



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECATRÓNICO

**TEMA: “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 ”**

### AUTORES:

- REYES RAMÓN, JOSÉ ALEJANDRO
- SISALIMA ORTEGA, NELSON FABRICIO

### DIRECTOR:

ING. TORRES MUÑOZ, GUIDO RAFAEL

LATACUNGA 2021



Planteamiento del Problema

Objetivos

Marco Teórico

Diseño Mecánico

Diseño Electrónico

Diseño de Control

Pruebas y Resultados

Conclusiones y Recomendaciones

Video



# 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.

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

Otra problemática son los retrasos en los productos ya que al tener equipos antiguos existe una producción baja que impiden cubrir con la demanda necesaria a tiempo

Por otra parte, la adquisición de este tipo de equipos automatizados tiene un costo elevado los cuales son superiores a los \$10000



## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

### 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.

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.

## TIPOS DE EXTENDIDO DE TELA

Manual



Automático



## Técnicas de extendido de tela

Cara arriba

Cara a cara

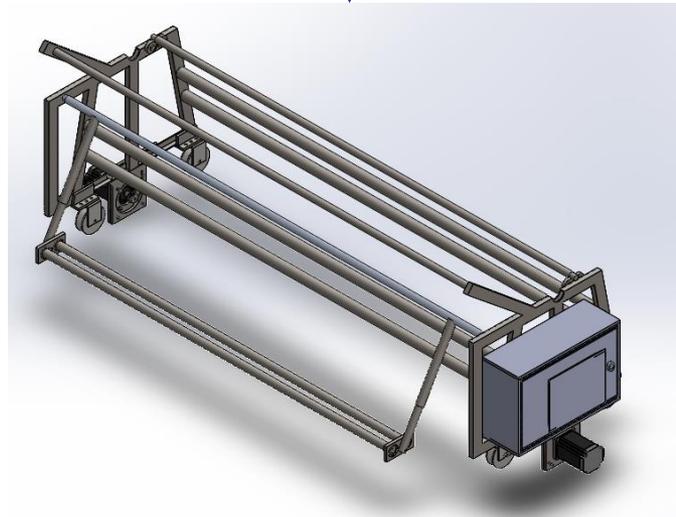
Cara a cara girando

Escalonado

De género de punto tubular



Maquina Tenedora



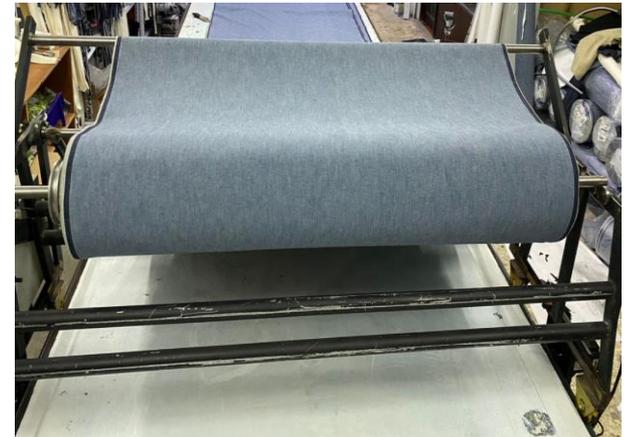
# Marco Teórico

## BASTIDOR

Marco que se desliza por la mesa

Estira la tela y la deposita por la mesa

Variación del diseño





## TORRETA

Encargado de ser donde se apoya el rollo de tela

Ayuda al movimiento transversal del rollo

El tendido se da por la tensión de las pinzas

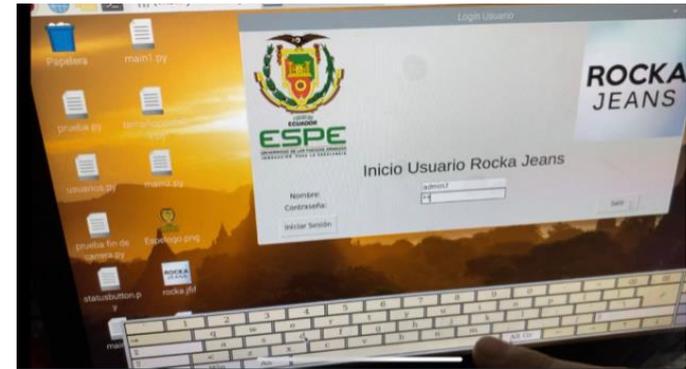


## PANEL DE CONTROL

Facilidad para acceder a los movimientos

Depende de la máquina

Opciones del tendido



# Marco Teórico



**IoT**

Puede ser una intranet o en internet

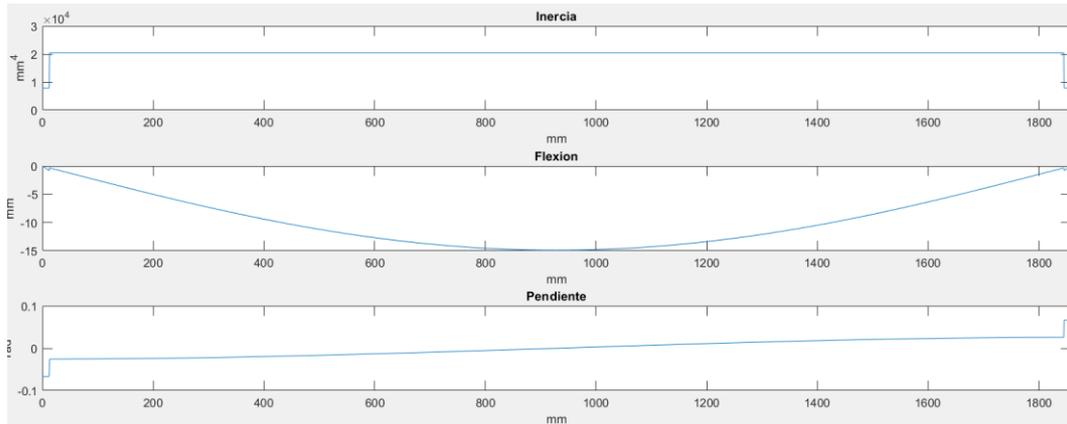
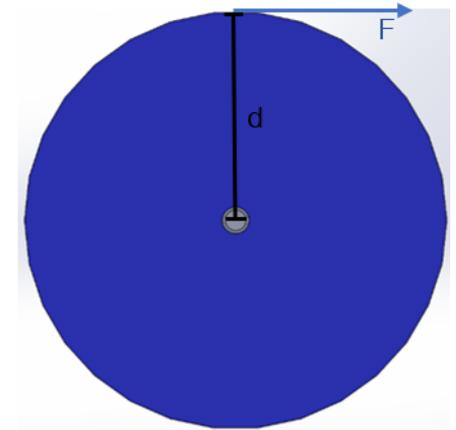
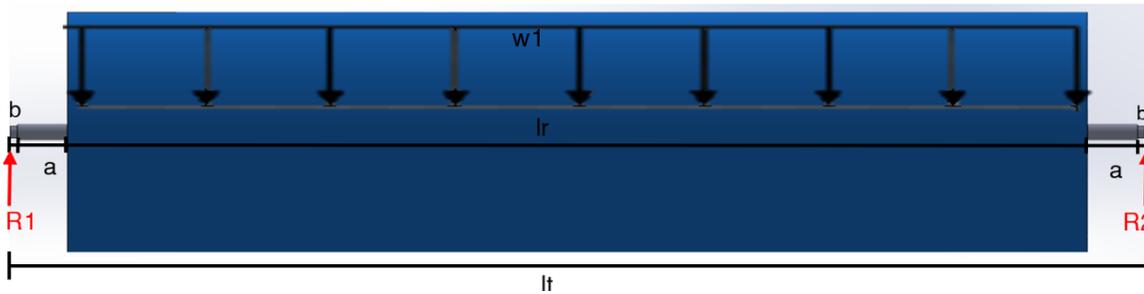
Comunicación entre dispositivos

Son usados datos para ingresar y obtener datos



# Diseño Mecánico

## MÓDULO CORTADOR



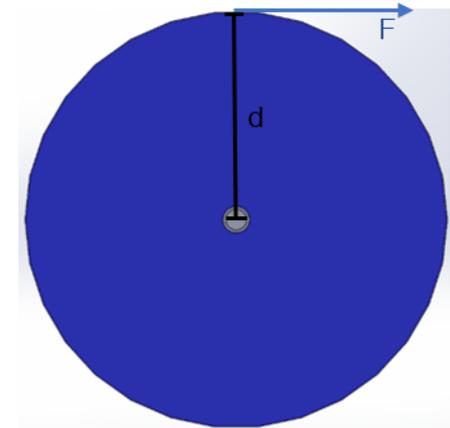
$x$ [mm]	Inercia [mm <sup>4</sup> ]	Flexión [mm]	pendiente [rad]
0	7853.9816	0	-0.0659
12	7853.9816	-0.7991	-0.0658
13	20431.7123	-0.3328	-0.02559
929	20431.7123	-14.9018	0
1845	20431.7123	-0.3328	0.02559
1846	7853.9816	-0.7991	0.0658
1858	7853.9816	0	0.0659



# Diseño Mecánico

## MÓDULO CORTADOR

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



$x[mm]$	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



## SELECCIÓN DE LAS LLANTAS

Capacidad de carga por rueda

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

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

$$C = 58.07kg$$

Se necesita una llanta de carga mínima de 58.07kg para cada llanta, por lo cual se decide escoger una llanta de carga máxima de 150 kg.

La referencia de esa llanta es Acanalada 32\*25 40mm 1 1/2 " RYG



## SELECCIÓN DEL MOTOR

### Fuerza tangencial necesaria

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

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

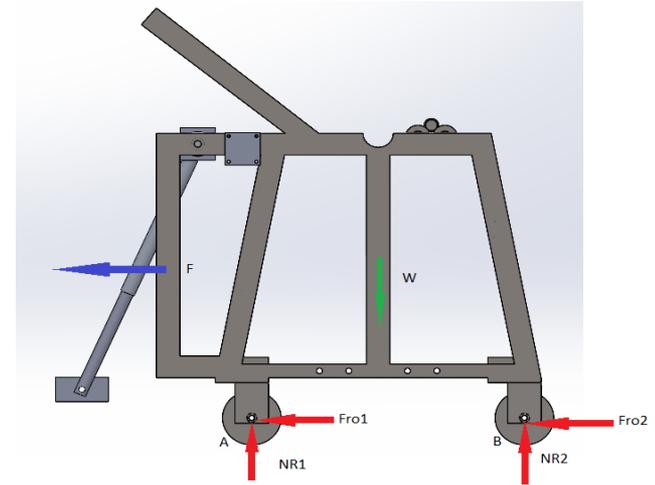
$$F_T = 637.042 \text{ N}$$

### Torque por cada motor

$$T_d = 7.16 \text{ Nm}$$

### Velocidad máxima del piñón

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



### Sumatoria fuerza

$$\sum F_x = ma$$

$$-F_{ro1} - F_{ro2} - F = ma$$

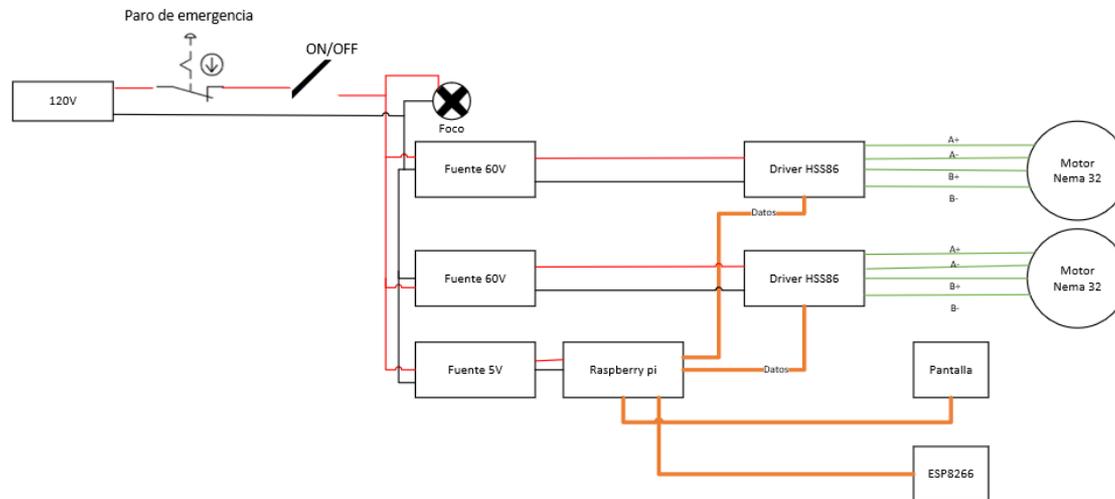
$$\sum F_y = 0$$

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

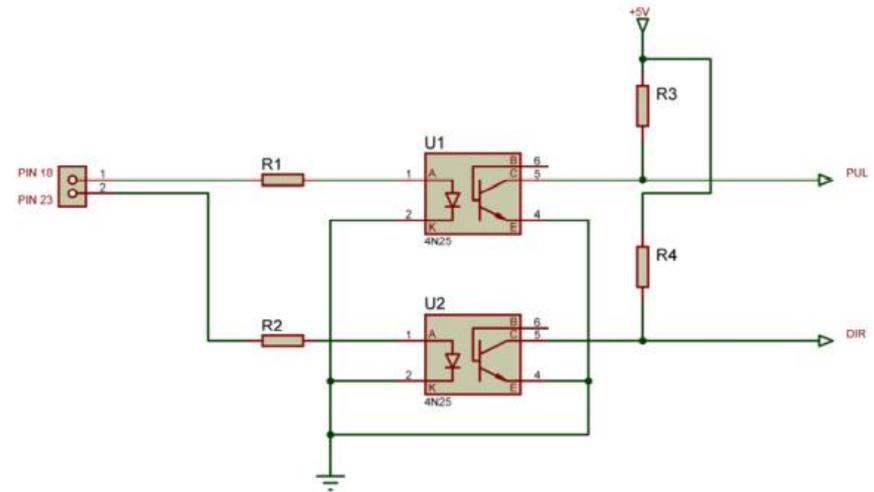
Se concluye en usar un motor con torque de 8.0 Nm, el cual tendrá una velocidad máxima en el piñón de 424,44 rpm

# Diseño Eléctrico de Potencia

La Máquina tendedora de tela para su correcto funcionamiento necesita de 2 actuadores, los cuales deben moverse a la par para que no se descarrile el carro, ambos serán controlados de manera electrónica



Al tener una salida lógica de 3.3 V la raspberry pi, se usó optoacopladores por cada señal del motor para generar una salida de 5V, ya que los drivers admiten como alto desde 3.5V a 5V.



# Programación Raspberry

Login Usuario



**ROCKA JEANS**

## Inicio Usuario Rocka Jeans

Nombre:

Contraseña:

Movimiento Manual

Ingrese centímetros:

Izquierda  
 Derecha

Movimiento a pasos

x1       x10       x100

Tendedora Automática

## Movimiento Automático

Ingrese capas

Ingrese longitud de capa (cms)



# Pruebas y Resultados

## Datos característicos de telas usadas en la fábrica Rocka Jeans

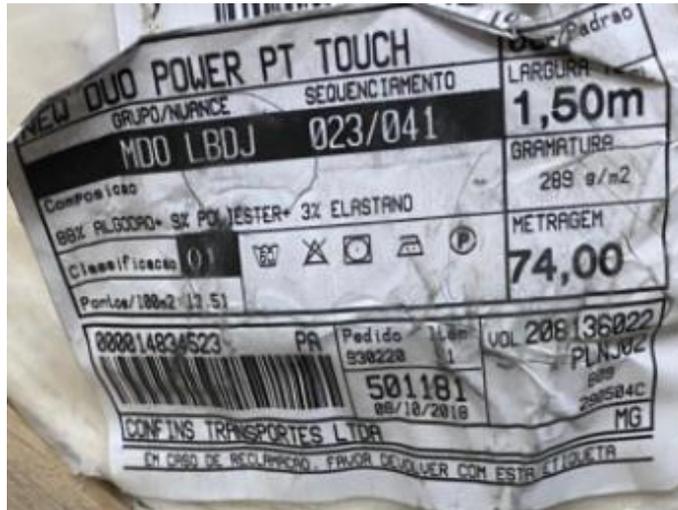


Tela 1: Duo Elastic		Mezclilla	
Descripción		Valor	Unidad
Ancho de tela (m)		1.4	m
Gramura		306	g/m <sup>2</sup>
Longitud		100.66	m
Peso		43.123	kg
Composición	Algodón	89	%
	Elastomultiester	8	%
	Elastano	3	%



# Pruebas y Resultados

## Datos característicos de telas usadas en la fábrica Rocka Jeans



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



# Pruebas y Resultados

## Datos característicos de telas usadas en la fábrica Rocka Jeans



Tela 3		Mauna	
Descripción		Valor	Unidad
Ancho de tela (m)		1.63	m
Gramura		90.04	gr/m <sup>2</sup>
Longitud		146.77	m
Peso		77.18	kg
Composición	Algodón	100	%
	Poliéster	0	%
	Elastano	0	%



# Pruebas y Resultados

## Datos característicos de telas usadas en la fábrica Rocka Jeans

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



# Pruebas y Resultados

## 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
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



# Pruebas y Resultados

## Cuadro Comparativo: Costo del tendido de 25m de tela

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

## Cuadro Comparativo: : Costo del tendido de 25m de tela

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



# Pruebas y Resultados

## Cuadro Comparativo: Velocidad de tendido de una capa de 5m

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

## Cuadro Comparativo: Velocidad de tendido de una capa de 5m

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



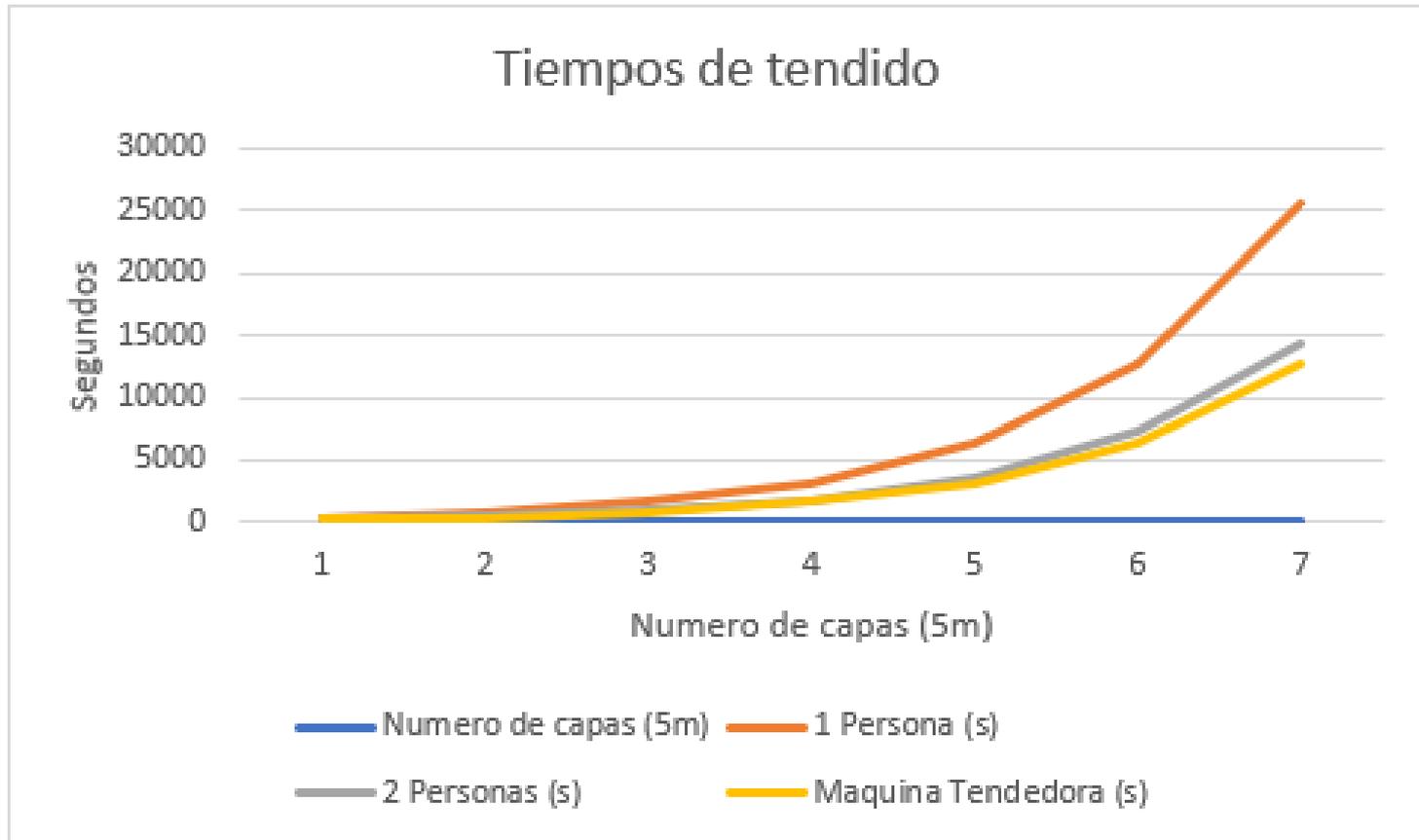
## Validación de la Hipótesis

*¿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?*

- **Hipótesis Alternativa:** El diseño y construcción 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
- **Hipótesis Nula:** : El diseño y construcción de un prototipo de un sistema automático modular de tendido de tela utilizando IoT en la fase de supervisión no permitirá mejorar este proceso en la fábrica Rocka Jeans



# Pruebas y Resultados



# Conclusiones

- Con el análisis comparativo realizado de los modelos de tendedoras de tela automáticos, 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  $5 \text{ cm/s}$ , 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:  $7.47 \text{ N}$  para DuoElastic,  $7.243 \text{ N}$  para popelina,  $6.115 \text{ N}$  para Mauna y  $7.1 \text{ N}$  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.



# Conclusiones

- 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



# 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.







# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECATRÓNICO

**TEMA: “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 ”**

### AUTORES:

- REYES RAMÓN, JOSÉ ALEJANDRO
- SISALIMA ORTEGA, NELSON FABRICIO

### DIRECTOR:

ING. TORRES MUÑOZ, GUIDO RAFAEL

LATACUNGA 2021

