



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**INFORME TÉCNICO**

**TEMA:**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE  
HUMECTACIÓN Y PLANCHADO EN UNA MÁQUINA  
PLISADORA DE TELA PARA FALDAS CAYAMBEÑAS**

**AUTOR: QUIILUMBAQUÍN TABITA**

**DIRECTOR: ING. COSME MEJÍA**

**Ibarra – Ecuador.**

**2016**

# ***DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE HUMECTACIÓN Y PLANCHADO EN UNA MÁQUINA PLISADORA DE TELA PARA FALDAS CAYAMBEÑAS.***

Tabita Quilumbaquín Antamba.

Ingeniería en Mecatrónica.  
Universidad Técnica del Norte.  
Ibarra, Ecuador.  
[tquilumbaquina@utn.edu.ec](mailto:tquilumbaquina@utn.edu.ec).

## **RESUMEN.**

En el presente proyecto se desarrolla el diseño e implementación de un sistema de humectación y planchado de una máquina plisadora de tela para faldas cayambeñas, que se enfoca en la reducción del tiempo de producción; de riesgos de quemadura en el proceso de plisado y mejora la uniformidad en el plisado.

Se describe un análisis del proceso manual de plisado y los parámetros que interviene en el proceso; además de determinar las cantidades necesarias de potencia y dotación de agua pertinentes; el diseño del sistema de control; la implementación del sistema, así como; especificar el dimensionamiento de los componentes que lo conforman

Finalmente, se procede a la implementación de los sistemas y sus respectivas pruebas de funcionamiento.

Palabras claves: Falda, humectación, temperatura de plisado, plisado, plancha.

## **1 INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.**

En el país existen diversidad de culturas y nacionalidades ubicadas en diferentes partes del Ecuador, cada una acostumbra usar su propio atuendo, este es el caso de la nacionalidad Kayambi, cuyas mujeres acostumbran usar faldas con un plisado particular, denominado centro. El plisado se realiza forma manual por personas dedicadas a esta actividad

### **1.1 PLISADO DE TELA**

Existen diferentes modelos de faldas cayambeñas ya sea con adornos o sin ellos; según los requerimientos del consumidor final. En la fig.1; se ilustran faldas cayambeñas para dar una visión general de las características de plisado de centros



Fig. 1. Centros plisados

Para lograr dar la apariencia que caracteriza a éstas prendas, las faldas que se elaboran en la actualidad deben pasar por un proceso de humectación, plisado y planchado manual. En la fig. 2; se muestra el proceso de plisado. Los pliegues generalmente son de tres tipos, los cuales se conocen como: plisado fino, medio fino y grueso, con pliegues de 1cm, 1.5cm y 2cm respectivamente.



Fig. 2. Proceso de plisado manual de centros.

## **2 DESARROLLO DE CONTENIDOS.**

Para el diseño de los sistemas, se han determinado algunos parámetros que rigen en el proceso de planchado; esto se ha conseguido realizando un estudio de las características del material a plisar; así como de los elementos a conformar los sistemas.

### **2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA MATERIA PRIMA.**

La tela que se utiliza es el denominado comercialmente como paño acrílico las principales características que presenta la tela acrílica se detalla en la siguiente tabla [I].

TABLA I

PROPIEDADES TÉRMICAS DEL ACRÍLICO

Comportamiento térmico		
Temperatura de transición vítrea	de	90 °C
Resistencia al calor seco		125 - 135 °C
Temperatura de lavado		40 - 50 °C
Temperatura de planchado	de	160 - 200 °C
Temperatura máxima de fijado		220 °C
Temperatura de decoloración	de	235 °C
Temperatura a la que la fibra empieza a ser termoplástica		228 °C
Temperatura de reblandecimiento	de	215 - 255 °C
Temperatura de descomposición	de	300 - 320 °C
Temperatura de inflamación	de auto	560 °C

2.2 PARÁMETROS DE DISEÑO DEL SISTEMA DE HUMECTACIÓN

Hace referencia al volumen de agua empleado y el tiempo de activación de dotación de agua.

2.3 PARÁMETROS DE DISEÑO DEL SISTEMA DE TEMPERATURA;

Referente a: temperaturas de planchado superiores a los 100 °C; temperatura estable y aislamiento adecuado.

3 DISEÑO DEL CONTROL PARA EL SISTEMA DE HUMEDAD

El sistema de control es el encargado de:

Detectar la presencia de material.

Dotar de humedad al material a plegar.

Verificación de existencia de agua en la tubería.

3.1 CANTIDAD DE AGUA NECESARIA

EL sistema de humectación se encuentra dotado de un micro pulverizador que debe proveer de al menos la siguiente cantidad de agua:

$$At = l \times a$$

(1)

Donde:

$At$  = Área de la tela [ $cm^2$ ]

$l$  = Longitud de la tela [ $cm$ ]

$a$  = Ancho de la tela [ $cm$ ]

Entonces, de (1) se tiene:

$$At = 150 \times 80$$

$$At = 12000[cm^2]$$

En el sistema de humectación por aspersión para un área de  $80[cm^2]$  se tiene una máxima absorción de agua de  $2.85 [ml]$ ; por lo que para una falda puede emplearse al menos:

Área [ $cm^2$ ]	Volumen [ $ml$ ]
80 -----	2.85
12000 -----	$x$

$$x = \frac{12000 \times 2.85}{80}$$

$$x = 427.5 [ml]$$

3.2 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

En el siguiente gráfico se puede observar que tanto el sistema de humedad; como el control de temperatura se encuentran correlacionados.

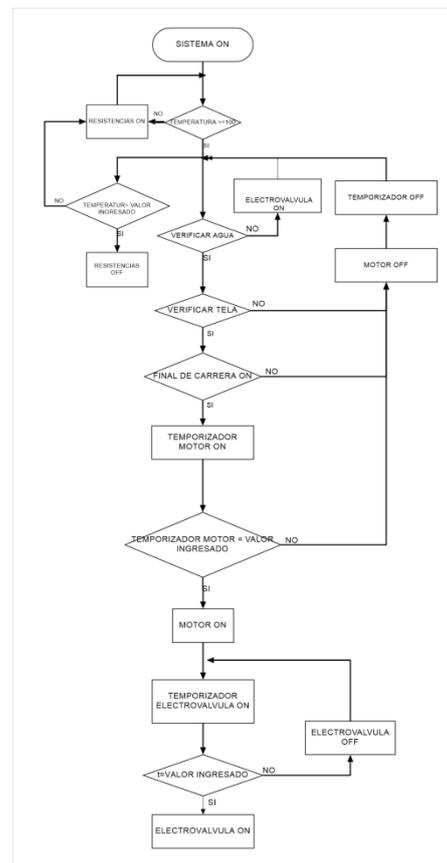


Fig. 3. Diagrama de flujo del sistema de humectación y temperatura.

4 CALOR CONSUMIDO POR EL SISTEMA

El calor consumido por el sistema se encuentra regido por (2).

$$Q_{sistema} = Q_{csp} + Q_{perdido}$$

(2)

Donde:

$$Q_{csp} = \text{Calor consumido por el sistema de la plancha} [W]$$

$$Q_{perdido} = \text{Calor perdido} [W]$$

#### 4.1 CALOR CONSUMIDO POR LA PLANCHA

La configuración de sistema de planchado se puede observar en la Fig. 4; para el análisis se ha tomado en cuenta que la resistencia de conducción entre los metales es despreciable.

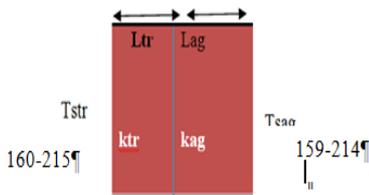


Fig. 4. Conformación de la plancha

Partiendo de la ley de Fourier [8], [9] y [10] e igualando la tasa de flujo de calor tanto para el perfil rectangular con el acero galvanizado se obtiene la tasa de flujo de calor (3)

$$Q_{cp} = \frac{A(T_{tr} - T_{ag})}{\left(\frac{L_{ag}}{k_{ag}} - \frac{L_t}{k_{tr}}\right)}$$

(3)

Donde:

$Q_{cp}$  = Flujo de calor en la plancha

$A$  = Área de las superficies:  $0.044 [m^2]$

$T_{str}$  = Temperatura de superficie del tubo rectangular:  $160 [C]$

$T_{sa}$  = Temperatura de la superficie del acero galvanizado:  $159 [C]$

$L_{ag}$  = Espesor del acero galvanizado:  $1m [m]$

$L_t$  = Espesor del tubo rectangular:  $1.5m [m]$

$k_{ag}$  = Conductividad térmica del acero galvanizado:  $73 \left[\frac{W}{m \cdot C}\right]$

$k_{tr}$  = Conductividad térmica de tubo rectangular:  $54 \left[\frac{W}{m \cdot C}\right]$

Se considera analizar la configuración del sistema; en condiciones de estado estable, con lo que se define como un problema de conducción térmica en equilibrio; reemplazando datos en (3) se tiene:

$$Q_{cp} = 3125,18 [W]$$

#### 4.2 CALOR PERDIDO

Para el cálculo de las pérdidas de calor del sistema, se realizó el siguiente proceso: se han analizado pérdidas de calor tanto por convección natural; como por conducción [8], [9]; así:

#### 4.2.1 PERDIDA DE CALOR POR CONVECCIÓN DE LA PLANCHA.

Un valor aproximado de coeficiente de transferencia de calor por convección a  $30^{\circ}C$  para placas en contacto con aire a temperatura ambiente mencionado por [8] corresponde a  $4.5 \left[\frac{W}{m^2 \cdot C}\right]$ ; además, se conoce previamente el área transversal de transferencia de calor (pérdida) por convección  $a=0,04 [m^2]$ . Por lo que la potencia disipada se obtiene utilizando la ley de enfriamiento de Newton

$$q = h \times \frac{T_{mat} - T_{amb}}{A}$$

(4)

Donde:

$h$  = Coeficiente de transferencia de calor por convección

$T_{mat}$  = Temperatura de la superficie del material

$T_{amb}$  = Temperatura del ambiente.

$A$  = Área de la superficie en contacto

Reemplazando datos en (4), se tiene:

$$q = 23,2 [W]$$

#### 4.2.2 PÉRDIDAS DE CALOR DEL SISTEMA

Las pérdidas de calor del sistema se analizan con las resistencias térmicas del sistema, así:

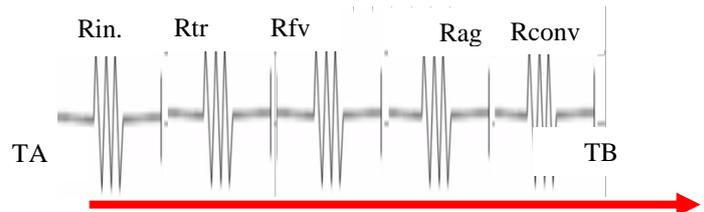


Fig. 5. Circuito de resistencia térmica del sistema de planchado

$$R_{total} = \frac{1}{h_{int} \times A_{int}} + \frac{x_{tr}}{k_{tr} \times A_{tr}} + \frac{x_{fv}}{k_{fv} \times A_{fv}} + \frac{x_{ag}}{k_{ag} \times A_{ag}} + \frac{1}{h \times A_{amb}}$$

(5)

Donde:

$h_{int}$  = Coeficiente de convección en el interior:  $5 \left[\frac{W}{Cm^2}\right]$

$A_{int}$  = Área de la superficie en contacto con el aire caliente:  $0,189 [m^2]$

$x_{tr}$  = Espesor del tubo rectangular:  $1,5m [m]$

$K_{tr}$  = Coeficiente de conductividad térmica del tubo rectangular

$A_{tr}$  = Área transversal del tubo rectangular:  $0,144 [m^2]$

$x_{fv}$  = Espesor de la fibra de vidrio:  $0,0254 [m]$

$k_{fv}$  = Coeficiente de conductividad térmica de la fibra de vidrio:  $0.046 \left[\frac{W}{Cm^2}\right]$

$A_{fv}$  = Área de la sección transversal de la fibra de vidrio:  $0,2493 [m^2]$

xag=Espesor del acero galvanizado: 1m[m]

kag=Coficiente de conductividad térmica del acero galvanizado.

Aag=Área de la sección transversal del acero galvanizado: 0,2493[m<sup>2</sup>]

Aamb=Área de la superficie en contacto con el ambiente: 0,2493[m<sup>2</sup>]

Reemplazando datos en la ecuación se tiene:

$$R_{Total} = 4,15 \frac{^{\circ}C}{W}$$

Por lo que el calor perdido se obtiene al dividir la variación de la temperatura con la resistencia total, así:

$$q = \frac{T_A - T_B}{4,15}$$

$$q = 30,32[W]$$

$$Q_{perdido} = 23,2 + 30,32$$

$$Q_{perdido} = 53,52W$$

Reemplazando las pérdidas de calor se tiene el valor de la cantidad de potencia requerida para mantener la superficie del acero galvanizado a temperaturas deseadas, así:

$$Q_{sistema} = 3125,18 + 53,52$$

$$Q_{sistema} = 3178,1[W]$$

#### 4.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA

El sistema de control de temperatura es el encargado de:

Llevar el control del proceso de encendido y apagado de las niquelinas.

Obtener la información requerida del sensor.

Procesar la información en la unidad de control.

Ejecutar acciones a través de los actuadores para corregir cualquier falla.

##### 4.3.1 MODELAMIENTO MATEMÁTICO DEL SISTEMA DE TEMPERATURA

Para el modelamiento matemático del sistema de temperatura se plantea que el calor fluye del interior del contenedor de resistencias calefactoras hacia el exterior, por lo que se tiene:

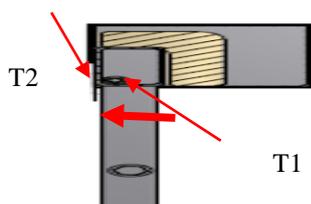


Fig. 6. Flujo de calor del sistema

$$R C \frac{dT}{dt} + T_1 - T_2 = 0$$

(6)

Donde:

T1: Temperatura en el interior.

T2: Temperatura en el exterior.

R: Resistencia térmica: 0,000488 [°C/W]

C: Capacitancia térmica: 3751,355 [J/°C]

Aplicando la transformada de laplace; con condiciones iniciales igual a cero y desarrollando la ecuación en una función de transferencia [11],[3]; se obtiene lo siguiente:

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{1}{s + \frac{1}{RC}}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{0,55535}{s + 0,55535}$$

#### 4.4 CÁLCULO DE PARÁMETROS DE ESTABILIDAD

TABLA II

PARÁMETROS DEL SISTEMA DE TEMPERATURA.

Parámetro	Valor
Tiempo de establecimiento( $t_s$ )	7,32 [s]
Error de posición( $e$ )	1 [%]
Máximo sobre impulso( $M_p$ )	—

#### 4.5 COMPENSADORES PI

Al tratarse de una función de primer orden, es aconsejable usar un controlador PI, el método para encontrar los valores de KP y KI, se presenta en la forma general del controlador PI [11].

$$G_s = \frac{M(s)}{E(s)} = K_p + \frac{K_i}{s}$$

(7)

Donde:

M (s): Variable a controlar.

E (s): Señal de error.

En (8) puede apreciarse el compensador PI del sistema de temperatura.

$$G_{(s)} = \left( K_P + \frac{K_I}{s} \right) \left( \frac{0.5535}{s + 0.5535} \right)$$

(8)

Donde:

$K_P$  = Ganancia proporcional.

$K_I$  = Ganancia integral.

Realizando el arreglo matemático correspondiente para que el factor  $\left( K_P + \frac{K_I}{s} \right)$  coincida con el denominador que representa a la planta  $\left( \frac{0.5535}{s+0.5535} \right)$  de (8); y simplificando la función se tiene lo siguiente:

$$G_{(s)} = \frac{K_P}{s} \left( s + \frac{K_I}{K_P} \right) \left( \frac{0.5535}{s+0.5535} \right)$$

Para anular los factores  $\left( s + \frac{K_I}{K_P} \right)$  y  $\left( \frac{1}{s+0.5535} \right)$ ; se debe cumplir con el factor de condición de (9).

$$\frac{K_I}{K_P} = 0.5535$$

(9)

TABLA III

PARÁMETROS DEL COMPENSADOR PI.

Parámetro	Valor
$K_P$	3,61
$K_I$	2

Con lo que el compensador queda de la siguiente manera:

$$G_{(s)} = \left( 3,61 + \frac{2}{s} \right)$$

(10)

Simulando en el entorno de simulink se obtienen las siguientes gráficas.

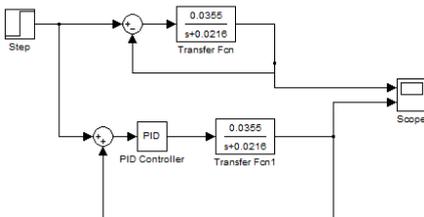


Fig. 7. Sistema sin controlador y con controlador PI.

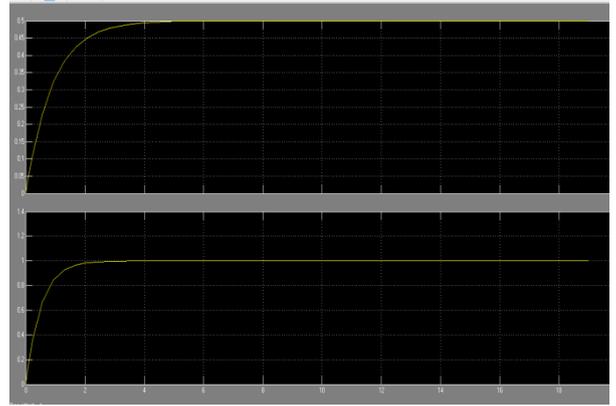


Fig. 8. Respuesta del sistema sin controlador y con controlador PI

En la fig. 8; se puede apreciar que el error tiende a cero, mientras que el tiempo de establecimiento se redujo a 2 [s]

#### 4.6 DISCRETIZACIÓN DEL CONTROLADOR

La señal discreta a implementarse en el controlador se adquiere mediante (11).

$$\frac{m_{(z)}}{e_{(z)}} = K_P + K_I \frac{z}{(z-1)} * T_m$$

(11)

Donde:

$T_m$ : Es el tiempo de muestreo: 20m" [s]

Reduciendo la expresión anterior se observa:

$$\frac{m_{(z)}}{e_{(z)}} = \frac{K_P + (-K_P + K_I * T_m) z}{z-1}$$

(12)

Reemplazando valores de  $K_P, K_I$  y  $T_m$  en (11); el controlador del sistema de temperatura queda determinada de la siguiente manera:

$$\frac{m_{(z)}}{e_{(z)}} = \frac{3,61z - 3,57}{z-1}$$

En la fig. 9, se puede apreciar la simulación en el entorno de simulink del sistema con el controlador implementado; mostrando su respuesta en la fig.10.

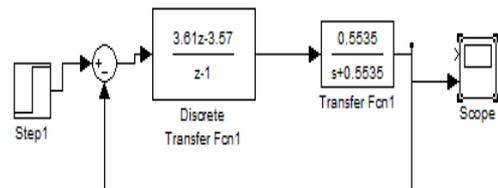


Fig. 9. Sistema con controlador digital

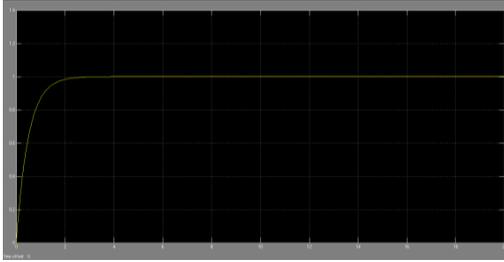


Fig. 10. Respuesta del sistema con controlador PI digital,

Para implementar esta ecuación en el microcontrolador, se lleva la expresión a la ecuación de diferencias equivalente; representada por la

$$m_{(k)} = K_P e_{(k)} + (-K_P + K_I * T_m) e_{(k-1)} - m_{(k-1)} \quad (13)$$

Donde los valores de  $K_P$  y  $K_I$  son los mismos del controlador analógico que se diseñó anteriormente, el tiempo de muestreo se escogió un valor de *veinte* [ms] milisegundos. Reemplazando los valores se tiene la ecuación que se implementa en el microcontrolador [11].

$$m_{(k)} = 3,61 e_{(k)} - 3,57 e_{(k-1)} + m_{(k-1)}$$

## 5 IMPLEMENTACIÓN

En las fig.11 y fig. 12, puede apreciarse los sistemas implementados.

### 5.1 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE HUMECTACIÓN



Fig. 11. Sistema implementado

### 5.2 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE PLANCHADO



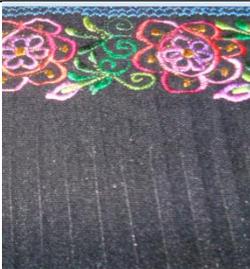
Fig. 12. Sistema implementa

## 6 PRUEBAS

Se han realizado pruebas tanto de los sensores y actuadores implementados en los dos sistemas; teniendo una respuesta satisfactoria a las necesidades de la máquina con un error de cero. A demás; se han realizado pruebas

de temperatura óptima de plisado, cuyos resultados pueden apreciarse en la siguiente tabla:

TABLA IV  
PRUEBAS DE TEMPERATURA ÓPTIMA

<p><b>Temperatura de prueba:</b> 100°C</p> <p><b>Apreciación:</b> El plisado obtenido es débil; se realizan marcaciones de pliegue sutiles; por lo que la manipulación de los pliegues para el plisado final se dificulta; tiende a perder el fijado en la parte adornada</p>	
<p><b>Temperatura de prueba:</b> 115°C</p> <p><b>Apreciación:</b> El plisado obtenido es débil; se realizan marcaciones de pliegue sutiles; por lo que la manipulación de los pliegues para el plisado final se dificulta; tiende a perder el fijado de pliegue en la parte bordada.</p>	
<p><b>Temperatura de prueba:</b> 130°C</p> <p><b>Apreciación:</b> El plisado obtenido bajamente fuerte; se realizan marcaciones de pliegue moderado; por lo que la manipulación de los pliegues para el plisado final tiende a ser más manipulable</p>	
<p><b>Temperatura de prueba:</b> 145°C</p> <p><b>Apreciación:</b> El plisado obtenido es medianamente fuerte; se realizan líneas bien marcadas en la tela; por lo que la manipulación de los pliegues para el plisado final se torna más fácil</p>	
<p><b>Temperatura de prueba:</b> 150°C</p> <p><b>Apreciación:</b> El plisado obtenido fuerte; se realizan marcaciones de pliegue moderadamente fuertes; por lo que la manipulación de los pliegues para el plisado final es fácil.</p>	

## 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### 7.1 CONCLUSIONES.

Por medio de entrevistas y las propiedades térmicas del material; se ha logrado determinar los parámetros que influyen en el adecuado plisado de tela, estos son: la temperatura de plancha; la humedad de la tela y el tiempo de planchado; se determina una temperatura de fijado de pliegue satisfactorio de 150°C con un tiempo de pisado de 15 segundos y humedad moderada

Con tres KW de resistencias calefactoras, se ha logrado obtener una formación adecuada de pliegues; sin quemaduras totales o parciales del material; aprovechando al máximo la humedad suministrada sobre la tela.

La selección de los materiales a implementar en la máquina plisadora de tela, se realizó en base a los cálculos de diseño y a las dimensiones de la máquina. Para la adecuada humectación de la tela; el micro pulverizador fue seleccionado en base a las características poco absorbentes del material; esto es, que se requiere presión para que la tela absorba agua. En vista de que la plancha está en contacto con agua, se ha optado por un material de acero galvanizado. Se tiene como unidad de control un micro controlador atmega; los actuadores y sensores son seleccionados de acuerdo a los requerimientos de la máquina

La implementación de los componentes se realizó en base a la selección de elementos y los cálculos pertinentes establecidos. Para la plancha se tiene que: para llegar a la temperatura requerido por el sistema se implementó 3 resistencias calefactoras en paralelo; mientras que, para el montaje del sistema de humectación se tomó en consideración las dimensiones de la máquina

Las pruebas iniciales realizadas con temperatura de 100°C observó que el plisado es débil y poco manejable; éstas características van cambiando a medida que la temperatura de plisado aumenta hasta 150 °C; el incremento de temperatura y tiempo de planchado hacen que los pliegues sean marcados de mejor manera en la tela. La dotación moderada de agua permite que el paso del material por la plancha y elimina la adhesión del material a la mesa con un tiempo de activación de la electroválvula de 1[s] cada 4 [min].

La elaboración del manual de usuario y guía de detección de fallas, permite que el operario se familiarice con todo el sistema de control y con ello ; brinda las facilidades para corregir cualquier percance durante el proceso de plisado de una manera más ágil; también ayuda a mantener en condiciones ideales de trabajo de manera rápida

### 7.2 RECOMENDACIONES.

Para realizar el diseño e implementación del sistema es importante tener en claro las variables a controlar; así como los fenómenos físicos presentes en el sistema, por lo que para realizar el plisado de otro tipo de tela diferente al paño acrílico, es importante realizar las pruebas pertinentes (facilidad de arrastre de tela, temperatura de fusión de tela, etc.) del nuevo material con el fin obtener los nuevos valores de los parámetros temperatura y humedad, para el adecuado diseño.

Para tener una mayor exactitud en el tiempo de respuesta de sensor de temperatura, se recomienda, la utilización de un sensor de temperatura más exacto, esto debido a que el sensor LM 35 presentó en las pruebas un leve retardo en la lectura de la temperatura.

En las pruebas se determinó que al iniciar la actividad de planchado se presenta un tiempo promedio de 2,94 minutos [min] en el que la plancha inicia su calentamiento de temperatura ambiente a temperatura de trabajo; por lo que para un calentamiento más rápido de la plancha se recomienda la adición de un mayor número de resistencias calefactoras; con lo que se cambiará el tiempo de transferencia de calor por conducción.

El mantenimiento de la parte eléctrica es menor en comparación con la parte mecánica, sin embargo se recomienda tener un registro de errores que se presenten, con el fin de evaluar el rendimiento de la máquina.

Debido a que existe un calentamiento en algunos de los componentes del sistema de control; se recomienda instalar una adecuada ventilación; tomando en cuenta el ambiente en el que trabaja la máquina.

## 8 REFERENCIAS.

- [1] Alexander, C.K., & Sadiku, M.N. (2006). *Fundamentos de circuitos eléctricos* (3ª ed.). Madrid (España). Mc Graw Hill.
- [2] Águeda, E. García, J. Gómez, T. Navarro, J. & García, G. (2015) *Preparación de superficies* (3ª ed.). España: Ediciones Paraninfo, S.A.
- [3] Bolton, W. (2010) *Sistemas de control electrónico en ingeniería mecánica y electrónica* (2ª ed.). México: Alfaomega
- [4] Creus, S. (1997). *Instrumentación industrial* (6ª ed.). México: Alfaomega.
- [5] Cegarra, J. (1957). *An introduction to textile finishing*. Zaragoza: Editorial Reverté S.A.

[6]Groover, M.(1997) *Fundamentos de manufactura moderna materiales, procesos y sistemas.*( 1ª ed.).México, PRENTICE-HALL HISPANOAMERICANA. S.A.

[7]Hollen, N. & Sandler, J. (2002).*Introducción a los textiles.*( 1ª ed). México: Editorial Limusa S A.

[8]Holman, J. (2002).*Transferencia de calor.* ( 8ª ed.). Madrid: McGraw Hill..

[9]Incropera, F. & De Witt, D. (1999).*Fundamentos de transferencia de calor.* (4ª Ed).México: McGraw Hill/Interamericanaeditores, S.A. DE C.V.

[10]Jewett, J. & Serway, R. (2008) *Física para ciencias e ingeniería.* México. (7ª ed.). Cengage Learning editores, S.A. de C.V.

[11]Ogata, K. (2010). *Ingeniería en control moderna* (5ª ed.). Madrid, PEARSON EDUCACIÓN S.A.

[12]Rashid , M. (1995)Electronica de potencia circuitos dispositivos y aplicaciones( 2ª ed.). México:PRENTICE HALL HISPANOAMERICA, S.A.

#### **Sobre el autor.**



Tabita. Quilumbaquín A., nació en Ibarra – Ecuador, el 03 de Octubre de 1988. Realizo sus estudios secundarios en la Colegio Nacional San pablo, culmino sus estudios superiores en la Universidad Técnica del Norte en la carrera de Ingeniería en Mecatrónica en el 2015

Áreas de interés: Automatización y control de procesos industriales, electrónica, micro controladores, robótica, CNC, Energías alternativas.

([tquilumbaquina@utn.edu.ec](mailto:tquilumbaquina@utn.edu.ec))

