

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

**DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UNA MAQUINA NEUMÁTICA DE SUBLIMACIÓN
TEXTIL 70Cm x 90Cm**

Julián Alexis Marín Vinasco

Juan Carlos Suaza García

Ingeniería Electrónica

Director:

Alexander Arias Londoño
IEo, MSc.

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

19 de Mayo del 2016

RESUMEN

En este trabajo se presentan los detalles del proceso de diseño y construcción de una máquina neumática de sublimación textil de longitud 70cm x 90cm. Se analizan a fondo cierta cantidad de dispositivos para conocer las ventajas que ofrecen y las dificultades que pueden presentar, para así poder generar, evaluar y escoger las mejores y más convenientes ideas para el diseño y construcción del nuevo dispositivo de la manera más eficiente posible. Luego se analizan las variables que incurren en el proceso de sublimación textil. Una vez identificadas las variables, se estudió y diseñó una estructura que contiene las características técnicas solicitadas por el representante legal de la micro empresa innovaciones ROGO´S, tomando en cuenta principios básicos de mecánica, neumática y electrónica. Concebido el concepto general, se muestra el diseño detallado de cada una de las etapas que componen la estructura final. El estudio en su totalidad, se apega a condiciones de costo mínimo, versatilidad, construcción sencilla y buena interacción entre máquina y operario.

Para esta última característica, se toman en cuenta algunas longitudes de prendas de vestir con el fin de aprovechar al máximo la longitud de la plancha térmica al momento de sublimar. Este trabajo, además de ser un aporte ingenieril, que no por sencillo deja de ser innovador, ofrece alternativas amplias de producción para empresas y microempresas que dedican gran parte de su trabajo a la estampación textil con gran variedad de diseños a muy bajo costo.

RECONOCIMIENTOS

Agradecemos la colaboración del Ingeniero Alexander Arias Londoño, quien nos guió a través de todo este proceso de creación y materialización de una idea que en algún momento fue un sueño y hoy es una realidad. Le agradecemos también por el apoyo y el conocimiento que en todo momento nos aportó como tutor de nuestro proyecto de grado.

A nuestra institución universitaria, Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM), por abrir sus puertas del conocimiento y permitirnos obtener el título profesional de Ingenieros Electrónicos.

A todos los docentes, que con su paciencia y profesionalismo entregaron lo mejor de su conocimiento.

Muy especialmente a nuestras familias por su esfuerzo y dedicación en todo momento, para así obtener los logros que alcanzamos a través de nuestra carrera, así como también la culminación de este proyecto de grado.

Finalmente agradecer a Dios padre celestial, por darnos la paciencia, prudencia, inteligencia y conocimiento necesario para alcanzar nuestras metas.

ACRÓNIMOS

ITM: Instituto Tecnológico Metropolitano

Rogo's: Microempresa textil familiar

Set point: Punto de ajuste

Mpa: Mega pascales

K1: Relevé

Y1: Solenoide de válvula

T1: Temporizador

NA: Normalmente abierto

MIG: Soldadura a gas y arco metálico

SSR: Relé de estado sólido

LBA: Alarma por ruptura de lazo

PV: Valor del proceso

SV: Ajuste de temperatura

PSI: Libra fuerza por pulgada cuadrada

°C: Grados centígrados

AC: Corriente alterna

DC: Corriente directa

P: Potencia

W: Vatios

V: Voltaje

I: Corriente

Hz: Herz

t: Tiempo

h: Hora

min: Minuto

s: Segundos

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1 INTRODUCCIÓN	11
1.1 PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA	11
1.2 ANÁLISIS DEL PROBLEMA	11
1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	12
1.4 IMPORTANCIA DEL PROYECTO.....	12
2 OBJETIVOS.....	13
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3 MARCO TEÓRICO	15
3.1 VENTAJAS DE LA SUBLIMACIÓN	15
3.2 APLICACIÓN Y VERSATILIDAD DE LA SUBLIMACIÓN.....	18
3.3 PRENSAS DE CALOR PARA SUBLIMACIÓN.....	19
4 METODOLOGÍA.....	26
4.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SOLICITADAS POR EL OPERADOR	27
4.2 ESTRUCTURACIÓN METÁLICA.....	29
4.2.1 <i>Revestimiento metálico</i>	31
4.2.2 <i>Pintura de estructura y armazón</i>	32
4.3 PLANCHA TÉRMICA	34
4.3.1 <i>Resistencia eléctrica tubular</i>	35
4.3.2 <i>Termocupla tipo K</i>	38
4.4 CONTROLADOR DE TEMPERATURA TCN4L.....	38
4.5 MÓDULO ELECTRO NEUMÁTICO	40
4.5.1 <i>Funcionamiento del modulo electro neumático</i>	43

4.6	TEMPORIZADOR	45
4.7	ENSAMBLE FINAL.....	47
4.7.1	<i>Panel frontal</i>	49
5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
6	CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO	54
7	BIBLIOGRAFÍA.....	56
8	ANEXOS.....	57
8.1	ARCHIVOS DE CONFIGURACIÓN CONTROLADOR DE TEMPERATURA TCN4L	57
8.1.1	<i>Descripción panel frontal</i>	60
8.1.2	<i>Ajuste sensor de entrada</i>	61
8.1.3	<i>Ajuste de parámetros según diagrama de flujo</i>	63
8.2	ARCHIVOS DE CONFIGURACIÓN TEMPORIZADOR DIGITAL LE4S	64
8.2.1	<i>Descripción panel frontal del temporizador</i>	66
8.2.2	<i>Rangos de tiempo del temporizador</i>	66
8.2.3	<i>Modos de operación (Out)</i>	67

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Pruebas de sublimación textil realizadas.	53
Tabla 2. Especificaciones técnicas del controlador TCN4L.	57
Tabla 3. Configuración según tipo de termocuplas o RTD.	62
Tabla 4. Especificaciones técnicas del temporizador LE4S.	64
Tabla 5. Rangos de tiempos y especificaciones.	67
Tabla 6. Modos de operación.	68

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de sublimación en tela de color blanco.....	17
Figura 2. Proceso de la sublimación en tela de diferente color.	17
Figura 3. Gráficos de entretenimiento.	18
Figura 4. Globos de aire caliente.	18
Figura 5. Cerámica.	19
Figura 6. Nochero de madera.	19
Figura 7. Prensa térmica manual.	20
Figura 8. Prensa térmica semiautomática.	20
Figura 9. Prensa térmica automática.....	20
Figura 10. Impresión de gráfico.	21
Figura 11. Extender teflón parte inferior.	22
Figura 12. Cara frontal de la camiseta a sublimar.	22
Figura 13. Logotipo boca abajo sobre la camiseta.....	23
Figura 14. Prensado de logotipo sobre la camiseta.....	23
Figura 15. Logotipo sublimado.	24
Figura 16. Diseño estructural.	28
Figura 17. Dimensiones generales.....	29
Figura 18. Soportes laterales hierro 5/16”.....	30
Figura 19. Soporte de cilindros.....	30
Figura 20. Base inferior.....	30
Figura 21. Unión de piezas mediante soldadura MIG.	31
Figura 22. Revestimiento metálico.....	31
Figura 23. Aplicación ácido fosfórico.	32
Figura 24. Aplicación Wash revestimiento.	33
Figura 25. Aplicación Wash estructura.	33
Figura 26. Aplicación de Poliuretano.	33
Figura 27. Placa de aluminio longitud 70cm x 90 cm, espesor 16 mm.	34

Figura 28. Plancha Térmica.....	35
Figura 29. Control por ángulo de fase.	36
Figura 30. Relé de estado sólido 220Vac/30 Amp.	37
Figura 31. Termocupla tipo K, 95°C a 1250°C.	38
Figura 32. Controlador digital TCN4L.....	39
Figura 33. Diagrama de conexión controlador, sensor, etapa de potencia.....	39
Figura 34. Diagrama electro neumático.....	40
Figura 35. Cilindro neumático de doble efecto 0.9 Mpa.	41
Figura 36. Electroválvula EBC 5/3.....	42
Figura 37. Unidad de mantenimiento FRL, 150 PSI.	43
Figura 38. Esquema eléctrico.	44
Figura 39. Funcionamiento del circuito.....	45
Figura 40. Temporizador digital LE4S.....	46
Figura 41. Diagrama de conexión.....	46
Figura 42. Vista lateral izquierda	47
Figura 43. Vista frontal.....	48
Figura 44. Vista lateral derecha.....	48
Figura 45. Logotipo floral (Temperatura 200°C, Tiempo de permanencia 40 segundos, Presión 150 PSI).....	50
Figura 46. Belén (Temperatura 170°C, Tiempo de permanencia 15 segundos, Presión 150 PSI)	51
Figura 47. Cute Baby (Temperatura 180°C, Tiempo de permanencia 20 segundos, Presión 150 PSI).....	51
Figura 48. Tigre Americano (Temperatura 190°C, Tiempo de permanencia 30 segundos, Presión 150 PSI).....	52
Figura 49. Diversidad EEUU (Temperatura 200°C, Tiempo de permanencia 40 segundos, Presión 150 PSI).....	52
Figura 50. Descripción panel frontal según el fabricante.	60
Figura 51. Ajuste de parámetros.....	63
Figura 52. Ajuste de parámetros del temporizador.....	66

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Presentación del problema

Actualmente las pequeñas y medianas empresas del valle de aburra con el fin de subsistir en el mercado textil aplican técnicas básicas de estampación a través de la serigrafía, proveniente de la cultura occidental a mediados del siglo XIX. Esta técnica requiere de múltiples procesos asociados lo que genera mayor costo y hace que la productividad sea mucho mas lenta.

Asociado a lo anterior, la industria textil en la ciudad de Medellín genera un 30% del total de empleos, lo que equivale a 45.000 empleos directos y 135.000 indirectos (Ignacio Gómez, 2014)

En este trabajo se propone diseñar y construir una maquina neumática de sublimación textil, de longitud 70cm x 90cm, capaz de realizar estampación en tela con los mas altos índices de calidad, sin la necesidad de realizar arduos procesos como se ven reflejados en la serigrafía, a un menor costo y a una mayor velocidad.

1.2 Análisis del problema

En el mercado internacional y nacional existe una amplia variedad de máquinas que permiten realizar estampación de diversas formas. Se ha investigado en varias páginas de Internet la existencia y disponibilidad de estos equipos a nivel global, en Colombia se encuentran lugares donde se pueden observar algunos de estos equipos, ya que los pocos que se ven en el país han sido importados a un costo elevado principalmente con fines comerciales.

Lo que se busca es la construcción de un prototipo sencillo con un costo accesible donde, con un sistema de operación similar a los ya existentes, se logre dar una solución concreta y viable al comprador. Que el usuario se dé cuenta de la ventaja de adquirir una máquina de fabricación Colombiana, que realice el mismo procedimiento con altos estándares de calidad como lo puede realizar una máquina de fabricación extranjera.

1.3 Descripción del problema

Como esto es un sistema que involucra la operación directa de personas, el prototipo debe ser ante todo seguro, práctico, rápido y económico. Por esto, además de que la construcción sea económica debe ser lo suficientemente fuerte, capaz de funcionar por largos periodos de trabajo sin necesidad de presentar altos niveles de mantenimiento, brindando una excelente productividad y competitividad.

1.4 Importancia del proyecto

“En momentos en que los productores de China inundan el mercado Colombiano, la industria textil y de la confección empiezan a descubrir en la tecnología de la sublimación una tabla de salvación para salir de la incertidumbre, competir con calidad y precios, y por ende, revolucionar la moda en el país” (Andigraf, 2015)

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Diseñar y construir una maquina neumática de sublimación textil de acuerdo a estándares internacionales, que cumpla con exigencias mínimas solicitadas por el operario, robusta, resistente, eficiente en procesos de sublimación textil, que contenga características sobresalientes que permita competir en mercados nacionales e internacionales.

Para su construcción se hizo necesario recopilar información referente a procesos de sublimación llevaderos a cabo en la industria textil, relacionados en los capítulos 3 y 4.

2.2 Objetivos Específicos

- Identificar últimas técnicas de estampación empleadas a nivel mundial y el proceso de sublimación textil (se encuentra desarrollado en el capítulo 3).
- Identificar las necesidades y especificaciones técnicas solicitadas por la microempresa innovaciones ROGO´S para el proceso de sublimación (se encuentra desarrollado en el capítulo 4).
- Diseñar la etapa estructural y electro neumática de la máquina con los siguientes parámetros: calibre de hierro 5/16", placa de aluminio de longitud 70cm x 90cm y volumen 16 mm, etapa electrónica y eléctrica capaz de calentar de manera uniforme y controlada la plancha térmica mediante el sensado de una termocupla tipo K, la

implementación de un módulo controlador de temperatura y un relé de estado sólido, cilindros neumáticos de doble efecto diseñados para ejercer presiones de 150 PSI controlados a través de una electroválvula 5/3, control del tiempo de permanencia de la sublimación mediante un módulo temporizado digital, mecanismos de accionamiento industrial estandarizados start, reset, paro de emergencia, disyuntor de alimentación (se encuentra desarrollado en el capítulo 4).

- Realizar pruebas de validación mediante la combinación de variables intervinientes en los procesos de sublimación “ensayo y error” para obtener un parámetro de programación anhelado (se encuentra desarrollado en el capítulo 5).

3 MARCO TEÓRICO

El presente trabajo analiza la forma de realizar estampación de imágenes en diferentes tipos de tela a través de máquinas de sublimación y/o estampación textil. En ese sentido, es preciso aclarar algunos conceptos. En primer término, el abordaje al proceso de sublimar. Se considera la sublimación como una forma sencilla pero eficaz de la impresión digital que se utiliza para imprimir imágenes de alta calidad y gráficos sobre diferentes superficies. Para el caso de los textiles, aquellas prendas que contengan una alta cantidad de poliéster. Lo que hace único el proceso de sublimación es el proceso químico de tintas colorantes que solo se vinculan a fibras que contengan partículas de poliéster (Russell, 2014). Cuando la tinta se calienta mediante el prensado, suceden 2 reacciones importantes en la tela:

La tinta pasa de un estado sólido a un estado gaseoso sin llegar a la etapa líquida, el calor y la presión se utilizan para infundir los colorantes en las fibras de poliéster.

Cuando se elimina el calor, las fibras de poliéster se condensan y retienen una copia exacta de las tintas de forma permanente.

Como resultado final se obtiene la estampación de una imagen perfecta sobre la superficie textil.

3.1 Ventajas de la sublimación

- La imagen se transfiere de forma permanente sobre la superficie de la tela.
- No se agrieta ni desvanece al lavar.
- Su proceso requiere un mínimo de tiempo, trabajo y costo.

- Se puede producir y editar una imagen en una computadora convencional.
- Se puede implementar cualquier tipo de color e imprimir en segundos.
- Es un mercado que se encuentra en constante expansión.

Existen en el mercado variedad de tintas para procesos de sublimación, entre ellas tenemos las tintas a base de disolvente, tintas a base de aceite y tintas a base de agua.

Por cuidado, protección del medio ambiente y costos, en Colombia utilizamos las tintas a base de agua la cual ofrece atributos sobresalientes.

Existen dos mitos comunes los cuales no son ciertos en los procesos de sublimación textil:

- La sublimación solo es posible en telas de color blanco
- La transferencia de imágenes solo es posible en telas 100% poliéster

Las telas de color blanco son ideales para la reproducción óptima de las diferentes gamas y combinaciones de color, pero no es la única opción, existen telas que se adaptan al diseño impreso, el truco está en elegir la mejor combinación. A continuación la Figura 1, muestra un ejemplo de la sublimación en telas de color blanco y la Figura 2, sublimación llevada a cabo en prendas de diferente color.



Figura 1. Proceso de sublimación en tela de color blanco.



Figura 2. Proceso de la sublimación en tela de diferente color.

Es importante mencionar que la sublimación textil puede ser realizada en telas que contengan mezclas de partículas (algodón – poliéster), entre más partículas de poliéster contenga la tela más definida será la imagen. No es posible realizar transferencia de imágenes en telas que no contengan una mínima adición de poliéster.

3.2 Aplicación y versatilidad de la sublimación

En la actualidad son múltiples los usuarios que disfrutan de las ventajas de este método de estampación textil, por su bajo costo, resolución, aplicabilidad y fácil acceso. Las aplicaciones típicas incluyen desde banners, gráficos de entretenimiento para exposiciones, banderas, camisetas, globos de aire caliente, entre otros. La aplicación se extiende a otros sectores que requieren del proceso de sublimación como son la impresión en cerámica, madera y metales, los cuales deben contener un recubrimiento de poliéster para hacer efectivo el proceso (Syverson, 2013). A continuación la Figura 3, Figura 4, Figura 5 y , recrean el proceso de sublimación en todo su esplendor.



Figura 3. Gráficos de entretenimiento.



Figura 4. Globos de aire caliente.



Figura 5. Cerámica.



Figura 6. Nochero de madera.

3.3 Prensas de calor para sublimación

En la actualidad, empresas internacionales ofrecen gran variedad de prensas de calor necesarias para el proceso de estampación por sublimación. Puede ser de tipo manual, semiautomática u automática. La capacidad y diseño de la maquina varia de un fabricante a otro. A continuación en la Figura 7, Figura 8 y Figura 9, se identifican algunos prototipos de máquinas existentes (Avance, 2016).



Figura 7. Prensa térmica manual.



Figura 8. Prensa térmica semiautomática.



Figura 9. Prensa térmica automática.

Para toda prensa térmica, se hace necesario tener en cuenta la combinación de las siguientes variables como factor fundamental para obtener una excelente estampación textil:

- Temperatura
- Tiempo de permanencia de la tela
- Presión

La sublimación textil no es una ciencia exacta, y las variables a controlar pueden variar dependiendo de la prenda y el equipo que se está implementando. Para ello hay que utilizar directrices del fabricante como punto de partida y realizar experimentos que me permitan establecer cuál de las combinaciones existentes funciona mejor. Una guía muy general para sublimación textil en prendas de Poliéster sería 180°C de temperatura, a una presión de 100 PSI, por un tiempo estimado de 50 segundos (Mohammed Asif Hossain¹, 2015).

A continuación se realiza un ejemplo de cómo es el proceso de estampación en una camiseta mediante la utilización de una prensa de calor manual:

1. Selecciones el gráfico u logotipo a estampar sobre la prenda.



Figura 10. Impresión de gráfico.

2. Establecer la temperatura de la prensa de calor a 180 - 200 °C y extender una lámina de teflón en la parte inferior de la prensa.



Figura 11. Extender teflón parte inferior.

3. Colocar la camiseta sobre la base de la prensa con la cara a sublimar hacia arriba, eliminar pliegues existentes.



Figura 12. Cara frontal de la camiseta a sublimar.

4. Colocar el logotipo boca abajo en la parte superior de la camiseta. Ponga una segunda lámina de teflón en la parte superior.



Figura 13. Logotipo boca abajo sobre la camiseta.

5. Prensar el logotipo sobre la tela por unos 50 - 60 segundos. Cuando el tiempo haya transcurrido la maquina emite una alarma lo cual indica que puede levantar la plancha térmica para retirar el papel sobre la prenda.



Figura 14. Prensado de logotipo sobre la camiseta.

6. Como producto final una estampación de óptima calidad, realizado a través de una prensa de calor mediante el proceso de sublimación.



Figura 15. Logotipo sublimado.

Durante este proceso existen una variedad de problemas comunes:

- Fibras sueltas sobre la tela: las cuales pueden ser eliminadas con un rodillo de absorción de pelusas.
- Descolorido en los colores: debido al exceso de humedad en la tela absorbida de la atmósfera. Esto se soluciona calentando la tela en la prensa de calor por unos 5 segundos antes de someterla al proceso de sublimación.
- Impresión borrosa: muchos casos ocurren debido a la rapidez con que se abre la prensa, generando que el papel que contiene el logotipo se mueva y se desdibuje la imagen sobre la prenda. Se recomienda fijar el papel con cinta adhesiva resistente al calor.
- Cambio de color en las telas: las telas se tornan de color amarillo y/o con sombras, lo que puede evitarse mediante la reducción de tiempo de permanencia de la prenda y presión.

- Líneas de transferencia: son delgadas líneas que se incrustan en la estampación, debido a la terminación de la hoja de impresión. Para esto se puede cortar la hoja alrededor del diseño para suavizar los bordes y ejercer una presión media en el proceso.

4 METODOLOGÍA

La metodología utilizada para el desarrollo de este trabajo, consistió en partir del conocimiento de la situación actual de las pequeñas y medianas empresas textiles ubicadas en la ciudad de Medellín, con base a las técnicas implementadas en los procesos de estampación. Se realizaron visitas a empresas legalmente constituidas para la recolección de datos y contextualizar la situación actual del mundo textil, y poder finalmente, proponer un modelo de máquina que sirviera como elemento facilitador en la estampación textil a bajo costo y con altos índices de productividad. Dicho diseño estuvo dividido en cuatro grandes fases:

- Una primera fase, consistió en la recopilación de características técnicas mínimas exigidas según necesidades del propietario. Seguidamente se realizó una búsqueda bibliográfica sobre temas relacionados para centralizar la propuesta de la construcción de la maquina. Se identificaron prototipos existentes en el ámbito internacional. Las referencias y material de apoyo seleccionado, estuvo orientado a definiciones tales como: prototipos existentes, tamaños, versatilidad, funcionamiento.
- Nuestra segunda fase, se oriento a la recopilación de datos en microempresas dedicadas al proceso de sublimación en la ciudad de Medellín, aquellas que contribuyen a diario con sus múltiples diseños en el ámbito de la moda. Por tal motivo fue de vital importancia conocer a fondo los métodos y técnicas implementados que permitieran generar ideas para el desarrollar un prototipo acertado.
- Para nuestra tercera fase, fue necesario definir una serie de categorías conceptuales que permitieran establecer, de forma consecuente y coherente, unas directrices para la estampación al calor utilizando prensas térmicas. Esta serie de categorías, se

constituyen en el sustento conceptual de la propuesta. Las categorías conceptuales que se abordaron están divididas en dos grupos:

Para el primer grupo fue necesario precisar qué es la sublimación y cómo, dentro de su funcionalidad, contribuye con el buen desarrollo de las pequeñas y medianas empresas que dedican parte de su proceso a la estampación textil.

El segundo grupo incluye temas de diseño, resistencia de materiales, sistemas de control y automatización, neumática, electrónica de potencia, estudio de componentes y finalmente pintura.

- La última fase, compuesta por la presentación final de la máquina, realización de pruebas de validación y combinación de variables intervinientes en los procesos de sublimación textil.

4.1 Especificaciones técnicas solicitadas por el operador

Las exigencias mínimas solicitadas por la microempresa ROGO'S son las siguientes:

- Estructura robusta capaz de soportar largas horas de trabajo.
- Plancha térmica de longitud 70cm x 90cm, para estampación de prendas de vestir para adulto y para niño.
- Funcionamiento mediante aire comprimido para una mejor presión sobre la tela.
- Controles digitales, más por efectos visuales y de estética.
- Bandeja corrediza multipropósito para una mayor rapidez en el proceso de estampación.

- Conexión eléctrica a 220 Voltios.

Para tales exigencias, se implementó el uso de una herramienta de diseño informática “Inventor”, con el fin de modelar un prototipo que acogiera las características y especificaciones solicitadas. A continuación la Figura 16 y Figura 17, representan el diseño de un prototipo planteado que contiene medidas y elementos necesarios para su correcto funcionamiento.

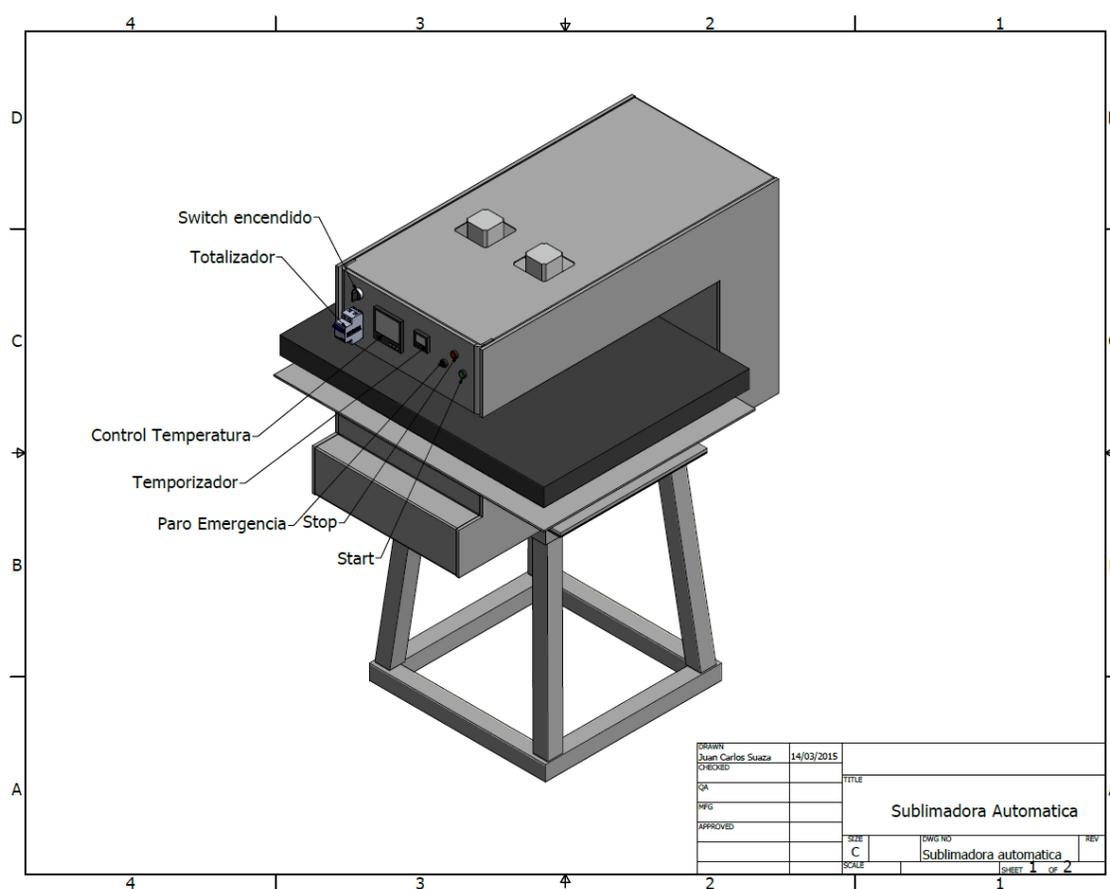


Figura 16. Diseño estructural.

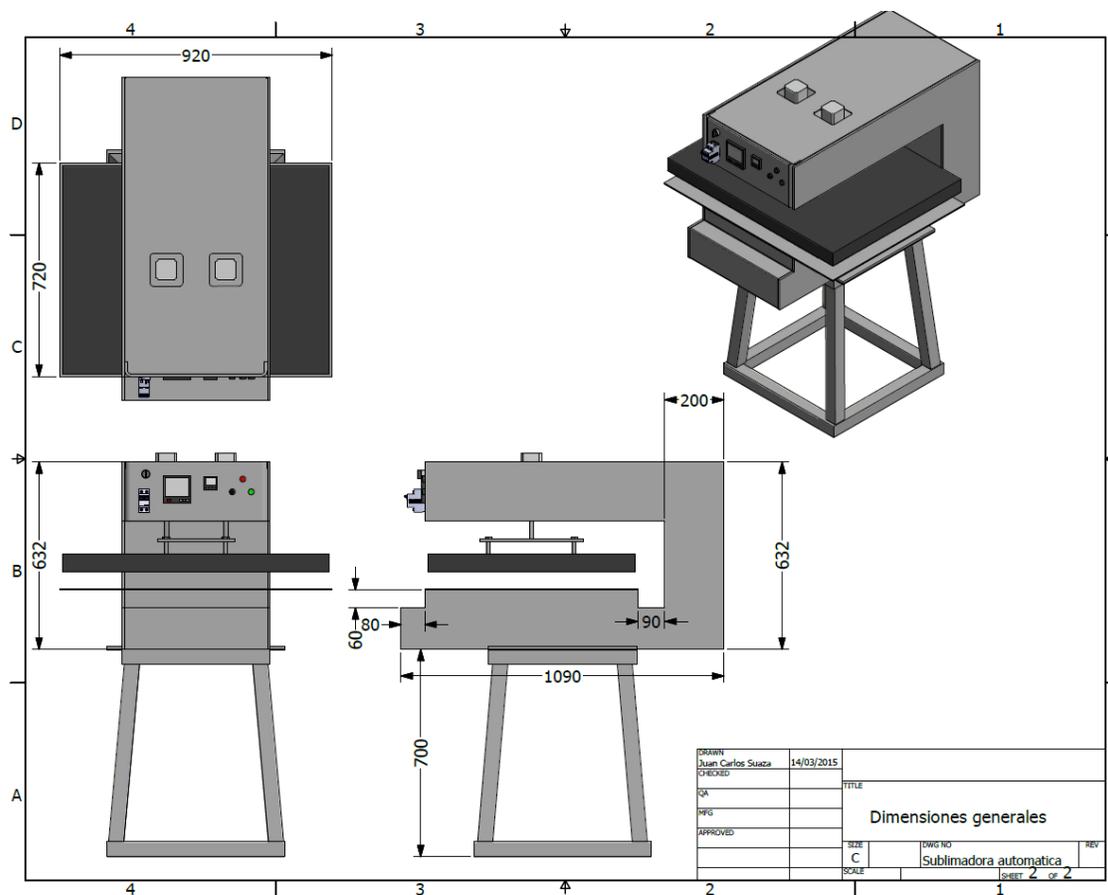


Figura 17. Dimensiones generales.

4.2 Estructuración Metálica

En esta sección, se materializa una de las exigencias requeridas por el usuario, la cual hace referencia a la solides y resistencia de la máquina. Debido a que la plancha térmica pesa 60 kg. y está sometida a una presión de 150 PSI a través de 2 cilindros de doble efecto, fue necesario construir una estructura en hierro calibre 5/16" (columna vertebral, Figura 18, Figura 19 y Figura 20), capaz de garantizar la no deformación de sus partes al momento de entrar en operación. Su estructura consta básicamente de 2 pedestales laterales, fijados a una placa o soporte de cilindros

y una base inferior (Figura 21) mediante soldadura MIG (Metal Inert Gas), soldadura que soportar hasta 50.000 libras de presión sin sufrir rupturas, ideal para la unión de piezas de maquinaria que realizan trabajo pesado (Introducción a la soldadura MIG-MAG, 2013).



Figura 18. Soportes laterales hierro 5/16".



Figura 19. Soporte de cilindros.



Figura 20. Base inferior.



Figura 21. Unión de piezas mediante soldadura MIG.

4.2.1 Revestimiento metálico

La estructura metálica fue revestida mediante la implementación de lámina galvanizada calibre No 16mm, brindando resistencia y solides al cuerpo de la maquina, además de generar una apariencia confortable y atractiva para el público. La Figura 22, pauta el despiece general del revestimiento o caparazón.



Figura 22. Revestimiento metálico.

4.2.2 Pintura de estructura y armazón

Toda máquina o estructura por lo general, lleva un recubrimiento de pintura que permita su protección contra factores ambientales y humanos. Nuestro prototipo fue sometido a un pintado a base de poliuretano el cual garantiza resistencia al calor, al rayado, a sustancias químicas y mancha producidas por agua. El proceso químico realizado para obtener un buen acabado fue el siguiente:

- Eliminación de residuos e impurezas mediante la aplicación de ácido fosfórico.
- Aplicación de pintura tipo wash a fin de proporcionar una base para su tonalidad.
- Aplicación de pintura tipo poliuretano color gris claro.
- Remoción de impurezas mediante lijado.
- Brillado.

La Figura 23, Figura 24, Figura 25 y Figura 26, describen de manera visual el proceso químico desarrollado.



Figura 23. Aplicación ácido fosfórico.

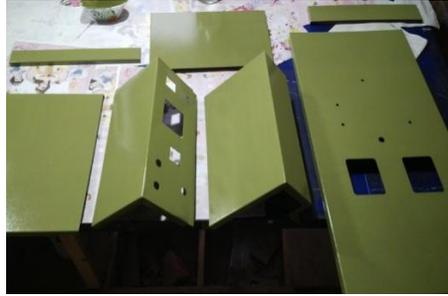


Figura 24. Aplicación Wash revestimiento.



Figura 25. Aplicación Wash estructura.



Figura 26. Aplicación de Poliuretano.

4.3 Plancha térmica

La plancha térmica es la parte fundamental de toda máquina de sublimación textil, encargada de pasar de estado sólido a gas las tintas impresas en el papel transfer para que sean absorbidas por la tela. Esta plancha contiene una placa de aluminio de longitud 70cm x 90cm (Figura 26), indispensable para realizar la estampación de prendas para personas adultas y niños según especificaciones solicitadas. Además de su tamaño, la placa de aluminio tiene un espesor de 16mm, capaz de soportar altas temperaturas por largos periodos de tiempo (250°C), y una presión constante (150 PSI) sin sufrir rupturas o deformaciones.



Figura 27. Placa de aluminio longitud 70cm x 90 cm, espesor 16 mm.

La placa de aluminio se fija mediante tornillería de ½” rosca fina a una estructura tubular cuadrada, la cual tiene como función servir de soporte a la plancha térmica y alojar las resistencias eléctricas que sirven para el calentamiento de la superficie de aluminio y lana mineral como aislante térmico (Figura 28).



Figura 28. Plancha Térmica.

4.3.1 Resistencia eléctrica tubular

En la actualidad, los fabricantes ofrecen gran variedad de diseños ideales para el calentamiento de todo tipo de materiales. Una de ellas es la resistencia plana, la cual permite mayor transferencia de energía sobre superficies lisas. Su desventaja radica en el corto periodo de vida útil (máximo 4 meses) y su alto costos de manufactura.

Como alternativa se instalaron resistencias tubulares, las cuales presentan menor transferencia de energía en comparación con las resistencias planas. Permiten un calentamiento más lento pero uniforme sobre la superficie de aluminio. Su ventaja radica en el largo periodo de vida útil que ofrece el fabricante y su bajo costo de manufactura, ideal para ser implementada en este prototipo.

A continuación se presentan las especificaciones eléctricas de los resistores tubulares:

- Conexión a la red 220 V_{AC}
- Potencia eléctrica 1100 W

- Según la ley de ohm, $I = \frac{P}{V}$

$$I = \frac{1100 \text{ W}}{220 \text{ V}} = 5 \text{ Amp}$$

Estas 3 resistencias estarán conectadas en paralelo a uno de los bornes del control de temperatura, el cual será programado para realizar un control por ángulo de fase a través de un relé de estado sólido.

El control por ángulo de fase controla el flujo de potencia hacia la carga retrasando el ángulo de disparo (Rashid, 2005). La Figura 29, ilustra los pulsos de disparo y la forma de onda para los voltajes de entrada y salida sobre la carga.

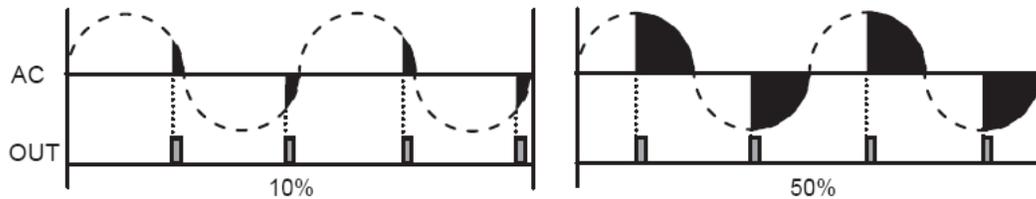


Figura 29. Control por ángulo de fase.

Para dicha conmutación se implementó el relé de estado sólido de eléctricas BC, toda vez que funciona rápidamente a altas frecuencias, su construcción hermética lo hace más resistente a las condiciones ambientales, es inmune a choque y vibraciones, no sufre desgaste mecánico, son silenciosos, conmuta altas corrientes y voltajes sin generar arcos o ionizar el aire circulante, genera muy poca interferencia (Pulido, 2000).

Las características eléctricas para la elección del relé de estado sólido (Figura 30) son las siguientes:

- Red de alimentación: 220 V_{AC}, 60 Hz.
- Potencia total de la carga: 3300 W
- Corriente total de la carga: 15 Amp.
- Input: 0-32 V_{DC}
- Output load: 240V_{AC}, 30 Amp.
- Se utiliza como mecanismo de protección del relé de estado sólido una base disipadora de calor.



Figura 30. Relé de estado sólido 220Vac/30 Amp.

4.3.2 Termocupla tipo K

El censado del calentamiento de la placa de aluminio se hará a través una termocupla tipo K (Figura 31), ideal para fundiciones y hornos a temperaturas menores de los 1300°C. Primordialmente nuestra termocupla estará sometida a temperaturas no mayores a los 250°C, ya que a tan elevadas temperaturas las telas deterioran sus fibras (Guía teórica sobre termocuplas). El control del censado se realiza a través de un módulo controlador de temperatura que se explicara en la siguiente sección.



Figura 31. Termocupla tipo K, 95°C a 1250°C.

4.4 Controlador de temperatura TCN4L

Utilizado básicamente para controlar a través de la termocupla tipo K el nivel de calor transferido sobre la placa de aluminio. Es un dispositivo accesible por su bajo costo, su versatilidad lo hace apropiado para aplicaciones de monitoreo constante de temperatura. Cumple características de fabricación optimas para la maquina de sublimación textil, es completamente digital (Figura 32), sus funciones son totalmente programables (ver anexos, archivos de configuración 1), se puede

conectar a una red de alimentación AC o DC, versatilidad a la hora de elegir un sensor, salida de control a través de un relé de estado sólido o contactor.



Figura 32. Controlador digital TCN4L.

Según configuración del modulo TCN4L, las conexiones eléctricas tanto para las resistencias, sensor de temperatura y relé de estado sólido, viene indicado en la parte trasera del dispositivo según se ilustra en la Figura 33.

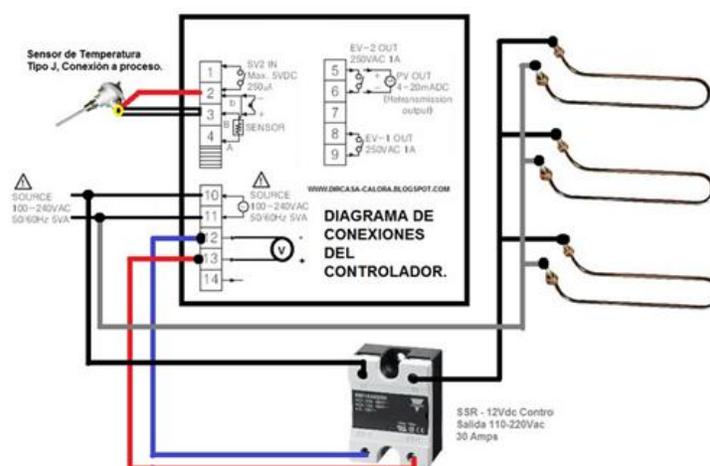


Figura 33. Diagrama de conexión controlador, sensor, etapa de potencia.

4.5 Módulo electro neumático

Esta etapa es fundamental para el proceso de estampación, ya que consiste en realizar un control electro neumático sobre 2 cilindros de doble efecto. Su objetivo principal es sostener y desplazar la plancha hasta la base inferior de la estructura, con el fin de prensar el diseño de la hoja transfer y la tela de manera uniforme a 150 libras de presión, los cuales son suministrados por un compresor industrial. El diseño fue realizado mediante la herramienta informática FESTO FluidSIM, versión 3.6 (Figura 34), programa que nos permite entender y desarrollar mediante la simulación el accionamiento de los cilindros de manera sincronizada.

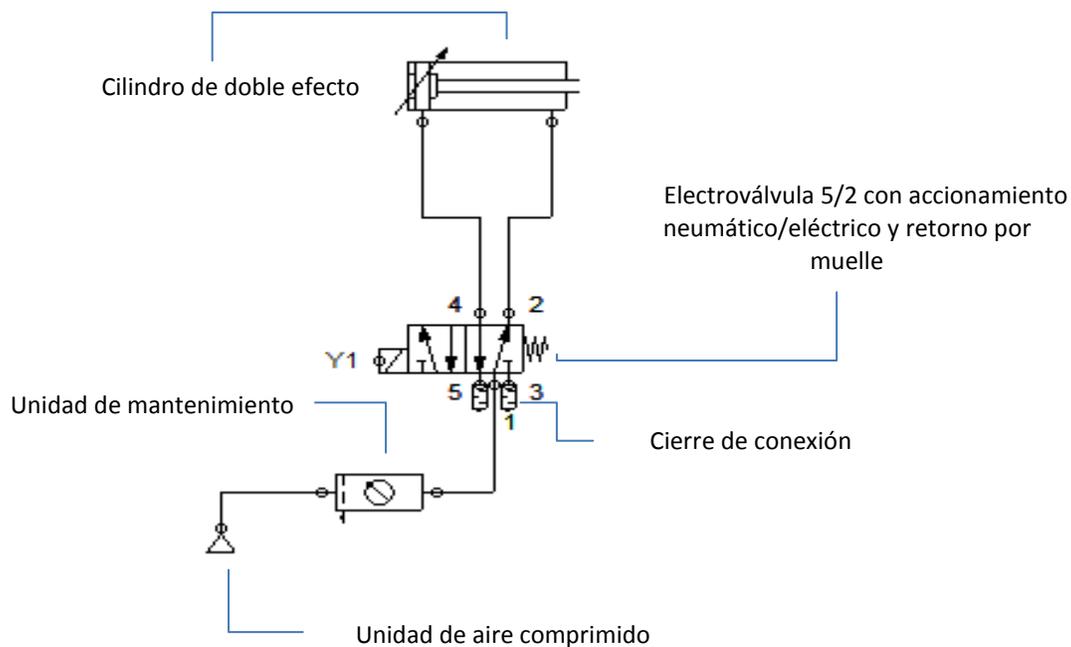


Figura 34. Diagrama electro neumático.

Las especificaciones técnicas del cilindro neumático de doble efecto (Figura 35) implementado para este prototipo son las siguientes:

- Diámetro en mm: 63
- Tamaño del vástago en mm: 100
- Acción: Doble tipo de actuación
- Medio de funcionamiento: Aire
- Presión de trabajo: 0.1 – 0.9 Mpa
- Tipo de amortiguador: Ajustable
- Material del cuerpo: Aleación de alumin



Figura 35. Cilindro neumático de doble efecto 0.9 Mpa.

El accionamiento de los cilindros se hacen a través de una válvula distribuidora 5/3, encargadas de interrumpir, dejar pasar o desviar el aire comprimido para así dar control sobre el vástago del cilindro. Ésta válvula cuenta con 5 orificios o vías y 3 posiciones (Figura 36).



Figura 36. Electrovalvula EBC 5/3.

Seguidamente para evitar daños y desgaste apresurado sobre los cilindros de doble efecto y la electrovalvula, es necesario la instalación de una unidad de mantenimiento de aire FR+L la cual consigue 3 operaciones básicas: filtra, regula y lubrica.

- El Filtro somete el aire a un proceso de centrifugado, con lo que las impurezas (sólidas o líquidas) se proyectan contra las paredes del filtro y caen por gravedad a una cámara. Posteriormente el aire pasa por un cartucho filtrante para completar su limpieza.
- El regulador asegura una presión de aire estable en el circuito, dispone de un manómetro.
- El lubricador añade aceite nebulizado al aire comprimido, evitando así la oxidación de los componentes del circuito y asegurando el deslizamiento correcto de las partes móviles.

La unidad FR+L (Figura 37), fue el dispositivo implementado para regular la presión entregada por el compresor industrial de 150 PSI.



Figura 37. Unidad de mantenimiento FRL, 150 PSI.

4.5.1 Funcionamiento del modulo electro neumático

Para entender la acción que realizan los cilindros de doble efecto sobre la plancha térmica fue necesario simular su funcionamiento mediante la herramienta informática FESTO FluidSIM (Kleine-Büning, 1997). El lenguaje LEADER (Figura 38), También denominado lenguaje de contactos o en escalera, es uno de los lenguajes de programación gráfico más popular dentro de los autómatas programables debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos. El diseño cuenta con los siguientes dispositivos:

- Pulsador de inicio START.
- Pulsador de RESET.
- Relé K1.
- Solenoide de válvula Y1.
- Temporizador T1.

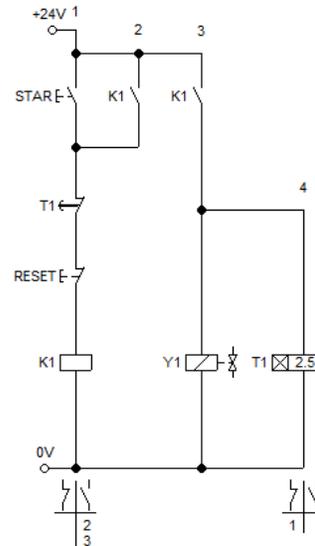


Figura 38. Esquema eléctrico.

Según se ilustra en la Figura 38, cuando el operador obtura el pulsador de inicio START, se energiza el relé K1, el cual se retiene a través de un contacto normalmente abierto (NA), dando paso a que el solenoide de válvula ejerza un cambio de posición en la electroválvula 5/2, permitiendo la circulación de aire hasta el cilindro de doble efecto que hace desplazar su vástago hasta una posición final. Seguidamente el temporizador inicia el conteo de manera descendente hasta un tiempo “t”, abriendo el contacto normalmente cerrado T1, des-energizando el relé K1 y el solenoide de válvula, lo que permite que la electroválvula a través de su retorno por muelle cambie de posición y el aire haga desplazar el vástago del cilindro hasta su posición inicial.

El pulsador RESET hace que el cilindro vuelva a su posición inicial cuando el operador así lo determine conveniente por errores de operación.

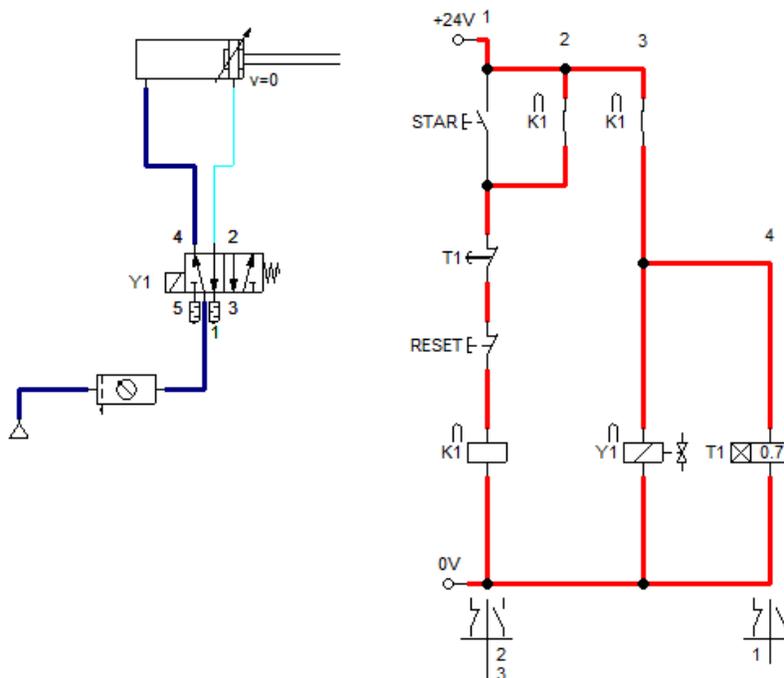


Figura 39. Funcionamiento del circuito.

4.6 Temporizador

Un papel fundamental está a cargo del temporizador, puesto que controla una de las variables fundamentales (tiempo de permanencia), de la plancha térmica en procesos de sublimación textil. Este dispositivo se encuentra asociado al buen funcionamiento de la etapa electro neumática para obtener una excelente estampación. El temporizador digital LE4S (Figura 40), cuenta con las características de fabricación necesarias para realizar el sincronismo deseado de los mecanismos de la electroválvula. Es uno de los dispositivos mas versátiles para ser implementados en cualquier montaje, teniendo en cuenta que su tamaño es ideal para ser instalado en cualquier tipo de armazón. Contiene 10 modos de ajuste de operación.



Figura 40. Temporizador digital LE4S.

El diagrama de conexión para este dispositivo viene representado por un gráfico que es suministrado por el fabricante, además de su hoja de características y programación (ver anexos, archivos de configuración 2).

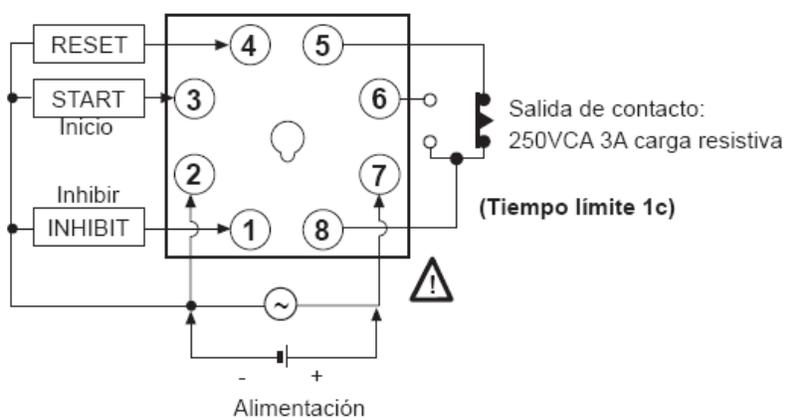


Figura 41. Diagrama de conexión.

4.7 Ensamble final

La combinación de cada una de las etapas arrojó como resultado la fabricación de una máquina neumática de sublimación textil de longitud 70cm x 90cm, robusta, capaz de soportar largas horas de trabajo, con paneles digitales que permiten una mejor visualización y entendimiento de las variables intervinientes en el proceso (temperatura y tiempo). De esta manera se cumplen las exigencias y expectativas del cliente, entregando a conformidad un producto totalmente novedoso y listo para ser operado (Figura 42, Figura 43 y Figura 44)



Figura 42. Vista lateral izquierda



Figura 43. Vista frontal.



Figura 44. Vista lateral derecha.

4.7.1 Panel frontal

El panel frontal de la maquina está compuesto por los siguientes elementos los cuales son de fácil manipulación, resistentes a las condiciones ambientales y vienen debidamente rotulados para un mejor entendimiento y modo de operación:

- Disyuntor de alimentación de la maquina.
- Switch plancha térmica.
- Controlador de temperatura.
- Temporizador digital.
- Paro de emergencia.
- Start.
- Reset.

Para iniciar nuestro proceso, es necesario energizar la maquina a través de el accionamiento del disyuntor principal, seguidamente accionamos el switch de la plancha térmica para dar inicio al calentamiento sobre la superficie de la placa de aluminio. Tanto la temperatura como el tiempo de permanencia, deben ser programados en cada módulo correspondiente antes de realizar la primer estampación textil.

Cuando el nivel de temperatura llega a su limite programado, el operario puede dar inicio al proceso mediante el accionamiento del pulsador “Start”, la circulación de aire comprimido permite que los cilindros neumáticos desplacen la plancha térmica hasta la base inferior del armazón sometiendo el papel transfer y la tela a una presión de 150 PSI de manera uniforme sobre toda su superficie. Transcurrido el tiempo de permanencia, los cilindros neumáticos

desplazan la plancha térmica a su posición inicial, dando como resultado una estampación textil de optimas condiciones (Figura 45). El pulsador “Reset” se utiliza para casos en los que el operador requiere corregir un error antes de que se lleve a cabo la estampación. El pulsador “Paro de emergencia” se utiliza como medio de protección contra accidentes aislando eléctricamente la etapa de potencia con los demás módulos de operación, con el fin de salvaguardar la integridad del usuario y daños eléctricos en su interior.

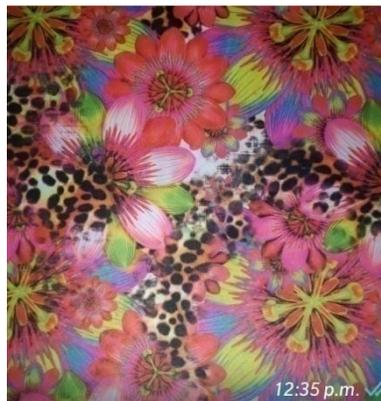


Figura 45. Logotipo floral (Temperatura 200°C, Tiempo de permanencia 40 segundos, Presión 150 PSI)

5 Resultados y discusión

La validación de funcionamiento de la máquina de sublimación textil se dio bajo parámetros y recomendaciones brindadas por diversos tipos de fabricantes, de igual manera, se realizaron una serie de experimentos que permitieron establecer combinaciones de variables y definir el parámetro óptimo de estampación que reflejara el mayor contraste de tintas transferidas. A continuación muestran el verdadero contraste de color obtenido y el valor de las variables que intervienen en todo proceso de sublimación textil.



Figura 46. Belén (Temperatura 170°C, Tiempo de permanencia 15 segundos, Presión 150 PSI)

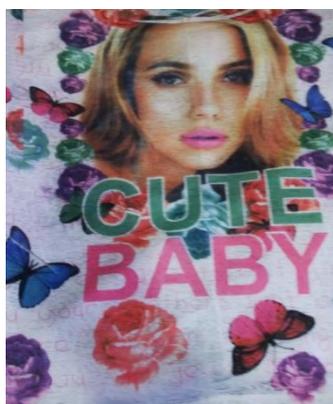


Figura 47. Cute Baby (Temperatura 180°C, Tiempo de permanencia 20 segundos, Presión 150 PSI)



Figura 48. Tigre Americano (Temperatura 190°C, Tiempo de permanencia 30 segundos, Presión 150 PSI)



Figura 49. Diversidad EEUU (Temperatura 200°C, Tiempo de permanencia 40 segundos, Presión 150 PSI)

La Tabla 1, refleja los datos recolectados de las pruebas realizadas, con el fin de obtener parámetros ideales que permitan generar estampación con altos estándares de calidad.

Tabla 1. Pruebas de sublimación textil realizadas.

Temperatura (°C)	Tiempo de permanencia (s)	Presión (PSI)	Transferencia de color (%)
170	15	150	50
180	20	150	75
190	30	150	90
200	40	150	98

La máquina fue puesta a prueba durante una semana (5 días) con una intensidad de 8 horas de trabajo. Se obtuvo una producción de 4800 camisetas de adulto perfectamente sublimadas.

El mismo trabajo se realizó para camisetas de niño, obteniendo una producción de 9600 camisetas sublimadas.

6 Conclusiones, recomendaciones y trabajo futuro

Se diseñó y fabricó una máquina neumática de sublimación textil, de acuerdo proveedores acreditados, cumpliendo a cabalidad las exigencias mínimas solicitadas por el cliente.

Se establecieron técnicas y máquinas de sublimación utilizada en la industria textil, lo cual permitió proyectar y construir un prototipo competitivo.

La fabricación de la máquina contiene todas las especificaciones técnicas mínimas solicitadas por el cliente (estructura robusta, plancha térmica de longitud 70cm x 90cm, funcionamiento mediante aire comprimido, control del proceso digital, bandeja corrediza multipropósito para una mayor rapidez en el proceso de estampación), además del aporte ingenieril para un mejor rendimiento y operación.

Mediante pruebas de ensayo y error, se establecieron parámetros óptimos de estampación textil así:

- Temperatura: 200°C
- Tiempo de permanencia: 40 segundos
- Presión ejercida por la plancha térmica: 150 PSI

El diseño y construcción de la máquina se ajustó al presupuesto otorgado por el representante legal de la microempresa textil.

Para la fabricación de una nueva máquina de sublimación textil se recomienda lo siguiente:

- Aumentar la distancia que existe entre la plancha térmica y el panel frontal, debido a que las altas temperaturas irradiadas pueden ocasionar mayor desgaste en los dispositivos e incluso su destrucción.
- Utilizar sistemas de refrigeración y/o aislante térmico en los módulos inmersos en el panel frontal.

Como trabajo futuro se prevé la construcción de una máquina capaz de realizar tarjetas de circuitos impresos, mediante la implementación de métodos de sublimación.

7 Bibliografía

- Andigraf. (13 de Mayo de 2015). *Andigraf*. Recuperado el 27 de Abril de 2016, de <http://www.andigraf.com.co/noticias/tecnología-de-sUBLIMACIÓN-revoluciona-la-moda>
- Avance. (2016). Recuperado el 17 de Abril de 2016, de <http://avanceytec.com.mx/equipos/planchas-de-calor/>
- Guía teórica sobre termocuplas. (s.f.). Recuperado el 24 de 02 de 2016, de http://www.unet.edu.ve/~nduran/Teoria_Instrucontrol/termopares.pdf
- Ignacio Gómez, E. (07 de Julio de 2014). *Blog Igomeze*. Obtenido de http://igomeze.blogspot.com/2006/07/medellin-ciudad-de-la-moda-y-el-sector_10.html
- Introducción a la soldadura MIG-MAG* (2013). [Película].
- Kleine-Büning, H. (1997). FluidSIM Hydraulik: Simulationsprogramm. En H. Kleine-Büning, *FluidSIM Hydraulik: Simulationsprogramm*. Festo Didactic.
- Mohammed Asif Hossain¹, M. M. (03 de Mayo de 2015). *Overview of Piece Printing Process in Textile Industry*. Recuperado el 07 de Abril de 2016, de <http://www.iosrjournals.org/iosr-jpte/papers/Vol2-issue3/D0231728.pdf>
- Pulido, M. Á. (2000). Convertidores de frecuencia, controladores de motores y SSR. En M. Á. Pulido, *Convertidores de frecuencia, controladores de motores y SSR* (pág. 117). Barcelona: Marcombo.
- Rashid, M. H. (2005). *Electronica de potencia*. Pearson Prentice Hall.
- Russell. (01 de Septiembre de 2014). *Sublimation Guide*. Recuperado el 08 de Abril de 2016, de <http://www.russelleurope.com/sites/default/files/documents/HD%20T%20Sublimation%20Guide.pdf>
- Syverson, M. (Julio de 2013). *The heat on Dye Sublimations*. Recuperado el 09 de Abril de 2016, de <http://www.printerevolution.com/wp-content/uploads/2013/10/SDG-Dye-Sub-Series.pdf>

8 ANEXOS

8.1 Archivos de configuración controlador de temperatura TCN4L

A continuación la Tabla 2, detalla las especificaciones de fabricación que contiene el controlador de temperatura TCN4L.

Tabla 2. Especificaciones técnicas del controlador TCN4L.

Serie		TCN4L
Alimentación	AC	100-240 VAC 50/60 Hz
	AC/DC	24 VAC 50/60 Hz, 24-48VCC
Rango de voltaje permitido		90 a 110% rango nominal
Consumo de energía	AC	Max. 5VA(100-240 VAC 50/60 Hz, 24 VAC 50/60
	AC/DC	Hz) Max. 3W (24-48 VDC)
Tamaño de caracter	PV (W*H)	11.0 * 22mm
	SV (W*H)	7.0*14mm
Método de visualización		LED de 7 segmentos (PV: rojo, SV: verde)
Tipo de entrada	RTD	DPt100Ω, Cu50Ω (Max. 5 de resistencia permitida por cable)
	TC	K(CA), J(IC), L(IC), T(CC), R(PR), S(PR)
Precisión de	RTD	A temperatura ambiente (23°C±5°C): (±0.5%PV o

visualización	TC	$\pm 1^{\circ}\text{C}$, seleccione la más alta) ± 1 dígito. Fuera del rango de temperatura ambiente ($\pm 0.5\%$ $\text{PV} \pm 2^{\circ}\text{C}$, seleccione la más alta) ± 1 dígito.
Salida de control	Relevador	250 VAC 3A
	SSR	12 VDC $\pm 2\text{V}$, 20 mA Max.
Salida de alarma		AL1, AL2 relevador: 250 VAC 1A
Método de control		Control ON-OFF, P, PI, PD, PID
Histéresis		1 a $100^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{F}$ (0.1 a $50.0^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{F}$) variable
Banda proporcional (P)		0.1 a $999.9^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{F}$
Tiempo integral (I)		0 a 9999 s.
Tiempo derivativo (D)		0 a 9999 s.
Periodo de control (T)		0.5 a 120 s.
Reinicio manual		0 a 100%
Periodo de muestreo		100ms
Rigidez dieléctrica	AC	2000 VAC 50/60 Hz 1min (entre los terminales de entrada y terminales de alimentación)
	AC/DC	1000 VAC 50/60 Hz 1min (entre los terminales de entrada y terminales de alimentación)
Vibración		Amplitud de 0.75mm a una frecuencia de 5 a 55 Hz (por 1 min) en cada una de las direcciones, X, Y, Z por 2 horas.
Ciclo de vida del relevador	Mecánico	OUT: más de 5.000.000 veces AL1/2: más de 5.000.000 veces.
	Eléctrico	OUT: más de 200.000 veces (250 VAC 3A, carga resistiva)

		AL1/2: más de 300.000 veces (250 VAC 1A, carga resistiva)
Resistencia de aislamiento		Min 100MΩ a 500VCC megger.
Inmunidad al ruido		Onda cuadrada de ruido por simulador (ancho de pulso 1us) ±2kV R-fase y fase
Retención de memoria		Aprox. 10 años
Ambiente	Temperatura ambiente	-10 a 50°C, almacenamiento: -20 a 60°C
	Humedad ambiente	35 a 85% RH, almacenamiento: 35 a 85% RH
Tipo de aislamiento		Doble aislamiento o aislamiento reforzado (rigidez dieléctrica entre la medición parte de entrada y parte de energía: 2kV de corriente alterna, corriente AC/DC 1kV)
Peso		Aprox. 179g

8.1.1 Descripción panel frontal

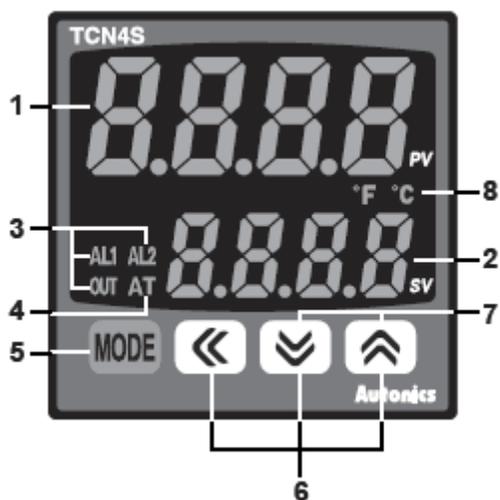


Figura 50. Descripción panel frontal según el fabricante.

- 1) Display de temperatura actual (PV) rojo.

Muestra el nivel de temperatura registrado por el sensor.

- 2) Visualización ajuste de temperatura (SV) verde.

Muestra el nivel de temperatura que se requiere.

- 3) Indicador de visualización de salida de Control/Alarma.

Out: Se enciende cuando la salida de control esta activa. Cuando se usa la salida de control SSR como CYCLE/PHASE, este indicador se enciende cuando MV es mayor a 3%.

AL1/AL2: Se enciende cuando la señal de alarma esta activa.

- 4) Indicador de auto tuning.

Sintoniza automáticamente los parámetros del control (P, PI, PID) según el control deseado.

5) Tecla Mode.

Accede a los parámetros de programación del control de temperatura, permitiendo su modificación según las necesidades del diseñador.

6) Ajuste de parámetros.

Se utiliza para ajustar cambios, incremento/decremento de los dígitos.

7) Tecla de entrada digital.

Ajusta automáticamente parámetros como (RUN/STOP, reinicio de salida de alarma, auto sintonía).

8) Indicador unidad de temperatura.

Muestra la unidad de temperatura actual ($^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{F}$)

8.1.2 Ajuste sensor de entrada

La Tabla 3, representa la versatilidad del controlador para ser utilizado en múltiples procesos donde se requiere el control de temperatura a través de diferentes tipos de termocoplas o detectores de temperatura resistivos.

Tabla 3. Configuración según tipo de termocuplas o RTD.

Sensor de entrada		Display	Rango de temperatura °C	Rango de temperatura °F
Termocuplas	K(CA)	YCA.H	-50 a 1200	-58 a 2192
		YCA.L	-50.0 a 999.9	-58.0 a 999.9
	J(IC)	JIC.H	-30 a 800	-22 a 1472
		JIC.L	-30.0 a -800.0	-22.0 a 999.9
	L(IC)	LIC.H	-40 a 800	-40 a 1472
		LIC.L	-40.0 a 800.0	-40.0 a 999.9
	T(CC)	tCC.H	-50 a 400	-58 a 752
tCC.L		-50.0 a 400.0	-58.0 a 752.0	
R(PR)	rPr	0 a 1700	32 a 3092	
S(PR)	SPr	0 a 1700	32 a 3092	
RTD	DPt100Ω	dPt.H	-100 a 400	-148 a 752
		dPt.L	-100.0 a 400.0	-148.0 a 752.0
	Cu50Ω	CUS.H	-50 a 200	-58 a 392
		CUS.L	-50.0 a 200.0	-58.0 a 392.0

8.1.3 Ajuste de parámetros según diagrama de flujo

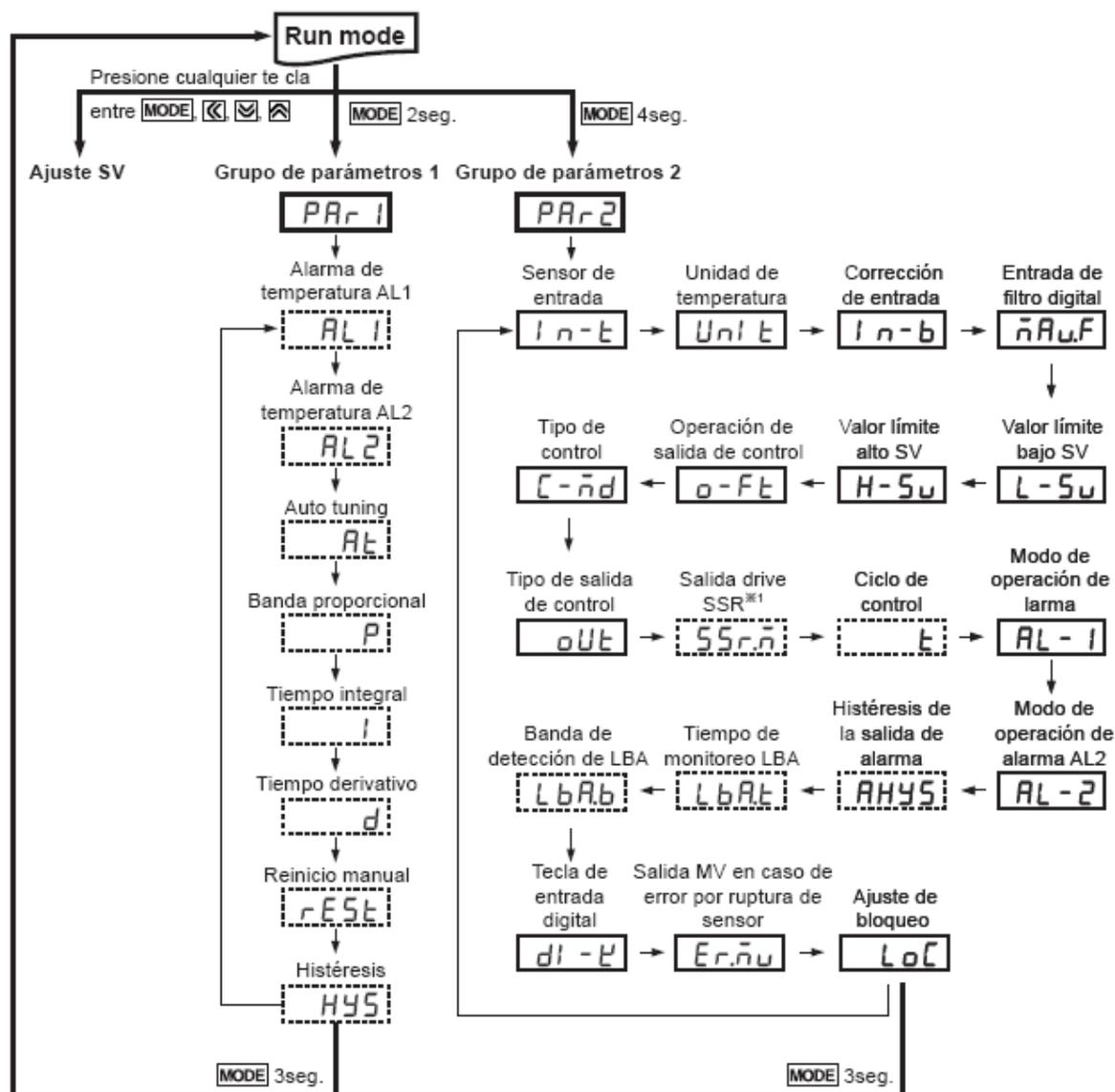


Figura 51. Ajuste de parámetros.

8.2 Archivos de configuración temporizador digital LE4S

A continuación la tabla 4, detalla las especificaciones de fabricación que contiene el temporizador digital LE4S.

Tabla 4. Especificaciones técnicas del temporizador LE4S.

Modelo		LE4S
Funciones		Operación multi rango y multi función
Display		LCD iluminado (tamaño de carácter :W4*H8mm)
Alimentación		24-240VAC 50/60Hz / 24-240VCC
Rango permitido de voltaje		90-110% del rango de voltaje
Consumo		Aprox. 2.8VA (240VCA 60Hz), Aprox. 1.2W (240VCC)
Tiempo de Reset		Max. 300 ms
Señal mínima de entrada	Entrada START	Entrada sin voltaje Impedancia en corto circuito: max. 1k. Voltaje residual: max. 0.5V Impedancia circuito abierto: min. 100k
	Entrada INHIBIT	
	Entrada RESET	
Operación de temporizado		Inicia al recibir señal (Signal ON Start)
Salida de control	Tipo de contacto	Tiempo límite SPDT(1c)
	Capacidad contacto	250CA 3A carga resistiva
Ciclo de	Mecánica	Min. 10,000,000 operaciones

vida del relé	Eléctrica	Min. 100,000 operaciones a 250VCA 2A carga resistiva
Protección de memoria		10 años a 25°C cuando el display LCD y los botones de entrada se apagan, 40 días a 25°C cuando el display LCD y el botón de entrada se mantienen encendidos
Modo de salida		10 tipos de modos de operación
Temperatura ambiente		-10 ~ +55°C(en estado de no congelamiento)
Temperatura de almacenamiento		-25 ~ +65°C(en estado de no congelamiento)
Humedad ambiente		35 ~ 85%RH
Error de ajuste		Max. $\pm 0.005\%$ $\pm 0.03\text{seg.}$ (Signal ON Start)
Error voltaje		Max. $\pm 0.01\%$ $\pm 0.08\text{seg.}$ (Power ON Start)
Resistencia de aislamiento		Min. 100M•(a 500VCC mega)
Rigidez dieléctrica		2000VCC 50/60Hz por 1 minuto
Resistencia al ruido		$\pm 2\text{kV}$ onda cuadrada de ruido (ancho de pulso: $1\mu\text{s}$) por el simulador de ruido
Vibración	Mecánica	Amplitud 0.75mm a frecuencia de 10 ~ 55Hz en cada dirección X, Y, Z ´ por 1 hora
	Mal funcionamiento	Amplitud 0.5mm a frecuencia de 10 ~ 55Hz en cada dirección X, Y, Z por 10 minutos
Golpe	Mecánica	300m/s ² (30G) en direcciones X, Y, Z 3 veces
	Mal funcionamiento	100m/s ² (10G) en direcciones X, Y, Z 3 veces
Peso por unidad		Aprox. 126g

8.2.1 Descripción panel frontal del temporizador

A continuación la Figura 52. Ajuste de parámetros del temporizador. Figura 52, detalla cada uno de las etiquetas contenidas en el temporizador LE4S.

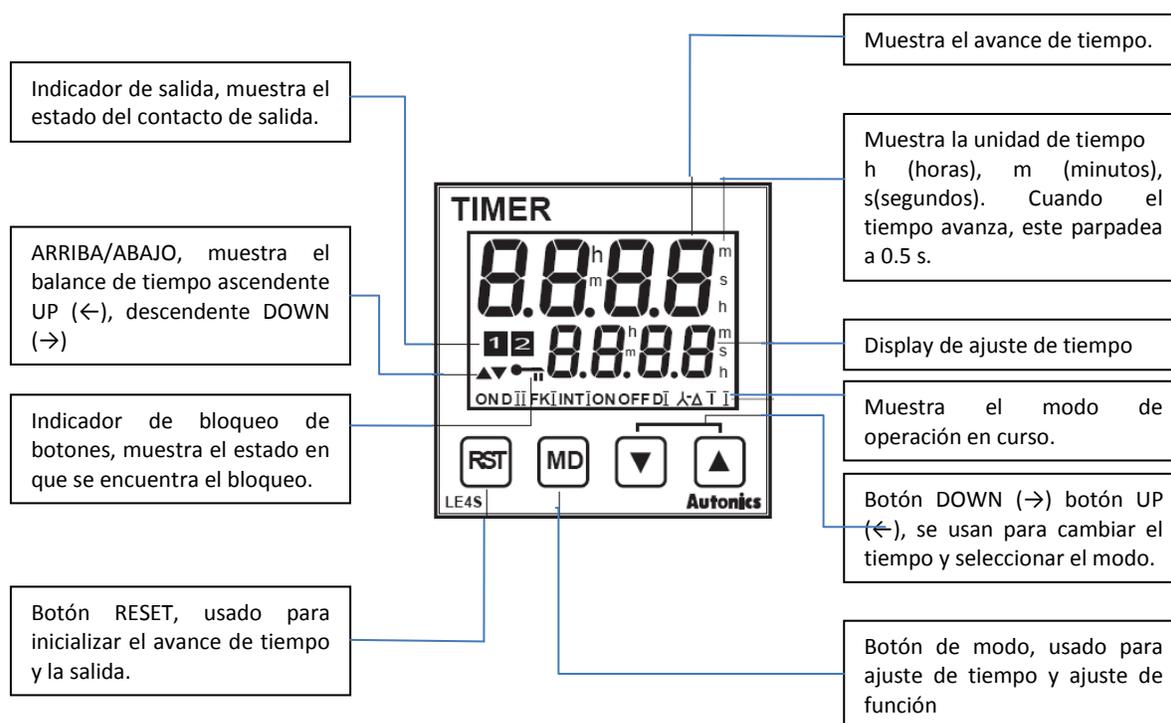


Figura 52. Ajuste de parámetros del temporizador.

8.2.2 Rangos de tiempo del temporizador

La Tabla 5, representa las características de tiempo (segundos – horas) con que cuenta el temporizador para ser programado.

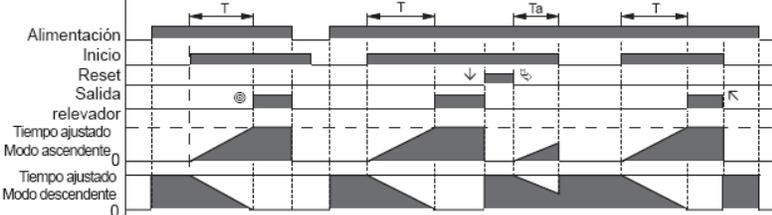
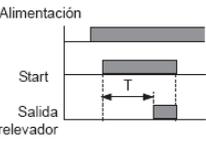
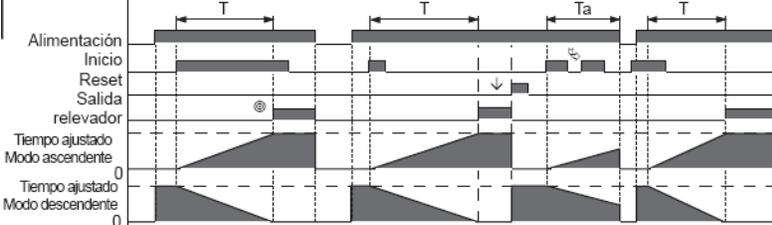
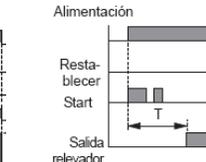
Tabla 5. Rangos de tiempos y especificaciones.

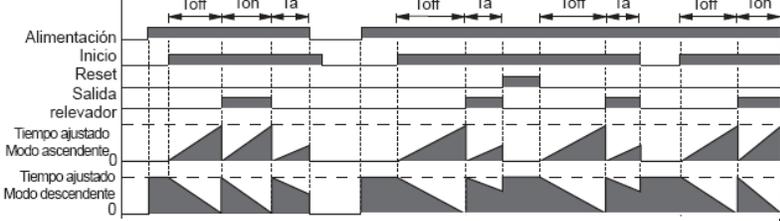
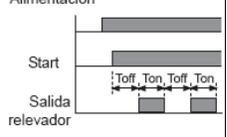
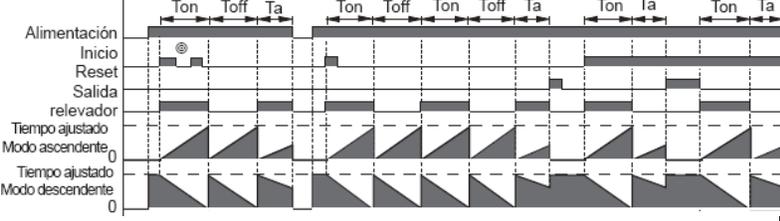
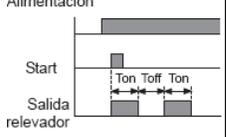
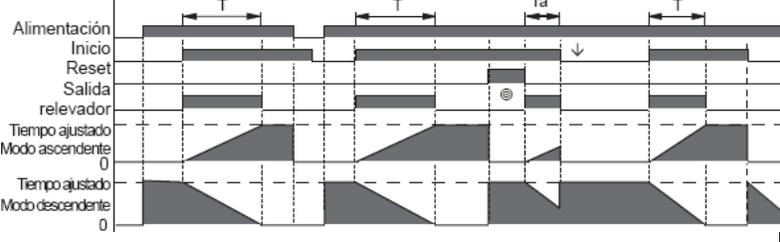
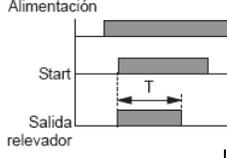
Rango de tiempo	Especificaciones rango de tiempo
99.99 s	0.01 s ~ 99.99 s
999.9 s	0.1 s ~ 999.9 s
9999 s	1 s ~ 9999 s
99m59 s	1 min 01 s ~ 99 min 59s
999.9 min	0.1 min ~ 999.9 min
9999 min	1 min ~ 9999 min
99 h 59 min	1h 01 min ~ 99 h 59 min
99.99 h	0.01 h ~ 99.99 h
999.9 h	0.1 h ~ 999.9 h
9999 h	1 h ~ 9999 h

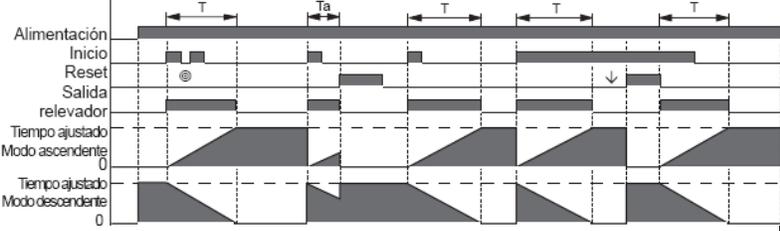
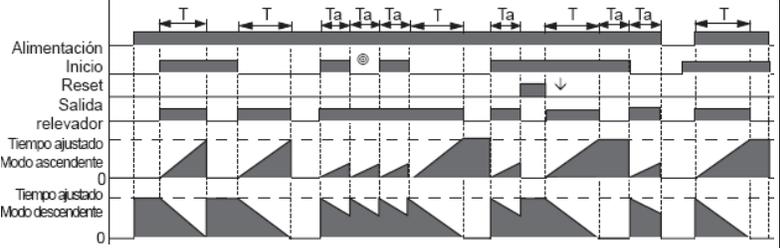
8.2.3 Modos de operación (Out)

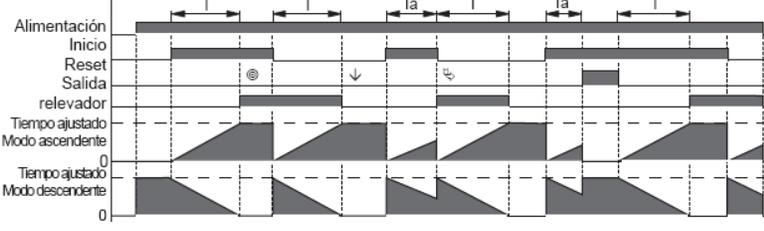
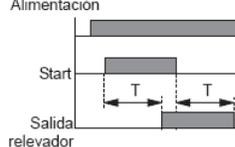
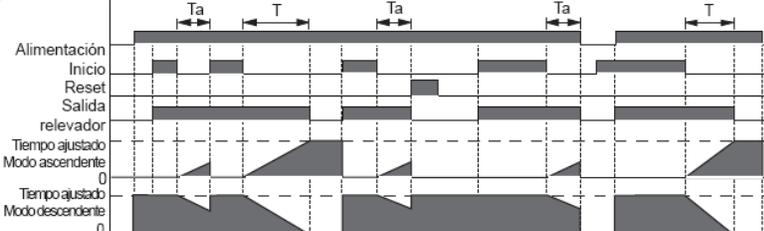
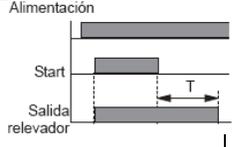
La Tabla 6, representa los 9 modos de operación con su respectivo gráfico de tiempo a la salida del dispositivo.

Tabla 6. Modos de operación.

Modo	Grafico de tiempo	Operación
<p>ON.D</p> <p>ON Delay</p> <p>(Retardo a la conexión)</p> <p>$T > T_a$</p>	 <p>1. El tiempo avanza cuando la señal START está en ON con alimentación encendida.</p> <p>2. La salida se enciende (salida de relevador) al llegar al tiempo ajustado. (Posición ©)</p> <p>3. El valor del display y la salida se inicializan cuando la señal RESET está en ON (posición ↓)</p> <p>4. El tiempo avanzara cuando la señal de RESET está en OFF.(posición)</p> <p>5. Cuando la señal de START está en OFF, el avance de tiempo se iniciara y la salida estará en OFF (posición)</p>	 <p>T=Tiempo ajustado</p>
<p>ONDI</p> <p>ON Delay 1</p> <p>(Retardo a la conexión 1)</p> <p>$T > T_a$</p>	 <p>1. El tiempo avanza cuando la señal START está en ON con la alimentación encendida.</p> <p>2. La salida estará en ON por 0.5s. (Salida de pulso) al llegar al tiempo ajustado. (posición ©)</p> <p>3. Si la señal START está en ON de nuevo mientras el tiempo avanza, el tiempo de inicializara de nuevo empezando otra vez. (posición ↓)</p>	 <p>T= Tiempo ajustado</p>

<p>FK</p> <p>Flicker</p> <p>(Operación precedente del T off)</p> <p>Ton, T off > Ta</p>	 <p>1. La salida se apagara para el tiempo T off cuando la señal de START está en ON, el estatus ON se mantendrá para el tiempo Ton y después se apaga de nuevo.</p> <p>2. Cuando la señal RESET está en ON, el tiempo de proceso y la salida se inicializaran y operaran de acuerdo al procedimiento de arriba otra vez cuando la señal RESET este en OFF.</p> <p>3. Ton y T off se pueden ajustar individualmente.</p>	 <p>Ton, Toff = Tiempo ajustado</p> <p>Se puede ajustar de manera diferente Ton y T off</p>
<p>FK I</p> <p>Flicker 1</p> <p>(Operación procedente de Ton)</p> <p>T on, T off > Ta</p>	 <p>1. La salida pasa de ON a OFF repetidamente en el tiempo de ajuste cuando la señal START está en ON.</p> <p>2. Aunque la señal START se aplique repetidamente, solo se reconocerá la señal inicial (posición ©)</p> <p>3. El tiempo de procesamiento y la salida regresan al estado inicial cuando se aplica la señal de RESET y comienza de nuevo cuando la señal START está en ON.</p> <p>4. T off y Ton se pueden ajustar individualmente y el tiempo Ton inicia primero en el modo [FX.I] primero.</p>	 <p>Ton, Toff = tiempo ajustado</p> <p>Se puede ajustar de manera diferente T on y T off</p>
<p>IN T</p> <p>Interval-Delay</p> <p>Retardo - intervalo</p>	 <p>1. Salida en ON y el tiempo comienza cuando la señal START es ON durante la</p>	

<p>$T > T_a$</p>	<p>alimentación.</p> <p>2. Cuando el tiempo de proceso alcanza el tiempo ajustado, la salida se apagara y el valor del display se detendrá (pausa).</p> <p>3. Al aplicar la señal de RESET, el valor del reset regresara a "0" y comenzará de nuevo. (posición ©)</p> <p>4. La salida y el tiempo regresan al estado inicial cuando la señal de START se apaga (↓posición)</p>	<p>$T =$ Tiempo ajustado</p>
<p>INT I</p> <p>Interval-Delay 1</p> <p>Retardo – interval 1</p> <p>$T > T_a$</p>	 <p>1. Salida en ON y el tiempo comienza cuando la señal START es ON durante la alimentación.</p> <p>2. Cuando el tiempo de proceso alcanza el tiempo ajustado, la salida se apagara y el valor del display se detendrá (pausa).</p> <p>3. Al aplicar la señal RESET, el valor del display regresa a "0" y comenzara de nuevo cuando se aplique la señal START. (posición ↓)</p> <p>4. Aunque la señal de inicio se aplique repetidamente, solo se reconocerá la señal inicial. (posición ©)</p>	<p>$T =$ Tiempo ajustado</p>
<p>ON OFF D</p> <p>ON - OFF Delay</p> <p>(Retardo conexión – desconexió)</p> <p>$T > T_a$</p>	 <p>1. Durante la aplicación de la alimentación, se repite el proceso, la salida está en ON cuando la señal START es ON, la salida está en OFF cuando el tiempo de proceso es igual al tiempo ajustado, la salida es ON cuando la señal de inicio está en OFF y la salida está en OFF cuando el tiempo de proceso es igual al tiempo ajustado.</p> <p>2. Si la señal START se aplica repetidamente, la salida se mantiene en ON, el tiempo de proceso regresara al estatus inicial. (posición ©)</p>	

	<p>3. Cuando la señal de RESET se enciende, el tiempo de proceso y la salida se inicializaran y comenzaran de nuevo cuando la señal de RESET este apagada. (posición ↓)</p>	<p>T= Tiempo ajustado</p>
<p>ON OFF D 1 ON - OFF Delay 1 (Retardo conexión – desconexión 1) T>Ta</p>	 <p>1. Durante la aplicación de la alimentación, se repite el proceso, la salida está en ON (posición ⊙), cuando la señal START es ON, la salida está en OFF (posición ↓). El tiempo de proceso regresa a "0" cuando la señal START es OFF.</p> <p>2. Cuando la señal START es más corta que el ajuste de tiempo, la salida estará en ON cuando la señal de START sea OFF así la salida estará en OFF después del tiempo de ajuste. (posición)</p> <p>3. La señal RESET está en ON, el tiempo de proceso y la salida regresaran al estatus inicial.</p>	 <p>T= Tiempo ajustado</p>
<p>OFF D OFF Delay (Retardo desconexión) T>Ta</p>	 <p>1. Salida en ON cuando la señal START se aplica. El temporizado comienza cuando la señal START está en OFF. La salida estará en OFF después del tiempo ajustado.</p> <p>2. Señal de RESET en ON, el tiempo de proceso y la salida regresarán al estatus inicial.</p>	 <p>T= Tiempo ajustado</p>



INFORME FINAL DE
TRABAJO DE GRADO

Código	FDE 089
Versión	03
Fecha	2015-01-22

FIRMA ESTUDIANTES JULIAN ALEXIS MARIN VINASCO

Juan C. Sosa

FIRMA ASESOR

FECHA ENTREGA:

18/Mayo/2016

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

RECHAZADO__

ACEPTADO__

CON MODIFICACIONES__

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____