



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA**

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO**

TEMA:

“RECUPERACIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE LA MÁQUINA DE
TEJER TRIGAMO GALGA 10 DE MANUAL A AUTOMÁTICA
PARA LA MICROEMPRESA TEJIDOS MARTÍNEZ”

AUTOR:

SALAZAR MARTÍNEZ, CARLOS DAVID

DIRECTOR:

ING. LOZA MATOVELLE, DAVID CESAR

SANGOLQUÍ

2017



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, *"RECUPERACIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE LA MÁQUINA DE TEJER TRIGAMO GALGA 10 DE MANUAL A AUTOMÁTICA PARA LA MICROEMPRESA TEJIDOS MARTÍNEZ"* realizado por el señor *CARLOS DAVID SALAZAR MARTÍNEZ*, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Mecánico.

Sangolquí, 2017-08-04

ING. DAVID LOZA MATOVELLE MSc.
Director



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, CARLOS DAVID SALAZAR MARTÍNEZ declaro que:

La tesis de grado titulada: ***“RECUPERACIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE LA MÁQUINA DE TEJER TRIGAMO GALGA 10 DE MANUAL A AUTOMÁTICA PARA LA MICROEMPRESA TEJIDOS MARTÍNEZ”***, ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas. Consecuentemente el trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico de la tesis de grado.

Sangolquí, 2017-08-04

Sr. CARLOS DAVID SALAZAR
C.I. 1713973699



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

AUTORIZACIÓN

Yo, CARLOS DAVID SALAZAR MARTÍNEZ

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" la publicación en la biblioteca virtual de la institución la tesis de grado titulada: : ***"RECUPERACIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE LA MÁQUINA DE TEJER TRIGAMO GALGA 10 DE MANUAL A AUTOMÁTICA PARA LA MICROEMPRESA TEJIDOS MARTÍNEZ"***, cuyo contenido, Ideas y criterio son de mi exclusiva responsabilidad de autoría.

Sangolquí, 2017-08-04

Sr. CARLOS DAVID SALAZAR
C.I. 1713973699

DEDICATORIA

Quiero dedicar esta Tesis a mi madre Ruth Martínez por todo el sacrificio que realiza día a día, por su todo su amor y ternura, y por haber estado siempre a mi lado guiándome y brindándome todo su apoyo

Carlos David Salazar Martínez

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme permitido terminar esta etapa de mi vida, a mi madre Ruth Martínez por su apoyo incondicional y guía a lo largo de este camino, al Ing. David Loza por el apoyo brindado en este proyecto y a todos los maestros que han sabido compartir sus conocimientos a lo largo de la carrera universitaria.

Carlos David Salazar Martínez

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICADO -----	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD -----	iii
AUTORIZACIÓN -----	iv
DEDICATORIA -----	v
AGRADECIMIENTO -----	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS -----	vii
ÍNDICE DE FIGURAS -----	xi
ÍNDICE DE TABLAS -----	xiv
RESUMEN -----	xv
ABSTRACT -----	xvi
CAPÍTULO 1	
GENERALIDADES	
1.1 ANTECEDENTES -----	1
1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA -----	2
1.3 OBJETIVOS -----	3
1.3.1 OBJETIVO GENERAL -----	3
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS -----	3
1.4 ALCANCE -----	4
1.5 ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO -----	4
CAPÍTULO 2	
MARCO TEÓRICO	
2.1 MÁQUINAS RECTILÍNEAS DE TEJER -----	6
2.1.1 TEJIDO A DOS AGUJAS -----	6
2.1.2 TELAR -----	7
2.1.2.1 Telar manual -----	7
2.1.2.2 Telar mecánico -----	8
2.1.2.3 Telar automático -----	9
2.1.3 MÁQUINA DE TEJER SINGER RECTILÍNEA -----	9
2.1.4 MÁQUINA DE TEJER TRIGAMO Y SUS PARTES PRINCIPALES -----	10
2.1.4.1 Frontura -----	11
2.1.4.1.1 Rieles -----	12
2.1.4.1.2 Camas -----	12
2.1.4.1.3 Agujas -----	12
2.1.4.1.4 Paño de presión de agujas -----	13

2.1.4.2	Carro -----	13
2.1.4.2.1	Placa porta camones-----	14
2.1.4.2.2	Camones fijos-----	14
2.1.4.2.3	Camones móviles-----	14
2.1.4.2.4	Laves y selector de puntada -----	15
2.1.4.3	Sistema de tensión -----	15
2.1.4.3.1	Guía hilos -----	16
2.1.4.4	Prensatela-----	16
2.1.4.5	Peine -----	16
2.1.4.6	Estructura de soporte-----	17
2.1.5	MÁQUINAS DE TEJER ELECTRÓNICAS -----	17
2.2	CLASES DE TEJIDOS -----	18
2.2.1	TEJIDO PLANO -----	18
2.2.2	TEJIDO DE PUNTO -----	19
2.2.2.1	Tejido de punto por trama-----	19
2.2.2.2	Tejido de punto por urdimbre -----	20
2.3	SISTEMAS DE MANTENIMIENTO -----	20
2.4	RESUMEN DEL CAPÍTULO -----	22

CAPÍTULO 3

SITUACIÓN ACTUAL DE LA MÁQUINA, RECUPERACIÓN DE PIEZAS MECÁNICAS Y CALIBRACIÓN PARA SU FUNCIONAMIENTO MANUAL

3.1	ESTADO ACTUAL DE LA MÁQUINA DE TEJER TRIGAMO GALGA 10-----	23
3.1.1	FRONTURA -----	24
3.1.2	CARRO-----	24
3.1.3	SISTEMA DE TENSIÓN Y ENHEBRADO -----	25
3.1.4	PRESATELA -----	27
3.1.5	ESTRUCTURA -----	28
3.2	ESTRUCTURA DEL MANTENIMIENTO -----	30
3.3	RECUPERACIÓN DE LAS PIEZAS MECÁNICAS -----	32
3.3.1	FRONTURA -----	32
3.3.1.1	Rieles -----	33
3.3.1.2	Camas -----	34
3.3.1.3	Palanca de Raqueado -----	36
3.3.2	CARRO-----	38
3.3.2.1	Camones fijos y Camones móviles -----	40
3.3.2.2	Llaves-----	43

3.3.3	SISTEMA DE TENSIÓN Y ENHEBRADO -----	44
3.3.3.1	Tensores mecánicos -----	44
3.3.3.2	Plumas o guía hilos -----	45
3.3.4	PRENSATELA -----	47
3.3.4.1	Prensatela -----	47
3.3.5	ESTRUCTURA -----	47
3.4	CALIBRACIÓN PARA SU FUNCIONAMIENTO MANUAL -----	49
3.4.1	CALIBRACIÓN DEL RIEL PARA DESPLAZAMIENTO DEL CARRO -----	50
3.4.2	CALIBRACIÓN DEL CARRO DE TEJER -----	53
3.4.3	CALIBRACIÓN DEL RIEL PARA EL DESPLAZAMIENTO DE LOS GUÍA HILOS ----	58
3.4.4	CALIBRACIÓN DE LOS GUÍA HILOS -----	61
3.5	RESUMEN DEL CAPÍTULO -----	63

CAPÍTULO 4

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN Y DE CONTROL

4.1.	ESTRUCTURA DE LA AUTOMATIZACIÓN -----	65
4.2.	DISEÑO DEL SISTEMA MOTRIZ DE AUTOMATIZACIÓN -----	66
4.2.1.	Motor -----	66
4.2.2.	Sistema de inversión de giro -----	67
4.2.3.	Selección de bandas -----	68
4.2.3.1.	Banda 1 -----	68
4.2.3.1.1.	Factor de servicio -----	68
4.2.3.1.2.	Potencia de diseño -----	69
4.2.3.1.3.	Selección del perfil de la banda -----	70
4.2.3.1.4.	Relación de transmisión -----	72
4.2.3.1.5.	Velocidad tangencial -----	73
4.2.3.1.6.	Distancia entre centros -----	74
4.2.3.1.7.	Longitud de bandas -----	74
4.2.3.1.8.	Número de bandas -----	75
4.2.3.2.	Banda 2 -----	76
4.2.3.2.1.	Factor de servicio -----	76
4.2.3.2.2.	Potencia de diseño -----	76
4.2.3.2.3.	Selección del perfil de la banda -----	76
4.2.3.2.4.	Relación de transmisión -----	77
4.2.3.2.5.	Velocidad tangencial -----	77
4.2.3.2.6.	Distancia entre centros -----	77
4.2.3.2.7.	Longitud de bandas -----	78

4.1.1.1.1.	Número de bandas -----	78
4.2.	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y DE SOPORTE ----	79
4.3.	SISTEMA DE ACOUPLE CON LA BANDA MOTRIZ DEL CARRO TEJEDOR -----	83
4.4.	IMPLEMENTACIÓN DEL NUEVO SISTEMA PRENSATELA -----	83
4.5.	DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL -----	84
4.5.1.	ANÁLISIS DE LA LÓGICA DE CONTROL A UTILIZARSE-----	85
4.5.2.	CIRCUITO DE CONTROL -----	86
4.5.3.	CONTADOR ELECTROMECAÁNICO -----	87
4.5.4.	TENSOR ELECTROMECAÁNICO -----	88
4.6.	RESUMEN DEL CAPÍTULO -----	89

CAPÍTULO 5

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA AUTOMÁTICO, PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y RESULTADOS

5.1.	IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE LA AUTOMATIZACIÓN ----	91
5.2.	IMPLEMENTACIÓN DEL NUEVO SISTEMA PRENSATELA -----	92
5.3.	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA MOTRIZ DE LA AUTOMATIZACIÓN-----	95
5.4.	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE LA MÁQUINA -----	96
5.5.	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO EN SU MODO AUTOMÁTICO -----	99
5.5.1.	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA MOTOR-POLEA-BANDA ----	100
5.5.2.	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA INVERSOR DE GIRO-----	103
5.5.3.	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE SENSADO DE HILO ROTO EN EL HILO -	104
5.5.4.	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL CONTADOR -----	105
5.5.5.	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL CIRCUITO DE CONTROL-----	106
5.6.	RESUMEN DEL CAPÍTULO -----	106

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1.	CONCLUSIONES-----	107
6.2.	RECOMENDACIONES-----	109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ejemplo de tejido a dos agujas.....	7
Figura 2 Uso de un telar manual.....	8
Figura 3 Telar mecánico	8
Figura 4 El telar de Joseph Jacquard	9
Figura 5 Máquina de tejer Singer rectilínea.....	10
Figura 6 Máquina de tejer Trigamo Galga 10	11
Figura 7 Frontura de la máquina.....	11
Figura 8 Rieles de la máquina Trigamo galga 10.....	12
Figura 9 Camas de la máquina de tejer Trigamo galga 10.....	12
Figura 10 Agujas universales para máquinas de tejer galga 10.....	13
Figura 11 Caro de tejer.....	14
Figura 12 Ubicación de las placas porta camones en el carro de tejer.....	14
Figura 13 Camones fijos y móviles ubicados en la placa porta camones	15
Figura 14 Sistema de tensión del hilo	15
Figura 15 Guía hilos de la máquina de tejer Trigamo galga 10.....	16
Figura 16 Prensatela de la máquina de tejer	16
Figura 17 Peine universal para máquina de tejer	17
Figura 18 Estructura de la máquina de tejer Trigamo	17
Figura 19 Máquina de tejer electrónica STOLL CMS 411 TC.....	18
Figura 20 Tejido plano.....	18
Figura 21 Clasificación del tejido plano.....	19
Figura 22 Tejido de punto	19
Figura 23 Tejido de punto por trama	20
Figura 24 Tejido de punto por urdimbre.....	20
Figura 25 Sistemas de mantenimiento	21
Figura 26 División en sistemas de la máquina de tejer Trigamo galga 10.....	23
Figura 27 Partes principales de la Frontura	24
Figura 28 Partes principales del Carro	25
Figura 29 Partes principales del Sistema de Tensión y Enhebrado	26
Figura 30 Ubicación de las porcelanas en el Tensor mecánico.....	26
Figura 31 Partes del sistema Prensatela	27
Figura 32 Estructura	28
Figura 33 Diagrama de flujo del procedimiento de mantenimiento de la maquina	31
Figura 34 Antes y después del estado de la Frontura.....	32
Figura 35 Antes y después del estado de la estructura de soporte de la Frontura...	32
Figura 36 Diagrama de flujo del proceso de recuperación de los rieles.....	33
Figura 37 Antes y después del estado del riel porta guía hilos.....	34
Figura 38 Antes y después del estado del riel de soporte del carro de tejer	34
Figura 39 Diagrama de flujo del proceso de recuperación de los rieles.....	35
Figura 40 Horquetas de la cama ubicadas en sus respectivas ranuras.....	36
Figura 41 Antes y después del estado de la cama frontal de la máquina de tejer....	36
Figura 42 Diagrama de flujo del proceso de recuperación la palanca de raqueado .	37
Figura 43 Antes y después del estado de la palanca de raqueado.....	38

Figura 44 Diagrama de flujo del proceso de recuperación del carro de tejer	39
Figura 45 Antes y después del estado del sistema de tensión del tejido	40
Figura 46 Antes y después del estado de los rodamientos del carro de tejer.....	40
Figura 47 Diagrama de flujo del proceso de recuperación de los camones.....	41
Figura 48 Antes y después de uno de los camones fijos.....	42
Figura 49 Antes y después de los camones móviles	42
Figura 50 Antes y después del perfil de uno de los camones móviles.....	43
Figura 51 Antes y después de la cara de uno de los camones móviles	43
Figura 52 Llaves montadas en el carro de tejer	44
Figura 53 Reparación del punto fijo del enhebrado del hilo	44
Figura 54 Tensor mecánico armado.....	45
Figura 55 Tensor mecánico	45
Figura 56 Caja del guía hilo	46
Figura 57 Brazo del guía hilo	46
Figura 58 Prensatela restaurado	47
Figura 59 Diagrama de flujo del proceso de recuperación de la estructura	48
Figura 60 Antes y después de la estructura de soporte de la máquina.....	49
Figura 61 Antes y después de la estructura de soporte del sistema de tensión	49
Figura 62 Sistema de referencia considerado para la calibración	50
Figura 63 Diagrama de flujo del proceso de calibración del riel (en su eje x)	51
Figura 64 Apoyos y pernos de sujeción del riel frontal.....	51
Figura 65 Diagrama de flujo del proceso de calibración del riel (en su eje y)	52
Figura 66 Distancia del borde del riel al borde superior de la cama	53
Figura 67 Diagrama de flujo del proceso de calibración del riel.....	53
Figura 68 Diagrama de flujo del proceso de calibración de los camones.....	54
Figura 69 Direcciones en las cuales se coloca la regla de precisión	55
Figura 70 Placa de apoyo de las llaves	55
Figura 71 Rodamientos radiales de bola 6000 2RS.....	55
Figura 72 Rodamientos radiales de bola 607 RS.....	55
Figura 73 Diagrama de flujo del proceso de calibración del carro sobre el riel	56
Figura 74 Distancia de la base del carro al riel.....	57
Figura 75 Diagrama de flujo del proceso de calibración del carro sobre la riel	57
Figura 76 Distancia entre los camones y la superficie de la cama.....	58
Figura 77 Brazos de la frontura	58
Figura 78 Diagrama de flujo del proceso de calibración riel para el	59
Figura 79 Diagrama de flujo del proceso de calibración riel para el	60
Figura 80 a) Brazo izquierdo de la frontura de la máquina	60
Figura 81 Distancia entre los topes y la caja portadora de los transportadores.....	60
Figura 82 Agarre de los transportadores a la caja de los guía hilos.....	61
Figura 83 Alza colocada en el apoyo del riel.....	61
Figura 84 Diagrama de flujo del proceso de calibración de los guía hilos.....	62
Figura 85 a) Posición de la punta del guía hilo sobre las agujas al extremo.....	63
Figura 86 Diagrama de flujo del proceso a llevar a cabo para la automatización	65
Figura 87 Partes del sistema motriz.....	66
Figura 88 Modificación al motor eléctrico.....	67

Figura 89 Placa con electroimanes en su centro	67
Figura 90 Placa de acople.....	67
Figura 91 Sistema de inversión de giro	68
Figura 92 Curvas para la selección del perfil de correa trapezoidal	70
Figura 93 Curvas para la selección del perfil de correa trapezoidal dentada.....	71
Figura 94 Medidas de referencia para una banda trapezoidal dentada	72
Figura 95 Sistema de transmisión	72
Figura 96 Estructura de soporte del sistema motriz de la automatización	79
Figura 97 Montaje del sistema de inversión de giro en la estructura	80
Figura 98 Montaje del sistema motriz de la automatización	80
Figura 99 Polea con regulación de la tensión de la banda.....	80
Figura 100 Montaje en la estructura de soporte del sistema motriz	81
Figura 101 Estructura de acople	81
Figura 102 Estructura de acople montada en la máquina.....	82
Figura 103 Sistema motriz de la automatización.....	82
Figura 104 Mordaza adaptada en el caro tejedor.....	83
Figura 105 Piezas de acople del prensatela	83
Figura 106 Prensatela.....	84
Figura 107 Prensatela montado en la máquina	84
Figura 108 Circuito de control del sistema automático de la máquina de tejer	86
Figura 109 Contador electromecánico.....	87
Figura 110 a) Posición del alambre con el hilo sin romperse	88
Figura 111 Mecanismo de sensado de nudo en el hilo.....	89
Figura 112 Caja de control para el sensado de nudos y de hilo roto.....	89
Figura 113 Estructura de soporte del sistema motriz instalado en la máquina	91
Figura 114 Estructura de soporte del sistema motriz montada en la máquina	92
Figura 115 Perno en U para la sujeción de la estructura.....	92
Figura 116 Prensatela montado en la máquina	92
Figura 117 a) Lado derecho del prensatela montado en el perfil en L.....	93
Figura 118 Sujeción del prensatela	93
Figura 119 Mecanismo de giro para el cilindro giratorio.....	94
Figura 120 Poleas del sistema prensatela.....	94
Figura 121 Brazo generador de giro.....	95
Figura 122 Implementación del sistema motriz en la máquina.....	95
Figura 123 Polea tensora de la banda 2 (Banda transportadora del carro)	96
Figura 124 Implementación de la mordaza en el carro tejedor	96
Figura 125 Caja de mando de la máquina de tejer Trigamo.....	97
Figura 126 Sistema de conteo del número de pasadas del carro tejedor	98
Figura 127 Fines de carrera mecánicos.....	98
Figura 128 Rotación causada por el carro tejedor en los topes	99
Figura 129 a) Contacto de las platinas en su posición baja	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Inventario técnico/estado actual de la Frontura	24
Tabla 2 Inventario técnico/estado actual del Carro.....	25
Tabla 3 Inventario técnico/estado actual del Sistema de Tensión y Enhebrado.....	27
Tabla 4 Inventario técnico/estado actual del Sistema Prensatela.....	28
Tabla 5 Inventario técnico/estado actual de la Estructura.....	28
Tabla 6: Acciones a tomar a las piezas faltantes de la máquina Trigamo Galga 10 ..	29
Tabla 7: Porcentaje y acciones a realizar a piezas faltantes o existentes.....	30
Tabla 8 Factor de servicio Fs (Catálogo de correas industriales TRELLEBORG, 2010)	69
Tabla 9 Diámetros mínimos recomendados de las poleas según su tipo de perfil ...	70
Tabla 10 Dimensiones de banda trapezoidal dentada según la norma ISO 5296	72
Tabla 11 Matriz de distribución de puntos ponderados.....	85
Tabla 12 Matriz de decisión	85
Tabla 13 Toma de tiempos que demora en recorrer el carro una distancia dada ..	101
Tabla 14 Cumplimiento de los requerimientos del sistema motor-polea-banda....	102
Tabla 15 Cumplimiento de los requerimientos del sistema inversor de giro.....	104
Tabla 16 Cumplimiento de los requerimientos del sistema de sensado	105
Tabla 17 Cumplimiento de los requerimientos del contador	105

RESUMEN

Se analizan las partes principales de la máquina de tejer Trigamo galga 10 mostrando el estado de todas las piezas fundamentales para el correcto funcionamiento de la máquina. Se detalla las piezas faltantes y las acciones como adquisición o construcción para lograr obtenerlas. A las piezas existentes se les sometió a diversos procesos para recuperarlas. Una vez recuperadas todas las piezas, fueron montadas en la maquina con la finalidad de realizar una calibración secuencial de cada una de sus partes. Para de esta manera llegar a un correcto funcionamiento manual de la máquina. Se realizó todo el diseño de la automatización, esto comprende el sistema motriz, estructura de soporte de la automatización y el circuito de control. Para la parte motriz de la automatización utilizamos el sistema motor-polea-banda junto con un sistema inversor del sentido de giro de la polea motriz del carro tejedor. Para el circuito de control optamos por realizarlo mediante lógica cableada, acompañada de elementos de sensado específicos para este tipo de maquinaria como lo son un contador y un tensor electromecánicos. Se implementó los diferentes elementos de la automatización (sistema motriz, estructura y sistema de control) en la máquina Trigamo. Se las puso a prueba todos sus elementos, enfatizando los elementos del circuito de control con la finalidad de verificar el cumplimiento de los requerimientos para los cuales fueron diseñados.

PALABRAS CLAVES:

- **MÁQUINA DE TEJER TRIGAMO**
- **AUTOMATIZACIÓN**
- **MANTENIMIENTO**
- **RECUPERACIÓN**

ABSTRACT

Analyze the main parts of the weaving machine Trigamo gauge 10 showing the status of all the essential parts for the correct operation of the machine. It details the missing pieces and the actions like the acquisition or the construction to obtain the companies. The existing pieces were subjected to various processes to recover them. Once all the pieces were recovered, they were assembled in the machine with the purpose of performing a sequential calibration of each of its parts. For this way, carry a correct manual of the operation of the machine. All the design of the automation was realized, it verifies the motor system, the support structure of the automation and the control circuit. For the driving part of the automation uses the motor-pulley-belt system together with a reversing system of the direction of rotation of the weaving carriage pulley. For the control circuit we opted to do it with the wired logic, accompaniment of specific sensor elements for this type of machinery as a single counter and an electromechanical tensioner. The various elements of the automation (motor system, structure and control system) were implemented in the Trigamo machine. All elements were tested, emphasizing the elements of the control circuit in order to verify compliance with the requirements for which it was designed.

KEYWORDS:

- **TRIGAMO WEAVING MACHINE**
- **AUTOMATION**
- **MAINTENANCE**
- **RECOVERY**

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

El capítulo 1 presenta a la microempresa Tejidos Martínez como una productora y comercializadora dentro de la industria textil. Expone el problema que afecta a la microempresa. Delimita objetivos encaminados a la solución del problema, y el impacto que genera en su producción.

1.1 ANTECEDENTES

La industria textil es uno de los sectores industrial más antiguos del mundo que se caracteriza por generar productos de consumo masivo. Razón por la cual, ha llegando a tener un gran peso en la economía mundial y se ha convertido en uno de los sectores que más fuentes de trabajo genera. En el Ecuador, en el año 2015 según estimaciones de la Asociación de Industrias Textiles del Ecuador (AITE), “la industria genera alrededor de 50.000 plazas de empleo directas y más de 200.000 indirectas. Lo que lo ha llevado a ser el segundo sector manufacturero que más mano de obra emplea luego del sector de alimentos y bebidas”. (AITE, 2015).

Ecuador actualmente ofrece al mercado nacional una diversidad de productos textiles provenientes de todo tipo de fibras como algodón, lana, poliéster, nylon, seda entre otros. Siendo procesadas en gran variedad de máquinas antes de obtener el producto terminado. A pesar de esta gran diversidad de productos, la industria textil de nuestro país se encuentra atrasada con respecto a nuestros países vecinos Colombia y Perú, tanto en materia prima (hilos, telas e insumos) como en maquinaria, la cual en este caso es el área de influencia de nuestro proyecto.

El mercado ecuatoriano tiene diversas limitaciones en cuanto a maquinaria, ya sea piezas de repuesto o máquinas propiamente dichas. Es entonces

donde la actividad de los ingenieros ecuatorianos tiene un campo de desarrollo.

Tejidos Martínez es una microempresa ligada a la industria textil. Ubicada en la ciudad de Quito, sector Calderón. Su actividad económica es la confección y comercialización de ropa de bebé, de niños y niñas de hasta 12 años. Dentro de sus productos podemos encontrar toallas, cobijas, pantalones, licras, vestidos, buzos, camisetas, entre otros.

La microempresa se encuentra aproximadamente 23 años en el mercado ecuatoriano. Años en los cuales ha ido adquiriendo maquinaria hasta llegar a contar con diversas máquinas destinadas al corte, costura y confección de sus diferentes productos. Una de ellas, la máquina Trigamo Galga 10 se encuentra fuera de funcionamiento por más de 18 años debido a la falta, deterioro y óxido de algunas piezas esenciales para su normal desempeño en su modo manual (único modo con el cual salen las máquinas de fábrica).

1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

La microempresa posee una máquina manual de tejer casera marca Singer (no industrial) que genera telares de lana. La producción de la máquina no abastece la necesidad de materia prima para la microempresa. La inclusión y automatización de la máquina industrial de tejer Trigamo Galga 10 abastecerá el déficit de materia prima. Además permitirá realizar paralelamente otras tareas al operario cuando la máquina funcione en su modo automático.

La incorporación de la máquina al proceso de fabricación de prendas de vestir se traduce para la microempresa en una reducción de costos de producción, reducir tiempos de producción de la materia prima ya que la máquina automatizada será más rápida que un operario. Asegurando así una mejor productividad, manteniendo los estándares de calidad en los productos. Algunos productos la microempresa se ve obligada a comprarlos ya que no alcanza a producirlos debido al déficit de materia prima. Los tiempos de

espera una vez realizado el pedido a los proveedores varían entre una y tres semanas. Al poner en funcionamiento la máquina se garantizara el contar con la materia prima lista para la producción. Adicionalmente, al tener la materia prima, la microempresa podrá ofrecer nuevos productos.

El proyecto será de gran beneficio para ambas partes (empresa y estudiante). Se podrá aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera para lograr la inclusión de la máquina Trigamo Galga 10 al proceso de producción de la microempresa. Esto significa que la microempresa podrá tejer sus propios telares de lana y elaborar diversos productos en la máquina.

El proyecto se desarrolla con el objetivo de demostrar e integrar los conocimientos adquiridos en los estudios para la obtención del título de Ingeniero Mecánico de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, aplicando una solución ingenieril al problema que presenta la microempresa Tejidos Martínez y así favorecer al desarrollo de la industria y tecnología ecuatoriana.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Recuperar y transformar la máquina Trigamo Galga 10 de manual a automática para la microempresa Tejidos Martínez.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el estado inicial de la máquina
- Recuperar todas las piezas y elementos mecánicos de tal manera que la máquina funcione correctamente en su modo manual.
- Diseñar y construir los sistemas necesarios para la transformación de la máquina Trigamo Galga 10 de manual a automática.
- Diseñar e implementar la instrumentación y circuito pertinente para el correcto funcionamiento de la máquina en su modo automático.

1.4 ALCANCE

Para facilitar el desarrollo del proyecto nos ayudaremos de la norma PAS 55. Norma destinada a la “Buena gestión de activos”. Específicamente las partes donde se habla del ciclo de vida total de un activo, partiendo desde la adquisición de los activos hasta su desincorporación/renovación, pasando por las diferentes etapas de ingeniería, operación y mantenimiento.

En base a lo dicho anteriormente las actividades a ser desarrolladas son las siguientes:

- Diagnóstico
- Recuperación de elementos y sistemas
- Diseño de nuevas partes
- Construcción y Automatización.
- Puesta a punto

Una vez finalizado el proyecto, la máquina de tejer podrá funcionar en su modo manual y automático. Esto dependerá la necesidad del operario al elaborar las diferentes prendas de vestir.

1.5 ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

En el Capítulo 1, se da a conocer la microempresa patrocinadora del proyecto. Así como el problema que presenta y los beneficios que generaría al solucionarlo.

En el Capítulo 2, se expone una pequeña evolución de máquinas antecesoras y predecesoras de la máquina de tejer Trigamo galga 10. Se detalla el proceso de tejido de la máquina. Así como diversos materiales y puntadas que se pueden realizar.

En el Capítulo 3, se realiza un análisis del estado inicial de la máquina. Se evalúa el estado de cada una de las piezas existentes (bueno, regular o malo). Y se detalla las piezas faltantes con su respectiva acción a tomar para su

adquisición o compra. Se detalla el proceso de construcción de las piezas faltantes y la calibración de la máquina para su funcionamiento manual.

En el Capítulo 4, se expondrá todos los elementos diseñados, construidos e implementados en la automatización y control de la máquina de tejer Trigamo galga 10.

En el Capítulo 5, se mostrara como se implementaron todos los elementos de la automatización (sistema motriz, estructura y sistema de control) en la máquina y se expondrá las pruebas de funcionamiento realizadas y los resultados a los cuales se llegó.

En el Capítulo 6, se dan a conocer las conclusiones a las cuales se llegó después de aplicar el proyecto. Además se detallan ciertas recomendaciones las cuales se deben aplicar en el uso de la máquina.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

En el capítulo 2 se analiza la evolución de las máquinas de tejer rectilíneas, conforme la necesidad de la industria y el avance tecnológico. Se detallan las partes principales de la máquina de tejer Trigamo galga 10. Se analiza los materiales comúnmente utilizados y las puntadas que se puede realizar.

2.1 MÁQUINAS RECTILÍNEAS DE TEJER

La industria textil y su maquinaria han ido evolucionando con forme la necesidad de la industria y de la mano de la tecnología a lo largo de la historia. Desde sus comienzos, el confeccionar prendas de vestir manualmente hasta la forma actual de producirlas, utilizando máquinas computarizadas para obtener las prendas. A pesar del avance tecnológico, todos estos métodos y maquinaria siguen siendo utilizados ya que el producto final es muy similar. La diferencia es el nivel de producción que alcanza la empresa. Al tejer una prenda de vestir a mano puede ser necesario de una a tres semanas para obtener el producto final. Por otro lado al utilizar una máquina de tejer computarizada puede tomar de uno a dos días en obtener la misma prenda de vestir.

En el mercado a nivel mundial existen diversas marcas de máquinas que realizan los telares de lana, su única diferencia es la tecnología que llevan. A continuación se detallaran las más conocidas y relevantes organizadas en un orden cronológico:

2.1.1 TEJIDO A DOS AGUJAS

La técnica de tejido a dos agujas es una de los más antiguos de la humanidad. Aunque es imposible precisar la época exacta en la cual apareció. Desde los comienzos del ser humano en la tierra ha generado la necesidad de protegerse del frío y de los efectos climáticos cambiantes. Para ello comenzaron a confeccionar sus prendas de vestir y fabricar herramientas que lo facilite.

El tejido a dos agujas (Figura 1) es una técnica manual que consiste en generar el tejido a partir del movimiento de dos agujas y una hebra de lana.



Figura 1 Ejemplo de tejido a dos agujas

A pesar de ser una técnica muy antigua se sigue utilizando en la actualidad para generar diversas prendas de vestir con diversas puntadas.

2.1.2 TELAR

El telar es una máquina de tejer en la cual se colocan hilos paralelos sujetos a ambos extremos de tal manera que formen una abertura, por la cual pasa otro hilo denominado trama una y otra vez para ir generando poco a poco el tejido.

2.1.2.1 Telar manual

No se sabe exactamente cuándo surgió este modo de tejer, pero fueron los egipcios los primeros en perfeccionar esta técnica para fabricar sus vestimentas. Esta fue la técnica de fabricación textil más utilizada por diversas civilizaciones en todo el planeta.

Tejer manualmente en un telar consiste en mantener tensos y sujetos en la estructura los hilos de urdimbre y otro hilo (la trama) alrededor de las caderas del tejedor. El tejedor se arrodilla para comenzar a tejer. Los hilos de trama se insertan por encima y por debajo de los hilos de urdimbre ayudándose con los dedos de tal manera que repitiendo el proceso se genere la tela. Tal como muestra la Figura 2.



Figura 2 Uso de un telar manual
(Pilar Borrego Díaz, Evolución de los telares
y ligamentos a través de la historia)

Más adelante y debido a la necesidad de una mayor producción se fueron desarrollando sistemas que permitieran pasar la trama sin necesidad de ayuda de los dedos. Estos cambios ayudaban a hacer el tejido más rápidamente y daban paso a un sistema mecánico del telar.

2.1.2.2 Telar mecánico

En Inglaterra a mediados del siglo XVIII comienzan a darse las primeras mejoras en la tecnología de estas máquinas. La Revolución Industrial motivó al diseño y la construcción de un mecanismo que reprodujera el movimiento que la persona realizaba al trabajar con el telar. Dicho avance tecnológico aumentó el nivel de producción y posteriormente motivo la motorización del sistema. Las máquinas utilizadas eran muy similares a la mostrada en la Figura 2.3.



Figura 3 Telar mecánico
(Villota Fernanda, Línea del tiempo
en la industria textil, 2005)

2.1.2.3 Telar automático

Si bien el telar mecánico aumento en gran medida la producción en comparación al telar manual, aun dependía de un trabajador. Es entonces cuando el francés Joseph Jacquard inventa un sistema de tarjetas perforadas (Figura 4) que determinaran la posición del hilo de trama con respecto al a urdimbre. El invento permitió que la máquina funcione de manera automática.

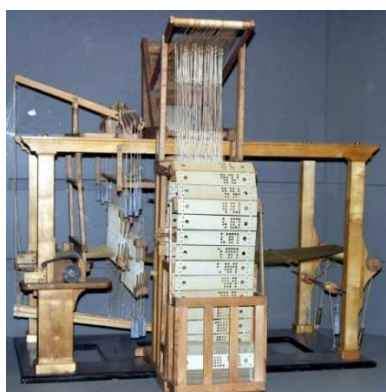


Figura 4 El telar de Joseph Jacquard (Villota Fernanda, Línea del tiempo en la industria textil, 2005)

Después de la segunda guerra mundial, y motivados por la mejora en tiempos de producción, eliminación de tiempos muertos y mejora en la calidad se comenzaron a implementar poco a poco controles electrónicos logrando una automatización total de esta máquina.

2.1.3 MÁQUINA DE TEJER SINGER RECTILÍNEA

Alrededor de 1850 Isaac Singer lanzó al mercado una máquina semi-industrial para poder tejer telares, la máquina de tejer Singer rectilínea (Figura 5). Esta máquina presentaba mayores comodidades para el operador y permitía generar diversas puntadas, cosa que no se puede hacer en un el telar. Dentro de las comodidades se puede destacar lo fácil en que se puede cambiar de color del hilo y la posibilidad de utilizar hilos de diferentes materiales.

La máquina de tejer necesita un operario fijo que traslade los dos carros de manera simultánea de lado a lado por encima de la cama para poder generar el tejido. Una de las limitantes de esta máquina es que no generaba telares de gran anchura debido a la limitación propia de la máquina. A más de ello se necesitaba un movimiento sincronizado de los brazos para poder generar un tejido sin fallas.



Figura 5 Máquina de tejer Singer rectilínea
(Página oficial de Singer, Singer/ Historia)

2.1.4 MÁQUINA DE TEJER TRIGAMO Y SUS PARTES PRINCIPALES

La máquina Trigamo Galga 10 (Figura 6) es una máquina de tejer industrial que sirve para producir telares de lana a partir de hilo. El único modo del cual sale de fábrica es su modo manual. Esto quiere decir que un operario debe encargarse de trasladar el carro de la máquina de lado a lado para producir el telar.

La máquina es una propuesta industrial a la máquina de tejer Singer rectilínea. La máquina de tejer Trigamo dio solución a muchos de los problemas que tenía la máquina Singer. A más de ello prestó mayor facilidad al operario al momento de realizar su trabajo.

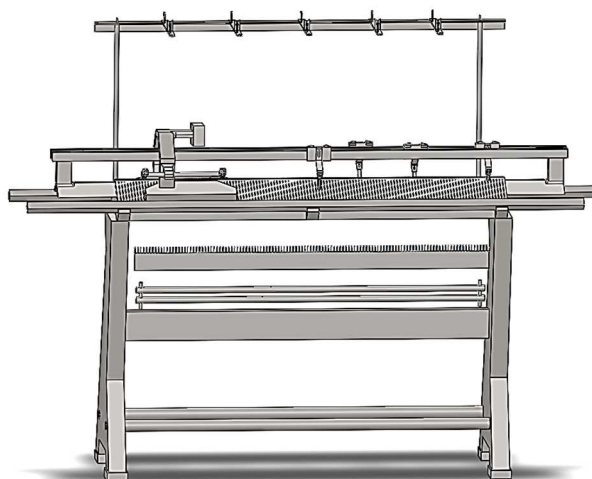


Figura 6 Máquina de tejer Trigamo Galga 10

2.1.4.1 Frontura

Se conoce como frontura (Figura7) al conjunto formado por las camas de la máquina y los rieles. Todas las partes unidas a una estructura secundaria que sirve de unión para estos elementos. La frontura de la máquina se encuentra apoyada sobre la estructura.

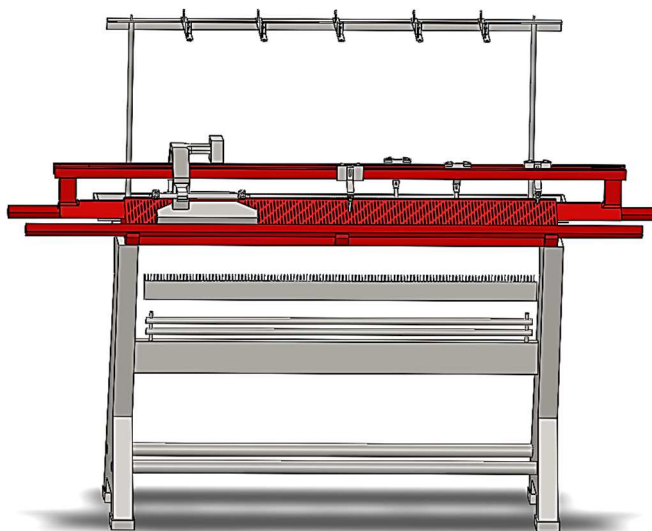
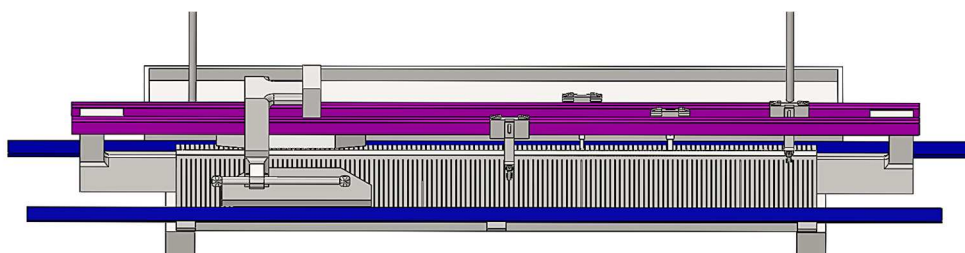


Figura 7 Frontura de la máquina de tejer Trigamo Galga 10

2.1.4.1.1 Rieles

La máquina posee dos pares de rieles, el primer par son los rieles en el cual se asienta y desplaza el carro al momento de tejer, el segundo par alberga y por ellos se desplazan los guía hilos, tal como se muestra en la Figura 8.



- Rieles para el desplazamiento del carro
- Rieles para el desplazamiento de los guía hilos

Figura 8 Rieles de la máquina Trigamo galga 10

2.1.4.1.2 Camas

Es el sitio que aloja las agujas, la máquina de tejer Trigamo cuenta con dos camas, una frontal y otra posterior. Tal como muestra la Figura 9.

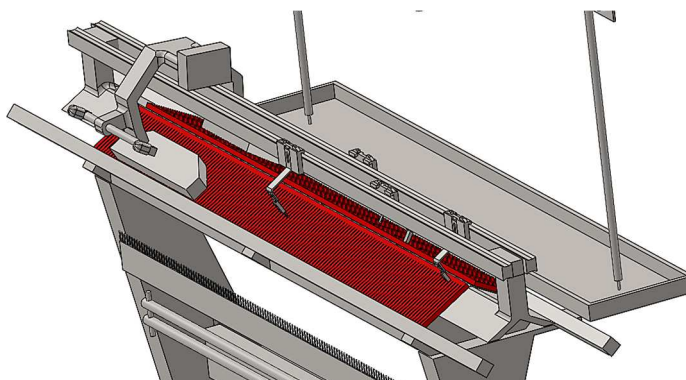


Figura 9 Camas de la máquina de tejer Trigamo galga 10

2.1.4.1.3 Agujas

La máquina de tejer Trigamo alberga en sus dos camas un total de 946 agujas de lengüeta a lo largo del metro veinte centímetros de área de trabajo en el cual se pueden colocar. Llegando a tener 10 agujas por pulgada. De esa cifra

viene su número de galga. A medida que aumente el número de agujas por pulgada, aumentara su galga y el tejido se torna cada vez más delgado. Las agujas con las que trabaja esta máquina son agujas de lengüeta de talón alto y de talón bajo (Figura10), dispuestas de manera secuencial dos agujas de talón alto y una aguja de talón bajo con la finalidad de poder generar diversas puntadas.

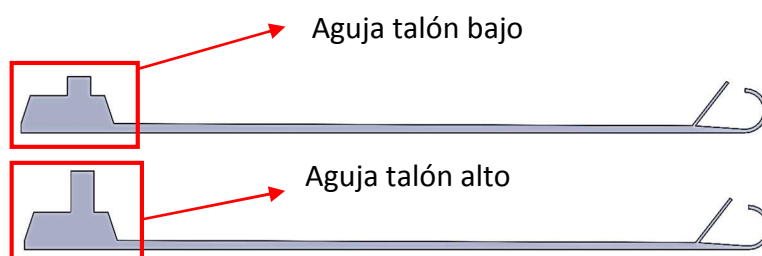


Figura 10 Agujas universales para máquinas de tejer galga 10

2.1.4.1.4 Paño de presión de agujas

El paño genera una ligera presión y aumenta la fricción de las agujas en sus correspondientes canales para evitar que se deslicen sin generar una fuerza exterior.

2.1.4.2 Carro

El carro (Figura 11) se desplaza linealmente en forma de avance-retroceso sobre las rieles de la frontura. Es el encargado de hacer contacto con los talones de las agujas y de esta forma generar el movimiento de las mismas al momento de tejer.

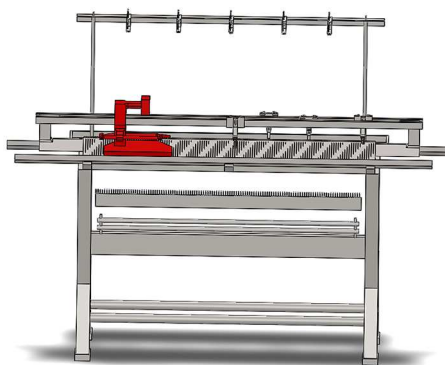


Figura 11 Carro de tejer

2.1.4.2.1 Placa porta camones

La placa porta camones alberga y permite el movimiento tanto longitudinal como transversal de los camones, esta se encuentra atornillada al corro en su parte inferior tal como se muestra en la Figura 12.

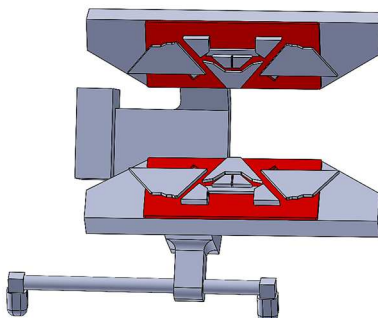


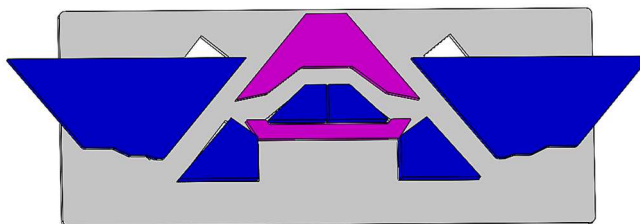
Figura 12 Ubicación de las placas porta camones en el carro de tejer

2.1.4.2.2 Camones fijos

Los camones fijos no tienen ningún movimiento. Junto a los camones móviles realiza el desplazamiento de las agujas por medio de sus talones (talones bajos y altos)

2.1.4.2.3 Camones móviles

Los camones móviles tienen movimiento ya sea longitudinal o transversal. Mediante sus diversos movimientos se pueden generar diversos tipos de puntada.



■ Camones Móviles

■ Camones Fijos

Figura 13 Camones fijos y móviles ubicados en la placa porta camones

2.1.4.2.4 Laves y selector de puntada

Las llaves y el tambor son utilizados de forma independiente y no realizan su trabajo al mismo tiempo, es decir debemos utilizar ya sea las llaves o los tambores para poder generar el movimiento de los camones móviles que a su vez genera las diferentes puntadas.

2.1.4.3 Sistema de tensión

El sistema de tensión (Figura 14) es independiente para cada cono de hilo. Es el encargado de mantener la tensión constante a lo largo del hilo para evitar que se enrede o su rotura al momento de tejer. La máquina trabaja con 4 tensiones.

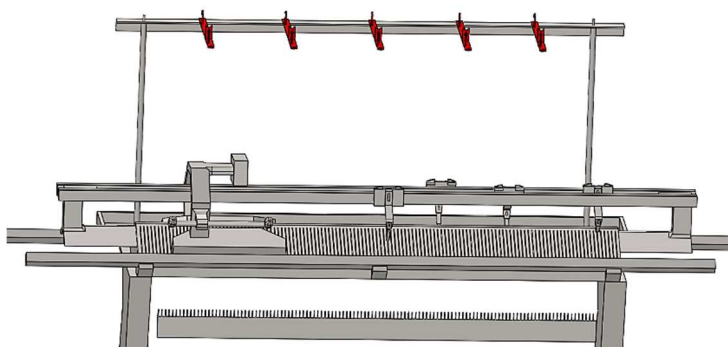


Figura 14 Sistema de tensión del hilo

2.1.4.3.1 Guía hilos

Los guía hilos (Figura 15) son desplazados conjuntamente con el carro al momento de realizar su movimiento. Su función principal, es guiar el hilo sobre las agujas para poder realizar el tejido.

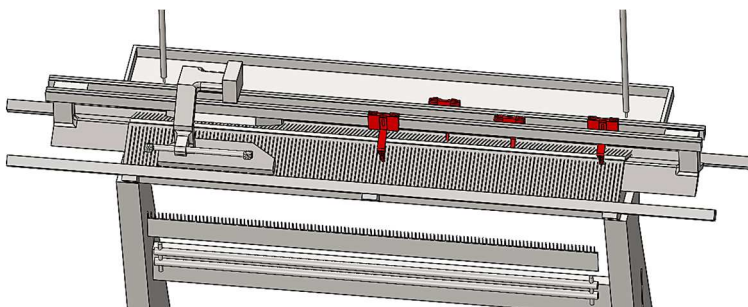


Figura 15 Guía hilos de la máquina de tejer Trigamo galga 10

2.1.4.4 Prensatela

El prensatela (Figura 16) es el encargado de jalar el tejido progresivamente con forme aumenta su longitud.

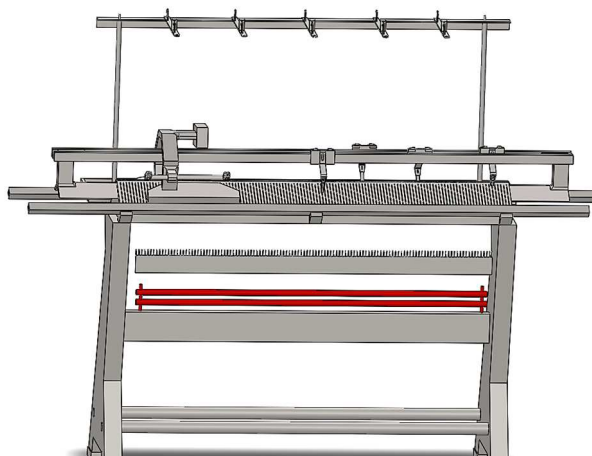


Figura 16 Prensatela de la máquina de tejer Trigamo galga 10

2.1.4.5 Peine

El peine (Figura 17) es el encargado de ayudar a comenzar el tejido

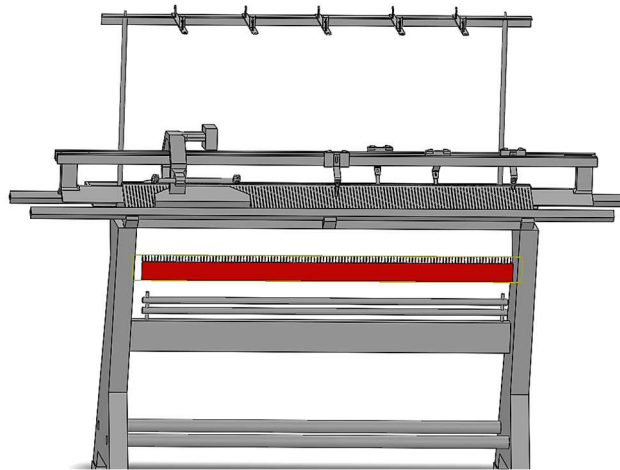


Figura 17 Peine universal para máquina de tejer

2.1.4.6 Estructura de soporte

La estructura (Figura 18) alberga todos los elementos anteriormente dichos y además soporta todo el movimiento generado por la inercia del carro de tejer al momento de moverse.

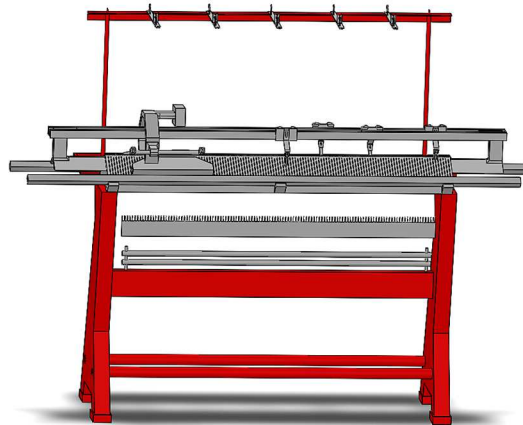


Figura 18 Estructura de la máquina de tejer Trigamo

2.1.5 MÁQUINAS DE TEJER ELECTRÓNICAS

Las máquinas de tejer electrónicas reducen en gran manera el tiempo de producción de una prenda de vestir. Son capaces de producir la prenda con diseños complicados de una forma directa. Algunas características de las máquinas son:

- Intercambian automáticamente los colores de hilo.
- Se detiene cuando se rompe una aguja.
- Se detiene ante un fallo mecánico.
- Detiene su funcionamiento cuando se rompe la hebra de hilo.
- Puede realizar prendas de vestir en serie.

Una de las máquinas más comercializadas es la máquina de tejer Stoll CMS 411 TC mostrada en la Figura 19.



Figura 19 Máquina de tejer electrónica STOLL CMS 411 TC
(Gladys Celesteciele, Tejido de punto por trama, 2015)

2.2 CLASES DE TEJIDOS

2.2.1 TEJIDO PLANO

El tejido plano (Figura 20) se caracteriza por presentar sus hilados entrelazados perpendicularmente. Al hilado vertical se los denomina urdimbre, mientras que el hilado horizontal se lo denomina trama. Esta configuración brinda gran resistencia a la tela.

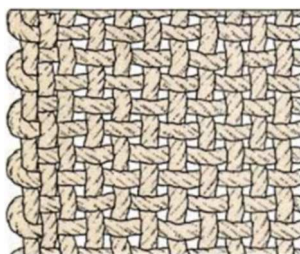


Figura 20 Tejido plano
(Abdón Ortiz, Los hilos y la hiladura, 2015)

El tejido plano se puede clasificar en (Figura 21):

- Tafetán o liso, como el lino, la muselina o el cambray
- Sargas o cruzado como la mezclilla y la gabardina
- Satén o raso como el damasco y el crespón

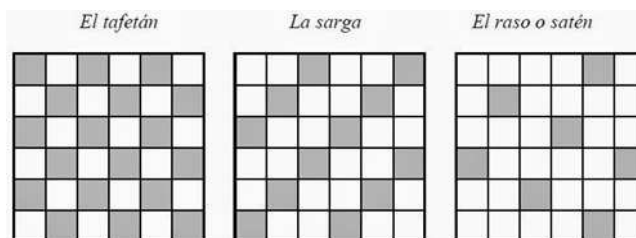


Figura 21 Clasificación del tejido plano
(Gladys Celesteciele, Patronaje de diseño de modas y costura, 2012)

2.2.2 TEJIDO DE PUNTO

El tejido de punto (Figura 22) utiliza solo un hilo que va entrelazándose entre sí para dar lugar al tejido. Una de las características principales del tejido de punto es que al contrario del tejido plano, presenta una gran elasticidad

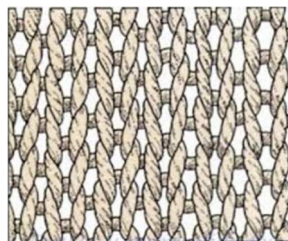


Figura 22 Tejido de punto
(Abdón Ortiz, Los hilos y la hilatura, 2015)

El tejido de punto se puede clasificar en:

2.2.2.1 Tejido de punto por trama

En el tejido por trama (Figura 23) el hilo avanza horizontalmente, las mallas se unen en la misma pasada y las conexiones son horizontales.

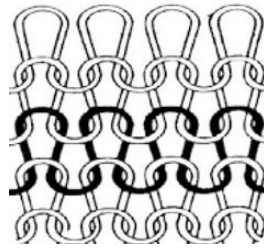


Figura 23 Tejido de punto por trama
(Lucio Rivas, Fabric Shirts, 2015)

2.2.2.2 Tejido de punto por urdimbre

El tejido por urdimbre (Figura 24) forma mallas en vertical

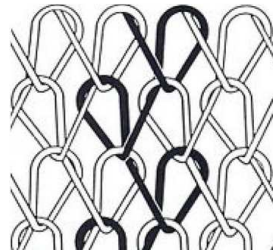


Figura 24 Tejido de punto por urdimbre
(Lucio Rivas, Fabric Shirts, 2015)

2.3 SISTEMAS DE MANTENIMIENTO

La figura 25 muestra los sistemas de mantenimiento dentro del mantenimiento industrial.

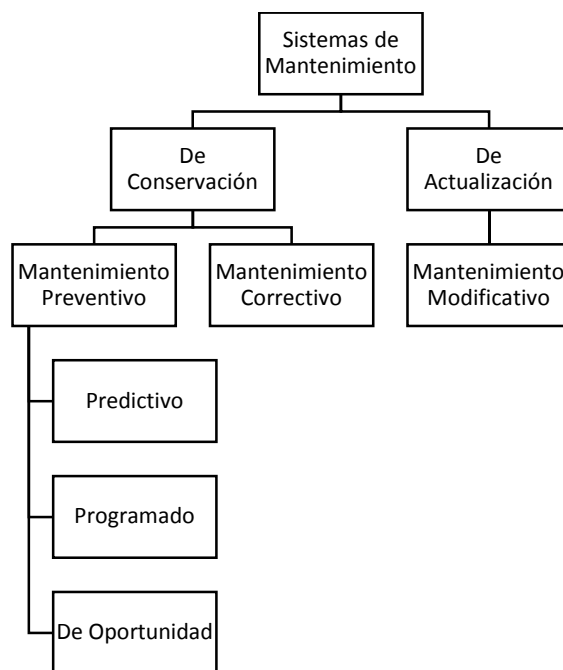


Figura 25 Sistemas de mantenimiento

El mantenimiento preventivo está orientado a realizar acciones de carácter profiláctico y periódico con la finalidad de prevenir y disminuir la cantidad de fallos aleatorios.

El mantenimiento correctivo se ejecuta una vez el fallo se ha producido, interviniendo con acciones de reparación para restituir la capacidad de trabajo de la máquina.

El mantenimiento modificativo está orientado a eliminar fallos, corregir anomalías o realizar mejoras en la máquina destinadas a aumentar su capacidad productiva.

En la etapa de recuperación de la máquina de tejer Trigamo se realizará un mantenimiento correctivo encaminado a un overhaul mayor. Ya que se realizará una reparación total de la máquina. Dentro de este mantenimiento las algunas de las acciones a ejecutarse son:

- Diagnóstico general de la máquina, sus elementos y sistemas
- Recuperación de piezas, elementos y sistemas
- Montaje de todas las piezas, elementos y sistemas de la máquina

- Calibración y puesta a punto de la maquina
- Pruebas de funcionamiento

En la etapa de automatización de la máquina de tejer Trigamo estaremos hablando de un mantenimiento modificativo. Ya que al automatizar la máquina cambiaremos el modo en el cual originalmente salió de fábrica. Todo ello con la finalidad de mejorar su capacidad productiva. Dentro de este mantenimiento algunas de las acciones a ejecutarse son:

- Diseño y construcción de partes estructurales y mecánicas
- Diseño e implementación de elementos de control
- Montaje de los elementos estructurales, mecánicos y de control en la máquina
- Calibración y puesta a punto de la maquina con los elementos de automatización
- Pruebas de funcionamiento

2.4 RESUMEN DEL CAPÍTULO

A lo largo del capítulo 2 analizamos la evolución de las máquinas rectilíneas de tejer, siendo el detonante de su gran transformación la demanda de prendas de vestir a nivel mundial a lo largo de la historia. Es así como el ser humano pasó de producir prendas de vestir de manera netamente manual a producirlas en máquinas computarizadas en las cuales la intervención del hombre es mínima. El capítulo también muestra las partes principales de la máquina de tejer Trigamo galga 10 y como van montadas en la máquina. Nombra una clasificación general de los tejidos que existen en el mercado. Y recalca el tipo de mantenimiento al cual va a ser sometida la máquina los cuales serán mantenimiento correctivo y modificativo.

CAPÍTULO 3

SITUACIÓN ACTUAL DE LA MÁQUINA, RECUPERACIÓN DE PIEZAS MECÁNICAS Y CALIBRACIÓN PARA SU FUNCIONAMIENTO MANUAL

En el Capítulo 3 se analiza del estado inicial de la máquina. Se evalúa cualitativamente (bueno, regular o malo) el estado de cada una de las piezas existentes y necesarias para su funcionamiento manual. Se detalla las piezas faltantes con su respectiva acción a tomar para su adquisición o compra. Se detalla el proceso de recuperación de las partes y sistemas que lo necesiten. Así también el proceso de calibración de todas las partes y sistemas de la máquina que lo requieran para su funcionamiento normal en su forma manual.

3.1 ESTADO ACTUAL DE LA MÁQUINA DE TEJER TRIGAMO GALGA 10

Para el análisis se dividirá la máquina en cinco grandes sistemas tal como muestra la Figura 26. Cada sistema realiza diferente función en la máquina.

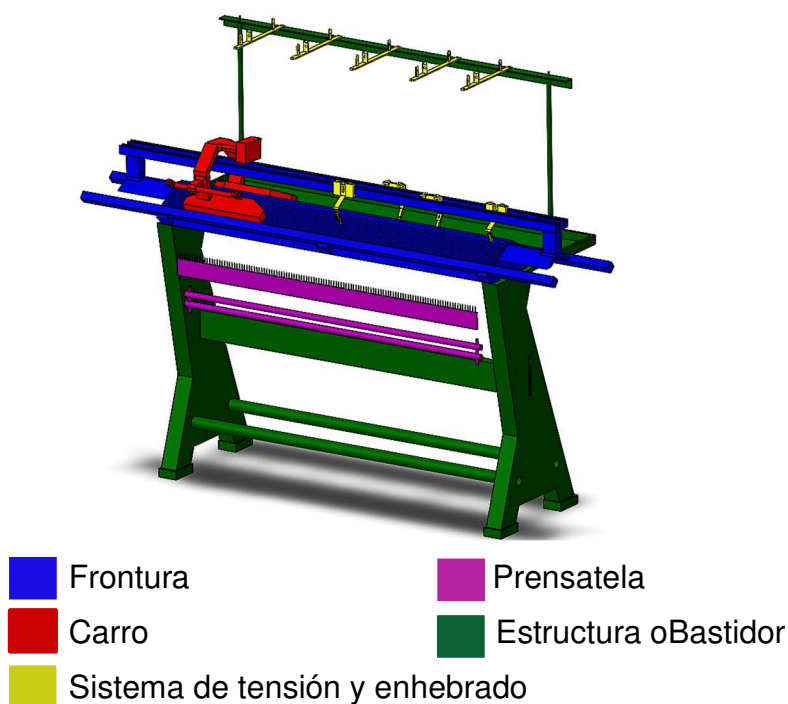


Figura 26 División en sistemas de la máquina de tejer Trigamo galga 10

A continuación detallaremos el estado de los componentes necesarios para que la máquina Trigamo Galga 10 tenga un correcto funcionamiento en su modo manual.

3.1.1 FRONTURA

La Figura 27 muestra las partes principales de la frontura. La Tabla 1 muestra la evaluación el estado de todas las partes de la frontura y especifica las acciones a llevar a cabo para que queden en un estado óptimo para su funcionamiento.

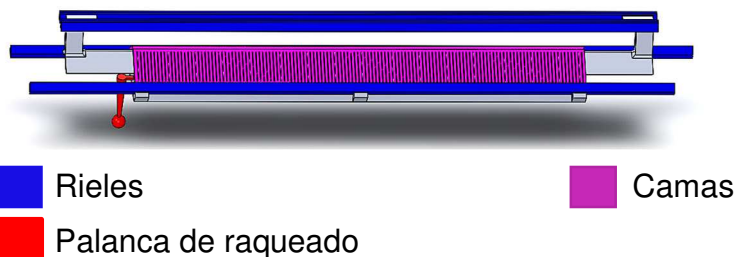


Figura 27 Partes principales de la Frontura

Tabla 1
Inventario técnico/estado actual de la Frontura

Orden	Sistema/ Subsistema	Faltante	Estado Actual			Acciones a tomar
			Bueno	Regular	Malo	
3.1.1.	Frontura			x		- Limpieza general y aceitado de las piezas móviles - Eliminar oxido
3.1.1.1	Rieles			x		- Eliminar oxido - Pulido con lija 600 - Alineación de rieles
3.1.1.2.	2 Camas			x		-Limpieza y eliminación de oxido -Aflojar piezas trabadas -Lubricación -Alineación de camas
3.1.1.2.1	Agujas	x				-Adquisición de juego de agujas (946 agujas en total para las dos camas) - Lubricación
3.1.1.2.2	Paño de presión de agujas		x			- Colocar correctamente en la longitud de trabajo de la máquina
3.1.1.3	Palanca de raqueado			x		-Cambio de rodamiento -Limpieza y calibración

3.1.2 CARRO

La Figura 28 muestra las partes principales del Carro.

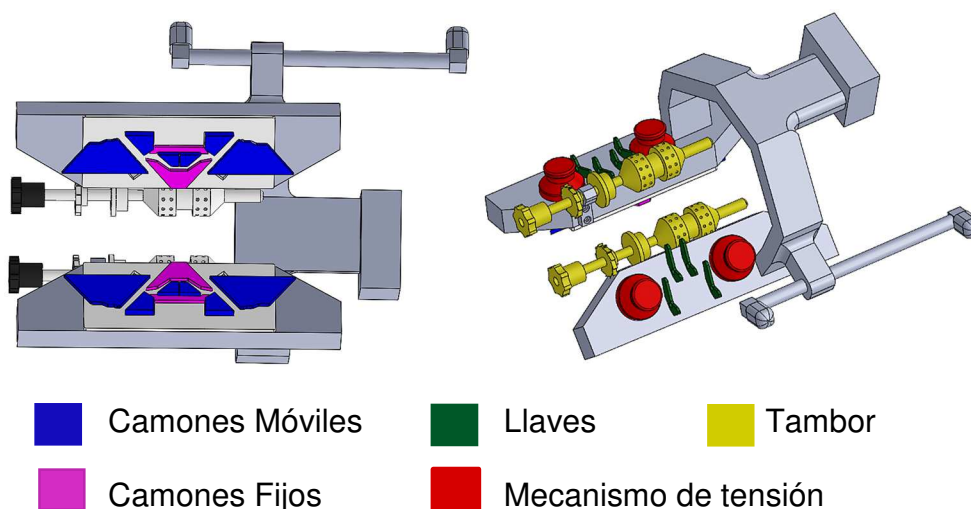


Figura 28 Partes principales del Carro

La Tabla 2 muestra la evaluación el estado de todas las partes del carro y especifica las acciones a llevar a cabo para que queden en un estado óptimo para su funcionamiento.

Tabla 2
Inventario técnico/estado actual del Carro

Orden	Sistema/ Subsistema	Faltante	Estado Actual			Acciones a tomar
			Bueno	Regular	Malo	
3.1.2	Carro				x	
3.1.2.1	Camones fijos				x	-Rellenar con soldadura TIG -Perfilar mediante fresado -Rectificar -Templar (dureza 60 Rockwell C)
3.1.2.2	Camones móviles				x	-Rellenar con soldadura TIG -Perfilar mediante fresado -Rectificar -Templar (dureza 60 Rockwell C)
3.1.2.3	Llaves	x				-Diseño y construcción
3.1.2.4	Mecanismo de tensión		x			-Regulación
3.1.2.5	Tambor o Selector automático de puntadas	x				-Adquisición

3.1.3 SISTEMA DE TENSIÓN Y ENHEBRADO

La Figura 29 y Figura 30 muestra las partes principales del Sistema de Tensión y Enhebrado

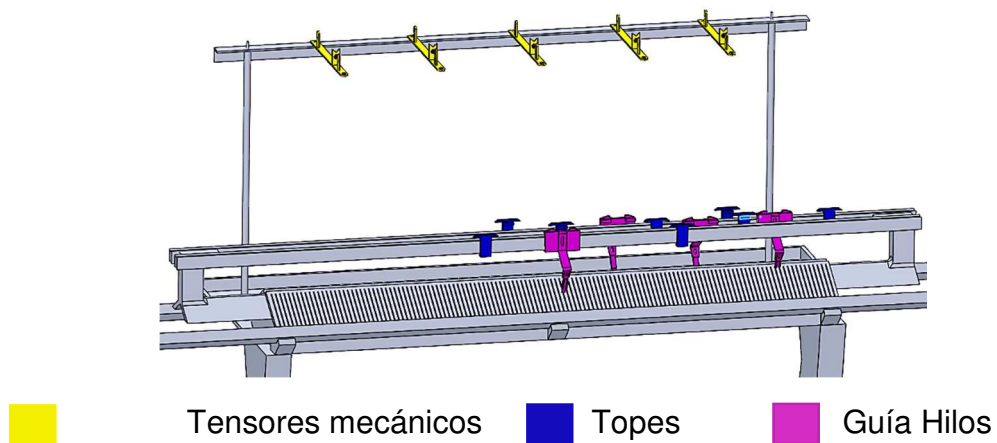


Figura 29 Partes principales del Sistema de Tensión y Enhebrado

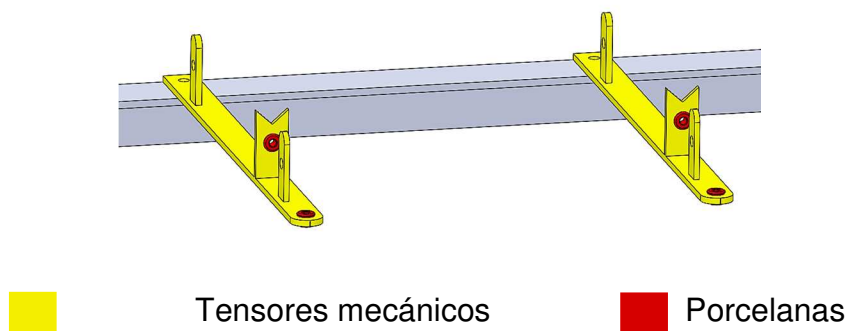


Figura 30 Ubicación de las porcelanas en el Tensor mecánico

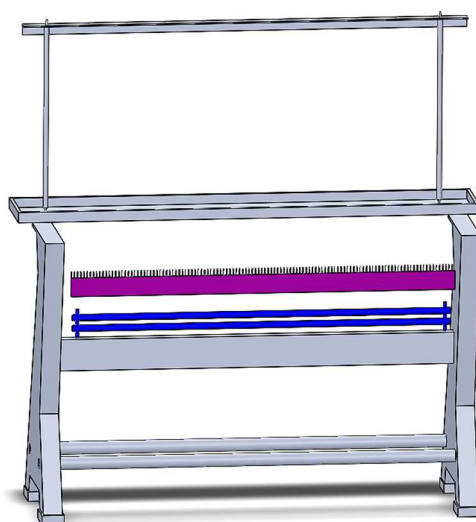
La Tabla 3 muestra la evaluación el estado de todas las partes del sistema de tensión y enhebrado, especifica las acciones a llevar a cabo para que queden en un estado óptimo para su funcionamiento.

Tabla 3
Inventario técnico/estado actual del Sistema de Tensión y Enhebrado

Orden	Sistema/ Subsistema	Faltante	Estado Actual			Acciones a tomar
			Bueno	Regular	Malo	
3.1.3	Sistema de tensión de enhebrado	x				
3.1.3.1	Tensores mecánicos	x				-Diseño y construcción
3.1.3.2	Porcelanas	x				- Adquisición
3.1.3.3	Plumas o guía hilos(4)	x				-Diseño y construcción
3.1.3.4	Topes	x				-Adquisición

3.1.4 PRENSATELA

La Figura 31 muestra las partes principales del sistema Prensatela



■ Prensatela ■ Peine

Figura 31 Partes del sistema Prensatela

La Tabla 4 muestra la evaluación el estado de todas las partes del sistema prénsatela y especifica las acciones a llevar a cabo para que queden en un estado óptimo para su funcionamiento.

Tabla 4
Inventario técnico/estado actual del Sistema Prensatela

Orden	Sistema/ Subsistema	Faltante	Estado Actual			Acciones a tomar
			Bueno	Regular	Malo	
3.1.4	Prensatela				x	- Eliminar óxido - Aplicar pintura
3.1.4.1	Peine	x				- Aplicar pintura

3.1.5 ESTRUCTURA

La Figura 32 muestra la Estructura de soporte de todas las partes anteriormente mencionadas.



Figura 32 Estructura

La Tabla 5 muestra la evaluación el estado de la estructura y especifica las acciones a llevar a cabo para que queden en un estado óptimo para su funcionamiento.

Tabla 5
Inventario técnico/estado actual de la Estructura

Orden	Sistema/ Subsistema	Faltante	Estado Actual			Acciones a tomar
			Bueno	Regular	Malo	
3.1.5	Estructura		x			- Eliminar óxido - Aplicar pintura

Dentro de las piezas faltantes de la máquina, unas serán adquiridas y otras construidas tal como se muestra en la Tabla 6

Tabla 6

Acciones a tomar a las piezas faltantes de la máquina Trigamo Galga 10

Elemento o Pieza	Decisión		Observaciones
	Adquisición	Construcción	
Agujas	x		-Se procederá a comprar un total de 946 agujas
2 Selectores de puntadas (Tambor)	x		
Llaves		x	
Plumas o guía hilos(4) (4 Cajas con sus respectivos Brazos)		x	-Serán construidos mediante fresado y el material será un plástico de ingeniería. -Los brazos de las mismas se construirán en acero A 36 ya que no estará sometido a cargas ni esfuerzos.
Topes	x		
Camones fijos		x	-Las piezas necesitan precisión y buen acabado superficial, a más de ello deben ser templadas y revenidas, todo esto para prolongar su vida útil.
Camones móviles		x	-Las piezas serán fabricadas bajo diferentes procesos
Tensores		x	
Porcelanas	x		
Prensatela Para el sistema automático		x	-El sistema prensatela será diseñado y construido especialmente para que la máquina pueda funcionar en forma automática y manual ya que el existente solo funciona en su modo manual
Peine	x		

Al resto de componentes se procederá a realizar diversas acciones de restauración o mantenimiento acorde con su estado actual.

En la Tabla 7 se muestra el porcentaje aproximado de acciones a llevar a cabo a las piezas, elementos y partes existentes o faltantes en el proyecto.

Tabla 7
Porcentaje y acciones a realizar a piezas faltantes o existentes de la máquina Trigamo Galga 10

Elemento o Pieza	Acción	Porcentaje
Faltantes	Construcción	28%
	Adquisición	27%
Existentes	Mantenimiento	33%
	Listas	12%
Automatización	Automatización	100%

3.2 ESTRUCTURA DEL MANTENIMIENTO

El mantenimiento al cual va a ser sometido la máquina se divide en dos etapas. La primera etapa, la etapa en la que se realizará la recuperación de la máquina y sus elementos será un mantenimiento correctivo. Y la segunda etapa en donde se realizará la automatización se llevara a cabo un mantenimiento modificativo.

Procedimiento a seguir de manera general se detalla en el diagrama de flujo de la Figura 33.

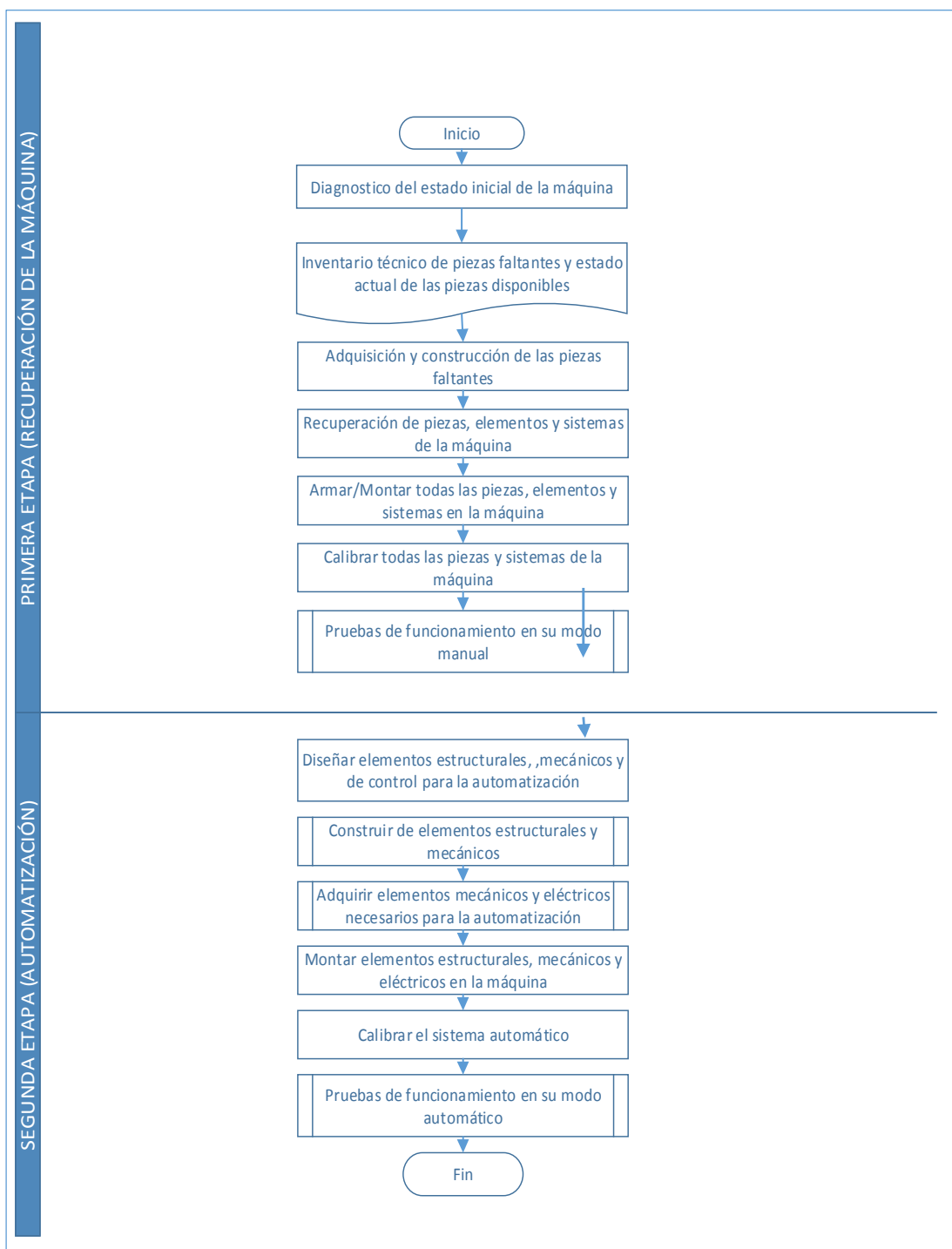


Figura 33 Diagrama de flujo del procedimiento de mantenimiento de la máquina

3.3 RECUPERACIÓN DE LAS PIEZAS MECÁNICAS DE LA MÁQUINA DE TEJER TRIGAMO GALGA 10

Para la recuperación de las piezas de la máquina Trigamo galga 10 se procedió a realizar diferentes procesos acorde con el problema que presentaran.

3.3.1 FRONTURA

La frontura presentaba mayoritariamente óxido en todas sus partes, y debido a que por ellas se deslizan el carro de tejer, la agujas y los guía se priorizo la eliminación del óxido. Las Figuras 34 y 35 muestran el antes y después de algunas partes de la frontura pudiendo evidenciar claramente la presencia de óxido al iniciar el proceso y el resultado final obtenido al eliminarlo.

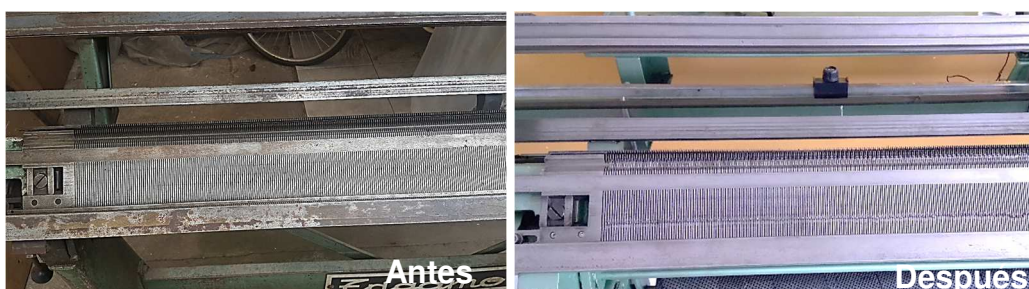


Figura 34 Antes y después del estado de la Frontura



Figura 35 Antes y después del estado de la estructura de soporte de la Frontura
El proceso realizado para cada parte de la frontura se desglosa a detalla a continuación:

3.3.1.1 Rieles

El proceso detallado en el diagrama de flujo de la Figura 36 es el realizado para cada uno de los cuatro rieles.

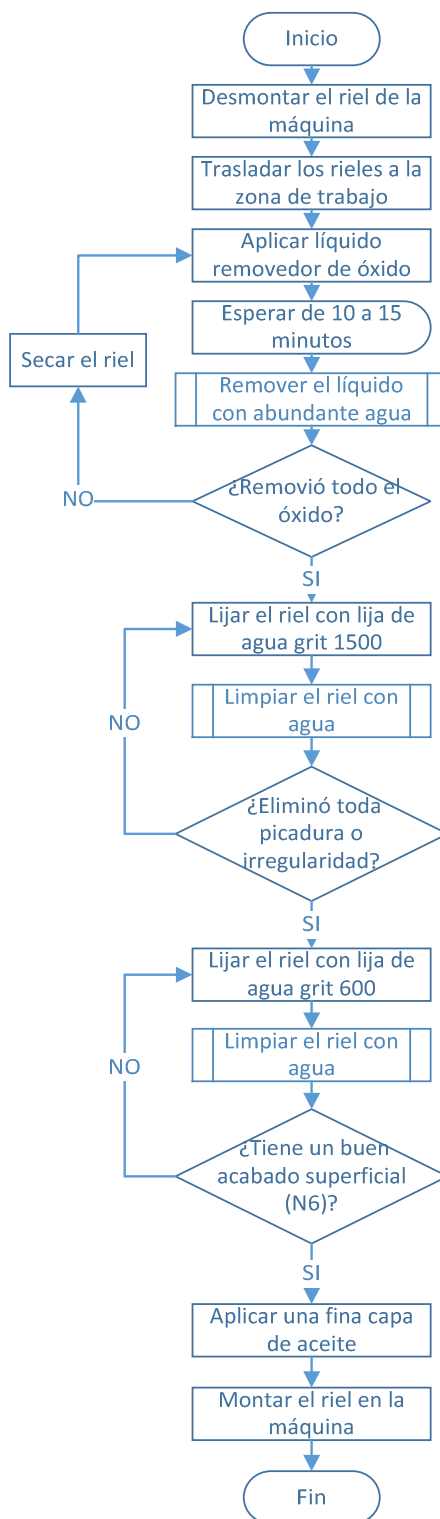


Figura 36 Diagrama de flujo del proceso de recuperación de los rieles

El resultado final de aplicar el proceso en repetidas ocasiones se muestra en las Figuras 37 y 38.

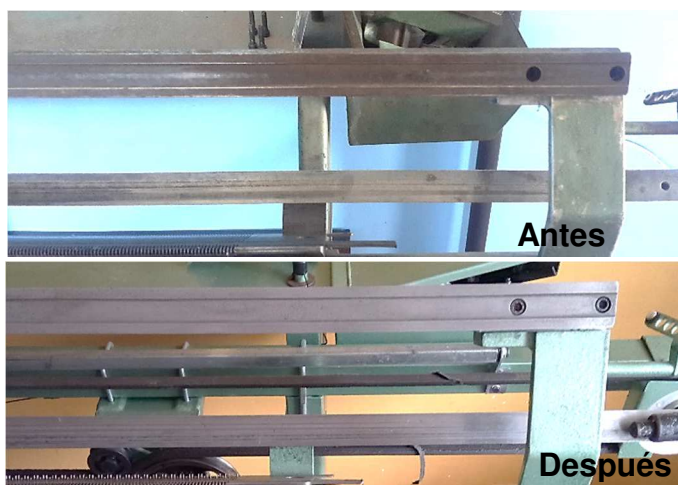


Figura 37 Antes y después del estado del riel porta guía hilos



Figura 38 Antes y después del estado del riel de soporte del carro de tejer

3.3.1.2 Camas

El proceso detallado en el diagrama de flujo de la Figura 39 es el realizado en las dos camas de la máquina.

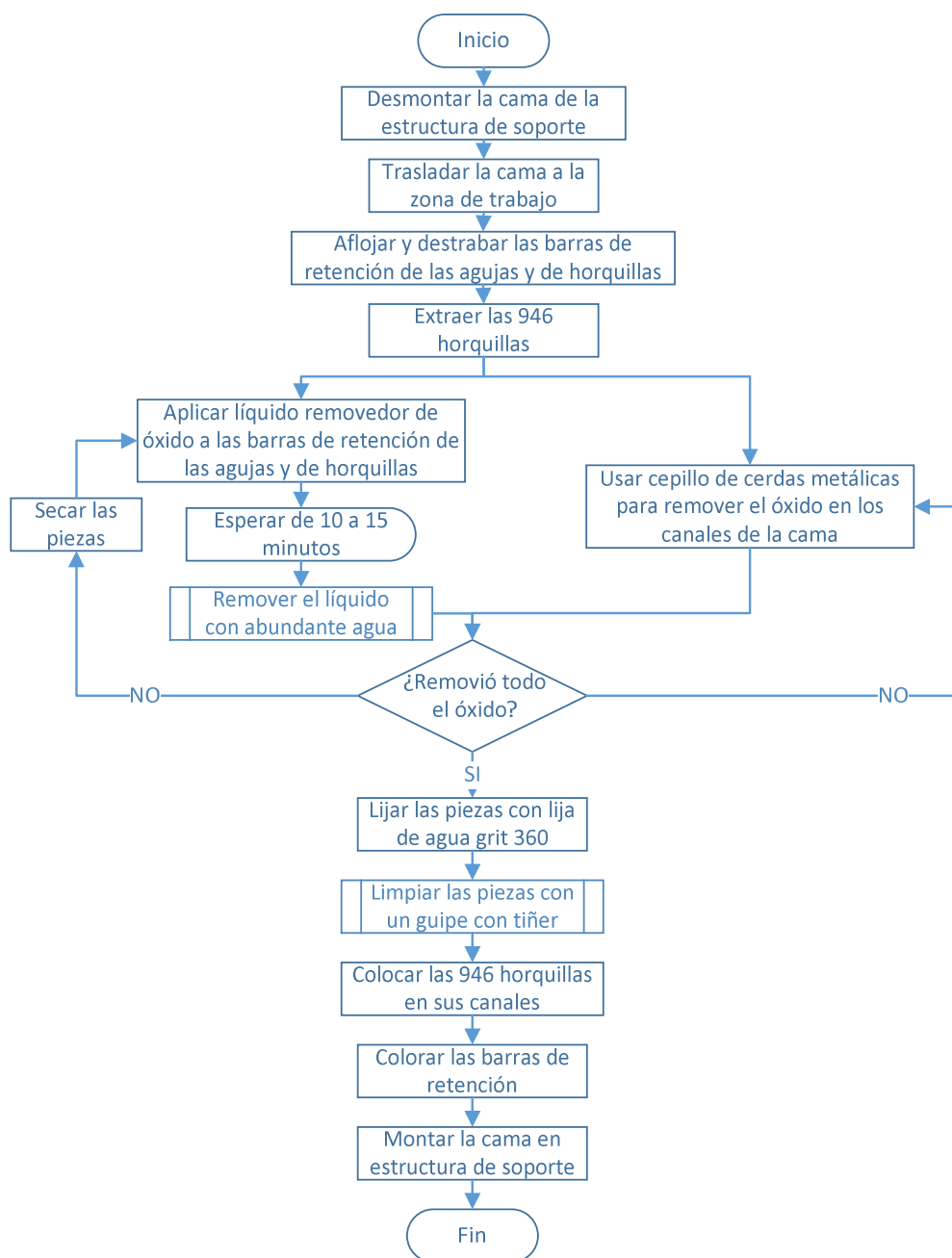


Figura 39 Diagrama de flujo del proceso de recuperación de los rieles

Las Figuras 40 y 41 muestran el antes y después de aplicar el proceso de recuperación en las camas de la máquina y sus partes principales.



Figura 40 Horquetas de la cama ubicadas en sus respectivas ranuras



Figura 41 Antes y después del estado de la cama frontal de la máquina de tejer

3.3.1.3 Palanca de Raqueado

La palanca de raqueado presentaba óxido en su estructura a más de rodamientos en mal estado y falta del sistema resorte-bola-ranura para su correcto funcionamiento. Razón por la cual se realizó un proceso detallado en el diagrama de flujo de la Figura 42.

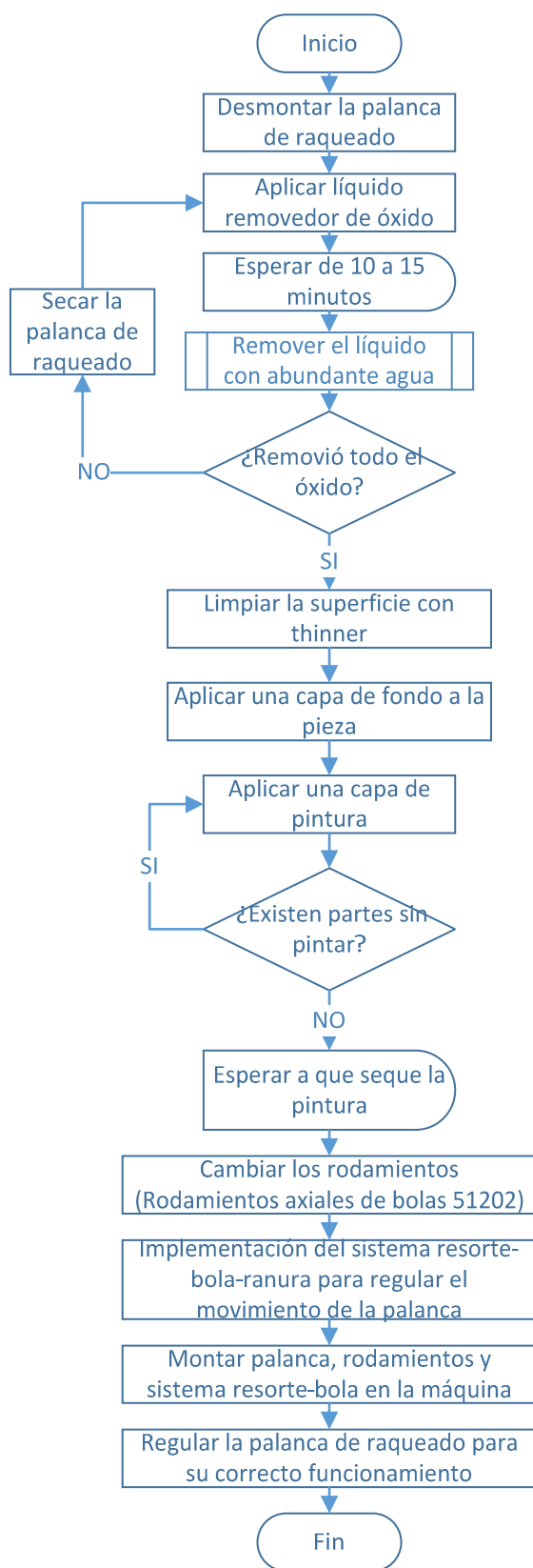


Figura 42 Diagrama de flujo del proceso de recuperación la palanca de raqueado

La Figura 43 muestran el antes y después de aplicar el proceso de recuperación descrito anteriormente en la palanca de raqueado.

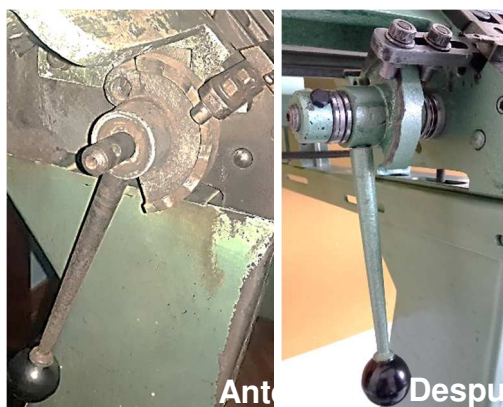


Figura 43 Antes y después del estado de la palanca de raqueado

3.3.2 CARRO

El carro de tejer necesitaba una limpieza general ya que presentaba acumulación de grasa y pelusas, también se evidenciaba presencia de óxido en algunas zonas y piezas de la máquina. Los rodamientos ya no cumplían su función ya que presentaban excesivo óxido, así que se procedió a cambiarlos. Se necesitó cuatro rodamientos radiales de bola 607 RS y cuatro rodamientos radiales de bola 6000 2RS. Los rodamientos ayudan a que el carro se traslade por las rieles y evitan que se descarrile.

Par que el tejido tenga una correcta tensión es necesario calibrar el regulador de tensión de tejido, ubicado en el carro.

Antes de poner en funcionamiento el carro de tejer y para evitar la rotura de los talones de las agujas es necesario calibrar el carro sobre los rieles.

El proceso realizado en el carro de tejer a detalla en el diagrama de flujo de la Figura 44.

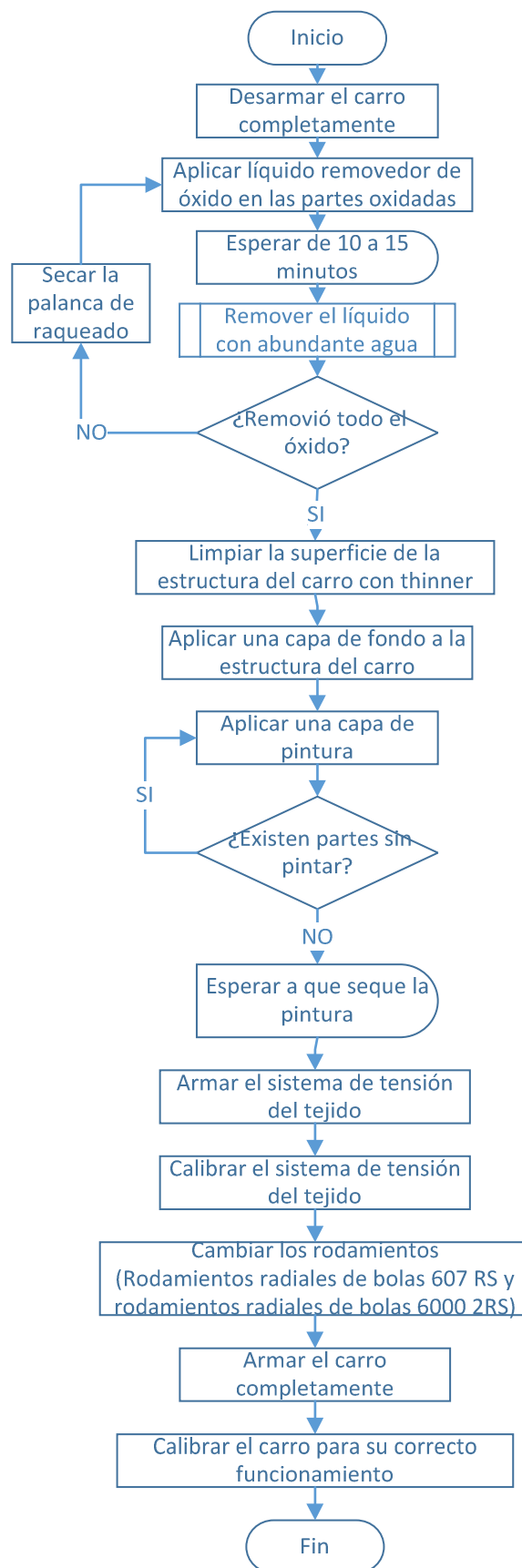


Figura 44 Diagrama de flujo del proceso de recuperación del carro de tejer

Como muestra de aplicar el algoritmo detallado anteriormente se puede evidenciar en las Figuras 45 y 46 el antes y después del carro de tejer y sus partes.



Figura 45 Antes y después del estado del sistema de tensión del tejido

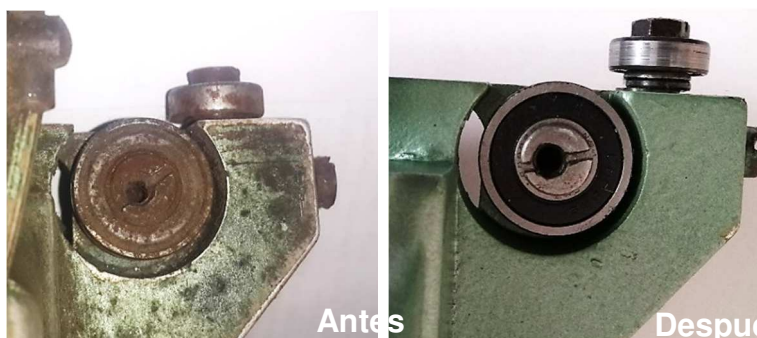


Figura 46 Antes y después del estado de los rodamientos del carro de tejer

3.3.2.1 Camones fijos y Camones móviles

Los camones son una de las partes más importantes de la máquina ya que prácticamente son los que realizan el proceso de tejido (movimiento de las agujas) y generar diversas puntadas. Los camones son piezas de precisión por lo que necesitan un buen acabado superficial. El proceso realizado para la recuperación de los camones se detalla en el diagrama de flujo de la Figura 47.

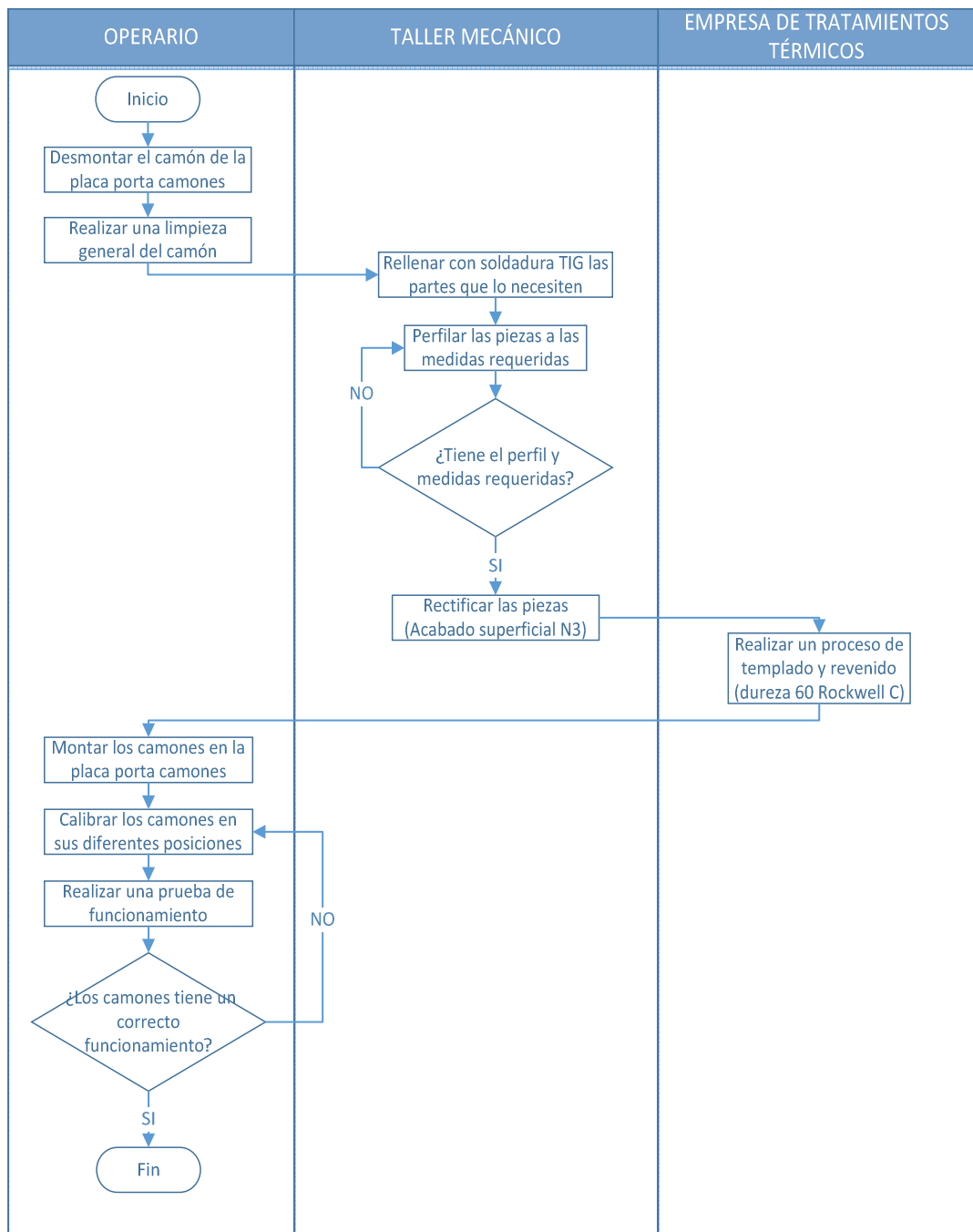


Figura 47 Diagrama de flujo del proceso de recuperación de los camones

Años atrás los camones tuvieron un choque con los talones de las agujas debido a una mala regulación de la máquina. Resultando en el daño del perfil de los camones. El problema se solucionaba aplicando el procedimiento expuesto en el diagrama de la Figura 47. Sin embargo la reparación de los camones fue realizada por una persona que no tenía el conocimiento ni la

maquinaria necesaria. Los camones fueron soldados con electrodo revestido y el proceso de rectificado fue realizado en un esmeril.

Esta fue la principal razón por la cual la máquina dejo de funcionar.

Las Figuras 48 y 49 expuestas a continuación muestran el estado en el cual se encontraba los camones antes de aplicar el proceso de recuperación. En ellas podemos observar el pésimo acabado superficial que tiene, pero sobre todo y más importante el perfil erróneo de los mismos.

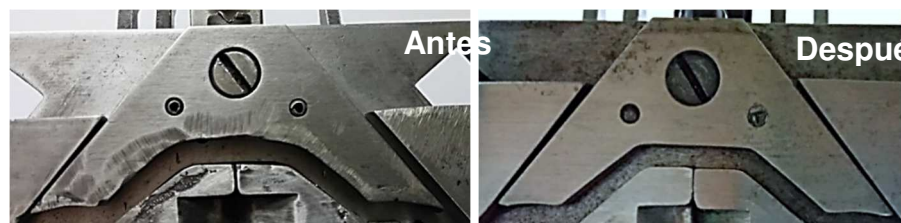


Figura 48 Antes y después de uno de los camones fijos

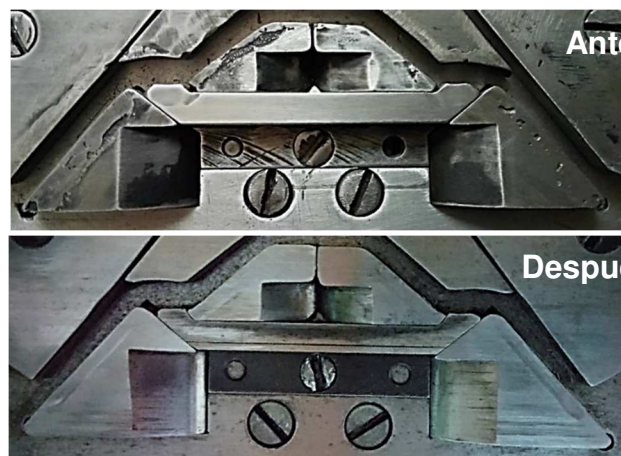


Figura 49 Antes y después de los camones móviles

En la Figura 50 se puede evidenciar el mal trabajo hecho al realizar el aporte de material en el perfil de los camones móviles. Después del proceso de recuperación de las piezas quedaron listas para trabajar.

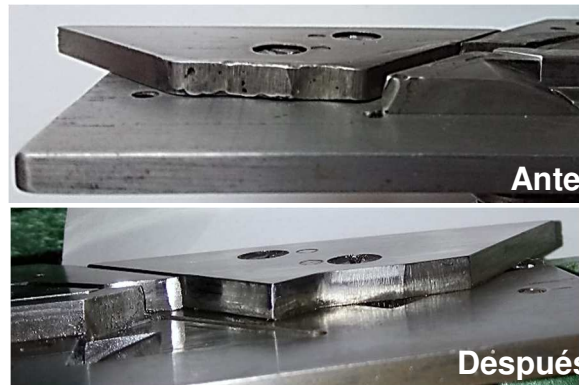


Figura 50 Antes y después del perfil de uno de los camones móviles
Al realizar el perfilado de los camones el esmeril daña no solo el perfil, sino también sus caras tal como muestra en la Figura 51.

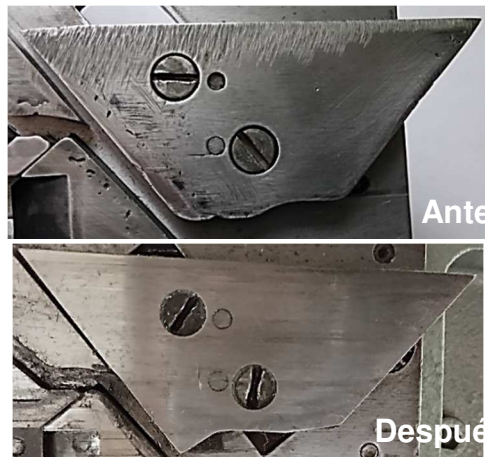


Figura 51 Antes y después de la cara de uno de los camones móviles

3.3.2.2 Llaves

Las llaves permiten mover a los camones a tres posiciones diferentes para generar diversas puntadas. La máquina no contaba con las llaves así que basándonos en llaves de máquinas similares procedimos a construir 8 llaves. La Figura A.1 en los anexos muestra la hoja de procesos utilizada para la construcción de las llaves de la máquina.

El producto final de la construcción e implementación en la máquina se muestra en la Figura 52.



Figura 52 Llaves montadas en el carro de tejer

3.3.3 SISTEMA DE TENSIÓN Y ENHEBRADO

La máquina prácticamente no contaba con sistema de tensión y enhebrado. El sistema cuenta con dos partes principales, los tensores mecánicos (4 unidades) y el guía hilos (4 unidades), estos fueron fabricados en su totalidad. También se realizó pequeñas reparaciones en la estructura que sirve de punto fijo en el enhebrado del hilo tal como muestra la Figura 53.

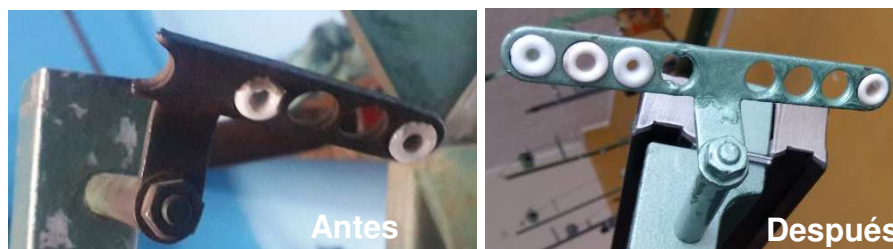


Figura 53 Reparación del punto fijo del enhebrado del hilo

3.3.3.1 Tensores mecánicos

La máquina no contaba con tensores, así que basándonos en tensores de máquinas similares se simplificó el diseño y se construyó un total de cuatro unidades.

Para la construcción del tensor mecánico se lo dividió en tres partes principales las cuales serán fabricadas por separado. Una vez fabricadas

todas las partes del tensor se procederá a ensamblar. Las Figuras A.2, A.3 y A.4 muestran las hojas de procesos correspondientes a las partes del tensor. Una vez construidas todas las partes se procederá a soldar las piezas de tal forma que quede como la Figura 54.

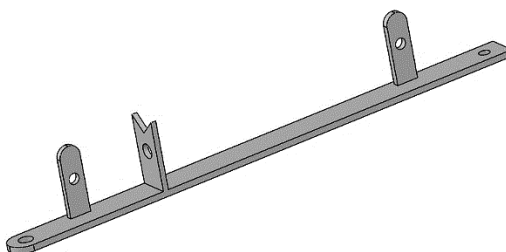


Figura 54 Tensor mecánico armado

Para terminar se añadirá un alambre con un resorte de torsión en su extremo, el cual mantendrá una tensión constante del hilo al momento que la máquina esté trabajando. También se añadirá una guía para el hilo y cocaremos porcelanas por los agujeros por donde se traslada el hilo para evitar su rotura. La Figura 55 muestra el resultado final obtenido.

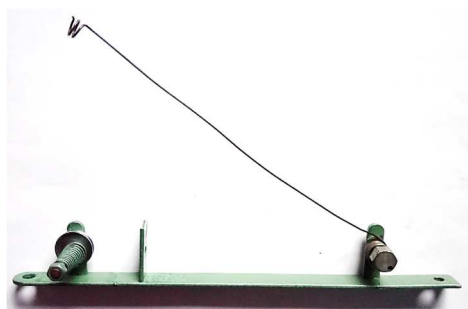


Figura 55 Tensor mecánico

3.3.3.2 Plumas o guía hilos

Los guía hilos están formado por dos partes principales, la caja y los brazos. La geometría de la caja es igual para los cuatro guía hilos de la máquina. Mientras que los brazos son diferentes, en ángulo y longitud para cada guía hilo.

La máquina no contaba con ningún guía hilo. Tomando en cuenta que la geometría y funcionamiento de los guía hilos es igual para todas las máquinas de este tipo. Para su construcción nos basaremos en un guía hilo de una máquina similar.

La Figura A.5 y A.6 muestra el proceso realizado en la construcción de la caja del guía hilo de la máquina.

El resultado final de aplicar la hoja de proceso expuesto es la caja mostrada en la Figura 56.



Figura 56 Caja del guía hilo

La Figura A.7 muestra el proceso realizado en la construcción del brazo del guía hilo de la máquina.

El resultado final de aplicar la hoja de proceso para la construcción del brazo del guía hilo se muestra en la Figura 57.



Figura 57 Brazo del guía hilo

3.3.4 PRENSATELA

3.3.4.1 Prensatela

El prensatela se encontraba oxidado por lo que se procedió a remover el óxido y a pintarlo quedando tal como nuestra la Figura 58.

Para la automatización se implementará un sistema más avanzado que realice el trabajo (el nuevo sistema se muestra en el capítulo 4). Quedando así el antiguo sistema como reserva para utilizarlo en casos especiales o de emergencia.



Figura 58 Prensatela restaurado

3.3.5 ESTRUCTURA

La estructura de la máquina presentaba únicamente óxido en muchas de las zonas, razón por la cual únicamente fue necesario aplicar el procedimiento descrito en el diagrama de flujo de la Figura 59.

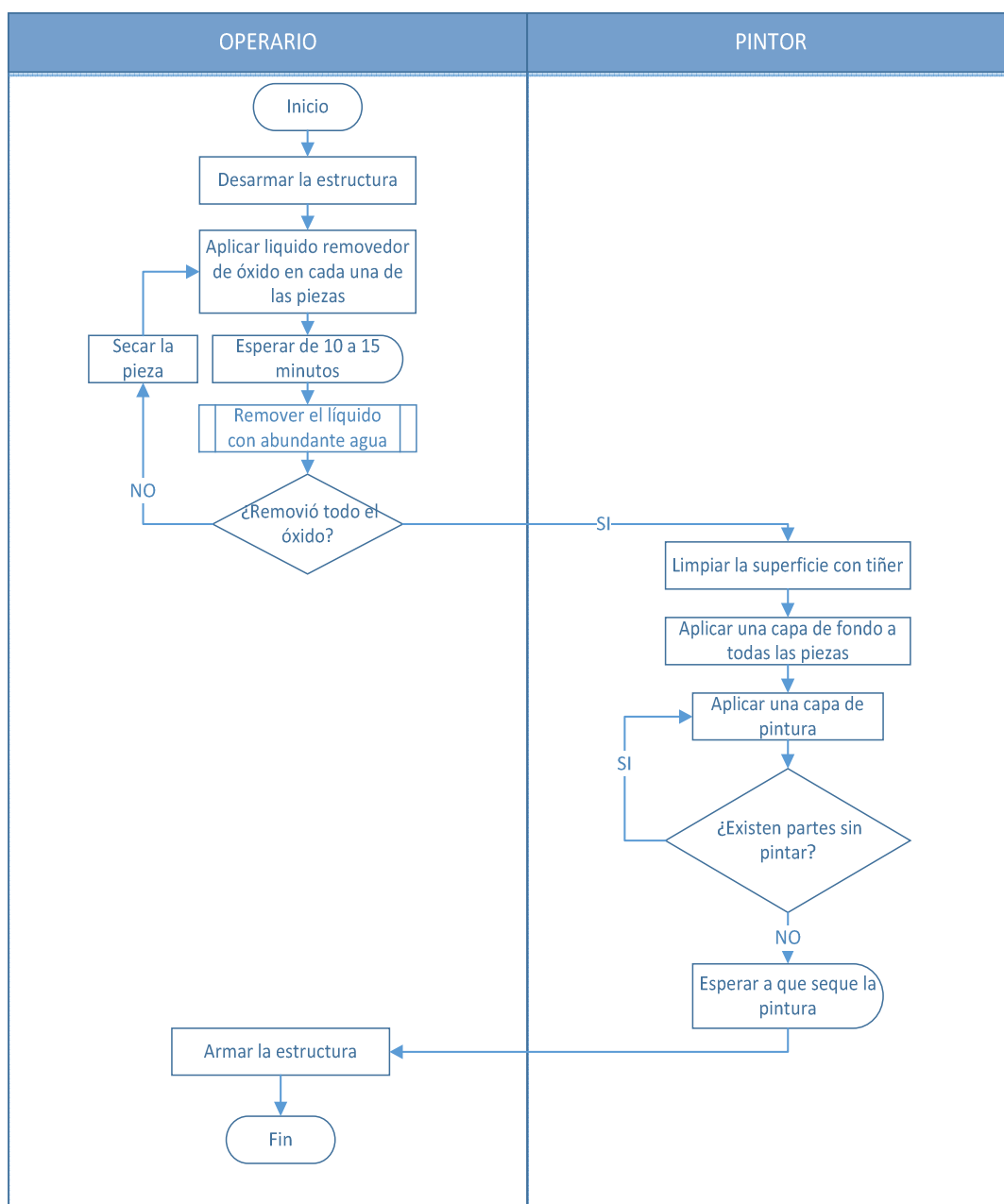


Figura 59 Diagrama de flujo del proceso de recuperación de la estructura de la máquina

Al final de aplicar el procedimiento la estructura quedó sin óxido en ninguna de sus partes y con una excelente apariencia. Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 60 y 61 pudiendo evidenciar el estado de la estructura antes y después.



Figura 60 Antes y después de la estructura de soporte de la máquina

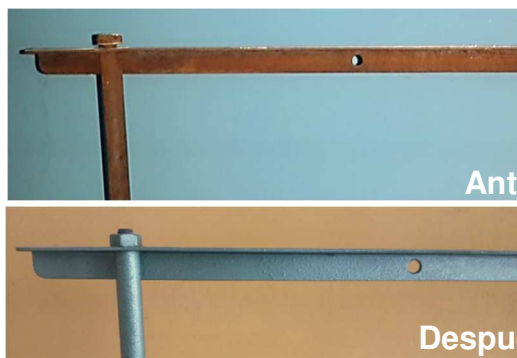


Figura 61 Antes y después de la estructura de soporte del sistema de tensión

3.4 CALIBRACIÓN PARA SU FUNCIONAMIENTO MANUAL

La calibración de la máquina se debe realizar de manera secuencial, El orden en el cual se debe comenzar la calibración es:

1. Calibración del riel para el desplazamiento del carro
2. Calibración del carro de tejer (primero los camones, después el carro montado en los rieles)
3. Calibración del riel para el desplazamiento de los guía hilos
4. Calibración de los guía hilos

El orden se debe a que conforme se continúe con la calibración de la siguiente parte de la máquina, esta dependerá de la anterior. Es decir que cuando calibremos los guía hilos dependerán de la correcta calibración de los rieles (de

desplazamiento del carro y de desplazamiento de los guía hilos) y del carro de tejer. Por esta razón es de suma importancia asegurarnos de cumplir con las tolerancias y con un correcto funcionamiento al momento de realizar la calibración, antes de dar paso a la siguiente parte a calibrar.

El punto de partida y de referencia para comenzar el proceso de calibración de la máquina son las camas ya que son la única parte que vienen calibradas de fábrica.

3.4.1 CALIBRACIÓN DEL RIEL PARA DESPLAZAMIENTO DEL CARRO

La calibración del riel para desplazamiento del carro se debe realizar en dos ejes, así que asumiremos un sistema de referencia tal muestra la Figura 62.

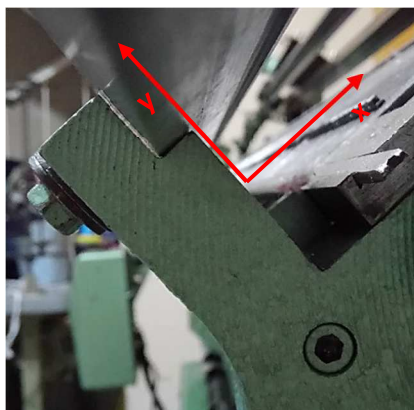


Figura 62 Sistema de referencia considerado para la calibración del riel de desplazamiento del carro

Todo el proceso de calibración del riel para el desplazamiento del carro se detalla en el diagrama de flujo de las Figuras 63 ,65 y 67.

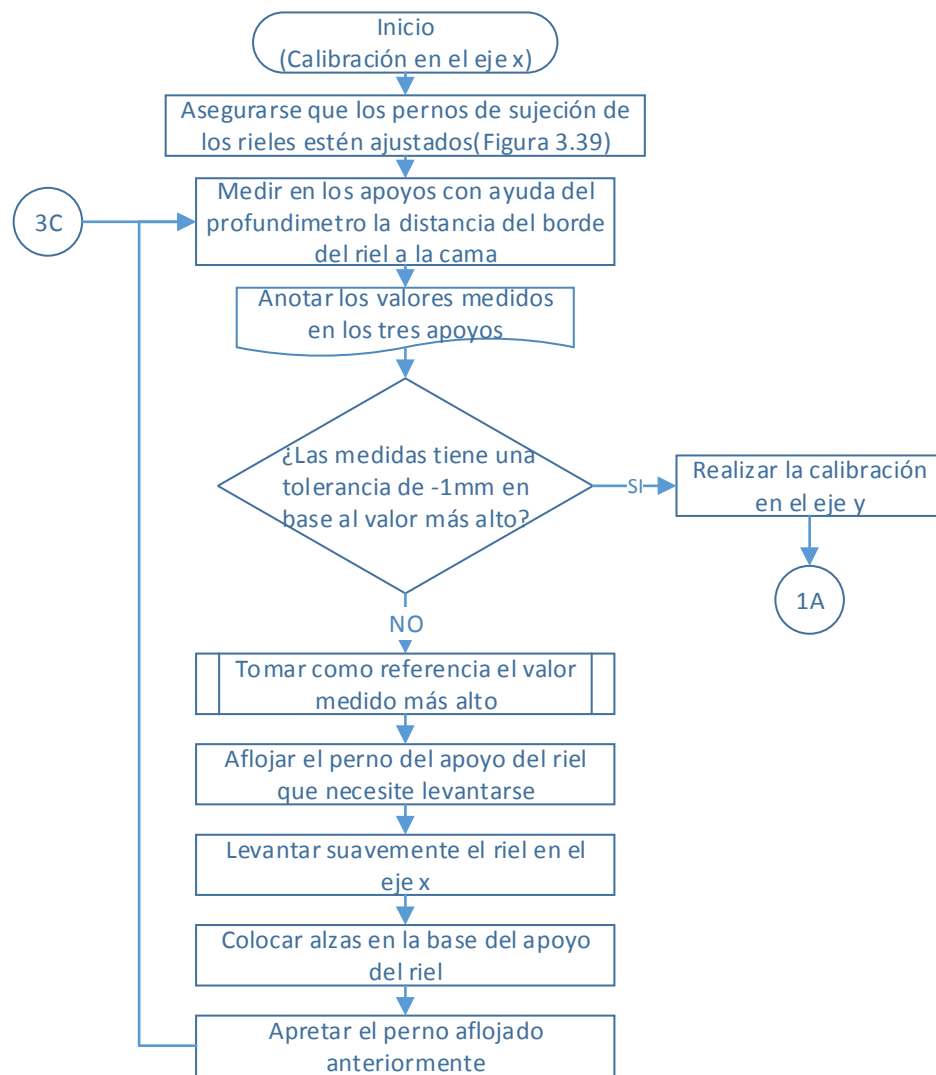


Figura 63 Diagrama de flujo del proceso de calibración del riel (en su eje x) para el desplazamiento del carro



Figura 64 Apoyos y pernos de sujeción del riel frontal para el desplazamiento del carro

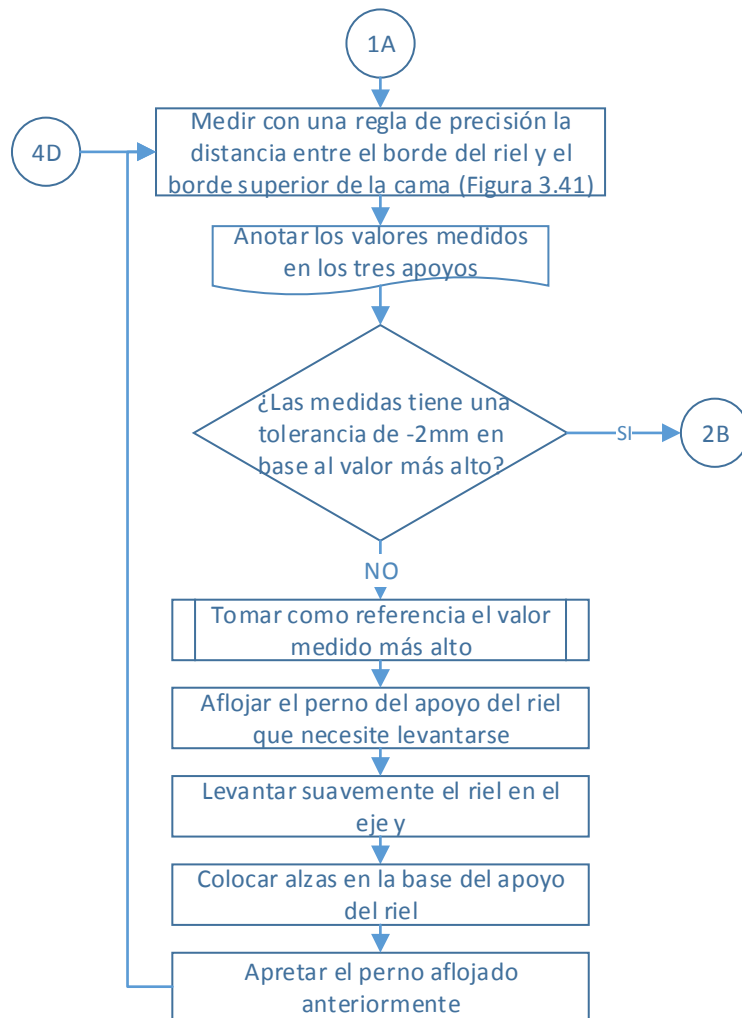


Figura 65 Diagrama de flujo del proceso de calibración del riel (en su eje y) para el desplazamiento del carro

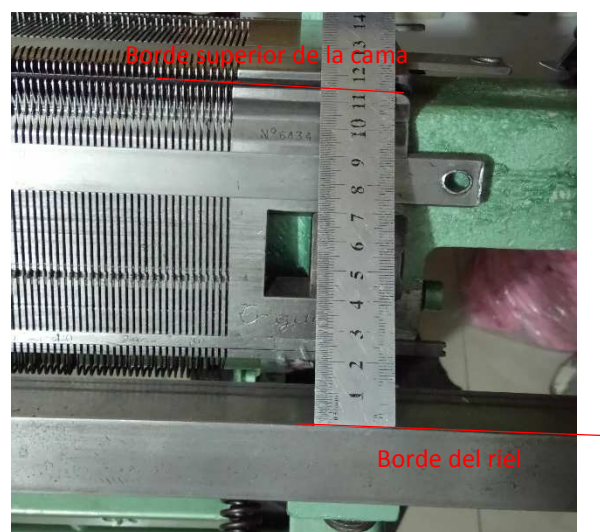


Figura 66 Distancia del borde del rial al borde superior de la cama

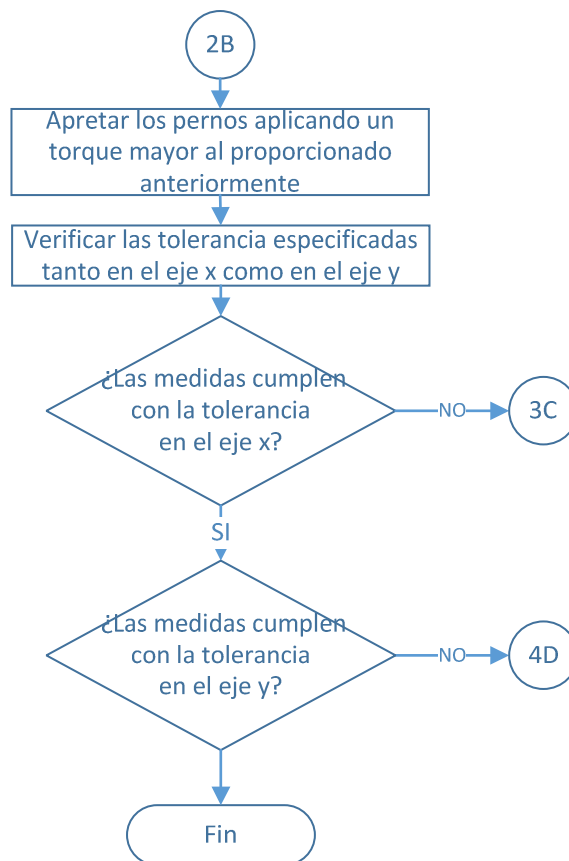


Figura 67 Diagrama de flujo del proceso de calibración del riel para el desplazamiento del carro

3.4.2 CALIBRACIÓN DEL CARRO DE TEJER

Dentro de la calibración del carro existen dos partes fundamentales que deben ser calibradas. Las partes como se explicó anteriormente tienen un orden de calibración ya que son dependientes. El orden es:

1. Calibración de los camones del carro
2. Calibración del carro propiamente dicho sobre la riel

El proceso detallado de calibración de los camones del carro se detalla en el diagrama de flujo de la Figura 68.

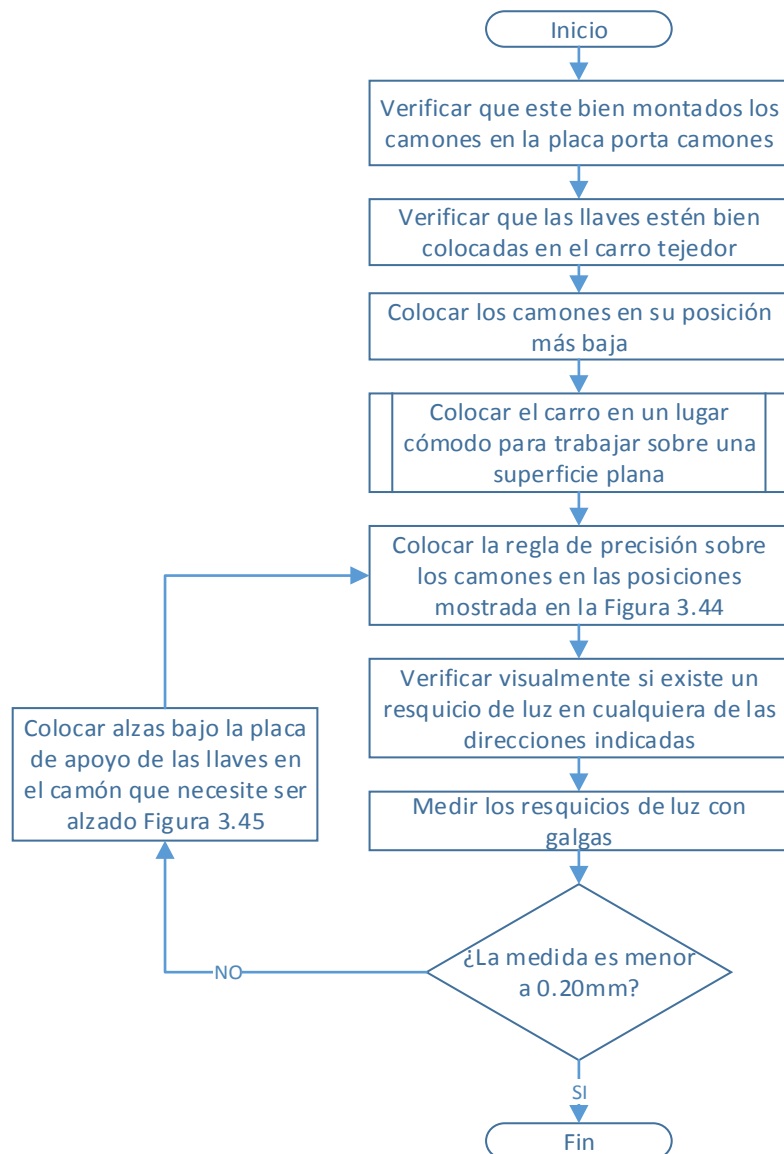


Figura 68 Diagrama de flujo del proceso de calibración de los camones

El proceso de medición de planitud que será aplicado es el que se utiliza para la comprobación de la planitud de rectificado de la culata de un motor o también conocido como método de resquicio de luz.

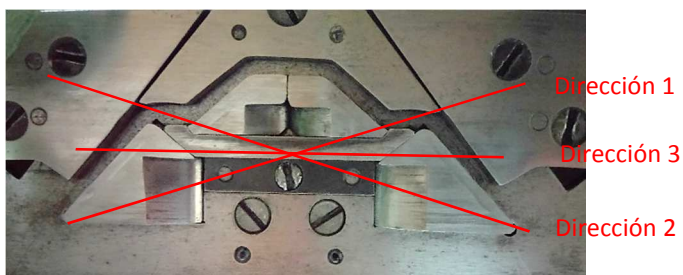


Figura 69 Direcciones en las cuales se coloca la regla de precisión sobre los camones

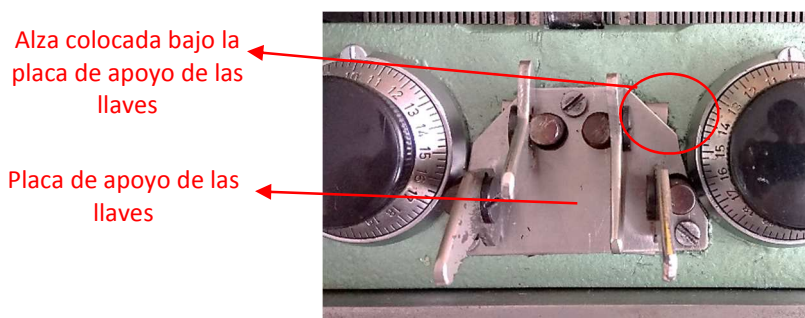


Figura 70 Placa de apoyo de las llaves

La calibración del carro tejedor sobre las rieles se realiza mediante los ocho rodamientos. Ya que están montados en un eje excéntrico que al girarlo incrementa o disminuye la distancia hacia el riel.



Figura 71 Rodamientos radiales de bola 6000 2RS con eje excéntrico para calibración del carro



Figura 72 Rodamientos radiales de bola 607 RS con eje excéntrico para calibración del carro

El proceso de calibración del carro sobre los rieles se detalla en el diagrama de flujo de las Figuras 73 y 74.

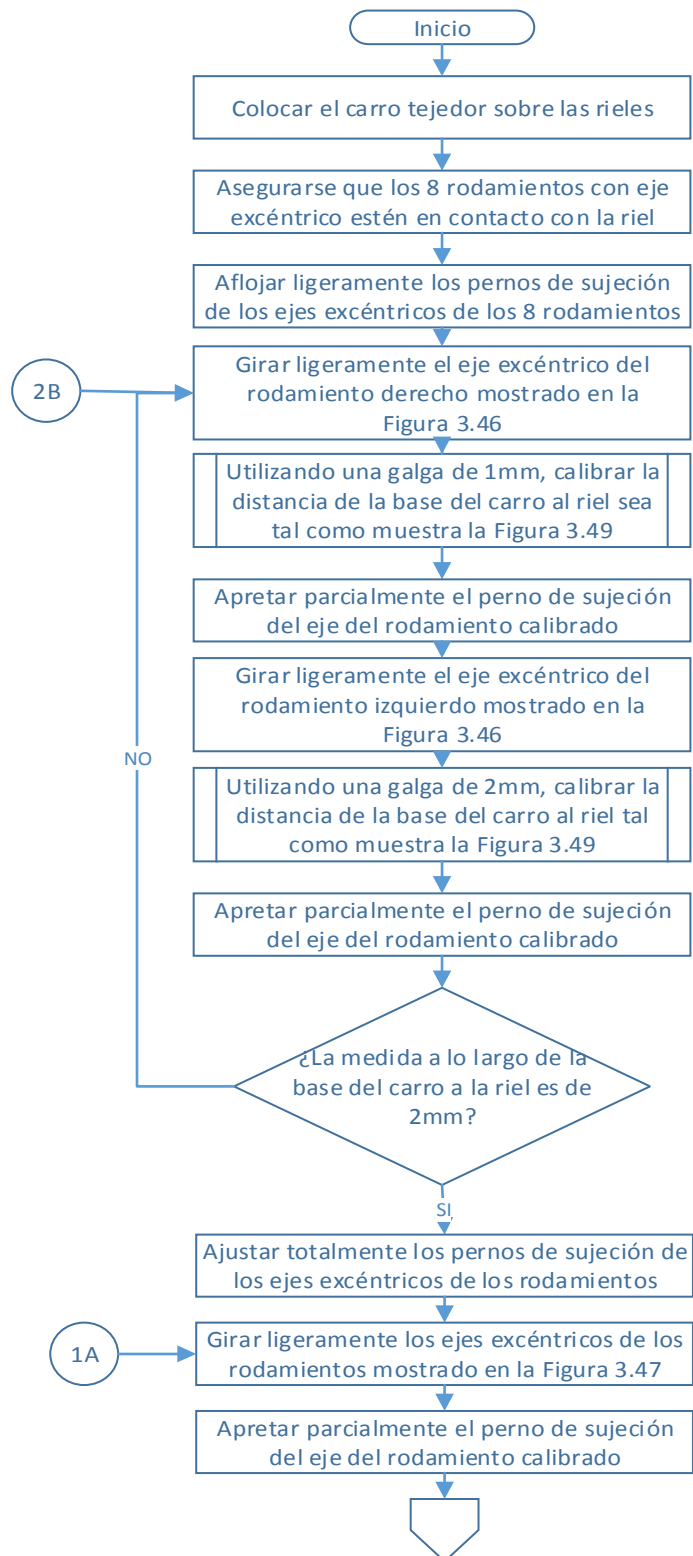


Figura 73 Diagrama de flujo del proceso de calibración del carro sobre el riel
(parte 1/2)



Figura 74 Distancia de la base del carro al riel

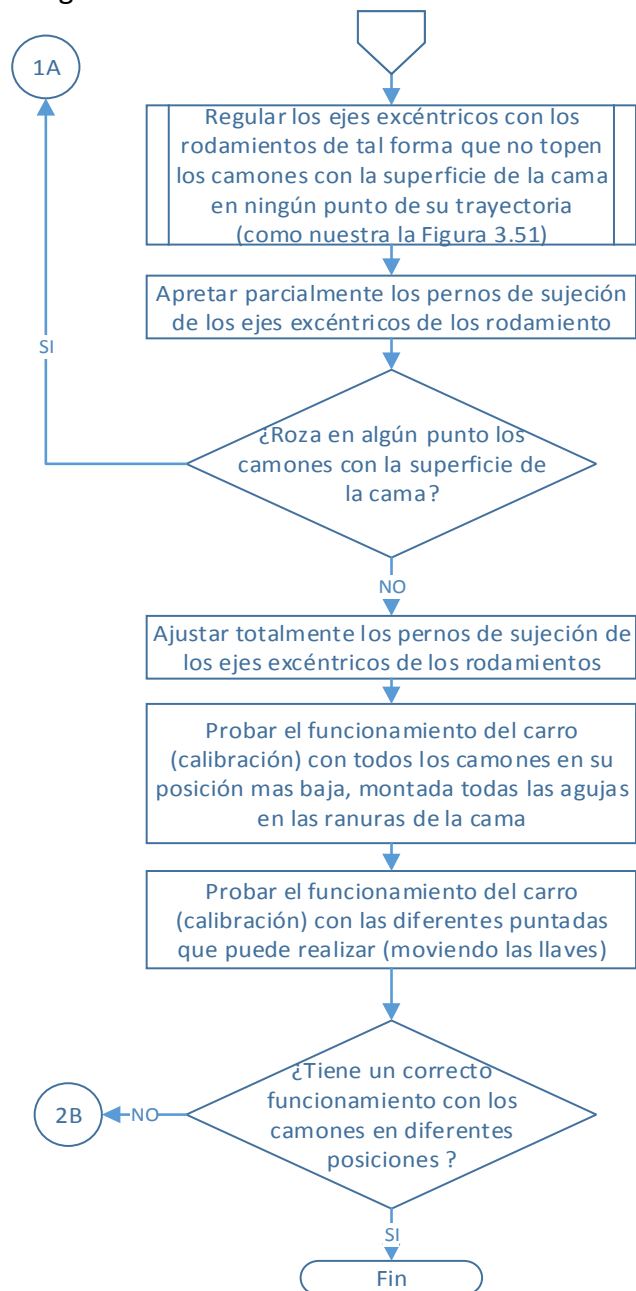


Figura 75 Diagrama de flujo del proceso de calibración del carro sobre la riel parte 2/2

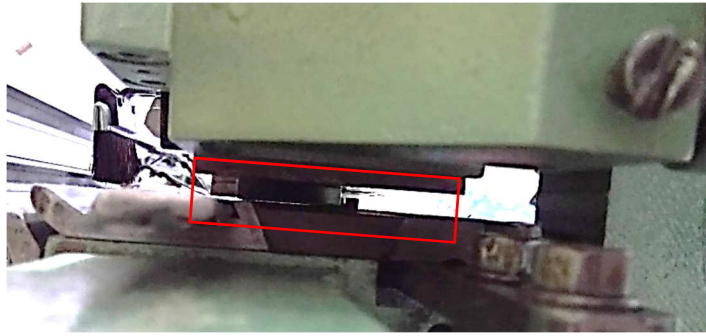


Figura 76 Distancia entre los camones y la superficie de la cama

3.4.3 CALIBRACIÓN DEL RIEL PARA EL DESPLAZAMIENTO DE LOS GUÍA HILOS

La calibración del riel para el desplazamiento de los guía hilos se la realiza mediante el movimiento de los brazos de la frontura (Figura 77). Al mover los brazos de la frontura y tomando como referencia la distancia de la caja que contiene los transportadores a los topes de la máquina se logra alcanzar el adecuado movimiento de los guía hilos.

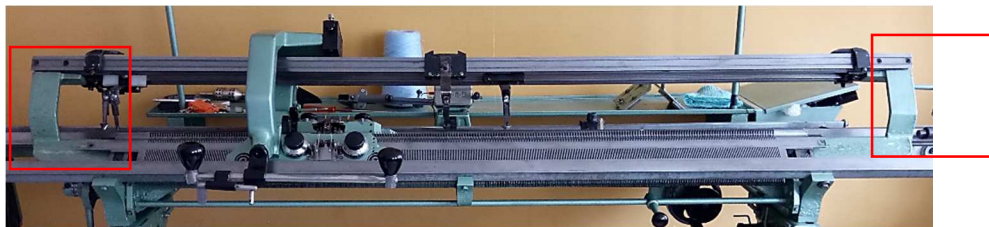


Figura 77 Brazos de la frontura

El proceso de calibración del riel para el desplazamiento de los guía hilos se detalla en el diagrama de flujo de las Figuras 78 y 79.

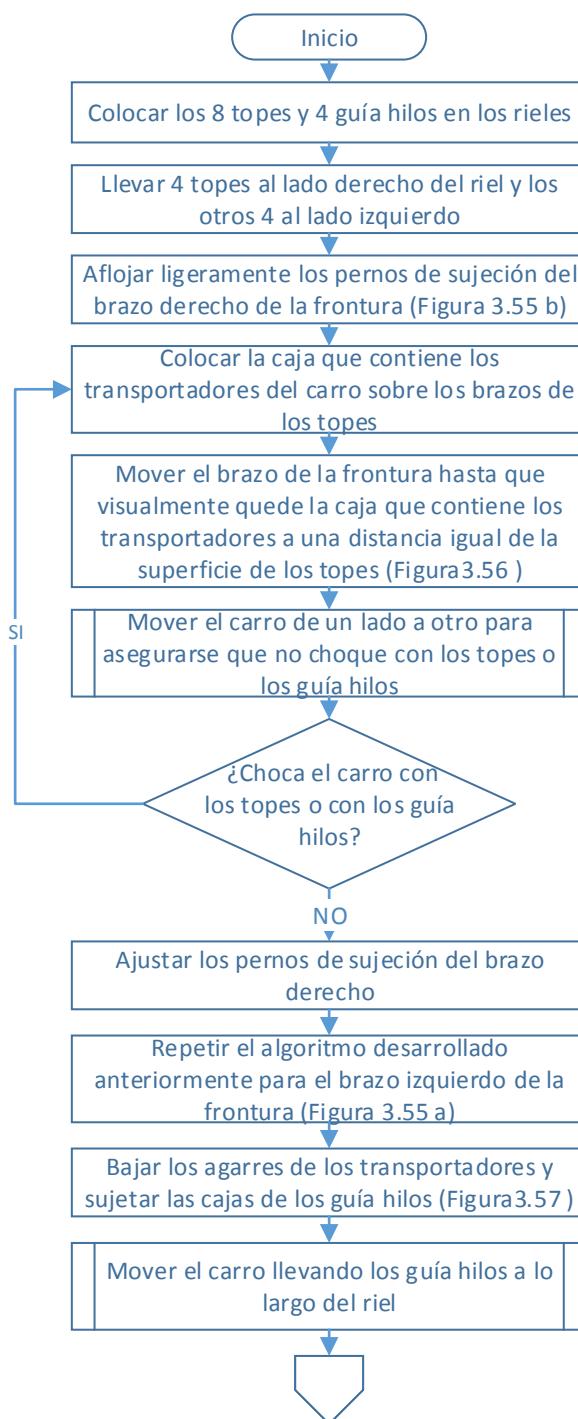


Figura 78 Diagrama de flujo del proceso de calibración riel para el desplazamiento de los guía hilos (parte 1/2)

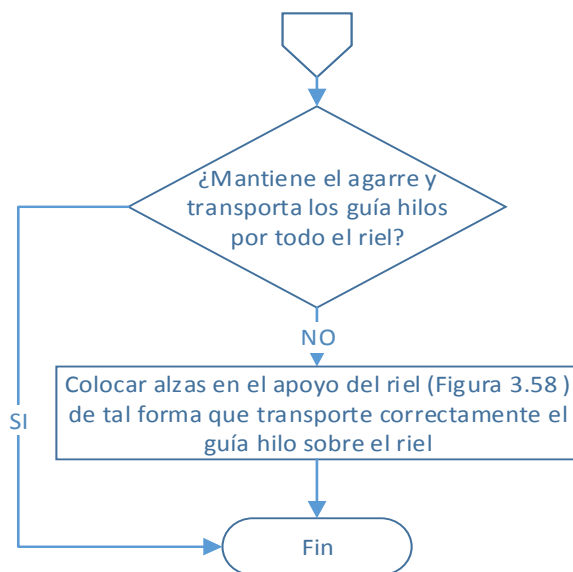


Figura 79 Diagrama de flujo del proceso de calibración riel para el desplazamiento de los guía hilos (parte 2/2)

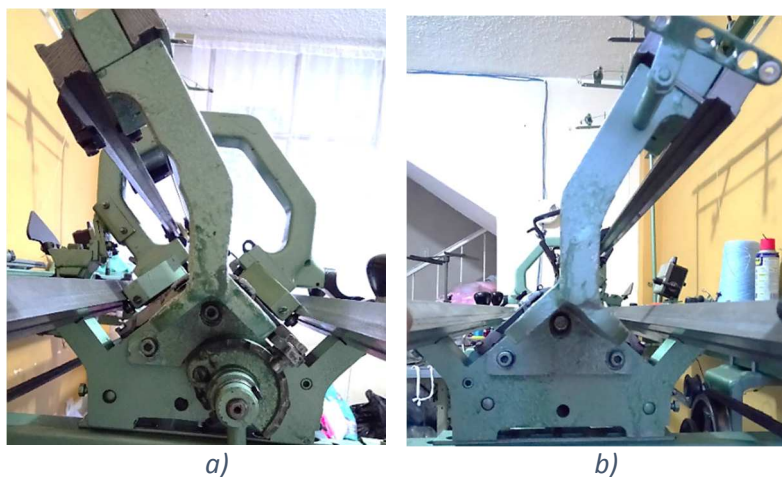


Figura 80 a) Brazo izquierdo de la frontura de la máquina
b) Brazo derecho de la frontura de la máquina



Figura 81 Distancia entre los topes y la caja portadora de los transportadores

Los transportadores están ubicados en el carro tejedor. Sirven para mover los guía hilos junto al carro y así proveer de material (hilo) a las agujas al momento de generar el tejido. Los transportadores agarran los guía hilos como muestra la Figura 82.



Figura 82 Agarre de los transportadores a la caja de los guía hilos

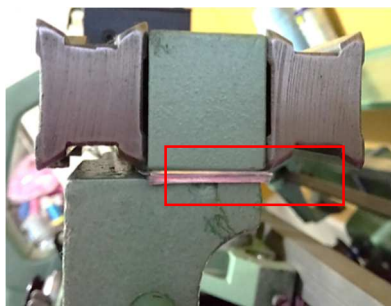


Figura 83 Alza colocada en el apoyo del riel

3.4.4 CALIBRACIÓN DE LOS GUÍA HILOS

La calibración de los guía hilos es muy importante, ya que se encargan de abastecer el material (hilo) sobre las agujas. Si los guía hilos está muy adelantados o retrasados, las agujas no engancharan el hilo y no se generará la costura. Por otro lado y más importante aún, si los guía hilos (la punta del guía hilo) está muy abajo pasará rompiendo las agujas. Por estas razones es importante realizar una buena calibración y probarlos junto al carro a una baja velocidad antes de su puesta en funcionamiento definitiva.

La calibración de los guía hilos se muestra en el diagrama de procesos de la Figura 84.

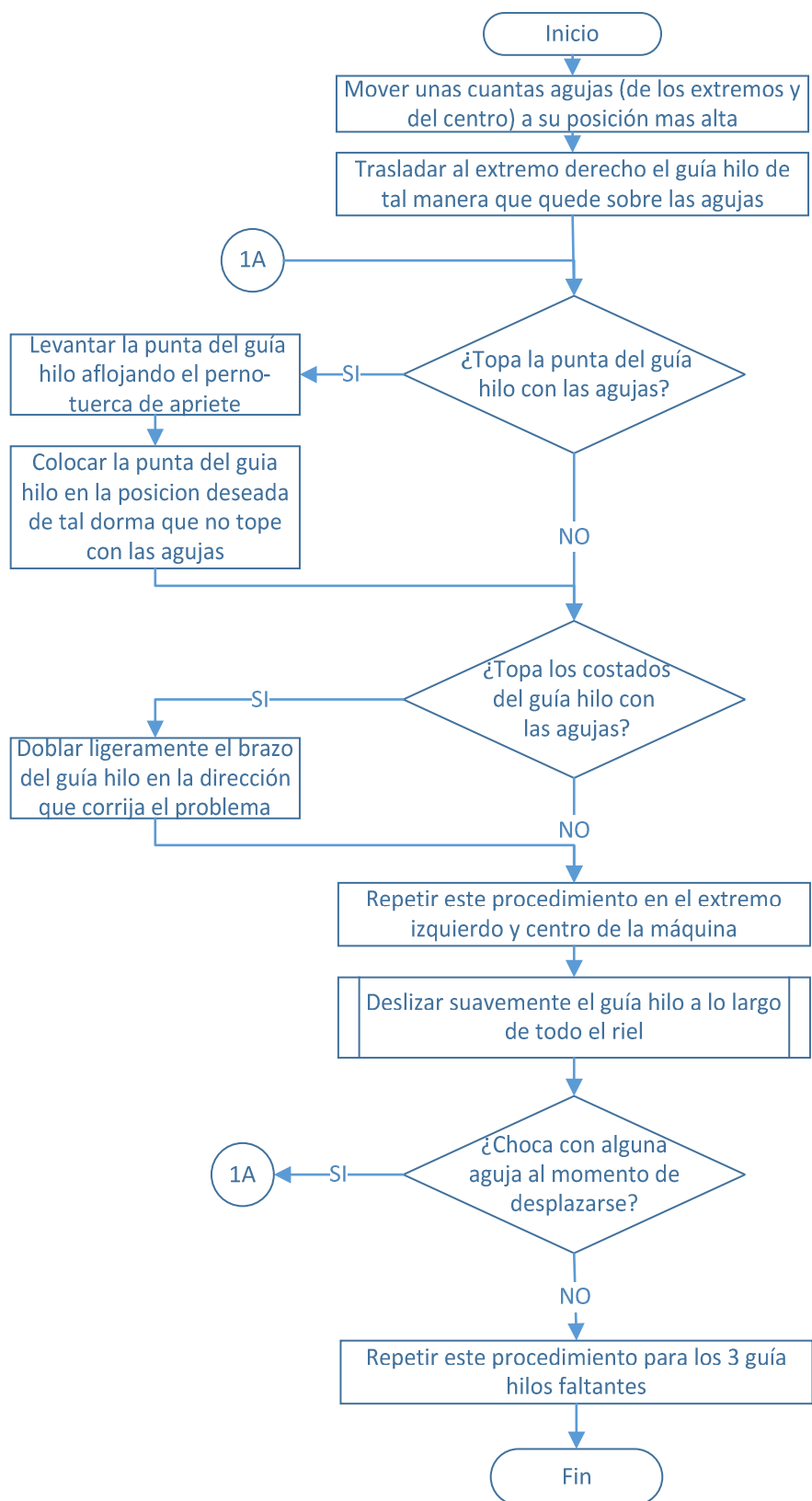


Figura 84 Diagrama de flujo del proceso de calibración de los guía hilos

La punta de los guía hilos debe tener una distancia constante a lo largo de todo su recorrido sobre las agujas, tal como muestra la figura 85.

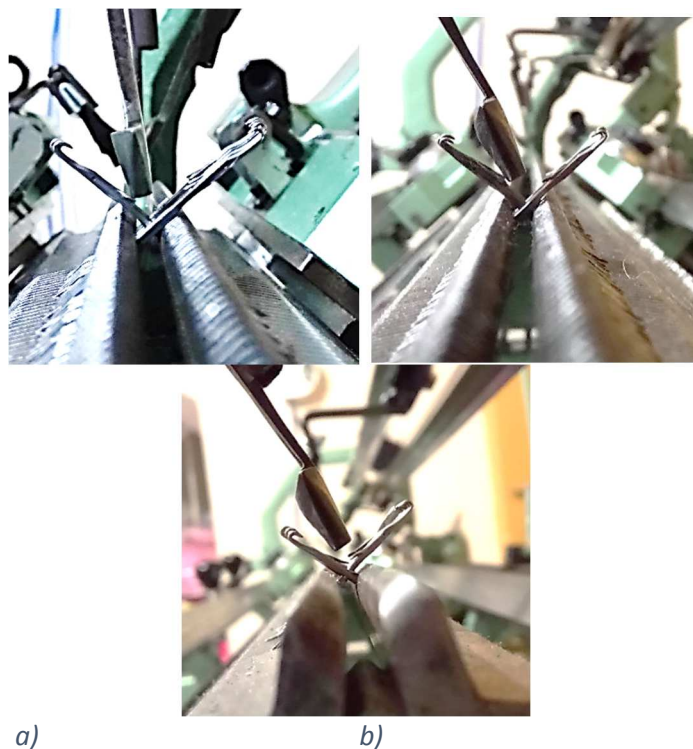


Figura 85 a) Posición de la punta del guía hilo sobre las agujas al extremo izquierdo de la máquina
 b) Posición de la punta del guía hilo sobre las agujas al centro de la máquina
 c) Posición de la punta del guía hilo sobre las agujas al extremo derecho de la máquina

3.5 RESUMEN DEL CAPÍTULO

En el Capítulo 3 mostré el estado de todas las piezas fundamentales para el correcto funcionamiento de la máquina. Detallamos las piezas faltantes y las acciones como adquisición o construcción para lograr obtenerlas. A las piezas existentes se les sometió a diversos procesos para poder recuperarlas. El proceso de recuperación de cada una se detalla mediante diagramas de flujo, aunque podemos decir que la gran mayoría tenía un problema común que fue la presencia de óxido. Una vez recuperadas y conseguidas (adquiridas o construidas) todas las piezas fueron montadas en la máquina con la finalidad

de realizar una calibración secuencial de cada una de sus partes, para de esta manera llegar a un correcto funcionamiento manual de la máquina.

CAPÍTULO 4

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN Y DE CONTROL

En el Capítulo 4 se expondrá todos los elementos diseñados, construidos e implementados en la automatización y control de la máquina de tejer Trigamo galga 10. Detallará el sistema utilizado para la automatización, así como los elementos seleccionados para que funcione de una forma correcta. De igual manera muestra los elementos construidos para acoplar el sistema a la máquina de tal manera que se pueda montar sin tener que modificar la estructura de soporte.

4.1. ESTRUCTURA DE LA AUTOMATIZACIÓN

Para la automatización de la maquina será necesario tres sistemas fundamentales, el sistema motriz, el circuito de control y la estructura de soporte de la automatización. Para ello se llevara a cabo el proceso detallado en el diagrama de flujo de la Figura 86.

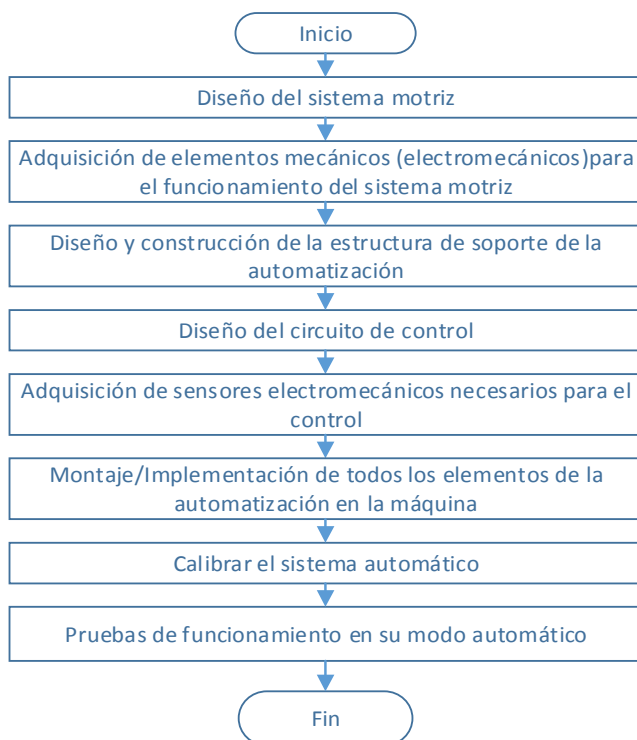


Figura 86 Diagrama de flujo del proceso a llevar a cabo para la automatización de la máquina

4.2. DISEÑO DEL SISTEMA MOTRIZ DE AUTOMATIZACIÓN

El sistema a ser implementado será el encargado de mover de un extremo a otro el carro tejedor. Para ello el sistema más idóneo y sencillo que nos permitirá realizar lo antes mencionado es el sistema motor-banda-polea con un sistema de inversión de giro. El sistema permite mediante una mordaza instalada en el carro tejedor acoplar el carro a la banda en su modo automático y desacoplarlo en su modo manual. El sistema que satisface las necesidades para la automatización y que será implementado se muestra en la Figura 87.

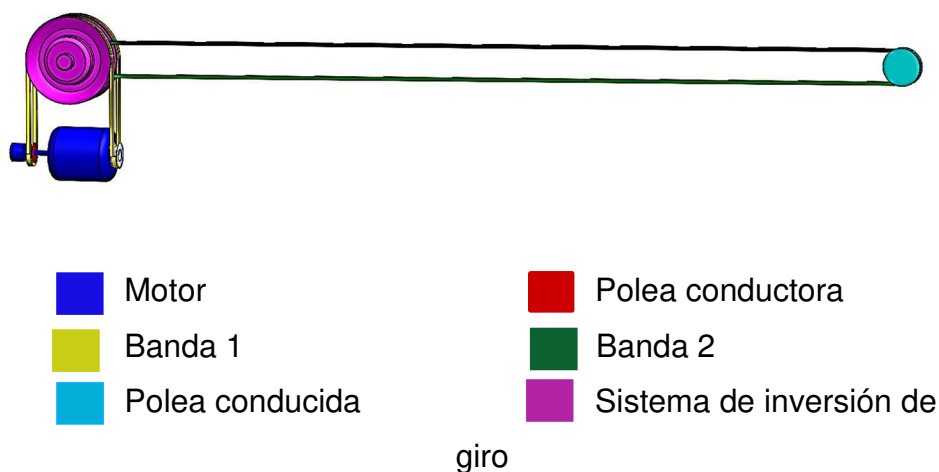


Figura 87 Partes del sistema motriz

4.2.1. MOTOR

La microempresa contaba con un motor asincrónico de corriente alterna monofásico (jaula de ardilla) con una potencia de 3/4 hp, que trabaja con 220 voltios. El cual será utilizado como fuerza motriz para mover el sistema de automatización.

Para poder implementar el sistema de transmisión se instaló una polea loca en el extremo opuesto del eje de salida del motor eléctrico. Tal como muestra la Figura 88.

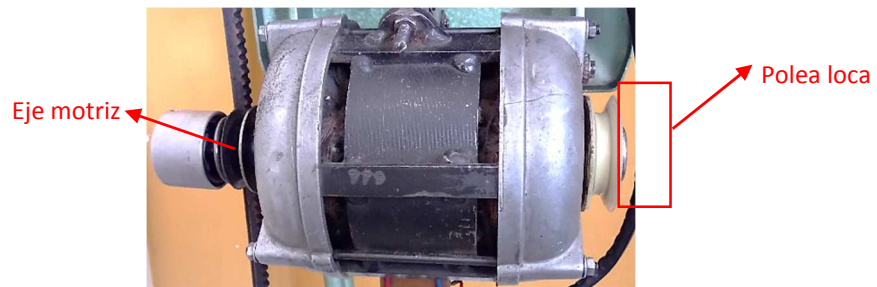


Figura 88 Modificación al motor eléctrico

4.2.2. SISTEMA DE INVERSIÓN DE GIRO

El sistema de inversión de giro consta de tres placas. Dos placas con un bobinado en el centro, de tal manera que se convierte en un electroimán (Figura 89). Una placa central (Figura 90) cuya función es acoplarse a una u otra placa magnetizada cambiando así el sentido de giro de la banda 2 o simplemente permanecer desacoplada evitando el movimiento de la banda 2.

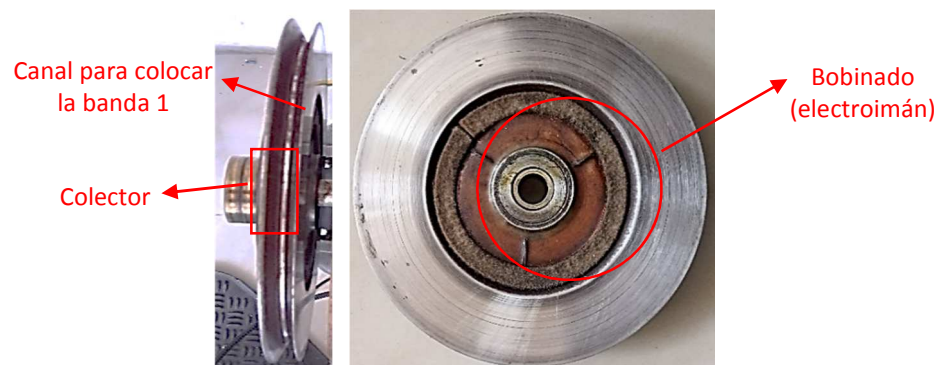


Figura 89 Placa con electroimanes en su centro

La placa central o placa de acople está recubierta con corcho para evitar que patine o se deslice encima de la placa magnetizada.

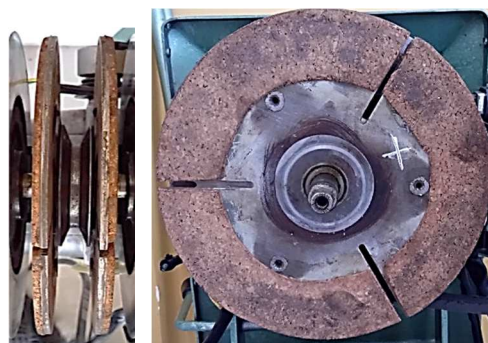


Figura 90 Placa de acople

Las placas están montadas sobre un eje tal como nuestra la Figura 91. Las placas se magnetizan una a la vez dependiendo el sentido de giro que queremos darle a la banda (y por ende la dirección en la cual queremos que el carro se deslice). El sistema es movido mediante una banda conectada directamente al eje de salida del motor.

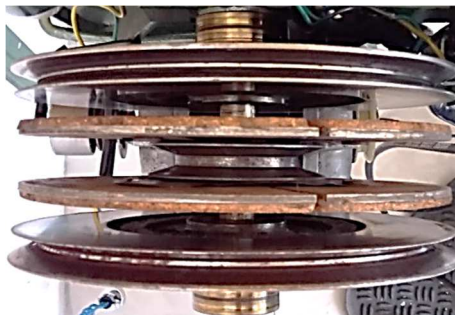


Figura 91 Sistema de inversión de giro

4.2.3. SELECCIÓN DE BANDAS

4.2.3.1. Banda 1

4.2.3.1.1. Factor de servicio

El factor de servicio será seleccionado de la Tabla 8 en base a las condiciones de servicio que tendrá la máquina de tejer

Las condiciones de servicio a las cuales va a estar sometido son:

- Régimen de trabajo de 8 h/día
- Motor eléctrico de corriente alterna
- Potencia del motor $\frac{3}{4}$ hp
- Velocidad 1425 rpm

Tabla 8
Factor de servicio F_s (Catálogo de correas industriales TRELLEBORG, 2010)

Tipo de servicio	Máquina accionada	Unidad motriz					
		Motores CA: par normal, monofásico y trifásico. Par de arranque aprox. 150% de la carga completa			Motores CA: par alto, monofásico y trifásico. Par de arranque aprox. 200-250% de la carga completa		
		Régimen de trabajo			Régimen de trabajo		
		<10	10-16	>16	<10	10-16	>16
Ligero	Agitadores de líquido Sopladores y extractores-pequeños Ventiladores hasta 7.4 kW Bandas transportadas ligeras	1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
Normal	Bandas transportadas de arena, piedra, etc Mezcladores de masa Ventilador de más de 7.4 kW Generadores Punzones, prensas y cizallas	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
Pesado	Máquina de bloques Elevadora de cubetas Compresores Batidoras mezcladoras	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
Extra pasado	Molinos Grúas pesadas Prensas	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8

El factor de servicio con en base al cual trabajaremos para la selección de bandas bajo las condiciones anteriormente expuestas es $F_s=1.1$.

4.2.3.1.2. Potencia de diseño

La potencia de diseño es el resultado de multiplicar la potencia nominal del motor por el factor de servicio tal como muestra la Ec. 4.1

$$P_d = P \times F_s \quad \text{Ec. 4.1}$$

Donde: P_d Potencia de diseño
 P Potencia del motor
 F_s Factor de servicio

$$P_d = 0.75 \text{ hp} \times 1.1$$

$$P_d = 0.83 \text{ hp} \approx 0.62 \text{ kW}$$

4.2.3.1.3. Selección del perfil de la banda

Para la selección del perfil de la banda utilizaremos la Figura 92

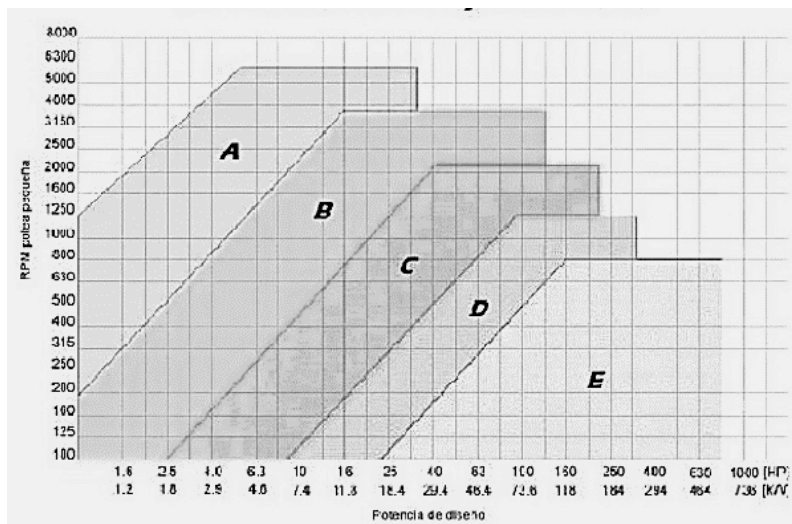


Figura 92 Curvas para la selección del perfil de correa trapezoidal (Catálogo de correas industriales TRELLEBORG, 2010)

En base a la potencia de diseño de 0.62 kW y la velocidad de 1425 rpm debemos utilizar un perfil de banda tipo A.

Es preciso verificar que el perfil de la correa tipo A pueda utilizarse en la polea motriz en la salida del motor. Esto lo verificaremos en la Tabla 9. La polea motriz del eje de salida del motor tiene un diámetro primitivo de 30mm.

Tabla 9 Diámetros mínimos recomendados de las poleas según su tipo de perfil

Perfil	A	B	C	D	E
Diámetro mínimo (mm)	66	84	114	160	300

Como el diámetro de la polea es menor al recomendado para un perfil de banda tipo A. Optaremos por utilizar una correa dentada con perfil trapezoidal

La correa dentada de perfil trapezoidal se adapta perfectamente a nuestro sistema de transmisión, ya que son utilizadas en sistemas de transmisiones compactas en los cuales se tiene un diámetro reducido de la o las poleas.

El uso de polea dentada garantizará una relación de transmisión constante al disminuir el riesgo de deslizamiento sobre la polea.

Al ser dentada la banda llega a tener mayor flexibilidad longitudinal, lo que permitirá adaptarse perfectamente a poleas de pequeños diámetros.

Para la selección de la banda dentada trapezoidal utilizaremos la Figura 93.

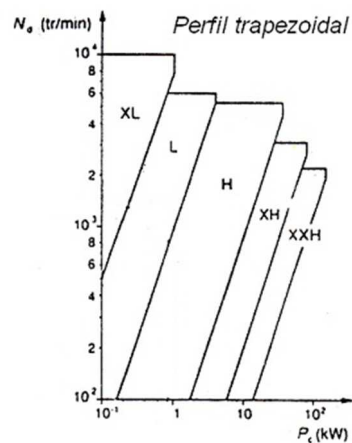


Figura 93 Curvas para la selección del perfil de correa trapezoidal dentada (Norma ISO 5296. Synchronous belt drives-Belts with pitch codes MXL, XXL, XL, L, H, XH and XXH , 2012)

En base a la potencia de diseño de 0.62 kW y la velocidad de 1425 rpm debemos utilizar un perfil de banda trapezoidal tipo L.

Las dimensiones de la banda tipo L según la norma ISO 5296 se muestra en la Figura 94 y Tabla 10. De no existir la banda en el mercado nacional usaremos su equivalente.

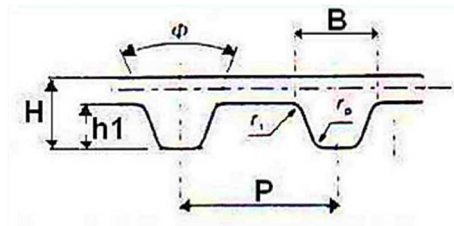


Figura 94 Medidas de referencia para una banda trapezoidal dentada según la norma ISO 5296 (Norma ISO 5296. Synchronous belt drives-Belts with pitch codes MXL, XXL, XL, L, H, XH and XXH , 2012)

Tabla 10

Dimensiones de banda trapezoidal dentada según la norma ISO 5296 (Norma ISO 5296. Synchronous belt drives-Belts with pitch codes MXL, XXL, XL, L, H, XH and XXH , 2012)

Tipo	Paso, P		H mm	h1 mm	B mm	r ₀ mm	r ₁ mm	Φ (°)	Aplicaciones
	in	mm							
MXL	2/25	2.032	1.14	0.51	1.14	0.13	0.13	40	Precisión
XXL	1/8	3.175	1.52	0.76	1.73	0.30	0.20	50	Extra ligera
XL	1/5	5.08	2.30	1.27	2.57	0.38	0.38	50	Muy ligera
L	3/8	9.525	3.60	1.91	4.65	0.51	0.51	40	Ligera
H	1/2	12.70	4.30	2.29	6.12	1.02	1.02	40	Pesada
XH	7/8	22.225	11.20	6.35	12.57	1.19	1.57	40	Muy pesada
XXH	1/4	31.75	15.70	9.53	19.05	1.52	2.29	40	Extra pesada

4.2.3.1.4. Relación de transmisión

Para el caso los diámetros de las poleas del sistema de transmisión (Figura 95) ya vienen dados ya que fueron adquiridos. La polea menor tiene un diámetro primitivo de 30mm y el de la polea del sistema de inversión de giro 210mm. Para el cálculo de la relación de transmisión utilizaremos la ecuación 4.2.

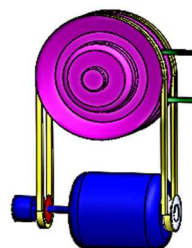


Figura 95 Sistema de transmisión

$$i = \frac{D}{d} = \frac{\omega_{conductora}}{\omega_{conducido}} \quad \text{Ec. 4.2}$$

Donde: i Relación de transmisión

D Diametro primitivo de la polea conducida

d Diametro primitivo de la polea conductora

$\omega_{conductora}$ Velocidad de giro de la polea conductora

$\omega_{conducido}$ Velocidad de giro de la polea conducida

La relación de transmisión para nuestro sistema de transmisión será:

$$i = \frac{210 \text{ mm}}{30 \text{ mm}} = 7$$

La velocidad de giro de la polea conducida (sistema de inversión de giro) en base a la ecuación 4.3 será:

$$\omega_{conducido} = \frac{W_{conductora}}{i} \quad \text{Ec. 4.3}$$

$$\omega_{conducido} = \frac{1425 \text{ rpm}}{7}$$

$$\omega_{conducido} = 204 \text{ rpm}$$

4.2.3.1.5. Velocidad tangencial

Para el cálculo de la velocidad tangencial de la banda 1 utilizaremos la ecuación 4.4.

$$V_t = \omega \times r \quad \text{Ec. 4.4}$$

Donde: V_t Velocidad tangencial

ω Velocidad de giro de la polea

r Radio de la polea

$$V_t = 204 \text{ rpm} \times \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \times 21 \text{ cm}$$

$$V_t = 448.6 \text{ cm/s}$$

4.2.3.1.6. Distancia entre centros

Para el cálculo de la distancia mínima entre centros utilizaremos la ecuación 4.5.

$$C_{min} = \frac{D + 3d}{2} \quad \text{Ec. 4.5}$$

Donde: C_{min} Distancia mínima entre centros
 D Diametro primitivo de la polea conducida
 d Diametro primitivo de la polea conductora

$$C_{min} = \frac{210\text{mm} + 3 \times 30\text{mm}}{2}$$

$$C_{min} = 150 \text{ mm}$$

Debido a la geometría del sistema de transmisión, específicamente porque al tomar la distancia de 150 mm los platos del sistema de inversión de giro chocarían con la carcasa del motor tomaremos una distancia entre centros de 200mm.

4.2.3.1.7. Longitud de bandas

Para el cálculo de la longitud estimada de la banda utilizaremos la ecuación 4.6.

$$L_{est} = 2c + \frac{\pi}{2}(D + d) + \frac{(D - d)^2}{4c} \quad \text{Ec. 4.6}$$

Donde: L_{est} Longitud estimada de la banda
 c Distancia entre centros
 D Diametro primitivo de la polea conducida

d *Diametro primitivo de la polea conductora*

Es importante recalcar que la disposición del sistema de transmisión (Figura 4.2) requiere el unos $\frac{3}{4}$ más de la longitud estimada para la banda. Así que el valor que calculemos con la ecuación 4.6 le sumaremos $\frac{3}{4}$ de su longitud.

$$L_{est} = 2(200mm) + \frac{\pi}{2}(210mm + 30mm) + \frac{(210mm - 30mm)^2}{4(200mm)}$$

$$L_{est} = 849 \text{ mm}$$

$$L_{est} = 849 \text{ mm} + \frac{3}{4} 849 \text{ mm}$$

$$L_{est} = 1486 \text{ mm}$$

En base a todos los cálculos realizados y dependiendo las diferentes marcas de bandas en el mercado nacional, seleccionaremos la que más se asemeje a los requerimientos establecidos.

4.2.3.1.8. Número de bandas

Para calcular el número de bandas necesarias para el sistema, utilizaremos la ecuación 4.7

$$Z = \frac{P_d}{P_r \times K_1 \times K_2} \quad \text{Ec. 4.7}$$

Donde: P_d *Potencia de diseño*

P_r *Potencia por banda*

K_1 *Factor de corrección por longitud*

K_2 *Factor de corrección por el arco de contacto*

Z *Número de bandas*

Para obtener los factores de corrección K_1 y K_2 y la potencia por banda recurriremos al catálogo de correas industriales TRELLEBORG (página 17)

$$K_1 = 0.9$$

$$K_2 = 0.85$$

$$P_r = 1.06 \text{ kW}$$

$$Z = \frac{0.62 \text{ kW}}{1.06 \text{ kW} \times 0.9 \times 0.85}$$

$$Z = 0.76$$

Lo que nos quiere decir el valor es que bastará utilizar una banda para que el sistema de transmisión funcione correctamente

4.2.3.2. Banda 2

4.2.3.2.1. Factor de servicio

El factor de servicio es con el que trabajamos anteriormente en base a la Tabla 4.1

$$F_s = 1.1.$$

4.2.3.2.2. Potencia de diseño

La potencia de diseño es la calculada anteriormente en base a la ecuación 4.1

$$P_d = 0.83 \text{ hp} \approx 0.62 \text{ kW}$$

4.2.3.2.3. Selección del perfil de la banda

La selección del perfil de banda será utilizando la Figura 4.7

En base a la potencia de diseño de 0.62 kW y la velocidad a la cual girará la polea motriz de la banda 2 (204 rpm) debemos utilizar un perfil de banda tipo A.

Es preciso verificar que el perfil de la correa tipo A pueda utilizarse en la polea motriz de la banda 2. Esto lo verificaremos en la Tabla 4.2. La polea motriz de la banda 2 tiene un diámetro primitivo de 75mm.

Ya que el diámetro primitivo de la polea (75 mm) es mayor al diámetro mínimo para una banda tipo A (66mm), podemos decir que se utilizará una banda tipo A

4.2.3.2.4. Relación de transmisión

Ya que la polea motriz de la banda 2 gira solidaria a la polea conducida de la banda 1 la relación de transmisión es 1, es decir que su velocidad de giro es de 204 rpm

4.2.3.2.5. Velocidad tangencial

A pesar de rotar a la misma velocidad de la polea de la banda 1, esta tiene un diámetro primitivo diferente (75mm) lo que nos quiere decir que tendrá una velocidad tangencial diferente.

En base a la ecuación 4.4 calcularemos la velocidad tangencial

$$V_t = 204 \text{ rpm} \times \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \times 7.5 \text{ cm}$$

$$V_t = 160 \text{ cm/s}$$

Esta será la velocidad a la cual se desplazará el carro al momento de tejer.

4.2.3.2.6. Distancia entre centros

La distancia necesaria para que el carro se desplace a lo largo de la frontura de la máquina y la cual asumiremos como distancia entre centros es de 2190mm

$$c = 2190 \text{ mm}$$

4.2.3.2.7. Longitud de bandas

Para el cálculo de la longitud estimada de la banda utilizaremos la ecuación 4.6. El diámetro primitivo de la polea conductora es de 75mm y el de la polea conducida 88mm

$$L_{est} = 2(2190\text{mm}) + \frac{\pi}{2}(75\text{mm} + 88\text{mm}) + \frac{(88\text{mm} - 75\text{mm})^2}{4(2190\text{mm})}$$

$$L_{est} = 4636 \text{ mm}$$

4.1.1.1.1. Número de bandas

Para calcular el número de bandas necesarias para el sistema, utilizaremos la ecuación 4.7

Para obtener los factores de corrección K_1 y K_2 y la potencia por banda recurriremos al catálogo correas industriales TRELLEBORG (página 17)

$$K_1 = 1.18$$

$$K_2 = 0.99$$

$$P_r = 0.59 \text{ kW}$$

$$Z = \frac{0.62 \text{ kW}}{0.59\text{kW} \times 1.18 \times 0.99}$$

$$Z = 0.90$$

Lo que nos quiere decir el valor es que bastará utilizar una banda para que el sistema de transmisión funcione correctamente.

4.2. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y DE SOPORTE PARA LA AUTOMATIZACIÓN

Una vez establecido como será el sistema motriz de la automatización, debemos diseñar la estructura que albergue al sistema.

En primer lugar debemos crear la estructura de soporte para el sistema motriz de la automatización. El sistema debe cumplir con los requerimientos dimensionales anteriormente calculados.

Cabe recalcar que el peso que soportará esta estructura no sobrepasa los 25 Kg, peso que no es suficiente para deformar la estructura.

La estructura será construida en acero, utilizando materiales que se encuentren en el mercado nacional. La estructura de soporte del sistema motriz de la automatización se construyó tal como muestra la Figura 96.

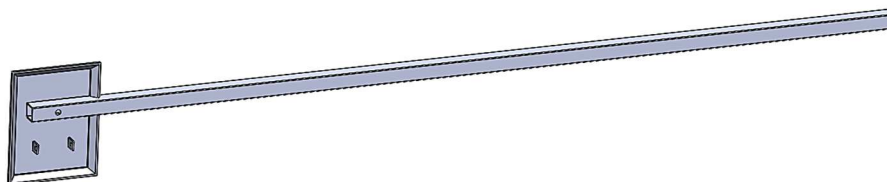


Figura 96 Estructura de soporte del sistema motriz de la automatización

Esta estructura utiliza un tubo de acero de perfil cuadrado HSS 40x40x2,5 y 2310 mm.

Cuenta con una placa en el extremo, con un agujero en su centro que atraviesa el perfil cuadrado y la placa por el cual se sujetará el eje del sistema de inversión de giro, tal como muestra la Figura 97.

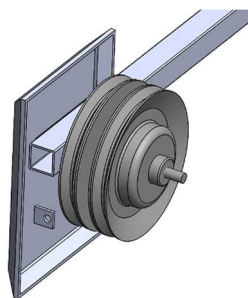


Figura 97 Montaje del sistema de inversión de giro en la estructura

La placa cuenta de igual manera con una sujeción para el motor. Gracias a la geometría de la carcasa del motor es únicamente necesario soldar dos placas con un agujero central para montarlo en el sistema. La Figura 98 muestra como quedara montado el sistema motriz de la automatización.

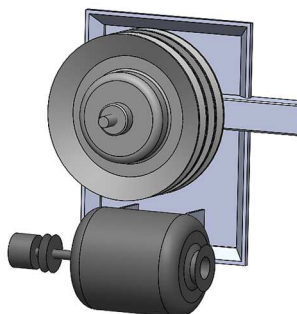


Figura 98 Montaje del sistema motriz de la automatización en su estructura de soporte

Para que funcione la banda 2 la necesitamos colocar una polea en el extremo derecho de la estructura de soporte. Para esta polea se diseñó un sistema roscado que permitirá aumentar la tensión en la banda 2 de ser necesario. Tal como muestra la Figura 99.

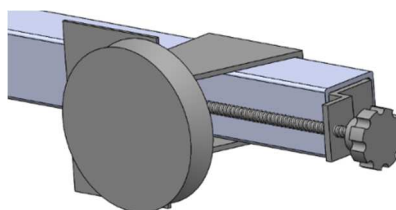


Figura 99 Polea con regulación de la tensión de la banda

Es sistema motriz de la automatización quedará tal como muestra la Figura 100. El sistema está listo para montar las bandas y el sistema de control.

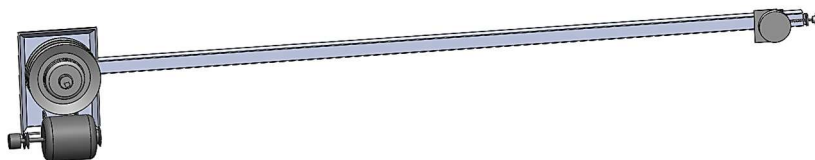


Figura 100 Montaje en la estructura de soporte del sistema motriz de la automatización

Una vez definida la estructura de soporte del sistema motriz de la automatización, es necesario diseñar una estructura que sirva de acople o unión con la máquina. La nueva estructura debe permitir desplazar hacia atrás el tablero de soporte de la materia prima y además de esto debe soportar la estructura del sistema motriz.

Para ello se diseñó la estructura de la Figura 101.

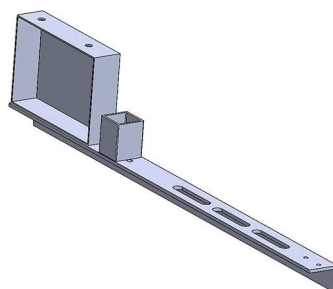


Figura 101 Estructura de acople

La estructura de acople está fabricada de perfil en L de 43×34×4,5. Soldado a él un pedazo de perfil cuadrado utilizado en la estructura de soporte del sistema motriz y una caja de para asentar el tablero de soporte de la materia prima.

La estructura de acople se monta tal como muestra la Figura 102 en la máquina

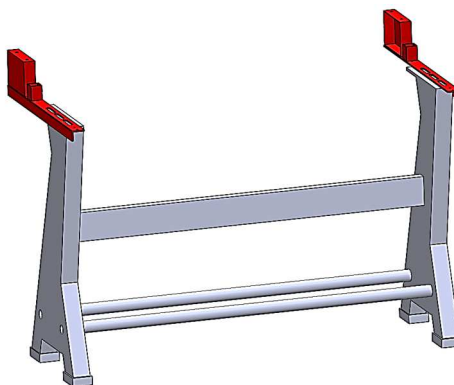


Figura 102 Estructura de acople montada en la máquina

Para la sujeción de la estructura de acople aprovecharemos el peso que tiene la frontura y el perno de sujeción que la une a la estructura de soporte de la máquina.

La Figura 103 muestra como la estructura de acople desplaza el tablero de soporte de la materia prima y alberga al sistema motriz de la automatización, permitiendo que el carro tejedor se acople o desacople a la banda 2 mediante una mordaza.

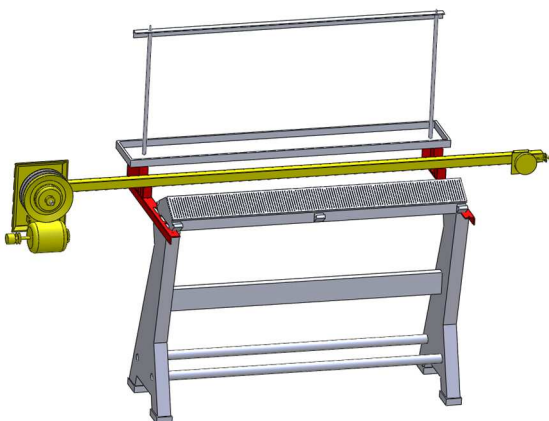


Figura 103 Sistema motriz de la automatización montado en la estructura de acople

4.3. SISTEMA DE ACOUPLE CON LA BANDA MOTRIZ DEL CARRO TEJEDOR

Para lograr el movimiento del carro tejedor necesitamos acoplarlo a la banda 2. Para ello se adaptará una mordaza a la estructura del carro tejedor, esta permitirá acoplar y desacoplarse a la banda acorde el requerimiento de trabajar en su modo manual o automático. La Figura 104 muestra como de colocará la mordaza en la estructura del carro tejedor.

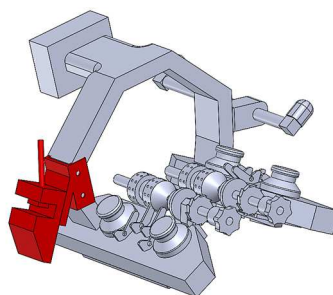


Figura 104 Mordaza adaptada en el caro tejedor

4.4. IMPLEMENTACIÓN DEL NUEVO SISTEMA PRENSATELA

El sistema prensatela que será implementado en la máquina fue adquirido. El sistema necesario para la máquina Trigamo no se encuentra de venta en el mercado. Así que se optó por comprar un sistema de segunda mano de una máquina similar. El sistema adquirido presentaba algunos daños menores los cuales fueron reparados.

El sistema fue adaptado a las dimensiones de la máquina. Se diseñó piezas para poder acoplarlo a la máquina Figura 105.

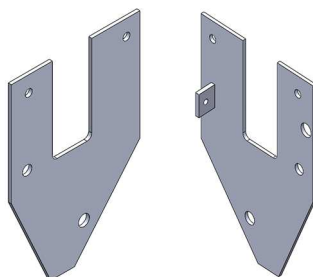


Figura 105 Piezas de acople del prensatela

El prensatela tiene nueva rodillos de presión para poder sujetar firmemente el telar y un rodillo móvil, el cual va halándolo conforme la máquina continua teniendo Figura 106.

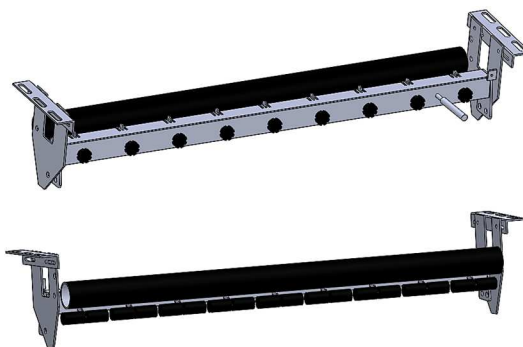


Figura 106 Prensatela

La adaptación del prensatela a la máquina es muy similar a la estructura de acople del sistema motriz de la automatización. Utiliza el mismo perfil en L aprovechamos el peso de la frontura para montarlo en la máquina.

El prensatela quedará montado tal como nuestra la Figura 107.

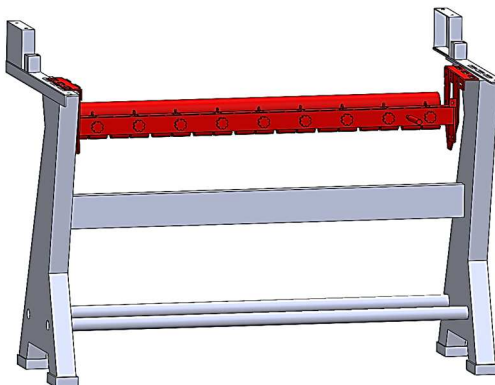


Figura 107 Prensatela montado en la máquina

4.5. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL

Dentro de los requerimientos de uso de la máquina de tejer Trigamo Galga 10 están:

- Encender y apagar el sistema automático.
- Contar de número de pasadas que realiza el carro tejedor.

- Detener la máquina cuando se rompa un hilo de la alimentación de materia prima.
- Detener la máquina cuando detecte hilo anudado.
- Detener al lado izquierdo o derecho el carro tejedor.
- Detener la máquina con el botón de paro.

Para esto se adquirirá un contador y tensor electromecánico, y los elementos necesarios que nos permitan realizar el control de la máquina acorde con el circuito de control.

4.5.1. ANÁLISIS DE LA LÓGICA DE CONTROL A UTILIZARSE

Dentro de las opciones que manejamos para la lógica de control a utilizarse en el circuito esta la Lógica Cableada y Lógica Programada. Para la elección utilizamos una matriz de decisión mostrada en la Tabla 11 con los parámetros de decisión y sus respectivos puntos de ponderación mostrados en la Tabla 12.

Tabla 11 Matriz de distribución de puntos ponderados

No	Parámetros de Decisión	1	2	3	4	5	6	Punto	Índice	WF
1	Costo de implementarlos	0	0,5	1	1	1	1	4,5	0,3	0,30
2	Estabilidad y robustez	0,5	0	1	1	1	1	4,5	0,3	0,30
3	Complejidad del control			0	1	1	1	3	0,2	0,20
4	Mantenimiento y durabilidad				0	1	1	2	0,13	0,13
5	Flexibilidad					0	1	1	0,07	0,07
								15		1,00

Tabla 12 Matriz de decisión

Parámetros de Decisión		WF	Lógica cableada		Lógica programada	
			RF1		RF2	
1	Costo de implementarlos	0,30	10	3	8	2,4
2	Estabilidad y robustez	0,30	9	2,7	8	2,4
3	Complejidad del control	0,20	9	1,8	8	1,6
4	Mantenimiento y durabilidad	0,13	8	1,07	9	1,2
5	Flexibilidad	0,07	5	0,33	9	0,6
			8,9		8,2	

En base a los parámetros analizados en la matriz de decisión la lógica de control será la Lógica Cableada ya que obtuvimos una mayor puntuación en comparación con la Lógica Programada.

4.5.2. CIRCUITO DE CONTROL

Para el control del sistema motriz y la secuencia que debe realizar la máquina de tejer Trigamo galga 10 se utilizarán dos relés de 24V, un pulsador, nueve switch, un transformador de 220V-110V a 24V-12V, un puente de diodos.

El circuito de control implementado se muestra en la Figura 108.

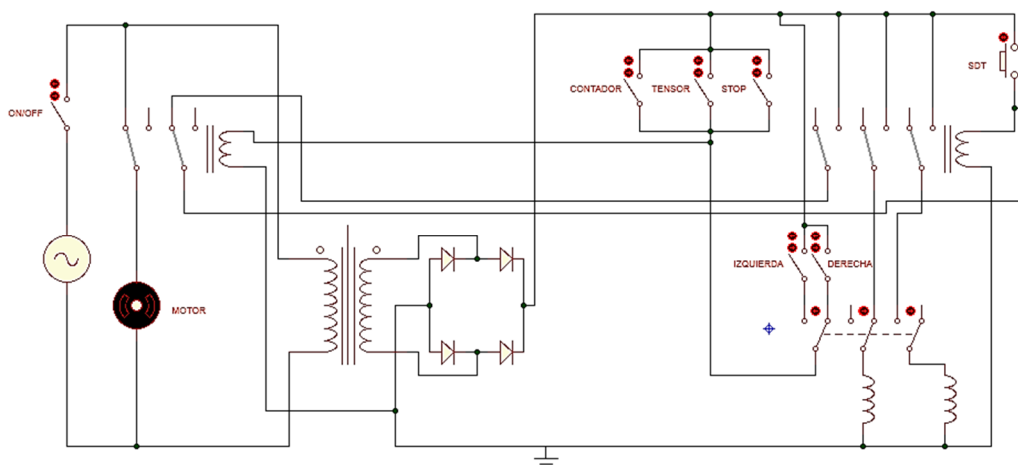


Figura 108 Circuito de control del sistema automático de la máquina de tejer Trigamo galga 10

Al presionar el switch de ON energizamos el sistema y damos movimiento únicamente al motor. Para que comience el movimiento del carro tejedor debemos presionar el pulsador SDT que activará el Sistema Inversor de Giro y comenzará el movimiento del carro tejedor. El carro tejedor cambiará su sentido de desplazamiento al llegar a un fin de carrera. Por ejemplo si se está desplazando de izquierda a derecha, al llegar al fin de carrera del lado derecho, automáticamente cambiará su sentido de desplazamiento y se desplazará de derecha a izquierda. Esta secuencia de movimientos se mantendrá hasta que ya sea el contador llegue a cero o el hilo tenga un nudo

o esté roto, estas formas de detener la máquina son de manera automática. Cuando el operador quiera detener la máquina en cualquier lugar donde se encuentre el carro tejedor deberá presionar el botón STOP. Si quiere detener el carro ya sea en el extremo del lado derecho de la cama o el extremo del lado izquierdo de la cama deberá mover la palanca en la dirección deseada. Una vez parada la máquina por fallo de material o porque el conteo regresivo llego a cero. Se debe solucionar el fallo de material (unir mediante un nudo fino el hilo roto) o poner nuevamente el contador en el número de pasadas deseadas y presionar el pulsador STD.

4.5.3. CONTADOR ELECTROMECAÁNICO

El contador electromecánico (Figura 109) a ser utilizado funciona normalmente abierto. Es decir que mientras esté realizando el conteo regresivo del número de pasadas que realiza el carro tejedor la línea del circuito se encontrará abierta. Y cuando el conteo llegue a cero el circuito se cerrará.

El contador tiene la capacidad de contar 999 pasadas en forma regresiva. Tiene un brazo que al moverlo mecánicamente hacia arriba realiza el conteo de una pasada.



Figura 109 Contador electromecánico

4.5.4. TENSOR ELECTROMECAÁNICO

El tensor electromecánico a ser utilizado permite detectar al mismo tiempo la presencia de nudos en los hilos y también la rotura de un hilo. El tensor funciona normalmente abierto y cuando detecta ya sea un nudo o la rotura de un hilo se cerrará.

Para el sensado de hilo roto el tensor tiene un alambre con un resorte de torsión en su extremo. Cuando el hilo pasa por el tensor el alambre se encuentra en la posición que muestra la Figura 110 a). Cuando el hilo se rompe el alambre pasa inmediatamente a la posición que muestra la Figura 110 b).

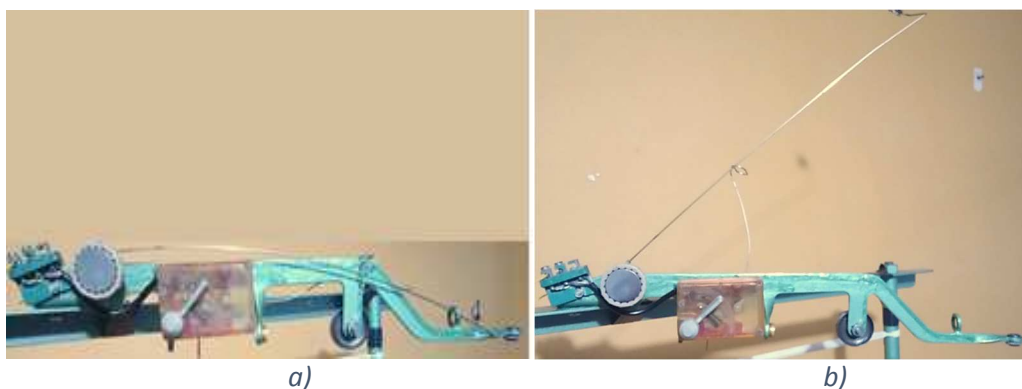


Figura 110 a) Posición del alambre con el hilo sin romperse
b) Posición del alambre con el hilo roto

Para el sensado de nudos en el hilo, el tensor cuenta con un mecanismo mostrado en la Figura 111. El cual limita el diámetro del hilo que pase a través de él, al pasar el hilo con diámetro constante no sufre ninguna alteración el mecanismo. Pero cuando un nudo intenta pasar por allí, el mecanismo detiene su paso y el hilo empuja a la lengüeta del mecanismo hacia arriba.



Figura 111 Mecanismo de sensado de nudo en el hilo

Tanto el mecanismo de sensado de nudos como el de sensado de hilo roto son controlados mecánicamente para lograr cerrar el circuito por la caja de control mostrada en la Figura 112. La caja interiormente cuenta con unos contactos metálicos los cuales permanecen abiertos hasta que una pequeña leva cierra el circuito, ya sea al moverse el alambre al romperse el hilo o el mecanismo detector de nudos.



Figura 112 Caja de control para el sensado de nudos y de hilo roto

4.6. RESUMEN DEL CAPÍTULO

En el Capítulo 4 se realizó todo el diseño de la automatización. Esto comprende el sistema motriz, estructura de soporte de la automatización y el circuito de control. Para la parte motriz de la automatización utilizamos el sistema motor-polea-banda junto con un sistema inversor del sentido de giro

de la polea motriz del carro tejedor. La estructura de soporte de los elementos de la automatización fue diseñada de tal manera que se monte y acople en la máquina Trigamo sin necesidad de realizar ninguna modificación en la estructura original. Para el circuito de control optamos por realizarlo mediante lógica cableada, acompañada de elementos de sensado específicos para este tipo de maquinaria como lo son un contador y un tensor electromecánicos.

CAPÍTULO 5

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA AUTOMÁTICO, PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y RESULTADOS

El Capítulo 5 muestra como quedó la máquina con la implementación de todos los elementos de la automatización (sistema motriz, estructura y sistema de control). Muestra el funcionamiento del nuevo sistema prénsatela y como quedó al ser montado en la máquina.

En el capítulo también se expone las pruebas de funcionamiento a las cuales fue sometido la máquina y los resultados que se obtuvieron.

5.1. IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE LA AUTOMATIZACIÓN EN LA MÁQUINA

La estructura de acople del sistema motriz de la automatización quedó perfectamente instalado en la máquina, tal como muestra la Figura 113. Esta estructura cumple perfectamente con los requerimientos delineados para su construcción. Es decir, desplaza el tablero de soporte de la materia prima hacia la parte de atrás y crea el espacio necesario para la instalación de la estructura de soporte del sistema motriz. La estructura de acople queda perfectamente sujeta gracias al perno que soporta la frontura y a más de ello el peso propio de la frontura ayuda a fijar esta pieza.



Figura 113 Estructura de soporte del sistema motriz instalado en la máquina

Para instalar la estructura de soporte del sistema motriz (Figura 114) únicamente se necesitó asentarla sobre la estructura de acople y colocar pernos en U para su sujeción como muestra la Figura 115.



Figura 114 Estructura de soporte del sistema motriz montada en la máquina



Figura 115 Perno en U para la sujeción de la estructura de soporte del sistema motriz

5.2. IMPLEMENTACIÓN DEL NUEVO SISTEMA PRENSATELA

El nuevo sistema prensatela se instala de manera similar a la estructura de acople. El prensatela montado en la máquina queda como muestra la Figura 116.



Figura 116 Prensatela montado en la máquina

El prensatela se monta en la máquina colocando un perfil en L bajo la frontura y se fija a él mediante el perno de sujeción de la frontura. El peso de la frontura ayuda a mantener en posición el perfil en L en la máquina. El prensatela se monta en los perfiles en L con la ayuda de un par de pernos con sus respectivas tuercas tal como muestra la figura 117.

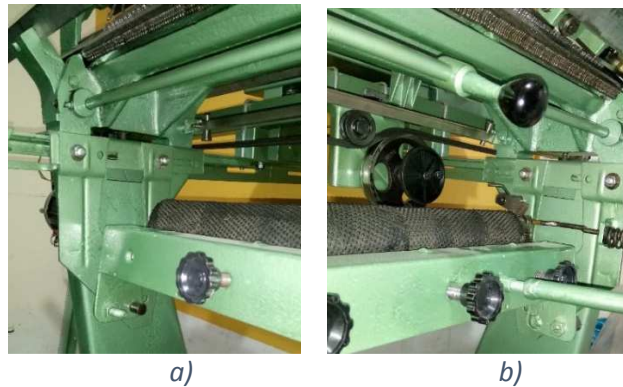


Figura 117 a) Lado derecho del prensatela montado en el perfil en L
b) Lado izquierdo del prensatela montado en el perfil en L

Para la sujeción del telar, el inicio del tejido debe ser colocado entre el cilindro giratorio y los rodillos de presión mostrados en la Figura 118. Una vez colocado cerramos el prensatela.



Figura 118 Sujeción del prensatela

Poco a poco el prensatela ira halando el tejido con forme se va generando, mediante el mecanismo mostrado en la Figura 119.



Figura 119 Mecanismo de giro para el cilindro giratorio

El mecanismo consta de un par de poleas que van montadas en la banda 2 (banda que transporta al carro tejedor) tal como muestra la Figura 120. Una de las poleas tiene incorporada un disco excéntrico. El cual al girar la polea golpea un brazo metálico.



Figura 120 Poleas del sistema prensatela

Al golpear la polea el brazo metálico, este baja generando un pequeño giro en el cilindro giratorio. Un resorte el cual se puede observar en la Figura 121 ayuda al brazo a regresar a su posición inicial. El mecanismo posee también un mecanismo de giro unidireccional esto para evitar que gire en forma aleatoria. El mecanismo consta de un cilindro estriado y una placa que funciona como traba cuando quiera girar en la dirección contraria a la que debería hacerlo para estirar el telar.



Figura 121 Brazo generador de giro

5.3. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA MOTRIZ DE LA AUTOMATIZACIÓN

El primer paso para la implementación en la máquina del sistema motriz es colocar el motor en la estructura de soporte. Esto se lo hace mediante un par de pernos. Una vez colocado el motor se debe montar el sistema inversor de giro junto con las escobillas (carbones) en el colector y finalmente la banda en el sistema inversor de giro y motor. El sistema motriz queda tal como muestra la Figura 122.



Figura 122 Implementación del sistema motriz en la máquina

En la mitad del sistema inversor de giro se encuentra la polea motriz para la banda. Así que debemos montarla antes de colocar la banda del sistema motriz banda1. Una vez montada en el extremo derecho de la estructura de soporte del sistema motriz colocaremos la polea que regula la tensión de la banda 2 tal como muestra la Figura 123.

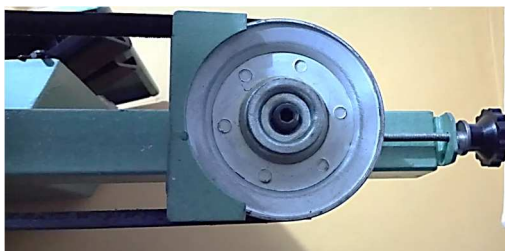


Figura 123 Polea tensora de la banda 2 (Banda transportadora del carro)

Para acoplar la mordaza al carro tejedor se realizó dos agujeros en la estructura del carro y se la sujeto mediante pernos y tuercas. La mordaza permite acoplar el carro a la banda 2 y moverse junto a ella en su modo automático, y desacoplarse en su modo manual tal como muestra la Figura 124.



Figura 124 Implementación de la mordaza en el carro tejedor

5.4. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE LA MÁQUINA

Todos los elementos de control de la máquina fueron ubicados en la caja de control o caja de mando mostrada en la Figura 125.



Figura 125 Caja de mando de la máquina de tejer Trigamo

En ella consta:

- Un botón de encendido del sistema automático
- Un pulsador de arranque del sistema inversor de giro
- Una palanca para que el carro pare al lado derecho o izquierdo después de realizar una pasada
- Un botón de stop
- Luces piloto que indican el encendido de la máquina y el paro de la máquina por fallo del material, el contador llegó a cero o por presionar el botón stop.

El contador electromecánico funciona al levantar mecánicamente el brazo que posee. Para ello se instaló el sencillo sistema mostrado en la Figura 126 en el carro tejedor, el cual levanta el brazo en cada pasada y de esta manera realiza el conteo regresivo.



Figura 126 Sistema de conteo del número de pasadas del carro tejedor

La señal de cambio de sentido de dirección del desplazamiento del carro tejedor se realiza de manera mecánica mediante el sistema mostrado en la Figura 127. Este sistema posee dos topes, uno en cada extremo de la máquina. En cada pasada el carro tejedor va golpeando suavemente los topes de tal manera que produce una ligera rotación en ellos como muestra la Figura 128.



Figura 127 Fines de carrera mecánicos



Figura 128 Rotación causada por el carro tejedor en los topes

Al producirse el giro de los topes, estos obligan a hacer contacto ya sea en su posición baja o en su posición alta a un par de platinas cerrando o abriendo el circuito con forme el diseño del sistema de control.

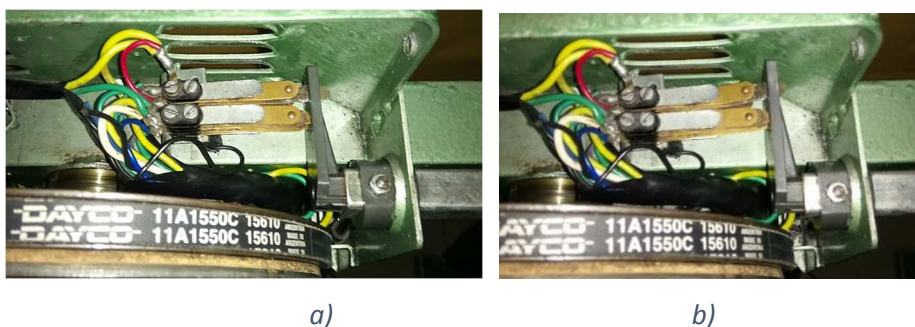


Figura 129 a) Contacto de las platinas en su posición baja
b) Contacto de las platinas en su posición alta

5.5. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA EN SU MODO AUTOMÁTICO Y RESULTADOS

Una vez montado todos los sistemas que conforman la automatización (sistema motriz, estructura y sistema de control) llevaremos a cabo pruebas de funcionamiento para asegurar el correcto comportamiento del sistema motriz y de control. Así como la instrumentación implementada en el sistema de control (contador de número de pasadas, detector de nudos y de hilo roto).

5.5.1. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA MOTOR-POLEA-BANDA

El primer paso para verificar el correcto funcionamiento del sistema motor-polea-banda es encender el motor y verificar el su correcto funcionamiento. Es decir que gire de manera uniforme, sin causar vibraciones en la máquina y sin chocar con ningún elemento.

El funcionamiento del motor fue satisfactorio, no causaba ningún problema al encenderlo.

Posteriormente a esto verificaremos la transición del movimiento del motor al sistema inversor de giro por medio de la banda dentada.

El sistema gira de manera uniforme, no presenta excesivas vibraciones y lo más importante no presenta deslizamiento en la banda lo cual se traduce en una transición constante de la velocidad de giro el motor.

Como tercer punto verificaremos la transición de movimiento que genera el sistema inversor de giro a la banda 2 (banda que transporta al carro tejedor). Cabe recalcar que esta prueba de funcionamiento se la realizara inicialmente sin acoplar el carro tejedor.

Antes de realizar esta prueba de funcionamiento nos debemos asegurar que la banda tenga una correcta tensión. La tensión de la banda que transporta al carro tejedor se la realiza mediante la polea reguladora ubicada al lado derecho de la máquina.

Al presionar el pulsador que activa el sistema de transmisión verificamos que el movimiento de la banda es uniforme y no choca con ningún elemento de la máquina. Visiblemente no se produce deslizamiento en la banda pero esto se constatará acoplando el carro tejedor a la banda.

Para verificar si el sistema motor-polea-banda cumple la función para la cual fue diseñada (mover el carro tejedor), acoplaremos el carro y pondremos en funcionamiento el sistema.

Una vez puesto en marcha el sistema y ya acoplado el carro tejedor podemos verificar que desplaza de manera uniforme al carro tejedor, sin golpear

ninguna otra parte de la máquina y realizando el recorrido moviendo las agujas. Cumpliendo así con los requerimientos para los cuales fue diseñado.

Uno de los puntos más importantes del sistema motor-polea-banda es verificar la velocidad a la cual traslada al carro tejedor. Al momento de diseñar el sistema se determinó que el carro se desplazaría a 160 cm/s. Para verificar esto se tomó el tiempo que demora en recorrer la distancia de 133cm, que es un poco más de la longitud de trabajo de la máquina y la distancia de 266 cm que correspondería a la longitud recorrida por el carro de ida y regreso. Los resultados se muestran en la Tabla 13.

Tabla 13

Toma de tiempos que demora en recorrer el carro una distancia establecida

Distancia (cm)	Tiempo (s)	Distancia (cm)	Tiempo (s)
133	1.0	266	2.4
133	1.2	266	2.3
133	1.3	266	2.4
133	1.2	266	2.3
133	1.1	266	2.5
133	1.1	266	2.4
133	1.0	266	2.4
133	1.2	266	2.3
133	1.1	266	2.5
133	1.1	266	2.5
Tiempo promedio	1.1	Tiempo promedio	2.4

En base a los tiempos tomados en la Tabla 5.1 calcularemos la velocidad promedio a la cual se desplaza el carro tejedor utilizando la ecuación 5.1 .

$$V = \frac{d}{t} \quad \text{Ec. 5.1}$$

Donde: V Velocidad
 d Distancia

t Tiempo

En el primer caso, cuando la distancia sea 133 cm

$$V = \frac{133 \text{ cm}}{1.1 \text{ cm}} = 121 \text{ cm/s}$$

En el segundo caso, cuando la distancia sea 266 cm

$$V = \frac{266 \text{ cm}}{2.4 \text{ cm}} = 111 \text{ cm/s}$$

En promedio el carro tejedor se desplazara a 116 cm/s velocidad un poco inferior a la velocidad calculada en un inicio. Esta disminución de velocidad puede ser causada por la inercia que lleva el carro tejedor al momento de cambiar la dirección del desplazamiento. Sumado a la resistencia que genera la implementación de las poleas para el mecanismo prensatela.

El sistema cumple con todos los requerimientos detallados en la Tabla 14 para los cuales fue diseñado.

Tabla 14

Cumplimiento de los requerimientos del sistema motor-polea-banda

Requerimiento	Cumplimiento
El sistema gira de manera uniforme.	✓
El motor encendido no causar excesivas vibraciones en la máquina.	✓
El sistema no chocar con ningún elemento de la máquina.	✓
Las bandas no presentan deslizamiento	✓
El sistema traslada al carro tejedor de lado a lado.	✓
El sistema traslada el carro tejedor en forma uniforme.	✓

✓ Cumple

✗ No Cumple

En conclusión el sistema implementado de motor-polea-banda cumple satisfactoriamente la función para la cual fue diseñado, que era la de transportar el carro tejedor a lo largo de las camas generando el tejido. El

sistema en conjunto genera vibraciones aceptables, y su funcionamiento es uniforme.

5.5.2. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA INVERSOR DE GIRO

Para verificar que el sistema inversor de giro tenga un correcto funcionamiento accionaremos el sistema motriz y calibraremos la distancia de los fines de carrera.

Visualmente se verificó que el sistema tenía un correcto funcionamiento. Ya que la banda para el desplazamiento del carro tejedor al encontrarse girando en dirección horaria y el mover los fines de carrera cambiaba con una respuesta inmediata su sentido de giro (giraba en dirección anti horaria). Esta secuencia la repetía innumerables veces sin tener ningún problema, lo que nos lleva a asegurar que la parte del circuito para el control de las bobinas está correcto.

Una de las cosas más importantes que nos interesa comprobar dentro del sistema de inversión de giro es que las bobinas del electroimán generen el magnetismo suficiente para que el plato de acople (plato central) del sistema, gire solidario con los platos electromagnéticos. Para ello pondremos en funcionamiento el sistema motriz y accionaremos la el sistema inversor de giro.

Para esta prueba de funcionamiento debemos acoplar el carro tejedor a la banda y hacer que trabaje (mueva las agujas de ambas camas).

El someter al sistema a la prueba de funcionamiento, se pudo notar que el carro tejedor no se desplazaba de una manera uniforme al dirigirse de izquierda a derecha. Mientras que cuando se desplazaba de derecha a izquierda si lo hacía.

Después de una revisión minuciosa y descartando las posibles causas se pudo evidenciar que el uno de los carbones correspondiente al plato magnético que hace desplazar al carro en la dirección señala, no hacia contacto con el

colecto. Así que se optó por cambiar el carbón, solucionando el problema que aquejaba el sistema.

En conclusión el sistema cumple con los requerimientos mostrados en la Tabla 15, necesarios para la implementación de la automatización de la máquina.

Tabla 15

Cumplimiento de los requerimientos del sistema inversor de giro

Requerimiento	Cumplimiento
El sistema inversor de giro tiene una respuesta inmediata para el cambio de sentido de giro de la banda.	✓
El electroimán genera el magnetismo suficiente para acoplar el plato central al sistema, y gira solidario con los platos electromagnéticos.	✓
El sistema inversor de giro repite la secuencia de acople y desacople indefinidamente.	✓

✓ Cumple

✗ No Cumple

5.5.3. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE SENSADO DE HILO ROTO Y NUDO EN EL HILO

Para comprobar el correcto funcionamiento del sensado de hilo roto y por consiguiente el correcto funcionamiento del circuito, desenrollamos un poco de hilo del cono con el cual se va a trabajar y realizamos un corte en él.

Encendemos el motor y ponemos en marcha el sistema inversor de giro. Poco a poco el caro tejedor va realizando el telar y va utilizando la materia prima. Cuando llega a la sección costada se pudo observar que el alambre del tensor cambio de posición e inmediatamente la máquina se detuvo. Esto comprueba que el sensor de hilo roto funciona correctamente.

Para comprobar el correcto funcionamiento del sensado de nudos en el hilo desenredaremos un poco de hilo del cono y realizaremos un nudo en el hilo.

Volveremos a enredar el hilo en el cono y accionaremos el sistema automatizado.

El sistema para automáticamente al detentar el nudo en el hilo lo que nos asegura su correcto funcionamiento.

Los requerimientos que cumple el tensor se detallan en la Tabla 16.

Tabla 16

Cumplimiento de los requerimientos del sistema de sensado de hilo roto y nudo en el hilo

Requerimiento	Cumplimiento
El tensor detecta la rotura de un hilo.	✓
El tensor detecta la presencia de nudos en el hilo.	✓
El sistema para inmediatamente al detectar un hilo roto	✓
El sistema para inmediatamente detecta un nudo en el hilo	✓

- ✓ Cumple
- ✗ No Cumple

5.5.4. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL CONTADOR

Para comprobar el correcto funcionamiento del contador se colocó el número de 20 pasadas para que realice el carro tejedor. Se encendió la máquina y visualmente se pudo verificar que el contador realizaba la cuenta regresiva de las pasadas, hasta que al llegar a cero se detuvo la máquina lo que nos lleva a decir que el contador y el circuito funcionan de forma correcta.

Tabla 17

Cumplimiento de los requerimientos del contador

Requerimiento	Cumplimiento
El contador realiza el conteo descendente del número de pasadas de forma constante.	✓
Al llegar a cero el contador, el sistema para inmediatamente.	✓

- ✓ Cumple
- ✗ No Cumple

5.5.5. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL CIRCUITO DE CONTROL

Al realizar las pruebas de funcionamiento detalladas en los literales 5.5.1 al 5.5.4 indirectamente pusimos a prueba el funcionamiento del circuito de control. De esta manera al cumplir con los requerimientos de cada literal y no presentar ninguna anomalía podemos aseverar que el circuito de control tiene un correcto funcionamiento y cumple con los requerimientos necesarios para la máquina y para los cuales fue diseñado

5.6. RESUMEN DEL CAPÍTULO

En el Capítulo 5 se implementó los diferentes elementos de la automatización (sistema motriz, estructura y sistema de control) en la máquina Trigamo. Se las puso a prueba todos sus elementos, enfatizando los elementos del circuito de control con la finalidad de verificar el cumplimiento de los requerimientos para los cuales fueron diseñados. Todos los elementos mecánicos, eléctricos y electromecánicos en conjunto funcionaron satisfactoriamente logrando así la automatización de la máquina.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el Capítulo 6, se da a conocer las conclusiones a las cuales se llegó después de aplicar el proyecto, así también se detallan ciertas recomendaciones las cuales se deben aplicar en el uso de la máquina.

6.1. CONCLUSIONES

Al recuperar las piezas existentes en la máquina y adquirir o mecanizar las piezas faltantes, pudimos armar completamente la máquina Trigamo y sobre todo realizar la calibración de cada uno de sus sistemas. Logrando así el correcto funcionamiento de la máquina en su modo manual. Siendo dicho modo de funcionamiento el punto de partida para el diseño de un sistema de automatización para la máquina, el cual cuenta con tres sistemas principales, el sistema motriz, la estructura de soporte y el circuito de control. Dichos sistemas fueron implementados en la máquina y tras regularlos y someterlos a pruebas de funcionamiento se logró automatizar a la máquina. En definitiva se logró recuperar y transformar la máquina Trigamo Galga 10 de manual a automática.

Tras realizar un análisis del estado inicial de la máquina se determinó que tenía un aproximado de 55% de piezas faltantes, 33% de piezas en estado regular y malo, y un 12% de piezas en buen estado. A las piezas en buen estado se les realizó una limpieza general, engrasado o aceitado de así necesitarlo. A las piezas que se encuentran en regular y mal estado se le realizó un mantenimiento general como reparaciones, eliminar oxido, pulido de su superficie, calibración, aplicación de capa de pintura, entre otras acciones, esto dependió de la pieza a tratar. Dentro de las piezas faltantes y ya que la empresa Trigamo cerró, se procedió a la adquisición de la mayor cantidad de piezas posibles, y las que no se pudieron conseguir fueron mecanizadas o construidas. Dándonos un aproximado de 38% de piezas construidas y un

37% de piezas adquiridas dentro del porcentaje de piezas faltantes, cabe recalcar que el único modo en el cual funcionaba la máquina al salir de fábrica era su modo manual así que el diseño de la automatización fue una acción de mejora y actualización.

La recuperación de las piezas fue necesaria debido a que su estado no era el óptimo para que la máquina funcione en su modo manual. Siendo los camones una de las piezas que se encontraban en peor estado y que representan una de las mayores importancias en el funcionamiento de la máquina, ya que realizan el movimiento de las agujas y las puntadas en el telar. Las diversas piezas fueron recuperadas mediante diferentes procesos como soldadura, rectificado, mecanizado, lijado, entre otros, en base a los problemas que presentaban y los procesos de manufactura disponibles en el mercado. Una vez a nuestra disposición todas las piezas (piezas recuperadas, piezas adquiridas y piezas mecanizadas) y ya montadas en la máquina existían choques entre algunos elementos. Es de esta manera que se aplicó un proceso de calibración minucioso a cada uno de los sistemas respetando tolerancias geométricas y dimensionales. Tras calibrar en varias ocasiones más de un sistema y poner en funcionamiento la máquina para detectar alguna anomalía, se logró el funcionamiento óptimo de la máquina en su modo manual.

Para que la máquina funcionara de manera automática era necesario suplir el movimiento del carro tejedor que realizaba el operario (movimiento de avance y retroceso), por un movimiento generado de manera artificial. Es de esa manera que el sistema óptimo aplicado para generar el movimiento fue el sistema motor-polea-banda. Dicho sistema transforma el movimiento rotacional del motor en movimiento lineal en las bandas, movimiento que fue utilizado junto al respectivo sistema de control para realizar el avance y retroceso del carro tejedor. Logrando replicar exactamente el movimiento que haría el operario al momento de tejer. En el diseño de la estructura de soporte de los nuevos elementos (elementos de la automatización) se logró idear una estructura que permitió un fácil montaje en la estructura original de la máquina sin tener que

modificarla. De esta manera no fue necesario modificar la estructura original, únicamente añadimos nuevos elementos a ella.

Para el control de la máquina se optó por utilizar lógica cableada, ya que nos brindaba excelentes prestaciones para los requerimientos de automatización de la máquina Trigamo. Utilizando dicha lógica de control en el diseño del circuito fueron necesarios únicamente dos relés junto a sensores y botonería correspondientes. Los sensores como el tensor y contador son propios de máquinas de tejer industriales. Al aplicar el circuito obtuvimos excelentes resultados, ya que satisfacía todos los requerimientos impuestos para el funcionamiento de la máquina en su modo automático.

Es así como un sistema motriz debidamente controlado con un circuito de control y acoplado a la máquina mediante la nueva estructura nos permitió automatizar la máquina. El diseño del sistema automático permite al operario trabajar con la máquina de forma manual o automática. Es decir la máquina tiene un modo manual y un modo automático, el uso dependerá de la necesidad del operario.

6.2. RECOMENDACIONES

Debido al elevado costo de las máquinas de tejer automatizadas y/o computarizadas en el mercado ecuatoriano, se debe priorizar la repotenciación de máquinas manuales. Repotenciación orientada a la transformación de las máquinas de tejer manuales en automáticas. De esta manera se logrará incrementar la producción sin una elevada inversión.

Para aumentar aún más el nivel de producción y de automatización de la máquina se podría diseñar o adaptar selectores de color de hilo (mecanismos que poseen las máquinas de tejer computarizadas). De esta manera el operario se limita únicamente de abastecer a la máquina de materia prima (conos de hilo) y ya no de cambiar de color de hilo para generar la prenda.

En el diseño del sistema motriz de la automatización se podría implementar un sistema de control del motor (sistema inversor del sentido de giro del motor) reemplazando así el sistema electromagnético de inversión del sentido de giro de la banda y logrando realizar un sistema más ligero y compacto.

Se puede optar por implementar lógica programada en el circuito de control (uso de tarjetas de control o PLC), de esta manera se creará un sistema más flexible y que permitirá modificar la secuencia de control e implementar nuevos elementos como selectores de color de hilo de una manera más rápida y sencilla en comparación al uso de lógica programada.

Para evitar fallas en el tejido (puntos salidos en el tejido), se puede implementar un mecanismo de detección de agujas rotas en la máquina. Este mecanismo nos indicará cuando se rompa una aguja y no permitirá el funcionamiento de la máquina hasta que sea cambiada por una en buen estado. Así evitaremos que el tejido sea rechazado por su baja calidad y el reprocesos de dicho tejido.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

AITE. (2015). Asociación de Industriales Textiles del Ecuador. Recuperado el 02 de febrero de 2017 de <http://www.aite.com.ec/industria-textil.html>

AITE (2012), Historia y Actualidad de la industria textil en el Ecuador, Recuperado el 02 de febrero de 2017 de:
http://www.aite.com.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=7&Itemid=12

Abdón Ortiz (2015), Los hilos y la hilatura. Recuperado el 02 de febrero de 2017 de: <http://abortiz.wixsite.com/textiles>

Baltanás Gabina, Cugniet Lorena, Fourcade Verónica, Tejido de punto a máquina - agujas y máquinas, FADU UBA

(COMEX), M. C. (2015), Comité de Comercio Exterior. Resolución 011- 2015. Quito.

Fausto Maldonado, G. P. (2015). LA INDUSTRIA EN ECUADOR. EKOS CORE BUSINESS, 62

Gladys Celesteciele (2015), Tejido de punto por trama. Recuperado el 02 de febrero de 2017 de:
https://elrincondECElestecielo.blogspot.com/2015/04/algunos-conceptos-de-telas-en-tejido-de_8.html

Lucio Rivas (2015), Fabric Shirts. Recuperado el 02 de febrero de 2017 de:
<http://claseleganciaydistincion.blogspot.com/2015/11/la-tela-de-las-camisas-fabric-shirts.html>

PRO ECUADOR (2012), Análisis sectorial de textiles y confecciones.

Rey Sacristán, Francisco (2001). MANUAL DE MANTENIMIENTO INTEGRAL EN LA EMPRESA. Ed. Fundación Confemetal. Madrid – España

SENPLADES. (2012). Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. Obtenido el 02 de febrero de 2017 de http://www.planificacion.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2013/01/matriz_productiva_WEBtodo.pdf

Pilar Borrego Díaz, Evolución de los telares y ligamentos a través de la historia. Recuperado el 02 de febrero de 2017 de: http://geiic.com/files/Publicaciones/Evolucion_de_telares_y_ligamentos.pdf

Villota Fernanda (2005), Línea del tiempo en la industria textil, 2005. Recuperado el 02 de febrero de 2017 de: <http://www.tikitoki.com/timeline/entry/174484/Linea-de-tiempo-en-la-industria-textil>

Vani Rodríguez (2014), Tejido a la Plana y Tejido de Punto, LACLONIAL. Recuperado el 02 de febrero de 2017 de: <https://lacolonial.wordpress.com/2014/01/26/tejido-a-la-plana-y-tejido-de-punto/>