cambio de tamaño de confección de los calcetines, ya que el tiempo que se pierde realizando esta actividad de manera manual en si es molesto, complicado y demoroso.

Al proponer este proyecto, la intención es optimizar el uso de los recursos tanto humanos como materiales, para maximizar las ganancias en los talleres que son de tipo artesanal; al mejorar la producción y automatizarla, las personas encargadas de supervisar todo el proceso ya no tendrían que pasar tanto tiempo frente a las máquinas y se podría usar ese tiempo en otros procesos como el de dar los acabados al producto final.

Contexto

Las máquinas actuales o de última generación ya poseen un sistema computarizado que controla el funcionamiento de estas, haciendo que sean de mejor calidad y con mayores prestaciones hacia las fábricas o talleres, pero en el medio, solo podemos ver máquinas mecánicas fabricadas en la década de los 60 hasta los 80, por lo que no tienen ningún sistema de control o automatización, por lo que aplicando este sistema se podría mejorar la producción con un costo no tan excesivo.

Tomando en cuenta esta propuesta de automatización y mejora de la producción, no se encuentra ninguna investigación previa que se enfoque en eso, usada en este tipo de máquinas, ya

que la mayoría de las personas, optan por adquirir máquinas que ya tengan un sistema de control computarizado.

CAPÍTULO I.

1. *Fundamentación Teórica*

1.1. *Sistema de control de lazo abierto*

Un sistema de control de lazo abierto es aquel en el que se tiene una entrada de referencia, con la que un controlador evalúa la señal de entrada, y envía así una señal de control para que esta sea procesada y ejecutada, obteniendo un resultado que se requiere en forma de salida del sistema. [1]

Figura 1

Sistema de control de lazo abierto. Fuente [1]



Este sistema tiene varias partes en las cuales se puede ver el controlador y el proceso a ser controlado. Ya que directamente la señal de entrada se la envía hacia el controlador y obteniendo una señal de control que actuará sobre el proceso. La principal desventaja es que estos sistemas de control, la salida no se compara con la señal de referencia por lo que no se puede corregir dentro del controlador. Así que la única forma de obtener un resultado deseado es calibrando el sistema para que funcione según lo que se requiere. La ventaja es que estos sistemas son relativamente económicos [1].

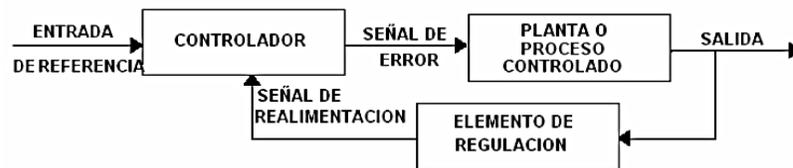
1.2. *Sistema de control de lazo cerrado*

Los sistemas de control de lazo cerrado son aquellos en los que similar a los sistemas de control de lazo abierto se tiene una señal de referencia que ingresa al controlador y se obtiene una señal de control, pero con la variante de que esta señal se puede enviar a una regulación para realizar una comparación la señal de referencia y así poder corregir las posibles fallas que se presenten en

el funcionamiento del sistema. Es decir, este tipo de sistemas tienen la ventaja de ser retroalimentados para corregir errores. [2]

Figura 2

Control de lazo cerrado. Fuente [2]



1.3. Sensor de rotura de hilos

La máquina tiene para poder controlar y evitar que se desperdicie material para tejido, un sistema de sensores interconectados entre sí haciendo que cuando exista una falla, estos se disparen y puedan detener el funcionamiento de la máquina, esto es, que se activa un pulso para descarrilar a la palanca de inicio que activa y une al sistema general de engranajes de la máquina con el sistema de polea que está conectado al motor principal.

Figura 3

Sensor de corte de alimentadores



1.4. Contactor

El contactor es un dispositivo eléctrico que sirve como un interruptor, esto sucede ya que en su interior posee un electroimán, que se activa dependiendo de si se habilita el paso de la energía; estos dispositivos se usan para abrir y cerrar circuitos de carga, habilitando el trabajo de motores y demás elementos. Estos contactores se los puede encontrar en el mercado de varios tamaños y voltajes dependiendo del uso que se requiera. También hay que indicar que estos dispositivos no tienen ninguna función de protección. [3]

Figura 4

Contadores. Fuente [3]



1.5. Guardamotor

El guardamotor es un dispositivo electromecánico que se lo utiliza para dar protección por sobrecargas, cortocircuitos y las fallas que suelen darse en las fases. Estos presentan un tamaño compacto que además permiten tener un ahorro en los costos de energía eléctrica ya que, al ser dispositivos de reacción rápida por cortocircuitos, hacen que la desconexión del motor sea en milésimas de segundo. Al igual que con el uso de estos dispositivos se ahorra en los costos de mantenimiento que puedan darse al motor ya que lo protege rápidamente evitando daños internos. El guardamotor siempre se lo conecta al principio de la línea de potencia para proteger todo el circuito de funcionamiento.[4]

Figura 5

Guardamotor. Fuente [4]



1.6. Arduino Mega

Es una placa electrónica que contiene microcontroladores AT Mega, este tipo de placas es usado a nivel mundial en proyectos de electrónica, robótica y demás. Estas placas poseen un sistema de programación propio basado en el Lenguaje C, por lo que es conocido como un proyecto Open Source.[5]

Arduino Mega es la placa que más características posee, en comparación con las otras placas de la familia Arduino; ya que este posee 54 pines digitales que sirven para entrada y salida de datos, 16 entradas análogas, cristal oscilador de 16 Mhz que lo hacen ideal para proyectos en los que se tiene que evaluar varias entradas a la vez. Esta placa funciona con un voltaje de 9V, lo cual lo hace que tenga un consumo bajo de energía.[6]

Figura 6

Arduino mega. Fuente [6]



1.7. Servomotor

Un servomotor es en sí un circuito electrónico que consta de varias partes como son un motor eléctrico, unos engranajes de accionamiento y un sistema de control. Este tipo de servomotores se los utiliza cuando se requiere de fuerza y precisión en un determinado movimiento. Ya que estos permiten el tener un control sobre la posición a la cual se desea llegar [7]. Esta se podría decir que es la ventaja que tienen sobre los motores comunes. Existen varios tipos de servomotores, pero se los puede catalogar entre los que funcionan con voltaje continuo y voltaje alterno. [8]

Figura 7

Servomotor. Fuente [7]

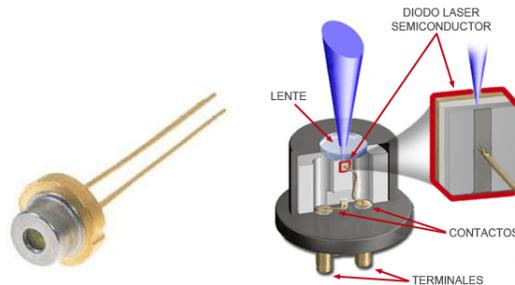


1.8. Laser

“La palabra láser es un acrónimo que significa *Light Amplified by Stimulated Emission of Radiation* (Luz amplificada por emisión estimulada de radiación)” [9]. Un diodo laser es un elemento electrónico capaz de emitir una señal luminosa de gran fuerza en un punto específico. Existen varios tipos de laser en el mercado local [10].

Figura 8

Diodo laser. Fuente [9]



1.9. Fococelda

Las fotoceldas son pequeños dispositivos electrónicos que generan una pequeña cantidad de corriente eléctrica cuando un haz de luz incide directamente sobre ellos. Este tipo de circuitos se los puede usar para controlar la activación del alumbrado público, entre otras aplicaciones [11].

Figura 9

Sensor de luz con fotocelda. Fuente [11]



1.10. Proceso de fabricación de calcetines

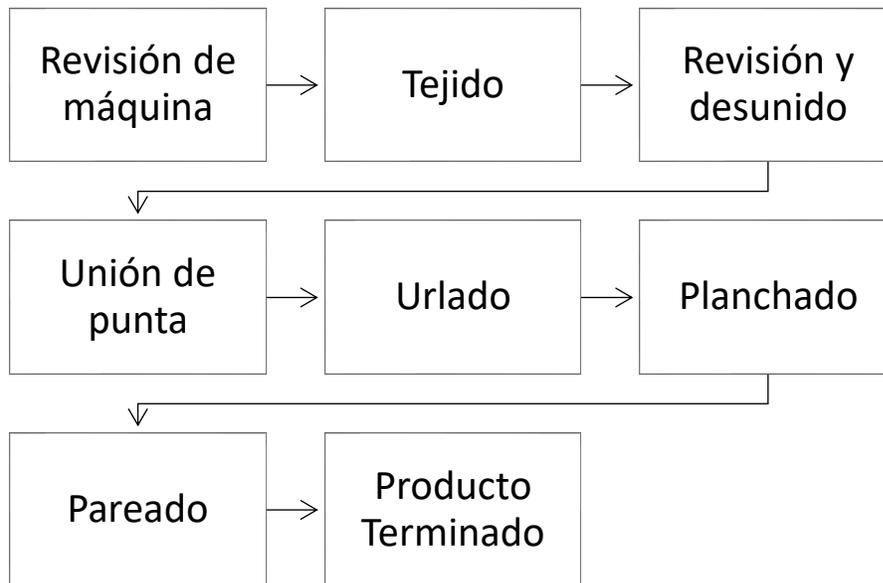
La fabricación de calcetines es un proceso en el cual, a partir de algunas hebras de hilo, que en su mayoría son de material sintético, como en este caso particular, de un material conocido con el nombre de orlón y que en el mismo tiempo con otros materiales como poliéster y fibra de

elástico; al ser procesadas, y llevadas dentro del sistema de la máquina, nos permite obtener un producto tejido terminado como es el caso de los calcetines.

El proceso de fabricación se puede determinar en varias partes que son:

Figura 10

Proceso de fabricación del calcetín



La primera fase es la revisión de la máquina para realizar los cambios requeridos por el cliente, ya que dependiendo de la necesidad se hacen los ajustes manuales a la máquina para la confección del tamaño y talla deseada.

En la fase de tejido, se realiza todo el procedimiento de tejeduría del calcetín, esto también se lo hace dependiendo de los requerimientos del cliente en cuanto a fibras a ser utilizadas.[12]

La fase de revisión y desunido sirve para poder en primera instancia, revisar el tejido de los calcetines para verificar errores y fallas, y también para desunir a los calcetines y hacerlos individuales. [13]

Durante la unión de punta, se utiliza una máquina llamada comúnmente unidora, que cose la punta del calcetín para que se pueda utilizar en la siguiente fase de producción.

En el Urlado es cuando se hace otro procedimiento, en el cual en la parte del elástico se cose un doblez para que tenga mayor resistencia, y de paso ayudar con la estética del calcetín. Se lo conoce como fase de puntada invisible.

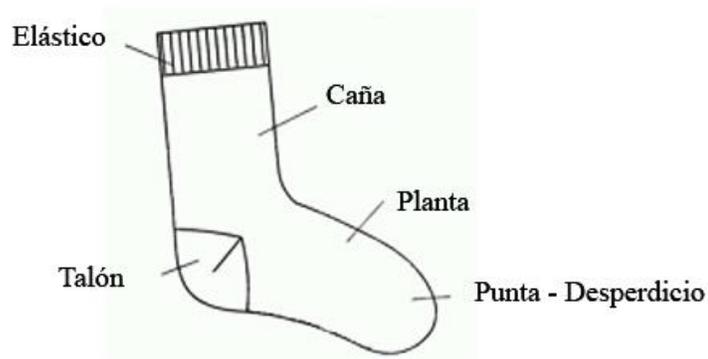
Para el planchado se utiliza planchas en forma de patrones de calcetín, que permiten se planche cada uno y quede de forma uniforme y sin dobleces. Esto es necesario para la presentación final [12].

A los calcetines ya planchados, se los tiene que colocar en pares; esto para poder clasificarlos, contarlos y también ya embalarlos dependiendo de la presentación necesaria. Esto puede ser en presentación en pares, o docenas. El producto terminado es cuando ya se lo tiene listo para la entrega y comercialización.

Visto cuales son en sí las fases de producción, esta investigación tiene el objetivo de mejorar la fase inicial de revisión y tejido del calcetín. En la figura a continuación se puede observar las partes que conforman el calcetín que se pueden ver a continuación: [13]

Figura 11

Partes del Calcetín. Fuente [13]



1.10.1. *Elástico*

En esta fase de tejido, se activan los alimentadores de tejido más el alimentador de elástico, en esta parte se produce un tejido liso que además contiene una hebra de elástico.

Esta es la parte superior del calcetín, se caracteriza por su forma ceñida en la que se puede apreciar cómo el elástico hace que sea más estrecho el tejido, permitiendo que esta parte se sujete a la pierna de la persona que se coloque el calcetín con lo que no se mueve de lugar.

Figura 12

Tejido Elástico



1.10.2. *Caña*

Es en muchos casos la fase más larga de tiempo de tejido, en la cual, dependiendo de la talla esta llega a ser larga y uniforme. En la mayoría de los casos el tejido de esta parte depende exclusivamente del tipo de calcetín a fabricarse, ya que existen varios tipos y esta parte en particular define el tipo de estos. Estos pueden ser:

- **Escolar o caña alta:** Este tipo de calcetines se caracterizan por tener el tejido de la caña de manera que sea larga, es decir que llegue en muchos casos hasta la altura de la rodilla y en menor medida hasta más arriba de la mitad de la pantorrilla. Estos calcetines son usados en su mayoría en nuestro medio por escuelas y colegios en los que tienen señoritas como alumnas.

- Tobillera: Este tipo de calcetines tiene como característica principal que el tamaño de la caña es muy corto, en muchos casos casi inexistente, por lo que estos calcetines sean usados en situaciones casuales y deportivas.

Figura 13

Tejido Caña



1.10.3. Talón

Esta parte del calcetín es en la cual se hace dos tipos de tejido a la vez, en la que se hace un tejido llano que es similar al de la caña y también un tejido que es de tipo atravesado. Aquí es donde se posa el talón del pie de la persona que usa el calcetín. [13]

Figura 14

Tejido talón



1.10.4. *Planta*

La planta es el tejido en el cual es la base del calcetín, este tejido va desde el final del talón hasta la punta. En todo esta parte el tejido es de tipo llano, ya que aquí soporta el contacto directo de la planta del pie y del interior del calzado que se usa normalmente.

Figura 15

Tejido planta



1.10.5. *Punta o Desperdicio*

Esta fase de tejido es conocida como desperdicio, ya que esta parte es la unión entre el calcetín elaborado anteriormente con el nuevo que se está tejiendo. Esta parte es la que sirve para poder desunir los calcetines y seguir en las fases de acabados en los calcetines.

En las máquinas actuales, esta parte del calcetín ya no se encuentra, dado que, estas producen los calcetines de uno a uno, es decir, que se realiza el tejido de un calcetín completo, y reinicia de nuevo el proceso con lo cual los calcetines no quedan unidos y es más fácil el poder continuar con el proceso de acabado.

Figura 16

Tejido punta



1.11. Descripción de la máquina Komet Knitter KS Modelo JL

1.11.1. Partes de la máquina

Motor principal

El sistema principal de funcionamiento de la máquina es a través de un motor eléctrico principal, este motor a diferencia de los motores comunes es llamado Motor de transmisión, es decir que ya se encuentra modificado para que su uso sea de forma directa sobre la polea sin necesidad de hacer ningún tipo de reducción para el funcionamiento sobre la polea principal; este se encuentra ubicado en este caso en la parte posterior inferior de la máquina.

El motor eléctrico está catalogado como un motor de jaula y tiene las siguientes características:

Tabla 1

Características técnicas del motor de transmisión

Tipo	Iron Cast
Alimentación	240 V – 1 condensador
Consumo	3 kW
Fuerza	1 hp
Frecuencia	60 Hz
Frame Size	80 - 355
Lubricación	Facilidad de reengrase
Temperatura Ambiente	-20 C - 40 C

Este motor se encuentra en estado funcional, aunque el tiempo de vida útil sugerido es de 10 años; este motor ya ha cumplido su vida útil, por lo que es necesario realizar un cambio de motor a la brevedad posible.

Dado el ambiente actual, muchas personas insisten en mantener funcionando a sus motores hasta que en ellos no exista la necesidad de reparación, ya que la cultura que se mantiene es que mientras funcione, se debe usar.

Bajo este enfoque, existen muchas personas que ya tienen dentro de sus talleres un plan de mantenimiento periódico, que lo realizan aproximadamente cada 6 meses, en el caso particular del motor antes mencionado, esto se lo realiza también, pero no dentro de un plan de mantenimiento preventivo, sino más bien, por evitar que llegue a tener desperfectos, que podrían generar pérdidas de tiempo y de dinero. Por lo cual se lo realiza una vez al año.

Figura 17

Estado actual del motor



Banda de transmisión

También conocida como correa de transmisión, es aquella que sirve para transferir el movimiento del motor hacia el sistema principal de engranajes de la máquina, el cual permite que se accione todo el sistema mecánico; esta banda está colocada y tensada dada la posición actual del motor.

La distancia que existe entre la rueda motriz del motor hasta el cilindro principal del sistema de engranajes es de 1 metro de longitud, por lo que el tamaño total de la banda es de 2 metros aproximadamente.

La condición actual de la banda es que se encuentra en estado funcional, pero luego de una inspección física, se puede constatar que ya no se encuentra en buen estado, por lo que es necesario que sea reemplazada. Este tipo de banda está hecha de un material sintético que tiene como

promedio de vida útil un lapso de 3 años, todo depende del tipo de uso y el tiempo de trabajo de la banda.

Figura 18

Banda de transmisión



Tambor principal de camones

El tambor de camones es en sí, un sistema en el cual se encuentran programadas todas las funciones de la máquina en sí, ya que a través de ella funcionan todas las partes mecánicas como las de tejido, tiempos y cambio de fase.

Las dimensiones del tambor son de 15 cm de diámetro y 45 cm de largo. Este tambor acciona al sistema conocido como tubos de posición o flautas, estas mueven las partes móviles de tejido de la máquina, como son los sliders, agujas y singeres.

Estos camones están diseñados para levantar y bajar las flautas que se encuentran en contacto con ellos.

Figura 19

Tambor principal



Figura 20

Tambor principal (Vista lateral)



Sistema de engranajes

El sistema de engranajes es una parte fundamental en la máquina, ya que estos permiten que todo el sistema mecánico funcione. Los engranajes se los encuentra en varios tamaños y con diferentes números de dientes.

Figura 21

Sistema de engranajes



En este sistema podemos encontrar varios tipos de engranajes, entre los cuales tenemos:

- Engranaje de medialuna
- Engranaje principal
- Cadena de engranajes

Tubos de posición o Flautas

Al tambor de camones se encuentran en contacto un sistema de flautas o tubos que se encargan de activar varias funciones en la máquina como son el permitir el paso de un determinado hilo de tejido o el activar los sliders para un determinado proceso de tejido. Las dimensiones de las flautas son de 55 cm de tamaño.

Figura 22

Tubos de posición o Flautas



Tambores de tejido o cilindros

Este tambor es en realidad 2 cilindros de 9 centímetros de diámetro interior; que actúan juntos en un solo movimiento, estos cilindros tienen el movimiento gracias al sistema de engranajes que hace que exista un movimiento giratorio constante. Estos cilindros están formados en su parte exterior por pistas en las cuales se pueden colocar los singers y sliders, que son los que mueven a las agujas para hacer el tejido del calcetín, dependiendo de la fase que necesite.

Figura 23

Tambores de tejido



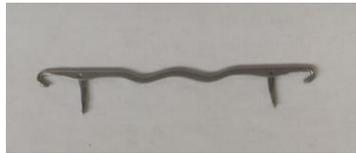
Agujas

Las agujas son elementos indispensables para el funcionamiento correcto de la máquina, estos elementos se los puede considerar dentro de la categoría de consumibles; las agujas con las encargadas de realizar el tejido del calcetín. En el mercado existen de muchos tipos y tamaños, y en esta máquina funcionan solo las agujas llamadas de Komet #9.

Las máquinas tejedoras son capaces de realizar varios tipos de tejidos como el 1x1, 2x1, 7x1, etc., que significa el número de aguas que se activan a la vez para realizar el tejido, en este caso, el tejido de esta máquina es de 1x1, ya que se activa 1 aguja de subida y 1 aguja de bajada.

Figura 24

Aguja Komet #9



Singeres

Estos elementos se los utiliza en la parte inferior del segundo cilindro, estos cumplen la función de mantener tensado el tejido que han realizado las agujas para con eso evitar que existan errores en el tejido, dado que las agujas necesitan que, al momento de dejar de funcionar, sean liberadas para poder seguir realizando el tejido en general.

Figura 25

Singer usado en la máquina



Sliders

Estos elementos también colocados en la categoría de consumibles son los encargados de realizar el movimiento de las agujas, ya sea jalándolas hacia abajo, o hacia arriba dependiendo de donde se encuentren ubicadas.

Los sliders los hay de distintos tamaños y numeración, se los usa dependiendo de la necesidad de tejido. En el caso de esta máquina se usan 3 tipos de sliders.

Figura 26

Sliders usados en la máquina



Alimentadores de hilo

Los hilos se los comercializa embobinados en forma de conos pequeños, este material se lo debe colocar para que pasen a través de los alimentadores, estos tienen un sistema de control en el que si se disparan hacen que la máquina se detenga, esto como método para parar el funcionamiento de la máquina.

Todos estos alimentadores se encuentran ubicados en su mayoría cerca de los cilindros, y se los conoce como dedos, por la forma que tienen que se asemeja a un dedo humano. Los materiales que se usan pueden ser hilos de orlón, poliéster, algodón, nylon, todo esto dependiendo del tipo de calcetín que se quiera confeccionar.

Figura 27

Alimentador

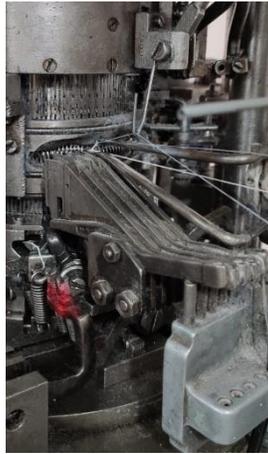


Figura 28

Bobinas de material



Tambor de almacenamiento de calcetines

Este es el tambor de almacenamiento de los calcetines luego de que son producidos, aquí se enrollan dentro del mismo hasta que sean sacados de la máquina. Este tambor posee un engranaje que hace que los calcetines ya producidos sigan guardándose dentro del tambor, evitando que se dañen o ensucien por todo el sistema mecánico que se encuentra funcionando.

La máquina produce los calcetines en forma de una sola hilera de tejido que se encuentra unida y en lo que el siguiente paso del proceso es el de desunir a las medias para seguir dándole los acabados de manera individual.

Figura 29

Tambor de almacenamiento



1.11.2. Selección de hilo

Hilos sintéticos

En la actualidad se puede encontrar gran variedad de materiales sintéticos, los cuales son usados para la fabricación de varios tipos de prendas, estas pueden ser telas que luego pueden ser usadas en camisetas, sacos, etc.; en esta investigación nos estamos enfocando en la fabricación de

calcetines, así como las fibras sintéticas usadas para su confección, las cuales se muestra a continuación:

Orlón

Esta es una fibra sintética desarrollada a partir de acrilonitrilo, de la cual se obtuvo por primera vez la fibra Orlón, por parte de la empresa Du Pont en 1950. Este tipo de fibra sintética se asemeja en forma a la lana. En el mercado nacional existen de varios tipos, pero en el caso de esta máquina solo usa Orlón 1/36, la numeración es la que indica el grosor de la fibra. Sus características hacen que sea una elección casi obligatoria por los propietarios de estos talleres, ya que es [14]:

- Costo por bobina no tan elevado.
- Fácil de lavar.
- Tiene resistencia a los daños por las polillas, moho, insectos y las sustancias químicas.
- Excelente estabilidad del color y capacidad de teñido en brillante
- Gran variedad de Colores
- Alta resistencia a la luz solar ligero, suave y cálido,
- Tiene un lado caliente y seco como la lana.

Figura 30

Orlón. Fuente [14]



Poliéster

Al igual que el orlón, este también es una fibra sintética, la cual se obtiene directamente del petróleo, luego de una sucesión de procedimientos, los cuales permiten disponer de fibras que son usadas dentro del ámbito textil [15]. En el mercado existen varios tipos de fibras de poliéster que varían en tamaño, color, grosor, peso; en nuestro caso se ocupa poliéster. Lo que lo hace atractivo para las personas que confeccionan calcetines son [16]:

- Su valor es muy económico.
- Hace que el producto final tenga un peso mínimo.
- Es resistente a la humedad, se seca rápido y no presenta arrugas.
- Tiene buena elasticidad, con una resistencia considerable a la abrasión, a la decoloración, a los rayos UVA, a las altas temperaturas y a las bacterias y el moho.
- Soporta la aplicación de tintes químicos y el uso de otros productos.

Figura 31

Poliéster. Fuente [16]



Elástico

Este material se usa solamente para la parte de elástico del calcetín, ya que este es el que hace que esa parte tenga una resistencia elástica, se lo conoce como fibra de Elastómero látex, en

el caso de esta investigación se usa el tipo 90, en el mercado nacional existen varios tipos de elástico, aunque hay que tomar en cuenta que este material es un tanto costoso, por lo que se lo usa de manera muy controlada [17] .

Figura 32

Bobinas de elástico. Fuente [17]



Nylon

El hilo de nylon es un material sintético que en comparación a otros tipos de material sintético tiene una textura más suave y sedosa. También se lo puede considerar como un material elástico ya que, si se le aplica tensión, este regresa a su posición original. En cuanto a la resistencia del material, es un material sumamente resistente, razón por la cual este es usado en muchos accesorios como mochilas y bolsos [17].

Figura 33

Bobina de hilo nylon. Fuente [17]



1.11.3. Descripción del Sistema de Control mecánico

El sistema de control de la máquina está basado en un mecanismo mecánico ya que no cuenta con ningún tipo de control electrónico, este sistema desactiva los engranajes principales que se encuentran conectados al tambor principal de camones, lo cual hace que la máquina se detenga, mas no deje de consumir recursos como seria en este caso el motor principal.

1.11.4. Funcionamiento

Esta es una máquina marca Komet de procedencia inglesa, el modelo específico es JL, que hace relación a su funcionamiento y tamaño. Está basada en el funcionamiento de repetición a través de una cadena para determinar las tallas de las medias. El funcionamiento de la máquina luego de ser encendida empieza haciendo el puño con elástico, luego pasa a hacer caña, de ahí hace talón, luego hace planta, y finaliza con el tejido de la punta o desperdicio.

Las partes móviles dentro de la máquina son agujas, sliders, singeres, cada uno cumple una función específica.

Se la conoce como máquina de doble cilindro, en la parte superior tiene sliders, al igual que en la parte inferior, en la parte intermedia están las agujas. Los sliders gobiernan el movimiento de las agujas para que efectúen el tejido, los singeres son los que tensan el tejido ya realizado para que el tejido siga su movimiento de tejido hacia abajo de acuerdo con las pistas que se encuentran dentro de las tapas de los cilindros.

El tejido que hace esta máquina es llamado 1x1 o llamado también universal. Se lo conoce de esta forma ya que en el movimiento normal una aguja sube y otra baja al mismo tiempo.

El cilindro de camones tiene predeterminado las funciones de la máquina, dado que los camones tienen diferentes tamaños y cumplen la función de mover las flautas para que activen o desactiven el movimiento de los sliders para que muevan o suelten las agujas haciendo el tejido.

El sistema general de engranajes está compuesto por varios engranajes los cuales se activan cuando se levante la palanca principal de funcionamiento.

En la parte posterior posee una palanca de avance que permite visualizar el funcionamiento de la máquina de forma manual.

Figura 34

Palanca de avance manual



La cadena de tiempos está conformada por eslabones y alzas, estas alzas son las que permiten el paso de fase, al igual que los eslabones planos son los que dan el tamaño al calcetín.

Figura 35

Cadena de eslabones planos



Figura 36

Eslabones con alza



El sistema general de error de la máquina está conectado a unos dispositivos sensibles al movimiento, estos se encuentran conectados en circuito serie, esto hace que, si un disparo se encuentra activado, no permita que se active el movimiento normal de la máquina hasta que el error sea corregido. Este es un sistema eléctrico basado en disparos mecánicos.

Figura 37

Sistema de paro de funcionamiento



Los sliders son los únicos consumibles de la máquina que se dañan por desperfectos mecánicos, esto se da por varios motivos como puede ser, por falla en el tejido, o ruptura de agujas, lo cual no permite que este se deslice normalmente y choque con las esquinas de las pistas.

Las agujas tienen una vida útil muy corta, que en términos de uso se podría determinar como 30 días de uso ininterrumpido, los singeres en cambio tienen una vida útil de 6 meses a 1 año, lo cual indica que estos dos consumibles tienen en común, que su falla se da por desgaste

principalmente, aunque hay veces que vienen con desperfectos de fabricación que hace su utilidad sea menor aún.

1.11.5. Producto Terminado

Después de un tiempo de funcionamiento de la máquina, está llena el tambor de almacenamiento; el producto que se obtiene es una tira larga de medias que se encuentran unidas entre sí. Un detalle que hay que tomar en cuenta, es que, al ser máquinas de funcionamiento mecánico, que el interruptor que se encuentra cerca de la boca del tambor de almacenamiento se activa si este se encuentra lleno, por lo que el operario tiene que revisar que no se encuentre lleno el tambor.

Figura 38

Tira de medias



La tira que se obtiene luego del trabajo de la máquina tiene que ser desunida en calcetines individuales, esto es, que se tiene que cortar; este paso es importante en la línea de producción ya que con eso se puede pasar a las fases finales, que es donde se realizan los terminados para su posterior embalaje, almacenamiento y envío.

Figura 39

Calcetín terminado de tejer



1.11.6. Posibles fallas y errores de funcionamiento

Dado que es una máquina que tiene muchos años desde que fue fabricada, la tecnología de producción que poseen este tipo de máquinas es muy limitada, por lo que, en aquel entonces cuando se fabricaron se previeron varios mecanismos para detectar fallas y errores de funcionamiento.

Las fallas más comunes en los calcetines son las fallas de tejido, que pueden deberse a múltiples causas como:

- Mal funcionamiento de una lengüeta de una aguja.
- La ruptura de una aguja
- Ruptura de un slider.
- Singer defectuoso o roto.
- No paso de material por los alimentadores.
- Falta de material en las bobinas de hilos.

Figura 40

Aguja rota



*Figura 41**Slider roto**Figura 42**Singer roto*

Los errores de funcionamiento se dan también por múltiples causas:

- Falla eléctrica
- Ruptura de la banda de transmisión
- Deslizamiento de la banda de transmisión.
- Falla de la cadena de tiempos
- Falla general del sistema de engranajes.

1.11.7. Situación de talleres cercanos

En los talleres cercanos, dadas las condiciones económicas actuales, muy pocos han optado por modernizar su maquinaria de trabajo, manteniendo de esta manera las máquinas mecánicas que poseen; ya que el precio de las máquinas computarizadas, o las llamadas electrónicas que ya poseen un nivel más complejo de control, sean aun inaccesibles.

Existen talleres en los que se ha hecho el esfuerzo necesario para conseguir máquinas más actuales, pero son contados los que poseen este tipo de maquinaria.

Figura 43

Máquina electrónica de un taller cercano



Figura 44

Máquina electrónica de un taller cercano



Figura 45

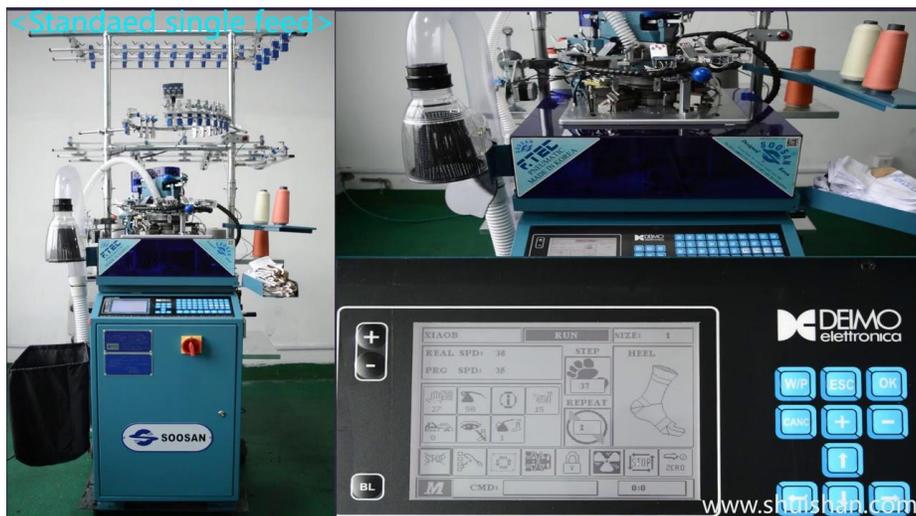
Máquina electrónica de un taller cercano



Las empresas grandes del sector como Mecrisga, o empresas Pinto, son las únicas que han modernizado su maquinaria y también su infraestructura, haciendo que las personas que se dedican a esta actividad de forma artesanal tengan que bajar los precios de sus productos para poder ser competitivos dentro del mercado local. Las máquinas computarizadas son como la siguiente [18]:

Figura 46

Máquina computarizada actual. Fuente [18]



CAPÍTULO II.

2. Sistema de control de tamaño de calcetines

2.1. Descripción de la situación actual de la Máquina.

La máquina se encuentra en condiciones de trabajo normales, es decir, que se encuentra funcionando sin inconvenientes; todos sus elementos se encuentran en condiciones aceptables, pero se ve a simple vista que necesita un reajuste general de todos sus elementos móviles y fijos.

Figura 47

Estado actual de sensores de rotura de hilo



Figura 48

Estado actual de cilindros de tejido



Figura 49

Estado actual del activador del paro de falla



Figura 50

Estado actual de la banda de transmisión



Figura 51

Estado actual de los elevadores o flautas



Las fases de funcionamiento de la máquina son en sí basados en un contador de eslabones, ya que, al estar sincronizadas para cumplir una función durante un tiempo específico, esta situación nos permite el poder controlar las fases de funcionamiento a través del sistema de control que se lo está implementando en este trabajo de investigación.

2.2. Propuesta del sistema de control de tallas

Se propone el realizar un sistema que sea capaz de controlar las tallas que se van a confeccionar de manera predeterminada, así también que sea capaz de indicar por las pantallas que tiene disponible, un mensaje en el que indica la talla que se está fabricando, unidades producidas, el número de eslabón en el que se encuentra y fallas con un aviso en pantalla que indique que existe una falla en la máquina, con esto logrando que la producción se optimice.

Se usan los sensores de rotura de hilo que se encuentran en la máquina, pero haciéndolos parte del sistema de control a través de conexiones eléctricas que permitan reconocer cuando exista una falla. Además, si hay una falla en los sensores, se detenga el funcionamiento del sistema de la máquina, y también el motor de transmisión; todo esto controlado por el dispositivo programable.

2.3. Desarrollo del algoritmo para el sistema de control

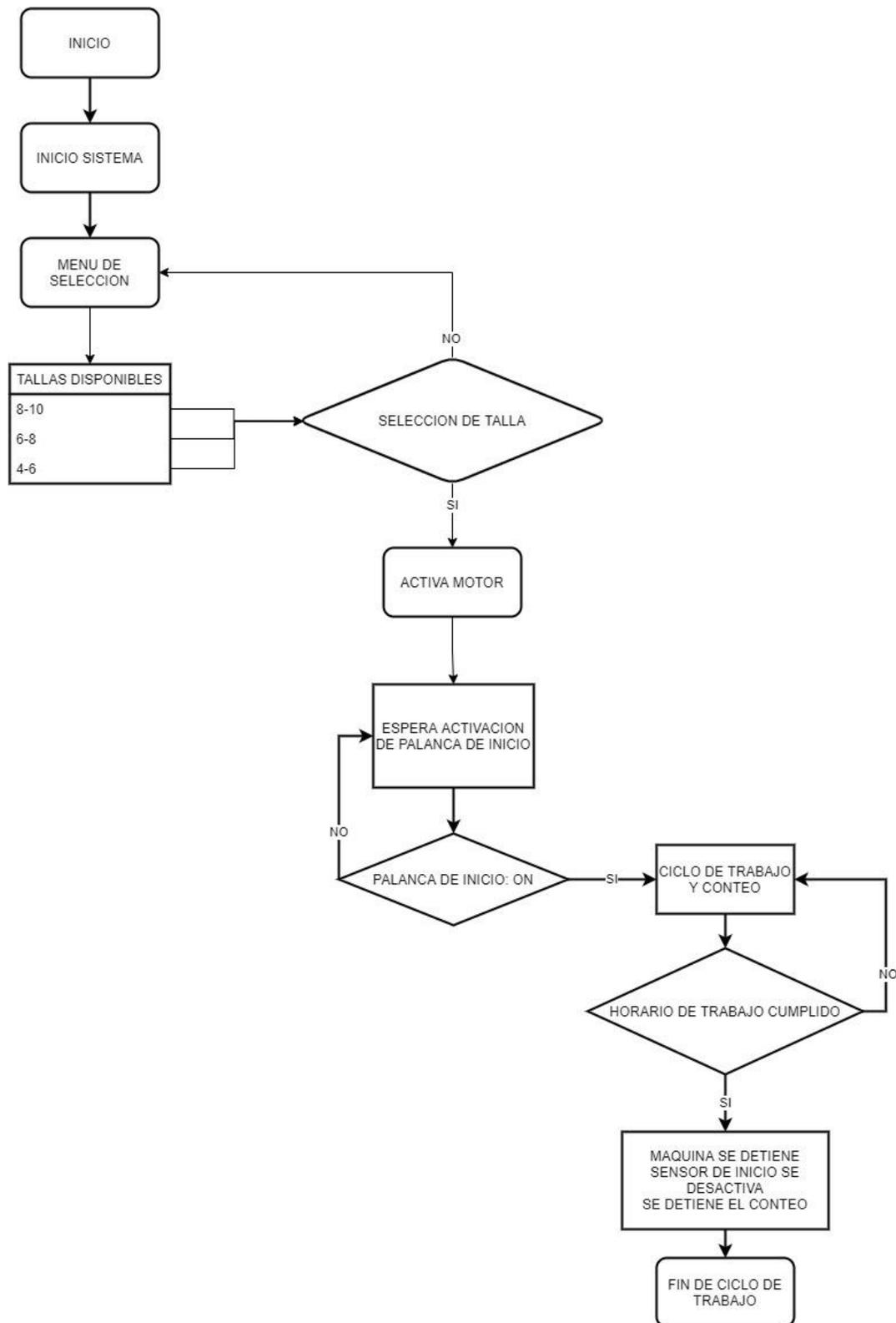
Se realizó el desarrollo de algoritmos para poder comprender el funcionamiento de los sistemas que se deben implementar:

2.3.1. Diagrama de flujo del proceso de funcionamiento

Se tiene en la figura 52 el proceso en el cual entra en funcionamiento la máquina en sí, siempre y cuando todos los sensores y partes del sistema estén listas para su funcionamiento.

Figura 52

Diagrama de flujo de funcionamiento de la máquina

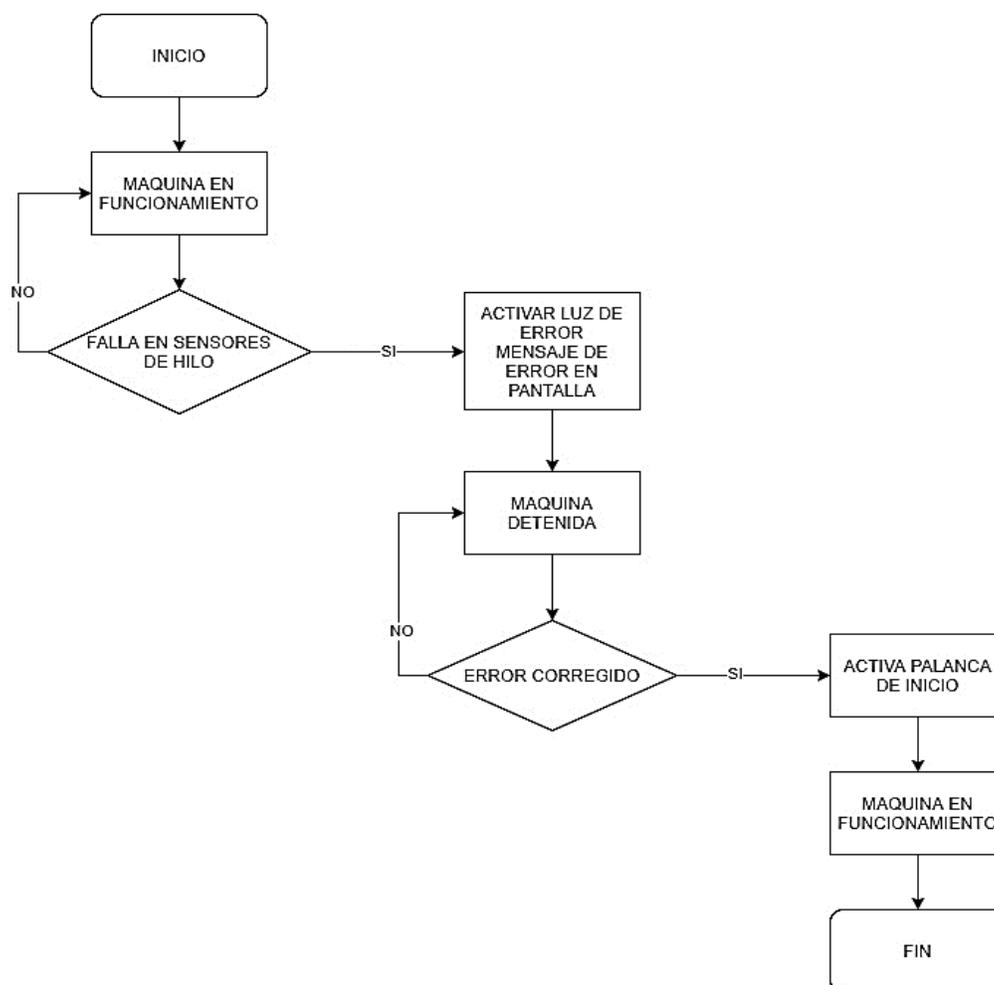


2.3.2. Diagrama de flujo de fallos en hilos

La máquina posee un sistema de detección de hilos, en el cual se encuentra conectado a un sistema eléctrico que cuando se produce un error, se activa un electroimán que está conectado a una palanca que desactiva la palanca de inicio, para con eso parar el funcionamiento de la máquina. Por lo que con este sistema se podrá mostrar en pantalla un aviso de falla en los sensores, así como un aviso lumínico de error, esto hasta que se solucione el error y vuelva al funcionamiento normal.

Figura 53

Diagrama de flujo de detección de rotura de hilos

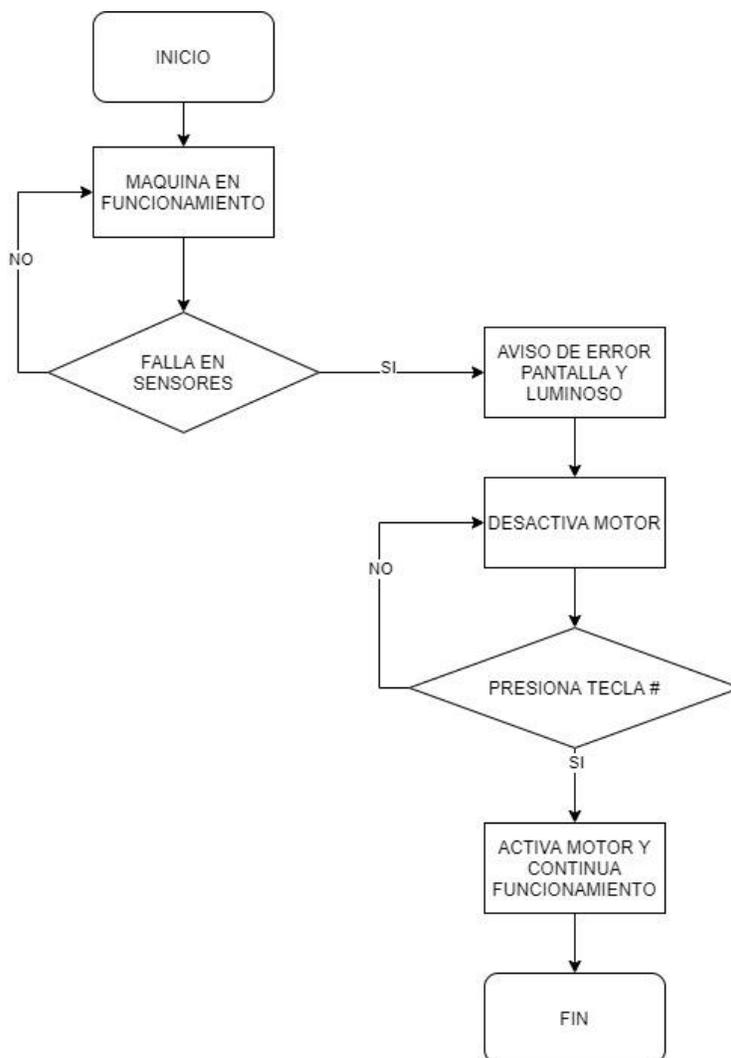


2.3.3. Diagrama de flujo de corte de consumo eléctrico

Un sistema adicional de control es el de corte de consumo eléctrico, el funcionamiento de la máquina es en base al giro del motor, este motor funciona de manera continua ya sea haciendo funcionar toda la máquina o no, por lo que es necesario el implementar un sistema de corte de consumo para que si el operario no se encuentra revisando el error que llevaría a un paro de la máquina, esto permita que el motor se detenga para no generar un consumo innecesario de energía y por consiguiente pérdidas económicas.

Figura 54

Diagrama de flujo de corte de energía



2.4. Selección de dispositivos para el sistema

Para el sistema se estuvo verificando las opciones disponibles para el control, tomando en cuenta lo existente en el mercado local y también revisando los precios y características técnicas, ya que, los talleres que cuentan con estas máquinas no podrían acceder a este tipo de sistemas de control por cuestiones económicas.

El principal elemento para el sistema de control es un controlador programable, que tenga la capacidad de manejar varias entradas y salidas, y también que sea capaz de controlar los tiempos de ejecución de la máquina, los cuales serán medidos por los sensores que serán implementados.

Se pudo observar dos opciones viables; el uso de un PLC (Controlador lógico programable)[19] y el uso de una placa Arduino Mega.[20]

Cada uno tiene sus propias características técnicas, que se pueden ver en la siguiente tabla:

Tabla 2

Comparación entre Arduino y PLC

Características	Alternativa 1	Alternativa 2
	Arduino MEGA 2560	LOGO 230 RC
Tensión de entrada	7-12V	115/230V AC/CC
Consumo de corriente máxima	50mA	30mA
Flash Memory	256k	53.280kB
Software de programación	Open Source Arduino IDE	Licencia pagada: LOGO!Soft Comfort V8
Lenguaje de programación	C++	Gráfica (Ladder o bloques)
Cable de programación	USB	LOGO USB
Entradas		
Digitales	54 de 6-20 V DC	8 a 115 V DC
Analógicas	16 de 0-10V DC	Ninguno
Velocidad de cambio de flancos	---	50ms
Salidas		
Digitales	54	4
Analógicas	15 PWM	Ninguno

Tipo de salida	Relé ---	Relé a 10 ^a c/u
Fuente de alimentación externa	7-12 V DC	No requerido
Expansibilidad	I2C – 127 elements Serial Port RS232/RS485	Módulos: - DM8 230R - DM8 24 - AM2
Visualización	Sin pantalla	Pantalla integrada
Tipo de protección	---	IP20 (acorde DIN EN 55011, IEC 61131-2, VDE 0631)
Fabricante	Open Source	Siemens
Disponibilidad	Producto importado	Producto importado
Garantía	Baja	Alta

Se realiza una tabla de comparación entre las opciones para calificar según el criterio del autor, la mejor opción en cuanto a uso de dispositivos.

Tabla 3

Valoración de selección de controlador programable

Grado de importancia (%)	Factores	Arduino Mega 2560	Valoración	LOGO 230 RC	Valoración
15	Disponibilidad	5	0.75	3	0.45
15	Versatilidad (modular)	5	0.75	4	0.6
20	Durabilidad	3	0.6	5	1
25	Fiabilidad	3	0.75	5	1.25
25	Precio	5	1.25	1	0.25
TOTAL		21	4.1	18	3.55

Calificación:

5: Excelente (Muy fácil) – **4:** Muy bueno (fácil) – **3:** Bueno (normal)

2: Malo (difícil) – **1:** Muy malo (muy difícil)

En la selección del dispositivo para controlar la activación del paso de la cadena de tiempos se tuvo que hacer la siguiente comparación:

Tabla 4*Comparación de opciones disponibles de dispositivo de activación*

Alternativa 1	Alternativa 2
Servomotor	Actuador Solenoide
Velocidad media	Velocidad media
Fuerza alta	Fuerza baja
Voltaje de operación: 12 V	Voltaje de operación: 12 V
Dimensión pequeña	Dimensión pequeña
Disponibilidad permanente	Disponibilidad permanente
Costo razonable	Costo razonable

Según la importancia se realizó la selección del dispositivo para controlar la cadena de tiempos en función de los siguientes valores:

Tabla 5*Valoración de selección de dispositivo de control para la cadena de tiempos*

Grado de importancia (%)	Factores	Servomotor	Valoración	Actuador Solenoide	Valoración
15	Disponibilidad	5	0.75	4	0.6
15	Versatilidad (instalación)	5	0.75	4	0.6
20	Durabilidad	5	1	4	0.8
25	Fiabilidad	5	1.25	3	0.75
25	Precio	4	0.5	4	1
TOTAL		18	4.25	22	3.75

Calificación:

5: Excelente (Muy fácil) – **4:** Muy bueno (fácil) – **3:** Bueno (normal)**2:** Malo (difícil) – **1:** Muy malo (muy difícil)

Para la selección de pantallas en donde mostrar la información como la fase de tejido en la que se encuentra, como también el tamaño que se está realizando, y la cantidad de medias tejidas durante el tiempo de encendido de la máquina se vieron las siguientes opciones:

Tabla 6*Comparación de pantallas LCD disponibles*

Alternativa 1	Alternativa 2
Pantalla LCD 16x4	Pantalla GLCD
Tamaño: 87.0(W) x 60.0(H) x 13.0.(T)	Tamaño: 78.0 (W) ×70.0 (H) ×14.3 (T)
16X4 CHARS	128x64 DOTS
Tipo de LCD:	Tipo de LCD:
STN Negativo, Azul, Transmisivo	STN Negativo, Azul, Transmisivo
Voltaje de operación: 5V	Voltaje de operación: 5V
Corriente: 1.0 mA	Corriente: 5.0 mA
Disponibilidad permanente	Disponibilidad permanente
Costo razonable	Costo razonable

Dado el grado de importancia dado por el autor, se tiene los siguientes valores para su observación:

Tabla 7*Valoración de selección de pantalla*

Grado de importancia (%)	Factores	LCD 16X4	Valoración	GLCD	Valoración
15	Disponibilidad	5	0.75	5	0.75
15	Fiabilidad	4	0.6	3	0.45
20	Durabilidad	5	1	4	0.8
25	Versatilidad (configuración)	5	1.25	4	1
25	Precio	5	1.25	4	1
TOTAL		24	4.85	22	4.25

Calificación:

5: Excelente (Muy fácil) – **4:** Muy bueno (fácil) – **3:** Bueno (normal)

2: Malo (difícil) – **1:** Muy malo (muy difícil)

Los demás elementos electrónicos de control son de fácil acceso y su costo no es tan elevado, la idea principal es que todo el sistema no sea de precio excesivo, sino más bien, lo más accesible posible para que su implementación a otras máquinas sea viable.

2.5. Descripción de funcionamiento del sistema

El sistema implementado controla la fase de tejido en la que se encuentra, así como también los tiempos de funcionamiento de la máquina a través del conteo de eslabones. Ya se había mostrado que la máquina es gobernada por una cadena de tiempos que tienen unas alzas que permiten el cambio de fase dependiendo de las tallas de los calcetines a ser producidos. En ese sentido un servomotor eléctrico será el que controle este parámetro en particular, activando y desactivando la palanca de cambio de fase para con ello controlar de una manera más eficiente el tamaño de los calcetines producidos.

2.5.1. Tallas

Esta máquina al ser usada en un taller artesanal, se la usa solamente para la fabricación de tres tipos de tallas, ya que son las más requeridas por el cliente final del dueño del taller, la talla 6-8, la talla intermedia 4-6 y la talla pequeña 2-4.

Estas tallas tienen diferentes tamaños, ya que estas, se deben confeccionar en función de las necesidades del cliente final. La cadena de tiempos es la que determina cuanto tiempo funcionará en cada fase y cuando cambia a la siguiente, que se traduce en tamaños de calcetín producido. Para aumentar de tamaño se suma eslabones sin alza, dependiendo de las tallas que se necesite hacer.

Talla pequeña 2-4

En esta talla podemos encontrar de manera visual que el número de eslabones que conforman esta talla son los siguientes:

- 21 eslabones con alza
- 66 eslabones planos

Estos eslabones son los que determinan el funcionamiento de la talla por lo que los tiempos de funcionamiento del servomotor son los siguientes:

- Fase de punta o desperdicio:
 - o Activado (4 eslabones)
 - o Desactivado (11 eslabones)
- Fase de planta:
 - o Activado (2 eslabones)
 - o Desactivado (24 eslabones)
- Fase de talón:
 - o Activado (5 eslabones)
 - o Desactivado (16 eslabones)
- Fase de caña:
 - o Activado (7 eslabones)
 - o Desactivado (8 eslabones)
- Fase de elástico:
 - o Activado (3 eslabones)
 - o Desactivado (7 eslabones)

Talla intermedia 4-6

En esta talla podemos encontrar de manera visual que el número de eslabones que conforman esta talla son los siguientes:

- 21 eslabones con alza
- 76 eslabones planos

Estos eslabones son los que determinan el funcionamiento de la talla por lo que los tiempos de funcionamiento del servomotor son los siguientes:

- Fase de punta o desperdicio:
 - o Activado (4 eslabones)
 - o Desactivado (11 eslabones)
- Fase de planta:
 - o Activado (2 eslabones)
 - o Desactivado (29 eslabones)
- Fase de talón:
 - o Activado (5 eslabones)
 - o Desactivado (16 eslabones)
- Fase de caña:
 - o Activado (7 eslabones)
 - o Desactivado (13 eslabones)
- Fase de elástico:
 - o Activado (3 eslabones)
 - o Desactivado (7 eslabones)

Talla normal 6-8

En esta talla podemos encontrar de manera visual que el número de eslabones que conforman esta talla son los siguientes:

- 21 eslabones con alza
- 86 eslabones planos

Estos eslabones son los que determinan el funcionamiento de la talla por lo que los tiempos de funcionamiento del servomotor son los siguientes:

- Fase de punta o desperdicio:
 - o Activado (4 eslabones)
 - o Desactivado (11 eslabones)
- Fase de planta:
 - o Activado (2 eslabones)
 - o Desactivado (34 eslabones)
- Fase de talón:
 - o Activado (5 eslabones)
 - o Desactivado (16 eslabones)
- Fase de caña:
 - o Activado (7 eslabones)
 - o Desactivado (18 eslabones)
- Fase de elástico:
 - o Activado (3 eslabones)
 - o Desactivado (7 eslabones)

2.6. Análisis de funcionamiento del sistema

Con este sistema implementado se puede verificar que el funcionamiento de la máquina ha mejorado en cuanto a producción al igual que el consumo de energía.

Podemos ver en la siguiente tabla los tiempos de funcionamiento de acuerdo con las tallas que esta máquina puede producir:

Tabla 8

Tiempos de funcionamiento del servomotor

Tallas	Fase	Activaciones del Servomotor	
		Activado (# eslabones)	Desactivado (# eslabones)
2-4	Punta	4	11
	Planta	2	24
	Talón	5	16
	Caña	7	8
	Elástico	3	7
4-6	Punta	4	11
	Planta	2	29
	Talón	5	16
	Caña	7	13
	Elástico	3	7
6-8	Punta	4	11
	Planta	2	34
	Talón	5	16
	Caña	7	18
	Elástico	3	7

En la tabla se puede observar que existen tiempos de activación y desactivación, esto es, en otras palabras, el número de eslabones en los que cambia de fase mientras esta activado el servomotor y los tiempos que está ejecutando una fase en particular de producción cuando esta desactivado el servomotor.

CAPÍTULO III.

3. Construcción e implementación del sistema

3.1. Diseño del sistema de control eléctrico del motor de transmisión mediante el uso de software

3.1.1. Implementación del sistema de control del motor

El sistema eléctrico de arranque del motor se lo implementó colocando a la caja principal al lado inferior izquierdo de la máquina, donde no estorbe al funcionamiento normal de la misma.

Figura 55

Caja del sistema de arranque del motor de transmisión



Aquí se puede visualizar 3 botones principales. El primero de color verde es el que da el arranque al sistema, activando también la luz piloto del mismo color, para indicar que el sistema está en funcionamiento. El segundo botón de color rojo es el cual nos permite el apagar todo el sistema y por último tenemos el botón de paro de emergencia el cual nos permite parar el paso de la energía hacia el motor, y también activa la luz piloto de color rojo para mostrar que el paro de emergencia esta activado.

En la parte interior se colocó al guardamotor y al contactor en la riel DIN. El sistema de arranque del motor de transmisión está colocado con cables diferentes para evitar confusiones en las conexiones.

Figura 56

Botones de encendido y apagado (Vista interior)



Figura 57

Guardamotor y contactor colocados en la riel Din.



3.1.2. Diseño del sistema eléctrico de control

El sistema eléctrico es parte esencial en el funcionamiento de este tipo de máquinas, por lo que es necesario el automatizar el arranque de funcionamiento del motor de transmisión. Para ello

se hace el diagrama eléctrico mediante un software que nos permite simular su correcto funcionamiento.

Diagrama eléctrico de arranque del motor de transmisión

El motor se lo enciende desde el controlador el cual envía un pulso que llega desde una placa de relés hacia el contactor, con lo que hace el proceso de enclavamiento y de esa manera activando el giro del motor, también el botón de paro de emergencia funciona solamente sobre el movimiento del motor y no desactivando el sistema en general. Este sistema permite que el arranque del motor se lo realice solamente con un botón que se lo presiona desde teclado, en este caso se activa el motor cuando ya se procede a la selección de la talla; en cambio en las otras máquinas de este tipo que existen en el taller, se las activa con un switch, el cual es un método muy rudimentario por lo que es muy peligroso para el operario si no lo opera con precaución.

Figura 58

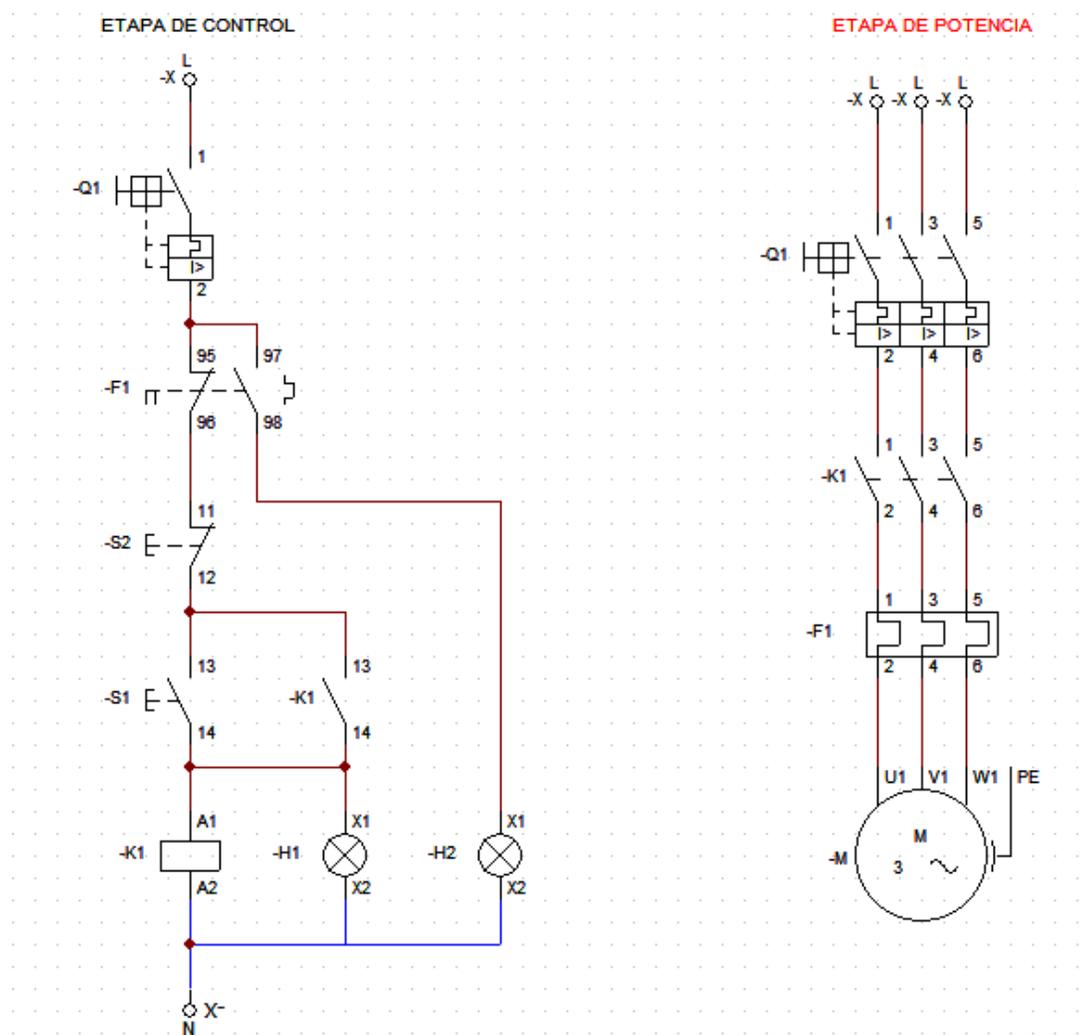
Imagen de switch de arranque de máquinas continuas del taller



En la siguiente imagen se puede apreciar el diagrama de control y de potencia de manera completa:

Figura 59

Diagrama de arranque del motor de transmisión

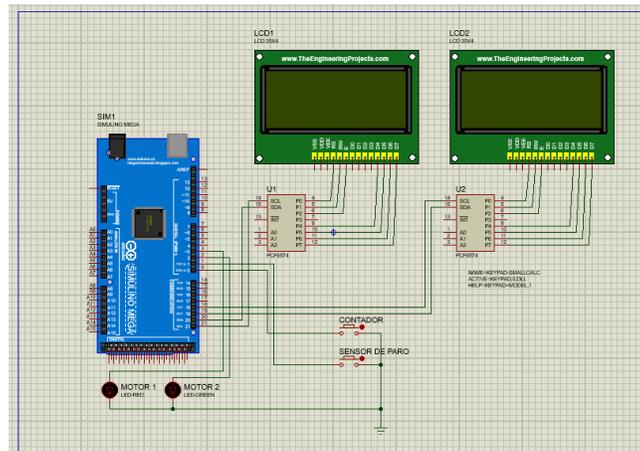


3.2. Implementación del sistema de control electrónico

El sistema electrónico va a tener como función principal el controlar el funcionamiento de los tiempos de accionamiento de las fases de producción de calcetines, por lo que primeramente se procedió a realizar una simulación por computadora en la que se colocaba de forma virtual los elementos que componen todo el sistema, para luego pasar a colocarlo de manera física en la máquina.

Figura 60

Simulación del sistema mediante software



3.2.1. Controlador lógico y circuitos electrónicos

Como ya se había indicado en los capítulos anteriores, el controlador lógico sería en este caso un Arduino Mega, que será el encargado de activar el giro del motor, controlar los tiempos de funcionamiento, los mensajes que se despliegan en las pantallas, verificar la fase en la que se encuentra funcionando en ese momento y de mostrar las unidades producidas. Los circuitos electrónicos que se usan en esta máquina están basados en pulsos de funcionamiento. Los pulsos pueden ser como el de activación del sistema, también como el del paro por causa de un error en el sensor de rotura de hilo.

*Figura 61**Controlador lógico implementado y circuitos electrónicos*

3.2.2. Sensor de rotura de hilos

Este sensor lo que hace es activarse cuando exista una falla que está dada por el sistema de control eléctrico que tiene la máquina, ya que, cuando existe un error en los sensores de rotura de hilo, este activa un vástago el cual se encuentra conectado a un electroimán con lo que se detiene el funcionamiento de la máquina. Esto hace que se envíe un pulso hacia el controlador lógico indicando que hay una falla, y este a su vez muestra un mensaje en pantalla, en donde se muestra que hay un error, por lo que tiene que ser revisado para poder continuar con el funcionamiento normal.

Antes de realizar la implementación se procedió a realizar el arreglo del cableado general, así como reubicar de manera adecuada los sensores de rotura de hilo, reparando los cables rotos en su interior.

Figura 62

Rehabilitación de sensores de rotura de hilo



Los sensores de rotura de hilo luego de ser reparados se pueden ver de esta forma:

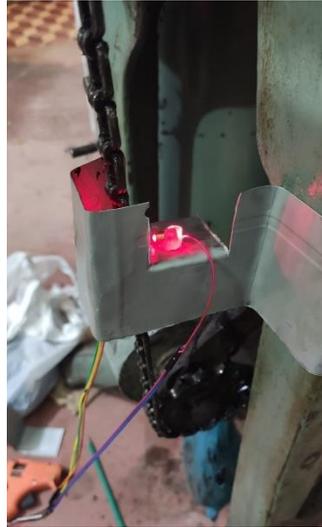
Figura 63

Sensores de rotura de hilo reparados



3.2.3. Contador de eslabones de la cadena.

Para el sistema de conteo de eslabones se utiliza un láser y una fotocelda en la cual cada eslabón al pasar hace que se cuente un número determinado de eslabones, haciendo que después de un determinado conteo se accione el servomotor para hacer los cambios de fase necesarios.

*Figura 64**Sistema de conteo de eslabones previo*

Este sistema de conteo debe estar bien calibrado ya que la cadena en si por ser de paso mecánico, esta tiende a tener ciertos movimientos como tirones que pueden llegar a hacer que exista un mal conteo, con lo que se podría desfasar la máquina y no funcionar de manera correcta, es decir, que los consumibles pueden llegar a dañarse, por lo que representaría una pérdida económica innecesaria.

Para lograr que este sistema de conteo sea más estable se procedió a fabricar la base con un material más resistente, que permitirá que las vibraciones de la cadena no lo perturben en su funcionamiento.

Figura 65

Soporte para el sistema de conteo de eslabones



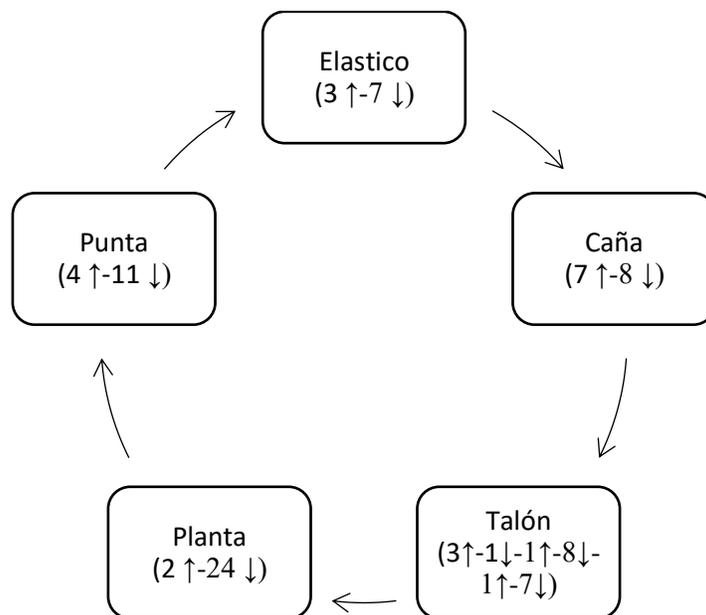
3.2.4. Detección de fase

Para determinar en qué fase encuentra trabajando la máquina, se usa el sistema de conteo, ya que al tener en cuenta la lógica de activaciones, se puede usar para indicar en pantalla cuál es la fase en la que se encuentra trabajando.

En la figura 66 se puede observar como son las activaciones por fase, por las cuales se puede identificar la fase actual de trabajo.

Figura 66

Secuencia lógica de activación del servomotor



La flecha hacia arriba significa que el servomotor activa el paso de fase durante ese número de eslabones, y la flecha hacia abajo significa que no se está ejecutando ninguna acción en el servomotor durante ese determinado número de eslabones.

CAPÍTULO IV.

4. Pruebas y resultados

4.1. Pruebas de funcionamiento

Este tipo de máquinas tienen mecanismos complejos que siempre se tienen que analizar antes de realizar cualquier tipo de modificación. Por lo que, para realizar las pruebas de funcionamiento, estas se dividieron en 3 fases, en las cuales se procede para poder determinar todos los posibles escenarios que puedan producirse y así evitar que ciertos mecanismos salgan de la verificación.

4.1.1. Primera fase: Calibración del sistema

En esta fase de pruebas se procedió a revisar el funcionamiento de la máquina completa, sin quitar ningún elemento de todo el sistema de funcionamiento, como es el caso de la cadena de tiempo que contienen las alzas las cuales son las responsables del control de paso de las fases de producción, los consumibles y las hebras de hilo. Para observar todo el proceso de funcionamiento y ver el producto terminado.

En esta verificación se pudo visualizar en que tiempo se activa la palanca de paso, lo que ocurre con cada activación, es decir, los procesos de funcionamiento de la máquina y con ello sincronizar el sistema para que funcione de manera correcta y evitando posibles fallas que podrían significar gastos en consumibles de la máquina. Para poder sincronizar se hace uso del contador de eslabones de la cadena, que es el que permite a través de la programación saber cuándo se tiene que realizar la activación del servomotor. Se tuvieron los siguientes pasos para poder hacer esta fase de pruebas:

Paso 1: Se coloca los servomotores en la ubicación que se tiene determinado, el primer servomotor estará ubicado en la parte frontal de la máquina, este estará colocado bajo una barra

que servirá para sostenerlo y que se encuentre a la altura de la palanca de activación para el cambio de fase;

Figura 67

Ubicación servomotor de fase



El segundo servomotor se lo ubico en la parte posterior, sostenida por tornillos; esto es, junto al tubo principal del Castillo, para que se mantenga cerca de la barra de activación del alimentador del elástico.

Figura 68

Ubicación servomotor de alimentador de elástico

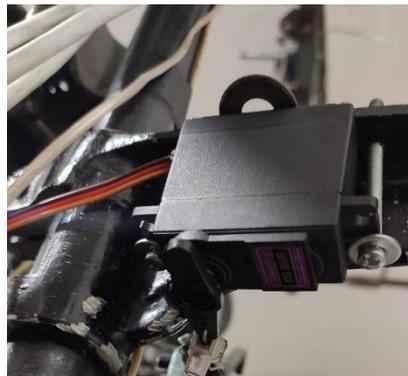


Figura 69

Barra de activación del alimentador de elástico



En la parte posterior de la máquina se colocó el sensor que servirá para enviar el mensaje de error, el cual está conectado al vástago del sistema de activación de fallas, este sensor enviará una señal hacia el controlador para que este muestre un mensaje de error en pantalla y hacer que la máquina detenga su movimiento, cada vez que exista una falla en los sensores de la máquina.

Figura 70

Dispositivo para detección de fallas



En la parte superior derecha de la máquina se colocará la caja que contiene al controlador y los circuitos electrónicos principales para el funcionamiento del sistema. Esta estará sujeta al

tubo principal del castillo, con lo que permitirá facilidad de visualización y también de manipulación a través del teclado del sistema.

Figura 71

Caja principal del sistema de control



Paso 2: Luego de ubicado todo el sistema, se procedió a calibrar el sistema, partiendo de la observación del funcionamiento del sistema, esto es, revisando las activaciones de la palanca de cambio de fase, al igual que la barra de activación del alimentador del elástico.

Esto permitió poder sincronizar los movimientos de los servomotores, de acuerdo con el tiempo que debían ser activados, esto es, después de realizar un conteo específico en los eslabones.

Figura 72

Contador de eslabones



Paso 3: Se realiza una prueba de funcionamiento con la que, sin conectar los servomotores hacia las palancas, hagan la activación necesaria al mismo tiempo que la máquina sin que exista retrasos o adelantamientos de ningún tipo.

Figura 73

Palanca de cambio de fase activada por la cadena con alza



4.1.2. Segunda fase: Prueba del sistema sin consumibles

En esta fase se procedió a realizar el funcionamiento del sistema retirando los elementos consumibles que son agujas, sliders y singeres, para comprobar su funcionamiento. Esto se lo hace sin activar los alimentadores de hilo, para probar que el sistema no genera errores mientras funciona normalmente.

Figura 74

Tambor de tejido sin consumibles



Se deja la cadena de manera plana, es decir, que la cadena ya no posee los eslabones con alza, sino solamente normales, los cuales nos permiten realizar el conteo para poder activar el cambio de fase de manera correcta. La cadena que se está usando como referencia está compuesta por 87 eslabones.

Figura 75

Cadena plana sin alzas



Figura 76

Cadena con alzas



La máquina al estar sin consumibles y sin hebras de hilo, solo genera el movimiento general, obviamente no genera ninguna clase de tejido, esto nos sirve para comprobar el funcionamiento completo del sistema.

Figura 77

Tambor de almacenamiento de tejido vacío



4.1.3. Tercera fase: Prueba de funcionamiento total

Es la fase final de pruebas en la que ya se prueba el sistema completo con todos los elementos que la componen, y con esto consiguiendo las pruebas finales, tanto como de selección de tallas, así como las de funcionamiento y de posibles errores.

Figura 78

Tambor de tejido con consumibles colocados



Figura 79

Tambor de almacenamiento de tejido con calcetines



Figura 80

Tejido terminado de calcetines después de un periodo de funcionamiento



4.2. Comparación de la producción entre el modelo previo y el sistema implementado

El sistema de la máquina está diseñado para funcionar de manera mecánica, es decir, sin ningún tipo de control automatizado, por lo que la producción depende de la cantidad de horas de trabajo, y de que el operario se mantenga activo en revisión del correcto funcionamiento de la máquina.

El sistema implementado permitió controlar los tiempos de funcionamiento, así como la elección de tallas de manera más rápida y eficiente.

Tabla 9

Datos de tiempo de producción diaria sin el sistema de control implementado

Descripción	Unidad	Valor
Horario de trabajo	horas	8:00 – 20:00
Jornada de trabajo del operador	horas	12
Tiempo estimado para revisión de estado de la máquina	minutos	10
Tiempo aproximado de trabajo diario de la máquina	horas	12
Tiempo aproximado para cambio de tallas	minutos	15
Tiempo aproximado de producción por calcetín		
Talla 2 – 4	Minutos	2:16
Talla 4 – 6	Minutos	2:48
Talla 6 – 8	Minutos	3:22

En la tabla 9 y 10 se puede apreciar un dato importante que es el del tiempo utilizado para realizar el cambio de tallas, este tiempo varía dependiendo de la habilidad del operador cuando no se tiene implementado el sistema de control propuesto. El tiempo utilizado para un cambio de tallas es de 15 minutos aproximadamente ya que el procedimiento consiste en revisar totalmente el número de eslabones, ver la fase en la que se encuentra y aumentar o disminuir eslabones dependiendo de la talla a fabricarse. Luego de eso se tiene que probar el funcionamiento de la cadena probando que este sin fallas.

Con el sistema implementado, el tiempo se reduce a 3 o 5 minutos para realizar todo el procedimiento de cambio de tallas, ya que consiste en detener el funcionamiento de la máquina, y regresar al menú de tallas, seleccionar una talla diferente a elaborarse, y poner en funcionamiento de nuevo el sistema. Con esto el sistema ya implementado nos permite obtener los siguiente datos:

Tabla 10

Datos de tiempo de producción diaria con el sistema de control implementado

Descripción	Unidad	Valor
Horario de trabajo	horas	8:00 – 20:00
Jornada de trabajo del operador	horas	12
Tiempo estimado de revisión de estado de la máquina	minutos	10
Tiempo aproximado de trabajo diario de la máquina	horas	12
Tiempo aproximado para cambio de tallas	minutos	3-5
Tiempo aproximado de producción por calcetín		
Talla 4 – 6	Minutos	2:14
Talla 6 – 8	Minutos	2:45
Talla 8 - 10	Minutos	3:20

En la tabla 11 se puede ver la comparación de tiempos de producción por unidades de calcetines, entre la máquina sin el sistema implementado y con el sistema implementado. Al igual se puede apreciar la producción por hora. En la que se nota una mejoría en la producción por unidades.

Tabla 11*Comparación de producción de máquina Komet Knitter KS*

Tallas	Producción unitaria		Producción por hora	
	Sin control	Con control	Sin control	Con control
	Tiempo (m)		UNIDADES	
2-4	02:16	02:14	26	27
4-6	02:48	02:45	21	22
6-8	03:22	03:20	18	18

En la tabla 12 está la producción diaria de la máquina, contando las unidades producidas con un periodo de 12 horas de trabajo. Al igual que podemos ver la eficiencia en términos de porcentajes, con lo cual se puede apreciar de mejor manera el aumento en la producción dependiendo de la talla que se esté fabricando.

Tabla 12*Producción diaria de la máquina Komet Knitter KS*

Tallas	Sin control	Con control	Eficiencia	Diferencia
	Unidades producidas			
2-4	318	322	1,49%	5
4-6	257	262	1,82%	5
6-8	214	216	1,00%	2

En la tabla 13 se tiene la producción semanal, comparando la producción sin el sistema de control y con el sistema implementado. La eficiencia sigue manteniendo su mismo valor en comparación a la producción diaria, pero en cuestión de unidades producidas, se puede apreciar un aumento.

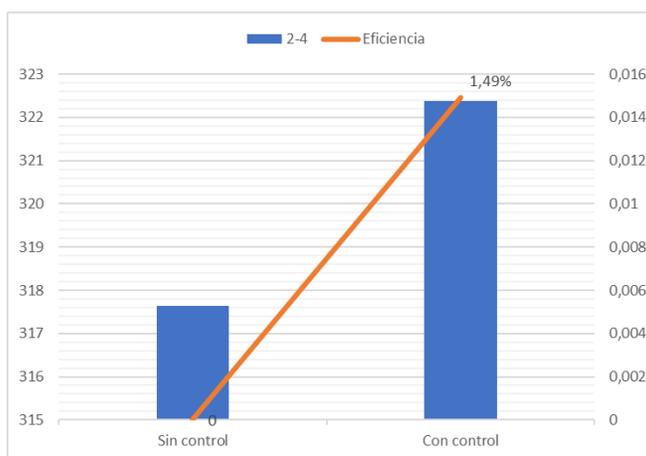
Tabla 13
Producción semanal de la máquina Komet Knitter KS

Tallas	Sin control	Con control	Eficiencia	Diferencia
	Unidades producidas			
2-4	1906	1934	1,49%	28
4-6	1543	1571	1,82%	28
6-8	1283	1296	1,00%	13

En la figura 81 se ve de manera gráfica el aumento en la eficiencia de producción, esto representa un aumento de 1,49% en mejora de producción, en la talla de 2-4.

Figura 81

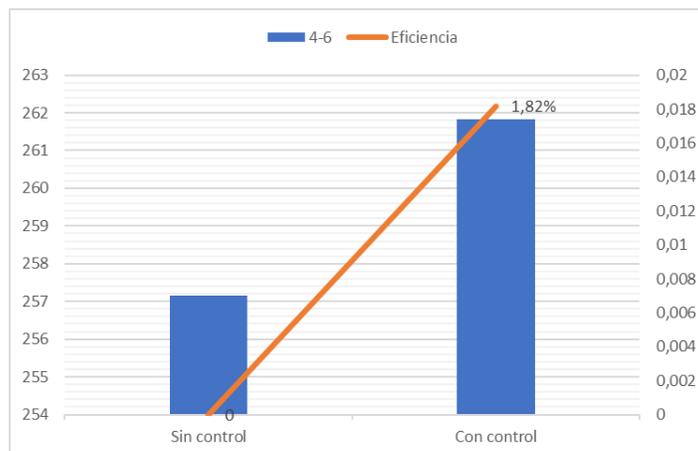
Comparativa de eficiencia de producción Talla 2 - 4



En la figura 82 se ve de manera gráfica el aumento en la eficiencia de producción, esto representa un aumento de 1,82% en mejora de producción, en la talla de 4 - 6.

Figura 82

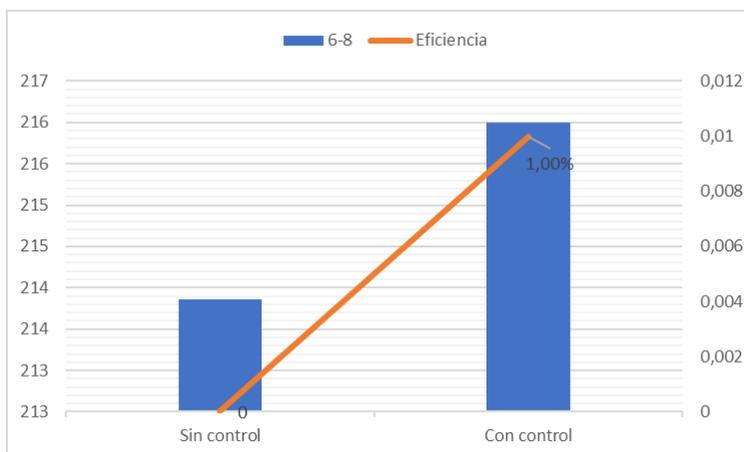
Comparativa de eficiencia de producción Talla 4 - 6



En la figura 83 se ve de manera gráfica el aumento en la eficiencia de producción, esto representa un aumento de 1% en mejora de producción, en la talla de 6-8.

Figura 83

Comparativa de eficiencia de producción Talla 6 - 8



Podemos ver en la tabla 14, los datos adicionales de los tiempos aproximados en el que el operario realiza cambios de consumibles por daños:

Tabla 14*Tiempos aproximados de arreglo por daños*

Descripción	Unidad	Valor
Tiempo aproximado para cambio de agujas dañadas (*)	Minutos	3-15
Tiempo aproximado para cambio de sliders dañados (*)	Minutos	3-10
Tiempo aproximado para cambio de bobinas de hilo terminadas	Minutos	3-5

En las tablas 11, 12 y 13, se puede apreciar que existe una mejora en relación con los tiempos que se necesitan para producir los calcetines, así como el tiempo de cambio de tallas, para producirlos de tamaños diferentes. Por lo que el sistema cumple con lo que se proponía desde el estudio inicial.

Estos valores representan en sí, mejora de rendimiento de la producción, así como un ahorro en costos de energía eléctrica ya que el sistema se detiene y no genera consumo ante cualquier falla.

4.3. Fallas encontradas en el sistema de control y correcciones realizadas

Se encontraron varias fallas mientras se hacían las pruebas, las cuales se detallan en la siguiente tabla, y también las soluciones que se encontró a las fallas presentadas durante todas las 3 fases de prueba.

Tabla 15*Fallas encontradas y correcciones realizadas en las pruebas de funcionamiento*

Falla	Correcciones realizadas
Al iniciar el conteo de los eslabones, algunos se contaban y otros no.	Se hizo una calibración en la fotocelda para que sea más sensible al corte de luz por el

	paso de los eslabones delante del haz de luz del láser.
Contador de eslabones tenía mucho ruido.	Se realizo en el código de programación una pausa para que este conteo sea más lento e inmune a ruido
Contador de eslabones perdía sincronía de funcionamiento	Se cambio el material del soporte del sistema de conteo por uno que sea más robusto, que no se mueva por vibraciones de funcionamiento de la máquina.
La máquina en una fase de funcionamiento realiza un movimiento brusco que hace que la cadena se tambalee.	Se colocó una pesa que haga que la cadena se mantenga en su lugar y su movimiento de tambaleo sea mínimo.

CAPÍTULO V

5. Costos del sistema

5.1. Análisis de los Costos

Es necesario el realizar un análisis entre el costo del sistema y la mejora que representa en la producción, ya que, si el sistema resulta demasiado costoso, esto significaría un impedimento, por lo que los posibles usuarios de este sistema, no lo encontrarían viable.[21]

Estas máquinas actualmente se las encuentra a un costo de 700 dólares, en el mejor de los casos, dado que las máquinas son de tecnología discontinuada que la catalogan como antigua, no tienen un valor elevado, y esta es una de las razones por las que las personas optan por esta maquinaria, tomando en cuenta el valor bajo que tienen.

5.2. Costos directos de fabricación del sistema

Aquí se detallan los costos que intervinieron en la fabricación del sistema de control, y su implementación en la máquina.

Tabla 16

Costos directos de fabricación del sistema

Detalle	Costo (USD)
Arduino Mega	15
Servomotor	25
Sensor final de carrera	10
Materiales varios	50
Diseño e Implementación del sistema	90
TOTAL	190

5.3. Costos Indirectos de fabricación del sistema

Estos son los costos que no fueron parte de forma directa para la fabricación del sistema de control.

Tabla 17

Costos indirectos de fabricación del sistema

Detalle	Costo (USD)
Material de oficina	10
Internet	5
Movilización	15
TOTAL	30

5.4. Costo de materiales usados para la fabricación de los calcetines

Analizando el resultado de los capítulos anteriores, para la fabricación de los calcetines hay que tomar en cuenta los materiales necesarios dentro del proceso de confección. Se tiene a los consumibles de la máquina que son agujas, sliders, y singeres, ya que sin estar completo el sistema para su funcionamiento, no se puede realizar la fabricación que sea de calidad.

Tabla 18

Costos de consumibles de la máquina – Referencias a septiembre de 2021

Elemento	Cantidad	Costo (USD)	Vida útil estimada
Consumibles de la máquina			
Agujas Komet #9	50	15	1 a 3 meses
Sliders #124	50	7	6 meses a 1 año
Sliders #130	50	7	6 meses a 1 año
Sliders #133	50	7	6 meses a 1 año
Singeres	100	100	> 1 año

En lo que respecta a los materiales para fabricación como son los hilos sintéticos, esto depende de los requerimientos del cliente.

Tabla 19

Costos de materiales para el tejido – Referencia a septiembre de 2021

Empresa BAYTEX

Elemento	Cantidad	Precio (USD)	Rendimiento
Materiales para el tejido			
Orlón	1 cono	11	8 docena (2-4)
Poliéster	1 bobina	33	40 docenas (2-4)
Elástico	1 cono	10	250 docenas (2-4)
Nylon	1 cono	15	16 docenas (2-4)

Al ser talleres artesanales, en lo que respecta al consumo eléctrico este siempre estará dentro del consumo general del domicilio, por lo cual dependerá de la cantidad de máquinas funcionando y el tiempos que estas trabajen. Por lo que no se tiene un solo valor de consumo eléctrico. [22]

Figura 84

Consumo eléctrico de los 2 últimos años del dueño del taller



5.5. Resultado de análisis de los Costos de producción

En el capítulo 4 se pudo ver que existe una mejora en la producción, ya que hay los tiempos de producción de cada calcetín se hicieron menores, esto representa un aumento en la producción general. Se puede decir que el sistema implementado genera mayor producción, y adicional a eso

se genera un ahorro en consumo de energía eléctrica porque el motor se detiene cuando existe una falla o error; esta máquina anterior a la implementación del sistema, si existía un error o falla, el motor seguía consumiendo energía sin estar trabajando normalmente, por lo que representaba un gasto innecesario de energía eléctrica.

En la tabla 20 se puede observar la producción que se obtiene de manera semanal y mensual de forma unitaria y en docenas, que es la forma en la que se vende los calcetines.

Tabla 20
Producción semanal y mensual de calcetines

Producción de la máquina	Semanal		Mensual	
	Unidades	Docenas	Unidades	Docenas
Sin el sistema de control	2226	92,75	8904	371,00
Con el sistema de control	2254	93,92	9016	375,67

Para poder devengar los costos de la implementación del sistema, se tiene previsto el hacer una distribución del valor de forma mensual a lo largo del primer año de funcionamiento del sistema, por lo que se aplica la distribución sobre los costos de producción. El costo de la implementación es de 220 USD, este valor dividido para 12 meses del año y nos da un valor de 18,33 USD. Todo lo anteriormente mencionado se lo puede ver en la Tabla 21.

Tabla 21*Distribución del costo de implementación del sistema de forma mensual*

Costo de fabricación mensual	Sin el sistema de control	Con el sistema de control	Distribución del costo por ítem (%)	Distribución del sistema implementado por ítem (USD)	Total del valor distribuido
Material (Nylon)	260,00	260,00	76,47%	14,02	274,02
Consumibles	20,00	20,00	5,88%	1,08	21,08
Elástico	10,00	10,00	2,94%	0,54	10,54
Licra	10,00	10,00	2,94%	0,54	10,54
Mano de Obra directa	40,00	30,00	8,82%	1,62	31,62
Energía eléctrica	20,00	10,00	2,94%	0,54	10,54
Total mensual	360,00	340,00			358,33
Valor de implementación del sistema mensual			18,33		

En la tabla 22, se puede observar los valores que se podrían dar durante el primer y segundo año de funcionamiento del sistema; durante el primer año de funcionamiento del sistema se puede observar que se está devengando el costo de implementación, y también con la mejora en la producción que existe, se tiene un margen de utilidad positivo mensual. Durante el segundo año el margen de utilidad mensual es mayor al del primer año.

Tabla 22*Margen de utilidades durante los dos primeros años*

Tiempo	Sin el sistema de control	Con el sistema de control	Precio Venta	Ventas		Margen		Diferencia
				Anterior	Posterior	Anterior	Posterior	
1er año	371	376	1,6	593,6	601,60	233,60	243,27	9,67
2do año	371	376	1,6	593,6	601,60	233,60	261,60	28,00

En la figura 85 y 86 se puede observar de forma gráfica lo expuesto anteriormente durante el primer y segundo año de funcionamiento del sistema.

Figura 85

Costos de Producción mensual durante el primer año de funcionamiento del sistema

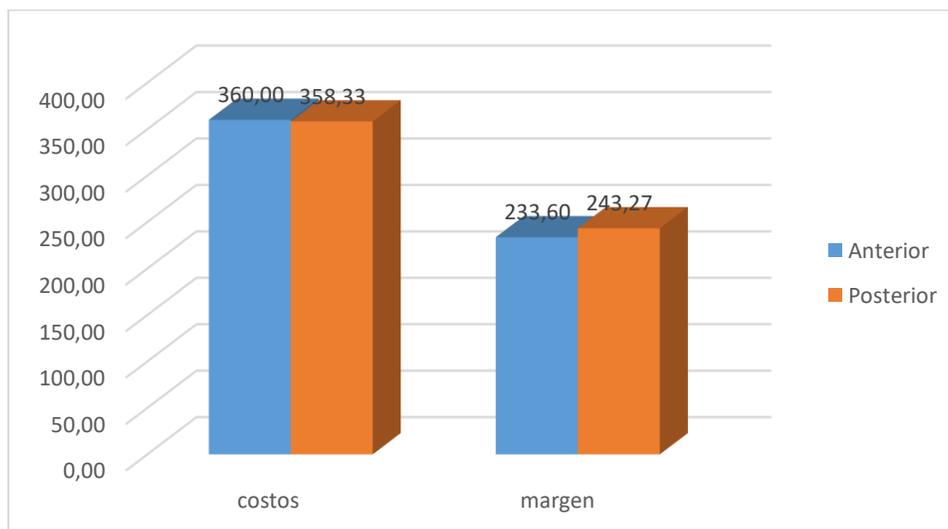
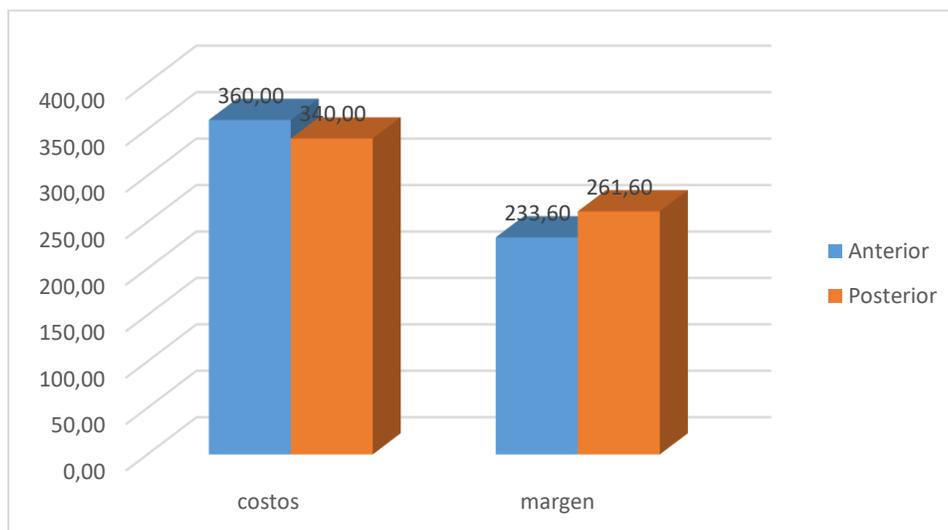


Figura 86

Costos de Producción mensual durante el segundo año de funcionamiento del sistema



Después de realizado el análisis de costos se puede determinar que económicamente la implementación es viable, dado que aumenta la producción, generando también un ahorro en costos y aumentando el margen de ganancias.

CAPÍTULO VI.

6. Conclusiones y Recomendaciones

CONCLUSIONES

- El sistema implementado en la máquina tejedora de calcetines permitió el realizar de forma óptima y segura el arranque del motor, el funcionamiento general, así como el cambio de tallas ahorrando entre 10 a 12 minutos con respecto al modo de funcionamiento anterior sin ningún tipo de sistema de control.
- Al poder visualizar en pantalla la fase de funcionamiento en la que se encuentra la máquina, así como contabilizar el número de unidades producidas, permite que sea más fácil verificar el estado de trabajo, así como el llevar la cuenta general de producción diaria.
- Con el sistema implementado, solo se tiene que seleccionar la talla que desea fabricar y lo hace de manera automática, sin necesidad de intervenir en la cadena de tiempos de forma manual haciendo que este procedimiento sea óptimo, mejorando la producción en varias unidades dependiendo de la talla a fabricarse.
- Después de verificar su funcionamiento, se pudo determinar que el tiempo de funcionamiento por unidad producida es menor, con una eficiencia que va entre el 1% hasta el 1,82% dependiendo de la talla que se vaya a fabricar.
- En los costos de producción se pudo observar un ahorro del 50% de consumo eléctrico, ya que no existe un desperdicio de energía por fallas y un 25% en mano de obra directa después de implementar el sistema; al mismo tiempo existe una mejora de la producción, con lo que se aumenta el margen de ganancias, comparándolo con la máquina funcionando sin ningún tipo de sistema de control.

RECOMENDACIONES

- En la zona de Otavalo, existen una gran cantidad de talleres artesanales en los cuales hay muchas de estas máquinas, por lo que este tipo de sistemas de control podrían ser implementadas, añadiendo mejoras en funcionalidad y dando un valor agregado a las mismas.
- Se puede realizar un estudio más detallado del funcionamiento de las máquinas de este tipo, para con ello implementar nuevas mejoras y evitar el desechar estas máquinas que aún se encuentran en estado funcional.
- El sistema de conteo de eslabones de la máquina podría mejorarse implementando un tipo de contador conectado directamente al engranaje principal, con lo que se solucionaría los problemas de ruido que tiene el contador óptico electrónico.
- Al evitar el desperdicio de energía eléctrica, esto sería una gran ayuda para los dueños de los talleres, ya que con eso se mejoraría el rendimiento de la fabricación y también evitando pagos innecesarios de energía eléctrica, aumentando con ello las utilidades.

BIBLIOGRAFIA

- [1] B. E. P. Berenguer, «INTRODUCCION A LOS SISTEMAS DE CONTROL», p. 69.
- [2] «▷ Lazo Abierto y Lazo Cerrado - [Sistemas de Control]», *Control Automático Educación*, oct. 01, 2019. <https://controlautomaticoeducacion.com/control-realimentado/lazo-abierto-y-lazo-cerrado/> (accedido ago. 04, 2021).
- [3] «El contactor. | Formación para la Industria 4.0», oct. 17, 2012. <https://automatismoidustrial.com/curso-carnet-instalador-baja-tension/d-automatizacion/1-2-control-de-potencia-aparamenta-electrica/contactores/> (accedido ago. 11, 2021).
- [4] «Qué es un guardamotor, y su diferencia con el relé térmico - Soporte - TRANSELEC - Materiales, Eléctricos, Electricidad, Tableros, Rosario». <https://www.transelec.com.ar/soporte/18434/que-es-un-guardamotor-y-su-diferencia-con-el-rele-termico/> (accedido ago. 11, 2021).
- [5] «Arduino Mega 2560 Rev3 | Arduino Official Store». <https://store.arduino.cc/usa/mega-2560-r3> (accedido ago. 11, 2021).
- [6] A. G. González, «Arduino Mega: Características, Capacidades y donde conseguirlo en Panamá», *Panama Hitek*, ene. 23, 2013. <http://panamahitek.com/arduino-mega-caracteristicas-capacidades-y-donde-conseguirlo-en-panama/> (accedido ago. 11, 2021).
- [7] «Elementos finales de control | Servomotores: control, precisión y velocidad | Editores». https://editores-srl.com.ar/revistas/aa/4/micro_servomotores (accedido ago. 07, 2021).
- [8] «Industriasgsl.com / Venta de Suministros Industriales», *Industrias GSL*. <https://www.industriasgsl.com/> (accedido ago. 07, 2021).
- [9] «Electrotec | Diodo Láser - Concepto y aplicaciones». <https://electrotec.pe/blog/diodolaser> (accedido ago. 07, 2021).

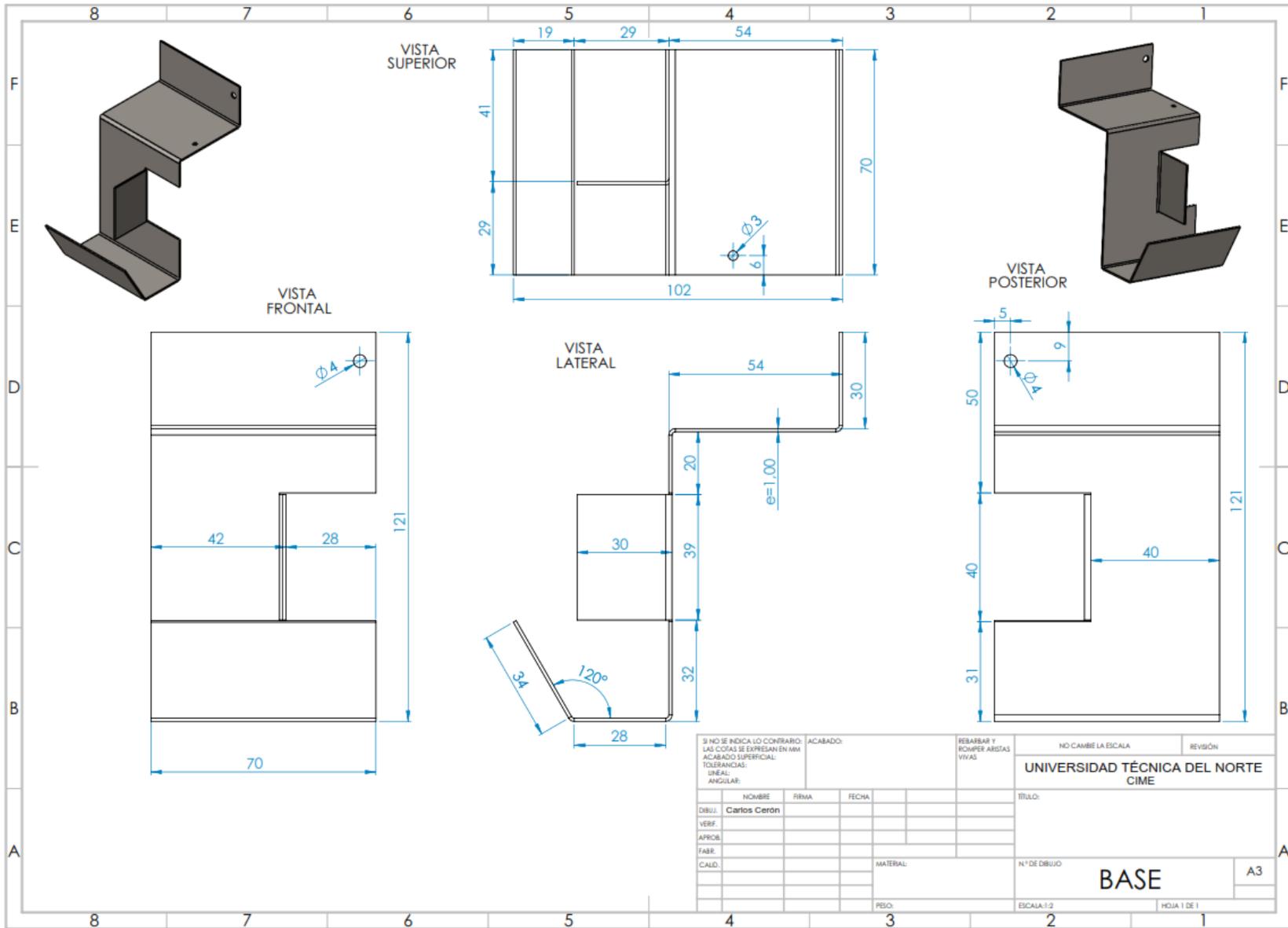
- [10] «¿Qué es un láser? | CLPU». <https://www.clpu.es/divulgacion/bits/que-es-un-laser> (accedido ago. 07, 2021).
- [11] «Sensor de luz con fotocelda», *TECMikro Ecuador*. <https://tecmikro.com/sensores/537-sensor-de-luz-con-fotocelda.html> (accedido ago. 11, 2021).
- [12] V. G. Á. Coba y E. J. C. Mayanquer, «PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA EN CONTABILIDAD Y AUDITORÍA C.P.A», p. 211.
- [13] «capitulo3.pdf». Accedido: ago. 11, 2021. [En línea]. Disponible en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lad/castilla_v_jl/capitulo3.pdf
- [14] «ORLON». <http://fibrassinteticasbell.blogspot.com/2015/07/orlon.html> (accedido ago. 11, 2021).
- [15] «¿Qué es el poliéster? ¿Para qué se utiliza? | Ventajas e inconvenientes», *TextilOn*, abr. 14, 2016. <https://textilon.es/2016/04/14/el-poliester-en-prendas-deportivas-y-merchandising/> (accedido ago. 11, 2021).
- [16] «¿Qué es el Poliéster?», jul. 15, 2020. <http://www.hiladosdealtacalidad.com/que-es-el-poliester> (accedido ago. 11, 2021).
- [17] «Hilo de poliéster y las diferencias del hilo - Enkador», *El blog de Enkador - Textil, Microlimpia, PET*, may 10, 2018. <https://www.enkador.com/blog/poliester-e-hilos-nylon/> (accedido ago. 04, 2021).
- [18] «Máquina para hacer punto de calcetines completamente informatizados con 6 agujas». <http://www.weihuansocksmachine.es/single-cylinder-computerized-hosiery-machine/socks-knitting-machine-with-6-needle-selection.html> (accedido ago. 09, 2021).

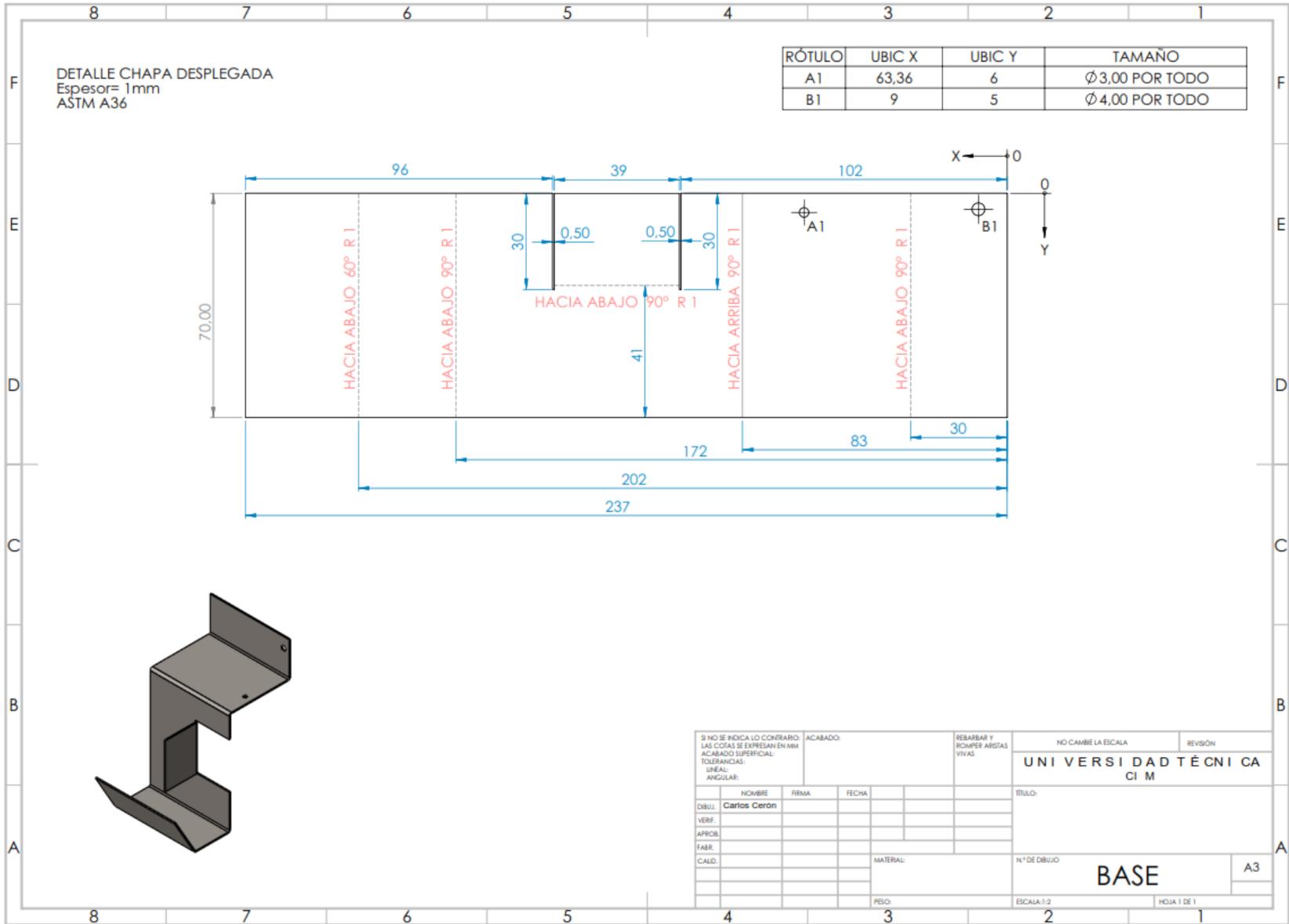
- [19] «Controlador Lógico Programable PLC LOGO-230RC siemens P167860 Colombia».
<https://www.viaindustrial.com/controlador-logico-programable-plc-logo-230rc-siemens/pp/P167860/> (accedido ago. 11, 2021).
- [20] «Arduino Mega 2560», *Proyecto Arduino*, ago. 23, 2018.
<https://proyectoarduino.com/arduino-mega-2560/> (accedido ago. 11, 2021).
- [21] F. Quiroga, «¿Qué es el análisis de costos?», *TU ECONOMÍA FÁCIL*, jun. 10, 2020.
<https://tueconomiafacil.com/que-es-el-analisis-de-costos/> (accedido ago. 14, 2021).
- [22] «Consultas de Consumo», *EMELNORTE*.
<https://www.emelnorte.com/wp/eern/index.php/consultas-de-consumo/> (accedido ago. 11, 2021).

ANEXOS

Anexo A: Código de programación del sistema

Anexo B: Simulación de la pieza Base para el contador de eslabones





Anexo C: Manual técnico de usuario del sistema

SISTEMA AUTOMÁTICO DE CONTROL DE TALLAS DE LA MÁQUINA TEJEDORA DE CALCETINES KOMET KNITTER KS MODELO JL

MANUAL TÉCNICO DE USUARIO

Elaborado por: Carlos Andrés Cerón Puga

Tesista de Ingeniería en Mecatrónica

Universidad Técnica del Norte

Agosto de 2021



PRESENTACIÓN:

Antecedentes: Las máquinas tejedoras de calcetines de cierta antigüedad, no poseen un sistema de control de tallas, por lo que, el cambiar de talla de modo manual aumentando o quitando eslabones de la cadena de tiempos hace que se pierda tiempo valioso y por ende generando pérdidas en la producción. Esto además podría generar que, al realizar el cambio de tallas de modo manual, el operario llegue a dañar el tejido ya producido con lo que sería una pérdida aún mayor.

OBJETIVOS DEL SISTEMA

El sistema automático de control de tallas brinda la capacidad a la máquina de poder cambiar de tallas sin necesidad de detener por un tiempo prologando la producción, al igual que permite que si se presenta una falla mecánica, los sensores envíen una señal para que se detenga el motor de la máquina con lo que no seguirá consumiendo energía de forma innecesaria y por lo tanto generara un ahorro en el consumo eléctrico.

INTRODUCCIÓN:

Este manual está dirigido al personal operador de la máquina tejedora de calcetines Komet Knitter KS que requiera realizar labores de mantenimiento y también al técnico que deba ejecutar revisiones al sistema automatizado.

Se detalla primeramente el modo de uso del sistema, modo de trabajo de los diferentes sensores y actuadores que integran el sistema, los diagramas eléctricos del tablero de control y la sección de solución de problemas.



GENERALIDADES

Advertencias de seguridad

- Evite abrir la compuerta del tablero de conexiones eléctricas y de la caja principal del sistema mientras la máquina esté en marcha, existe peligro de descarga eléctrica ya que el sistema general de alimentación funciona con un voltaje de 220V.
- Evite tocar la banda principal de transmisión de la máquina, al igual que los tambores de funcionamiento mientras esté funcionando, ya que existe peligro de mutilamiento.
- Utilice siempre protectores auditivos, la máquina tejedora trabaja con elevados niveles de ruido.
- Manténgase en lo posible dentro de la zona de seguridad, que es frente de la máquina.
- Asegúrese que la máquina se encuentra totalmente detenida para poder realizar cambios de los consumibles, o de conos de material.

Partes de la máquina tejedora de calcetines Komet Knitter KS

Vista frontal de la máquina

Vista lateral izquierda de la máquina

Vista lateral derecha de la máquina

MODO DE OPERACIÓN DEL SISTEMA

1. El operador debe encender la máquina con el botón ON (VERDE) de la caja lateral de conexiones eléctricas y simultáneamente se enciende el sistema automatizado.
2. Se muestra en pantalla un mensaje de Bienvenida, luego del cual se pide al operario escoger una talla para fabricarla. Las tallas disponibles son 3 opciones: **A** (2-4), **B** (4-6), **C** (6-8). El proceso de confección es el mismo que en una máquina tejedora de calcetines convencional. El sistema actúa desde el momento en que se activa la palanca principal.
3. En caso de falla ya sea mecánica o rotura de hilo, la máquina se detiene y se enciende la luz piloto roja ubicada junto a las pantallas de la caja principal del sistema. En ese momento en la pantalla 2 se muestra un mensaje indicando una falla, y se mantiene hasta que el operador revise el daño. Una vez realizada la corrección, el sistema pide que se presione la tecla # para reiniciar el funcionamiento del motor y posteriormente activar la palanca principal para continuar con el proceso normalmente.
4. En caso de que alguno de los conos de hilo se tenga que cambiar porque está próximo a terminarse, se puede detener el funcionamiento de la máquina y esta se mantendrá en espera para continuar con el proceso normalmente, hasta que se active de nuevo la palanca principal.
5. En caso de accionar el botón de paro de emergencia se activa la luz piloto roja de la caja de conexiones eléctricas, y se detiene solamente el motor; el sistema se mantiene encendido. Mientras no se desactive el botón, el motor no se pone en marcha.
6. Si se necesita apagar completamente el sistema, se presiona el botón rojo de apagado de la caja de conexiones eléctricas.

TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

AREA MECÁNICA

- Lubricar periódicamente con aceite de baja densidad a los eslabones de la cadena plana, al igual que los tambores de camones, para lo cual es necesario levantar la tapa de la caja de protección.
- Lubricar periódicamente con grasa a todo los piñones del sistema de engranajes.

ÁREA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

- Revisar las conexiones del motor eléctrico de transmisión.
- Realizar una limpieza mensual del tablero de control con la máquina apagada y verificar correcto ajuste de borneras y cables.
- Limpiar periódicamente los servomotores de activación y de alimentación de elástico con el fin de evitar la acumulación de aceite, grasa o pelusa de los hilos.
- Con la máquina encendida y detenida, y el botón de paro de emergencia activado compruebe voltaje de alimentación de los servomotores DC usando un multímetro. El valor del voltaje no debe superar los 12 voltios DC.
- Con la máquina encendida y detenida, y el botón de paro de emergencia activado compruebe el funcionamiento correcto del sistema de fallo de la máquina. Esto se lo hace accionando uno de los disparos de hilos o mecánicos, con lo que se podrá visualizar el error en pantalla.

MANEJO DE ERRORES Y FALLAS

FALLA	SOLUCIÓN
El sistema no enciende las pantallas.	Compruebe que se encuentra conectado al tomacorriente de la red eléctrica de 110V.
El sistema no muestra que está funcionando	El sistema no inicia mientras no se escoja una talla para funcionar.
El sistema no muestra un conteo en pantalla.	Revisar que el contador de eslabones no hay ha sido movido o retirado de su posición.
Hubo un corte de energía eléctrica con lo que el sistema se apagó y al encender de nuevo el sistema se encuentra en 0.	Debe usar la palanca manual del tambor de camones para volver a colocar el tambor en el inicio con lo que se reiniciara el conteo.