



Diseño e implementación de un prototipo de un sistema automático modular de tendido de tela utilizando IoT en la fase de supervisión para mejorar este proceso en la Fábrica Rocka Jeans

Reyes Ramon, José Alejandro y Sisalima Ortega, Nelson Fabricio

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Mecatrónica

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero en Mecatrónica

Ing. Torres Muñoz, Guido Rafael

19 de agosto del 2021

Latacunga



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO MODULAR DE TENDIDO DE TELA UTILIZANDO IOT EN LA FASE DE SUPERVISIÓN PARA MEJORAR ESTE PROCESO EN LA FÁBRICA ROCKA JEANS**” fue realizado por los señores **Reyes Ramón, José Alejandro y Sisalima Ortega, Nelson Fabricio** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 25 de agosto del 2021



**GUIDO RAFAEL
TORRES MUÑOZ**

.....
Ing. Torres Muñoz, Guido Rafael

C. C. 1801624352

DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Nosotros, **Reyes Ramón, José Alejandro**, con cédula de ciudadanía N° 010637760-9 y **Sisalima Ortega, Nelson Fabricio** con cédula de ciudadanía N° 171853598-0 declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO MODULAR DE TENDIDO DE TELA UTILIZANDO IOT EN LA FASE DE SUPERVISIÓN PARA MEJORAR ESTE PROCESO EN LA FÁBRICA ROCKA JEANS”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 25 de agosto del 2021

Reyes Ramón, José Alejandro

C.C.: 010637760-9

Sisalima Ortega, Nelson Fabricio

C.C.: 171853598-0



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Nosotros, **Reyes Ramón, José Alejandro**, con cédula de ciudadanía N° 010637760-9 y **Sisalima Ortega, Nelson Fabricio** con cédula de ciudadanía N° 171853598-0, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO MODULAR DE TENDIDO DE TELA UTILIZANDO IOT EN LA FASE DE SUPERVISIÓN PARA MEJORAR ESTE PROCESO EN LA FÁBRICA ROCKA JEANS”**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 25 de agosto del 2021

Reyes Ramón, José Alejandro

C.C.: 010637760-9

Sisalima Ortega, Nelson Fabricio

C.C.: 171853598-0

Dedicatoria

Este trabajo lo dedico, a Dios y a mi familia los cuales han sido un pilar fundamental en el transcurso de este camino.

A mis padres Nelson y Deysi que me han brindado y llenado de amor durante todo el tiempo día con día y su apoyo incondicional para culminar esta etapa de mi vida.

A mi hermana Samantha, que me ha apoyado y ayudado en todos los momentos que le necesite también brindándome todo su amor incondicional.

A mi compañero de tesis por el apoyo incondicional.

Nelson Fabricio

Este trabajo se lo dedico a nuestro Sr. y s mi familia y amigos que compartieron este camino conmigo

A mi padre Wilson y a mi madre Graciela los cuales siempre confiaron en mi sin importar las caídas que tuve y gracias al apoyo de ellos en todo momento siempre pude contar con ellos

A mi hermana Paola por apoyarme con detalles como la alimentación o cualquier ayuda que haya necesitado

Y quiero agradecer a mi compañero de tesis el cual supo entenderme cualquier inconveniente que tuve en desarrollo de la misma

José Alejandro

Agradecimiento

Quiero agradecer a mi familia por el apoyo en general que me han brindado todo el apoyo y han hecho de mí una persona con buenos valores.

Un agradecimiento a mi compañero de tesis y a mi tutor Ing. Guido Torres por ayudarme a hacer realidad esta tesis con su guía y forjarnos como profesionales que serán de mucha importancia en el futuro.

Gracias a Dios por hacer todo esto posible.

Nelson Fabricio

Quiero agradecer a la vida por darme la oportunidad de haber cumplido una meta, quiero agradecer a Dios por nunca abandonarme en el camino.

Quiero agradecer a mi familia por siempre confiar en mí aun cuando en ocasiones yo no lo hacía. También quiero agradecer a mi tutor por orientarnos en el desarrollo de la tesis y el apoyo de mis compañeros Fabricio y Alex para el desarrollo del proyecto.

José Alejandro

Tabla de contenidos

Carátula	1
Certificación.....	2
Reporte Urkund	3
Autoría de Responsabilidad.....	4
Autorización	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento	7
Tabla de contenidos	8
Índice Figuras.....	15
Índice de tablas.....	19
Resumen.....	22
Abstract	23
Generalidades.....	24
Antecedentes.....	24
Planteamiento del problema	26
Justificación e importancia	28
Objetivos	29
<i>Objetivo General</i>	<i>29</i>
<i>Objetivo Especifico</i>	<i>29</i>

Hipótesis.....	30
Variables de la investigación.....	30
<i>Variable Independiente</i>	30
<i>Variables Dependientes</i>	30
Metodología de desarrollo del proyecto	31
<i>Diseño de la máquina</i>	32
<i>Pruebas de tendido</i>	32
<i>Análisis de Resultados</i>	33
Marco teórico	34
Industria textil del Ecuador	34
Tipos de Extendido de Tela	35
<i>Extendido Manual</i>	35
Marcado de los datos de difusión.....	37
<i>El principio y final del pliego</i>	37
<i>Marcas de empalme</i>	37
<i>Lugares de cambio de tamaño</i>	37
Extensión de las capas de tela.....	38
Fijar un marcado en la parte superior de la extensión.....	39
Desventajas del extendido de tela manual	40
<i>Extendido Automático</i>	40

Desventajas de la implementación de una tendedora de tela automática	42
Clasificación de máquinas extendedoras de tela.....	42
<i>Clasificación de acuerdo a las propiedades de extendido</i>	42
Máquinas extendedoras para tejidos	42
Máquinas extendedoras para tejidos de punto.....	42
Máquinas extendedoras para telas tubulares	42
Máquinas extendedoras para textiles técnicos	43
<i>Clasificación basada en la aplicación</i>	43
Lectra.....	43
Gerber	43
Morgan Tecnica.....	43
Pathfinder	43
<i>Clasificación de acuerdo al sistema de alimentación de tela</i>	43
Máquina extendedora con sistema de alimentación móvil	43
Máquina extendedora con sistema de alimentación estacionario	44
Máquinas extendedoras con sistema de alimentación mixto.....	44
Técnicas de Extendido de tela	44
<i>Extendida cara arriba</i>	44
<i>Extendido cara a cara</i>	45
<i>Extendido cara a cara girando</i>	46

	11
<i>Extendido escalonado</i>	46
<i>Extendido de género de punto tubular</i>	47
<i>Extendido de tejido al lomo</i>	47
Elementos de una tendedora automática	48
<i>Carro de tendido de tela</i>	48
Bastidor	48
Motores	49
Motores a pasos	49
Funcionamiento	52
Torreta	53
Sistema de alimentación de tela.....	53
Sistema de alimentación de eje fijo	53
Sistema de alimentación eje móvil	54
Pinzas de agarre de extremos	55
Sistema de posicionamiento	56
Motor a pasos lazo cerrado	57
Sensores de posición	58
Finales de carrera	58
Plataforma de operador	59
Panel de Control	60
Transmisión	61
Piñón - Cremallera	62
Internet de las cosas (IoT)	62

	12
<i>ESP8266</i>	63
Lenguajes de Programación	64
<i>Java</i>	64
<i>Lenguaje C</i>	64
<i>Python</i>	65
Microcontroladores y microprocesadores	65
<i>Arduino</i>	65
<i>Teensy 4.0</i>	66
<i>Raspberry Pi</i>	67
Selección e implementación de sistemas	68
Especificaciones de diseño.....	68
Arquitectura del diseño	70
Diseño Estructural tendedora	71
<i>Diseño conceptual</i>	71
<i>Diseño preliminar</i>	75
<i>Diseño a detalle</i>	76
<i>Cálculo de las dimensiones del eje</i>	79
<i>Factores de concentración de esfuerzo K_f y K_{fs}</i>	81
<i>Sección sometida a mayor esfuerzo flexionante</i>	86
<i>Análisis de flexión y pendiente</i>	89
Diseño Subsistema de Electrónico del carro tendedor	94
<i>Diseño conceptual</i>	94

	13
<i>Diseño preliminar</i>	97
<i>Diseño detalle</i>	98
<i>Selección de motores</i>	103
Diseño detalle.....	103
Diseño preliminar	116
Diseño Interfaz Hombre Máquina	117
<i>Diseño conceptual</i>	117
<i>Diseño preliminar</i>	120
Construcción e Implementación de sistemas	122
<i>Equipos y herramientas para construcción</i>	122
Proceso de construcción	123
Conexiones eléctricas	140
Envío y visualización de datos	145
Análisis de Costos.....	149
<i>Costos directos</i>	149
<i>Materiales Directos</i>	149
<i>Elementos normalizados</i>	150
<i>Mano de obra directa</i>	152
<i>Materiales Indirectos</i>	153
<i>Costo Total</i>	153
Pruebas y resultados	155
Pruebas de tensado.....	155

	14
<i>Tela1: Duo Elastic</i>	155
<i>Tela 2: Tela popelina</i>	158
<i>Tela 3: Mauna</i>	160
<i>Tela 4: Antifluidos</i>	163
Velocidades de tendido	165
Cálculo Consumo eléctrico.....	167
Velocidad de Tendido.....	174
Prueba de hipótesis.....	176
Conclusiones y recomendaciones.....	184
Conclusiones	184
Recomendaciones	186
Bibliografía	187
Anexos.....	191

Índice Figuras

Figura 1 <i>Mapa Cuenca</i>	31
Figura 2 <i>Extendido Manual</i>	36
Figura 3 <i>Extendido Manual con cortadora</i>	36
Figura 4 <i>Marcada en tabla de trabajo</i>	37
Figura 5 <i>Ejemplo tendido manual</i>	38
Figura 6 <i>Pinzas de tendido</i>	39
Figura 7 <i>Plancha de tendido</i>	40
Figura 8 <i>Máquina automática extendedora</i>	41
Figura 9 <i>Extendido cara arriba</i>	45
Figura 10 <i>Extendido cara a cara</i>	45
Figura 11 <i>Extendido cara a cara girando</i>	46
Figura 12 <i>Extendido escalonado</i>	47
Figura 13 <i>Bastidor</i>	49
Figura 14 <i>Motor a pasos</i>	50
Figura 15 <i>Bobinado motor unipolar</i>	51
Figura 16 <i>Bobinado motor bipolar</i>	51
Figura 17 <i>Gráfica de funcionamiento</i>	52
Figura 18 <i>Sistema de alimentación de eje fijo</i>	54
Figura 19 <i>Sistema de alimentación eje móvil</i>	55
Figura 20 <i>Pinzas de agarre</i>	55
Figura 21 <i>Sistema de posicionamiento</i>	57
Figura 22 <i>Motor a pasos lazo cerrado</i>	58
Figura 23 <i>Final de carrera</i>	59

	16
Figura 24 <i>Plataforma de operador</i>	60
Figura 25 <i>Panel de control</i>	61
Figura 26 <i>Piñon-Cremallera</i>	62
Figura 27 <i>ESP8266</i>	63
Figura 28 <i>Arduino</i>	66
Figura 29 <i>Teensy 4.0</i>	66
Figura 30 <i>Raspberry pi</i>	67
Figura 31 <i>Necesidades de cliente</i>	69
Figura 32 <i>Arquitectura de máquina</i>	70
Figura 33 <i>Extendedora automática</i>	71
Figura 34 <i>Sistema de eje móvil</i>	73
Figura 35 <i>Sistema de alimentación multibanda</i>	74
Figura 36 <i>Fuerzas eje de rollo</i>	77
Figura 37 <i>Diagrama fuerzas rollo</i>	77
Figura 38 <i>Resistencias a la tensión y fluencia</i>	81
Figura 39 <i>Estimaciones de factores de concentración de esfuerzo</i>	82
Figura 40 <i>Parámetros del factor de condición superficial</i>	82
Figura 41 <i>kb para flexión y torsión</i>	83
Figura 42 <i>Factores de confiabilidad</i>	84
Figura 43 <i>Gráfica fuerza cortante y momento flexionante</i>	86
Figura 44 <i>Diagrama Fuerza cortante y Momento flexionante MDSolid</i>	89
Figura 45 <i>Gráfica de Inercia, Flexión y Pendiente</i>	91
Figura 46 <i>Valores pendiente</i>	92
Figura 47 <i>Placa Arduino</i>	94

	17
Figura 48 <i>Placa Teensy 4.0</i>	95
Figura 49 <i>Placa Raspberry pi</i>	96
Figura 50 <i>Declaración variables python</i>	98
Figura 51 <i>Declaración variables</i>	99
Figura 52 <i>Declaración ventanas</i>	99
Figura 53 <i>Declaración de usuarios</i>	100
Figura 54 <i>Inicio de sesión</i>	100
Figura 55 <i>Código movimiento manual</i>	101
Figura 56 <i>Código de movimientos</i>	101
Figura 57 <i>Código automático</i>	102
Figura 58 <i>Código tendido</i>	102
Figura 59 <i>Pantalla inicio programa</i>	103
Figura 60 <i>Rueda acanalada</i>	105
Figura 61 <i>Diagrama de fuerzas estructura</i>	105
Figura 62 <i>Fuerza a la rodadura</i>	106
Figura 63 <i>Masa de la estructura</i>	109
Figura 64 <i>Coefficientes de fricción</i>	110
Figura 65 <i>Motor Brushless LRPX32</i>	113
Figura 66 <i>Motor NEMA34 86HSE8N-BC38</i>	114
Figura 67 <i>Motor AC 4TK10GN-AW2U</i>	115
Figura 68 <i>ELECROW RC050</i>	117
Figura 69 <i>Características ELECROW RC050</i>	117
Figura 70 <i>EVICIV 10.1</i>	118
Figura 71 <i>Lebula 7</i>	119

Figura 72 <i>Instalación cremallera</i>	123
Figura 73 <i>Sujeciones de motor</i>	129
Figura 74 <i>Conexiones eléctricas</i>	140
Figura 75 <i>Conexión optoacopladores</i>	141
Figura 76 <i>Entrada del Optoacoplador</i>	142
Figura 77 <i>Salida del optoacoplador</i>	142
Figura 78 <i>Pantalla de inicio programa</i>	143
Figura 79 <i>Menú programa</i>	144
Figura 80 <i>Pantalla movimiento manual</i>	144
Figura 81 <i>Pantalla movimiento automático</i>	145
Figura 82 <i>Código envío de datos</i>	146
Figura 83 <i>Visualización de datos</i>	146
Figura 84 <i>Roles y permisos</i>	147
Figura 85 <i>Solicitud de permiso</i>	147
Figura 86 <i>Pantalla negación permisos</i>	148
Figura 87 <i>Máquina ensamblada</i>	148
Figura 88 <i>Tensión de telas</i>	157
Figura 89 <i>Tensiones de segunda tela</i>	160
Figura 90 <i>Tensión tercera tela</i>	162
Figura 91 <i>Tensión cuarta tela</i>	165
Figura 92 <i>Comparación de precio de tendido por metro</i>	174
Figura 93 <i>Tiempos de tendido</i>	176
Figura 94 <i>Comprobación de hipótesis</i>	180
Figura 95 <i>Comprobación hipótesis 2</i>	182

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Características Sistema eje fijo</i>	72
Tabla 2 <i>Características sistema eje movil</i>	73
Tabla 3 <i>Características sistema multibanda</i>	74
Tabla 4 <i>Matriz de alternativas</i>	75
Tabla 5 <i>Tabla de flexión y pendiente del eje</i>	91
Tabla 6 <i>Datos finales eje</i>	93
Tabla 7 <i>Valores Inercia, flexión y pendiente eje</i>	93
Tabla 8 <i>Características Arduino</i>	94
Tabla 9 <i>Características Teensy 4.0</i>	95
Tabla 10 <i>Características Raspberry 4</i>	96
Tabla 11 <i>Matriz alternativas microcontroladores</i>	97
Tabla 12 <i>Características motor LRPX32</i>	113
Tabla 13 <i>Características motor NEMA 34 86HSE8N</i>	114
Tabla 14 <i>Características Motor 4TK10GN-AW2U</i>	115
Tabla 15 <i>Matriz alternativas motores</i>	116
Tabla 16 <i>Características EVICIV 10.1</i>	119
Tabla 17 <i>Características Lebula 7</i>	120
Tabla 18 <i>Matriz alternativas HMI</i>	120
Tabla 19 <i>Equipos y herramientas</i>	122
Tabla 20 <i>Hoja de procesos eje rollo</i>	124
Tabla 21 <i>Hoja de procesos Sujeción motor</i>	126
Tabla 22 <i>Hoja de procesos Sujeción motor-carro</i>	128
Tabla 23 <i>Hoja de procesos placa tubo tendido</i>	130

Tabla 24 <i>Hoja de procesos tubo tendido</i>	132
Tabla 25 <i>Hoja de procesos tubo unión</i>	133
Tabla 26 <i>Hoja de procesos tubo guía superior</i>	135
Tabla 27 <i>Hoja de procesos tubo guía inferior</i>	137
Tabla 28 <i>Hoja de procesos agarres tela</i>	138
Tabla 29 <i>Materiales Directos</i>	149
Tabla 30 <i>Elementos normalizados</i>	150
Tabla 31 <i>Mano de obra</i>	152
Tabla 32 <i>Materiales Indirectos</i>	153
Tabla 33 <i>Costo total</i>	153
Tabla 34 <i>Características Tela Duo Elastic</i>	155
Tabla 35 <i>Tensiones de tendido</i>	156
Tabla 36 <i>Características tela 2</i>	158
Tabla 37 <i>Tensiones de segunda tela</i>	159
Tabla 38 <i>Características tercera tela</i>	160
Tabla 39 <i>Tensiones tercera tela</i>	161
Tabla 40 <i>Características cuarta tela</i>	163
Tabla 41 <i>Tensiones cuarta tela</i>	164
Tabla 42 <i>Velocidades de tendido</i>	165
Tabla 43 <i>Consumo eléctrico durante el proceso de tendido</i>	168
Tabla 44 <i>Sin tela movimiento de carro</i>	169
Tabla 45 <i>Tabla carro encendido sin mover</i>	170
Tabla 46 <i>Costos de tendido</i>	171
Tabla 47 <i>Costo de tendido por metros</i>	172

Tabla 48 <i>Tendido una persona vs automático</i>	173
Tabla 49 <i>Tendido dos personas vs automático</i>	173
Tabla 50 <i>Velocidad de tendido</i>	174
Tabla 51 <i>Velocidad una persona vs automático</i>	175
Tabla 52 <i>Velocidad dos personas vs automático</i>	176
Tabla 53 <i>Costos tendido automático por metro</i>	177
Tabla 54 <i>Tiempos por cada capa</i>	181

Resumen

En el presente proyecto “Diseño e implementación de un prototipo de un sistema automático modular de tendido de tela utilizando IoT en la fase de supervisión que mejoró este proceso en la fábrica Rocka Jeans” el cual se diseñó una máquina con la capacidad de realizar el proceso de tendido de tela con una velocidad superior y un costo menor al método de tendido actual el cual se realiza de manera manual. La máquina tiene un alimentador que se basa en la tensión de la tela, el cual se diseñó para soportar la tensión de varios tipos de telas con los cuales trabajan en la fábrica. La máquina tiene la capacidad de desplazarse a lo largo de la mesa a diferentes medidas y velocidades, lo cual permite tender varias medidas de pliegos debido a que actualmente la empresa se maneja con varios cortes de tallas diferente para los distintos requerimientos. El consumo eléctrico, el número de pliegos, la corriente consumida son variables que se suben a una plataforma IoT mediante un módulo Wifi, la información publicada será vinculada a la página web del fabricante para que pueda visualizar esta información, el fabricante considera que esta información es de vital importancia para ver el consumo y verificar el pago mensual del proceso de tendido.

Palabras Claves:

- ECUADOR – INDUSTRIA TEXTIL
- INDUSTRIA TEXTIL – MÁQUINAS
- AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

Abstract

In the present project "Design and implementation of a prototype of a modular automatic fabric laying system using IoT in the supervision phase that improved this process in the Rocka Jeans factory" which designed a machine with the ability to carry out the process of fabric laying with a higher speed and a lower cost than the current laying method which is done manually. The machine has a fabric tension-based feeder, which is designed to withstand the tension of various types of fabrics they work with in the factory. The machine has the ability to move along the table at different sizes and speeds, which allows several sheet sizes to be laid because currently the company handles several cuts of different sizes for different requirements. The electrical consumption, the number of sheets, the current consumed are variables that are uploaded to an IoT platform through a Wifi module, the published information will be linked to the manufacturer's website so that you can view this information, the manufacturer considers that this information is of vital importance to see the consumption and verify the monthly payment of the laying process.

Keywords:

- **ECUADOR – TEXTILE INDUSTRY**
- **TEXTILE INDUSTRY - MACHINES**
- **INDUSTRIAL AUTOMATION**

Capítulo I

1. Generalidades

1.1 Antecedentes

En la Universidad Técnica de Ambato se realizó un trabajo de titulación relacionado al tendido de las telas para los talleres textiles artesanales, el trabajo propone el diseño y construcción de una máquina tendedora de tela para la microempresa textil “Grupo K&L”. Este trabajo sirve como base para el presente proyecto debido a que se expone el mecanismo de tendido en zigzag el cual es un requerimiento para el fabricante de pantalones Jeans.

(Guamanquispe Toasa & Jiménez Tisalema, 2018)

En la industria textilera nacional la empresa Rocka Jeans se ha dedicado a la confección de Jeans de manera artesanal desde hace 50 años para el consumo nacional e internacional, con el avance de la tecnología han surgido nuevas herramientas que disminuyen el tiempo de elaboración y la precisión de los cortes, lo que resulta en aumentos a la producción y por lo tanto en las ganancias. Estos beneficios solo lo han obtenido grandes empresas debido a que actualmente las máquinas ofertadas tienen un precio elevado lo que las hacen difíciles de adquirir para empresas medianas y pequeñas, por lo cual se ha visto merma en adquirir maquinaria para estar a la par de la tecnología de la industria textilera.

Actualmente la empresa maneja un proceso completamente manual y artesanal, dos trabajadores mediante un carro que se desliza por rieles el cual se ubica en la parte superior de una mesa extiende un número de capas de tela una sobre otra la cual es un proceso que ocupa muchos recursos y tiene una duración de medio día de trabajo extender dos rollos de tela.

El mecanismo de extender tela tiene la capacidad de poder ser modular debido que se compone de un cabezal, en donde se coloca el rollo de tela, el cual puede ser desmontable de

la mesa de tendido cuando sea necesario. Ciertos modelos cuentan con la característica de ser un módulo de tendido como (Eastman, 2020).

El automatizar el tendido de tela tiene como objetivo el mejorar los tiempos, que a su vez se traduce en el aumento de la productividad en las fábricas, ya que de manera general el proceso del tendido es uno de los más extenuantes y largos en la industria textil por el tiempo que lleva hacerlo lo cual produce mucha fatiga para los operarios realizar este proceso. Según (Cabrera Polo, 2012) el tiempo de recuperación de la inversión en la automatización de este proceso es de un año con una reducción del 70% en los tiempos de tendido.

La recomendación que se tiene de manera general es que se tenga un cabezal en el cual se tenga incluido ambos sistemas el de tendido y corte de tela, ya que ambos procesos van de la mano al realizar los cortes del pantalón con lo cual el tiempo aún sería menor ya que no se tiene la necesidad de montar y desmontar cada sistema lo cual conlleva tiempo extra que se traduce como menor producción en la fábrica, como el modelo Línea (Audaces, 2018) el cual tiene un sistema de corte de cuchilla de oscilación tangencial, aunque en el mercado existen otros mecanismos de corte como laser para textiles. (Rynk, 2012)

Actualmente en la industria ya existen varias máquinas que realizan el proceso del tendido de las telas, pero estas representan un gran costo para las pequeñas industrias que se encuentran en el país por lo cual muchas de estas empresas ven inviable el adquirir estas máquinas en el mercado nacional. Según (Barroso Quinga & Núñez Núñez, 2015) uno de los factores fundamentales que impiden el desarrollo de las fábricas que confeccionan prendas jean, es la inexperiencia de sistemas nuevos tecnificados que mejoren los diversos procesos de confección para producir mayor cantidad de prendas jean de mejor calidad más económicas y en menor tiempo.

En el mercado mundial existen varios modelos de máquinas automáticas que tiende

tela una de ellas es el modelo de audaces, una marca brasileña, la cual desarrollo un modelo llamado "Línea". Línea es una extendedora automática de tela que acelera la producción y la comercialización de productos textiles (Audaces, 2018). En el mercado existen otras opciones como el modelo KP-L190 el cual es una opción china de los extendedores de tela el cual tiene la capacidad de realizar algunos tipos de tendido. (Alibaba, 2018)

Actualmente el costo de esta maquinaria es muy elevado, el modelo de "Line" (Audaces, 2018) se encuentra cotizado en \$115.00,00 entregado en cualquier ciudad de Ecuador, el modelo KPL-190 (Alibaba, 2018) tiene un precio de \$16.000,00 sin contar con costos de importación, este tipo de maquinaria existe en el país, pero para la pequeña industria textil estos valores son inviables.

Según (Oracle, 2021) IoT es la red de objetivos físicos que cuentan con sensores integrados en la nube con el objetivo de conectar e intercambiar datos con otros dispositivos a través del Internet, esto lo hace para dotar de características a estos sistemas como control en varios procesos tanto predictivos como preventivos, visualizando estadísticas las cuales puede acceder desde cualquier parte del mundo solo necesitando de una conexión a internet.

1.2 Planteamiento del problema

Latinoamérica es reconocida por la confección de jean, un ejemplo de esto es Argentina en donde las fábricas en los últimos años han exportado prendas de tela jean a varios países como Uruguay, Colombia, Paraguay, Estados Unidos, España, Costa de Marfil, Panamá y Croacia, debido a la calidad de los mismos utilizando la mejor materia prima, químicos y maquinaria de última generación con lavados exclusivos, que los hacen únicos e inigualables para satisfacer las necesidades de los clientes. (Mario, Carlos, Alberto, & Christian, 2015)

En el Ecuador durante años las empresas que se dedican a la confección de prendas jeans han tenido un avance poco notable en comparación a otros países latinoamericanos, esto debido al poco interés de las mismas en tecnificar los procesos de confección, con los que se mejorará tiempos de producción y de esta manera disminuir el costo de fabricación que permite al mercado nacional competir con los grandes países industrializados de América Latina. (Barroso Quinga & Núñez Núñez, 2015)

En la Provincia de Azuay la mayor parte de las fábricas que se dedican a la confección de prendas jean, en los diversos procesos que se divide la fabricación de jean no existe avance notable debido a la falta de información de nuevos procesos tecnológicos y a estudios los cuales permiten mejorar la producción en los diversos procesos de fabricación de jean. (Cabrera Polo, 2012)

El proceso de tendido de tela en las fábricas textiles es uno de los procesos que más tiempo conlleva por lo que genera un cuello de botella a la producción de las diferentes prendas que se realicen, ya que el proceso de tendido es un trabajo extenuante para los operarios ya que por lo general deben caminar entre seis a diez metros por cada capa de tendido, esto dependiendo de la longitud que se tenga en la fábrica, este proceso de tendido y corte de moldes puede tomar un promedio de seis horas entre dos personas, esto dependiendo de las capas que se tienda y la longitud de los mismos. De ahí llega la importancia del automatizar este proceso ya que se solventaría el problema que lleva tanto tiempo tender la tela así logrando una mayor producción. (Males Lema, 2016)

Los rollos de tela miden de largo un metro con sesenta centímetros lo que dificulta que una sola persona pueda cargarlos y su peso también influye en su manejo ya que están alrededor de los treinta kilogramos, el proceso de tendido cuando la producción es alta necesita alrededor del cambio de tres rollos en una jornada laboral también es importante

tener conocimiento de cómo tender la tela y se debe capacitar en el tendido a los empleados para evitar arrugas en el estirado. El problema no es solo tecnificar el proceso sino tecnificarlo a un precio económico con una mediana inversión debido a que los costos de la maquinaria para este proceso superan los 15.000,00. (Audaces, 2018)

1.3 Justificación e importancia

En nuestro medio la industria artesanal textil busca mejorar el proceso de confección de prendas para obtener mejores productos con precios más competitivos para el mercado y de esa manera satisfacer la demanda del mercado local e internacional. En la actualidad la mayoría de empresas textiles aún realizan este proceso de manera manual, por lo cual como el tendido de tela es uno de los trabajos que más tiempo lleva en la fabricación de prendas esto hace que no se pueda llegar a ser competitivo con respecto a empresas ya automatizadas. (Cabrera Polo, 2012) Es necesario optimizar este proceso para disminuir el tiempo de extendido de tela y así llegar a tener más producción lo que resulte en mayor competitividad.

Una de las principales necesidades que se necesitan resolver en la industria textil son los cuellos de botella que tiene el proceso de extender en una línea de producción con una alta demanda es siempre retrasada por el extendido de tela sin contar con la mano de obra de dos personas se necesita de cuatro a seis horas de trabajo lo cual puede ser solucionado con la implementación de la máquina.

Una necesidad que también debe ser resuelta es la ergonomía del usuario al mover el rollo de tela por toda la mesa debido a que estos rollos son de 30 *kg* cuando comienza el proceso, la implementación de la máquina posibilitara que el operador no tenga que cargar el peso total del rollo de tela y su manejo será mucho más cómodo que alzar entre dos personas y solucionara también la calidad de tendido debido que para realizar el proceso se necesita

tener un conocimiento previo de tendido

La problemática más grande es dotar una máquina capaz de tender tela a un precio accesible y rentable para la industria de pantalones que sea de corta recuperación actualmente está maquinaria solo está al alcance de empresas grandes y con precios muy elevados que ronda entre los 18 a 30 mil dólares.

La importancia de la realización de este tema radica en los costos que se puede ahorrar que están al alcance de la empresa para poder adquirir entonces así poder tecnificar y automatizar su proceso de corte y tendido de la tela que le pone a la par de textilerías más grandes que ya incluyen en sus fábricas máquinas que realizan este proceso de manera automática. Entonces así la empresa podrá estar a nivel de otras textilerías para que entonces sus precios y tiempos de entrega sea competentes en función a su competencia con lo cual la empresa podrá dar un gran paso en el proceso de actualización y tecnificación del proceso de fabricación de jeans.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Diseñar e implementar un prototipo de un sistema automático modular de tendido de tela utilizando IoT en la fase de supervisión para mejorar este proceso en la fábrica Rocka Jean

1.4.2 Objetivo Especifico

- Investigar el estado del arte para el desarrollo del proyecto.
- Diseñar un mecanismo de tendido que funcione a distintos valores de tensión para los diferentes tipos de tela que existen en la fábrica Rocka Jeans.

- Desarrollar una HMI amigable para el control del sistema mecatrónico en el proceso de tendido de tela.
- Desarrollar un sistema IoT para la visualización de datos de funcionamiento de la máquina.
- Realizar pruebas de funcionamiento de los subsistemas y sistemas de la máquina.
- Determinar la eficacia de la máquina implementada según el proceso de producción.
- Validar la hipótesis propuesta basándose en los resultados obtenidos del análisis de los indicadores cualitativos.

1.5 Hipótesis

¿El Diseño e implementación de un prototipo de un sistema automático modular de tendido de tela utilizando IoT en la fase de supervisión permitirá mejorar este proceso en la fábrica Rocka Jeans?

1.6 Variables de la investigación

1.6.1 *Variable Independiente*

Máquina automática modular de tendido de tela utilizando IoT en la fase de supervisión

1.6.2 *Variables Dependientes*

Mejora en el proceso de tendido de tela en la fábrica Rocka Jeans

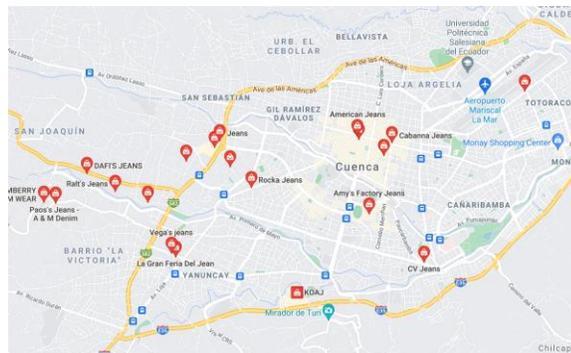
1.7 Metodología de desarrollo del proyecto

Para el desarrollo del presente trabajo se investigó máquinas que realicen el mismo trabajo del tendido de tela en la industria local de la ciudad de Cuenca, se observó cómo se realiza el tendido de tela en estas industrias, la cual no disponían de una máquina automática como se propone en el presente trabajo.

En la Figura 1 se presentan los diferentes locales que fabrican y comercian jeans, el cual es el rollo principal que pretende la máquina tender en diferentes capas, se tienen empresas como Rocka Jeans, Quevek Jeans, Jeans Fine, Vega's Jeans, Pao's Jeans entre otros los cuales aún realizan el tendido de manera manual.

Figura 1

Mapa Cuenca



Nota. Tomado de Base de datos Google Maps, 2019.

Se tomo como fábrica a implementar esta máquina a la empresa Rocka Jeans ya que es una de las más grandes de la ciudad y dispone del espacio necesario para implementar y en futuras ocasiones replicar este sistema en la misma fábrica.

1.7.1 *Diseño de la máquina*

Se partió de máquinas que realicen este trabajo de manera automática en el internet y catálogos disponibles, las cuales se encontraron algunas como DIMETEX, FK, GERBER y más en las cuales más se basó en los diseños de DIMETEX ya que es una empresa mexicana la cual al ser un lugar más cercano al Ecuador los componentes y materiales que usan se pueden encontrar de manera más sencilla en el país.

Como ya se tenía el carro manual y la mesa de trabajo se parte de eso para el desarrollo del diseño de la máquina en un programa CAD en el cual se puso cada elemento que se necesite fabricar para poder tener un diseño. Se trabajo el diseño y se presentó la propuesta para la fabricación del mismo.

Luego se preparan los componentes electrónicos que irán montados en el armario electrónico, se prueba el correcto funcionamiento del sistema antes de montarlo en el armario y dejar montado y asegurado.

El carro extendedor de tela, en el cual se debe montar en primer lugar el rollo de tela a tender, este mediante la pantalla táctil que tiene la máquina si se desea un movimiento manual o automático se configura la distancia a mover y cuantas capas se desean, en la cual luego de aceptar el carro comenzará a tender la distancia deseada y en cada lado esperará la confirmación para regresar en caso de que la tela venga con defectos o el operario no esté al momento de ingresar el tubo de tendido.

1.7.2 *Pruebas de tendido*

Para el tendido de tela se debe realizar a una velocidad la cual cuando el carro realice el tendido la tela no tenga pliegos o se descalibre, por lo cual con el rollo se probó con diferentes velocidades hasta llegar al punto deseado por el dueño de la fábrica el cual en base a su criterio

se decantó por una velocidad de tendido para las telas, este proceso se realizó con varios tipos de tela que tiene en disponibilidad la fábrica y de igual manera con diferentes longitudes ya que es como operaria de manera recurrente la máquina con pliegos distintos y diferentes cantidades de capas. Se logró llegar a la velocidad óptima en base al método deductivo ya que en base a las pruebas y tablas obtenidas se puede deducir cual es la velocidad óptima para el tendido de las telas sin que existan problemas y tenga un tendido deseado por la fábrica.

1.7.3 *Análisis de Resultados*

Una vez obtenidos las tablas de resultados y tiempos de tendido de las telas, se obtienen otras variables como es la corriente el cual es necesario para obtener el consumo eléctrico por tendido, se procede al cálculo en base a la tabla de valor de la electricidad en el país dependiendo de actividad que se realice y su consumo, al obtener estos datos se puede obtener cuánto cuesta tender la tela, el cual ya se puede obtener un valor mensual de cuánto costaría tener en operación la máquina en una jornada normal de trabajo para poder así saber cuánto le cuesta a la empresa tener la máquina a diferencia de un trabajador que trabaje de manera continua en la empresa. Estos datos obtenidos pueden tenerse cada mes y así conocer si es beneficioso o no el uso de la máquina para el tendido de tela en la fábrica Rocka Jeans.

Capítulo II

2. Marco teórico

2.1 Industria textil del Ecuador

La industria textil tiene como procedencia Inglaterra en el siglo XVIII y tuvo cabida en el Ecuador hasta el siglo XX, que recién cobra relevancia en el mercado por lo cual comienzan a aparecer asociaciones las cuales tenían como función ayudar al sector a ser reconocido, y tener una representación ante oportunidades y adversidades que tengan en un futuro.

Uno de los insumos más importantes viene su uso desde la época de la colonia el cual es la lana que fue ampliamente usado en la fabricación de tejidos, luego de la lana se comenzó a usar el algodón, pero no tan importante hasta 1950 que fue donde tomo fuerza y mayor importancia en la industria ecuatoriana. (AITE, 2018)

La industria textil tenía como principal mercado el nacional, en la década de los 90, las exportaciones aumentaron en busca del mercado internacional tanto que en el año 2000 incremento en un 8.14% comparando con el año anterior, este incremento en gran medida se debe a que se adoptó el dólar como moneda en el país, el cual permitió un desarrollo progresivo durante los años siguientes. (AITE, 2018)

Con miras hacia el mercado internacional y automatización de los procesos la industria textil se vio en la obligación de invertir en la renovación de maquinaria y capacitación de trabajadores, con la finalidad de tener mejor productividad y eficiencia lo que a su vez les permita ser más competitivos con respecto a las otras industrias de la región. En los últimos años se viene trabajando en la innovación con el fin de satisfacer la demanda internacional y seguir siendo competitivos con la región. (PROECUADOR, 2013)

2.2 Tipos de Extendido de Tela

Este método supone estirar o extender una o varias piezas de la tela sobre la mesa en función de las dimensiones de los rollos a emplearse, el cual consiste en cortarlas a lo largo, que corresponden en función de la necesidad del fabricante. Luego de tener el patrón se distribuyen uno por encima del otro. (Perez & Giraldo, 1990)

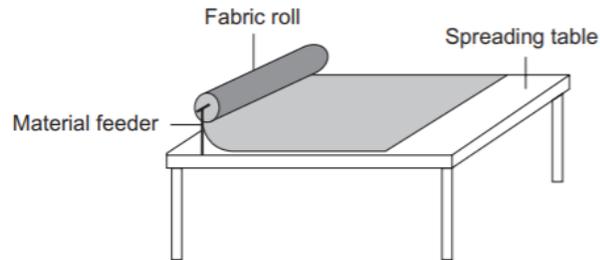
Por lo general las mesas empleadas tienen una altura entre los 80 a 90 cms. con ancho de 30 a 40 cms. más del ancho máximo del tejido a extender y un largo el cual va en función de los patrones que previamente se marcaron en función del fabricante, los cuales por generalmente oscilan entre los 6 y 25m. (Perez & Giraldo, 1990)

Los cuales se pueden realizar:

- Manual
- Con carro extendedor
 - ✓ Manual
 - ✓ Automático

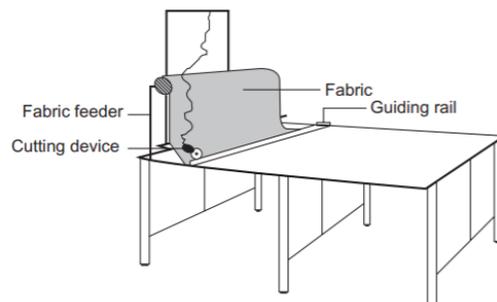
2.2.1 *Extendido Manual*

El proceso de extendido de tela manual se realiza sobre una mesa de esparcimiento el cual es una superficie lisa en el cual el alimentador de telas se suele fijar en la mesa o ser una parte independiente junto a la mesa de esparcimiento. (Nemes, 2018)

Figura 2*Extendido Manual*

Nota. Tomado de *Industrial Cutting of Textile Machines* (p. 48), por I. Vilumsone-Nemes, 2018, Elsevier.

En el caso de usar un cortador en un extremo para cortar las capas de tela colocadas, se debe fijar una extensión al alimentador de telas. El rollo se fija en el alimentador dependiendo del modo de esparcimiento el rollo se puede fijar con la cara hacia arriba o hacia abajo. (Nemes, 2018)

Figura 3*Extendido Manual con cortadora*

Nota. Tomado de *Industrial Cutting of Textile Machines* (p. 48), por I. Vilumsone-Nemes, 2018, Elsevier.

Los pasos que realizan son:

Marcado de los datos de difusión: El marcado que está impreso en papel, se lo pone en la mesa de extensión para el proceso de extendido. El cual se fija en la posición deseada para la extensión y los demás datos de dispersión, se marcan en los lados de las tablas. (Nemes, 2018)

El principio y final del pliego: El final debe estar alineado con la posición de un cortador de extremo plano fijo, pero el comienzo de la extensión depende de la longitud del marcado y márgenes de seguridad que tiene el rollo de tela en cuestión. (Nemes, 2018)

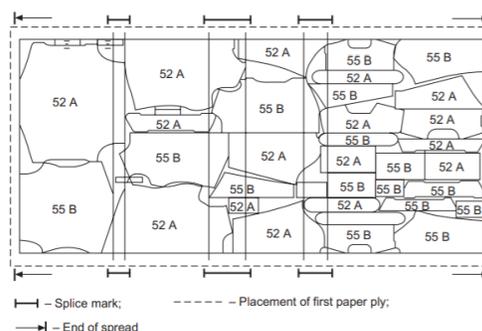
Marcas de empalme: Es el lugar en donde la extensión de la tela puede cortarse y colocarse doble para tratar los defectos sin dañar los componentes cortados. (Nemes, 2018)

Lugares de cambio de tamaño: Son los lugares donde existen marcas que se utilizan al realizar extensión de pliego de diferentes medidas. (Nemes, 2018)

Todos estos deben estar marcados en ambos lados de la mesa para facilitar trabajar en ambos lados de la mesa.

Figura 4

Marcada en tabla de trabajo



Nota. Tomado de Industrial Cutting of Textile Machines (p. 48), por I. Vilumsone-Nemes, 2018, Elsevier.

Extensión de las capas de tela: Al comienzo del proceso de extendido, se coloca una capa de papel de base firme sobre la mesa. La superficie resbaladiza del papel asegura la fácil transferencia de la extensión a lo largo de la mesa durante el corte del mismo. Por lo general este trabajo es llevado a cabo por dos personas uno en cada lado de la mesa que mueven la tela al comienzo de la extensión. El final de la capa se coloca al inicio de la extensión y se asegura con algún objeto pesado, como una regla de metal.

El proceso del trabajador es alinear el borde del tejido con el de la mesa y las capas, teniendo en cuenta que esta debe estar lisa, tensa para evitar la aparición de pliegues durante el extendido. Cuando se realiza la extensión de la tela (dependiendo la técnica de extendido) este se repite hasta obtener todas las capas necesarias. Se puede poner el papel entre las capas o en intervalos fijos para separar las capas de tela de diferentes rollos o separar en diferentes secciones el mismo. (Nemes, 2018)

Figura 5

Ejemplo tendido manual



Nota. Tomado de Trazado y corte 368368, por Yeyeandreyisel, 2012.

Fijar un marcado en la parte superior de la extensión: Se coloca un por lo general un marcado que se imprime en un papel especial en la parte superior de la extensión que se va a realizar. Las abrazaderas se colocan en los bordes de la extensión para mantener la presión y evitar los dobleces. Si la extensión es suave y el papel de marcado es delgado, las abrazaderas podrían causar mucha presión lo que causa que se deforme y se rompa el marcado. Para que esto no suceda lo que se hace es colocar una hoja adicional de papel debajo de las abrazaderas. El marcador puede ser impreso en papel con pegamento en su reverso. Luego fijarlo ligeramente a la capa superior de la extensión con el uso de una plancha tradicional o una plancha de base grande que genere peso. Luego de cortar los componentes, el marcador se arranca de manera fácil de la capa superior sin deformar el mismo. Aunque el utilizar el marcador con pegamento es más fácil de usar y garantizando mejor precisión en los componentes cortados, muchas fábricas aún usan el papel simple ya que su coste es menor. (Nemes, 2018)

Figura 6

Pinzas de tendido



Nota. Tomado de Industrial Cutting of Textile Machines (p. 52), por I. Vilumsone-Nemes, 2018, Elsevier.

Figura 7*Plancha de tendido*

Nota. Tomado de Industrial Cutting of Textile Machines (p. 53), por I. Vilumsone-Nemes, 2018, Elsevier.

Desventajas del extendido de tela manual: La calidad y tiempo de extendido tiene una gran dependencia de la habilidad y experiencia de los operarios que realizan el trabajo. Las jornadas de extendido y esparcido son altas lo cual produce fatiga en los operarios que tiene como consecuencia la calidad y velocidad del proceso. Se necesitan un mínimo de dos operarios para realizar el proceso de extensión manual en comparación al proceso automático que solo necesita de uno. (Nemes, 2018)

2.2.2 Extendido Automático

Con el desarrollo de la tecnología y los procesos, el proceso manual ya no representa productividad para las fábricas en la actualidad por lo cual surgió la necesidad de máquinas especializadas que puedan realizar el trabajo de extensión de tela, pero con mucha mayor

velocidad. Desde la primera máquina estas se han desarrollado a lo largo del tiempo a la par de la tecnología. Estas máquinas han aumentado significativamente la productividad del proceso de extendido, sin alterar el principio fundamental y la calidad del mismo, ya que realizan el mismo proceso. (Nemes, 2018)

Figura 8

Máquina automática extendedora



Nota. Tomado de Industrial Cutting of Textile Machines (p. 62), por I. Vilumsone-Nemes, 2018, Elsevier.

Ventajas de la implementación de una tendedora de tela automática: Las adaptaciones de estas máquinas en las fábricas suponen muchas ventajas en comparación a las manuales las cuales son como los defectos en el corte minoran, se evita la fatiga que por la carga del trabajo lo obtienen las personas, es mejor en las producciones a gran escala, no se necesita el marcado de papel que se necesita en el manual. (Nemes, 2018)

Desventajas de la implementación de una tendedora de tela automática: Así como sus ventajas el adaptar esta máquina en una fábrica supone unas desventajas las cuales se debe tomar en cuenta antes de pensar en adquirir una máquina para la fábrica el cual son los costos, necesitan de mayor mantenimiento por los elementos que usa, si es usado a un nivel de corte artesanal no de gran escala no son recomendables. (Nemes, 2018)

2.3 Clasificación de máquinas extendedoras de tela

Se pueden categorizar en diferentes tipos como:

- De acuerdo a las propiedades del extendido
- De acuerdo a la aplicación
- De acuerdo al sistema de alimentación de la tela.

2.3.1 Clasificación de acuerdo a las propiedades de extendido

Este tipo de maquinaria están de acuerdo al tipo de tejido que se va a extender los cuales pueden ser divididos en tres grupos.

2.3.1.1 Máquinas extendedoras para tejidos: Son máquinas estándares desarrolladas para rollos de 160 a 200 cm. de ancho y 50 a 250 kg. de peso. Hay otras más amplias para rollos de hasta 350 cm. de ancho y peso de 250 a 300 kg. estas son para textiles para el hogar. Las máquinas que no transportan el material durante el extendido pueden operar rollos de 500 hasta 1000 kg. (Nemes, 2018)

2.3.1.2 Máquinas extendedoras para tejidos de punto: Las máquinas para tejidos de punto son de ancho abierto con 220 a 240 cm. y peso inferior a 100 kg. en forma plegada o enrollada. (Nemes, 2018)

2.3.1.3 Máquinas extendedoras para telas tubulares: Estas máquinas son más estrechas con un ancho máximo de 120 cm. (Nemes, 2018)

2.3.1.4 Máquinas extendedoras para textiles técnicos: Aquí las dimensiones de los rollos pueden variar mucho. Estas se desarrollan de acuerdo con las necesidades de los clientes. (Nemes, 2018)

2.3.2 Clasificación basada en la aplicación

Estas se desarrollan para soluciones CAD/CAM completas para el extendido.

2.3.2.1 Lectra: Estas máquinas extendedoras son usadas para la moda, muebles, confección automotriz y otras industrias (Nemes, 2018)

2.3.2.2 Gerber: Estas máquinas extendedoras para mobiliario, moda, confección, transporte aeroespacial y embalaje (Nemes, 2018)

2.3.2.3 Morgan Técnica: Son máquinas para extender ropa formal, casual, ropa interior, automotriz, interiores, accesorios y ropa deportiva. (Nemes, 2018)

2.3.2.4 Pathfinder: Máquinas extendedoras para ropa, muebles, textiles técnicos e interiores de transporte. (Nemes, 2018)

2.3.3 Clasificación de acuerdo al sistema de alimentación de tela

La aplicación y diseño de estas máquinas están determinadas en gran medida por sistemas de alimentación utilizado, estas se pueden dividir en tres grupos:

2.3.3.1 Máquina extendedora con sistema de alimentación móvil: Equipada con un tipo de cuna móvil o sistema de alimentación de barra móvil los cuales son usados para rollos de peso y tamaños tanto pequeños como medianos, en mayor parte para textiles del hogar y técnicos. Estas se usan en alrededor del 97% en comparación a las demás máquinas. (Nemes, 2018)

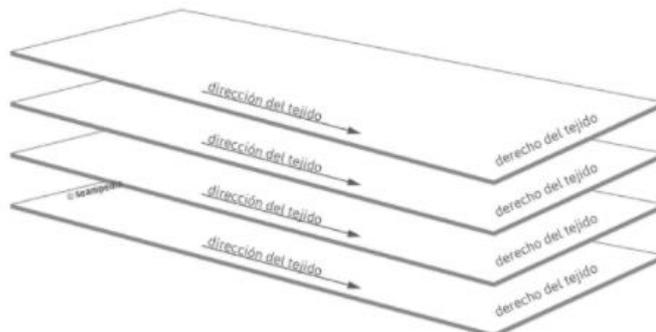
2.3.3.2 Máquina extendedora con sistema de alimentación estacionario: Estas máquinas están equipadas con barras estacionarias o cunas estacionarias para extender rollos grandes y pesados, para extender tejido doblado y para cortar la tela longitudinalmente durante el extendido. (Nemes, 2018)

2.3.3.3 Máquinas extendedoras con sistema de alimentación mixto: Estas utilizan sistemas de alimentación móvil y estacionarios para extender los rollos de tela de gran tamaño y pesados, pero usando inversiones más pequeñas. (Nemes, 2018)

2.4 Técnicas de Extendido de tela

2.4.1 *Extendida cara arriba*

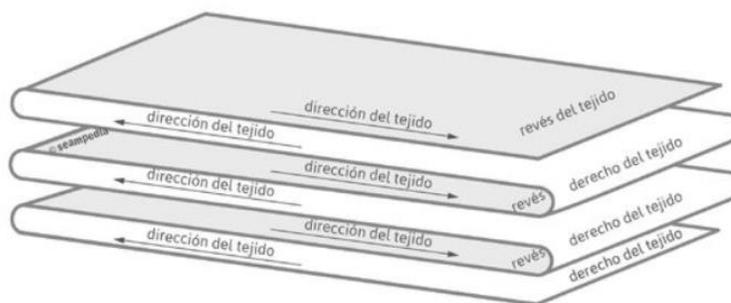
Este tipo de extendido comienza en el inicio de la marca, se coloca el inicio del rollo y a lo que avanza el carro por lo largo de la mesa de trabajo, este deja la tela hasta llegar al otro extremo, en el cual se realiza el corte al ancho de la tela que crea un pliego de tela. Seguidamente, el carro regresa sin extender tela, hasta llegar al punto de inicio donde está la marcada, donde inicia el nuevo extendido de la siguiente capa, hasta acabar el rollo o extender el número de capas necesarias. Es el típico extendido que se usa en el tejido estampado, de cuadros o rayas. (Perez & Giraldo, 1990)

Figura 9*Extendido cara arriba*

Nota. Tomado de Pinterest, por Seampedia.

2.4.2 Extendido cara a cara

Este tipo de extendido, también se lo puede denominar zig-zag, el comienzo puede ser en cualquier extremo de la mesa de trabajo. De igual manera este deposita la tela a lo largo de la mesa hasta el otro extremo depositando la tela, cuando llega al extremo opuesto la tela se dobla y el carro retrocede y de igual manera se regresa al otro extremo de la mesa al mismo tiempo va depositando la tela. Es el típico extendido del tejido liso y blue-jeans. De todos los tipos de extendido es el más rápido. (Perez & Giraldo, 1990)

Figura 10*Extendido cara a cara*

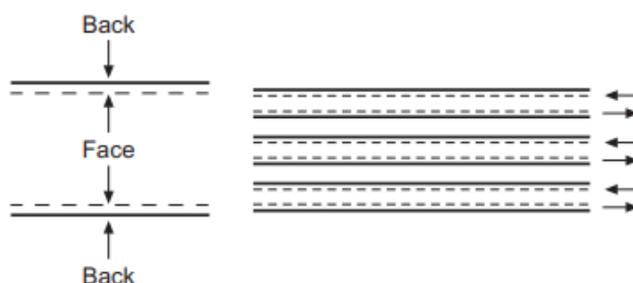
Nota. Tomada de Pinterest, por Seampedia.

2.4.3 *Extendido cara a cara girando*

Este tipo de extendido se comienza de igual manera que el extendido a una cara, ya situados en el extremo inicial de la marcada. El carro extendedor recorre hacia el otro extremo donde se corta la tela, se procede a girar el rollo de tela antes de volver al principio de la marcada, para extender la siguiente capa de tela. Por lo cual, la tela en la segunda capa va cara abajo y en la misma dirección del hilo que la primera capa. Este tipo de extendido se usa en tejidos con pelo como el terciopelo o similares de la pana. Este tipo de extendido es el más lento. (Perez & Giraldo, 1990)

Figura 11

Extendido cara a cara girando



Nota. Tomado de Industrial Cutting of Textile Machines (p. 35), por I. Vilumsone-Nemes, 2018, Elsevier.

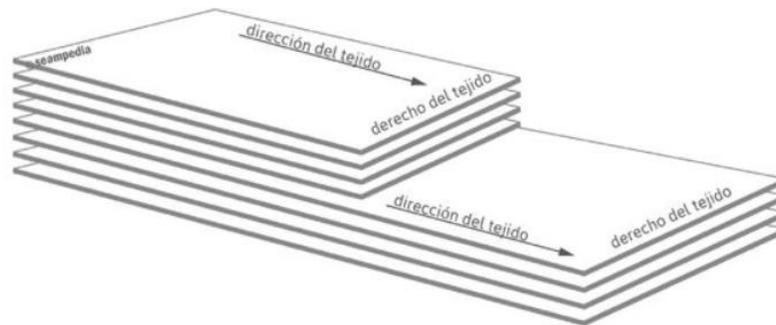
2.4.4 *Extendido escalonado*

Este tipo de extendido en escalado es una variante del extendido cara arriba, en el cual si bien el proceso de extendido es el mismo aquí las longitudes de capas son diferentes. Esto se debe a que se intenta extender dentro de la misma marcada varias tallas, y cantidades de igual manera son distintas para cada tamaño. Este tipo de extendido lo utilizan confeccionistas con variedad en modelos y tallas, puesto que con esto pueden extender en una sola marcada todas las tallas, lo cual les resulta un ahorro del tiempo de preparación de marcada que normalmente

se hace para cada talla Se consigue mayor rendimiento de cada mesa de corte. (Perez & Giraldo, 1990)

Figura 12

Extendido escalonado



Nota. Tomada de Pinterest, por Seampedia.

2.4.5 Extendido de género de punto tubular

Este tipo de extendido en el proceso es igual al extendido cara arriba y zig-zag. Las diferencias radican en la forma de colocación del género y a los dispositivos especiales que suelen tener estas máquinas extendedoras, para depositar y alimentar las hojas dobles del tubular. (Perez & Giraldo, 1990)

2.4.6 Extendido de tejido al lomo

El tejido al lomo es un tipo en cual el lomo siempre es cara arriba y era la única forma de uso que hubo en sastrería y similares es, en la actualidad una incidencia menor y con el tiempo pierde cada vez más su uso. No obstante, aún tiene uso en máquinas con los dispositivos necesarios, a fin de que las capas de tela queden perfectamente extendidas. (Perez & Giraldo, 1990)

2.5 Elementos de una tendedora automática

Una máquina tendedora de tela tiene una amplia gama de modelos en el mercado actual, lo cual hace posible definir partes comunes entre cada modelo los cuales serán expuestos a continuación:

2.5.1 Carro de tendido de tela

El carro de tendido de tela es una de las partes más importantes de la maquinaria que se usa para tender debido a que es el vehículo donde va montada la tela y el cual se transportara por toda la mesa tendiendo capa por capa. El carro de tendido se compone de dos partes una es el bastidor, y la otra parte importante del carro es la torreta (Nayak & Padhye, 2018)

2.5.1.1 Bastidor: El bastidor es el marco el cual se deslizará por medio de la mesa de tendido, por medio de motores los cuales impulsara un movimiento longitudinal del carro el cual estirara la tela que se depositara en la mesa, existen muchos modelos los cuales acorde al costo tiene más herramientas. (Nayak & Padhye, 2018) El bastidor de la tendedora del modelo LM8 de la fábrica Imatec es de color azul y es fácil de distinguir de las estructuras que están montadas en ella. (Imatec, 2018)

Figura 13*Bastidor*

Nota. Adaptado de ENFESTADEIRA IM8 [Fotografía], por Imatec, 2018.

2.5.2 Motores

Un motor eléctrico puede definirse como una máquina la cual convierte la energía eléctrica en mecánica, todo esto siendo posible ya que las bobinas que están dentro del motor generan campos magnéticos. Y en base a su capacidad de generación se escoge uno u otro para las infinidades de aplicaciones que tienen en la actualidad. (TRANSELEC, 2020)

En el bastidor están adaptados los motores, los tipos de motores más comunes que usan las máquinas de extendedoras son los siguientes:

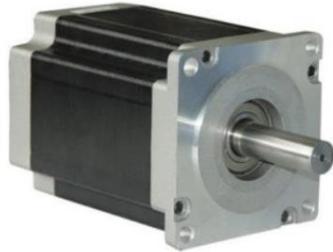
2.5.2.1 Motores a pasos: Los motores a pasos son actuadores los cuales generan un movimiento rotatorio, estos dispositivos tienen la característica de cada vez que se activa realiza un movimiento en un ángulo en específico entre sus características que lo hacen un dispositivo asombroso es su potencia y precisión. (Acarney, 2007)

Este tipo de motores es muy utilizado en la actualidad ya que su control es mediante el uso de trenes de impulsos desfasados, ya que este tipo de motores genera un movimiento

angular cuando se le provee de un impulso eléctrico por ello se utiliza en aplicaciones que necesiten sistemas de posicionamiento. (Malo, 2011)

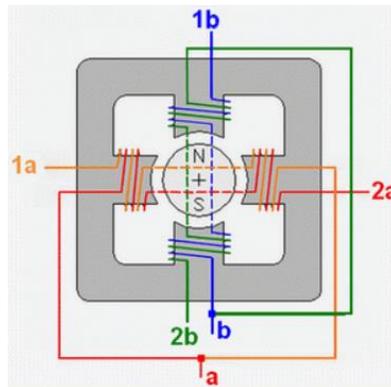
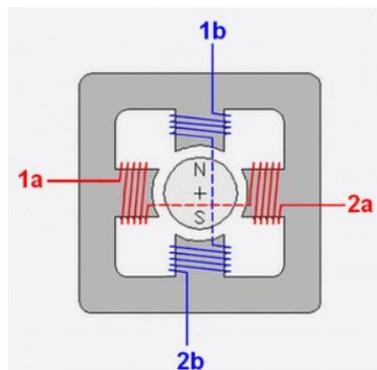
Figura 14

Motor a pasos



Nota. Adaptado de Motor paso a paso ¿qué es y cómo funciona? [Fotografía], por Ingeniería Mecafenix, 2017.

En este tipo de motores pueden existir los unipolares y bipolares, en cuestión de control el unipolar es más fácil, ya que poseen devanados duplicados, ya que, al momento de ser alimentada una bobina u otra, esta genera un campo magnético inverso a la otra, no se energizan juntas. En el caso de un motor bipolar requieren por lo general circuitos de control y potencia más complejos al unipolar por lo cual estos requieren que las bobinas reciban corriente en uno u otro sentido a diferencia de los unipolares que reciben encendido o apagado. (Robots Argentina, 2006)

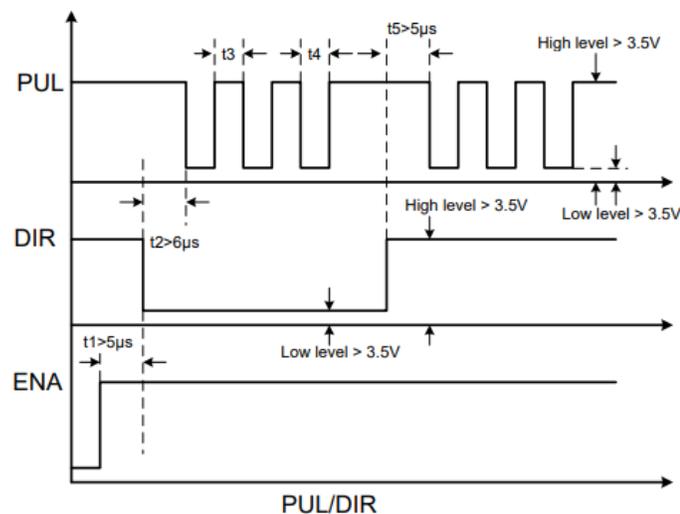
Figura 15*Bobinado motor unipolar**Nota.* Distribución del bobinado de un motor unipolar.**Figura 16***Bobinado motor bipolar**Nota.* Distribución del bobinado de un motor bipolar.

Funcionamiento: Para el control y utilización de un motor a pasos se necesitan por lo general de tres señales las cuales son Enable, Dirección y Pulso. Con el uso de estas señales se pueden ya realizar las aplicaciones necesarias y control de un motor a pasos normalmente, acompañado de un driver que interpreta estas señales para el motor.

- **Enable:** Esta señal lo que se encarga es de energizar o no al motor para que este hábil para usarlo.
- **Dirección:** Esta señal tiene un alto y un bajo el cual cada uno significa un sentido de giro ya sea este con las manecillas del reloj o contrario a las manecillas del reloj.
- **Pulso:** Esta señal es la que se usa un tren de impulsos, el cual cada vez envíe un pulso en alto el motor le interpreta como un impulso angular de un grado en particular, por este medio se controlan los grados que se requieran girar.

Figura 17

Gráfica de funcionamiento



Nota. Tomado de Hybrid Stepper Servo Drive Manual (p. 13), por Just Motion Control.

2.5.3 Torreta

La torreta es un grupo de ejes o un eje en el cual estará apoyado ya sea desde la parte externa del rollo o en algunos casos desde la parte interna. La torreta será la encargada de ayudar el movimiento transversal del rollo y existen algunas variaciones de torretas las cuales están íntimamente ligadas con el sistema de alimentación de tela, en algunos casos la función de la torreta es de sostén y en máquinas más sofisticadas incluso están adecuados sistemas de alimentación. (Nayak & Padhye, 2018)

2.5.3.1 Sistema de alimentación de tela: Las máquinas de tender tela normalmente tienen un mecanismo de desenrollar tela y enrollarla, muchas veces son mecanismos simples que no tienen movimiento y en otros casos son mecanismos complicados con alimentadores cuyo movimiento está vinculado a la velocidad de movimiento del carro de tendido que son conformados por bandas o cilindros alimentadores. (Nemes, 2018)

2.5.3.2 Sistema de alimentación de eje fijo: El sistema de alimentación de eje fijo consta de un eje el cual se coloca sobre la torreta, el cual está asegurado por 2 sistemas de sujeción en los extremos. El eje se encuentra en la parte interior del rollo, el cual sostendrá el peso del rollo. El tubo del rollo girara en el eje y el tendido será bajo la tensión que las pinzas del final del recorrido realizan sobre la tela para que el carro pueda tender correctamente. Este sistema no puede realizar un rebobinado de la tela. (Vilumsone-Nmes, 2018)

Figura 18

Sistema de alimentación de eje fijo



Nota. Adaptado de Máquina de extender modelo apolo tt con torreta giratoria [Fotografía], por Cosmotex, S/F.

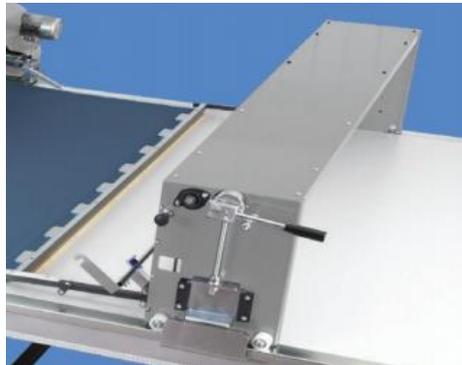
2.5.3.3 Sistema de alimentación eje móvil: El sistema de alimentación de eje móvil es el sistema de alimentación más simple que existe, este sistema consta de una torreta que tiene acoplada rodamientos o en otros casos son torretas con puntas móviles en “U” las cuales solo tienen como meta hacer que el eje que va sobre ellas rote y pueda desenvolver la tela, este sistema es muy económico y mayormente es usado en máquinas manuales o semi automáticas. (Nemes, 2018)

Figura 19*Sistema de alimentación eje móvil*

Nota. Adaptado Máquina tendedora de tela manual AP-134 [Fotografía], por Eastman, S/F.

2.5.4 Pinzas de agarre de extremos

Las pinzas de agarre es un mecanismo de agarre que tiene como objetivo templar el tendido de tela para que cuando el carro viaje al otro extremo quede la tela bien ceñida, otro de sus objetivos es crear el dobléz en los extremos del tendido. Este mecanismo es más usado en máquinas extendedoras que no tienen un sistema alimentador y que realizan tendidos zig – zag y en tendidos cara a cara en doble dirección. (Nemes, 2018)

Figura 20*Pinzas de agarre*

Nota. Gancho de sujeción [Fotografía], por FUKUTEX, S/F.

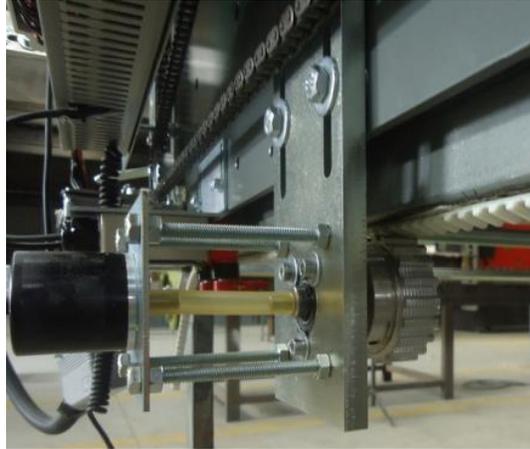
El mecanismo que sujeta la tela está íntimamente relacionado con el carro debido a que en la pinza de agarre se encuentran adaptados sensores que la alzan dependiendo de la ubicación del carro o en otros casos según el mecanismo en el cual entra el contacto el carro con la pinza provoca un movimiento vertical que levanta la pinza y luego agarra la tela. (Vilumsone-Nmes, 2018) La pieza que sostiene a la pinza está fijada a la mesa de trabajo mediante pernos o placas de sujeción para que no exista desplazamientos y la pinza de agarre pueda cumplir su función correctamente.

2.5.5 Sistema de posicionamiento

El sistema de posicionamiento de una máquina tendedora es una parte fundamental en el mundo de la confección, este sistema sirve para que la máquina pueda tender trazos de tela de ciertas medidas lo cual posibilitara a la máquina saber en dónde está situada en el espacio capacitándola de un sentido de orientación para saber a qué lugar debe desplazarse en maquinarias de tendido sofisticada el sistema de posicionamiento con coordenadas rectangulares está conectado con otros sistemas como son las pinzas de sujeción lo cual la alzara sin ningún tipo de sensores solo mandando los datos de su posicionamiento para que pueda atrapar la tela correctamente e incluso se vincula directamente con la velocidad y el funcionamiento del sistema de alimentación. (Nemes, 2018)

Figura 21

Sistema de posicionamiento



Nota. Industrial Cutting of Textile Materials (p. 70), por I. Vilumsone-Neves, 2018, Mathew Deams.

Existe muchos sistemas de posicionamiento los cuales varían mucho del tipo de maquinaria de tendido y dependen mucho de su costo y el requerimiento del cliente. Los siguientes sensores de posición son los más usados en los sistemas de posicionamiento de máquinas tendedoras de tela

2.5.5.1 Motor a pasos lazo cerrado: Los motores a paso de lazo cerrado son motores los cuales adentro de su estructura metálica incluyen diferentes sensores como sensores de posición, velocidad y en ciertos casos medidores de corriente eléctrica. (Acarney, 2007)

Figura 22*Motor a pasos lazo cerrado*

Nota. El motor de pasos cerró al conductor High Torque del motor de pasos del lazo cerrado del cable del motor del codificador de 3M del control de lazo el 1.89N.M [Fotografía], por Jkongmotor, S/F.

2.5.5.2 Sensores de posición: Los sensores de posición activan un estímulo eléctrico cuando reaccionan a la presencia de un cuerpo cercano al sensor, esta señal puede ser física, química o eléctrica la cual luego de un proceso de adecuación de señal es interpretada por un circuito eléctrico el cual procederá a emitir una señal eléctrica. (Solé, 2005)

2.5.6 Finales de carrera

La presencia física es la variable que mide el dispositivo llamado final de carrera. Este dispositivo puede medir la variable de presencia mediante el contacto del cuerpo y un mecanismo de switch eléctrico que esté acoplado en el dispositivo. (Solé, 2005)

Figura 23

Final de carrera



Nota. Adaptado de Final de Carrera con Rueda [Fotografía], por Iberorobotics 2021.

2.5.7 Plataforma de operador

La plataforma de operador es un soporte que tiene forma de silla que está acoplado a un costado del carro del tendedor, esta plataforma tiene como objetivo que un operador realice la función de control de calidad del tendido es ampliamente usada solamente en maquinaria que es totalmente automática, desde esta plataforma está adecuado un centro de mando en el cual se puede variar las características de tendido (Nemes, 2018)

Figura 24

Plataforma de operador



Nota. Audaces Linea [Fotografía], por Audaces 2015, (<https://audaces.com/>).

2.5.8 Panel de Control

Un panel de control en las máquinas tendedoras tienen diferentes funciones, es un HMI (Interfaz hombre máquina), el cual le da la facilidad al usuario para acceder a varias características de la máquina, en especial el botón de apagado de emergencia se encuentra en él, también se encuentra un menú en el cual se podría escoger el tipo de tendido que el usuario esté buscando, el número de capas que el usuario necesite y uno de los más importantes las medidas de los trazos de tela. También tiene un control manual de los movimientos en el eje longitudinal de la máquina. Todas las funciones que tiene este panel de control son variables dependiendo del tipo y la calidad de la máquina (Nemes, 2018)

Figura 25

Panel de control



Nota. Audaces Linea [Fotografía], por Audaces 2015.

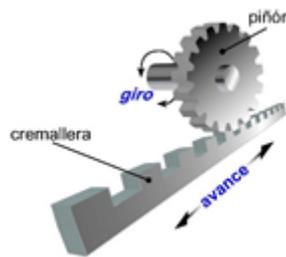
2.5.9 Transmisión

Los sistemas de transmisión que son mayormente comunes en las tendedoras de telas para el extendido de tela automático en la industria general suelen ser

2.5.9.1 Piñón – Cremallera: Un sistema piñón cremallera se da cuando un engrane su diámetro base se incrementa sin límite, este se convierte en una línea recta. Este engrane lineal lleva el nombre de cremallera. Este mecanismo piñón-cremallera es muy común en la conversión de un movimiento giratorio a lineal, o de manera inversa. El engrane el cual lleva un desplazamiento angular sujeto a una base que se desea trasladar convierte esta traslación en un desplazamiento lineal que es un eslabón en un acoplamiento de barras múltiples. (Norton, 2011)

Figura 26

Piñon-Cremallera



Nota. Tomada de EduXunta, por Torres, 2014.

2.6 Internet de las cosas (IoT)

El IoT (Internet of things) como concepto es la conexión intuitiva, ya sea conexión en una intranet o en internet, de dispositivos que tienen comunicación entre ellos y que realizan un determinado proceso, el comportamiento de dichos objetos que participan en esta red está relacionada con los otros objetos que también pertenecen a la red. Se debe tener en cuenta que en estas redes son usados dispositivos que ingresa datos como sensores al sistema, y dispositivos que usan esos datos para realizar acciones (PELÁEZ, 2020)

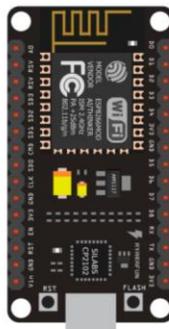
El IoT es uno de los pilares de la industria 4.0 y según (Hermann, Pentek, & Otto, 2015) el IoT cumple con principios fundamentales como la interconexión de todos sus elementos y servicios entre si, al igual que la virtualización que es el hecho de tener un plano digital en donde se muestren todos los sensores y actuadores que pertenecen a la red. Una característica muy importante es la descentralización quiere decir que ninguno de los elementos de la red es completamente necesario. La capacidad de operación en tiempo real de todos los dispositivos conectados a la red es otra de las características. Y por último su modularidad que tenga la capacidad de añadir y de quitar dispositivos a la red sin que afecte el funcionamiento.

2.6.1 ESP8266

Es un microcontrolador, muy parecido a un Arduino y se puede programar en el mismo IDE, el beneficio de esta placa es que tiene la capacidad de conectarse a una red WiFi, por lo cual puede tanto recibir como enviar datos al internet con lo cual se pueden conectar con la nube y realizar supervisión tan solo con una conexión a internet estable.

Figura 27

ESP8266



Nota. Tomada de Aranacorp, por Xukyo, 2021, (<https://www.aranacorp.com/es/uso-de-la-eprom-con-el-esp8266/>)

2.7 Lenguajes de Programación

Existen diversos lenguajes que tienen paquetes para desarrollar proyectos IoT cada lenguaje tiene sus ventajas y desventajas. Los lenguajes más comunes para este tipo de aplicaciones son Java, Python y C. (Perry, 2019)

2.7.1 Java

Java es un lenguaje de programación de alto nivel que fue desarrollado en el año de 1995, este lenguaje de programación es orientado a objetos (Nakagawa, Mashiro, & Hiroshi, 2014) Actualmente miles de dispositivos IoT fueron desarrollados en frameworks de Java lo cual cada vez lo convierte en un lenguaje muy amigable para este tipo de aplicaciones, como todos los lenguajes de programación existen desventajas entre ellas al usar java para el desarrollo de IoT las aplicaciones usan mucha memoria y espacio. También se puede mencionar que es mucho más lento su procesamiento en comparación con lenguajes nativos y por último el diseño de una interfaz es sumamente laborioso (Perry, 2019)

2.7.2 Lenguaje C

Este lenguaje se lo conoce como “Lenguaje de programación de sistemas”, fue creado por Brian Kernighan y Dennis Ritchie a mediados de los 70. Este se presentó por primera vez montado en el computador DEC PDP-11 el cual contaba con el sistema operativo UNIX. Este lenguaje nace como predecesor de un lenguaje B que se había desarrollado con anterioridad. (Bonet Esteban, 2018)

Es un lenguaje estructurado, pero no por bloques lo que supone que no se pueden llamar subrutinas dentro de otras subrutinas, permite una fácil conversión de tipos de datos entre ellos. Lo cual ofrece una ventaja de escribir un código sencillo y compacto. (Bonet Esteban, 2018)

2.7.3 Python

Python es un lenguaje multiparadigma que en los últimos años ha venido ganando fuerza debido a la facilidad de desarrollar aplicaciones con el lenguaje, este lenguaje ha venido evolucionando desde 1994 lo cual lo convirtió en una opción para tomar en serio para aplicaciones IoT debido a su gran versatilidad desde el punto de vista modular y sencillez a la hora de implementar algoritmos. (Chazallet, 2016)

Python es una gran herramienta tanto desde el punto de vista para desarrollo de interfaces de usuario y para aplicaciones IoT. Se han sacado protocolos de comunicaciones, la simplicidad lo convierte en una opción que los desarrolladores están comenzando a tomar en cuenta en comparación con otras opciones. (Jaiswal, Domanal, & Reddy, 2016)

2.8 Microcontroladores y microprocesadores

2.8.1 Arduino

Arduino es una plataforma de código abierto el cual una de sus principales características es su hardware y software fácil de usar. Las placas de Arduino son capaces de leer entradas para procesarlos y convertirlos en salidas, las cuales pueden usarse en actuadores, representado en pantallas o publicando algo en línea. Esta placa para su programación usa el lenguaje de programación Arduino y el software Arduino (IDE). Es una placa ampliamente utilizada por lo fácil de usar para los principiantes, pero de igual manera es lo suficientemente potente y flexible para los requerimientos de usuarios avanzados. (Arduino, 2006)

Figura 28

Arduino



Nota. Tomada Wikipedia.

2.8.2 Teensy 4.0

Teensy es una placa de desarrollo de PJRC Store, el cual sus desarrolladores tienen el microcontrolador más rápido que se encuentra en el mercado actual, esta placa de desarrollo es compatible con Arduino así que se puede programar en su plataforma IDE. Sus desarrolladores citan que esta placa tiene mayor capacidad de procesamiento en comparación a otras placas que se encuentran en el mercado. Una de las características más relevantes es que su reloj se puede cambiar y hasta hacer un overclocking de ser necesario. (330 ohms, 2019)

Figura 29

Teensy 4.0



Nota. Tomada de Reichelt elektronik,(2019).

2.8.3 *Raspberry Pi*

La placa Raspberry se trata de un microordenador de tamaño reducido y bajo coste, compuesto por un SoC (System on Chip), CPU, memoria RAM y más. El cual posee su sistema operativo para la placa, con esto en marcha se puede generar infinidad de proyectos que se pueden llevar a cabo, aunque en un inicio fueron concebidas para la enseñanza, pero a lo largo de los años su aplicación se extendió hacia el desarrollo de proyectos mucho más exigentes. Al usar esta placa se debe tomar en cuenta varios puntos como el que, aunque sea una mini computadora su velocidad no es muy rápida, ya que es similar a los de un computador de principios de siglo. (Rodríguez, 2018)

Figura 30

Raspberry pi



Nota. Tomada de Victorhck in the free world, por Software Libre, (2017).

Capítulo III

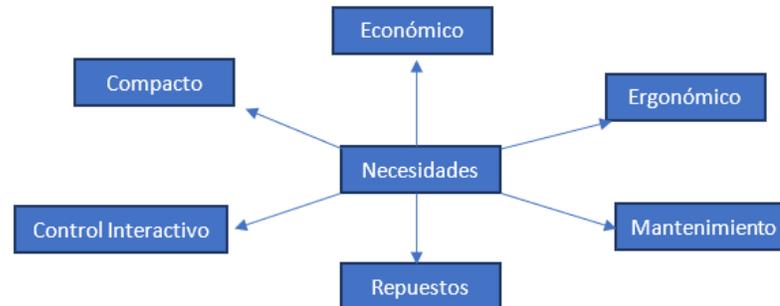
3. Selección e implementación de sistemas

3.1 Especificaciones de diseño

La implementación de los diferentes sistemas de la tendedora de tela que se va a realizar está íntimamente relacionada con los requerimientos del usuario, una de las herramientas que se va a utilizar que puede ayudar a identificar las necesidades del usuario y sus requerimientos es la casa de la calidad. (Juran, 1996).

Los elementos que se usaran serán escogidos con matrices de selección las cuales bajo ciertos criterios seleccionados se compararan entre ellas y será posible escoger la mejor opción. Las opciones se expondrán para cada subsistema pudiendo generar criterios de selección. (Romeva, 2002)

A continuación, se indicarán ciertas necesidades las cuales fueron obtenidas de una entrevista en el taller en el cual se va a diseñar la maquinaria, el dueño nos comentó que las principales necesidades van relacionadas con la funcionalidad, facilidad de uso entre otras, las cuales se expondrán a continuación. (Cabrera, 2021)

Figura 31*Necesidades de cliente*

Las necesidades serán detalladas a continuación:

- **Económico:** El precio total del equipo no debe ser costoso, por lo que se debe usar partes de calidad que puedan cumplir con el precio que se destinara al proyecto
- **Compacto:** La máquina debe tener un tamaño adecuado al de la mesa de tendido por la cual va a rodar sobre ella y que no ocupe mucho espacio para que no pueda chocar con objetos cercanos.
- **Control Interactivo:** El usuario tiene el requerimiento de que el control de la máquina sea por medio de una pantalla táctil mediante la cual tenga acceso para manejar los movimientos longitudinales de la máquina siendo un control intuitivo para cualquier tipo de usuario ya sea una persona capacitada como una con poco conocimiento.
- **Disponibilidad de Repuestos:** El usuario debe tener la confianza de que existan los repuestos para reparar la máquina en caso de que existan problemas con alguna de las partes de la misma.

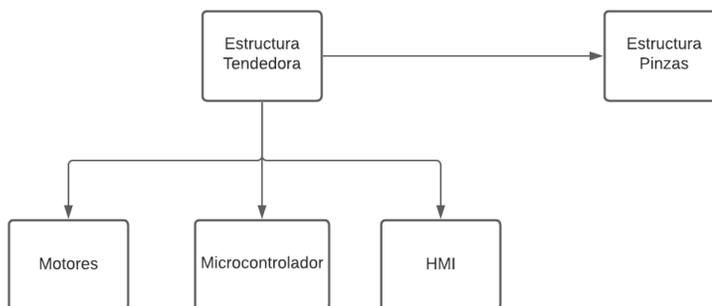
- **Mantenimiento:** El usuario necesita un manual de mantenimiento de la máquina para reparar cualquier problema que se presente en el cual se detalle todas las posibles fallas de la maquinaria.
- **Ergonómico:** El equipo debe brindar comodidad al usuario en el momento de tender tela, el objetivo principal es que el usuario pueda realizar el proceso de tendido con la misma o mayor facilidad que con el método de tendido actual que posee el dueño.

3.2 Arquitectura del diseño

La arquitectura de la máquina se basa en una estructura fundamental en la cual se montará los demás subsistemas, los cuales trabajaran en la mesa de tendido.

Figura 32

Arquitectura de máquina



Como se puede ver en la figura anterior en la estructura de la tendedora se montará los motores, el microcontrolador y el HMI los cuales tendrán como objetivo el movimiento del carro.

Cada subsistema anteriormente mencionado tendrá partes que serán escogidas mediante matrices de selección.

3.3 Diseño Estructural tendedora

3.3.1 *Diseño conceptual*

Diseño 1: Sistema de banda única

Figura 33

Extendidora automática



Nota. Adaptado de Extendora automatica [Fotografía], por Grupo Empresarial CT. S/F.

Tabla 1*Características Sistema eje fijo*

Características Sistema diseño eje fijo	
Costo	Costoso
Actuadores necesarios para el funcionamiento	Pinza de agarre de extremos (Opcional) Motores y caja de reducción acoplados a las bandas de alimentación Ejes de sostén acoplados a la estructura Banda de alimentación
Sensores Necesarios	Finales de carrera. Encoder de numero de vueltas
Alimentación de tela	Si tiene alimentador
Sistema de desenrolle	Capacidad de desenrollar y enrollar la tela
Consumo eléctrico	Depende del motor del alimentador, es un sistema con alto consumo eléctrico
Movimiento de deposición de tela en la mesa	Ligero
Tipos de tejidos de tendidos	Delicados y ligero
Plan de mantenimiento	Extenso debido a que el mecanismo es extenso y los materiales que se deben reemplazar

Diseño 2: Sistema de eje móvil

Figura 34

Sistema de eje móvil



Nota. Adaptado de Máquina tendedora de tela manual CRA-8472 [Fotografía], por Eastman. S/F.

Tabla 2

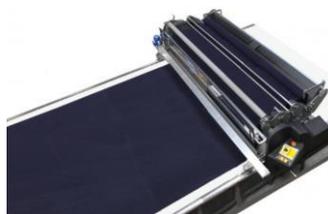
Características sistema eje movil

Características Sistema diseño eje fijo	
Costo	Económico
Actuadores necesarios para el funcionamiento	Pinza de agarre de extremos (Necesario) Eje de sostén acoplado a la estructura
Sensores Necesarios	Finales de carrera.
Alimentación de tela	No tiene alimentador
Sistema de desenrolle	Capacidad solo de desenrolla tela
Consumo eléctrico	Es un sistema mecánico no tiene consumo eléctrico
Movimiento de deposición de tela en la mesa	Tosco
Tipos de tejidos de tendidos	Delicados, ligero, pesado
Plan de mantenimiento	El plan de mantenimiento es corto

Diseño 3: Sistema de alimentación multibanda

Figura 35

Sistema de alimentación multibanda



Nota. Adaptado de Máquina tendedora MODELO APOLO HOME [Fotografía], por Cosmotex. S/F.

Tabla 3

Características sistema multibanda

Características Sistema diseño eje fijo	
Costo	Costoso
Actuadores necesarios para el funcionamiento	Pinza de agarre de extremos (Opcional) Motores y caja de reducción acoplados a las bandas de alimentación Ejes de sostén acoplados a la estructura Bandas de alimentación
Sensores Necesarios	Finales de carrera. Encoder de numero de vueltas
Sistema de alimentación de tela	Si tiene alimentador
Sistema de desenrolle	Capacidad de desenrollar y enrollar la tela

Características Sistema diseño eje fijo	
Consumo eléctrico	Depende del motor del alimentador, es un sistema con alto consumo eléctrico
Movimiento de deposición de tela en la mesa	Ligero
Tipos de tejidos de tendidos	Pesados, los ligeros tienden a atascarse

3.3.2 *Diseño preliminar*

Matriz de alternativas, información de las cosas que vamos a usar

Tabla 4

Matriz de alternativas

	Costo	Ergonomía	Mantenimiento	Consumo eléctrico	Interacción con el usuario	Tipos de tejidos de tendido	Rango
Factor de ponderación	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	1
Diseño 1	4	10	4	3	10	8	6
	0,8	2	0,8	0,6	1	0,8	

	Costo	Ergonomía	Mantenimiento	Consumo eléctrico	Interacción con el usuario	Tipos de tejidos de tendido	Rango
Diseño 2	9	8	9	10	4	7	8,3
	1,8	1,6	1,8	2	0,4	0,7	
Diseño 3	3	10	3	3	10	9	5,7
	0,6	2	0,6	0,6	1	0,9	

Después de haber realizado una tabla de comparación se ha llegado a la conclusión de que el diseño 2 que corresponde al sistema de eje móvil, este diseño tiene cualidades idóneas para el proyecto basándose en su poco consumo eléctrico y bajo costo comparado con sus opositores. El diseño del bastidor se describirá a continuación.

3.3.3 Diseño a detalle

Las telas que deben ser tendidas en la empresa se adquieren en forma de rollos, en la máquina de tendido se debe colocar dicho rollo, específicamente en un eje de acero que se apoya en 2 rodamientos a cada lado.

Para realizar el dimensionamiento del eje se plantea como una viga con dos apoyos a los extremos, de sección circular variable, con menor diámetro en la parte que se apoya en los

rodamientos. La viga se encuentra sometida a una carga distribuida. Al aplicar la carga se generan reacciones en los apoyos y durante el proceso del tendido el eje rota debido al torque ocasionado por la fuerza de tensión y distancia de la capa tendida al centro del eje como se indica en la figura 30.

Figura 36

Fuerzas eje de rollo

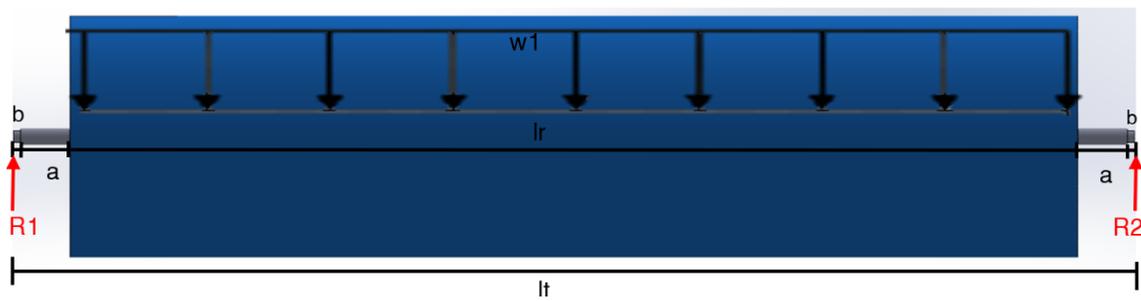
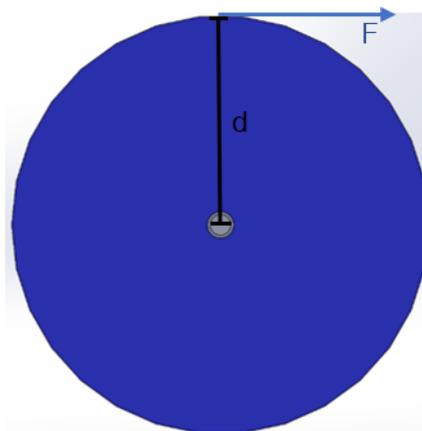


Figura 37

Diagrama fuerzas rollo



Donde:

R_1 : Reacción de primer apoyo

R_2 : Reacción de segundo apoyo

lr : Longitud del rollo de tela

lt : Longitud del eje

a : Distancia en la que el rollo no está apoyado

b : Distancia de la sección de diámetro menor

w_1 : Carga distribuida

F : Fuerza de tensión

d : Distancia de la capa al centro del eje

El valor de la carga distribuida está en función del peso del rollo de tela (W) y su ancho (lr).

$$w_1 = \frac{W}{lr} = \frac{9,81m}{lr}$$

Primero se calculan las reacciones de ambos apoyos.

$$\sum M_A = 0$$

$$-(w_1 * lr) \left(a + \frac{lr}{2} \right) + R_2(2a + lr) = 0$$

$$R_2 = \frac{(w_1 * lr) \left(a + \frac{lr}{2} \right)}{2 \left(a + \frac{lr}{2} \right)} = \frac{w_1 * lr}{2}$$

$$R_2 = \frac{W}{2}$$

$$\sum Fy = 0$$

$$R_1 + R_2 - w_1 * lr = 0$$

$$R_1 = w_1 * lr - R_2 = W - \frac{W}{2}$$

$$R_1 = \frac{W}{2}$$

Para determinar la distribución de esfuerzo en el eje se determinan las funciones de singularidad iniciando por la de carga.

$$q(x) = R_1 x^{-1} - w_1 \langle x - a \rangle^0 + w_1 \langle x - lr - a \rangle^0 + R_2 \langle x - lt \rangle^0 \quad (1)$$

$$q(x) = R_1 x^{-1} - w_1 \langle x - a \rangle^0 + w_1 \langle x - lr - a \rangle^0$$

Fuerza cortante:

$$V(x) = \int q(x)$$

$$V(x) = R_1 x^0 - w_1 \langle x - a \rangle + w_1 \langle x - lr - a \rangle \quad (2)$$

Momento flexionante:

$$M(x) = \int V(x)$$

$$M(x) = R_1 x - \frac{w_1}{2} \langle x - a \rangle^2 + \frac{w_1}{2} \langle x - lr - a \rangle^2 \quad (3)$$

3.3.3.1 Cálculo de las dimensiones del eje

La longitud del eje se restringe a las dimensiones del carro tendedor, tal que $lt = 1858mm$.

Parte con cambio de sección transversal

El cambio de sección está en $x = b$, donde b es el grosor del rodamiento.

Para determinar el diámetro en esa sección del eje se emplea la teoría de falla por energía de distorsión, con los esfuerzos de Von Mises para ejes giratorios, redondos y sólidos, sin tomar en cuenta las cargas axiales. El diámetro mínimo se calcula con la teoría de Goodman,

debido a el eje se encuentra sometido a flexión y torsión constantes se calcula mediante la fórmula.

$$\phi \geq \sqrt[3]{\left[\frac{16N}{\pi} \left(\frac{2k_f M}{S_e} + \frac{\sqrt{3}k_{fs} T}{S_{ut}} \right) \right]} \quad (4)$$

Teoría de Goodman

Nota. Tomado de Diseño en ingeniería mecánica (p.356), por Shigley, 2008, Mc Graw-Hill

El momento flexionante en la parte del cambio de sección (b).

$$M(b) = R_1 b - \frac{w_1}{2} \langle b - a \rangle^2 + \frac{w_1}{2} \langle b - lr - a \rangle^2$$

$$M(b) = \frac{w_1 lr}{2} (b)$$

$$M(b) = \frac{w_1 lrb}{2}$$

$$M(b) = \frac{9,81mb}{2}$$

Para el caso del rollo más pesado se tienen los datos

$$m = 70kg$$

$$b = 12mm$$

Reemplazando

$$M(b) = \frac{9,81(70N)(12mm)}{2}$$

$$M(b) = 4120.2Nmm$$

La torsión en el eje se determina por:

$$T = Fd$$

Para el eje de mayor peso se usan los datos:

$$F = 7.47N$$

$$d = 25mm$$

$$T = Fd$$

$$T = 186.75Nmm$$

Usando la ecuación 4 que es para el diámetro mínimo

$$\Phi_{min} \geq \sqrt[3]{\left[\frac{16(n)}{\pi} \left(\frac{2k_f M}{S_e} + \frac{\sqrt{3}k_{fs} T}{S_{ut}} \right) \right]}$$

Reemplazando los valores

$n = 2$, al ser carga estática

$$M = 4.1202Nm$$

$$T = 0.18675Nm$$

$$S_{ut} = 370MPa$$

El material del eje es acero al carbono 1010 estirado en frío.

Figura 38

Resistencias a la tensión y fluencia

1	2	3	4	5
UNS	SAE y/o AISI	Procesa- miento	Resistencia a la tensión, MPa (kpsi)	Resistencia a la fluencia, MPa (kpsi)
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)
		CD	330 (48)	280 (41)
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)
		CD	370 (53)	300 (44)

Nota. Tomado de Diseño en ingeniería mecánica (p.1020), por Shigley, 2008, Mc Graw-Hill

3.3.3.2 Factores de concentración de esfuerzo K_f y K_{fs}

De la Figura 39 se asume un filete de hombro agudo

Figura 39

Estimaciones de factores de concentración de esfuerzo

	Flexión	Torsión	Axial
Filete de hombro: agudo ($r/d = 0.02$)	2.7	2.2	3.0

Nota. Tomado de Diseño en ingeniería mecánica (p.361, por Shigley, 2008, Mc Graw-Hill)

$$k_f = 2.7$$

$$k_{fs} = 2.2$$

Límite de resistencia a la fatiga S_e , determinado por la ecuación de Marin

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S_e' \quad (5)$$

Ecuación de Marin

Nota. Tomado de Diseño en ingeniería mecánica (p.279), por Shigley, 2008, Mc Graw-Hill

Factor de superficie k_a

$$k_a = a S_{ut}^b$$

Con los factores para acabado superficial esmerilado

Figura 40

Parámetros del factor de condición superficial

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	S_{ut} , kpsi	S_{ut} , MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265

Nota. Tomado de Diseño en ingeniería mecánica (p.324), por Shigley, 2008, Mc Graw-Hill

$$a = 1.58$$

$$b = -0.085$$

Factor de tamaño k_b

Figura 41

kb para flexión y torsión

$$k_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ pulg} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases}$$

Nota. Tomado de Diseño en ingeniería mecánica (p.337), por Shigley, 2008, Mc Graw-Hill

Debido a que no se ha determinado el diámetro se asume el factor $k_b = 0.5$

Factor de temperatura k_c

Al ser un esfuerzo combinado de flexión y torsión $k_c = 1$

Factor de temperatura k_d

El eje funciona a temperatura ambiente $k_d = 1$

Factor de confiabilidad k_e

Para una confiabilidad de 99%, $k_e = 0.814$

Figura 42

Factores de confiabilidad

Confiabilidad, %	Variación de transformación z_o	Factor de confiabilidad k_o
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

Nota. Tomado de Diseño en ingeniería mecánica (p.337), por Shigley, 2008, Mc Graw-Hill

Factor de efectos varios k_f

Se asume al no existir diferencias superficiales $k_f = 1$

Límite de resistencia S_e'

$$S_e' = \begin{cases} 0.5S_{ut} & S_{ut} \leq 200 \text{ kpsi (1 400 MPa)} \\ 100 \text{ kpsi} & S_{ut} > 200 \text{ kpsi} \\ 700 \text{ MPa} & S_{ut} > 1 400 \text{ MPa} \end{cases}$$

Como $S_{ut} = 370 \text{ MPa}$

$$S_e' = 0.5(370) \text{ MPa}$$

$$S_e' = 185 \text{ MPa}$$

Al reemplazar los datos en la fórmula de diámetro mínimo se obtiene el valor de diámetro mínimo para la sección variable

$$\phi_{min} \geq 21.7 \text{ mm}$$

Entre la disponibilidad de ejes se selecciona uno de tamaño normalizado, para esta aplicación es escoge el de una pulgada ($\phi = 25.4 \text{ mm}$).

Para lo cual se calcula el factor de diseño mediante la fórmula de ED-Goodman con flexión y torsión constantes.

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi\phi^3} \left(\frac{2k_f M}{S_e} + \frac{\sqrt{3}k_{fs} T}{S_{ut}} \right) \quad (6)$$

Factor de diseño ED-Goodman

Nota. Tomado de Diseño en ingeniería mecánica (p.356), por Shigley, 2008, Mc Graw-Hill

Recalculando el límite de resistencia a la fatiga S_e para el diámetro seleccionado, manteniendo el valor de los factores usado inicialmente, con excepción del factor de forma k_b y los de concentración de esfuerzo k_f y k_{fs} .

$$k_b = 0.879(\phi)^{-0.107} = 0.879(25.4)^{-0.107}$$

$$k_b = 0.6218$$

Obteniendo un nuevo límite de resistencia a la fatiga

$$S_e = 27.6584MPa$$

Para el cálculo de concentración de esfuerzo se considera que el diámetro menor debe ser de al menos 20mm para que quepa en el espacio de los rodamientos.

De los Anexos 1 y 2 se obtiene k_f y k_{fs} respetivamente, con los datos:

$$D/d = 1.27$$

$$r/d = 0.05$$

Evaluando

$$k_f = 2$$

$$k_{fs} = 1.7$$

Reemplazando en la fórmula del factor de diseño es obtiene

$$\frac{1}{n} = 0.3917$$

$$n = 5.38$$

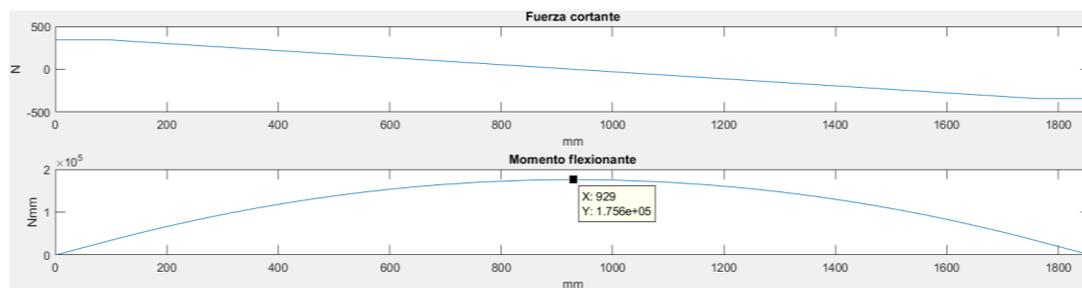
Al ser el factor calculado mayor que el requerido (2) se concluye que el diámetro del eje seleccionado y su cambio de sección son adecuados para el eje de mayor masa y tamaño.

3.3.3.3 Sección sometida a mayor esfuerzo flexionante

Al evaluar las funciones de fuerza cortante y esfuerzo flexionante en todo el eje se obtienen las gráficas.

Figura 43

Gráfica fuerza cortante y momento flexionante



El mayor momento flexionante se encuentra en la mitad del eje $\left(a + \frac{lr}{2}\right)$.

$$M\left(a + \frac{lr}{2}\right) = R_1\left(a + \frac{lr}{2}\right) - \frac{w_1}{2}\left(\frac{lr}{2}\right)^2 + \frac{w_1}{2}\left(-\frac{lr}{2}\right)^2$$

$$M_{max} = \frac{w_1 lr}{2}\left(a + \frac{lr}{2}\right) - \frac{w_1 lr^2}{8}$$

$$M_{max} = \frac{w_1 lr}{2}\left(a + \frac{lr}{4}\right)$$

$$M_{max} = \frac{9,81m}{2}\left(a + \frac{lr}{4}\right)$$

Reemplazando los valores conocidos

$$lr = 1670mm$$

$$a = \frac{lt - lr}{2} = \frac{1858 - 1670}{2}$$

$$a = 94mm$$

$$M_{max} = \frac{9,81(70)N}{2} \left(94mm + \frac{1670mm}{4} \right)$$

$$M_{max} = 175623.525Nmm$$

En este caso al ser estática el factor este debe ser mayor o igual que 2.

Reemplazando en la ecuación

$$N = \frac{S_y}{\sigma}$$

$$N \geq 2$$

$$\frac{S_y}{\sigma} \geq 2$$

El esfuerzo de flexión está dado por

$$\sigma = \frac{M}{Z}$$

Donde el módulo de sección Z depende de la geometría y dimensiones de la sección transversal.

$$Z = \frac{I}{c}$$

Para una sección circular sólida.

$$Z = \frac{\frac{\pi r^4}{4}}{r}$$

$$Z = \frac{\pi r^3}{4}$$

$$\frac{S_y Z}{M_{max}} \geq 2$$

$$\frac{S_y \pi r^3}{4 M_{max}} \geq 2 \quad (7)$$

Reemplazando los valores de la ecuación 7, se obtiene.

$$S_y = 300MPa = 300 \times 10^6 \frac{N}{m^2} \left(\frac{1m^2}{(1000mm)^2} \right)$$

$$S_y = 300 \frac{N}{mm^2}$$

$$r = 12.7mm$$

$$M_{max} = 175623.525Nmm$$

Finalmente se cumple

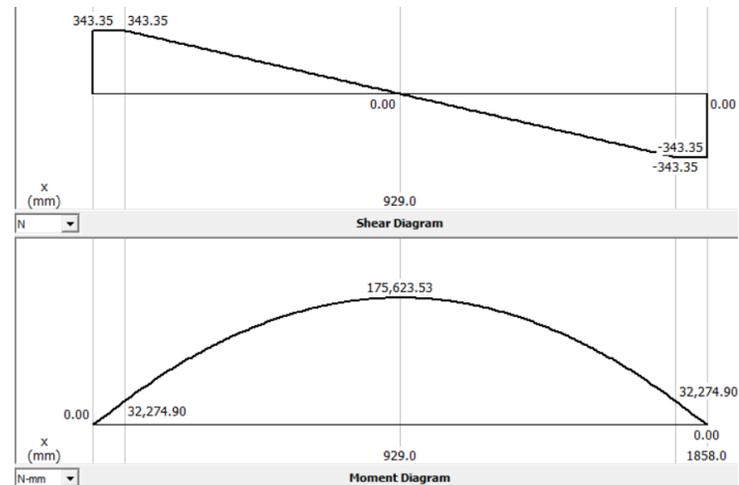
$$2.7481 \geq 2$$

Por lo que el eje no falla por esfuerzo flexionante en la posición x que este tiene el mayor valor.

Se verifican los valores de fuerza cortante y momento flexionante con el software MDsolid.

Figura 44

Diagrama Fuerza cortante y Momento flexionante MDSolid



3.3.3.4 Análisis de flexión y pendiente

A partir de la ecuación de momento flexionante se obtiene la de flexión.

$$M(x) = EIy''$$

$$\theta(x) = \frac{1}{EI} \int M(x)$$

$$\theta(x) = \frac{1}{EI} \left(R_1 \frac{x^2}{2} - \frac{w_1}{6} \langle x - a \rangle^3 + \frac{w_1}{6} \langle x - lr - a \rangle^3 + C_1 \right)$$

$$y(x) = \int \theta(x)$$

$$y(x) = \frac{1}{EI} \left(R_1 \frac{x^3}{6} - \frac{w_1}{24} \langle x - a \rangle^4 + \frac{w_1}{24} \langle x - lr - a \rangle^4 + C_1 x + C_2 \right)$$

Para determinar las constantes se toman en cuenta las condiciones de frontera.

En $x = 0, y = 0$

$$y(0) = C_2 = 0$$

$$C_2 = 0$$

En $x = lt, y = 0$

$$y(lt) = \frac{1}{EI} \left(R_1 \frac{lt^3}{6} - \frac{w_1}{24} \langle lt - a \rangle^4 + \frac{w_1}{24} \langle lt - lr - a \rangle^4 + C_1 lt + C_2 \right) = 0$$

$$C_1 lt = - \left(R_1 \frac{lt^3}{6} - \frac{w_1}{24} \langle lt - a \rangle^4 + \frac{w_1}{24} \langle lt - lr - a \rangle^4 \right)$$

$$C_1 = - \left(R_1 \frac{lt^2}{6} - \frac{w_1}{24lt} (lt - a)^4 + \frac{w_1}{24lt} (lt - lr - a)^4 \right)$$

Reemplazando las constantes en la ecuación de flexión:

$$y(x) = \frac{1}{EI} \left(R_1 \frac{x^3}{6} - \frac{w_1}{24} \langle x - a \rangle^4 + \frac{w_1}{24} \langle x - lr - a \rangle^4 \right) + C_1 x + C_2$$

Se obtiene:

$$y(x) = \frac{1}{EI} \left[R_1 \frac{x(x^2 - lt^2)}{6} - \frac{w_1}{24} \langle x - a \rangle^4 + \frac{w_1 x}{24lt} (l - a)^4 + \frac{w_1}{24} \langle x - lr - a \rangle^4 - \frac{w_1 x}{24lt} (lt - lr - a)^4 \right] \quad (8)$$

De la ecuación de la pendiente obtenida

$$\theta(x) = \frac{1}{EI} \left(R_1 \frac{x^2}{2} - \frac{w_1}{6} \langle x - a \rangle^3 + \frac{w_1}{6} \langle x - lr - a \rangle^3 + C_1 \right)$$

Se reemplaza C_1

$$\theta(x) = \frac{1}{EI} \left[R_1 \left(\frac{3x^2 - lt^2}{6} \right) - \frac{w_1}{6} \langle x - a \rangle^3 + \frac{w_1}{6} \langle x - lr - a \rangle^3 + \frac{w_1}{24lt} (lt - a)^4 - \frac{w_1}{24lt} (lt - lr - a)^4 \right] \quad (9)$$

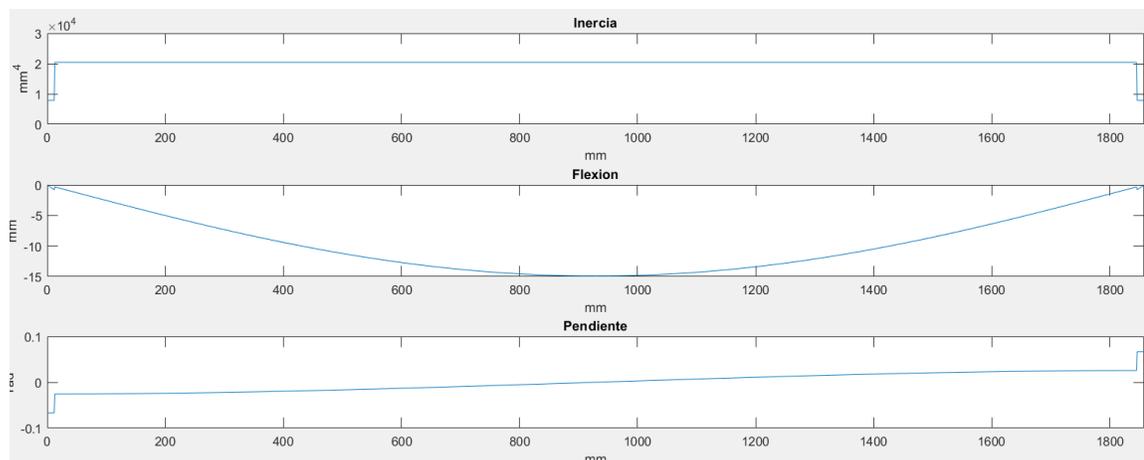
Al evaluar las funciones se toma en cuenta el cambio de inercia por la sección variable.

En la figura 38, en los intervalos 0 a b , y $lt - b$ a lt $\emptyset = 20mm$, mientras que en el resto del eje

$\emptyset = 25.4mm$. La inercia y flexión se distribuyen como la Figura 38.

Figura 45

Gráfica de Inercia, Flexión y Pendiente



Con el reemplazo de las ecuaciones 8 y 9, se indican las flexiones y pendientes en los puntos significativos en la tabla:

Tabla 5

Tabla de flexión y pendiente del eje

$x[\text{mm}]$	Inercia [mm^4]	Flexión [mm]	Pendiente [rad]
0	7853.9816	0	-0.0659
12	7853.9816	-0.7991	-0.0658
13	20431.7123	-0.3328	-0.02559
929	20431.7123	-14.9018	0
1845	20431.7123	-0.3328	0.02559
1846	7853.9816	-0.7991	0.0658
1858	7853.9816	0	0.0659

Las pendientes en los rodamientos no son aceptables para el tipo de rodamiento usado, en este caso de bola esférica debe estar en un intervalo de 0.026 a 0.052 rad como indica la tabla 6.

Figura 46

Valores pendiente

Pendientes	
Rodillo ahusado	0.0005-0.0012 rad
Rodillo cilíndrico	0.0008-0.0012 rad
Bola con ranura profunda	0.001-0.003 rad
Bola esférica	0.026-0.052 rad
Bola autoalineante	0.026-0.052 rad
Engrane recto sin corona	< 0.0005 rad

Nota. Tomado de Diseño en ingeniería mecánica (p.367), por Shigley, 2008, Mc Graw-Hill

El valor de pendiente que se debe estar en el intervalo de aceptabilidad para rodamientos de bolas se encuentra al inicio del eje ($x = 0$), por lo que se evalúa la ecuación 9 en ese punto.

$$\theta(0) = \frac{1}{EI} \left[R_1 \left(\frac{-lt^2}{6} \right) + \frac{w_1}{24lt} (lt - a)^4 - \frac{w_1}{24lt} (lt - lr - a)^4 \right]$$

$$\theta(0) = \frac{523}{I}$$

$$\frac{523}{I} \leq 0.052$$

$$I \geq 10057.6923 \text{mm}^4$$

$$\frac{\pi r^4}{4} \geq 10057.6923 \text{mm}^4$$

$$r \geq 10.6378$$

Por lo que el nuevo diámetro de la sección menor se redimensiona a 11mm.

Los datos finales del eje son:

Tabla 6

Datos finales eje

Descripción	Valor	Unidad
Longitud total	1858	mm
Distancia de la sección de diámetro menor	94	mm
Distancia de la sección de diámetro mayor	1670	mm
Diámetro mayor	25.4	mm
Diámetro menor	22	mm

Con los que se nuevamente se evalúa las ecuaciones 8 y 9 obteniendo los siguientes datos.

Tabla 7

Valores Inercia, flexión y pendiente eje

x [mm]	Inercia [mm ⁴]	Flexión [mm]	Pendiente [rad]
0	11499.0145	0	-0.04548
12	11499.0145	-0.5458	-0.04547
13	20431.7123	-0.3327	-0.02559
929	20431.7123	-14.9018	0
1845	20431.7123	-0.3327	0.02559
1846	11499.0145	-0.5458	0.04547
1858	11499.0145	0	0.04548

Cumpliendo los valores de pendiente recomendados para rodamientos que soportan al eje, descritos en la Figura 46.

3.4 Diseño Subsistema de Electrónico del carro tendedor

3.4.1 Diseño conceptual

Diseño 1: Arduino Uno

Figura 47

Placa Arduino



Nota. Adaptado de Arduino Uno [Fotografía], por Arduino.cl. S/F, (<https://arduino.cl/>).

Tabla 8

Características Arduino

Características Arduino Uno	
Costo	10 (Copia) 30 (Original)
Conexión a internet	No dispone conexión a internet
Velocidad de trabajo	16 MHZ
Disposición para HMI	Si
Voltaje operativo	5V

Diseño 2: Teensy 4.0

Figura 48

Placa Teensy 4.0



Nota. Placa de desarrollo Teensy[®] 4.0 [Fotografía], por PJRC. S/F, (<https://www.pjrc.com/>).

Tabla 9

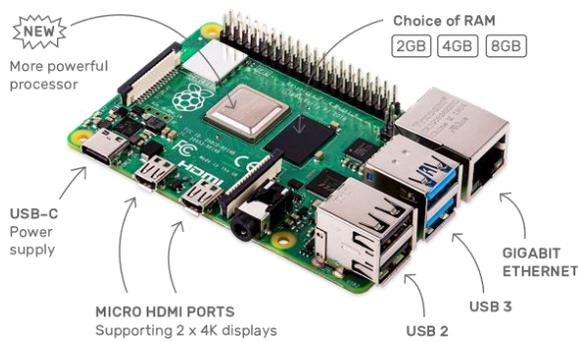
Características Teensy 4.0

Características Teensy 4.0	
Costo	38,5
Conexión a internet	No dispone conexión a internet
Velocidad de trabajo	600 MHZ
Disposición para HMI	Si
Voltaje operativo	5V

Diseño 3: Raspberry Pi 4

Figura 49

Placa Raspberry pi



Nota. Adaptado de Raspberry pi 4 [Fotografía], por Raspberry.org. S/F,
(<https://www.raspberrypi.org/>)

Tabla 10

Características Raspberry 4

Características Raspberry pi 4	
Costo	90
Conexión a internet	Si dispone
Velocidad de trabajo	1,5 GHz
Disposición para HMI	Si
Voltaje operativo	3,3 V

3.4.2 Diseño preliminar

Tabla 11

Matriz alternativas microcontroladores

	Costo	Conexión a internet	Velocidad de trabajo	Disposición para HMI	Voltaje operativo	Rango
Factor de ponderación	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	1
Diseño 1	8	4	3	3	10	3,4
	1,6	0,8	0,6	0,3	1	
Diseño 2	9	4	6	3	10	5,1
	1,8	0,8	1,2	0,3	1	
Diseño 3	3	10	9	10	6	6
	0,6	2	1,8	1	0,6	

Después de realizar la tabla comparativa uno de los factores más importantes que decidió que micro controlador usar fue el modelo que tuviera conexión a internet para integrar el monitoreo de datos con IoT. A continuación, se expondrá la implementación de la implementación de una interfaz gráfica y la conexión del IoT

3.4.3 Diseño detalle

Se determino para el diseño del HMI el uso de una raspberry pi por sus características, considerando su mayor puntaje en la matriz de alternativas de microcontroladores. Para esto se dispuso de Tkinter una librería de Python en el desarrollo de la interfaz gráfica mediante un microcontrolador ESP8266 para las conexiones y envió de datos por la web.

En la figura 50 se puede observar cómo se declaran las variables a usar para generar un entorno gráfico en el cual se manipulará el programa y estará encargado del envío de datos hacia el internet lo cual es un requerimiento de la fábrica.

Figura 50

Declaración variables python

```

from tkinter import *
from tkinter import ttk as ttk
import tkinter as tk
from tkinter import messagebox as MessageBox
from usuarios import usuario
import RPi.GPIO as GPIO
from time import sleep
from PIL import ImageTk, Image
import os

root = Tk()
root.title("Login Usuario")

ventanatedora = Tk()
ventanatedora.title("Menu Inicial")
ventanatedora.withdraw()

manualventana = Tk()
manualventana.title("Movimiento Manual")
manualventana.withdraw()

automaticoventana = Tk()
automaticoventana.title("Tenedora Automática")
automaticoventana.withdraw()

# Frame2 = Frame(ventanatedora)
# Frame3 = Frame(manualventana)

nombreUsuario = StringVar()
contrasuario = StringVar()
mtsmv = StringVar()
cpsvl=StringVar()
lngcvl=StringVar()
usuarios = {}

#Variables Motor
DIR = 23
EN = 27
PUL = 18
GPIO.setwarnings(False)
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setup(DIR, GPIO.OUT )
GPIO.setup(PUL, GPIO.OUT)
GPIO.setup(EN, GPIO.OUT, initial=GPIO.HIGH)
fze=5000
pwm= GPIO.PWM(PUL,fze) #1000Hz
#Variables FindeCarreas
GPIO.setup(10, GPIO.IN,pull_up_down=GPIO.PUD_UP)

```

Para realizar la programación del software que controlará el movimiento y conteo de capas se realizaron las siguientes acciones.

Se declararon e importaron las librerías necesarias, así como el Tkinter encargado de la parte visual, las GPIO las cuales son las salidas y entradas de propósito general, las librerías importadas controlaran las señales tanto de entrada como salida, se debe tomar en cuenta que el proceso de envío y lectura lo realizan señales digitales.

Figura 51

Declaración variables

```
from tkinter import *
from tkinter import ttk as ttk
import tkinter as tk
from tkinter import messagebox as MessageBox
from usuarios import usuario
import RPi.GPIO as GPIO
from time import sleep
from PIL import ImageTk, Image
import os
```

En la figura 52 se declaran las ventanas del programa para realizar el movimiento manual y automático para el movimiento del cabezal móvil de la tendedora

Figura 52

Declaración ventanas

```
root = Tk()
root.title("Login Usuario")

ventanatendedora = Tk()
ventanatendedora.title("Menu Inicial")
ventanatendedora.withdraw()

manualventana = Tk()
manualventana.title("Movimiento Manual")
manualventana.withdraw()

automaticoventana = Tk()
automaticoventana.title("Tendedora Automática")
automaticoventana.withdraw()
```

En la figura 53 se declaran los usuarios y las contraseñas respectivas los cuales podrán ingresar al programa. Este tipo de usuarios permitirá crear un sistema de seguridad para la

fábrica para que no cualquier persona pueda entrar al programa y mover la tendedora o manipular sin permiso del dueño.

Figura 53

Declaración de usuarios

```
def principal():
    bandera=0
    user1 = usuario("1", "1")
    usuarios.append(user1)
    user2 = usuario("2", "2")
    usuarios.append(user2)
    user2 = usuario("admin", "admin")
    usuarios.append(user3)
    createGUI()
    resp=user1.conectar(contraUsuario.get())
    return resp
```

En la figura 54 se verifica el usuario y contraseña para que solo entre en caso de coincidir con las credenciales que existen.

Figura 54

Inicio de sesión

```
def iniciarSesion():
    global Frame2, g
    ##
    for user in usuarios:
        if user.nombre == nombreUsuario.get():
            test = user.conectar(contraUsuario.get())
            if test:
                MessageBox.showinfo("Conectado", f"Se inicio sesion en [{user.nombre}] con EXITO!!!")
                root.withdraw()
                ventanatendedora.deiconify()
                #ventanatendedora.toplevel()
                Frame2 = Frame(ventanatendedora)
                Frame2.pack()
                Frame2.config(width=480,height=320)

                # botones
                manualButton = ttk.Button(Frame2, text="Manual", command=manual)
                manualButton.grid(column=1, row=1, ipadx=5, ipady=5, padx=10, pady=10)

                automaticoButton = ttk.Button(Frame2, text="Automático", command=automatico)
                automaticoButton.grid(column=1, row=2, ipadx=5, ipady=5, padx=10, pady=10)

                stopButton = ttk.Button(Frame2, text="Salir", command=stop)
                stopButton.grid(column=1, row=3, ipadx=5, ipady=5, padx=10, pady=10)

            else:
                MessageBox.showerror("Error", "Contraseña incorrecta")
                break
    else:
        MessageBox.showerror("Error", "No existen usuarios con ese nombre")
```

La figura 55 se visualiza la programación para el movimiento manual, el que permite al usuario desplazar el carro una distancia ingresada, es útil cuando se debe transportar el carro hacia una posición determinada de la mesa para iniciar el tendido de la tela.

Figura 55

Código movimiento manual

```

def manual():
    global Frame2
    ventanatededora.deiconify()
    #manualventana.deiconify()
    manualventana=Toplevel()
    manualventana.title("Movimiento Manual")
    manualventana.geometry("+0+0")
    #manualventana.attributes('-fullscreen', True)
    manualventana.geometry("%dx%d" % (1366, 600))
    Frame3 = Frame(manualventana)
    Frame3.pack()
    #Frame3.config(width=500,height=100)
    ingmts = Label(Frame3,text="Ingrese centimetros:",font=("Arial",12))
    ingmts.grid(column=1,row=1,columnspan=1)
    #Ingreso del valor de metros a mover
    mtsmv.set("0")
    mtsentry = Entry(Frame3,textvariable=mtsmv)
    mtsentry.grid(column=3,row=1,columnspan=2)
    # boton aceptando metros
    movercarroButton = ttk.Button(Frame3,text="Aceptar",command=movercarro)
    movercarroButton.grid(column=2,row=6,ipadx=5,ipady=5,padx=10,pady=10)
    #texto movimiento a pasos
    ingpas = Label(Frame3,text="Movimiento a pasos",font=("Arial",18))
    ingpas.grid(column=2,row=8,columnspan=1)
    #boton mover derecha
    moverderechaButton = ttk.Button(Frame3,text="←",command=movderecha)
    moverderechaButton.grid(column=2,row=10,ipadx=5,ipady=5,padx=10,pady=10)
    #boton mover izquierda
    moverizquierdaButton = ttk.Button(Frame3,text="→",command=movizquierda)
    moverizquierdaButton.grid(column=2,row=11,ipadx=5,ipady=5,padx=10,pady=10)
    #boton Atras
    atrasButton = ttk.Button(Frame3,text="Atras",command=manualventana.destroy)
    atrasButton.grid(column=2,row=12,ipadx=5,ipady=5,padx=10,pady=10)
    ##

```

La programación de la figura 56 selecciona la dirección de movimiento del carro, el desplazamiento puede ser hacia la izquierda o la derecha.

Figura 56

Código de movimientos

```

def movderecha():
    global fre
    GPIO.output(DIR, GPIO.LOW)
    pwm.ChangeFrequency(fre)
    for i in range(0,400):
        pwm.start(50)
        sleep(1/fre)
        print(i)
        print(fre)
    pwm.stop()

def movizquierda():
    global fre
    GPIO.output(DIR, GPIO.HIGH)
    pwm.ChangeFrequency(fre)
    for i in range(0,400):
        pwm.start(50)
        sleep(1/fre)
        print(i)
        print(fre)
    pwm.stop()

def movercarro():
    fre=1000
    mts=int(mtsmv.get())
    cms=(800*mts)/(3*3.14)
    cms=int(cms)
    print(cms)
    for i in range(0,cms):
        pwm.start(50)
        sleep(1/fre)
        #print(i)
        if (GPIO.input(10)==True ):
            i=mts-1
        else:
            break
    mtsmv.set("0")
    pwm.stop()

```

En la figura 57 se muestra la programación del movimiento automático del carro el cual el operario debe seleccionar hacia donde es el primer movimiento, el número de capas y la

longitud de las mismas, la cual cada vez que tienda una capa este preguntará si está todo correcto para regresar.

Figura 57

Código automático

```
def automatico():
    global Frame2
    ventanatendedora.deiconify()
    automaticoventana=Toplevel()
    automaticoventana.title("Tendedora Automática")
    automaticoventana.geometry('+0+0')
    ##automaticoventana.attributes('-fullscreen', True)
    automaticoventana.geometry("%dx%d" % (1366, 600))
    Frame4 = Frame(automaticoventana)
    Frame4.pack()
    titauto = Label(Frame4, text="Movimiento Automático", font=("Arial", 22))
    titauto.grid(column=0, row=1, columnspan=3)

    ingcps = Label(Frame4, text="Ingrese capas", font=("Arial", 14))
    ingcps.grid(column=0, row=2)
    #Ingreso del numero de capas
    cpsvlr.set("0")
    cpsentry = Entry(Frame4, textvariable=cpsvlr)
    cpsentry.grid(column=2, row=2)
    #Ingreso largo de capas
    lngcps = Label(Frame4, text="Ingrese longitud de capa", font=("Arial", 14))
    lngcps.grid(column=0, row=4)
    #Ingreso del numero de capas
    lngcvlr.set("0")
    lngentry = Entry(Frame4, textvariable=lngcvlr)
    lngentry.grid(column=2, row=4)
    # boton Numero de capas
    tendidoButton = ttk.Button(Frame4, text="Aceptar", command=tendido)
    tendidoButton.grid(column=1, row=6, ipadx=5, ipady=5, padx=10, pady=10)
    #boton Atras
    atraslButton = ttk.Button(Frame4, text="Atras", command=automaticoventana.destroy)
    atraslButton.grid(column=1, row=7, ipadx=5, ipady=5, padx=10, pady=10)
```

Figura 58

Código tendido

```
def tendido():
    cps=int(cpsvlr.get())
    print(cps)
    lngs=int(lngcvlr.get())
    nvlngs=(800*lngs)/(3*3.14)
    nvlngs=int(nvlngs)
    print(nvlngs)
    pwm.ChangeFrequency(1000)
    for g in range(0, cps):
        print(g)
        for i in range(0, nvlngs):
            pwm.start(50)
            #print(i)
            if (GPIO.input(10)==True ):
                i=1600-1
                parol=0
            else:
                break
        cpsvlr.set("0")
    pwm.stop()
```

Se tiene una pantalla principal la cual será la guía hacia las otras pantallas que existen y modos que tiene la máquina para poder operarla en el tendido de tela.

Figura 59*Pantalla inicio programa*

3.4.4 Selección de motores

3.4.4.1 Diseño detalle

Selección de llantas

El carro móvil para poder desplazarse por toda la mesa de tendido, usará unas llantas que irán en el carril que existe a cada lado de la mesa. Para saber que llantas debemos usar debemos partir de la ecuación que nos dirá cuanto es lo que cada llanta deberá soportar para que se pueda realizar el movimiento sin problema.

$$C = \frac{(P + M) * S}{N} \quad (10)$$

Donde:

C = Capacidad de carga requerida para cada rueda

P = Peso propio del aparato de transporte

M = Carga máxima

N = Número de ruedas aplicadas

S = Factor de seguridad

Debemos conocer el peso de la estructura sumaremos el peso de todos los componentes montados en la estructura los cuales son.

$$P = \text{peso estructura} + \text{peso motores} + \text{peso caja electrónica}$$

$$P = 86.86kg + 8kg + 10kg$$

$$P = 94.86 kg$$

Entonces:

$$P = 94.86kg$$

$$M = 70 kg$$

$$N = 4 \text{ ruedas}$$

$$S = 1.5$$

Reemplazando de la ecuación 9:

$$C = \frac{(P + M) * S}{N}$$

$$C = \frac{(94.86kg + 60kg) * 1.5}{4}$$

$$C = 58.07kg$$

Por lo cual se debe seleccionar ruedas que tengan un mínimo de carga de 58.07kg para cada llanta, por lo cual se escogió unas llantas con una carga máxima de carga de 150 kg

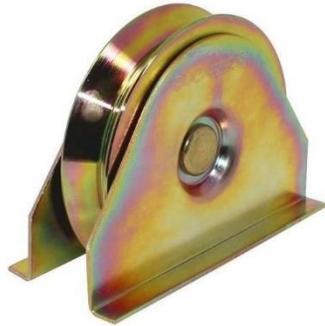
La referencia de esa llanta es Acanalada 32 * 25 40mm 1 $\frac{1}{2}$ " RYG

El diámetro es de 1 $\frac{1}{2}$ plg

Carga máxima 150 kg

Figura 60

Rueda acanalada



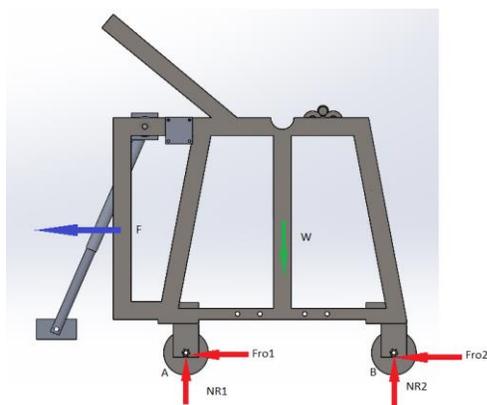
Nota. Tomada de Facebook. Por Ruedas Industriales de Colombia Sas. 2020.

Para la selección del motor se debe encontrar el torque necesario del motor para poder, como este motor tendrá un sistema de piñón cremallera se debe calcular la fuerza tangencial de la cremallera para poder sacar el par de diseño.

Para sacar la fuerza de empuje se parte del diagrama de cuerpo libre

Figura 61

Diagrama de fuerzas estructura



Haciendo la suma de fuerzas en cada eje

$$\sum F_y = 0$$

$$W = N_{r1} + N_{r2} \quad (11)$$

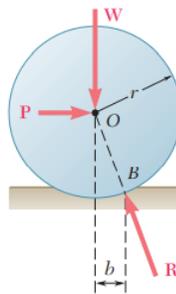
$$\sum F_x = ma$$

$$-F_{ro1} - F_{ro2} - F = ma \quad (12)$$

La fuerza F_{ro1} y F_{ro2} son las fuerzas de resistencias a la rodadura, la cual es la fuerza horizontal que se necesita aplicar en el centro de la rueda para que supere la resistencia a la rodadura y su fórmula se expresa como

Figura 62

Fuerza a la rodadura



Nota. Tomada de Mecánica Vectorial para ingenieros Estática (p. 444), por Beer, 2010, Mc Graw Hill

$$Pr = Wb \quad (13)$$

Fuerza a la rodadura

Nota. Tomada de Mecánica Vectorial para ingenieros Estática (p. 444), por Beer, 2010, Mc Graw Hill

Donde:

P = Fuerza horizontal para hacer rodar a la rueda

r = radio de la rueda

W = Acción de la carga

b = distancia horizontal entre O y B, también conocido como coeficiente de resistencia a la rodadura

Para este caso específico la fórmula se expresa como

$$F_{ro1} = \frac{N_{r1} * b}{r} \quad (14)$$

$$F_{ro2} = \frac{N_{r2} * b}{r} \quad (15)$$

Reemplazando estas ecuaciones 14 y 15 en la ecuación 12

Quedaría expresada como

$$-\frac{N_{r1} * b}{r} - \frac{N_{r2} * b}{r} - F = ma$$

$$-(N_{r1} + N_{r2}) * \frac{b}{r} - F = ma$$

De la ecuación 11 obtenemos que

$$W = N_{r1} + N_{r2}$$

Es decir

$$-(W) * \frac{b}{r} - F = ma$$

$$F = ma + \frac{Wb}{r} \quad (16)$$

A esto se debe agregar la fuerza debido a la fricción que se expresa como

$$F_f = m * g * u \quad (17)$$

Con estos datos podemos sacar la fuerza tangencial necesaria para poder mover el carro extendedor de tela

$$F_T = F + F_f \quad (18)$$

Reemplazando de la ecuación 16 y 17 en la ecuación 18 obtenemos:

$$F_T = ma + \frac{Wb}{r} + m * g * u \quad (19)$$

Donde

m = masa de la estructura

a = aceleración

W = peso de la estructura

b = 0.25 mm coeficiente de resistencia a la rodadura

r = radio de la rueda

$g = 9.81 \frac{m}{seg^2}$ gravedad

u = coeficiente de fricción

La masa de la estructura resulta de la suma de la masa del carro extendedor y de la caja electrónica el cual resulta como, se obtiene del programa SolidWorks donde se realizó el diseño de la estructura

Figura 63

Masa de la estructura



$$m = 76.635 \text{ kg}$$

A esto se le debe sumar la masa del rollo de mayor peso a extender el cual es 70 kg el cual es el mayor rollo que extienden en la fábrica, por lo cual la nueva masa sería

$$m = 146.635 \text{ kg}$$

La aceleración resulta del tiempo en el cual pase del reposo al movimiento, para lo cual

$$t = 0.2 \text{ seg}$$

Y la velocidad se obtiene de la experimentación de un trabajo de titulación anterior en el cual hace pruebas a varias velocidades un carro tendedor de tela y se escoge la velocidad en el cual el extendido es bueno.

$$V = \frac{6}{9} \frac{m}{seg}$$

Entonces la aceleración se puede expresar como

$$a = \frac{V_f - V_o}{t}$$

$$a = \frac{\frac{6}{9} \left[\frac{m}{seg} \right]}{0.2 \left[\frac{seg}{seg} \right]}$$

$$a = 3.333 \frac{m}{seg^2}$$

El peso de la estructura resulta de la fórmula

$$W = m * g$$

$$W = 146.635 \text{ kg} * 9.81 \frac{m}{seg^2}$$

$$W = 1435.84 \text{ N}$$

El radio de la rueda, es el radio de las ruedas que se van a usar en el carro extendedor el cual ya se escogió

$$r = 19.05 \text{ mm}$$

El coeficiente de fricción se obtiene de tablas el cual depende de los materiales a usarse

Figura 64

Coefficientes de fricción

TABLA 1 COEFICIENTES DE FRICCIÓN'

<i>Superficies</i>	μ_s	μ_k
Madera contra madera	0.25-0.5	0.2
Vidrio contra vidrio	0.9-1.0	0.4
Acero contra acero, superficies limpias	0.6	0.6
Acero contra acero, superficies lubricadas	0.09	0.05
Hule contra concreto seco	1.0	0.8
Madera encerada de un esquí contra nieve seca	0.04	0.04
Teflón contra Teflón	0.04	0.04

Nota. Tomado de Física 1 (p. 120), por Resnick, 2001, Continental

En la figura 64 se toma el de acero contra acero, pero lubricada ya que se agregará lubricación en la transmisión

$$u = 0.09$$

Reemplazando en la ecuación 19 obtenemos

$$F_T = ma + \frac{Wb}{r} + m * g * u$$

$$F_T = 146.635 \text{ kg} * 3.333 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2} + \frac{1435.84 \text{ N} * 0.25 \text{ mm}}{19.05 \text{ mm}} + 146.635 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2} * 0.09$$

$$F_T = 637.042 \text{ N}$$

Luego de esto podemos obtener el par necesario para que el motor pueda mover el carro extendedor

$$T = \frac{F_T * d}{2000} \quad (20)$$

Donde

d = diámetro del círculo de contacto del piñón

Para este dato debemos encontrar el diámetro primitivo del engranaje el cual se expresa bajo la fórmula

$$d = m * z$$

Donde

m = módulo

z = número de dientes

Sabiendo ya estos datos del piñón se puede obtener que

$$d = 1 * 30$$

$$d = 30 \text{ mm}$$

Reemplazando en la ecuación 20 se obtiene que

$$T = \frac{637.042 \text{ N} * 0.03 \text{ m}}{2000}$$

$$T = 9.555 \text{ Nm}$$

Para calcular el torque de diseño se multiplica por el factor de seguridad que en este caso es

$S_B = 1.5$ el cual se recomienda para aplicaciones horizontales.

$$T_d = T * S_B$$

$$T_d = 9.555 \text{ Nm} * 1.5$$

$$T_d = 14.325 \text{ Nm}$$

Entonces este valor como se usarán dos motores se divide entre dos el valor por lo que queda que el torque necesario para cada motor debe ser de $T_d = 7.16 \text{ Nm}$

Por lo cual se escoge un motor con un torque $T = 8.0 \text{ Nm}$ el cual es mayor al necesario para la aplicación.

Para conocer la velocidad máxima que tendrá el piñón se usa la fórmula

$$N_v = \frac{(V * 19100)}{d}$$

$$N_v = \frac{\left(\frac{6}{9} \frac{m}{seg} * 19100\right)}{30mm}$$

$$N_v = 424.444 \text{ rpm}$$

Diseño 1: Motor LRPX32 Brushless DC Planetary Gear Motor**Figura 65***Motor Brushless LRPX32*

Nota. Adaptado de LRPX32: MOTORREDUCTOR PLANETARIO BLDC DE 32 MM [Fotografía], por electrocraft. S/F.

Tabla 12*Características motor LRPX32*

Características Motor LRPX32 Brushless DC Planetary Gear Motor	
Costo	680
Peso	1.36 kg
Costo del Controlador (Velocidad)	El motor viene incluido con el controlador de velocidad
Torque	8 N-m
Sensores	El motor no tiene sensores

Diseño 2: Motor a pasos NEMA 34 86HSE8N-BC38**Figura 66***Motor NEMA34 86HSE8N-BC38*

Nota. Adaptado de Controlador y servomotor fácil híbrido NEMA 34 [Fotografía], por jss-motor.

S/F.

Tabla 13*Características motor NEMA 34 86HSE8N*

Características Motor NEMA 34 86HSE8N-BC38	
Costo	350
Peso	4 kg
Costo del Controlador (Velocidad)	El motor viene incluido con el controlador de velocidad
Torque	8 N-m
Sensores	Encoder (Posición y velocidad)

Diseño 3: Motor AC 4TK10GN-AW2U**Figura 67***Motor AC 4TK10GN-AW2U*

Nota. Adaptado de Motores de torsión y motores de engranajes de la serie World K de 10 W (1/75 HP) [Fotografía], por Oriental motor. S/F.

Tabla 14*Características Motor 4TK10GN-AW2U*

Características Motor 4TK10GN-AW2U	
Costo	300
Peso	4 kg
Costo del Controlador (Velocidad)	Hay que adquirir un Variador de frecuencia 154\$
Torque	7.9 N-m
Sensores	No posee sensores

3.4.4.2 Diseño preliminar

Tabla 15

Matriz alternativas motores

	Costo	Peso	Costo del Controlador (Velocidad)	Torque	Sensores	Rango
Factor de ponderación	0,3	0,1	0,2	0,3	0,1	1
Diseño 1	5	10	9	10	4	7,7
	1,5	1	1,8	3	0,4	
Diseño 2	7	7	9	9	10	8,3
	2,1	0,7	1,8	2,7	1	
Diseño 3	9	7	4	8	4	7
	2,7	0,7	0,8	2,4	0,4	

Después de haber realizado la tabla de comparación un factor diferenciador para la decisión fue que el motor tengo un control de velocidad integrado y que tenga sensores de retroalimentación para el cálculo de la velocidad real. A continuación, se expondrán los cálculos usados para considerar estos 3 diseños.

3.5 Diseño Interfaz Hombre Máquina

3.5.1 Diseño conceptual

ELECROW RC050

Figura 68

ELECROW RC050



Nota. Adaptado de Elecrow RC050 [Fotografía], Elecrow. S/F.

Figura 69

Características ELECROW RC050

Características ELECROW RC050	
Tamaño	5 In
Compatibilidad	Raspberry Pi 4, Pi 3B, Banana Pi
Costo	84,59\$

Características ELECROW RC050

Conexión HDMI, USB, MicroUSB

Resolución 800 x 480

Peso 117 gramos

Carcasa No

EVICIV 10.1**Figura 70***EVICIV 10.1*

Nota. Adaptado de 10.1 pulgadas de metal 2k) EVICIV 10.1 pulgadas / 2K monitor móvil / pantalla móvil [Fotografía], Tienda Sano. S/F.

Tabla 16*Características EVICIV 10.1*

Características EVICIV	
Tamaño	10.1 In
Compatibilidad	Raspberry Pi 4, Pi 3B, Banana Pi
Costo	200\$
Conexión	HDMI, USB, MicroUSB
Resolución	1920x1200
Peso	1197 gramos
Carcasa	Si

Lebula 7**Figura 71***Lebula 7*

Nota. Adaptado de Lebula [Fotografía], Ubuy. S/F, (<https://www.ubuy.co.id/>)

Tabla 17

Características Lebula 7

Características Lebula 7	
Tamaño	7 In
Compatibilidad	Raspberry Pi 4, Pi 3B, Banana Pi
Costo	114,67 \$
Conexión	HDMI, USB, MicroUSB
Resolución	1024 x 600
Peso	235 gramos
Carcasa	No

3.5.2 Diseño preliminar

Tabla 18

Matriz alternativas HMI

	Tamaño	Compatibilidad	Costo	Resolución	Peso	Rango
Factor de ponderación	0,3	0,1	0,2	0,3	0,1	1
Diseño 1	4	8	10	4	9	6,1
	1,2	0,8	2	1,2	0,9	

	Tamaño	Compatibilidad	Costo	Resolución	Peso	Rango
	9	8	3	10	4	7,5
Diseño						
2						
	2,7	0,8	0,6	3	.	0,4
Diseño	7	8	6	8	6	7,1
3						
	2,1	0,8	1,2	2,4	0,6	

Cuando se toman en cuenta uno de los requerimientos del cliente fue el uso de un HMI interactivo para el control de la maquinaria, en este caso el factor que decidió la elección de este dispositivo fue el tamaño de la pantalla y su resolución.

Para lo cual con las anteriores necesidades se planteó la casa de la calidad por lo cual se determinó ciertas posturas que se consideraron para resolverlas.

Luego de haber realizado la casa de la calidad que se encuentra en el Anexo 3 se puede verificar que para el cliente lo más importante es el diseño de la maquinaria con piezas económica, a pesar de que es posible se ha seleccionado piezas de calidad que cumplan con los requerimientos diseñados. Un requerimiento muy importante del cliente es que la máquina conste de un HMI o Interfaz hombre máquina el cual permita poder variar velocidades, prender, apagar y modificar parámetros de tendido. El siguiente requerimiento es diseñar un software el

cual le permita al usuario interactuar fácilmente y que no sea confuso su utilización es importante debido a que tenga una fácil capacitación a sus empleados. Como requerimientos no tan importantes para el cliente es conseguir las partes de la maquinaria en el país debido a que en el exterior existen a un menor costo abaratando el precio de la maquinaria y por último la parte ergonómica no es una necesidad fundamental.

3.6 Construcción e Implementación de sistemas

Una vez ya seleccionado los elementos que conforman el carro extendedor de tela, se procede con la construcción.

La construcción se tomó en cuenta el uso de materiales y equipos de fácil adquisición en el país para que en caso de necesitar un cambio o repuesto se pueda encontrar los elementos con facilidad en la ciudad, tanto los materiales como herramientas.

3.6.1 Equipos y herramientas para construcción

Para el proceso de implementación de la máquina se necesitó de diferentes herramientas, máquinas y equipos los cuales se describen en la siguiente tabla.

Tabla 19

Equipos y herramientas

Ítem	Descripción
1	Torno
2	Soldadora SMAW
3	Taladro
4	Taladro de pedestal
5	Amoladora

Ítem	Descripción
6	Hexagonales
7	Destornillador
8	Flexómetro
9	Ángulo
10	Calibrador
11	Peladora de cables
12	Ponchadora
13	Lima

3.7 Proceso de construcción

Al ya tener la mesa de trabajo, se procede con la instalación de la cremallera a lo largo de la mesa por ambos lados, ya que la máquina consta de dos motores moviéndose a la vez.

Figura 72

Instalación cremallera



DESIGNACION DE		UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE- LATACUNGA		
CÓDIGOS		DEPARTAMENTO CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA		
		CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		
E.P.M.= EQUIPO DE	PROYECTO DE	Diseño e implementación de un prototipo de un sistema automático modular de		
PROCESO MECÁNICO	TITULACIÓN:	tendido de tela utilizando IoT en la fase de supervisión para mejorar este proceso en la		
E.P.P.= EQUIPO DE		Fábrica Rocka Jeans		
PROTECCIÓN	LUGAR Y FECHA:	Cuenca, 20 de julio del 2021	MASA	
PERSONAL			TOTAL:	
MA= MANDIL	REALIZADO POR:	Nelson Sisalima O.	FECHA: 20-07-2021	APROBADO
GU= GUANTES				
GA= GAFAS DE	REVISADO POR:	Ing. Guido Torres	FECHA: 20-07-	
SEGURIDAD			2021	
T.A.= TAPONES				
AUDITIVOS				
TO = TORNO				
AM = AMOLADORA				

Con el uso del carro que ya se dispone en la fábrica, el cual se añadió las placas donde van montados los motores, el eje para el tendido de tela.

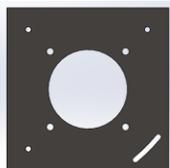
Se diseñó las placas de montaje de motores, los cuales irán de acuerdo a la distancia que exista entre el carro y la cremallera. Esta placa debe contar con las dimensiones normalizadas del NEMA 34 el cual tiene uno de cada lado.

Esta placa es la que irá montada directamente con el motor y a su vez este será el que se ajuste a la otra placa.

Tabla 21

Hoja de procesos Sujeción motor

N°	HOJA DE PROCESO		
2			
ELEMENTO: Sujeción motor	DENOMINACIÓN: Construcción	OBSERVACIONES	
RESPONSIBLE: Nelson Sisalima	MATERIAL: AISI 304	La sujeción de motor es construida en una sola pieza con diferentes procesos de manufactura detallados en la tabla	
CANTIDAD: 2			
TIEMPO ESTIMADO: 2 Horas	TRATAMIENTO TÉRMICO:		
TIEMPO REAL: 1 Hora 45 min	Ninguno		



PIEZA	CANTIDA	DESCRIPCION	DIMENSIONES
	D		
1	2	Sujeción motor	150; 150; 12 (mm)

N°	PIEZA	FASE	OPERACIO	CROQUIS	PARAMETRO	HERRAMIENTAS		TIEMPO (h)
						N	S	
1	Sujeción motor	Corte	Oxicorte		Corte	CP	MA GU GA T.A.	1 hora
2	Sujeción motor	Taladrado	Taladrado		Taladrado en pedestal	TP	MA GU GA T.A.	45 min

DESIGNACION DE CÓDIGOS	UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE- LATACUNGA		
	DEPARTAMENTO CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA		
	CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		
E.P.M.= EQUIPO DE PROCESO MECÁNICO E.P.P.= EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL	PROYECTO DE TITULACIÓN:	Diseño e implementación de un prototipo de un sistema automático modular de tendido de tela utilizando IoT en la fase de supervisión para mejorar este proceso en la Fábrica Rocka Jeans	
MA= MANDIL GU= GUANTES GA= GAFAS DE SEGURIDAD T.A.= TAPONES AUDITIVOS CP = CORTADORA PLASMA TP = TALADRO PEDESTAL	LUGAR Y FECHA:	Cuenca, 21 de julio del 2021	MASA TOTAL:
	REALIZADO POR:	Nelson Sisalima O.	FECHA: 21-07-2021 APROBADO
	REVISADO POR:	Ing. Guido Torres	FECHA: 21-07- 2021

Esta placa estará acoplada con el carro que se mueve a lo largo de la mesa, y a su vez estará unido con la otra placa al motor para poder generar el movimiento.

Tabla 22

Hoja de procesos Sujeción motor-carro

N°	HOJA DE PROCESO																	
3																		
ELEMENTO: Sujeción motor-carro	DENOMINACIÓN: Construcción		OBSERVACIONES															
			La sujeción de motor-carro es construida en una sola pieza con diferentes procesos de manufactura detallados en la tabla															
RESPONSIBLE: Nelson Sisalima	MATERIAL: AISI 304																	
CANTIDAD: 2																		
TIEMPO ESTIMADO: 4 Horas	TRATAMIENTO TÉRMICO:																	
TIEMPO REAL: 3 Horas	Ninguno																	
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>PIEZA</th> <th>CANTIDA</th> <th>DESCRIPCION</th> <th>DIMENSIONES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>D</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>Sujeción motor-carro</td> <td>150; 150; 12 (mm)</td> </tr> </tbody> </table>				PIEZA	CANTIDA	DESCRIPCION	DIMENSIONES		D			1	2	Sujeción motor-carro	150; 150; 12 (mm)
PIEZA	CANTIDA	DESCRIPCION	DIMENSIONES															
	D																	
1	2	Sujeción motor-carro	150; 150; 12 (mm)															
N°	PIEZA	FASE	OPERACIO	CROQUIS	PARAMETRO	HERRAMIENTAS		TIEMPO (h)										
			N		S	E.P.M	E.P.P											
1	Sujeción motor-carro	Corte	Oxicorte		Corte	CP	MA GU GA T.A.	2 hora										
2	Sujeción motor-carro	Taladrado	Taladrado		Taladrado en pedestal	TP	MA GU GA T.A.	1 hora										
DESIGNACION DE CÓDIGOS			UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE- LATACUNGA DEPARTAMENTO CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA															

E.P.M.= EQUIPO DE PROCESO MECÁNICO	PROYECTO DE TITULACIÓN:	Diseño e implementación de un prototipo de un sistema automático modular de tendido de tela utilizando IoT en la fase de supervisión para mejorar este proceso en la Fábrica Rocka Jeans		
E.P.P.= EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL	LUGAR Y FECHA:	Cuenca, 21 de julio del 2021	MASA	
MA= MANDIL	REALIZADO POR:	Nelson Sisalima O.	FECHA: 21-07-2021	TOTAL:
GU= GUANTES	REVISADO POR:	Ing. Guido Torres	FECHA: 21-07-	
GA= GAFAS DE SEGURIDAD			2021	
T.A.= TAPONES				
AUDITIVOS				
AM = AMOLADORA				
CP = CORTADORA				
PLASMA				
TP = TALADRO PEDESTAL				

Figura 73

Sujeciones de motor

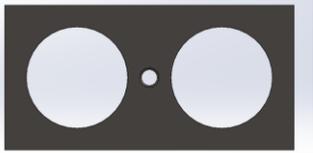
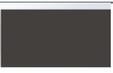


Una vez realizado las placas de soporte el siguiente paso es maquinar las placas de soporte de los tubos de tendido, el objetivo de esta placa es sostener a los tubos que van a

realizar el tendido. En ella se incrustarán 2 rodamientos los cuales permitirán rotar los tubos de tendido.

Tabla 23

Hoja de procesos placa tubo tendido

N°	HOJA DE PROCESO																			
4	ELEMENTO: Placa tubo tendido		DENOMINACIÓN: Construcción		OBSERVACIONES															
	RESPONSIBLE: Nelson Sisalima		MATERIAL: ASTM A36		La placa tubo tendido es construida en una sola pieza con diferentes procesos de manufactura detallados en la tabla															
	CANTIDAD: 2																			
	TIEMPO ESTIMADO: 3Horas		TRATAMIENTO TÉRMICO:																	
	TIEMPO REAL: 2 Horas 30 min		Ninguno																	
					<table border="1"> <thead> <tr> <th>PIEZA</th> <th>CANTIDA</th> <th>DESCRIPCION</th> <th>DIMENSIONES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>D</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>Placa tubo tendido</td> <td>120; 60; 12 (mm)</td> </tr> </tbody> </table>				PIEZA	CANTIDA	DESCRIPCION	DIMENSIONES		D			1	2	Placa tubo tendido	120; 60; 12 (mm)
PIEZA	CANTIDA	DESCRIPCION	DIMENSIONES																	
	D																			
1	2	Placa tubo tendido	120; 60; 12 (mm)																	
N°	PIEZA	FASE	OPERACIO	CROQUIS	PARAMETRO	HERRAMIENTAS		TIEMPO (h)												
			N		S	E.P.M	E.P.P													
1	Placa tubo tendido	Corte	Oxicorte		Corte	CP	MA GU GA T.A.	30 min												
2	Placa tubo tendido	Taladrado	Taladrado		Taladrado agujeros de 42mm	TP	MA GU GA T.A.	1 hora												

3	Placa tubo tendido	Roscado	Roscado		Rosca M8x1.25	MA	MA GU GA T.A.	1 hora
DESIGNACION DE		UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE- LATACUNGA						
CÓDIGOS		DEPARTAMENTO CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA						
		CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA						
E.P.M.= EQUIPO DE	PROYECTO DE	Diseño e implementación de un prototipo de un sistema automático modular de						
PROCESO MECÁNICO	TITULACIÓN:	tendido de tela utilizando IoT en la fase de supervisión para mejorar este proceso en la						
E.P.P.= EQUIPO DE		Fábrica Rocka Jeans						
PROTECCIÓN	LUGAR Y FECHA:	Cuenca, 25de julio del 2021					MASA	
PERSONAL		TOTAL:						
MA= MANDIL	REALIZADO POR:	Nelson Sisalima O.			FECHA: 25-07-2021		APROBADO	
GU= GUANTES								
GA= GAFAS DE	REVISADO POR:	Ing. Guido Torres			FECHA: 25-07-			
SEGURIDAD		2021						
T.A.= TAPONES								
AUDITIVOS								
MA = MACHUELO								
CP = CORTADORA								
PLASMA								
TP = TALADRO PEDESTAL								

Los tubos que irán incrustados en una unión que irán los rodamientos tienen una operación básica.

Tabla 24

Hoja de procesos tubo tendido

N°		HOJA DE PROCESO																	
5		ELEMENTO: Tubo tendido		DENOMINACIÓN: Construcción		OBSERVACIONES													
RESPONSIBLE: Nelson Sisalima		MATERIAL: AISI 1018		El tubo de tendido tendrá la capacidad de rotar para tender la tela este tubo se soldara a una union															
CANTIDAD: 2		TIEMPO ESTIMADO: 30 minutos		TRATAMIENTO TÉRMICO: Ninguno															
TIEMPO REAL: 15 min																			
																			
				<table border="1"> <thead> <tr> <th>PIEZA</th> <th>CANTIDA</th> <th>DESCRIPCION</th> <th>DIMENSIONES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>D</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>Tubo tendido</td> <td>1530;30 (mm)</td> </tr> </tbody> </table>				PIEZA	CANTIDA	DESCRIPCION	DIMENSIONES		D			1	2	Tubo tendido	1530;30 (mm)
PIEZA	CANTIDA	DESCRIPCION	DIMENSIONES																
	D																		
1	2	Tubo tendido	1530;30 (mm)																
N°	PIEZA	FASE	OPERACIO N	CROQUIS	PARAMETRO S	HERRAMIENTAS		TIEMPO (h)											
						E.P.M	E.P.P												
1	Tubo tendido	Corte	Corte		Corte	TD	MA GU GA T.A.	15 min											
DESIGNACION DE		UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE- LATACUNGA																	
CÓDIGOS		DEPARTAMENTO CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA																	
		CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA																	
E.P.M.= EQUIPO DE		PROYECTO DE		Diseño e implementación de un prototipo de un sistema automático modular de															
PROCESO MECÁNICO		TITULACIÓN:		tendido de tela utilizando IoT en la fase de supervisión para mejorar este proceso en la															
E.P.P.= EQUIPO DE		Fábrica Rocka Jeans																	
PROTECCIÓN		LUGAR Y FECHA:		Cuenca, 30 de julio del 2021		MASA													
PERSONAL		TOTAL:																	

MA= MANDIL	REALIZADO POR:	Nelson Sisalima O.	FECHA: 30-07-2021	APROBADO
GU= GUANTES				
GA= GAFAS DE	REVISADO POR:	Ing. Guido Torres	FECHA: 30-07-	
SEGURIDAD			2021	
T.A.= TAPONES				
AUDITIVOS				
TD = TALADRO				
AM = AMOLADORA				
TP = TALADRO				
PEDESTAL				

El tubo de tendido tendrá incrustado una unión para que sea ingresada en un rodamiento, esta unión tiene como función permitir a un tubo rotar para que el tubo tendedor no sea soldado sino tenga la capacidad de desarmarse y no dañar al rodamiento

Tabla 25

Hoja de procesos tubo unión

N°	HOJA DE PROCESO	
6		
ELEMENTO: Unión Tubo tendido	DENOMINACIÓN: Construcción	OBSERVACIONES
RESPONSIBLE: Nelson Sisalima	MATERIAL: AISI 1018	La unión del tubo tendedor dota al tubo la capacidad de hacer el mecanismo desmontable y poder hacerlo girar
CANTIDAD: 2		
TIEMPO ESTIMADO: 1 hora	TRATAMIENTO TÉRMICO:	
TIEMPO REAL: 45 min	Ninguno	



PIEZA	CANTIDA	DESCRIPCION	DIMENSIONES
	D		
1	2	Unión Tubo tendido	62;26 (mm)

N°	PIEZA	FASE	OPERACIO N	CROQUIS	PARAMETRO S	HERRAMIENTAS		TIEMPO (h)
						E.P.M	E.P.P	
1	Unión Tubo tendido	Corte	Corte		Corte	TD	MA GU GA T.A.	15 min
2	Unión Tubo tendido	Cilindrado	Cilindrado		Cilindrar	CC	MA GU GA T.A.	30 min

DESIGNACION DE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE- LATACUNGA

CÓDIGOS

DEPARTAMENTO CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

E.P.M.= EQUIPO DE

PROYECTO DE

Diseño e implementación de un prototipo de un sistema automático modular de

PROCESO MECÁNICO

TITULACIÓN:

tendido de tela utilizando IoT en la fase de supervisión para mejorar este proceso en la

E.P.P.= EQUIPO DE

Fábrica Rocka Jeans

PROTECCIÓN

LUGAR Y FECHA:

Cuenca, 30 de julio del 2021

MASA

PERSONAL

TOTAL:

MA= MANDIL

REALIZADO POR:

Nelson Sisalima O.

FECHA: 30-07-2021

APROBADO

GU= GUANTES

GA= GAFAS DE

REVISADO POR:

Ing. Guido Torres

FECHA: 30-07-

SEGURIDAD

2021

T.A.= TAPONES

AUDITIVOS

TD = TALADRO

CC= Cuchilla Cilindrado

Luego de realizar la placa encargada de sostener a los tubos de tendido se realiza se realizará una estructura telescópica, esta estructura constara de un tubo el cual tendrá un agujero en el cual se insertará una traba para que sostenga el tubo que se desplazara internamente por él.

Tabla 26

Hoja de procesos tubo guía superior

N°	HOJA DE PROCESO																		
5	ELEMENTO: Tubo guía superior		DENOMINACIÓN: Construcción		OBSERVACIONES														
	RESPONSIBLE: Nelson Sisalima		MATERIAL: SAE J 403 1008		El tubo guía superior es construido en una sola pieza con diferentes procesos de manufactura detallados en la tabla														
	CANTIDAD: 2		TRATAMIENTO TÉRMICO:																
	TIEMPO ESTIMADO: 1 Hora		Ninguno																
	TIEMPO REAL: 55 min																		
				<table border="1"> <thead> <tr> <th>PIEZA</th> <th>CANTIDA</th> <th>DESCRIPCION</th> <th>DIMENSIONES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>D</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>Tubo guía superior</td> <td>300;30 (mm)</td> </tr> </tbody> </table>				PIEZA	CANTIDA	DESCRIPCION	DIMENSIONES		D			1	2	Tubo guía superior	300;30 (mm)
PIEZA	CANTIDA	DESCRIPCION	DIMENSIONES																
	D																		
1	2	Tubo guía superior	300;30 (mm)																
N°	PIEZA	FASE	OPERACIO	CROQUIS	PARAMETRO	HERRAMIENTAS		TIEMPO (h)											
			N		S	E.P.M	E.P.P												
1	Tubo guía superior	Corte	Corte		Corte	TD	MA GU GA T.A.	10 min											

2	Tubo guía superior	Corte	Corte		Corte	AM	MA GU GA T.A.	15 min
3	Tubo guía superior	Taladrado	Taladrado		Huecos M5	TP	MA GU GA T.A.	30 min

DESIGNACION DE CÓDIGOS	UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE- LATACUNGA		
	DEPARTAMENTO CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA		
	CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		
E.P.M.= EQUIPO DE PROCESO MECÁNICO	PROYECTO DE TITULACIÓN:	Diseño e implementación de un prototipo de un sistema automático modular de tendido de tela utilizando IoT en la fase de supervisión para mejorar este proceso en la Fábrica Rocka Jeans	
E.P.P.= EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL	LUGAR Y FECHA:	Cuenca, 30 de julio del 2021	MASA TOTAL:
MA= MANDIL	REALIZADO POR:	Nelson Sisalima O.	FECHA: 30-07-2021
GU= GUANTES			
GA= GAFAS DE SEGURIDAD	REVISADO POR:	Ing. Guido Torres	FECHA: 30-07-2021
T.A.= TAPONES AUDITIVOS			
TD = TALADRO			
AM = AMOLADORA			
TP = TALADRO PEDESTAL			

Adicionalmente a la estructura telescópica se realizará el tubo que se desplazara internamente por el tubo telescópico el cual también consta de agujeros que permitirán variar la altura de la placa tendedora

Tabla 27

Hoja de procesos tubo guía inferior

N°		HOJA DE PROCESO						
6								
ELEMENTO: Tubo guía inferior		DENOMINACIÓN: Construcción			OBSERVACIONES			
RESPONSIBLE: Nelson Sisalima		MATERIAL: SAE J 403 1008			El tubo guía inferior es construido en una sola pieza con diferentes procesos de manufactura detallados en la tabla			
CANTIDAD: 2								
TIEMPO ESTIMADO: 1 Hora		TRATAMIENTO TÉRMICO:						
TIEMPO REAL: 20 min		Ninguno						
								
		PIEZA	CANTIDA	DESCRIPCION	DIMENSIONES			
			D					
		1	2	Tubo guía inferior	400;26 (mm)			
N°	PIEZA	FASE	OPERACIO N	CROQUIS	PARAMETRO S	HERRAMIENTAS		TIEMPO (h)
						E.P.M	E.P.P	
1	Tubo guía inferior	Corte	Corte		Corte	TD	MA GU GA T.A.	10 min
2	Tubo guía inferior	Taladrado	Taladrado		Huecos M5	TP	MA GU GA T.A.	10 min
DESIGNACION DE		UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE- LATACUNGA						
CÓDIGOS		DEPARTAMENTO CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA						
		CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA						

E.P.M.= EQUIPO DE PROCESO MECÁNICO	PROYECTO DE TITULACIÓN:	Diseño e implementación de un prototipo de un sistema automático modular de tendido de tela utilizando IoT en la fase de supervisión para mejorar este proceso en la Fábrica Rocka Jeans		
E.P.P.= EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL	LUGAR Y FECHA:	Cuenca, 30 de julio del 2021	MASA	
MA= MANDIL	REALIZADO POR:	Nelson Sisalima O.	FECHA: 30-07-2021	APROBADO
GU= GUANTES	REVISADO POR:	Ing. Guido Torres	FECHA: 30-07-	
GA= GAFAS DE SEGURIDAD			2021	
T.A.= TAPONES AUDITIVOS				
TD = TALADRO				
TP = TALADRO PEDESTAL				

Al final se realiza un soporte para unir las dos partes anteriores, esta estructura se soldará al tubo telescópico que aguantara el peso de la placa en donde irán los tubos de tendido.

Tabla 28

Hoja de procesos agarres tela

N°	HOJA DE PROCESO		
7	ELEMENTO: Agarres tela	DENOMINACIÓN: Construcción	OBSERVACIONES
	RESPONSIBLE: Nelson Sisalima	MATERIAL SAE J 403 1008	El Agarre de tela es construido en base a otras piezas ya conformadas mediante operaciones que se detallan a continuación
	CANTIDAD: 2		
	TIEMPO ESTIMADO: 1 Hora	TRATAMIENTO TÉRMICO:	
	TIEMPO REAL: 45 min	Ninguno	



PIEZA	CANTIDA	DESCRIPCION	DIMENSIONES
D			
1	1	Eje	1860; 22,23 (mm)
1	2	Placa tubo tendido	120; 60; 12 (mm)

N°	PIEZA	FASE	OPERACIO	CROQUIS	PARAMETRO	HERRAMIENTAS		TIEMPO (h)
						E.P.M	E.P.P	
1	Eje Tubo guía superior	Soldado	Suelda		Soldadura Electrodo 6011	SO	MA GU GA T.A.	45 min

DESIGNACION DE
CÓDIGOS

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE- LATACUNGA
DEPARTAMENTO CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

E.P.M.= EQUIPO DE PROYECTO DE Diseño e implementación de un prototipo de un sistema automático modular de
PROCESO MECÁNICO TITULACIÓN: tendido de tela utilizando IoT en la fase de supervisión para mejorar este proceso en la
E.P.P.= EQUIPO DE FÁBRICA DE FÁBRICA Rocka Jeans

PROTECCIÓN

LUGAR Y FECHA:

Cuenca, 02 de agosto del 2021

MASA

PERSONAL

TOTAL:

MA= MANDIL

REALIZADO POR:

Nelson Sisalima O.

FECHA: 02-08-2021

APROBADO

GU= GUANTES

GA= GAFAS DE

REVISADO POR:

Ing. Guido Torres

FECHA: 02-08-

SEGURIDAD

2021

T.A.= TAPONES

AUDITIVOS

SO = SOLDADORA

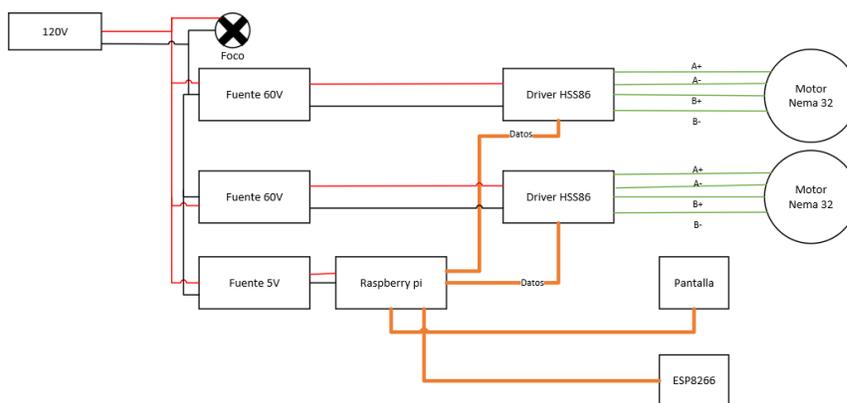
TP = TALADRO PEDESTAL

3.8 Conexiones eléctricas

A continuación, el diseño de la parte eléctrica se expone en la imagen siguiente en el cual se muestra la conexión de los motores, el modelo del motor seleccionado es un motor de lazo cerrado lo cual hace necesario que tenga más conexiones que un motor normal, los cuales son los encoders para medición de velocidad, el control de encendido y giro también es necesario conectar.

Figura 74

Conexiones eléctricas



El cual llega del toma corriente normal, con un selector para prender el sistema y un paro de emergencia para usarlo en caso de ser necesario. Tiene dos fuentes para cada motor, los cuales alimentan el driver y estos a su vez envían las señales hacia el motor. Toda esta conexión se armó en el armario metálico que está adaptado y sujeto a un lado del carro tendedor.

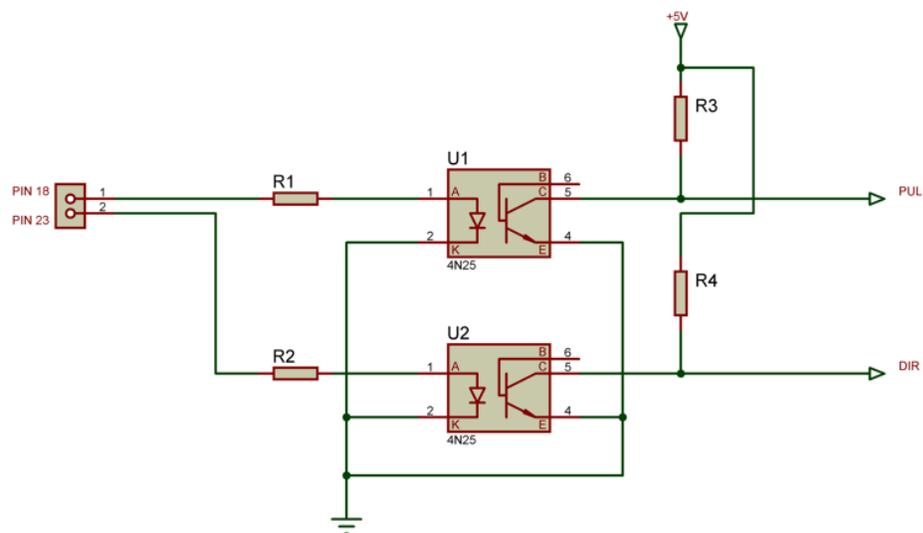
La sección de control la cual se usa una Raspberry como ya se seleccionó anteriormente, el programa envía las señales hacia los motores para que realicen el proceso este a su vez está conectado a la pantalla para que el usuario pueda manipular y también conectado al ESP8266 el

cual es el encargado de enviar las señales deseadas por el usuario a Internet para que pueda acceder y monitorear cuando quiera las señales deseadas.

A su vez las señales de salida de la Raspberry pi es 3.3V el cual no es un nivel lógico valido para el driver por lo cual, y por seguridad se añadieron optoacopladores, se usaron los 4N25 ya que estos conmutan aún a altas frecuencias lo cual es bueno ya que al crear el tren de pulsos se trabaja a frecuencias altas.

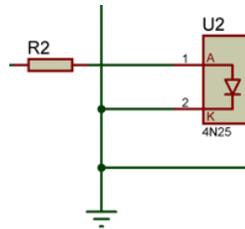
Figura 75

Conexión optoacopladores



En la figura 75 se puede observar cómo entra las señales de la Raspberry pi, entran al optoacoplador y tienen como salida el PUL y DIR del driver de ambos motores.

El mecanismo del optoacoplador funciona en la parte de entrada de un led el cual activara posteriormente un contacto de transistor, para proceder a activar este led es necesario calcular la resistencia R1 y R2 respectivamente ya que serán iguales.

Figura 76*Entrada del Optoacoplador*

El voltaje de entrada de R2 es 5 V lo cual será necesario aplicar para que el diodo se active, el consumo del diodo será 60 mA. Estos datos se podrán apreciar del Anexo 5.

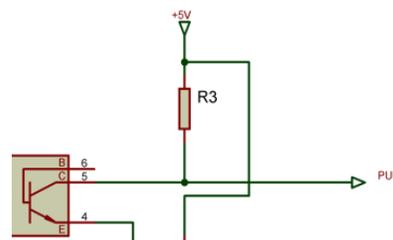
$$V = I * R \quad (21)$$

$$V_{Fuente\ de\ alimentación} = I_{Led} * R$$

$$5 = 60mA * R$$

$$R = 83.33\Omega$$

Para encender la entrada y activar el optoacoplador es necesario usar una resistencia de 83.33 Ω , la resistencia comercial elegida de 100 Ω para que no sobrepase la corriente máxima permisible y pueda funcionar correctamente el circuito de entrada, tanto la resistencia R1 y R2 se usaran estos valores.

Figura 77*Salida del optoacoplador*

La salida del circuito del optoacoplador corresponde a un transistor, este transistor activara un contacto el cual tiene 15 mA el cual corresponde la conexión del PUL.

Usando la ecuación 21.

$$V_{Fuente\ de\ alimentación} = I_{PUL} * R$$

$$5 = 15mA * R$$

$$R = 333.33\Omega$$

El valor comercial de resistencia corresponde 390 Ω es el cual procederá a implementar.

Se procederá a aplicar la ley de Ohm para poder despejar el valor de resistencia

En la programación del programa se lo hizo en Python el cual mediante el uso de las GPIO de las raspberry se pudo crear el programa.

El programa consta de una pantalla de inicio en el cual le pide el usuario y clave, la cual se creó a petición del dueño de la fábrica.

Figura 78

Pantalla de inicio programa



Luego al acceder con su usuario se tiene un pequeño menú en el cual puede ejecutar el movimiento manual o automático y salir en el caso de deseárselo.

Figura 79

Menú programa

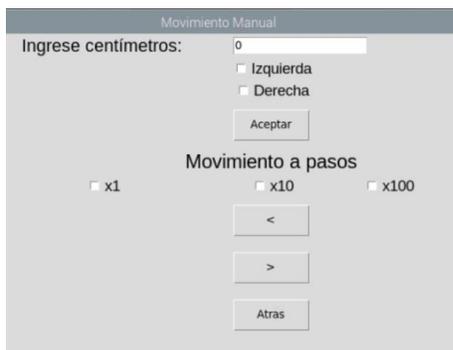


En la pantalla de movimiento manual se separa en dos, la primera parte uno puede ingresar los centímetros a moverse y el sentido deseado, así los puede mover los centímetros que desee si necesita mover solo una capa.

La segunda parte de la pantalla es un movimiento a pasos el cual puede escoger un paso ya definido el cual es de 10, 50 y 100 cm tanto para la derecha como izquierda eso dependiendo de la necesidad del momento.

Figura 80

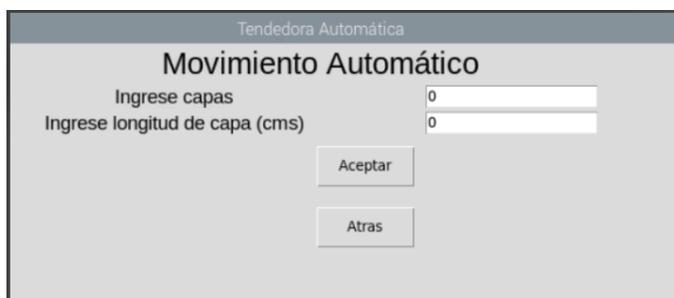
Pantalla movimiento manual



En la pantalla de automático se necesita ingresar dos datos, uno es el número de capas que necesite tender y el otro es la longitud de la capa. Luego de aceptar el carro se moverá desde el punto de inicio al deseado por el usuario y este a su vez cuando llegue esperar la confirmación de que llega para ingresar el tubo de tendido y luego de esto que se acepte la confirmación regresa al punto de inicio creando una nueva capa de tela, de igual manera pedirá la confirmación para seguir al otro lado. Así todas las veces que se pusieron con anterioridad en el número de capas.

Figura 81

Pantalla movimiento automático



The screenshot shows a user interface for an automatic loom. At the top, it says 'Tenedora Automática'. Below that is the title 'Movimiento Automático'. There are two input fields: 'Ingrese capas' with the value '0' and 'Ingrese longitud de capa (cms)' with the value '0'. Below the input fields are two buttons: 'Aceptar' and 'Atras'.

3.9 Envió y visualización de datos

El proyecto se centra en el área de supervisión de datos que se mandaran por medio de IoT a una plataforma el cual el cliente tenga conexión mediante internet.

El primer paso para el desarrollo de esta aplicación fue programar en un módulo WiFi para que tenga la capacidad de medir por medio de un sensor de corriente y luego procesar y realizar un cálculo de consumo eléctrico en la raspberry y mandar a la plataforma ThingSpeak. Para realizar este proceso fue necesario programar un microcontrolador esp86 mediante el IDE de arduino y crear la comunicación.

Figura 82*Código envío de datos*

```

String postStr = apiKey;
postStr += "&field1=";
postStr += String(corriente);
postStr += "&field2=";
postStr += String(coelectrico);
postStr += "&field3=";
postStr += String(numcapas);
postStr += "&field4=";
postStr += String(usuario);
postStr += "&field5=";
postStr += String(costo);
postStr += "\r\n\r\n";
client.print("POST /update HTTP/1.1\n");
client.print("Host: api.thingspeak.com\n");
client.print("Connection: close\n");
client.print("X-THINGSPEAKAPIKEY: "+apiKey+"\n");
client.print("Content-Type: application/x-www-form-urlencoded\n");
client.print("Content-Length: ");
client.print(postStr.length());
client.print("\n\n");
client.print(postStr);

```

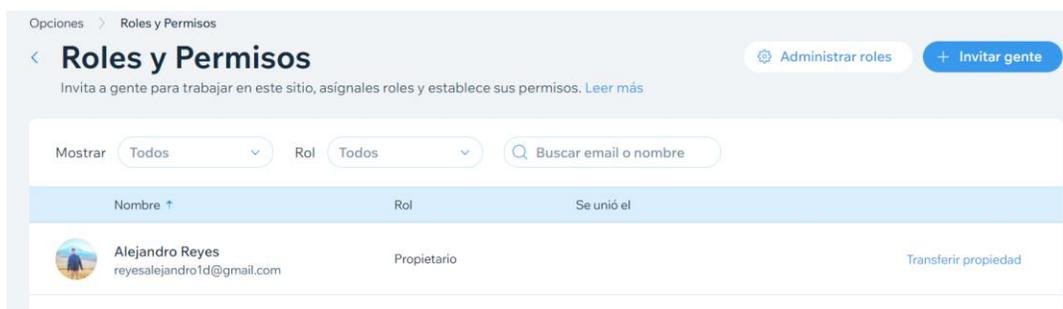
Luego de tener la comunicación los datos se publicarán en gráficos los cuales se podrán exportar a una página web para el dueño de la fábrica el cual podrá acceder para ver variables como el consumo eléctrico, corriente, numero de capas tendidas las cuales se mostrarán en una dirección web

Figura 83*Visualización de datos*

A momento de publicar fue necesario realizar una página privada para que no cualquier persona puedan ver los datos de la empresa ya que desde el punto de vista de privacidad es necesario censurar estos datos. Lo que se realizo fue añadir un login y registrar credenciales para que solo la persona con un correo determinado y una contraseña pueda acceder a la información

Figura 84

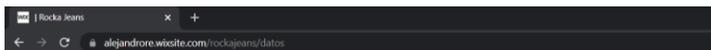
Roles y permisos



En la imagen anterior se registra el correo de la persona que tendrá acceso la página web en donde serán publicados los datos de la tendedora. En la imagen siguiente se expone como al momento de entrar es necesario ingresar con un correo o no permitirá el ingreso.

Figura 85

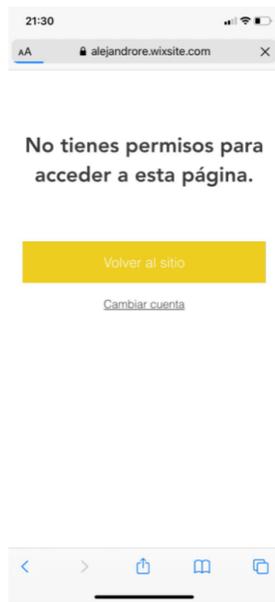
Solicitud de permiso



En el caso de que no tenga los permisos para acceder a la página, se puede dar cuando una persona externa lo intente hacer este no le dejará entrar y le saldrá una pantalla como se expone en la siguiente imagen.

Figura 86

Pantalla negación permisos



Una vez ya montado todo este sistema, la máquina ya está lista para poder ejercer su trabajo.

Figura 87

Máquina ensamblada



3.10 Análisis de Costos

Es necesario realizar un estudio de los costos de los materiales que fueron usados para la construcción de la tendedora de tela automatizada, el objetivo de este estudio es determinar el costo de la maquinaria y la mano de obra que fue necesaria para construirla. A continuación, serán expuestos los costos directos e indirectos.

3.10.1 Costos directos

Los costos directos están relacionados con la adquisición de materia prima, elementos de sujeción o fijación y que tengan que ver con la construcción de la maquinaria

3.10.2 Materiales Directos

Los materiales directos es la materia prima que intervino en la construcción de la máquina los cuales estarán expuestos en la siguiente tabla

Tabla 29

Materiales Directos

Componente	Cantidad	Precio	Total
Eje 1 plg	1	20	20
Varilla 20mm	1	19.75	19,75
Rodamientos	8	2.5	20
Tubo 1 ¼ plg	1	14.15	14,15
Tubo 27 mm	1	11	11
Placa 12mm	2	1.575	3,15
Placa 3mm	4	4	16
Placa para soldar	1	0.75	0,75

Componente	Cantidad	Precio	Total
Terminal eléctrico	1	7.01	7,01
Adaptador AC	1	1	1
Total			\$ 112,81

3.10.3 Elementos normalizados

Los elementos normalizados son las piezas que tienen un código el cual se basa en alguna norma el cual es conocido en el mercado para su venta.

Tabla 30

Elementos normalizados

Componente	Cantidad	Precio	Total
Rodamientos	8	2.5	20
Pernos M10x30	8	0.3	10,8
Pernos M5x30	16	0.2	3,2
Pernos M6x30	8	0.25	2
Pernos M8x12	2	0.3	0,6
Pernos M6x10	8	0.15	1,2
Tuercas M10	8	0.05	0,4
Tuercas M5	16	0.05	0,8
Tuercas M6	16	0.05	0,8
Luz piloto roja	1	2.32	2,32
Tuercas M8	2	0.05	0,1

Componente	Cantidad	Precio	Total
Arandelas	36	0.02	0,72
Electrodos 6011	1 kg	5.5	5,5
Cremallera 15x15x1000	13	16.5	214,5
Engranaje Z30 M1	2	5	10
Motor NEMA 34 86HSE12N-BC38	2	146	292
Fuente 60v para motor 86HSE12N-BC38	2	25	50
Driver HSS86	2	35	70
Raspberry pi4B	1	120	120
ESP8266	1	8	8
Pantalla EVICIV 10plg	1	150	150
Caja eléctrica 45x60	1	10.5	10,5
Resistencias	4	0.1	0,4
Optoacopladores 4n25	2	1	2
Borneras 2 pines	8	0.2	1,6
Pulsador paro de emergencia	1	3.15	3,15
Selector 2 posiciones	1	2.75	2,75
Borneras Riel EN 50045,	20	1.64	32,8
Tope Bornera Riel EN 50045,	2	2.75	5,5
Rielin EN 50045,	1	1.91	1,91
Cable 4 Hilos #14	5	2.5	12,5
Cable 2 Hilos #14	5	2.5	12,5

Componente	Cantidad	Precio	Total
Terminal eléctrico 2 pines	1	7.01	7,01
Conector BNC	5	2.45	12,25
Total			\$1067.31

3.10.4 Mano de obra directa

Para llevar a cabo la construcción se realizó varias operaciones las cuales estarán expuestas a continuación con su respectivo costo

Tabla 31

Mano de obra

Mano de obra	Costo
Soldadura	40
Torneado	40
Doblado	20
Perforado	20
Oxicorte	50
Total	\$ 170

Existen materiales que son necesarios para la construcción de la máquina, pero no se presentan en el producto final esto se debe a que son consumibles.

3.10.5 Materiales Indirectos

Tabla 32

Materiales Indirectos

Componente	Cantidad	Precio	Total
Electrodos 6011	1 kg	5.5	5,5
Discos de corte VCR Max	5	0.75	3,75
Metal			
Estaño	1	2	2
Total			\$11.25

3.10.6 Costo Total

Los costos totales van a poder ser determinados sumando los materiales indirectos, la mano de obra indirecta, los elementos normalizados y materiales directos

Tabla 33

Costo total

Lista de costos	Costo
Materiales Directos	\$ 112,81
Elementos Normalizado	\$1067.31
Mano de obra directa	\$ 170
Materiales Indirectos	\$11.25
Total	\$ 1350,62

El costo total de la maquinaria para tender tela esta alrededor de \$1350 tomando en cuenta todos los materiales usados para fabricarla.

Capítulo IV

4. Pruebas y resultados

El objetivo del proyecto está orientado a la demostración que la máquina implementada mejore el proceso de tendido de tela. Las variables que se van a considerar para la viabilidad del proyecto será el tiempo de tendido en comparación con un empleado y el costo de consumo respecto a una persona que realiza el tendido.

4.1 Pruebas de tensado

En la empresa manejan cuatro diferentes de telas los cuales tienen diferentes características:

4.1.1 Tela1: Duo Elastic

El primer tipo de tela es el llamado Duo Elastic, las características son las siguientes

Tabla 34

Características Tela Duo Elastic

Tela 1: Duo Elastic	Mezclilla
	

Descripción		Valor	Unidad
Ancho de tela (m)		1.4	m
Gramura		306	g/m ²
Longitud		100.66	m
Peso		43.123	kg
Composición	Algodón	89	%
	Elastomultiester	8	%
	Elastano	3	%

En este tipo de tela se le realizaron pruebas de tensiones para tendido, para verificar la fuerza necesaria que se aplicará en los motores para el desplazamiento y se obtendrá la tensión promedio para tender este tipo de tela

Tabla 35

Tensiones de tendido

TENSIONES DE TENDIDO				
Tela 1		Duo Elastic		Dispersión
Número de ensayo	Descripción	Unidad	Valor	
1	Fuerza	N	7.665	0.195
2	Fuerza	N	7.350	-0.120
3	Fuerza	N	7.497	0.027
4	Fuerza	N	7.560	0.090
5	Fuerza	N	7.455	-0.015
6	Fuerza	N	7.497	0.027
7	Fuerza	N	7.455	-0.015

Número de ensayo	Descripción	Unidad	Valor	Dispersión
8	Fuerza	N	7.455	-0.015
9	Fuerza	N	7.371	-0.099
10	Fuerza	N	7.392	-0.078
Tensión Promedio			7.47N	

El promedio de tensión necesaria para tender este tipo de tela es 7.46 N, la cual va a ser tomada en cuenta al momento de tender tela. La variación máxima aproximada de los valores tomada es de 0.3 N

Figura 88

Tensión de telas



4.1.2 Tela 2: Tela popelina

El segundo tipo de tela es llamado popelina, las características son las siguientes

Tabla 36

Características tela 2

Tela 2		Popelina	
			
Descripción	Valor	Unidad	
Ancho de tela (m)	1.5	m	
Gramura	289	g/m ²	
Longitud	74	m	
Peso	32.079	kg	
Composición	Algodón	98	%
	Elastano	2	%

En este tipo de tela se le realizaron pruebas de tensiones para tendido, para verificar la fuerza necesaria que se aplicará en los motores para el desplazamiento y se obtendrá la tensión promedio para tender este tipo de tela

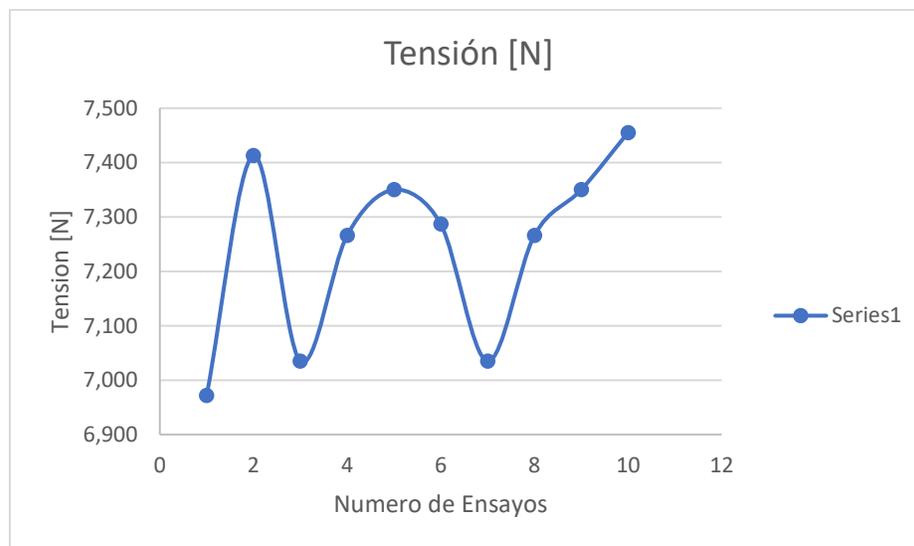
Tabla 37*Tensiones de segunda tela*

TENSIONES DE TENDIDO				
Tela 2		Popelina		Dispersión
Número de ensayo	Descripción	Unidad	Valor	
1	Fuerza	N	6.972	-0.271
2	Fuerza	N	7.413	0.170
3	Fuerza	N	7.035	-0.208
4	Fuerza	N	7.266	0.023
5	Fuerza	N	7.350	0.107
6	Fuerza	N	7.287	0.044
7	Fuerza	N	7.035	-0.208
8	Fuerza	N	7.266	0.023
9	Fuerza	N	7.350	0.023
10	Fuerza	N	7.455	0.107
Tensión Promedio			7.243	

El promedio de tensión necesaria para tender este tipo de tela es 7.24 *N*, la cual va a ser tomada en cuenta al momento de tender tela. La variación máxima aproximada de los valores tomada es de 0.23 *N*.

Figura 89

Tensiones de segunda tela



4.1.3 Tela 3: Mauna

El primer tipo de tela es el llamado Mauna, las características son las siguientes

Tabla 38

Características tercera tela

Tela 3	Mauna	
		
Descripción	Valor	Unidad
Ancho de tela (m)	1.63	m
Gramura	90.04	gr/m ²

Descripción		Valor	Unidad
Longitud		146.77	m
Peso		77.18	kg
Composición	Algodón	100	%
	Poliéster	0	%
	Elastano	0	%

En este tipo de tela se le realizaron pruebas de tensiones para tendido, para verificar la fuerza necesaria que se aplicará en los motores para el desplazamiento y se obtendrá la tensión promedio para tender este tipo de tela

Tabla 39

Tensiones tercera tela

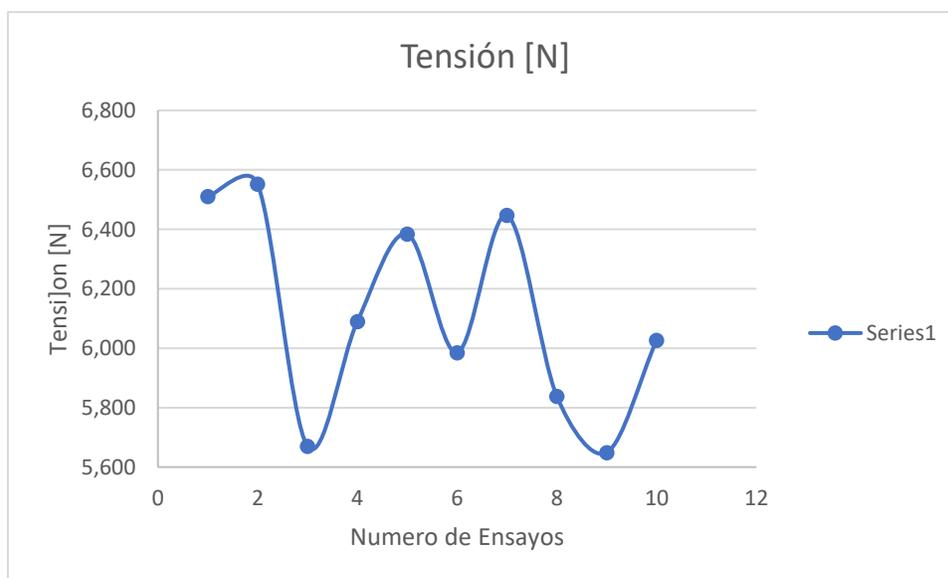
TENSIONES DE TENDIDO				
Tela 1		Mauna		Dispersión
Número de ensayo	Descripción	Unidad	Valor	
1	Fuerza	N	6.510	0.395
2	Fuerza	N	6.552	0.437
3	Fuerza	N	5.670	-0.445
4	Fuerza	N	6.090	-0.025
5	Fuerza	N	6.384	0.269
6	Fuerza	N	5.985	-0.130
7	Fuerza	N	6.447	0.332

Número de ensayo	Descripción	Unidad	Valor	Dispersión
8	Fuerza	N	5.838	-0.277
9	Fuerza	N	5.649	-0.466
10	Fuerza	N	6.027	-0.088
Tensión Promedio			6.115N	

El promedio de tensión necesaria para tender este tipo de tela es $6.1152N$, la cual va a ser tomada en cuenta al momento de tender tela. La variación máxima aproximada de los valores tomada es de $0.4 N$.

Figura 90

Tensión tercera tela



4.1.4 Tela 4: Antifluidos

El tercer tipo de tela es el llamado Antifluidos, las características son las siguientes

Tabla 40

Características cuarta tela

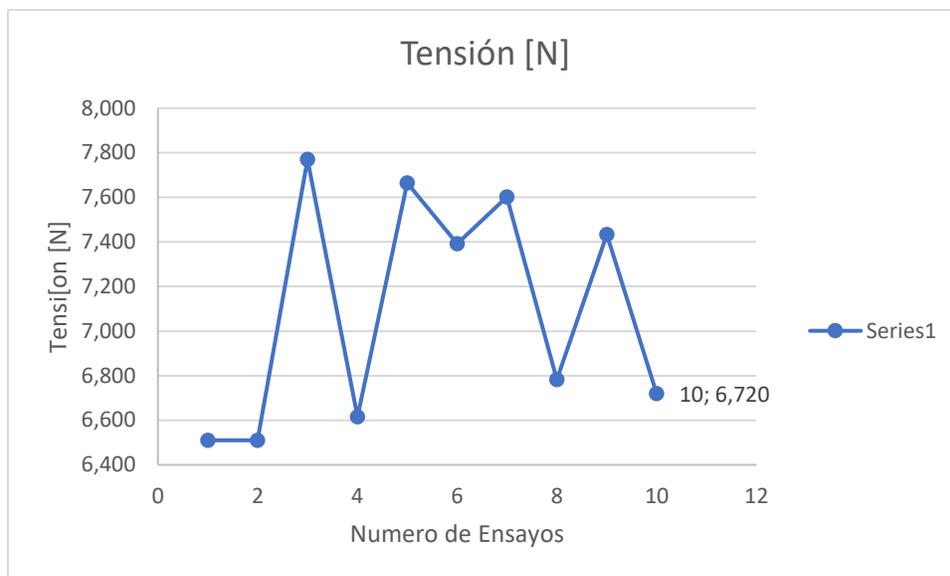
Tela 4		Antifluido	
Descripción		Valor	Unidad
Ancho de tela (m)		1.5	m
Gramura		140	g/m ²
Longitud		150	m
Peso		31.05	kg
Composición	Algodón	0	%
	Poliester	100	%
	Elastano	0	%

En este tipo de tela se le realizaron pruebas de tensiones para tendido, para verificar la fuerza necesaria que se aplicará en los motores para el desplazamiento y se obtendrá la tensión promedio para tender este tipo de tela

Tabla 41*Tensiones cuarta tela*

TENSIONES DE TENDIDO				
Tela 4		Antifluído		Dispersión
Número de ensayo	Descripción	Valor	Unidad	
1	Fuerza	N	6.510	-0.590
2	Fuerza	N	6.510	-0.590
3	Fuerza	N	7.770	0.670
4	Fuerza	N	6.615	-0.485
5	Fuerza	N	7.665	0.565
6	Fuerza	N	7.392	0.292
7	Fuerza	N	7.602	0.502
8	Fuerza	N	6.783	-0.317
9	Fuerza	N	7.434	0.334
10	Fuerza	N	6.720	-0.380
Tensión Promedio			7.1N	

El promedio de tensión necesaria para tender este tipo de tela es 7.1152 N, la cual va a ser tomada en cuenta al momento de tender tela. La variación máxima aproximada de los valores tomada es de 0.56 N.

Figura 91*Tensión cuarta tela***4.2 Velocidades de tendido**

La calidad de tendido depende mucho de la velocidad a la cual es tendida la tela, por lo que se han probado varias velocidades de tendido

Tabla 42*Velocidades de tendido*

VELOCIDAD			
Velocidad	Unidad	Calidad de tendido	Calidad
1	cm/s	3	Mala, con arrugas
2	cm/s	4	La tela tiende doblarse

Velocidad	Unidad	Calidad de tendido	Calidad
3	cm/s	4	La tela tiene arrugas
4	cm/s	5	La tela tiende a tenderse correctamente
5	cm/s	5	El tendido es firme y correcto
6	cm/s	4	La tela comienza a estirarse de mas
7	cm/s	4	El bastidor comienza a vibrar
8	cm/s	3	El estirado tiene mucha tensión
9	cm/s	2	El estirado tiene mucha tensión
10	cm/s	1	No realiza un correcto tendido, las pesas no sostiene la tela

Como se puede ver en la tabla se realizó varias pruebas de tendido con varias velocidades las cuales como se puede observar en la tabla 41 la velocidad ideal es 5 *cm/s* el cual produce un correcto tendido ya que es firme y correcto sin dobleces lo cual es muy importante para poder pasar al proceso de corte, este dato se validó en función de la necesidad del gerente el cual acepta esa velocidad por los resultados que dio con las telas que dispone.

4.3 Cálculo Consumo eléctrico

Para calcular el consumo eléctrico es necesario tener en cuenta una velocidad continua. En este caso se usará una velocidad la cual tuvo buenos resultados. En este caso se usará la velocidad de 5 cm/s . y se escogerá una distancia fija que será 10 metros.

Estos dos parámetros servirán para calcular el tiempo que se tomara en cuenta para el cálculo de la corriente eléctrica. Con la ecuación

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

Donde:

$$e = 10m$$

$$V = 5m/s$$

Se obtiene que el tiempo necesario para el cálculo de consumo eléctrico es $201.32s$

Un valor necesario para calcular el consumo eléctrico es el costo del KWh el cual en el país del Ecuador a la presente fecha es $0,1047 \text{ \$/KW}$

Para calcular el consumo eléctrico se usó un método numérico llamado Simpson 1/3 el cual se usa para sumar el consumo eléctrico en un determinado tiempo en la tabla siguiente se expondrán los valores necesarios para implementar el método numérico. Según las mediciones del consumo que tiene el carro se obtuvieron 3 estados, el primero es el estado de trabajo esto se refiere cuando el carro se encuentra en movimiento, el segundo es cuando el bastidor se encuentra sin movimiento y sin peso y el ultimo es cuando el bastidor se encuentra prendido, pero no está en funcionamiento.

Tabla 43

Consumo eléctrico durante el proceso de tendido

CONSUMO ELÉCTRICO DURANTE EL PROCESO DE TENDIDO					
Tiempo [s]	Voltaje [V]	Corriente [A]	Potencia [W]	Consumo	Costo [\\$]
				[KWh]	
0	120	0,49	100		0
10	120	0,502	60,24		0
20	120	0,506	60,72	0,0223	0,00233644
30	120	0,51	61,2		0
40	120	0,511	61,32	0,0427	0,00447022
50	120	0,511	61,32		0
60	120	0,511	61,32	0,0631	0,00661029
70	120	0,511	61,32		0
80	120	0,511	61,32	0,0836	0,00875036
90	120	0,511	61,32		0
100	120	0,511	61,32	0,1040	0,01089043
110	120	0,508	60,96		0
120	120	0,507	60,84	0,1243	0,01301933
130	120	0,506	60,72		0
140	120	0,505	60,6	0,1446	0,01513846
150	120	0,506	60,72		0
160	120	0,507	60,84	0,1648	0,01725758
170	120	0,506	60,72		0

Tiempo [s]	Voltaje [V]	Corriente [A]	Potencia [W]	Consumo [KWh]	Costo [\$]
180	120	0,506	60,72	0,1851	0,01937741
190	120	0,504	60,48		0
200	120	0,5	60	0,2052	0,02148677

El consumo en 200 segundos de funcionamiento de la maquinaria en movimiento consume 2 centavos esto corresponde a 10 metros de tela tendida.

El segundo estado es cuando el bastidor se mueve sin ningún peso, en el proceso de tendido de 10 metros de tela el proceso en el cual el bastidor no soporta ningún rollo de tela es cerca de 1 minuto para calibrar la maquinaria.

Tabla 44

Sin tela movimiento de carro

SIN TELA SOLO MOVIMIENTO DEL CARRO					
Tiempo [s]	Voltaje [V]	Corriente [A]	Potencia [W]	Consumo [KWh]	Costo [\$]
0	120	0,443	53,16		0
10	120	0,44	52,8		0
20	120	0,496	59,52	0,0180	0,0018839
30	120	0,498	59,76		0
40	120	0,498	59,76	0,0379	0,00396813
50	120	0,497	59,64		0

Tiempo [s]	Voltaje [V]	Corriente [A]	Potencia [W]	Consumo [KWh]	Costo [\$]
60	120	0,497	59,64	0,0578	0,00605026

Después de calcular con el método numérico el consumo en ese estado corresponde a 0,6 centavos en 60 segundos los cuales corresponden al tendido de 10 metros de tela

El tercer estado es cuando el sistema de locomoción este prendido, pero el bastidor no se mueve ni avanza. Se determino que en tender 10 metros de tela hay 1 minuto promedio que el bastidor no se mueve en el proceso.

Tabla 45

Tabla carro encendido sin mover

MANTENER EL CARRO ENCENDIDO SIN MOVERSE					
Tiempo [s]	Voltaje [V]	Corriente [A]	Potencia [W]	Consumo [KWh]	Costo [\$]
0	120	0,45	54		0
10	120	0,45	54		0
20	120	0,45	54	0,0180	0,0018846
30	120	0,45	54		0
40	120	0,45	54	0,0360	0,0037692
50	120	0,45	54		0
60	120	0,45	54	0,0540	0,0056538

Después de calcular el consumo eléctrico de este estado se obtiene que el consumo fue 0,5 centavos lo cual se consume solo por tener prendido el sistema de traslación.

En resumen, en la siguiente tabla para el tendido de 10 metros de tela los valores correspondientes son los siguientes:

Tabla 46

Costos de tendido

Estados	Costo [\\$]
Bastidor en movimiento	0,02148677
Bastidor en movimiento sin carga	0,00605026
Bastidor estático encendido	0,0056538
Costo total	0,03319083\$

El costo total del proceso de tendido de 10 metros de tela a una velocidad de 5 m/s es 0,3 centavos. Los rollos usados se encuentran de 100 metros a 150 metros lo que significa que tender un rollo de tela significa 30 a 45 centavos.

La primera variable la cual se va a considerar es el costo de la maquinaria y el consumo respecto al pago de un empleado que realiza la misma acción

Para lo cual es necesario definir un numero promedio de rollos tendidos al mes, Según (Cabrera, 2021) al mes se tienden un promedio de 25 a 30 rollos en demanda baja y 40 a 45 rollos en demanda alta

Tabla 47*Costo de tendido por metros*

Metros [m]	Costo manual 1 persona [\$]	tendido Costo manual 2 persona [\$]	tendido Costo automático [\$]
25	0,2075	0,125	0,08
50	0,415	0,25	0,17
100	0,83	0,5	0,32
150	1,245	0,75	0,49
200	1,66	1	0,68
250	2,075	1,25	0,88

Como se puede apreciar en la tabla anterior, el costo de tendido manual se puede diferenciar del tendido automático. El tendido automático es mucho más barato que el tendido manual tanto de 1 persona como 2 personas.

El tendido automático es 60% más barato que el tendido que realiza una sola persona en la siguiente tabla se puede verificar esta relación

Tabla 48*Tendido una persona vs automático*

	Método 1 persona		Método tendido automático	
Costo de	\$0,2075	100%	\$0,082975	60%
tendido por				
metro %				

Adicional el tendido automático es 39.75% más barato que el tendido manual entre 2 personas lo cual se puede verificar en la siguiente tabla

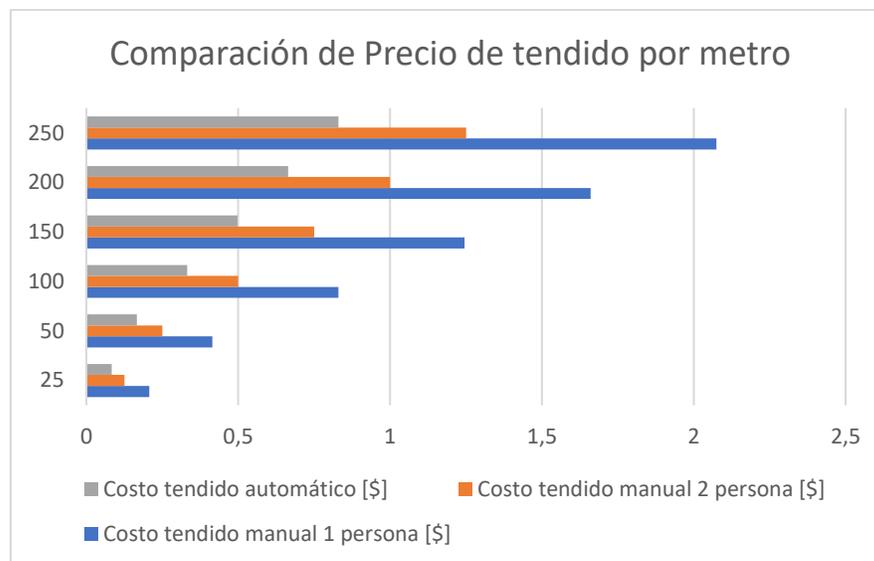
Tabla 49*Tendido dos personas vs automático*

	Método 2 persona		Método tendido automático	
Costo de	\$0,125	100%	\$0,082975	39.75%
tendido por				
metro %				

En el grafico siguiente se puede ver la comparación de los precios de los diferentes tendidos, siendo el tendido manual de 1 persona el más caro de los 3 tipos de tendidos, y el más recomendable el tendido automático

Figura 92

Comparación de precio de tendido por metro



4.4 Velocidad de Tendido

Una variable importante para tener en cuenta en la viabilidad de la construcción de la máquina de tendido es la velocidad de tendido, que tan rápido la máquina puede realizar la misma tarea en comparación con los métodos que ya se usan en la fábrica actualmente

Tabla 50

Velocidad de tendido

Velocidad de tendido			
Numero de capas (5m)	1 persona (s)	2 personas (s)	Máquina Tenedora (s)
2	300	250	230
4	780	520	450
6	960	780	700
8	1250	1100	930

Tiempo [s]	Voltaje [V]	Corriente [A]	Potencia [W]
10	1530	1310	1200
12	3060	1590	1400
14	2300	1800	1630

La velocidad del método de tendido por metro de 1 persona en comparación con el método automático se puede ver claramente que el método de 1 persona se demora mucho más alrededor del 23,4% más, lo que significa que si una persona tiende la misma distancia se demorara el doble de tiempo

Tabla 51

Velocidad una persona vs automático

	Método 1 persona		Método tendido automático	
Velocidad de tendido	300 [s]	100%	230 [s]	76,6%

La velocidad del método de tendido por metro de 2 personas en comparación con el método automático tiene menor variación, aunque el método automático se demora 8% menos que el manual.

Tabla 52

Velocidad dos personas vs automático

	Método 2 persona		Método tendido automático	
Velocidad de tendido	250 [s]	100%	230 [s]	92%

Como se puede verificar en el siguiente grafico la tendedora es ligeramente mejor en tiempos lo cual demuestra una eficiencia superior, cuando se compara con los otros métodos

Figura 93

Tiempos de tendido



4.5 Prueba de hipótesis

Para presentar o negar una hipótesis es necesario tener una hipótesis. En este caso la hipótesis del presente proyecto es la siguiente:

¿El Diseño e implementación de un prototipo de un sistema automático modular de tendido de tela utilizando IoT en la fase de supervisión permitirá mejorar este proceso en la fábrica Rocka Jeans?

Para cumplir la hipótesis planteada se determina que una variable la cual se pueda adecuar para mejorar el proceso, se ha escogido el costo de tendido por metro.

El costo actual de tendido por metro que maneja la empresa con 2 empleados es el siguiente:

Costo de tendido: 0,005\$/m

Ho: $u \geq 0,005$/m$

Ha: $u < 0,005$/m$

Tabla 53

Costos tendido automático por metro

# Medición	Costo tendido automático por metro [\$/m]
1	0,0032
2	0,0034
3	0,0032
4	0,00326667
5	0,0034
6	0,00352
7	0,0029

# Medición	Costo tendido automático por metro [\$/m]
8	0,0035
9	0,00323
10	0,0035
11	0,0032
12	0,00326667
13	0,0034
14	0,0038
15	0,0036
16	0,0032
17	0,00299
18	0,0037
19	0,00352
20	0,0038

El porcentaje de confiabilidad que se usará es el 95%, para decir que la medición es menor al coste actual.

$$n = 20$$

Cuando los datos son menores a 20 el método usado es el T de Student, el primer paso es calcular los grados de libertad el cual se usará la siguiente fórmula

$$GL = n - 1$$

$$GL = 20 - 1$$

$$GL = 19$$

Luego se obtiene la media y la desviación estándar de los datos de la tabla anterior

$$\bar{x} = 0,00337967$$

$$S = 0,0002442$$

El siguiente paso es escoger el valor de la tabla t de Student el cual se encuentra en el Anexo 4, es relacionado con los grados de libertad y con el porcentaje de confiabilidad, los grados de libertad son 19 y 5 %

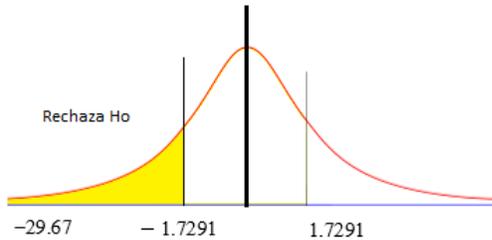
El valor correspondiente a la tabla es de -1,7291, este valor se usa en la siguiente ecuación para posteriormente calcular si se cumple la hipótesis nula o la alternativa

m: Corresponde a la media poblacional lo que se refiere al costo actual de tendido por hora

$$te = \frac{\bar{x} - m}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

$$te = \frac{0,00337967 - 0,005}{\frac{0,0002442}{\sqrt{20}}}$$

$$t = -29,67$$

Figura 94*Comprobación de hipótesis*

Se rechaza la hipótesis nula $u=0,005\$/m$ y se acepta la alternativa $u<0,005\$/m$. Lo que significa que la máquina tendedora disminuye el costo por metro de tendido de tela y demostrando que se cumple la hipótesis planteada del proyecto respecto a la variable de costo.

Para cumplir la hipótesis planteada desde el inicio del capítulo se determina que una variable la cual se pueda adecuar para mejorar el proceso, en este caso se ha escogido el tiempo de tendido por metro.

El promedio del tiempo para tender una capa de dos personas es 131,72 segundos por lo cual las hipótesis son las siguientes:

$$H_0: u \geq 131,72$$

$$H_a: u < 131,72$$

Tabla 54*Tiempos por cada capa*

N	tiempo por capa máquina
1	115
2	112,5
3	116,6666667
4	116,25
5	120
6	116,6666667
7	116,4285714
8	116,25
9	116,6666667
10	118

La tabla anterior indica diez medidas de tiempo que se realizó para el tendido de una capa de tela de 5 metros de largo. Posteriormente se obtiene los grados de libertad, el promedio y la varianza

$$GL = n - 1$$

$$GL = 10 - 1$$

$$GL = 9$$

$$\bar{x} = 116,4429$$

$$S = 1,91284495$$

m : Corresponde a la media poblacional lo que se refiere al tiempo actual de tendido por 5 metros que corresponde a un pliego.

$$te = \frac{\bar{x} - m}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

$$te = \frac{116,4429 - 131,72}{\frac{1,91284495}{\sqrt{9}}}$$

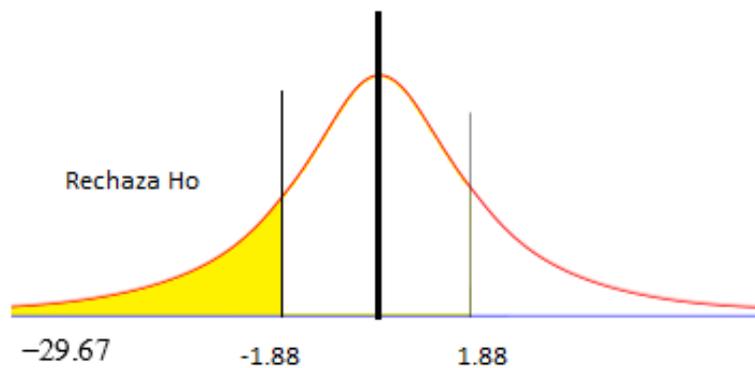
$$te = -25,2691$$

Ahora se calcula el tp que es un valor que se obtiene de la tabla de la T de Student que se encuentra en el Anexo 4.

El valor del $tp = -1,8331$

Figura 95

Comprobación hipótesis 2



Se gráfica y se rechaza la hipótesis nula, aprobando la hipótesis alternativa, lo que quiere decir que los tiempos de tendido por pliego de la máquina realizada son menores a los que actualmente se desarrollan en la fábrica.

Luego de haber probado las dos variables, el tiempo de tendido y el costo de tendido se demuestra que la tesis del presente proyecto fue probada y se demuestra que si se cumple en estas dos variables y por lo tanto se cumple la hipótesis general que dice que la finalidad es mejorar el proceso, lo cual se logró desde el punto de vista financiero y la eficacia en la variable tiempo.

Capítulo V

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

Con el análisis comparativo realizado de los modelos de tendedoras de tela automáticas, el sistema de tensión de eje móvil el con pinzas de agarres con tubos fue seleccionado debido a que cumple de mejor manera los requerimientos especificados por el encargado de la fábrica.

La velocidad determinada para el proceso de tendido de tela es a 5 cm/s , ya que es el valor máximo mediante el cual no se generan arrugas, ni ocasionan desfase en las capas de la tela.

El sistema de tendido elástico de la máquina, genera una tensión promedio en los diferentes tipos de tela como: 7.47 N para DuoElastic, 7.243 N para popelina, 6.115 N para Mauna y 7.1 N para antiluido.

La interfaz gráfica desarrollada con el kit de desarrollo de raspberry, cuenta con: inicio en la sesión para el control del ingreso de los usuarios al programa, selección de tipo de operación, dirección y sentido de desplazamiento, número de capas y una ventana para mensajes para el inicio y el fin del proceso.

El sistema IoT implementado, permite visualizar los datos pertinentes al proceso, de tendido y el consumo eléctrico de la máquina.

Los sistemas y subsistemas de la máquina funcionan de manera adecuada durante el proceso de tendido de 20 capas de la tela, el carro transporta el rollo de 60kg ininterrumpidamente, la interfaz permite controlar el proceso y visualizar los datos respectivos,

el sistema eléctrico abastece todos los componentes con la potencia adecuada y el sistema IoT envía datos a la plataforma web cada 5 segundos.

La implementación de la máquina tendedora de tela mejoró el proceso de tendido de la tela, respecto al tiempo se evidenció una disminución de 20 segundos por capa de cinco metros en comparación al proceso manual realizado por dos personas, mientras que en el aspecto económico usar la máquina para tender un rollo de tela es \$0,705 más barato a que lo realicen dos empleados.

Se evidenció que, en la velocidad de tendido, la tendedora automática disminuyó el tiempo de tendido 20 segundos por capa en comparación con el tendido manual de 2 personas, en tendidos largos o de muchas capas el tiempo de la tendedora se va a ver mucho más representativo.

Con las pruebas de validación de hipótesis de los indicadores seleccionados, disminución de tiempo y costos, se demuestra que la hipótesis planteada es correcta.

5.2 Recomendaciones

Cada 200 horas supervisar los componentes de los sistemas, en la parte mecánica verificar que las llantas se encuentren alineadas con la guía y las cremalleras se encuentren limpias y engrasadas, respecto a la parte eléctrica comprobando el estado de los elementos y en la parte de control comprobar que no se hayan activado las alarmas de alerta.

No se deben colocar rollos con un peso mayor a 60 kg a la máquina, debido a que es la carga máxima con la que se realizó el diseño de los componentes mecánicos. Emplear un rollo de mayor peso dañaría los componentes mecánicos, especialmente en el eje que soporta el rollo, una carga sobre el valor máximo, causaría una falla en eje por esfuerzo por momento flexionante y pendientes sobre el valor recomendado, resultando en fallas en los rodamientos.

Descargar la información de la página web antes que el almacenamiento supere los 10 GB, debido a la gran cantidad de datos que se sube a la página web, si se sobrepasa el límite el sistema elimina datos antiguos, útiles para el análisis del funcionamiento de la máquina y el proceso de tendido

Bibliografía

- 330 ohms. (2019). *La nueva Teensy 4.0 rompe récords*. Recuperado el 28 de Julio de 2021, de 330ohms: <https://blog.330ohms.com/2019/08/13/la-nueva-rompe-records-teensy-4-0/>
- Acarnley, P. (2007). *Stepping Motors a guide to Theory and Practice*. Londres: Brithish Library.
- AITE. (2018). *AITE | Historia y Actualidad*. Recuperado el 27 de Julio de 2021, de Asociación de Industriales Textiles del Ecuador: <https://www.aite.com.ec/industria.html>
- Alibaba. (2018). *CNC Fabric Spreading Machine for knitting and non-woven fabrics*. Recuperado el 27 de Julio de 2021, de Alibaba: https://www.alibaba.com/product-detail/CNC-Fabric-Spreading-Machine-for-knitting_1600067125376.html
- Arduino. (2006). *What is Arduino?* Recuperado el 28 de Julio de 2021, de Arduino: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- Arduino.cl. (08 de Agosto de 2021). *Arduino UNO*. Recuperado el 17 de Agosto de 2021, de <https://arduino.cl>
- Audaces. (2018). *Audaces*. Recuperado el 28 de Julio de 2021, de Catálogo: <https://audaces.com/>
- Barroso Quinga, P. A., & Núñez Núñez, D. F. (2015). *Análisis del proceso de tendido de tela y su incidencia en los tiempos de producción en la Fábrica Cebasa S.A.* Ambato: Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Mecánica.
- Bonet Esteban, E. V. (2018). *El Lenguaje de programación C*. Recuperado el 27 de Julio de 2021, de Informatica uv: <https://informatica.uv.es/estguia/ATD/apuntes/laboratorio/Lenguaje-C.pdf>
- Cabrera Polo, L. A. (2012). *Diseño y manufactura de una máquina dobladora y cortadora de tela*. Quito: Quito, 2012.
- Cabrera, S. (27 de Julio de 2021). Necesidades de una máquina tendedora. (F. Sisalima, Entrevistador)
- Chazallet, S. (2016). *Python 3: los fundamentos del lenguaje*. Madrid: Eni.
- Cosmotex. (08 de Agosto de 2021). *MAQUINA DE EXTENDER MODELO APOLO HOME*. Recuperado el 15 de Agosto de 2021, de <http://www.cosmotex.net/>

- CT, G. E. (7 de Agosto de 2021). *Extendedora automatica*. Recuperado el 10 de Agosto de 2021, de <http://gpoct.com/>
- Eastman. (2020). *Máquina tendedora de tela manual - Saber Select-*. Recuperado el 28 de Julio de 2021, de Direct Industry: <https://www.directindustry.es/prod/eastman-machine-company/product-54829-436423.html>
- Eastman. (08 de Agosto de 2021). *Máquina tendedora de tela manual CRA-8472*. Recuperado el 12 de Agosto de 2021, de directindustry.es
- Elecrow. (07 de Agosto de 2021). *Elecrow RC050 5 pulgadas HDMI 800 x 480 Pantalla LCD táctil capacitiva para Raspberry Pi / PC / SONY PS4*. Recuperado el 12 de Agosto de 2021, de <https://www.elecrow.com/>
- Electrocraft. (07 de Agosto de 2021). *LRPX32: MOTORREDUCTOR PLANETARIO BLDC DE 32 MM*. Recuperado el 12 de Agosto de 2021, de <https://shop.electrocraft.com/>
- Guamanquispe Toasa, J. P., & Jiménez Tisalema, O. R. (2018). *Diseño y construcción de una máquina tendedora de tela para la microempresa textil "GRUPO K&L*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Mecánica.
- Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2015). *Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios*. Dortmund: Universidad Técnica de Dortmund.
- Imatec. (Julio de 2018). *ENFESTADEIRA IM8*. Recuperado el 27 de Julio de 2021, de <https://enfestadeiras.com.br/>
- Jaiswal, A., Domanal, S., & Reddy, M. (2016). *Enhanced Framework for IoT Applications on Python Based Cloud Simulator (PCS)*. Bangalore: IEEE.
- Juran, J. (1996). *Juran y la calidad por el diseño*. Madrid: Diaz de Santos.
- Males Lema, L. E. (2016). *Máquina automática tendedora de tela para talleres textiles artesanales*. Ibarra.
- Malo, L. (2011). *CONTROL DE UN MOTOR PASO A PASO*. Zaragoza.
- Mario, C., Carlos, G., Alberto, H., & Christian, M. (2015). *Las tecnologías IoT dentro de la industria conectada 4.0*. Madrid: E.O.I. Escuela de Organización Industrial.
- Mechatronics, C. J. (07 de Agosto de 2021). *Controlador y servomotor fácil híbrido NEMA 34*. Recuperado el 14 de Agosto de 2021, de <https://www.jss-motor.com/>
- Motor, O. (07 de Agosto de 2021). *Motores de torsión y motores de engranajes de la serie World K de 10 W (1/75 HP)*. Recuperado el 12 de Agosto de 2021, de <https://catalog.orientalmotor.com/>
- Nakagawa, I., Mashiro, H., & Hiroshi, E. (2014). *Dripcast -- Server-less Java Programming Framework for Billions of IoT Devices*. Vasteras: IEEE.

- Nayak, R., & Padhye, R. (2018). *Automation in Garment Manufacturing*. India: Woodhead Publishing.
- Nemes, V. (2018). *Industrial Cutting of Textile Materials*. Duxford: Elsevier.
- Norton, R. (2011). *Diseño de Máquinas Un enfoque integrado*. Ciudad de México: Pearson Educación.
- Oracle. (2021). *¿Qué es el Internet of Things (IoT) | Oracle Argentina*. Recuperado el 28 de Julio de 2021, de Oracle: <https://www.oracle.com/ar/internet-of-things/what-is-iot/>
- PELÁEZ, J. P. (2020). *Internet de las cosas (IOT) con ESP. Manual práctico*. Madrid: Velazquez .
- Perez, L., & Giraldo, M. E. (1990). *Confecciones Industriales Procesos básicos en la sala de corte*. Antioquia: Cervantes Impresores.
- Perry, X. (2019). *Practical Java Programming for IoT, AI, and Blockchain*. Indianapolis: John Wiley.
- PJRC. (07 de Agosto de 2021). *Placa de desarrollo Teensy® 4.0*. Recuperado el 12 de Agosto de 2021, de <https://www.pjrc.com/>
- PROECUADOR. (2013). *PROECUADOR*. Recuperado el 27 de Julio de 2021, de Viceministerio de Promoción de Exportaciones e Inversiones: http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2013/11/PROEC_AS2012_TEXTILES.pdf
- Raspberry.org. (07 de Agosto de 2021). *Raspberry Pi 4*. Recuperado el 12 de Agosto de 2021, de <https://www.raspberrypi.org/>
- Robots Argentina. (2006). *Motores paso a paso*. Recuperado el 28 de Julio de 2021, de Robots Argentina: http://robots-argentina.com.ar/MotorPP_basico.htm
- Rodríguez, E. (2018). *Raspberry Pi: todo lo necesario para iniciarse con raspberry pi*. Recuperado el 28 de Julio de 2021, de Xataka: <https://www.xataka.com/makers/cero-maker-todo-necesario-para-empezar-raspberry-pi>
- Romeva, C. R. (2002). *Diseño Concurrente*. Catalunya: UPC.
- Rynk. (2012). *RKL2616 - RYNK Machines Argentina*. Recuperado el 28 de Julio de 2021, de RYNK: <https://rynk.foch.com.ar/maquinas-laser-de-corte-y-grabado/rkl2616-cnc-laser/>
- Sano, T. (07 de Agosto de 2021). *10.1 pulgadas de metal 2k) EVICIV 10.1 pulgadas / 2K monitor móvil / pantalla móvil*. Recuperado el 12 de Agosto de 2021, de <https://en.sano.shop/>
- Solé, A. C. (2005). *Instrumentación industrial*. Barcelona: Marcombo.

- TRANSELEC. (2020). *Qué es un motor eléctrico y cómo funciona*. Recuperado el 28 de Julio de 2021, de Transelec: <https://www.transelec.com.ar/soporte/18450/que-es-un-motor-electrico-y-como-funciona/>
- Ubuy. (07 de Agosto de 2021). *Lebula*. Recuperado el 12 de Agosto de 2021, de <https://www.ubuy.co.id/>
- Vilumsone-Nmes, I. (2018). *Industrial Cutting of Textile Materials*. India: Elsevier.

ANEXOS