



REPÚBLICA DEL ECUADOR

Escuela Politécnica Nacional

" E SCIENTIA HOMINIS SALUS "

La versión digital de esta tesis está protegida por la Ley de Derechos de Autor del Ecuador.

Los derechos de autor han sido entregados a la "ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL" bajo el libre consentimiento del los autores.

Al consultar esta tesis deberá acatar con las disposiciones de la Ley y las siguientes condiciones de uso:

- Cualquier uso que haga de estos documentos o imágenes deben ser sólo para efectos de investigación o estudio académico, y usted no puede ponerlos a disposición de otra persona.
- Usted deberá reconocer el derecho del autor a ser identificado y citado como el autor de esta tesis.
- No se podrá obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

El Libre Acceso a la información, promueve el reconocimiento de la originalidad de las ideas de los demás, respetando las normas de presentación y de citación de autores con el fin de no incurrir en actos ilegítimos de copiar y hacer pasar como propias las creaciones de terceras personas.

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

### **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA EL PROCESO DE TINTURADO DE HILOS EN LA PLANTA TEXTIL IMBATEX**

#### **PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y CONTROL**

**MARÍA CECILIA CASTRO SHUCAG**

**mccs\_2012@hotmail.com**

**SYLVANA MARITZA JÁCOME CADENA**

**sylmaryl@hotmail.com**

**DIRECTOR: ING. PABLO ROBINSON RIVERA MSC.**

**pablo.rivera@epn.edu.ec**

**Quito, mayo 2012**

## DECLARACIÓN

Nosotras, Cecilia Castro y Sylvana Jácome, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

Cecilia Castro

---

Sylvana Jácome

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Cecilia Castro y Sylvana Jácome, bajo mi supervisión.

---

Msc. Pablo Rivera  
DIRECTOR DEL PROYECTO

## CONTENIDO

RESUMEN.....	i
PRESENTACIÓN .....	ii
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
1. INTRODUCCIÓN A LOS PROCESOS INDUSTRIALES PARA LA FABRICACIÓN DE HILOS .....	1
1.1 PROCESO INDUSTRIAL DE FABRICACIÓN DE HILOS .....	1
1.2 PROCESO DE TINTURA.....	2
1.2.1 DEFINICIÓN DE TINTURA .....	2
1.2.2 ETAPAS DEL PROCESO DE TINTURA .....	3
1.2.3 PROCEDIMIENTO DE LA TINTURA .....	3
1.2.4 MAQUINARIA DE TINTURA .....	4
1.2.5 NIVEL DE AUTOMATIZACIÓN .....	4
1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA TEXTIL IMBATEX.....	6
1.3.1 MATERIA PRIMA UTILIZADA .....	6
1.3.1.1 La Lana .....	7
1.3.2 HILATURA .....	9
1.3.2.1 Homogenización de la materia prima.....	9
1.3.2.2 El Cardado .....	10
1.3.2.3 El peinado .....	10
1.3.2.4 El estiraje y torsión .....	11
1.3.3 PRODUCCIÓN DE MADEJAS .....	13
1.3.4 TINTURADO DEL HILO.....	13
1.3.4.1 Máquina de tintura de la planta Textil IMBATEX.....	14
1.3.5 SECADO.....	18
1.3.6 ENCONADO DEL HILO .....	19
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>21</b>
2. IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE DEL NUEVO SISTEMA DE CONTROL DEL PROCESO DE TINTURA.....	21
2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	21
2.2 SOLUCIÓN PROPUESTA .....	22
2.3 ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA DE CONTROL .....	22
2.4 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL NUEVO SISTEMA.....	23
2.4.1 RELÉ DE CONTROL DE NIVEL .....	23

2.4.1.1 Distribución de pines.....	24
2.4.2 SENSOR DE TEMPERATURA RTD .....	25
2.4.2.1. Selección de la RTD .....	25
2.4.3 VÁLVULAS .....	27
2.4.3.1 Válvula para el ingreso de vapor.....	27
2.4.4 BOMBA DE AGUA .....	29
2.4.5 MOTOR Y ACCIONAMIENTO DE VELOCIDAD VARIABLE .....	32
2.4.6 CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE.....	36
2.4.6.1 Consideraciones para su selección .....	36
2.4.6.2 PLC SIMATIC S7-1200.....	38
2.4.6.3 Módulo de señales analógicas SM 1231 TD .....	40
2.4.7 PANEL DE OPERADOR .....	42
2.4.8 FUENTES DE ALIMENTACIÓN .....	43
2.5 IMPLEMENTACIÓN E INSTALACIÓN DEL HARDWARE .....	43
2.5.1 INSTALACIÓN DEL MOTOR TRIFÁSICO.....	44
2.5.2 MONTAJE DE LAS VÁLVULAS .....	45
2.5.3 MONTAJE DE LA BOMBA DE AGUA .....	46
2.5.4 MONTAJE DE LOS ELECTRODOS PARA EL CONTROL DE NIVEL.....	46
2.5.5 MONTAJE DEL SENSOR DE TEMPERATURA.....	48
2.5.6 CONSTRUCCIÓN DE LOS GABINETES DE CONTROL.....	48
2.5.7 UBICACIÓN DEL GABINETE DE CONTROL.....	49
2.5.8 CABLEADO Y UBICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DENTRO DE LOS GABINETES DE CONTROL .....	49
2.5.9 CANALIZACIÓN DE CONDUCTORES .....	51
<b>CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>53</b>
3. IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE DEL PROCESO DE TINTURA.....	53
3.2 BREVE DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN .....	53
3.2.1 VISTA DEL PORTAL.....	53
3.2.2 VISTA DEL PROYECTO .....	54
3.2.3 INICIO DEL PROGRAMA STEP 7 BASIC .....	56
3.2.4 CONFIGURACIÓN DEL PLC .....	58
3.2.4.1 Comunicación entre el S7-1200 y Step 7 Basic .....	58
3.2.5 AGREGAR DISPOSITIVOS EXTERNOS .....	61
3.2.5.1 Agregar y configurar el panel de control.....	61
3.2.5.2 Agregar y configurar módulo de señales.....	63
3.3. SUBROUTINAS DE CONTROL A IMPLEMENTARSE .....	67

3.3.1 CONTROL DE NIVEL PARA EL LLENADO AGUA .....	67
3.3.2 CONTROL PARA EL DESFOGUE DE LA MEZCLA TINTÓREA.....	67
3.3.3 CONTROL DE TEMPERATURA EN EL INTERIOR DE LA OLLA DE TINTURA .....	69
3.4 DIAGRAMAS DE FLUJO .....	69
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>78</b>
4. PRUEBAS Y RESULTADOS.....	78
4.1 PRUEBAS DE VERIFICACIÓN DE LAS CONECCIONES ELÉCTRICAS.....	78
4.2 PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DEL PLC Y ACTUADORES ELÉCTRICOS.	78
4.3 PRUEBA DEL SENSOR DE NIVEL .....	79
4.4 PRUEBA DE LA VÁLVULA DE VAPOR.....	81
4.5 PRUEBAS DEL SENSOR DE TEMPERATURA .....	81
4.6. PRUEBA DE ALARMA DE FIN DE PROCESO .....	90
4.7. PRUEBA DEL VARIADOR DE FRECUENCIA.....	90
4.8. PRUEBA GENERAL DE TODO EL PROCESO .....	91
4.8.1 MODO DE OPERACIÓN MANUAL .....	91
4.8.2 MODO DE OPERACIÓN AUTOMÁTICO .....	94
4.8.2.1 Colores claros.....	95
4.8.2.2 Colores medios.....	97
4.8.2.3 Colores Oscuros .....	98
4.8.2.4 Colores Establecidos .....	99
4.8.2.4.1 Selección de un color establecido .....	99
4.8.2.5 Verificación de la visualización de ciertos parámetros en el modo de operación Automático. ....	102
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>103</b>
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	103
5.1 CONCLUSIONES .....	103
<i>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i> .....	105
<i>PLANOS</i> .....	106

## RESUMEN

La planta Textil IMBATEX ubicada de la ciudad de Ibarra cuenta con tres etapas como son hilatura, tintorería y terminados de hilo de lana. En la etapa de tintura el proceso es lento y se presentan errores en los tonos de los colores producidos, debido a que el control de temperatura y la circulación de la mezcla tintórea dentro de la olla de tintura no se lo realiza adecuadamente ya que el operador cuenta únicamente con un motor sin control y un termómetro. Motivos por los cuales se ve la necesidad de mejorar proceso de tintura con la implementación de un sistema de control para disminuir pérdidas, aumentar la producción y mejorar la calidad del producto.

El sistema de control implementado cuenta con un controlador programable (PLC) que es la unidad central de sistema, dos gabinetes de control y una pantalla de operador tipo táctil, que son los encargados de controlar el proceso. El PLC recibe las señales provenientes del panel de operador y sensores, procesa la información y la envía hacia los elementos conectados a sus salidas.

En los gabinetes de control se alojan los elementos necesarios para el correcto funcionamiento del proceso tales como el controlador, variador de frecuencia, módulo de señal, relés, elementos de protección, sensores; y en su exterior se encuentran las alarmasonora y luminosa. En el panel de operador se puede visualizar el estado del tinturador 2, así como poder ingresar el modo de operación ya sea manual o automático.

Por los resultados logrados, el sistema de control implementado en la planta textil IMBATEX cumple con los requerimientos establecidos.



## PRESENTACIÓN

Este proyecto tiene como finalidad el diseño y la implementación de un sistema de control, amigable con el operador, para el proceso de tintura de hilos de lana, mismo que fue instalado en el tinturador 2 de la planta Textil IMBATEX ubicada en la ciudad de Ibarra, provincia de Imbabura, con el fin de disminuir pérdidas por proceso, mejorar la calidad de los acabados e incrementar el volumen de producción.

El tinturador 2 de la planta Textil IMBATEX, luego de la implementación del sistema de control, cuenta actualmente con dos modos de operación, modo manual y modo automático; modo automático para tinturar hilos de lana de colores claros, medios y oscuros, y modo manual para activar y desactivar manualmente los elementos actuadores. Para el desarrollo de este proyecto se consideró tanto necesidades del proceso de tintura como los recursos económicos y físicos con los cuenta la planta.

Las mejoras implementadas se encuentran totalmente documentadas en cinco capítulos como se detalla a continuación:

En el capítulo I se hace una pequeña introducción a los procesos de tintura y del proceso productivo de la planta Textil IMBATEX.

En el capítulo II se detalla el diseño del sistema de control, descripción de todos los elementos que intervienen en el mismo y la implementación física del sistema.

El capítulo III se refiere al software de programación para el PLC y la pantalla táctil, como a los parámetros de configuración del variador de velocidad.

En el capítulo IV se presenta la descripción de las pruebas y resultados.

En el capítulo V se redactan las conclusiones y recomendaciones en base al desarrollo de este proyecto.

## CAPÍTULO 1

# 1. INTRODUCCIÓN A LOS PROCESOS INDUSTRIALES PARA LA FABRICACIÓN DE HILOS

### 1.1 PROCESO INDUSTRIAL DE FABRICACIÓN DE HILOS [1]

Para la producción de hilos existen procesos que conducen a la transformación de una fibra natural o artificial en un hilo, luego de planificado el diseño del mismo.

Para el proceso de producción de hilados, se toman en consideración tres aspectos relevantes, tanto en hilados de fibras naturales como en hilos de fibras artificiales, que son:

- El método de fabricación
- Los equipos que se emplean
- Los insumos necesarios para llevar a cabo el mismo.

#### 1.1.1 MÉTODOS DE PRODUCCIÓN DE HILOS INDUSTRIALES

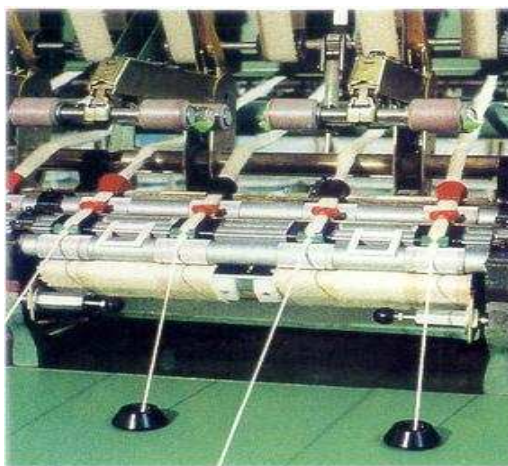


Figura 1.1. Producción de hilos en la industria

Los hilados industriales constituyen, el sector más importante en la producción de hilados y el más complejo por su extenso desarrollo técnico. Debido a la gran diferencia en cuanto a métodos de producción, se establecen tres grupos relevantes:

- **Hilatura de Fibras Vegetales**

En este grupo se destaca la hilatura de algodón, de lino y con menos importancia a otras fibras vegetales

- Hilatura de Algodón
- Hilatura de Lino
- Hilatura de otras fibras vegetales

- **Hilatura de Fibras Animales**

La fibra de lana ovina es la fibra animal con mayor volumen de hilatura en ese grupo de fibras. Luego le sigue en importancia la seda y los pelos de varias especies animales.

- Hilatura de Lana
- Hilatura de Seda
- Hilatura de pelos de otras especies animales

- **Hilatura de fibras artificiales**

Las fibras artificiales, con más de un siglo de existencia, continúa su crecimiento sostenido debido al desarrollo de la tecnología moderna, con precios cada vez más accesibles y características técnicas renovadas día a día.

Se destacan en este sector:

- Hilatura de Rayón
- Hilatura de Poliéster
- Hilatura de Poliamida
- Hilatura de otras fibras artificiales

## **1.2 PROCESO DE TINTURA**

### **1.2.1 DEFINICIÓN DE TINTURA [2]**

La tintura es el proceso en el que la materia textil al ser puesta en contacto con una solución de colorante, absorbe éste de manera que habiéndose teñido ofrece resistencia a devolver el colorante al baño. En torno a esta definición de tintura, establecemos dos principios fundamentales:

- Que la tintura consiste en una compenetración entre colorante y fibra, que no es el recubrimiento exterior de una fibra con un colorante, sino absorción de colorante al interior de la fibra.
- Que es un proceso de efecto durable; si una fibra se destiñe fácilmente es que no ha sido teñida.

Para cumplir con un tinturado de esta calidad son numerosos los esfuerzos que se están desarrollando en la actualidad para simplificar y abreviar el procedimiento de tintura a altas temperaturas.

### 1.2.2 ETAPAS DEL PROCESO DE TINTURA [3]

Durante el proceso de tintura de la lana se tiene diferentes etapas, las cuales se describen a continuación:

**Migración:** Es el desplazamiento del colorante desde el baño hasta la fibra.

**Difusión:** Es la etapa donde el colorante va de la superficie al interior de la fibra.

**Absorción:** Contacto de la molécula de colorante con la fibra y penetración en su cuerpo físico. Difusión sólida.

**Fijación:** Es el proceso donde se busca que el colorante quede dentro de la fibra.

### 1.2.3 PROCEDIMIENTO DE LA TINTURA [4]

El proceso de tintura requiere de ciertas condiciones que permitan que el colorante se impregne totalmente en la fibra sin dañar su estructura interna, para ello se distingue dos principios de tintura:

**Por afinidad entre colorante y fibra:** En este proceso son las fuerzas de afinidad entre colorante y fibra lo que hace que el colorante pase del baño a la fibra, hasta saturarla y quedar fijada.

**Por impregnación de la fibra:** El material textil absorbe el colorante de la solución, en ese momento no queda todavía fijado en él; es después, en el proceso de fijado, cuando la tintura es definitiva.

### 1.2.4 MAQUINARIA DE TINTURA [5]

Al tener dos formas de tinturar las fibras, también existen dos tipos genéricos de máquinas:

- **Máquinas de tintura por agotamiento o afinidad**

Para el sistema por agotamiento, las máquinas se diferencian por su acción mecánica que actúa sobre la materia textil, sobre el baño de tintura o sobre las dos cosas a la vez.

Existen 3 tipos de máquinas de tintura por agotamiento:

- Máquinas con la fibra a tinturar estática y la solución de colorante en movimiento.
- Máquinas con el textil en movimiento y la solución fija.
- Máquinas en las que el textil y la solución están en movimiento durante el proceso de tintura.

- **Máquinas de tintura por impregnación**

En el sistema por impregnación las máquinas son de dos tipos:

- Máquinas de proceso continuo, si toda la operación de tintura se realiza en una sola máquina.
- Máquinas de proceso discontinuo, si por la naturaleza de la fibra del tejido o del colorante, esta operación se efectúa en varias máquinas.

### 1.2.5 NIVEL DE AUTOMATIZACIÓN [6]

Los requisitos de producción, nivelación del color, solidez y otros factores claves en la calidad de los productos de las tintorerías, se han hecho cada vez más precisos y exigentes como respuesta a las mismas exigencias de los mercados y a la ineludible necesidad de mejorar la competitividad en un mundo cada vez más globalizado.

Progresivamente y de manera creciente, la disponibilidad de un amplio rango de controladores de proceso ofreciendo diversos grados de automatización en la

operaciones de tintura, es probablemente, desde el punto de vista operativo, uno de los aspectos más importantes para definir, en la actualidad, el campo de modernidad en las tintorerías en general y de los hilados en particular.

El grado de control y automatización que debe ser justificado, depende obviamente, de diversos factores en el que el desarrollo de cada proyecto implica un estudio y análisis individual. Estos factores, normalmente están relacionados con la disponibilidad del hardware y software realmente apropiado, la disponibilidad del soporte técnico, aparte de las consideraciones básicamente económicas.



Figura 1.2.Planta de tintura industrial

Las instalaciones de tintura de las más recientes generaciones normalmente se ofrecen con alguna forma de elementos electrónicos programables, ofreciendo diversos grados de automatización. Con certeza, podemos afirmar entonces, que un elemento fundamental de modernidad está relacionado con el extensivo uso de elementos electrónicos en diversos grados de sofisticación.

Hoy en día, la casi total automatización de una tintorería es disponible, desde el laboratorio, la predicción instrumental y práctica de los colores, pasando por la preparación automática de los químicos y colorantes, la dosificación, la multifunción de los programadores lógicos en las máquinas con sus controles automáticos de ciclos, hasta el monitoreo y ajuste automático de la calidad de los efluentes, etc...

### 1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA TEXTIL IMBATEX

La planta textil IMBATEX se encuentra ubicada en la provincia de Imbabura, ciudad de Ibarra, esta planta se dedica a la fabricación de fibras de hilo de lana cuya materia prima es la lana de alpaca y oveja proveniente del país vecino Perú, la misma que atraviesa por diferentes procesos de producción hasta conseguir el producto final que es una fibra de hilo de lana con las características adecuadas de acuerdo a los requerimientos del mercado.



Figura 1.3. Proceso productivo en Imbatex

#### 1.3.1 MATERIA PRIMA UTILIZADA



Figura 1.4Fibra de lana

### 1.3.1.1 La Lana [7]

La fibra de lana es una fibra natural que se la obtiene de las ovejas y otros animales mediante un proceso denominado esquila, es una fibra muy útil, ya que abriga, se estira y es capaz de absorber agua sin dar la sensación de humedad.

Su estructura está compuesta por escamas y posee una zona interna que es la que durante el proceso de tintura realmente se tiñe, el teñido de lana consiste simplemente en sumergir durante un tiempo determinado en la solución tintórea a una temperatura adecuada.

- **Propiedades de la Lana**

- *Propiedades físicas de la lana*

- **Resistencia:** es la propiedad que le permite a la lana estirarse en gran proporción, antes de romperse. Esto es muy importante, desde el punto de vista textil, dados que procesos de industrialización tales como cardado, peinado e hilado, someten a considerables tensiones a las fibras de lana.
    - **Elasticidad:** esta propiedad se refiere al hecho que la lana regresa a su largo natural, luego de estirarse, dentro de ciertos límites, ya que llega un momento en que, al romperse los enlaces químicos, la lana no vuelve a su largo original.
    - **Higroscopicidad:** todas las fibras naturales absorben la humedad de la atmósfera y, entre ellas, la lana es la que lo realiza en mayor proporción; la lana es higroscópica, es decir que absorbe vapor de agua en una atmósfera húmeda y lo pierde en una seca. La fibra de lana es capaz de absorber hasta un 50% de su peso en escurrimiento.
    - **Flexibilidad:** es la propiedad de las fibras de lana, por lo cual se pueden doblar con facilidad, sin quebrarse o romperse. Esta propiedad es de gran importancia para la industria, tanto en el hilado como en el tejido para lograr tejidos resistentes.



○ *Propiedades químicas de la lana*

- **Efecto de los álcalis:** la proteína de la lana, que recibe el nombre de queratina, es particularmente susceptible al daño de álcalis. Por ejemplo, soluciones de hidróxido de sodio al 5%, a temperatura ambiente, disuelven la fibra de lana.
- **Efecto de los ácidos:** la lana es resistente a la acción de los ácidos suaves o diluidos, pero en cambio los ácidos minerales concentrados, como por ejemplo, el sulfúrico y el nítrico provocan desdoblamiento y descomposición de la fibra. Sin embargo, soluciones diluidas de ácido sulfúrico son usados durante el proceso industrial de la lana, para retirar la materia vegetal adherida a las fibras.
- **Efecto de los solventes orgánicos:** la mayoría de los solventes orgánicos usados comúnmente para limpiar y quitar manchas de los tejidos de lana, son seguros, en el sentido que no dañan las fibras de lana.

○ *Propiedades biológicas de lana [8]*

- **Microorganismos:** la lana presenta cierta resistencia a las bacterias y los hongos; sin embargo, estos microorganismos pueden atacar las manchas que aparecen en la lana. Si la lana es almacenada en una atmósfera húmeda, aparecen hongos, que incluso pueden llegar a destruir la fibra. Por otra parte, las bacterias que producen podredumbres pueden destruir la fibra, si la lana permanece mucho tiempo en humedad y polvo.
- **Insectos:** desde el momento que la lana es una proteína, y que por lo tanto puede ser considerada un producto alimenticio modificado, presenta una fuente de alimento para distintos tipos de insectos. Las larvas de la polilla de la ropa y del escarabajo de las alfombras son los predadores más comunes de la lana.

### 1.3.2 HILATURA

En el proceso de hilatura de la planta textil IMBATEX se llevan a cabo ciertos pasos consecutivos, como se describe continuación, con la finalidad de obtener hilos de lana.

#### 1.3.2.1 Homogenización de la materia prima

Como se mencionó anteriormente, la materia prima es lana de oveja o de alpaca, la misma que previamente se ha lavado antes de que ingrese a la máquina mezcladora (Figura 1.5) conocida de esta manera por los operarios y dueños de la planta. En la máquina mezcladora se realiza el primer paso dentro del proceso de hilatura, donde se abre la lana y también se hace la mezcla (la mezcla puede ser una lana gruesa con delgada), lo cual es recomendable para que en los procesos posteriores no se rompan las fibras, su longitud quede bastante larga y ayude a tener un hilo de lana resistente y con buena regularidad.

En la fotografía de la Figura 1.5 se puede apreciar que el operador está alimentando la materia prima en la máquina y por la parte frontal sale el material abierto y mezclado.



Figura 1.5. Mezcladora: Homogenización de la materia prima

Como resultado se obtiene una mezcla homogénea de la materia prima para posteriormente seguir el proceso que es el cardado

### 1.3.2.2 El Cardado

En el proceso de cardado se consigue ordenar las fibras de la lana paralelamente y unir las entre sí para que mantengan la forma durante el resto del proceso. Este es el proceso más importante de la hilatura ya que se da una transformación a la fibra, como se puede apreciar en la Figura 1.6.



Figura 1.6. Máquina para el cardado

Las cintas recolectadas de la carda salen irregulares y sus fibras no son totalmente paralelas.

### 1.3.2.3 El peinado

En el proceso de peinado se consigue que las cintas sean más regulares y que sus fibras sean más paralelas, esto se hace mediante la unión de algunas cintas como se aprecia en la figura 1.7.



Figura 1.7. El peinado

Los siguientes pasos consisten en hacerle más regulares, uniformes, lisas, peinadas y paralelas a las fibras de lana, con lo que se puede obtener una cinta más delgada de acuerdo a las necesidades de producción.



Figura 1.8. Cintas de fibra de lana producidas

Este proceso va a permitir que en los siguientes pasos la fibra pueda ser estirada.

#### 1.3.2.4 El estiraje y torsión

La cinta pasa al siguiente proceso cuyo objetivo es disminuir aun más el diámetro de la misma obteniendo unas mechas que son recolectadas en unas bobinas como se puede apreciar en la figura 1.9.



Figura 1.9. Bobinado de la cinta

Posteriormente el bobinado de la cinta se lleva a la máquina continua de hilar cuyo objetivo es el de disminuir el diámetro hasta obtener el grosor definitivo de la fibra, dar las torsiones definitivas (mediante un giro o una vuelta a través del propio eje de la fibra, que se logra mediante los husos) para hacerle resistente al conjunto de fibras, es decir, ya formar el hilo y recolectar en las bobinas de la máquina continua de hilar. Ver la figura 1.10.



Figura 1.10. Máquina de Estiraje

Las partes principales de esta máquina son la pileta de alimentación, cuyas bobinas fueron obtenidas en el proceso anterior y que serán transportadas hacia el estiraje.

El estiraje está compuesto por dos pares de cilindros, son los cilindros de estiraje, el cilindro posterior es el alimentador que gira a menos velocidad y el cilindro estirador que gira a más velocidad, la diferencia de velocidades entre estos dos cilindros permite el deslizamiento inter-fibras (deslizar unas fibras entre otras) obteniendo así el grosor deseado y mediante las vueltas del huso que giran a una velocidad (rpm) de acuerdo a las torsiones necesarias tenemos finalmente el hilo que es recolectado en las bobinas, las mismas que se van llenando paulatinamente mediante un movimiento de la bancada en donde se tiene los anillos que suben y bajan hasta llenar la bobina.

### 1.3.3 PRODUCCIÓN DE MADEJAS

En la máquina llamada madejadora (figura 1.11a) pasan los hilos de las bobinas que se produjeron en la máquina continua de hilar a madejas (figura 1.11b) con las dimensiones y peso adecuadas para que puedan ser introducidas en una máquina de tintura para dar el color.

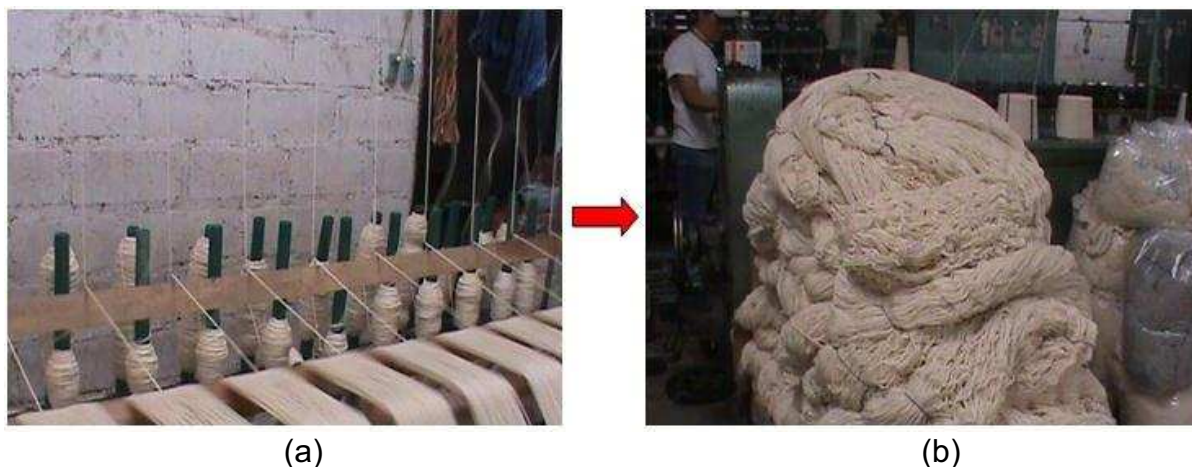


Figura 1.11. Producción de madejas

### 1.3.4 TINTURADO DEL HILO

Durante el proceso de tinturado de la fibra de lana se tiene como guía, una sencilla curva de agotamiento (Curva de temperatura vs. Tiempo), donde intervienen varios factores como son:

- Hilo de Lana.- Materia prima obtenida durante un proceso previo llamado hilatura (para el proceso de tintura se usa la fibra de hilo en madejas).
- Agua.- Sustancia líquida donde se efectúa la mezcla tintórea.
- Los auxiliares.- son productos químicos que aportan para tener una buena afinidad entre el colorante y la lana entre ellos tenemos el ácido suavizante.
- Los Colorantes.- son productos químicos que permiten definir el color y tono final de la fibra de lana.
- La Temperatura.- Varía dependiendo del tono del color a tinturar.

Tomando en cuenta los factores mencionados se inicia el proceso de tintura, las madejas son recolectadas y colocadas en una estructura metálica (figura 1.12a)

para ser introducidas en la olla de tintura, la cantidad de madejas ingresadas no debe exceder de los 20 kilos ya que es capacidad máxima de la olla de tintura.

En las máquinas de tintura se da un color de acuerdo a las necesidades de producción, el tinturado se lo realiza mediante un baño de agua caliente, colorante y auxiliares los cuales al someterse a ciertas temperatura permite que la fibra de lana absorba el color en una forma progresiva; el colorante reacciona con la fibra de lana obteniendo un color resistente, este proceso de tintura es por afinidad entre el colorante y la fibra.

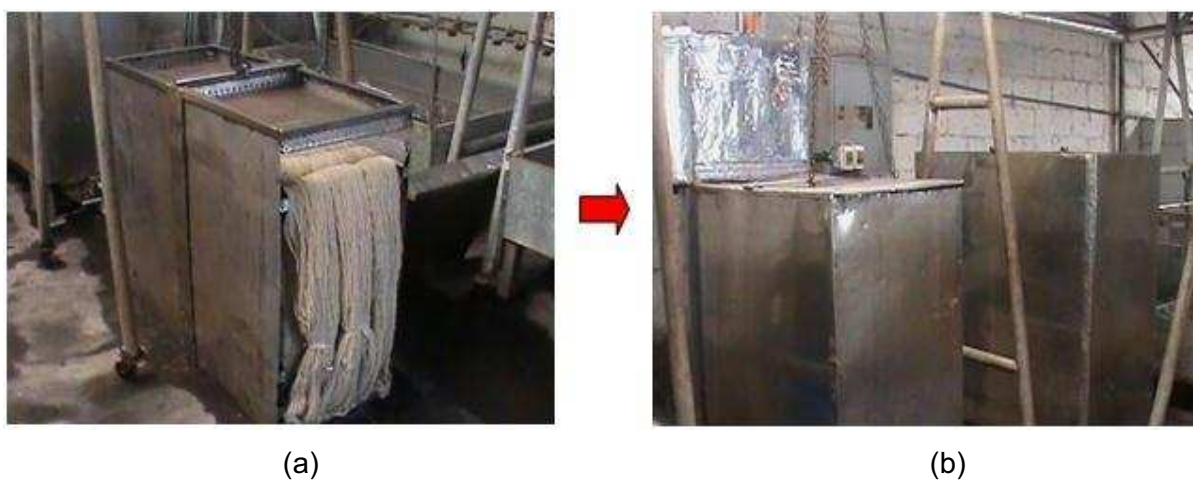


Figura 1.12.Olla de tintura

#### 1.3.4.1 Máquina de tintura de la planta Textil IMBATEX

Esta máquina fue construida artesanalmente por los propietarios de la planta con el objetivo de disminuir costos y facilitar de alguna manera el proceso de tintura. Ésta es una máquina de tintura por agotamiento o afinidad, dónde la fibra a tinturar se encuentra estática y la mezcla tintórea en movimiento.

Básicamente la máquina consta de:

- Olla de tintura de forma cúbica de acero inoxidable, donde se realiza el proceso de tintura. Las dimensiones son 90x170x120 cm.
- Ducto, de ingreso de vapor en forma directa controlado por una llave de paso activada manualmente.
- Motor de 1 HP, que permite el movimiento del agitador para que circule la solución tintórea.

- Termómetro, para visualizar el nivel de temperatura de la mezcla, el cual se encontraba dañado.
- Llave de paso para el desfogue de la mezcla tintórea, de la olla de tintura.

El proceso para tinturar el hilo de lana era controlado por un operador, quien llenaba la olla con agua (figura 1.13) a través de una manguera, el agua proviene de un tanque y es succionada por una bomba.



Figura 1.13. Olla de tintura con agua

Posteriormente el operador selecciona y pesa las madejas de lana de acuerdo a la capacidad máxima de la olla de tintura, las madejas son colocadas ordenadamente en una estructura metálica similar a una canastilla (figura 1.14), con las medidas precisas para que sea introducida dentro de la olla de tintura sin ningún inconveniente.



Figura1.14. Canastilla para madejas



La estructura metálica es elevada e introducida dentro de la olla de tintura con la ayuda de un soporte y poleas como se muestra en la figura 1.15.



Figura 1.15. Carga de la fibra a la olla de tintura

Dentro de la olla de tintura se encuentra el agitador (figura 1.16), existe un acoplamiento al eje de un motor que permite el movimiento del agitador durante todo el proceso de tintura con el objetivo de tener una circulación continua y que la mezcla tintórea sea homogénea dentro de la olla de tintura para evitar que se manche el hilo de lana.



Figura 1.16. Vista superior de la parte interna de la olla de tintura

De acuerdo al color que se vaya a tinturar, el operador mezcla la dosis necesaria de humectante e igualante y la coloca directamente en la olla de tintura, como se muestra en la figura 1.17.; luego coloca ácido en un recipiente con dosificación por goteo para que caiga pequeñas cantidades de ácido durante todo el proceso de tintura.

Luego se prepara la mezcla de los colorantes, ésta se realiza en base a recetas ya establecidas en la planta de acuerdo al color que se vaya a generar, se pesan los diferentes porcentajes de colorantes y se mezclan en un recipiente con agua caliente que permite una fácil disolución del colorante, esta mezcla se vierte directamente en la olla de tintura seguido de una cantidad de ácido que también se encuentra establecida en la receta.

Posteriormente se abre manualmente una válvula para permitir el ingreso de vapor a la olla de tintura, el tiempo requerido hasta alcanzar la temperatura de tinturado.



Figura 1.17 Operador agregando humectante para la solución tintórea

Finalmente se tapa la olla de tintura y el operador espera hasta que el termómetro marque la temperatura indicada en la receta para que el color se impregne totalmente en la lana, luego el operador desfoga manualmente la solución tintórea con la apertura de una llave que se encuentra en la parte inferior de la olla de tintura, finalmente se saca el hilo de lana tinturado con el mismo sistema de soporte y poleas, el hilo de lanase encuentra tinturado y listo para secarlo (figura 1.18).



Figura 1.18. Fibra tinturada

Cabe recalcar que este proceso es lento y se presentan errores en los tonos de los colores producidos, debido a que el control de temperatura y la circulación de la mezcla tintórea dentro de la olla no se lo realiza adecuadamente ya que el operador cuenta únicamente con un motor controlado manualmente y un termómetro dañado.

### 1.3.5 SECADO

El proceso de secado se lleva a cabo después de retirar el hilo de lana de la etapa de tintura, se retira el exceso de líquido y se la coloca dentro de una centrifugadora (Figura 1.19) cuya capacidad máxima es de 10 kilos.



Figura 1.19. Secado de las fibras en la máquina centrifugadora

Luego se lleva la lana hacia los patios de la planta para el secado al aire libre con la ayuda del sol (Figura 1.20) para extraer del hilo de lana cualquier exceso de humedad.



Figura 1.20. Secado de las fibras de hilo de lana al aire libre

### 1.3.6 ENCONADO DEL HILO

Finalmente el material pasa la prueba de calidad y en el caso de que se lo requiera se lleva a una máquina para el enconado (Figura 1.21), para obtener una presentación del de lana en conos (Figura 1.22) para su respectiva venta y distribución.



Figura 1.21. Máquina para el enconado.



Figura 1.22. Presentación de las fibras de hilo de lana tinturada en conos.

Gran parte de la lana tinturada es tejida obteniendo sacos, bufandas, ponchos, etc... por empresas vecinas en la ciudad de Otavalo y exportada hacia Francia y Holanda.

---

## CAPÍTULO 2

---

### 2. IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE DEL NUEVO SISTEMA DE CONTROL DEL PROCESO DE TINTURA

#### 2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el proceso tradicional de tintura de hilos de lana de la planta textil IMBATEX, se han evidenciado un sinnúmero de problemas relacionados principalmente con el control y operación del proceso en sí mismo, y que deben ser solucionados mediante un nuevo sistema de control, que automatice ciertas mediciones y operaciones que han dependido del buen criterio y experiencia del operador.

Entre los principales problemas están:

- **Control de nivel:** El operador enciende manualmente una bomba para extraer el agua desde un tanque hacia la olla de tintura hasta el nivel que él por su experiencia lo determina a simple vista.
- **Control de temperatura:** El operador trata de controlar de acuerdo a la curva de agotamiento (curva temperatura vs. tiempo) la temperatura de la solución tintórea, en base a su experiencia, ya que únicamente contaba con un termómetro en mal estado. Para conseguir la temperatura adecuada de la solución tintórea el operador manipula directamente una válvula que permite o impide el ingreso de vapor por un tiempo determinado según la curva de agotamiento del color tinturar.
- **Homogenización de la mezcla de tintura:** El operador tiene que energizar y cambiar el sentido de giro del motor, cada 8 minutos, caso contrario los hilos de lana saldrían manchados.
- **Desfogue de agua:** Luego de que transcurrió un determinado tiempo (depende del tono del color a tinturar) en el que la solución tintórea sea absorbida por el hilo de lana, el operador abre manualmente la válvula para desfogar el líquido.

Factores que en su mayoría inciden en la calidad de tinturado, en los tiempos de proceso y en las pérdidas de materia prima y de mano de obra.

## **2.2 SOLUCIÓN PROPUESTA**

Para dar solución a los problemas anteriormente descritos, se plantea la implementación de un sistema de control que automatice las mediciones y operaciones del proceso de tinturado mediante el uso de equipos e instrumentos de tecnología moderna.

La solución propuesta involucra la incorporación de un controlador lógico programable (PLC), sensores de nivel y temperatura, válvulas, un accionamiento de velocidad variable, una pantalla táctil como interfaz de operador entre los componentes más importantes

## **2.3 ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA DE CONTROL**

El controlador programable es el encargado de gobernar el funcionamiento de los actuadores eléctricos de la máquina de tintura tales como: la bomba, el variador de velocidad del motor y las electroválvulas en base a las señales de entrada (sensores de nivel y temperatura) y a las órdenes de mando que da el operador a través de una pantalla táctil. En la figura 2.1 se ilustra, el sistema de control.

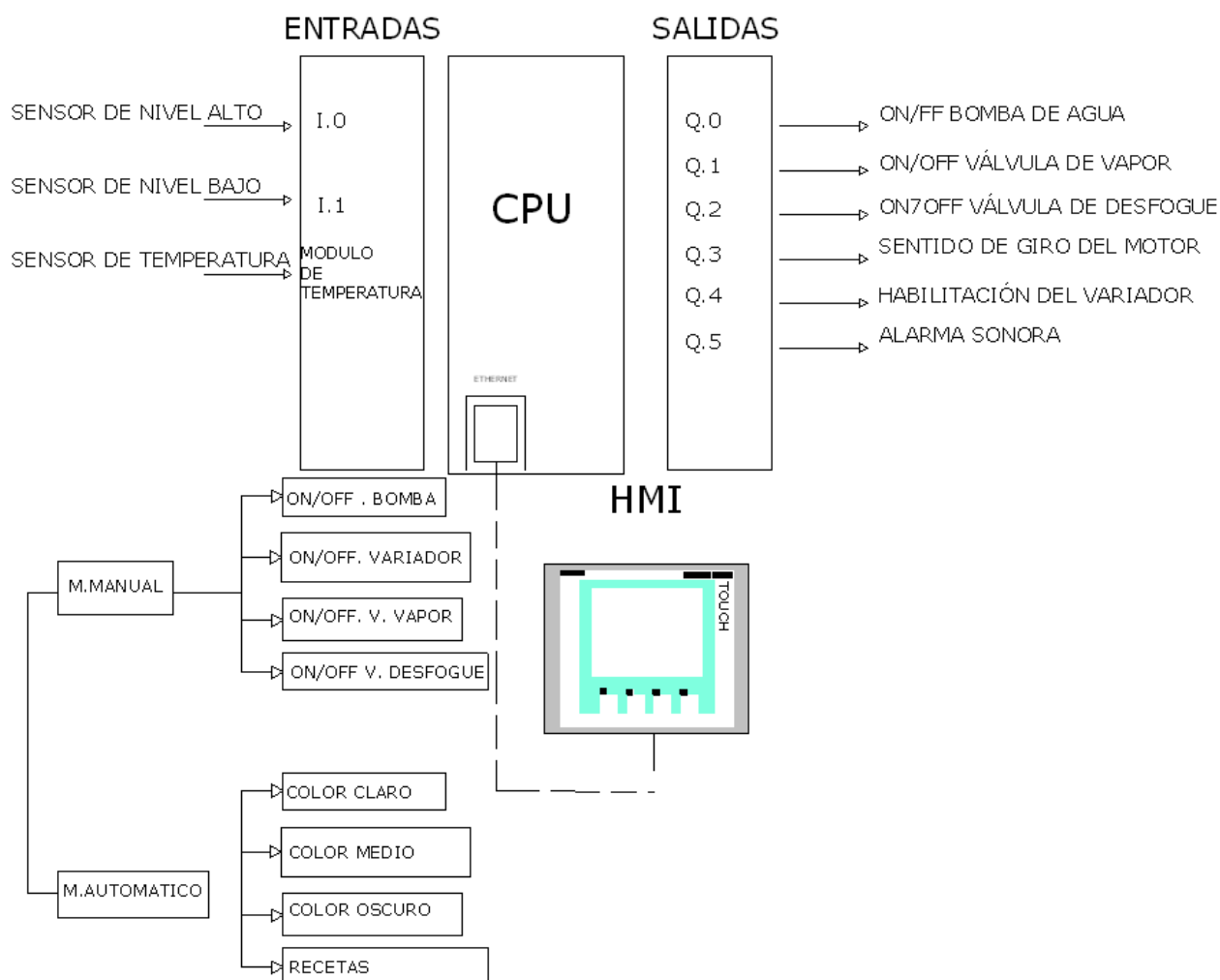


Figura 2.1. Esquema general del sistema de control

## 2.4 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL NUEVO SISTEMA

### 2.4.1 RELÉ DE CONTROL DE NIVEL

Es necesario incorporar un sensor de nivel que indique el límite superior e inferior del líquido así como un control sobre el encendido y apagado de la bomba de llenado.

El relé de control de nivel Warrick de  $10\text{ K}\Omega$  con zócalo de 8 pines, de las Series 16M & 16HM, permite un control de nivel simple o diferencial, se lo puede alimentar ya sea con 110V o 220V de corriente alterna ó 24V de corriente continua, posee un contacto normalmente abierto y un contacto normalmente cerrado, además de un pin para el control de nivel alto y otro para el bajo.



En la figura 2.2 se muestra el módulo de nivel en su respectivo sócalo.



Figura 2.2. Relé de control de nivel Warrick[9]

#### 2.4.1.1 Distribución de pines

En la figura 2.3 se muestra la distribución de pines del sensor de nivel Warrick.

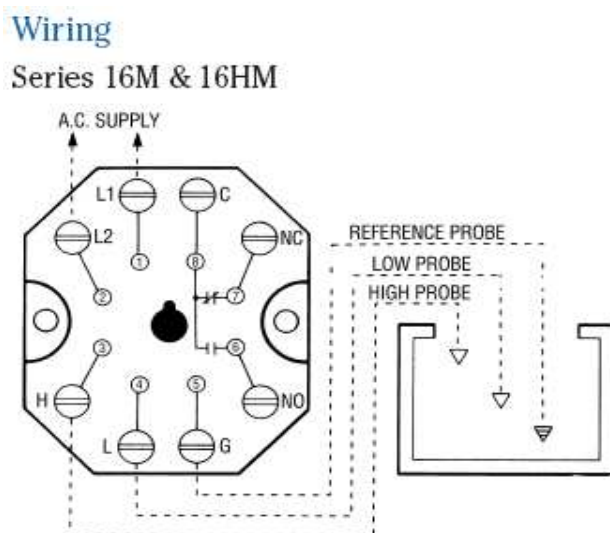


Figura 2.3. Distribución de pines del sensor de nivel

**Pin 1:** L1, alimentación AC.

**Pin 2:** L2, alimentación AC.

**Pin 3:** H, para el nivel alto.

**Pin 4:** L, para el nivel bajo.

**Pin 5:** G, referencia a tierra (chasis de la tina de tintura).

**Pin 6:** NO, contacto normalmente abierto.

**Pin 7:** NC, contacto normalmente cerrado.

**Pin 8:** C, común(24V)

Para determinar el nivel de agua se utilizan electrodos Warrick independientes, SS316 con toma roscada de 3/8", los mismos que se conectan en los pines 6 y 7 de los terminales del módulo de nivel para detectar el nivel alto y bajo.

#### **2.4.2 SENSOR DE TEMPERATURA RTD[10]**

Para poder controlar la temperatura de la mezcla tintórea es necesario incorporar un sensor de temperatura, en este caso se va a trabajar con una PT100 (Figura 2.4) que es un sensor de temperatura resistivo.

Un Pt100 es un tipo particular de RTD, normalmente las Pt100 vienen encapsuladas en la misma forma que las termocuplas, es decir dentro de un tubo de acero inoxidable u otro material (vainas), en un extremo está el elemento sensible (alambre de platino) y en el otro está el terminal eléctrico de los cables protegidos dentro de una caja de aluminio (cabezal), de allí parte muchas veces el confundirlo con las termocuplas.

Entre las ventajas que presentan las RTD se tienen:

- Son de Alta precisión, tienen un margen de error de hasta  $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ .
- Son ideales para trabajar a bajas temperaturas.
- Puede ser extendido fácilmente hasta 30 metros con cable de cobre común.

Las desventajas de la RTD son:

- Un poco más costosas que los termopares.
- Trabajan en un rango de temperatura limitado (max.  $700^{\circ}\text{C}$ ).
- Son frágiles, no utilizables en lugares donde haya mucha vibración.

##### **2.4.2.1. Selección de la RTD**

- Se debe tomar en cuenta la forma y ubicación de la zona donde se va a medir la temperatura (para la aplicación de este proyecto dentro de la olla de tintura).
- Estado de la fuente térmica (sólido, gas, líquido, ...).
- El rango de temperatura con que se requiere para trabajar.
- Las condiciones ambientales (si necesita algún tipo de protección).
- Tipo de conexión (# de hilos).

Tomando en cuenta las condiciones de selección descritas, se debe instalar el sensor de temperatura en contacto con la mezcla tintórea, es decir en el interior de la olla de tintura.

La fuente térmica para el sensor de temperatura es la mezcla tintórea cuyo estado es líquido.

El rango de temperatura con el cual se va a trabajar está entre 20 y 90 grados centígrados.

El material del sensor debe ser resistente a la corrosión ya que la mezcla tintórea contiene ácidos.

Se requiere una configuración de tres o cuatro hilos para tener una lectura adecuada de temperatura.

El sensor con el que se va a trabajar cumple estas características, y es de acero inoxidable para evitar que se deteriore con la mezcla tintórea.



Figura 2.4. Sensor de Temperatura

- **Características de la RTD**

En la tabla 2.1 se muestran las características de la RTD utilizada.

<b>Marca</b>	<b>Rosemount</b>
<b>Modelo</b>	248HAI1A2NSQ4
<b>Tipo de Sensor</b>	PT100
<b>Rango de Temp.</b>	0 – 150 °C

Tabla 2.1. Características de la RTD

### 2.4.3 VÁLVULAS [11]

Es necesario instalar dos válvulas, una que permita el ingreso del vapor para elevar la temperatura de la mezcla tintórea hasta un nivel determinado y otra válvula que permita el desfogue de la mezcla tintórea cuando haya finalizado el proceso de tintura.

#### 2.4.3.1 Válvula para el ingreso de vapor

La válvula que permite el paso de vapor para elevar la temperatura de la mezcla tintórea debe ser accionada automáticamente, razón por la cual debe ser una electroválvula.

Una electroválvula es una válvulaelectromecánica, diseñada para controlar el paso de un fluido a través de un conducto como puede ser una tubería. La válvula es controlada por el paso de una corriente eléctrica a través de una bobina solenoide.

- **Características de la electroválvula**



Figura 2.5. Electroválvula para vapor [12]

La electroválvula de la figura 2.5 posee las siguientes características:

- Electroválvula normalmente cerrada.
- Diámetro de paso de ½ pulgada.
- Cuerpo construido en bronce y extremos roscados.
- Temperatura máxima de operación -30 a 200 grados centígrados.
- Para el funcionamiento se requiere una presión mínima de 0.3 bar y máxima de 10 bares.
- Bobina de 8Watts, 110VAC.

### 2.4.3.2 Válvula para el desfogue de la mezcla tintórea

Para el desfogue de la mezcla tintórea actualmente se tiene una válvula manual que es activada por el operador al finalizar el proceso, sin embargo es necesario que el desfogue de la mezcla se realice de manera automática, para lo cual es necesario instalar una válvula que opere eléctricamente.

La válvula para el desfogue de la mezcla tintórea debe cumplir algunos requerimientos de acuerdo a las condiciones del proceso:

- La mezcla tintórea no tiene presión para la descarga.
- La mezcla contiene ácido y colorantes.
- La mezcla tintórea al estar en contacto directo con el material a tinturar durante todo el proceso contiene pequeños restos de la materia prima.

Tomando en cuenta las características descritas se considera que es necesario trabajar con una válvula de mariposa motorizada de dos pulgadas ya que en el mercado es el diámetro más pequeño disponible.

- **Válvulas motorizadas**

Estas válvulas se componen de dos elementos básicos: cabezal servomotor y cuerpo de válvula del tipo apropiado a cada instalación (de asiento plano, pistón, compuerta, mariposa, etc.).

El cabezal servomotor es un grupo moto reductor que transmite al eje de salida un torque elevado y un arranque lento para accionar el vástago de la válvula.



Figura 2.6. Válvula de mariposa tipo Wafer

Las características de válvula de mariposa motorizada se indican a continuación:

- Válvula de mariposa tipo wafer.
- Diámetro de 2 pulgadas.
- Válvula de apertura y cierre.
- Cuerpo de hierro fundido.
- Elastómero, caucho de EPDM. (caucho de etileno propilenodieno)
- Disco de hierro fundido.
- Brida para montaje de actuadores según ISO 5211 – DIN 3337.
- Longitud entre caras según UNE EN 558-1 Serie 20 (DIN 3202 K1).
- Máxima temperatura de trabajo 120 °C.

Para la activación de este dispositivo se requiere de un actuador eléctrico monofásico con las siguientes características:

- Motor monofásico.
- Fijación ISO 5211.
- Mando manual de emergencia.
- Indicador visual de posición.
- Dos contactos adicionales final de carrera.
- Desconexión automática al accionar palanca selectora posición manual.

Considerando el costo de la válvula con su moto reductor (aproximadamente entre los \$800), IMBATEX decidió instalar únicamente una alama sonora para indicar el desfogue de la mezcla y mantener la válvula de apertura manual, sin embargo, se diseñó el control para su futura instalación en caso de que la empresa decida hacer la inversión.

#### **2.4.4 BOMBA DE AGUA [13]**

Con el objetivo de extraer el agua del tanque de almacenamiento y de transportarla hacia la olla de tintura, se requiere una bomba con capacidad de impulsar el fluido hacia el lugar donde se desea transportar y con el caudal deseado.

Para saber que bomba se debe utilizar empezamos por calcular la altura total desde donde se succiona el agua hasta la altura de descarga. La altura de

succión se obtiene midiendo la distancia desde el punto donde se instala la bomba hasta la superficie del agua, mientras que la altura de descarga se obtiene al medir la distancia vertical desde el punto donde se instala la bomba y el punto de descarga del agua (tubería o manguera).

Entonces la altura total se tiene:

Altura total = altura de succión + altura de descarga

Altura total = 1,5m. + 8 m

Altura total = 9,5 m

Posteriormente se requiere determinar el caudal, es decir la cantidad de agua que saldrá por el tubo de descarga en el tiempo de llenado requerido.

En primer lugar se calcula el volumen de la olla de tintura donde se llenará el agua para el caso concreto, y de acuerdo a las dimensiones de la olla, indicadas en la figura 2.7 se tiene:

Volumen = largo x ancho x profundidad

Volumen = 1,05m x 0,45m x 0,9m

Volumen = 0,4525 m<sup>3</sup>

Volumen = 425,25 litros

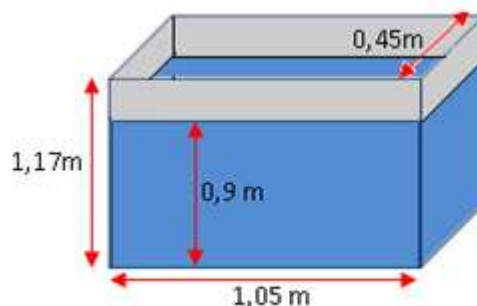


Figura 2.7. Olla de tintura

El caudal se calcula dividiendo el volumen para el tiempo de llenado.

$$Q = \frac{\text{Volumen [litros]}}{\text{Tiempo de llenado requerido [min]}}$$

$$Q = \frac{425,25 \text{ [litros]}}{15 \text{ [min]}}$$

$$Q = 28,35 \text{ [litros/min]}$$

En la planta textil IMBATEX se disponía de una bomba cuyas características técnicas (Tabla 2.2) satisfacían los requerimientos de bombeo, razón por la que fue utilizada en éste proyecto.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA BOMBA	
Marca	Rong Long
Modelo	RL – WP60
H. max.	35m
Q. max.	40 l/min
Voltaje	110 V
Frecuencia	60 Hz
rpm	3400 rpm
Voltaje	110 VAC
Potencia	½ Hp
Corriente Nominal	3 A
I.CL.	B
I.P. (Grado de Protección)	44




Tabla 2.2. Características técnicas de la bomba

### Dimensionamiento de la protección y contactor de la bomba

- **Dimensionamiento del Relé térmico**

Tomando en cuenta la corriente nominal de la bomba (3 A) y de acuerdo a los valores comerciales para los térmicos se selecciona:

- Un relé térmico de 2-5 Amperios, regulable.
- Contactos, un normalmente abierto y un normalmente cerrado (1NA+1NC).
- Adicional es necesario que el Frame (marco) sea estándar y que permita el acoplamiento con otros dispositivos.



- **Dimensionamiento del contactor**

Se debe adquirir un contactor con las siguientes características:

- 3 polos
- $I_e = 8 \text{ A (AC3)}$ , reg
- V bobina = 220 VAC, 60 Hz

#### 2.4.5 MOTOR Y ACCIONAMIENTO DE VELOCIDAD VARIABLE

La mezcla tintórea necesita estar en constante movimiento durante todo el proceso de tintura, a fin de que la temperatura sea totalmente homogénea en toda la olla de tintura y conseguir que en el hilo de lana se impregne el color de manera homogénea. Para este propósito es necesario incorporar un dispositivo que permita cambiar el sentido de giro de un motor constantemente y en un tiempo controlado. El motor debe estar acoplado de tal manera que permita el movimiento del agitador que se encuentran en la parte inferior de la olla de tintura y que están aisladas a través de una malla metálica.

Para el movimiento del agitador se cambia el motor monofásico, anteriormente existente, por un motor trifásico SIEMENS por solicitud del propietario de la planta, ya que el motor monofásico lo requería para otro proceso debido a que el propietario tenía conocimiento en el uso e instalación de este tipo de motores.

En la tabla 2.3 se tiene las características del motor trifásico:

CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR	
<b>Marca</b>	Siemens
<b>Modelo</b>	1LA7 096 – 4YA60
<b>Potencia</b>	3 HP
<b>Ta</b>	-15/40°C
<b>Factor de Servicio</b>	1.15
<b>Frecuencia</b>	60Hz
<b>rpm</b>	1708
<b>Voltaje</b>	220 YY/ 440 Y
<b>Corriente</b>	9.3 / 4.8 A


<b>Corriente Nominal</b>	la 3.6 In	
<b>Cosφ</b>	0.83	
<b>Eficiencia</b>	η 73.7	
<b>Tn/Ta</b>	12.5/22.5 Nm	
<b>I.P. (Grado de Protección)</b>	55	
<b>Aislamiento</b>	F	
<b>IEC</b>	34	
<b>Metros sobre el nivel del mar</b>	1000	
<b>Peso</b>	14.9 Kg	

Tabla 2.3. Características del motor

- **Variador de velocidad [13]**

Para el desarrollo de este proyecto, la empresa IMBATEX proporcionó el motor trifásico y como la disponibilidad de la red eléctrica es bifásica se utilizó un variador de frecuencia para cambiar la tensión bifásica a trifásica y aprovechar otras funciones como inversión de giro y temporización, a través de sus entradas digitales.

Para la selección del variador de velocidad es necesario considerar lo siguiente:

- Potencia del motor.
- Voltaje de trabajo.
- Aplicación.
- Torque.
- Arranca con carga.
- Grado de protección.
- Entradas analógicas, puertos de control

Respondiendo a cada uno de los ítems anteriores se puede dimensionar al variador de frecuencia:

a) Potencia del motor

El motor con el que se va a trabajar es de 3HP, según estándares de fabricación se debe dimensionar el variador a un valor superior (1.25) o igual a la potencia del motor.

b) Voltaje de trabajo

EL voltaje del motor 220V 3 $\phi$ .

c) Aplicación

La función que va a cumplir el variador es controlar el motor para agitar la mezcla tintórea, para mantener la mezcla tintórea homogénea al igual que la temperatura.

d) Torque

El torque de trabajo es bajo, ya que solo agita la mezcla tintórea.

e) Arranca con carga

Si arranca con carga.

f) Grado de protección respecto al ingreso de sólidos y líquidos

Tiene un grado de protección IP 20 que significa que esta protegido contra el ingreso de cuerpos mayores a 12 mm, y no tiene protección contra el ingreso del agua, por esta razón el variador va a trabajar en un lugar cerrado dentro de un gabinete de control.

g) Entradas Analógicas , Puertos de control

Se requiere dos puertos de control

- Control de habilitación del variador
- Control del sentido de giro

IMBATEX cuenta con un variador de frecuencia SINAMICS G110 de SIEMENS, el mismo que cumple con los requerimientos mencionados, razón por la cual fue utilizado en el proyecto.

Características técnicas del SINAMICS G110 se muestran en la tabla 2.4.


SINAMICS G110 6SL3211-0AB22-2UA1	
Potencia Nominal	3 HP
Corriente de salida a 50°C	11 A
Corriente de entrada (230V)	27.2 A
Fusible recomendado	35 A
Cable de entrada	11 – 8 AWG
Cable de salida	12 – 8 AWG



Tabla 2.4. Características del SINAMICS G110

**BORNES:** en la tabla 2.5 se muestra los bornes de control de entrada y salida del variador de frecuencia. La conexión a los bornes de control del variador se puede observar en el Anexo 3 lamina 04.

BORNES DE CONTROL DEL VARIADOR DE FRECUENCIA			
Bornes	Detalle	Funciones	
1	DOUT-	Salida digital (-)	
2	DOUT+	Salida digital (+)	
3	DIN0	Entrada digital 0	
4	DIN1	Entrada digital 1	
5	DIN2	Entrada digital 2	
6	-	Salida +24V/máx. 50mA	
7	-	Salida 0 V	
	<b>Variante</b>	<b>Analógica</b>	<b>USS</b>
8	-	Salida +10 V	RS485 P+



9	ADC1	Entrada analógica	RS485 N-
10	-	Salida 0 V	

Tabla 2.5. Bornes de control del variador de frecuencia

Este variador SINAMICS cuenta con un panel de operaciones básicas (BOP) como se muestra en la Figura 2.8.

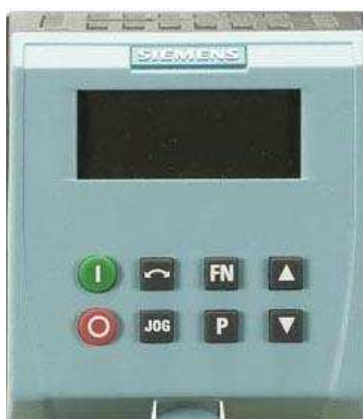


Figura 2.8. Panel de operaciones Básicas

## 2.4.6 CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE

### 2.4.6.1 Consideraciones para su selección

Como ya se mencionó en el literal 2.3, para este proyecto el PLC constituye la unidad central de control que gobierna el funcionamiento de todos los actuadores eléctricos.

Para su selección se consideraron los siguientes aspectos:

- Requerimientos de entradas y salidas.
- Requerimiento de memoria.
- Disponibilidad de puerto de comunicación para la pantalla táctil.
- Condiciones ambientales.

○ **Requerimientos de entradas y salidas**

I/O	Número de I/O	Descripción	Total I/O
Entradas digitales	2	Relé de nivel, nivel alto y bajo	2
Entradas analógicas	1	Sensor de Temperatura	1
Salidas digitales	1	ON / OFF de la bomba de agua	6
	1	ON / OFF válvula para el desfogue de la mezcla tintórea	
	1	ON / OFF válvula para el ingreso de vapor	
	1	Habilitación del variador de velocidad	
	1	Control del sentido de giro del motor	
	1	Alarma sonora de fin de proceso.	

Tabla 2.6. Resumen de entradas y salidas requeridas del PLC

○ **Requerimientos de memoria**

Por la pequeña cantidad de entradas, salidas y la poca complejidad del programa de control la memoria de datos y programa de cualquier PLC de la gama pequeña, satisfará plenamente este requerimiento.

○ **Disponibilidad de puerto de control para pantalla táctil**

Para este proyecto se ha visto la necesidad de implementar una pantalla táctil desde donde el operador pueda visualizar y manipular ciertos datos durante el proceso de tintura, por lo que se debe tomar en cuenta la posibilidad de comunicación entre el controlador lógico programable y dicho interfaz gráfico.

○ **Condiciones ambientales**

En este caso se analiza el lugar y las condiciones ambientales donde se va a realizar la instalación, IMBATEX cuenta con sus instalaciones totalmente

cubiertas, libres de polvo y lluvia. Además, el PLC se aloja en un gabinete de control, la temperatura del lugar se mantiene entre 8°C y 24°C.

#### **2.4.6.2 PLC SIMATIC S7-1200**

Al verificar que en la bodega de la planta textil IMBATEX se dispone de un controlador S7-1200 modelo CPU 1212C, cuyas características satisfacen los requerimientos de este proyecto y además tienen capacidad de expansión de acuerdo a las necesidades y requerimientos futuros; se decide utilizar este dispositivo como elemento de control y sus características se indican a continuación:

- El controlador SIMATIC S7-1200 es modular, compacto y de aplicación versátil.
- Su diseño es escalable, pues permite combinar libremente los elementos de determinada solución de control de la manera más conveniente, y en caso de que se necesite ampliar el sistema, podrá hacerlo de manera rápida y sencilla.
- Está diseñado para otorgar la máxima flexibilidad en la configuración de máquinas individuales.
- Posee una interfaz de comunicación PROFINET integrada en SIMATIC S7-1200 que está a la altura de las máximas exigencias de la industria, siendo así un componente clave en soluciones completas de automatización.
- Cuenta con SIMATIC STEP 7 Basic para la configuración y programación, con los paneles de la gama SIMATIC HMI Basic Panels para la visualización, con controladores adicionales para la comunicación de CPU a CPU y con equipos de otros fabricantes para ampliar las posibilidades de integración.



Figura 2.9. PLC 1212C

En la tabla 2.7 se describe los datos técnicos del CPU 1212C AC/DC/Relé.

DATOS TÉCNICOS DEL CPU 1212C AC/DC/RELÉ		
<b>Función</b>		CPU 1212C
<b>Dimensiones Físicas (mm)</b>		90 x 100 x 75
<b>Memoria de usuario</b>	Memoria de trabajo	25 KB
	Memoria de carga	1 MB
	Memoria remanente	2KB
<b>E/S integradas locales</b>	Digitales	6 entradas / 4 salidas
	Analógicas	2 entradas
<b>Ampliación con módulos de señales</b>		2
<b>SignalBoard</b>		1
<b>Módulos de comunicación</b>		3 (Ampliación en el lado izquierdo)
<b>MemoryCard</b>		SIMATIC MemoryCard (Opcional)
<b>Tiempo de respaldo del reloj de tiempo real</b>		Típico: 10 días / Mínimo: 6 días a 40° C
<b>PROFINET</b>		1 puerto de comunicación Ethernet
<b>Velocidad de ejecución de funciones matemáticas con números reales</b>		18 $\mu$ s / instrucción
<b>Velocidad de ejecución booleana</b>		0.1 $\mu$ s / instrucción

Tabla 2.7. Datos técnicos del CPU 1212C AC/DC/Relé



### 2.4.6.3 Módulo de señales analógicas SM 1231 TD

Para este proyecto fue necesario usar un módulo de expansión de señales analógicas para medir la temperatura a través del sensor RTD; el PLC S7-1200 tiene un módulo de señales analógicas SM 1231 RTD que permite adquirir información de acuerdo al valor obtenido en sus entradas, este valor puede ser de resistencia o temperatura.

- **Características del módulo de señales analógicas SM 1231 RTD**



Figura 2.10 Módulo de señales analógicas SM 1231 RTD [15]

El módulo de señales analógicas SM 1231 RTD de la Figura 2.10, tiene las siguientes características:

- Si se mide la resistencia en cualquiera de sus cuatro entradas, el valor decimal máximo del rango nominal es 27648.
- Al medir temperatura el valor se expresa en grados centígrados multiplicado por diez, por ejemplo, al medir 30,5 grados el módulo expresa ese valor en decimal, es decir, 305.
- El módulo SM1231 puede trabajar con conexiones a las entradas de 2, 3 y 4 hilos como se muestra en los siguientes esquemas de conexión.

- **Esquema de conexión**

En la Figura 2.11 se muestra el esquema de conexión del módulo SM1231 con la RTD de 2 y 3 hilos.

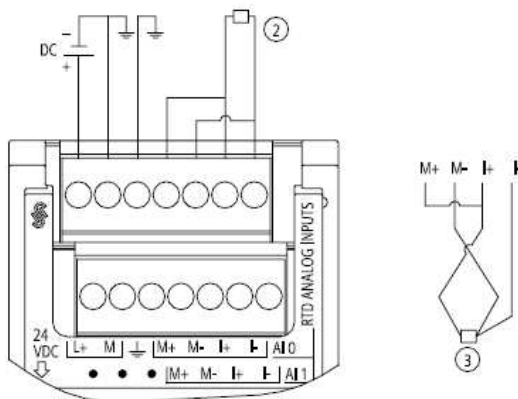


Figura 2.11. Esquema de conexión para la RTD de dos (2) y tres (3) hilos [16]

En la Figura 2.12 se muestra el esquema de conexión del módulo SM1231 con la RTD de 4 hilos y para entradas que no se usan.

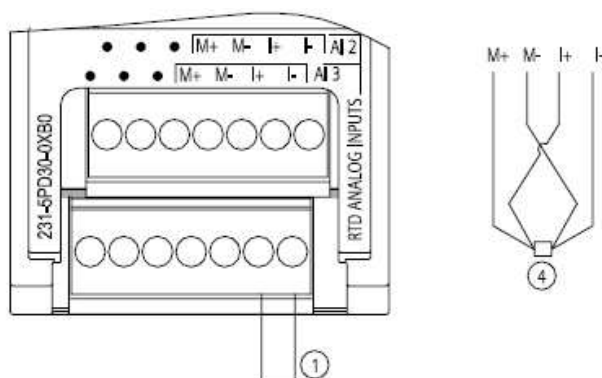


Figura 2.12. Esquema de conexión para la RTD cuatro hilos (4), y para entradas que no se usan (1) [17]

Se tiene mayor precisión en la lectura del sensor cuando se trabaja con conexión de cuatro hilos; cuando se trabaja a conexión de resistencia dos hilos se tiene mayor margen de error en la lectura.

### 2.4.7 PANEL DE OPERADOR

En la planta Textil IMBATEX es necesario implementar una interfaz gráfico que permita interactuar al operario con el proceso de tintura.

De acuerdo a las necesidades de automatización del tinturador 2 se determina que el KTP 400 BASIC MONO PN tiene las características necesarias para esta aplicación, incluyendo su costo.

- **Características técnicas KTP 400 BASIC MONO PN**

La imagen de la táctil KTP 400 Basic se muestra en la Figura 2.13.



Figura 2.13. Pantalla táctil KTP 400 Basic

En la tabla 2.8 se muestra un resumen de las características de la pantalla táctil KTP 400 Basic.

<b>CARACTERÍSTICAS DE LA PANTALLA TÁCTIL KTP 400 BASIC.</b>	
<b>Pantalla</b>	Pantalla de 3,8 pulgadas , 4 niveles de grises
<b>Resolución</b>	320 x 240 píxeles
<b>Elementos de control</b>	Pantalla táctil 4 teclas táctiles de libre configuración
<b>Memoria de trabajo</b>	512 KB
<b>Comunicación</b>	1 x RJ-45 Ethernet para PROFINET
<b>Grado de protección</b>	IP 65, NEMA 4X (en la parte frontal) IP 20 en la parte de atrás
<b>Software de configuración</b>	WinCC Basic (TIA Portal)

Tabla 2.8. Características de la pantalla táctil KTP 400 Basic.

### **2.4.8 FUENTES DE ALIMENTACIÓN**

Como se mencionó en literales anteriores la planta textil IMBATEX cuenta con una alimentación 220 VAC a dos líneas, por lo que es necesario adecuar la alimentación para nuestro control.

- Fuente monofásica una línea y un neutro (110V), para el funcionamiento de la bomba de agua para el llenado, alimentación del primer gabinete de control, activar la solenoide de la válvula que permite el paso del vapor.
- Fuente bifásica de dos líneas (220V) para alimentar el segundo gabinete donde se encuentra ubicado el variador de velocidad.
- Fuente de 24 V para alimentar el panel de operador y el módulo de temperatura.

Modelo: 6EP1332-1SH42

Entrada: AC 110-240V

Salida DC 24V/2.5A

### **2.5 IMPLEMENTACIÓN E INSTALACIÓN DEL HARDWARE**

Para el acondicionamiento de la parte mecánica de la olla de tintura se necesitó la ayuda de los empleados de la planta textil IMBATEX, ya que era necesario perforar, soldar tubería y realizar ciertas modificaciones que permitan implementar el sistema de control para este proceso.

En la figura 2.14 se muestra el estado inicial del tinturador 2 que tiene únicamente un termómetro deteriorado y el motor en la parte de atrás, antes de realizar las respectivas modificaciones



Figura 2.14.Olla de tintura

Para la implementación del sistema de control en el tinturador 2 de la planta textil IMBATEX se realizaron los siguientes cambios:

### **2.5.1 INSTALACIÓN DEL MOTOR TRIFÁSICO**

Se instala el motor trifásico AC en la parte posterior de la olla de tintura a cuyo eje se acopla un sistema de poleas que ya se encontraba implementado para el movimiento del agitador.



.Figura 2.15.Instalación del motor trifásico

## 2.5.2 MONTAJE DE LAS VÁLVULAS

En la implementación de este proyecto se instaló únicamente la electroválvula que permite u obstruye el ingreso de vapor y se mantiene la válvula desfogue.

- **Electroválvula para el ingreso de vapor**

Se instala a la tubería de vapor la electroválvula en serie con el filtro que evita el ingreso de algún tipo de suciedad a la válvula y que ésta se tape; se acopla a la electroválvula una tubería paralela con una llave de paso, como se observa en la figura 2.16 (a), permitiendo de esta manera que el operador pueda abrir sin problemas esta llave de paso, si por alguna razón la electroválvula no funciona.



Figura 2.16 (a)



Figura 2.16 (b)

Figura 2.17 Montaje de la electroválvula

- **Válvula motorizada para la descarga de la mezcla tintórea**

Como se mencionó en el capítulo dos, por razones económicas de la planta Textil IMBATEX no se instala por el momento la válvula motorizada para el desfogue de la mezcla tintórea, y se mantiene la válvula de una pulgada de accionamiento manual figura 2.17.



Figura 2.17 Válvula de paso de apertura manual

### 2.5.3 MONTAJE DE LA BOMBA DE AGUA

La bomba para el llenado de agua en la olla del tinturador 2 se instala a lado del tanque de agua, exactamente en el piso, permitiendo de esta manera que la bomba no realice esfuerzo alguno en la succión de agua, y el agua succionada se traslada a través de una manguera de una pulgada hacia la olla del tinturador 2, una distancia de 8 metros.

### 2.5.4 MONTAJE DE LOS ELECTRODOS PARA EL CONTROL DE NIVEL

Para el control de nivel es necesario instalar dos electrodos (figura 2.18) para sensar el nivel, uno para el nivel bajo y otro para el nivel alto.



Figura 2.18. Electrodo con varilla de acero inoxidable

- **Montaje del electrodo para el nivel bajo**

Para ubicar el electrodo de nivel bajo se realizó una perforación en la parte inferior de la olla donde se soldó una tuerca que permite instalar el electrodo con facilidad (figura 2.19 b) al igual que el cable de señal (ver figura 2.19 c).



Figura 2.19(a)



Figura 2.19 (b)



Figura 2.19(c)

Figura 2.19 Montaje del electrodo de nivel bajo

- **Montaje del electrodo para el nivel alto**

Fue necesario soldar una tubería (figura 2.20 a) en forma paralela a la olla de tintura, con dos perforaciones que permiten el ingreso de la mezcla tintórea al mismo nivel que se encuentra la mezcla dentro de la olla de tintura, y ubicar dentro de esta tubería el segundo electrodo que sensa el nivel alto.

Adicionalmente se instala una pequeña caja de acero inoxidable (figura 2.20c) que protege al electrodo, ya que éste se encuentra ubicado en la parte superior de la olla de tintura por donde ingresa y sale la materia prima. En la misma caja se conecta el cable de tierra de la olla de tintura (figura 2.20d).



Figura 2.20 (a)



Figura 2.20 (b)



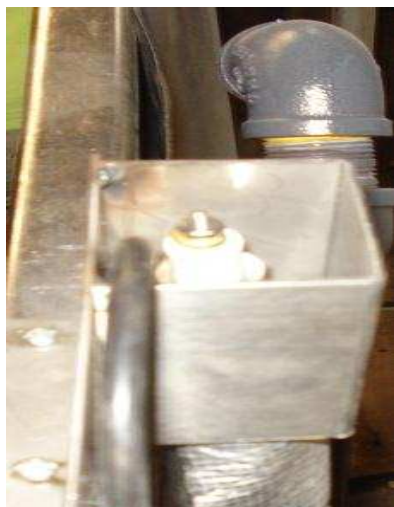


Figura 2.20(c)

Figura 2.20 (d)

Figura 2.20 Montaje del electrodo de nivel alto

### 2.5.5 MONTAJE DEL SENSOR DE TEMPERATURA

El montaje del sensor de temperatura se facilitó, ya que se realizó en el mismo punto donde está instalado el termómetro. Se instaló una tubería de acero inoxidable en forma de T, para ubicar el sensor y, en lo posterior, un nuevo termómetro.



Figura 2.21 (a)

Figura 2.21 (c)

Figura 2.21 Montaje del sensor de temperatura

### 2.5.6 CONSTRUCCIÓN DE LOS GABINETES DE CONTROL

Los gabinetes de control fueron elaborados en acero inoxidable con las siguientes dimensiones 800x600x200mm (hxwxh) con doble fondo, riel DIN y canaletas sobre puestas que permiten ordenar con facilidad los cables.

### **2.5.7 UBICACIÓN DEL GABINETE DE CONTROL**

La ubicación del gabinete de control debe permitir un fácil acceso y una breve visualización al operador para su adecuado uso. Para este proyecto fue necesario instalar un gabinete donde se alojan todos los elementos de control, entre ellos el PLC, módulo de temperatura, fuente de 24 voltios, relé de nivel, protecciones, relés de mando, panel de operador, borneras y otros elementos adiciones; y un segundo gabinete para alojar el variador de velocidad con su respectiva protección.

Estos dos gabinetes se ubican juntos, a una altura de 1.20m, en la parte izquierda de la olla de tintura.



Figura 2.22 Ubicación de los gabinetes de control

### **2.5.8 CABLEADO Y UBICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DENTRO DE LOS GABINETES DE CONTROL**

El cableado de los gabinetes se llevó de acuerdo al diagrama de conexiones teniendo la precaución de marcar cada uno de los terminales de los cables, a fin de su fácil identificación y seguimiento en caso de mantenimiento o alguna modificación futura.



Figura 2.23 Vista frontal del gabinete 1.



Figura 2.23 Vista frontal del gabinete 2

En el diagrama de conexiones del Anexo C, lámina 1 – 6 muestra de manera detallada las conexiones de cada uno de los elementos y su ubicación física dentro de los gabinetes, como se muestra en la figura 2.24.

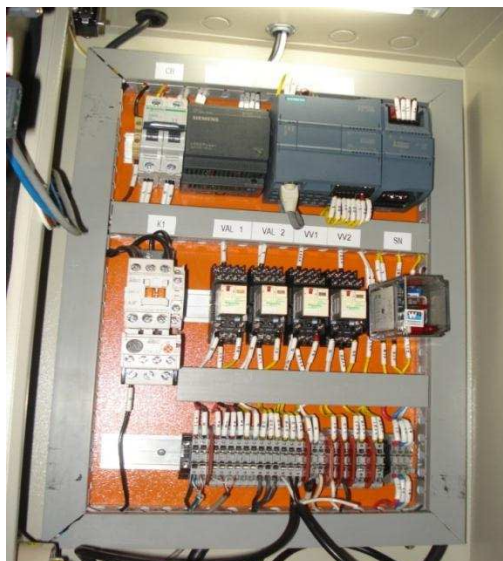


Figura 2.24. Gabinete de control 1

### 2.5.9 CANALIZACIÓN DE CONDUCTORES

Con el fin de proteger contra daños físicos y disminuir los efectos de alguna interferencia por campos eléctricos o magnéticos, los conductores de señal de temperatura y nivel son pasados por tubería conduit, lo que a su vez mejora la estética de la instalación (Figura 2.25 c).

Adicionalmente, fueron colocados cubiertas metálicas sobre el sensor de temperatura y el electrodo de nivel, a fin de proteger contra golpes involuntarios (Figura 2.25 a y b).

De igual forma se procedió con los conductores de alimentación, que fueron canalizados por tubería conduit y canaletas (Figura 2.26).



Figura 2.25 (a)



Figura 2.25 (b)



Figura 2.25 (c)

Figura 2.25 Tuberías de los cables de señal

- **Tuberías de los cables alimentación de los gabinetes**

Los cables de alimentación a los gabinetes están junto a la tubería de agua, por lo que fue necesario aislarlos con tubería conduit y canaletas.



Figura 2.26 Tuberías de los cables de alimentación de los gabinetes

## **CAPÍTULO 3**

---

### **3. IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE DEL PROCESO DE TINTURA**

En el capítulo 2 se analizó los requerimientos de hardware del proceso de tintura, en este capítulo se abordará lo referente al software de programación del PLC, la configuración del PLC y del panel de operador; así como el programa de control.

#### **3.2 BREVE DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN [18]**

El software de programación utilizado para el S7-1200 es el STEP 7 BASIC, versión 10.5, propia de SIEMENS.

El STEP7 Basic proporciona un entorno de fácil manejo para configurar la lógica del controlador, la visualización de HMI y la comunicación por red, adicional ofrece dos vistas diferentes del proyecto:

- Vista del portal: presenta distintos portales orientados a tareas y organizados según las funciones de las herramientas.
- Vista del proyecto: es una vista orientada a los elementos del proyecto

##### **3.2.1 VISTA DEL PORTAL**

La vista del portal (Figura 3.1) proporciona una vista funcional de las tareas de proyecto y organiza las herramientas de acuerdo con la tarea que se va a realizar. Es posible determinar fácilmente el procedimiento y la tarea que debe seleccionarse.

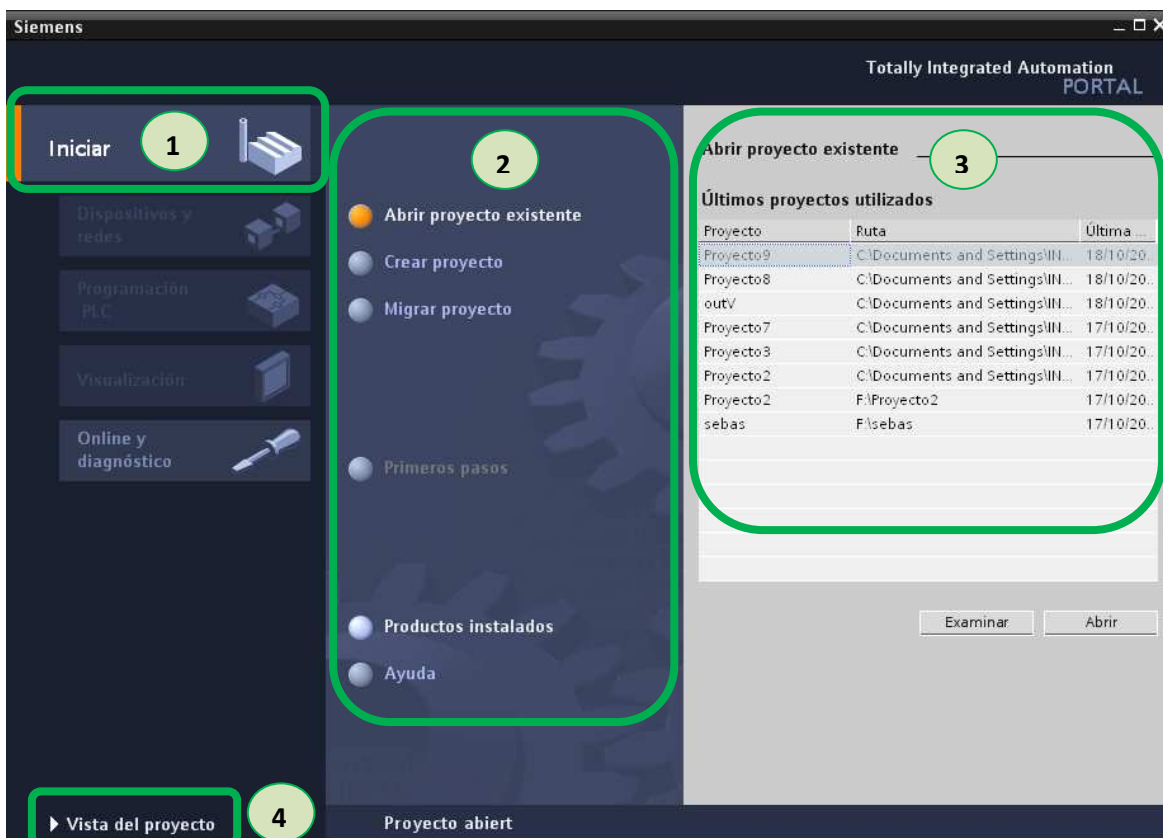


Figura 3.1. Vista del Portal

Entre sus componentes tenemos:

- (1) Portales para las diferentes tareas.
- (2) Tareas del portal seleccionado.
- (3) Panel de selección para la acción seleccionada.
- (4) Cambia a la vista del proyecto

### 3.2.2 VISTA DEL PROYECTO

La vista del proyecto (Figura 3.2) proporciona acceso a todos los componentes del proyecto.

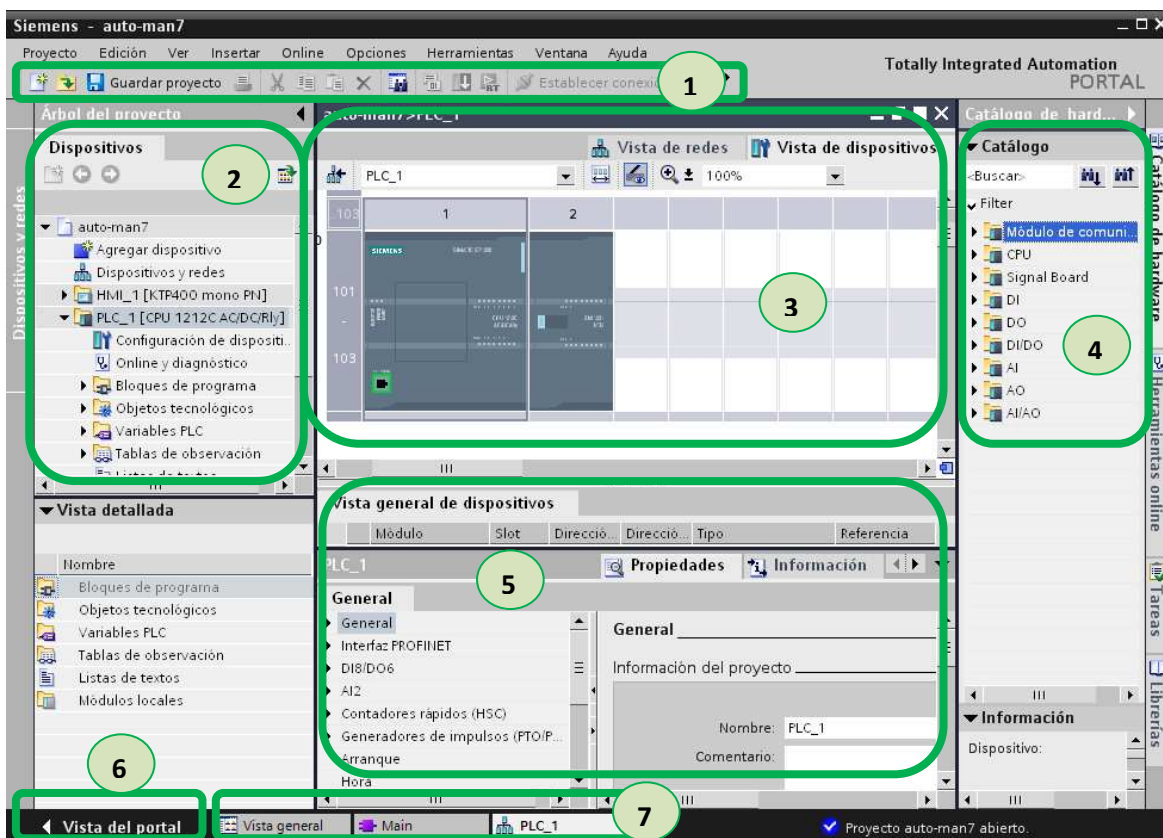


Figura 3.2 Vista del Proyecto

- Menús y barra de herramientas.
- Árbol del proyecto.
- Área de trabajo.
- TaskCards.
- Ventana de Inspección.
- Cambia a la vista del portal.
- Barra del editor.

**(1) Barra de herramientas:** Contiene botones que ofrecen acceso directo a los comandos más frecuentes.

**(2) Árbol del proyecto:** A través del árbol del proyecto es posible acceder a todos los componentes y datos del proyecto. En el árbol del proyecto pueden realizarse las siguientes acciones: agregar componentes, editar componentes existentes, consultar y modificar las propiedades de los componentes existentes.



- (3) **Área de trabajo:** En el área de trabajo se visualizan los objetos que se abren para editarlos.
- (4) **TaskCards:** Contienen instrucciones para el programa y se agrupan según su función.
- (5) **Ventana de Inspección:** La ventana de inspección muestra las propiedades e información acerca del objeto seleccionado en el área de trabajo.
- (6) **Cambia de vista al portal:** Permite ver la ventana del portal.
- (7) **Barra del editor:** La barra de editores agiliza el trabajo y mejora la eficiencia, ya que muestra todos los editores que están abiertos.
- (8) **Resumen de dispositivos:** En el resumen de dispositivos se puede ver el direccionamiento que poseen las entradas y salidas.

### 3.2.3 INICIO DEL PROGRAMA STEP 7 BASIC

A continuación se detalla los pasos para la creación de un nuevo proyecto en STEP 7 Basic:

- Abrir el acceso directo en el escritorio del TIA (Automatización Total Integrada)



- Luego de abrir STEP 7 Basic, haga clic en "Crear proyecto" en el portal de inicio, se introduce el nombre del proyecto y se hace un clic en "Crear", ver Figura 3.3



Figura 3.3. Pantalla donde se muestra la creación de proyecto

- Posteriormente se crea un programa haciendo clic en "Crear un programa PLC", por defecto se crea un bloque lógico "Main" para el programa de usuario y abre el portal "Programación PLC", ver Figura 3.4.



Figura 3.4. Pantalla para la creación de un proyecto

- Se debe abrir el editor de programas haciendo doble clic en el bloque main, ver Figura 3.5.



Figura 3.5. Pantalla para abrir el editor de programas

- STEP 7 Basic cambia a la vista del proyecto y se visualiza el segmento del bloque principal donde se realiza la respectiva programación (Figura 3.6).

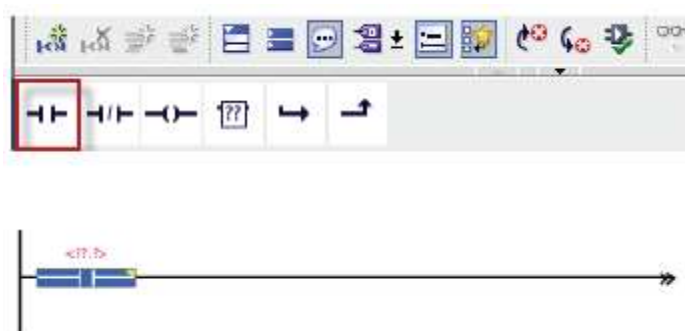


Figura 3.6 Pantalla para la programación

Como se indica en la figura 3.6, el lenguaje en el que se programó es el lenguaje KOP (esquema de contactos), en el anexo 2 se muestra el programa completo del PLC para realizar el control del proceso de tintura del tinturador 2.

### 3.2.4 CONFIGURACIÓN DEL PLC

#### 3.2.4.1 Comunicación entre el S7-1200 y Step 7 Basic

En el árbol del proyecto se encuentra un enlace que permite realizar la comunicación entre el dispositivo y el software (Figura 3.7.), al seleccionar accesos online se identifica la tarjeta de red a la que se está conectando y actualizamos el dispositivo de red para que sea reconocido por el programa; es ahí cuando se genera la dirección IP del CPU del controlador (IP = 192.168.0.1).

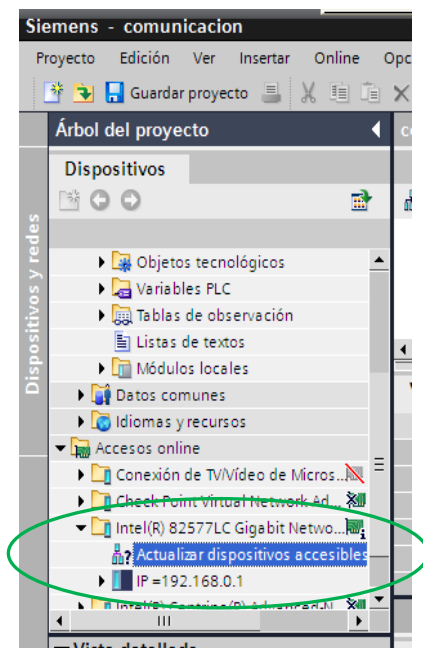


Figura 3.7 Comunicación entre dispositivos y el software

Posteriormente, se realiza un diagnóstico online (Figura 3.8.) para verificar la comunicación del software con el CPU.

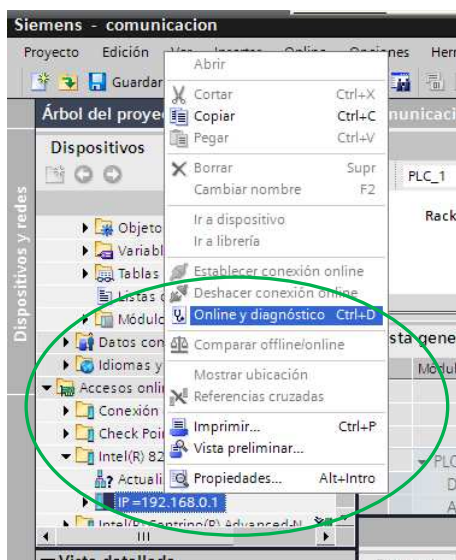


Figura 3.8. Diagnóstico On line

Cuando se realiza la conexión se verifica que la máscara de subred del CPU coincida con la de la máquina (Figura 3.9.).

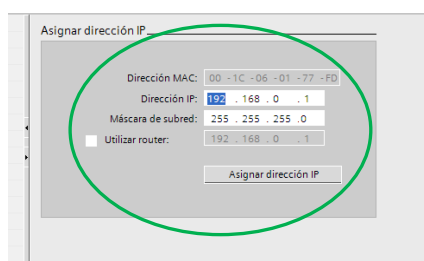


Figura 3.9. Verificación de las direcciones IP y máscaras.

Enseguida se agrega una subred para la comunicación (Figura 3.10.).

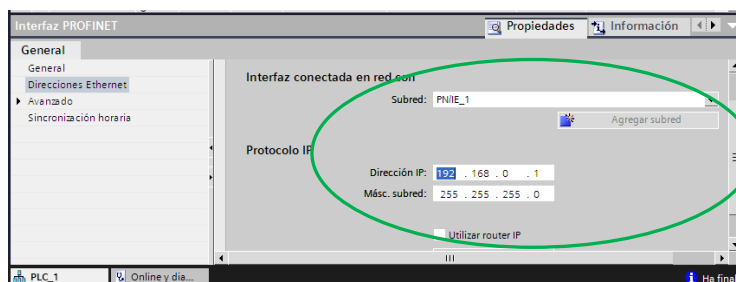


Figura 3.10. Subred para la comunicación

Ahora se configura la red para el computador, ver figura 3.11

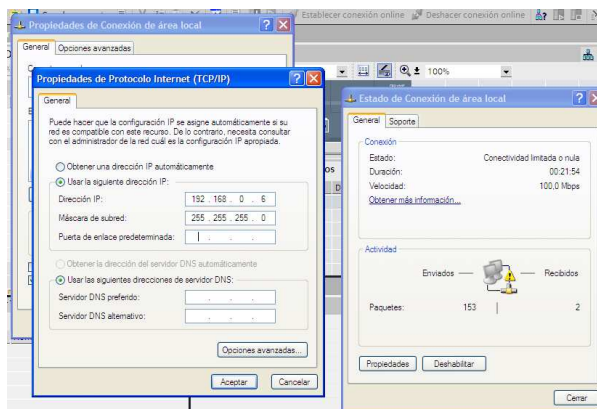


Figura 3.11. Configuración de la red en el Computador.

Finalmente se comprueba que el PC se comunique con el PLC, como se muestra en la figura 3.12.

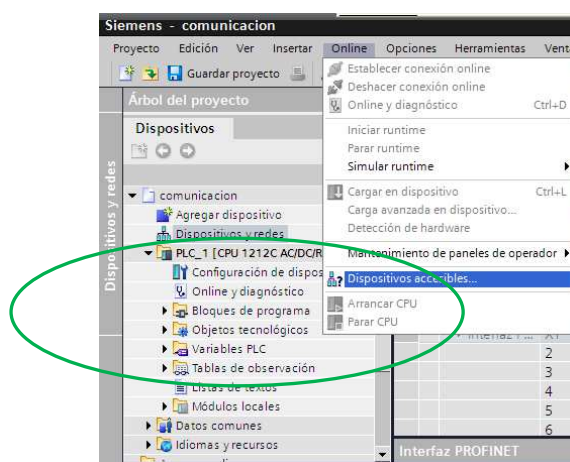


Figura 3.12. Comunicación del PC con el PLC.

Cuando la conexión se realiza sin ningún inconveniente aparece la pantalla de la figura 3.13

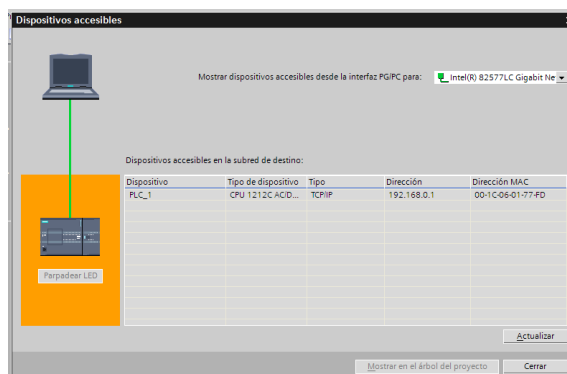


Figura 3.13. Pantalla que indica la correcta conexión entre el PC y el PLC.

## 3.2.5 AGREGAR DISPOSITIVOS EXTERNOS

### 3.2.5.1 Agregar y configurar el panel de control

Para agregar el panel de control se escoge la opción agregar dispositivos en la parte izquierda del árbol del proyecto, y se selecciona el modelo de la pantalla con la que se va a trabajar, en este caso se tiene el modelo KTM400 mono PN, ver Figura 3.14.

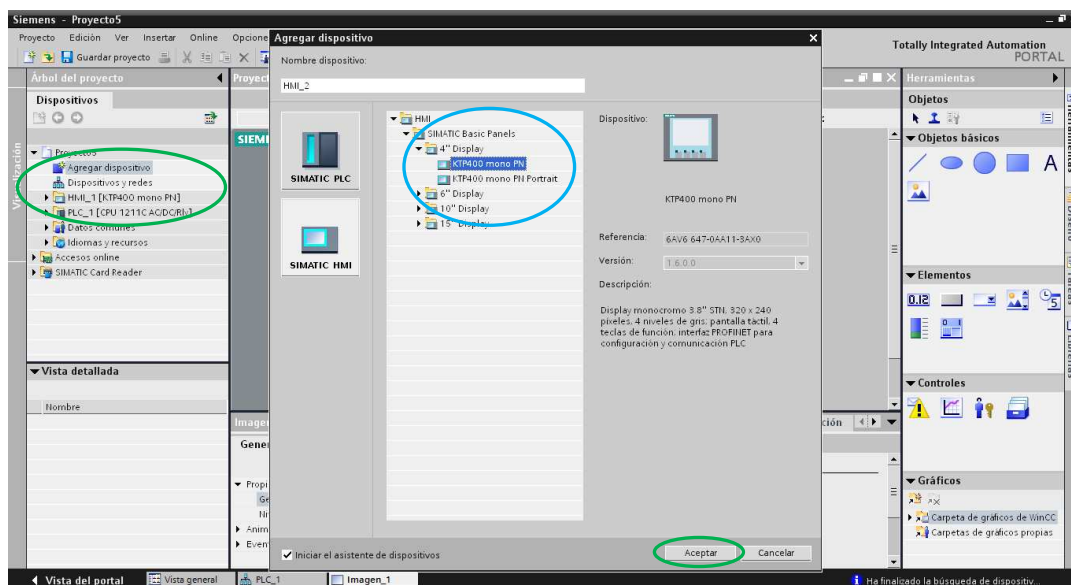


Figura 3.14 Pantalla donde se muestra la opción de agregar nuevos dispositivos.

Previo a la conexión entre la pantalla táctil y el PLC aparece la imagen de la Figura 3.15



Figura 3.15 Conexión entre la pantalla táctil y el PLC.

En este paso se verifica que la pantalla sea reconocida y que se conectó correctamente con el PLC (Figura 3.16.), para posteriormente configurar la apariencia de la pantalla táctil (Figura 3.17.).

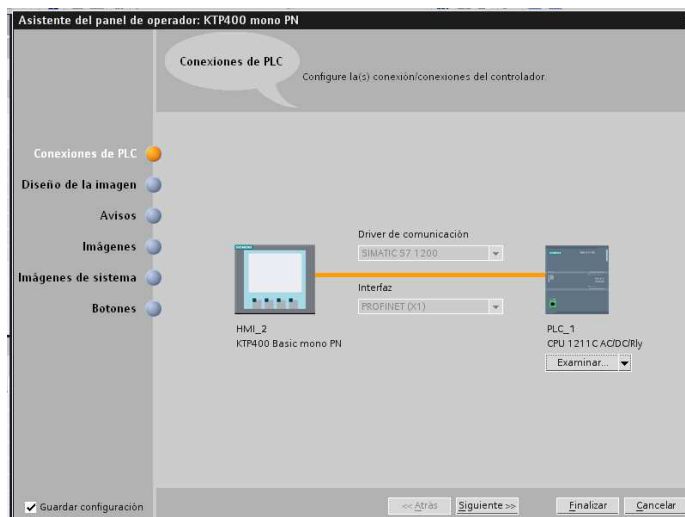


Figura 3.16. Imagen donde se muestra la correcta conexión entre la pantalla táctil y el PLC.

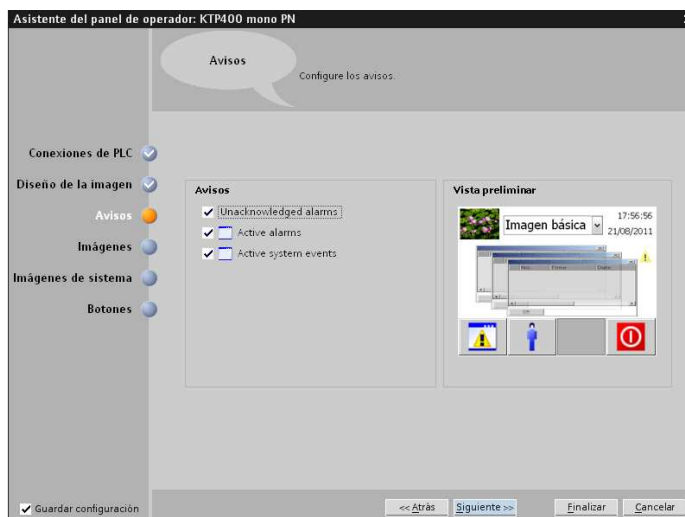


Figura 3.17. Configuración de la apariencia de la pantalla táctil.

Al realizar una conexión online se puede observar que los dispositivos mostrados en la Figura 3.18 se encuentran conectados en red, lo que permite con facilidad crear ventanas y cargarlas a la memoria de la pantalla táctil.



Figura 3.18a Conexión On line.

### 3.2.5.2 Agregar y configurar módulo de señales

Para poder adquirir los datos del sensor de temperatura (RTD) es necesario agregar y configurar el módulo de temperatura SM 1231 RTD en el STEP 7 BASIC, para lo cual se siguen los siguientes pasos.

Como se puede observar en la figura 3.19, en el lado derecho se selecciona catálogo de hardware y después AI (Entradas analógicas).

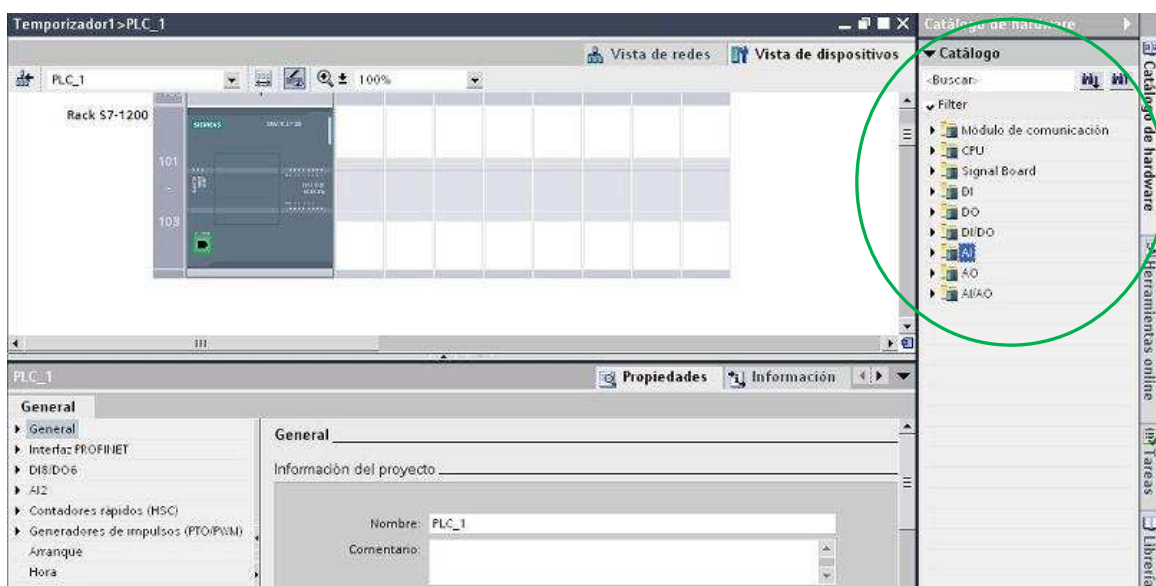


Figura 3.19 Selección del catalogo de hardware



Se selecciona el módulo como se indica en la figura 3.20.



Figura 3.20 Selección del módulo de temperatura SM 1231 RTD

Finalmente se inserta el módulo de temperatura en el lado derecho del PLC haciendo click en el módulo seleccionado figura 3.21.

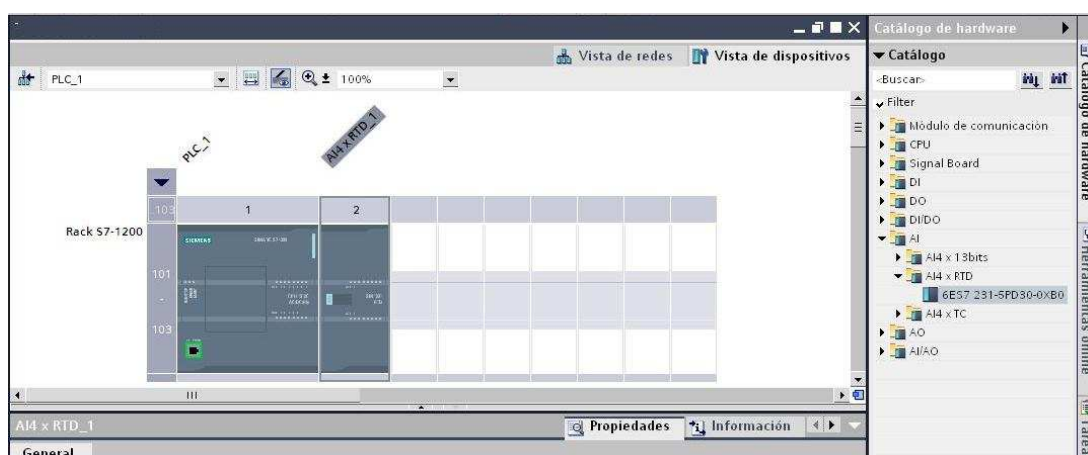


Figura 3.21. PLC junto al módulo de temperatura

Cuando ya se tiene insertado el módulo hay configurar el modo de operación, para lo cual es necesario seleccionar: vista de dispositivos, propiedades de la ventana de inspección y AI4xRTD, Figura 3.22.

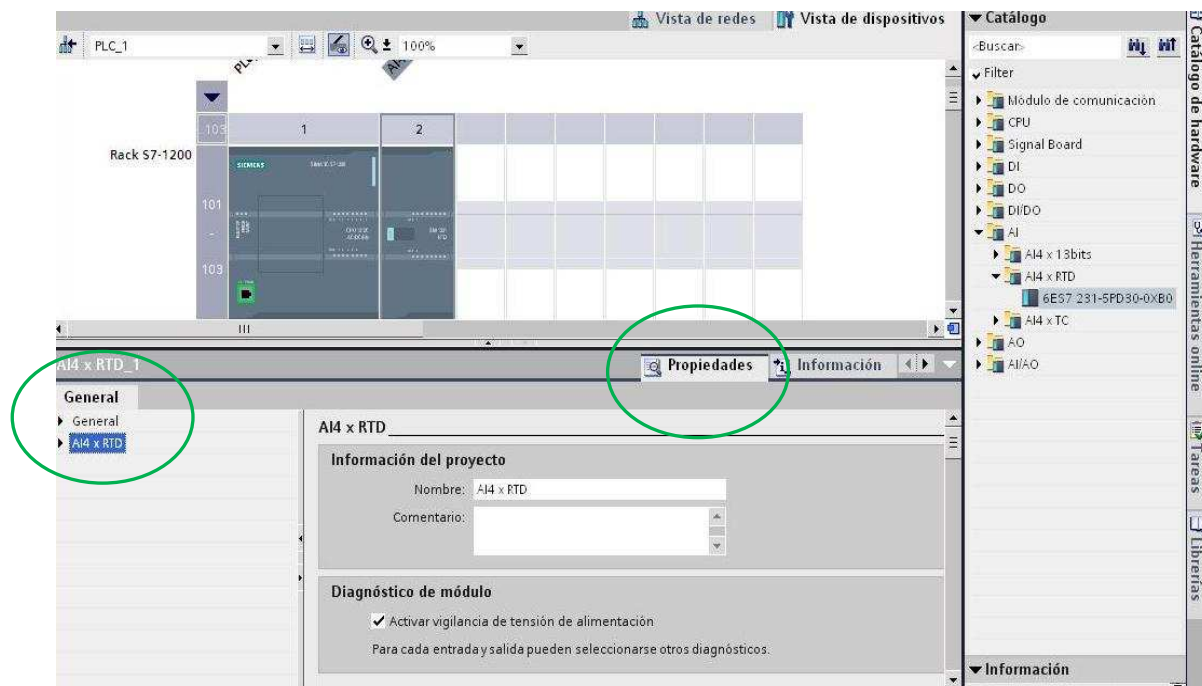


Figura 3.22 Ficha propiedades de la ventana de inspección.

Al hacer clic en AI4XRTD se presenta el menú de entradas analógicas, donde se configura cada una de las 4 entradas del módulo de temperatura (Figura 3.23). Se selecciona una a una las entradas y se deshabilitan las que no se vana usar en el lado derecho.

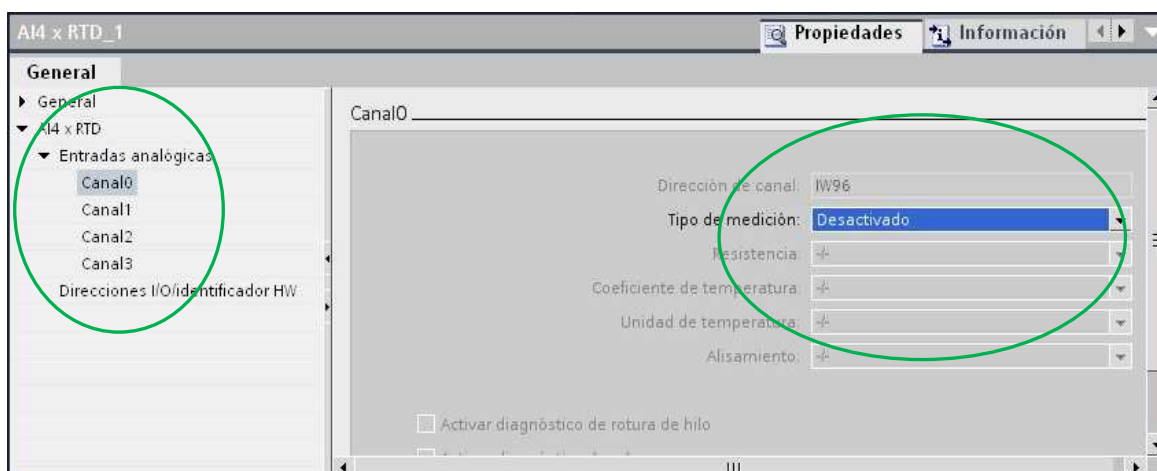


Figura 3.23 Desactivación de las entradas no utilizadas

Es necesario habilitar una de las entradas, para este proyecto se habilita la entrada 1 (canal 1), se selecciona el tipo de sensor RTD, las unidades de medición y el tipo de conexión del sensor al módulo de temperatura.

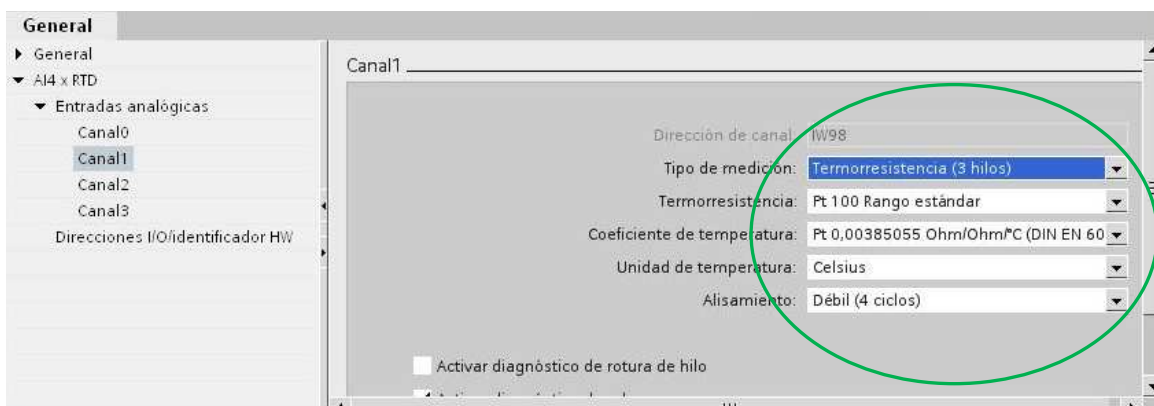


Figura 3.24. Habilitación de la entrada analógica del módulo de temperatura

El módulo de temperatura se encuentra listo para trabajar, donde es necesario implementar la programación en el PLC como se muestra a continuación (Figura 3.25). Para la recopilación de información del sensor de temperatura a través de la entrada analógica AI98 del módulo de temperatura, ésta es trasladada a la variable TEMPERATURA.

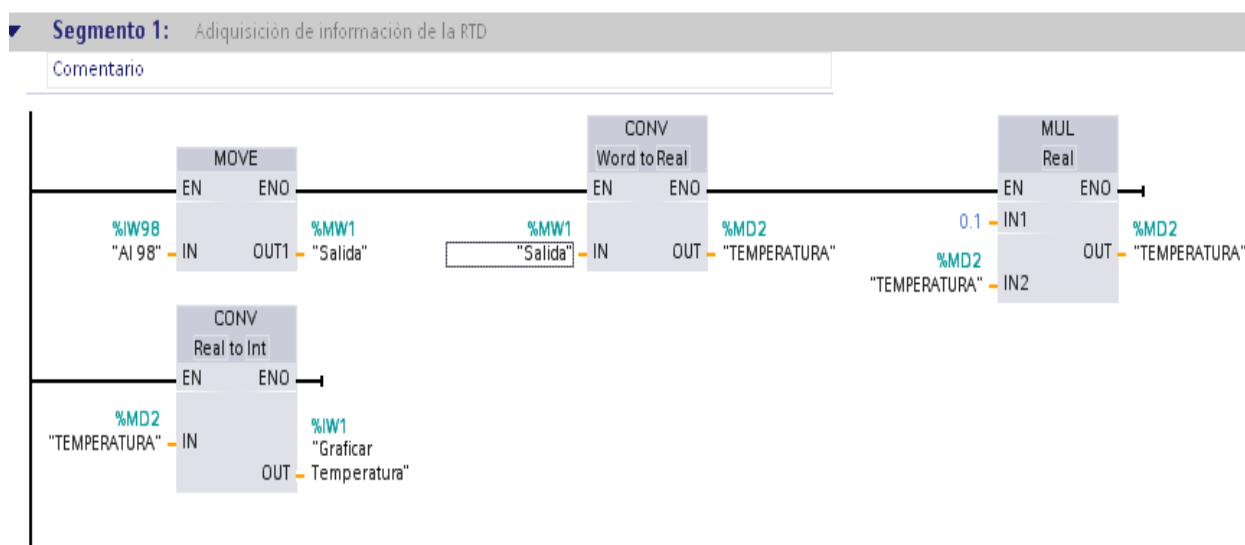


Figura 3.25 Programa para recopilar los datos del sensor de temperatura conectado al módulo de temperatura.

### 3.3. SUBROUTINAS DE CONTROL A IMPLEMENTARSE

El sistema de control a implementarse presenta las siguientes subrutinas de control.

#### 3.3.1 CONTROL DE NIVEL PARA EL LLENADO AGUA

Durante el proceso de llenado de agua en la olla de tintura, el PLC permite que la bomba de agua se encienda hasta que el sensor indique que el líquido llegó al nivel máximo permitido (Figura 3.26).

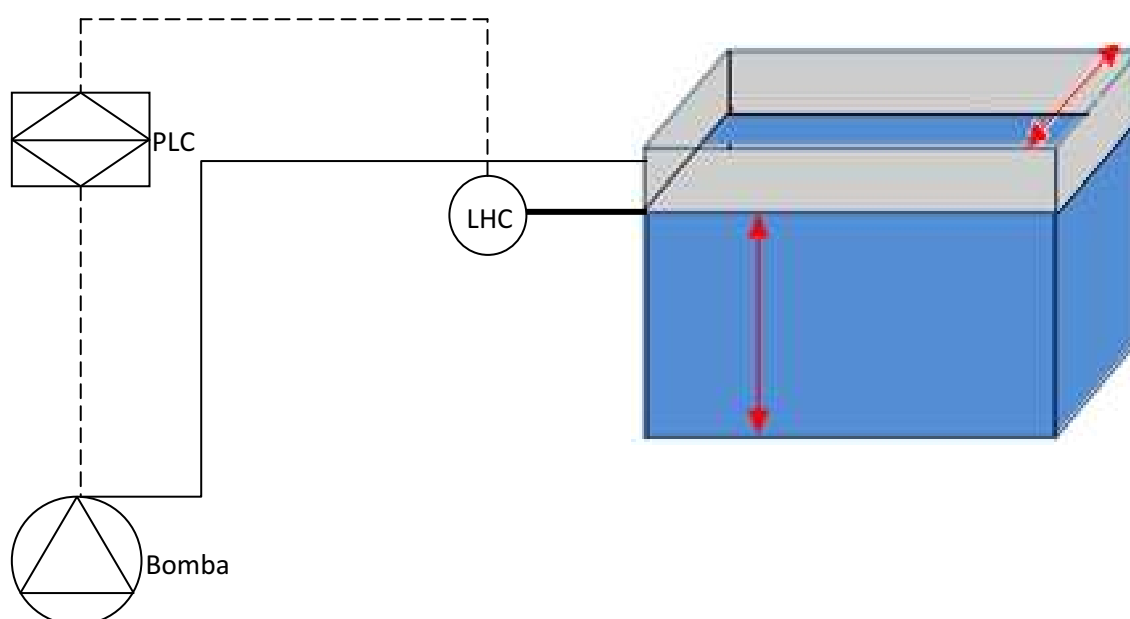


Figura 3.26 Control de nivel para el llenado de agua

#### 3.3.2 CONTROL PARA EL DESFOGUE DE LA MEZCLA TINTÓREA

Esta operación se ejecuta cuando termina el tiempo de agotamiento para cada tono de color, abriendo la válvula para el desfogue (Figura 3.27), que posteriormente se cierra cuando se detecta el nivel bajo (Figura 3.28).

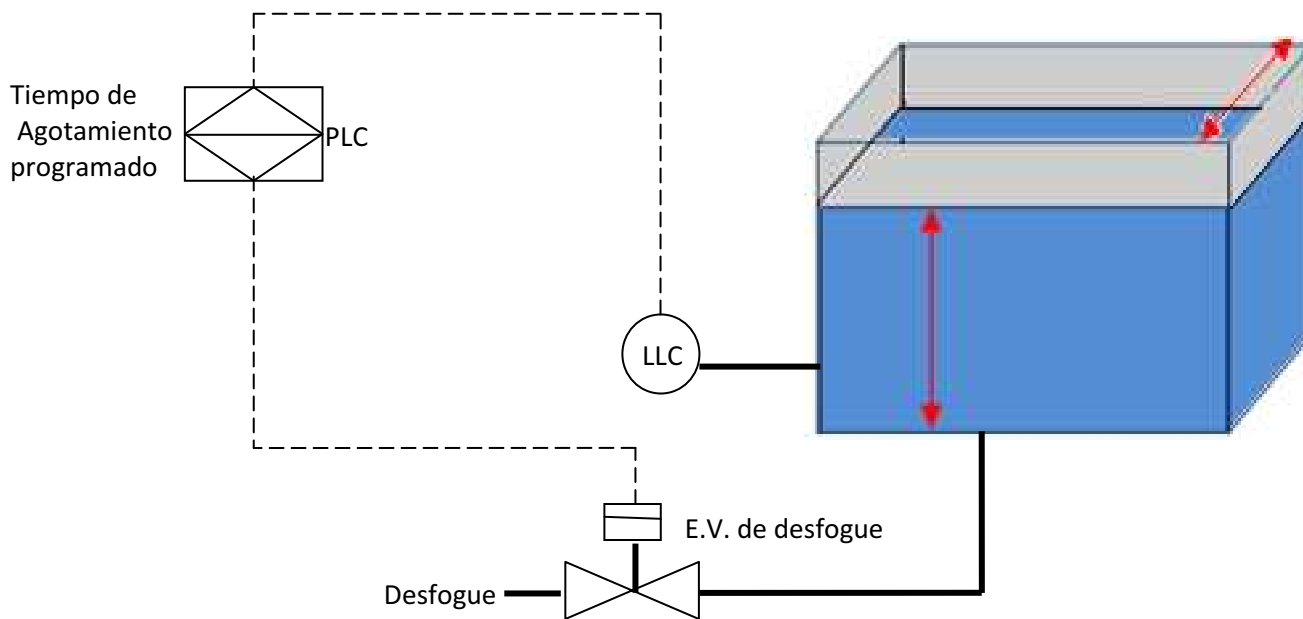


Figura 3.27 Control para el desfogue de la mezcla tintórea

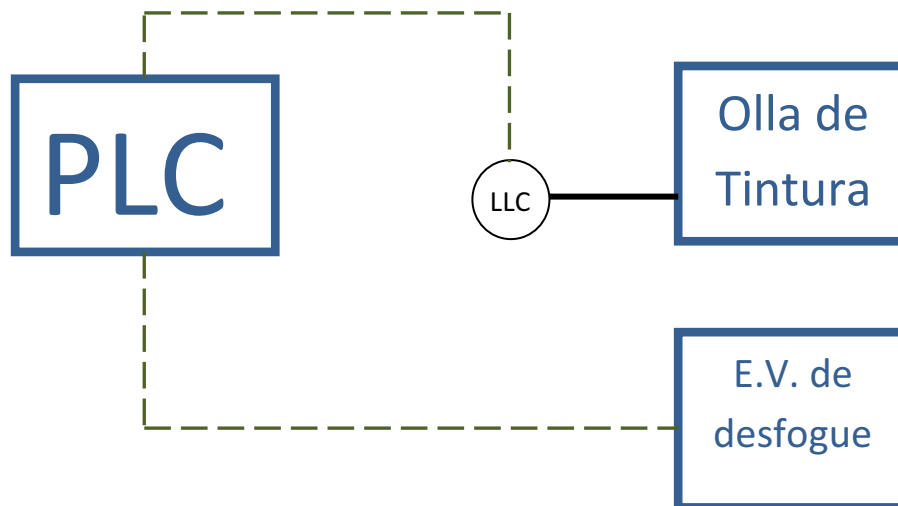


Figura 3.28 Diagrama de bloques del desfogue de la mezcla tintórea

### 3.3.3 CONTROL DE TEMPERATURA EN EL INTERIOR DE LA OLLA DE TINTURA

La medida de temperatura de la mezcla tintórea es receptada por el PLC para abrir o cerrar la válvula que permite el ingreso de vapor a la olla de tintura (Figura 3.29).

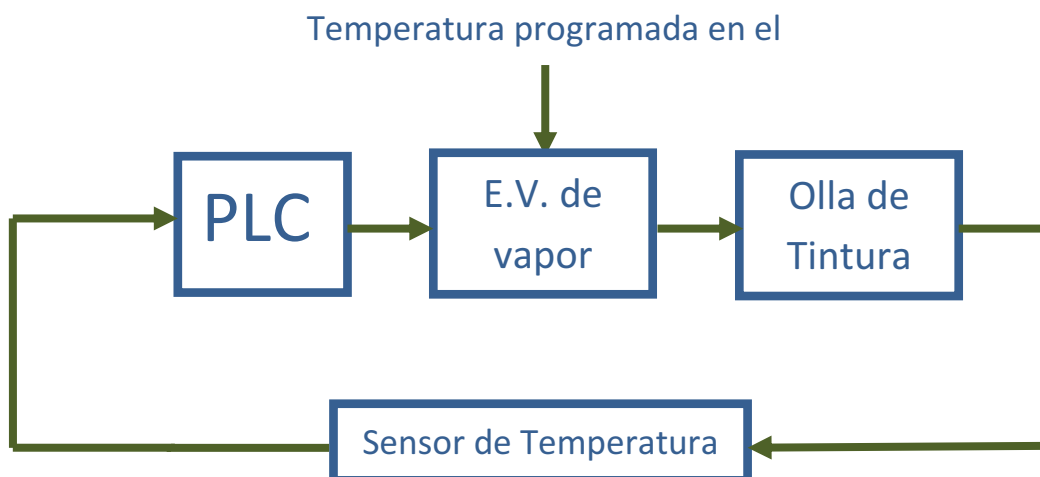


Figura 3.29. Diagrama de bloques para el control de la temperatura

### 3.4 DIAGRAMAS DE FLUJO

Para facilitar la interpretación de la programación del PLC como de la pantalla táctil, a continuación se ilustran los diagramas de flujo que gráficamente representa las subrutinas de programación.

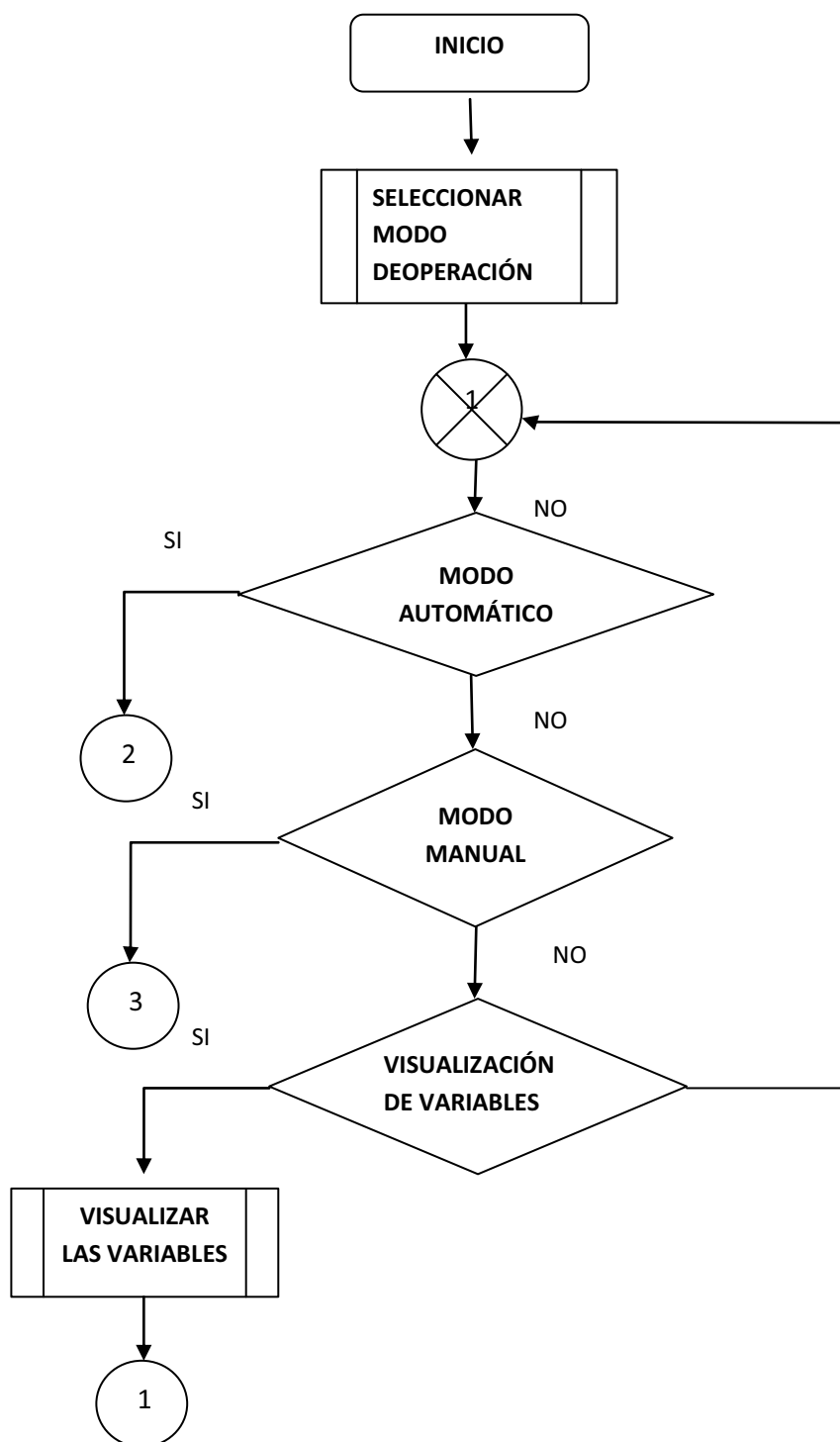


Figura 3.30a. Diagrama de flujo correspondiente al modo de operación (desde la pantalla táctil)

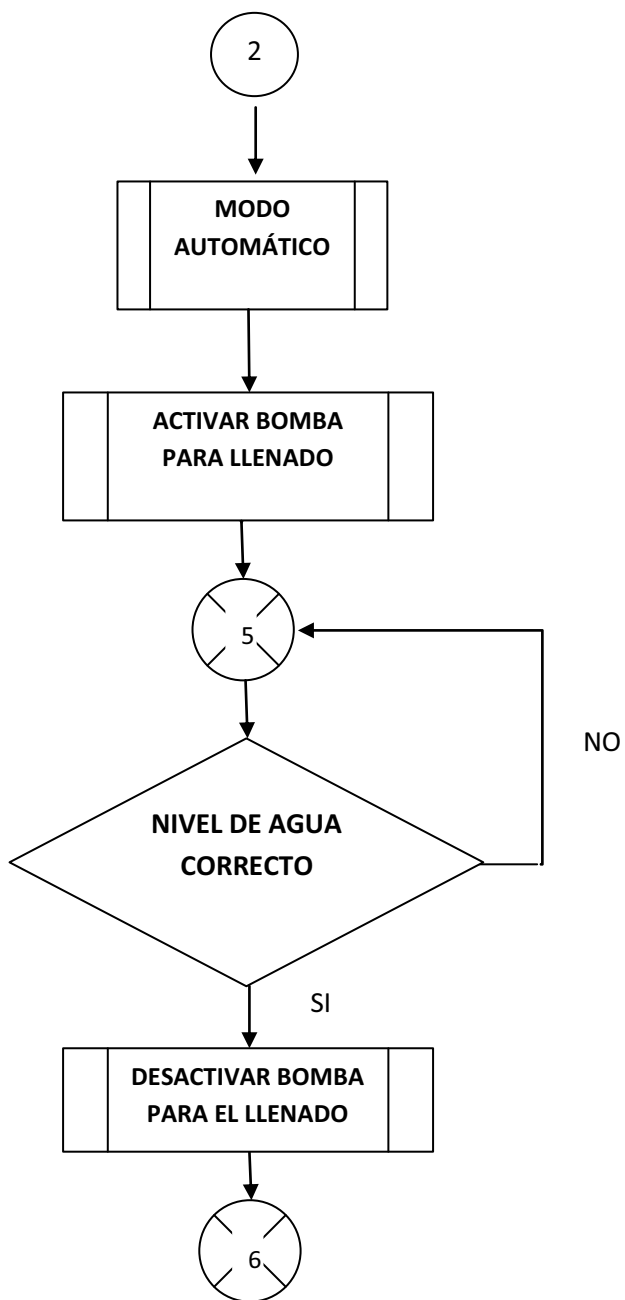


Figura 3.30b. Diagrama de flujo del modo automático



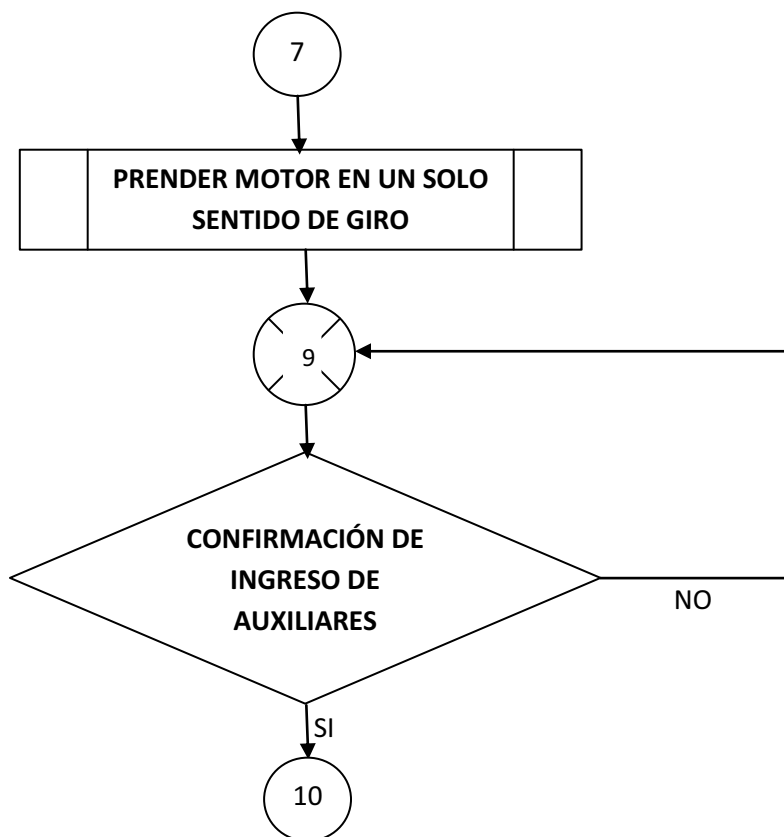
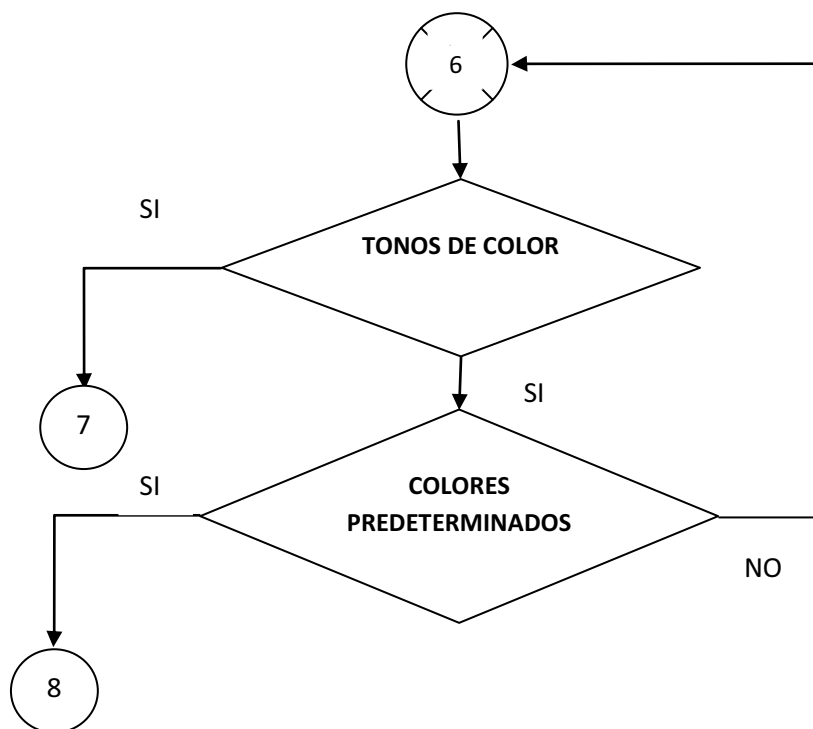


Figura 3.30c. Diagrama de flujo en modo automático (Continuación)

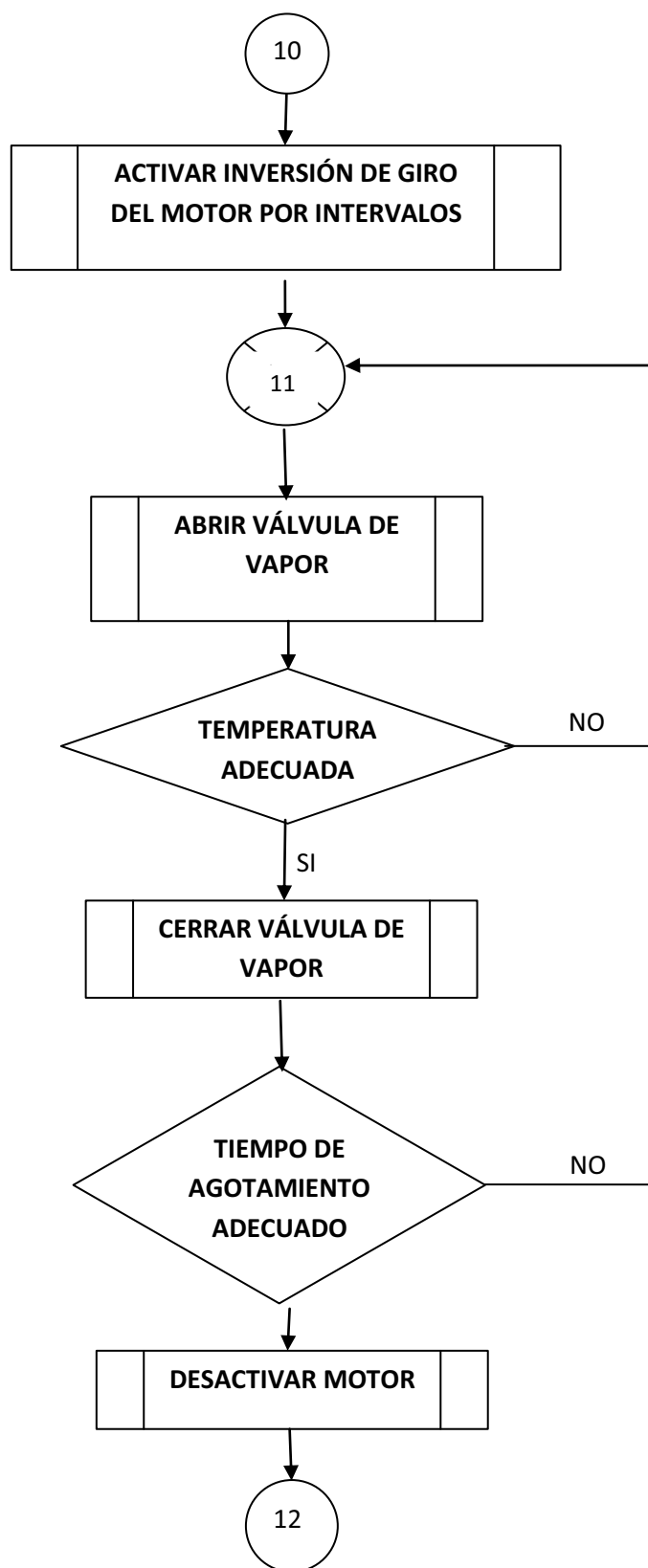


Figura 3.30d. Diagrama de flujo de modo automático (Continuación)

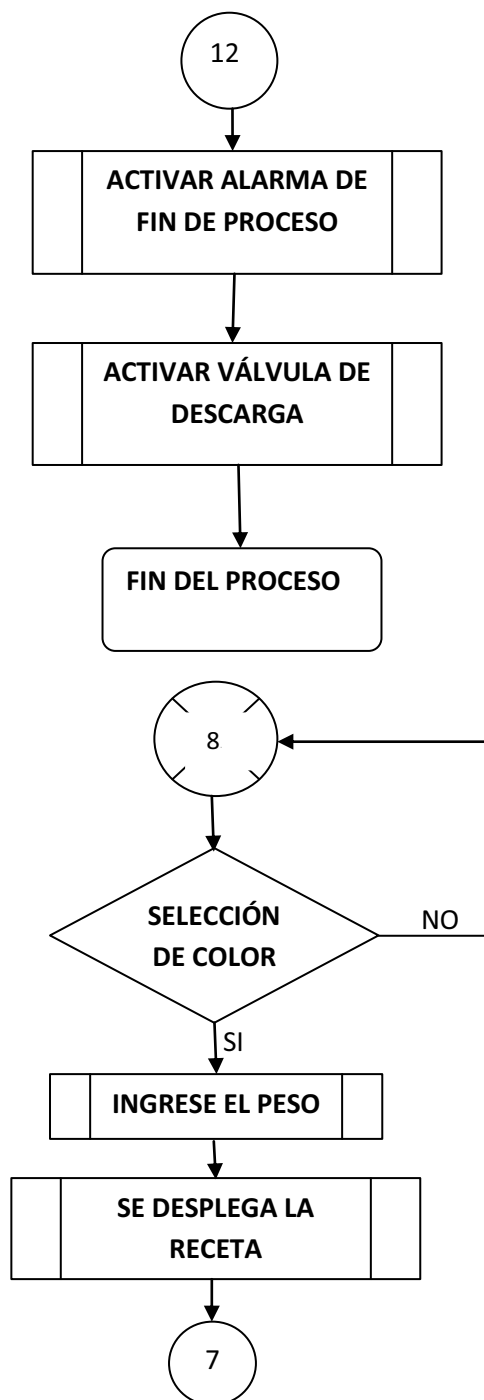


Figura 3.30e. Diagrama de flujo modo automático (Continuación)

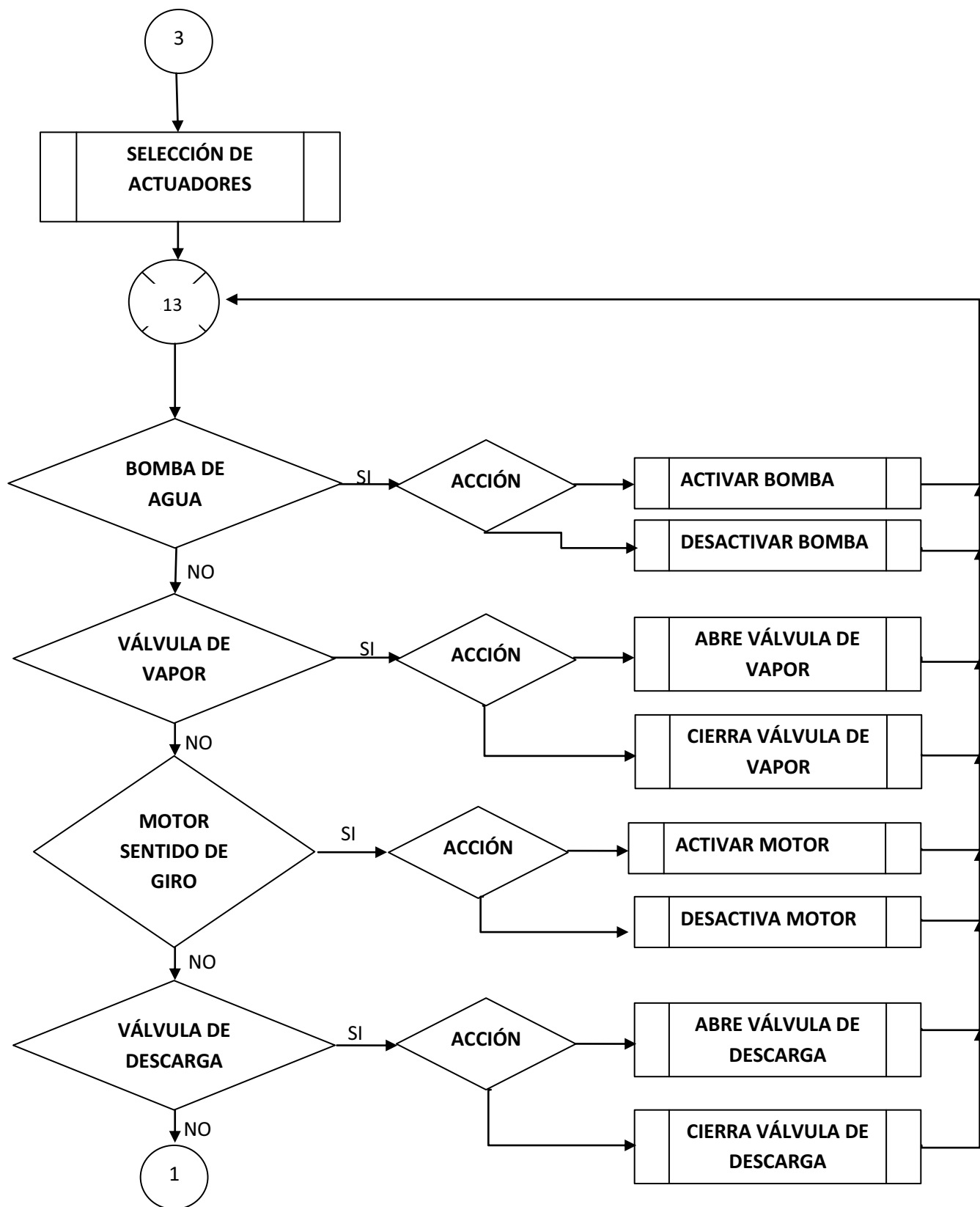


Figura 3.30f. Diagrama de flujo del modo manual

### 3.4 CONFIGURACIÓN DEL VARIADOR DE VELOCIDAD

Es necesario realizar la configuración del variador de velocidad para que éste trabaje de acuerdo a las necesidades del proceso de tintura.

La configuración del variador consiste en ajustar ciertos parámetros, como se detallan a continuación:

Primero pulsamos la tecla P que se encuentra en el BOP (panel de opciones básicas) que nos permite ingresar al modo de configuración; después, por medio de las flechas, nos desplazamos al parámetro a ajustar.

VALORES AJUSTADOS EN EL VARIADOR DE VELOCIDAD		
PARÁMETRO	Valor del parámetro	Descripción
P0003	3	Permite habilitar todos los parámetros del variador de velocidad
P0700	2	Permite realizar el control a través de las entradas digitales
P1000	3	Permite asignar una frecuencia fija para el proceso
P0701	1	Permite configurar la habilitación del variador en ON/OFF
P0702	12	Permite habilitar la inversión de giro
P1080	50	Permite fijar la frecuencia (valor en Hz)
P1120	15s	Tiempo de aceleración
P1121	15s	Tiempo de deceleración
P0304	220	Tensión nominal del motor en voltios, tomado de la placa del motor
P0305	9.3	Corriente nominal del motor en amperios, tomado de la placa del

motor		
<b>P0100</b>	1	Habilita el parámetro P0307 para el ingreso del valor de la potencia en HP a 60Hz (Norma americana)
<b>P0307</b>	3	Potencia nominal del motor en HP., tomado de la placa
<b>P0640</b>	150	Determina en % el valor máx. de salida de la corriente nominal del motor (P0305). Este parámetro se pone vía P0205 a 150 % (para par constante) y a 110 % (para par variable).

Tabla 3.1 Valores configurados en el variador de velocidad

Es necesario también identificar la rampa de aceleración y deceleración del variador de velocidad como se muestra en la figura 3.32.

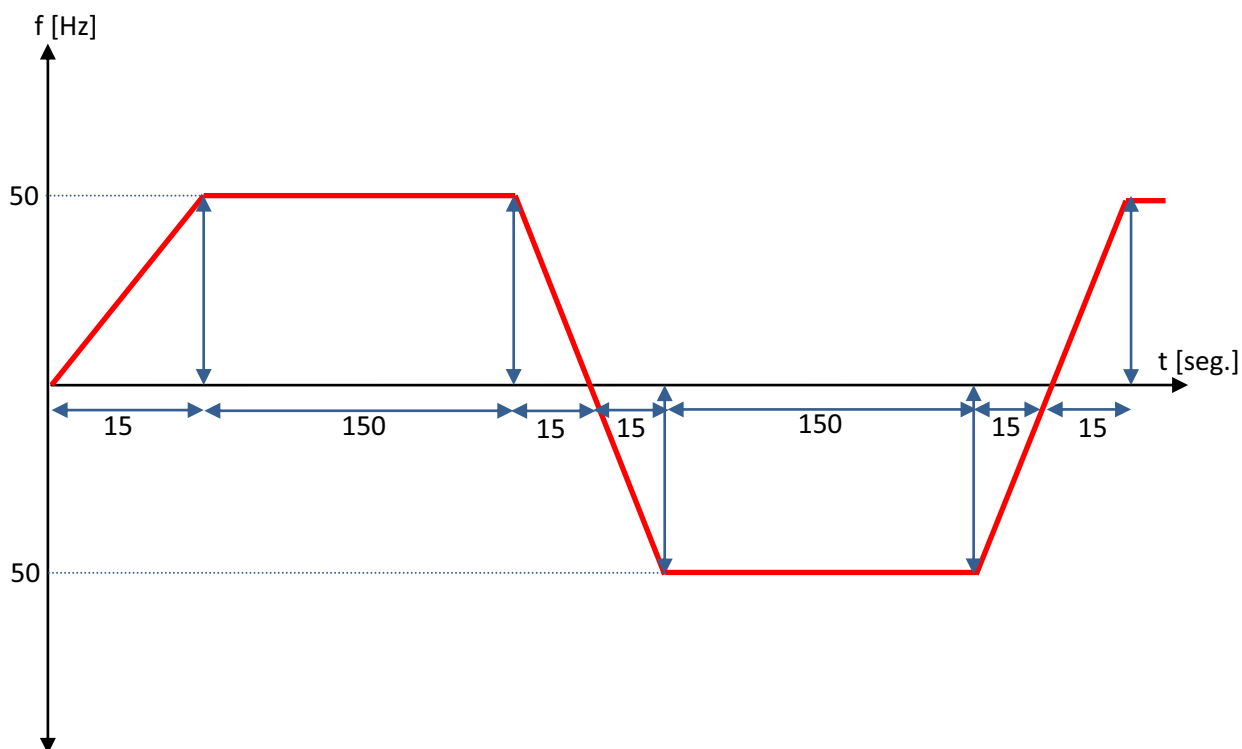


Figura 3.32. Rampa de aceleración y Deceleración del variador de velocidad

## CAPÍTULO 4

### **4. PRUEBAS Y RESULTADOS**

Con el objetivo de verificar y asegurar el correcto funcionamiento del sistema implementado se realizan las siguientes pruebas con su respectivo análisis.

#### **4.1 PRUEBAS DE VERIFICACIÓN DE LAS CONECCIONES ELÉCTRICAS**

Para revisar la conexión eléctrica de los dos gabinetes se tomó como referencia los diagramas eléctricos del ANEXO C (Lámina 1 y 4); y se verifica cada cable instalado midiendo continuidad en el mismo con todos los elementos desenergizados; así también, luego de instalar todos los dispositivos y energizar los gabinetes se comprueba que cada elemento tenga el voltaje adecuado para su correcto funcionamiento.

#### **4.2 PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DEL PLC Y ACTUADORES ELÉCTRICOS**

Luego de la configuración de los dispositivos instalados y de cargar el respectivo programa de control, se realiza una prueba simple, sin carga, para verificar el funcionamiento de los actuadores, y desde el panel de operación. La manera más sencilla de hacerlo es en el modo de operación manual (se escoge en la figura 4.1 a) ya que se puede activar o desactivar desde la pantalla táctil cada uno de los actuadores instalados (bomba, válvula de vapor, variador de velocidad, válvula para el desfogue de agua) como se observa en la figura 4.1 b.

En la figura 4.1.c se puede observar que el dispositivo seleccionado ha sido activado.

Es importante recalcar que cuando se escoge la opción DESFOGUE DE AGUA, únicamente se activa la salida Q2 del PLC ya que la válvula no fue instalada; pero si se realizó la adecuación necesaria para que ésta pueda ser instalada posteriormente, en caso de que IMBATEX lo requiera.



Figura 4.1.a. Selección modo manual    Figura 4.1.b. Activar/Desactivar dispositivo



Figura 4.1.c. Dispositivos activados

Figura 4.1 Activar o desactivar dispositivos en el modo de operación manual

Al realizar esta prueba se confirmó el correcto funcionamiento de las salidas del controlador lógico programable.

### 4.3 PRUEBA DEL SENSOR DE NIVEL

El relé para el control de nivel Warrick, está instalado con dos varillas independientes para detectar dos niveles (nivel alto, tanque lleno y, nivel bajo tanque vacío), para la prueba realizada se trabaja en el modo de operación automático y se presiona el botón “INICIAR LLENADO” (Figura 4.2.) que enciende la bomba de agua para el ingreso del agua a la olla de tintura (Figura 4.3.a).

En esta prueba se confirmó que al llenarse el tanque al nivel máximo permitido se desactiva automáticamente la bomba, aparece en la pantalla táctil “TANQUE LLENO” (Figura 4.3.b.) lo que indica que el sensor de nivel detectó correctamente



el nivel alto; además éste enciende un LED rojo incorporado en su circuitería cuando detecta un cambio de nivel.



Figura 4.2. Iniciar el llenado de agua en la olla de tintura



Figura 4.3.a. Ingreso de agua a la olla tintura. Figura 4.3.b. El sensor detecta el nivel alto

Figura 4.3. Sensor de nivel detecta que la olla de tintura está llena .

Para comprobar el nivel bajo se requiere continuar con la prueba en el modo automático, al terminar el proceso de tinturado de acuerdo a la curva de agotamiento se llega al final del proceso y se activa la salida Q2 del PLC que debería abrir la válvula de desfogue permitiendo que salga la mezcla tintórea de la olla de tintura, y que se cierre automáticamente cuando el sensor detecta el nivel bajo, como no se encuentra instalada la válvula de descarga el correcto funcionamiento del sensor se verifica al observar el estado de la salida Q2 del PLC

#### 4.4 PRUEBA DE LA VÁLVULA DE VAPOR

Para realizar esta prueba se trabajó en el modo de operación manual y al presionar en el botón INGRESAR VAPOR, por una vez, se dio lugar al ingreso de vapor a la olla de tintura abriendo la electroválvula de vapor; a su vez, en la pantalla se despliega la imagen de una válvula abierta y desaparece la luz piloto, como se muestra en la figura 4.4.

Al presionar por segunda vez el mismo botón se cierra la electroválvula de vapor mostrándonos la luz piloto nuevamente (Figura 4.1.b). Para comprobar que realmente esté ingresando el vapor requerido verificamos también que varíe la temperatura para lo cual se llenó de agua dentro de la olla de tintura y se verificó que la temperatura cambie.



Figura 4.4. Válvula de vapor activada.

#### 4.5 PRUEBAS DEL SENSOR DE TEMPERATURA

Cada tono de color tiene su respectiva curva de agotamiento, en la figura 4.5.a. se observa la curva de agotamiento para colores claros, en la figura 4.5.b se observa la curva de agotamiento para los colores medios y en la figura 4.5.c. se observa la curva de agotamiento para colores oscuros, en cada una de estas curvas se determina tanto la temperatura máxima a la que va a llegar la mezcla tintórea así como el tiempo que la mezcla tintórea debe mantenerse en esa temperatura (curva de agotamiento).

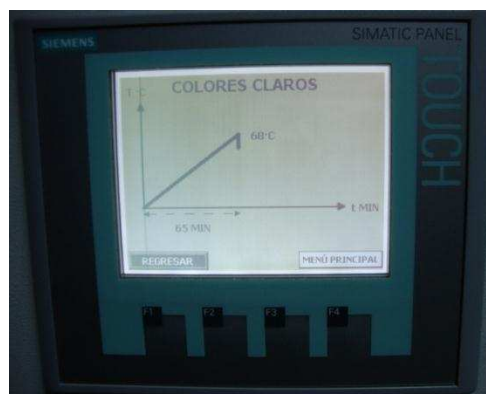


Figura 4.5.a. Curva de agotamiento para colores claros.

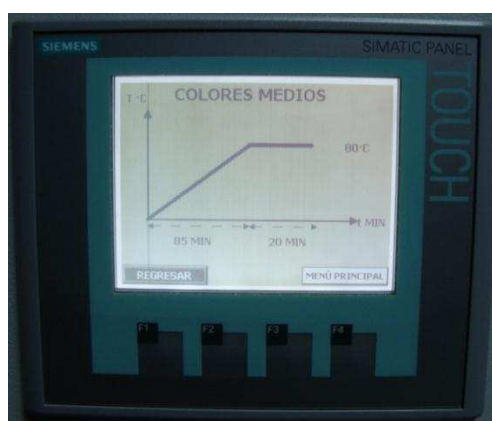


Figura 4.5.b. Curva de agotamiento para colores medios.

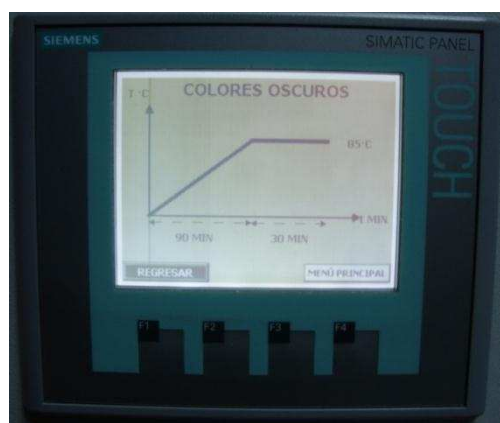


Figura 4.5.c. Curva de agotamiento para colores oscuros

Las pruebas se realizaron en cada caso tomando el tiempo en el que se demora la mezcla tintórea en llegar a determinada temperatura y la capacidad de detección y precisión del sensor para dar la señal al PLC de abrir o cerrar la válvula de vapor.

En primer lugar se comprueba el tiempo en el que la temperatura llega a su valor máximo requerido, para esto se realizan pruebas midiendo el tiempo y la temperatura de la mezcla tintórea en cada minuto, como se muestra en la tabla 4.1, y su respectiva gráfica en la figura 4.6.

<b>DATOS DE TEMPERATURA VS. TIEMPO</b>					
<b>Tiempo [min]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Tiempo [min]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Tiempo [min]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
0	20.5	31	39.2	61	57.4
1	20.7	32	40	62	58.1
2	21.3	33	40.8	63	59
3	21.9	34	41.4	64	59.6
4	22.5	35	41.7	65	59.8
5	23	36	42.2	66	60.2
6	23.7	37	43.1	67	61
7	24.5	38	43.9	68	61.9
8	25.2	39	44.6	69	62.5
9	25.7	40	44.9	70	62.8
10	26.2	41	45.4	71	63.2
11	26.9	42	46	72	63.8
12	27.7	43	46.9	73	64.7
13	28.4	44	47.1	74	65.1
14	29	45	47.6	75	65.3
15	29.4	46	48	76	65.8
16	29.9	47	48.5	77	66.7
17	31	48	49.1	78	67.6
18	31.5	49	49.9	79	68.2
19	32.2	50	50.6	80	68.5
20	32.6	51	51.3	81	68.9
21	33.1	52	52.5	82	69.9
22	33.8	53	53.1	83	71.2
23	34.6	54	53.7	84	73.1
24	35.2	55	54.1	85	74.3
25	35.6	56	54.5	86	75
26	36.2	57	55.2	87	77.1
27	37.1	58	56	88	79
28	37.7	59	56.6	89	81
29	38.3	60	57	90	84.5
30	38.6				

Tabla 4.1. Datos de temperatura vs. Tiempo.

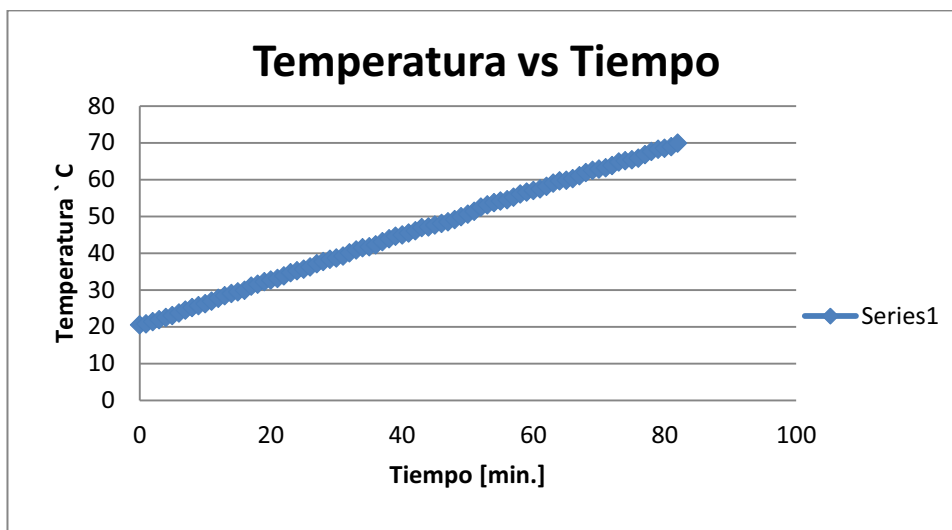


Figura 4.6. Gráfica de los datos tomados en la olla de tintura

Cada color tiene su curva de agotamiento por lo que es necesario verificar que ésta se cumpla de acuerdo al tono seleccionado.

- **Colores Claros**

Para colores claros tenemos la curva indicada en la figura 4.5a, mediante mediciones de tiempo y temperatura se comprueba que al llegar la mezcla tintórea a 68°C inmediatamente se active la alarma que indica el final del proceso, ver Tabla 4.2 y Figura 4.7.

<b>DATOS DE TEMPERATURA VS. TIEMPO PARA COLORES CLAROS</b>					
<b>Tiempo</b> <b>[min]</b>	<b>Temperatura</b> <b>[°C]</b>	<b>Tiempo</b> <b>[min]</b>	<b>Temperatura</b> <b>[°C]</b>	<b>Tiempo</b> <b>[min]</b>	<b>Temperatura</b> <b>[°C]</b>
0	20.5	27	37.1	54	53.7
1	20.7	28	37.7	55	54.1
2	21.3	29	38.3	56	54.5
3	21.9	30	38.6	57	55.2
4	22.5	31	39.2	58	56
5	23	32	40	59	56.6
6	23.7	33	40.8	60	57
7	24.5	34	41.4	61	57.4
8	25.2	35	41.7	62	58.1
9	25.7	36	42.2	63	59
10	26.2	37	43.1	64	59.6
11	26.9	38	43.9	65	59.8
12	27.7	39	44.6	66	60.2
13	28.4	40	44.9	67	61
14	29	41	45.4	68	61.9
15	29.4	42	46	69	62.5
16	29.9	43	46.9	70	62.8
17	31	44	47.1	71	63.2
18	31.5	45	47.6	72	63.8
19	32.2	46	48	73	64.7
20	32.6	47	48.5	74	65.1
21	33.1	48	49.1	75	65.3
22	33.8	49	49.9	76	65.8
23	34.6	50	50.6	77	66.7
24	35.2	51	51.3	78	67.6
25	35.6	52	52.5	79	68.2
26	36.2	53	53.1		

Tabla 4.2. Datos de temperatura vs. Tiempo para colores claros

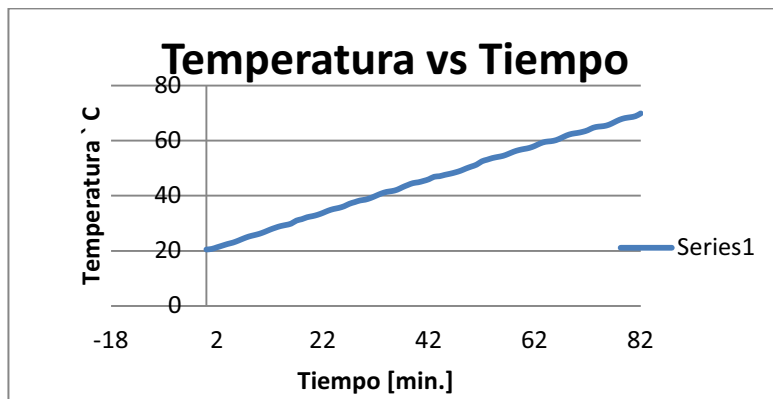


Figura 4.7. Gráfica de temperatura vs. Tiempo para colores claros

- **Colores Medios**

Para colores medios tenemos la curva indicada en la figura 4.5b, mediante mediciones de tiempo y temperatura se comprueba que al llegar la mezcla tintórea a 80°C y mantener ese valor de temperatura durante 20 minutos, se active la alarma que indica el fin del proceso, ver Tabla 4.3 y Figura 4.8.

.DATOS DE TEMPERATURA VS. TIEMPO PARA COLORES MEDIOS					
Tiempo [min]	Temperatura [°C]	Tiempo [min]	Temperatura [°C]	Tiempo [min]	Temperatura [°C]
0	20.5	32	40	64	59.6
1	20.7	33	40.8	65	59.8
2	21.3	34	41.4	66	60.2
3	21.9	35	41.7	67	61
4	22.5	36	42.2	68	61.9
5	23	37	43.1	69	62.5
6	23.7	38	43.9	70	62.8
7	24.5	39	44.6	71	63.2
8	25.2	40	44.9	72	63.8
9	25.7	41	45.4	73	64.7
10	26.2	42	46	74	65.1
11	26.9	43	46.9	75	65.3
12	27.7	44	47.1	76	65.8
13	28.4	45	47.6	77	66.7
14	29	46	48	78	67.6
15	29.4	47	48.5	79	68.2
16	29.9	48	49.1	80	68.5
17	31	49	49.9	81	68.9
18	31.5	50	50.6	82	69.9

19	32.2	51	51.3	83	71.2
20	32.6	52	52.5	84	73.1
21	33.1	53	53.1	85	74.3
22	33.8	54	53.7	86	75
23	34.6	55	54.1	87	77.1
24	35.2	56	54.5	88	79
25	35.6	57	55.2	89	80
26	36.2	58	56	90	80.5
27	37.1	59	56.6	95	80.2
28	37.7	60	57	100	79.5
29	38.3	61	57.4	110	80.1
30	38.6	62	58.1	112	20.5
31	39.2	63	59		

Tabla 4.3. Datos de temperatura vs. Tiempo para colores medios

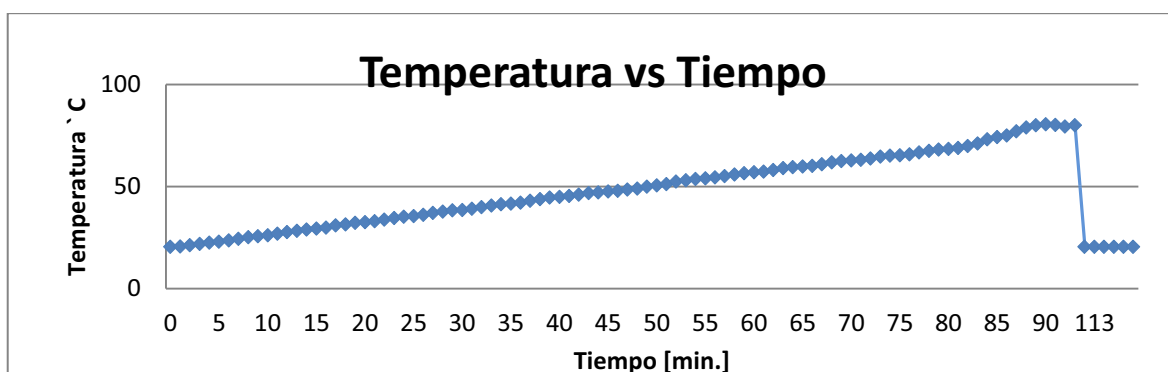


Figura 4.8. Gráfica de temperatura vs. Tiempo para colores medios

- **Colores oscuros**

Para colores oscuros tenemos la curva indicada en la figura 4.5c, mediante mediciones de tiempo y temperatura se comprueba que al llegar la mezcla tintórea a 85°C y mantener ese valor de temperatura durante 30 minutos, se active la alarma que indica el fin del proceso, ver Tabla 4.4 y Figura 4.9.



<b>DATOS DE TEMPERATURA VS. TIEMPO PARA COLORES OSCUROS</b>					
<b>Tiempo</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Temperatura</b>
<b>[min]</b>	<b>[°C]</b>	<b>[min]</b>	<b>[°C]</b>	<b>[min]</b>	<b>[°C]</b>
0	20.5	35	41.7	70	62.8
1	20.7	36	42.2	71	63.2
2	21.3	37	43.1	72	63.8
3	21.9	38	43.9	73	64.7
4	22.5	39	44.6	74	65.1
5	23	40	44.9	75	65.3
6	23.7	41	45.4	76	65.8
7	24.5	42	46	77	66.7
8	25.2	43	46.9	78	67.6
9	25.7	44	47.1	79	68.2
10	26.2	45	47.6	80	68.5
11	26.9	46	48	81	68.9
12	27.7	47	48.5	82	69.9
13	28.4	48	49.1	83	71.2
14	29	49	49.9	84	73.1
15	29.4	50	50.6	85	74.3
16	29.9	51	51.3	86	75
17	31	52	52.5	87	77.1
18	31.5	53	53.1	88	79
19	32.2	54	53.7	89	81
20	32.6	55	54.1	90	82
21	33.1	56	54.5	91	82.5
22	33.8	57	55.2	92	82.7
23	34.6	58	56	93	83.2
24	35.2	59	56.6	94	83.9
25	35.6	60	57	95	85
26	36.2	61	57.4	100	84
27	37.1	62	58.1	105	85.2
28	37.7	63	59	110	84.7
29	38.3	64	59.6	115	85
30	38.6	65	59.8	120	84.6
31	39.2	66	60.2	125	85.2
32	40	67	61	130	20.5
33	40.8	68	61.9	140	20.5
34	41.4	69	62.5	150	20.5

Tabla 4.4. Datos de temperatura vs. Tiempo para colores oscuros

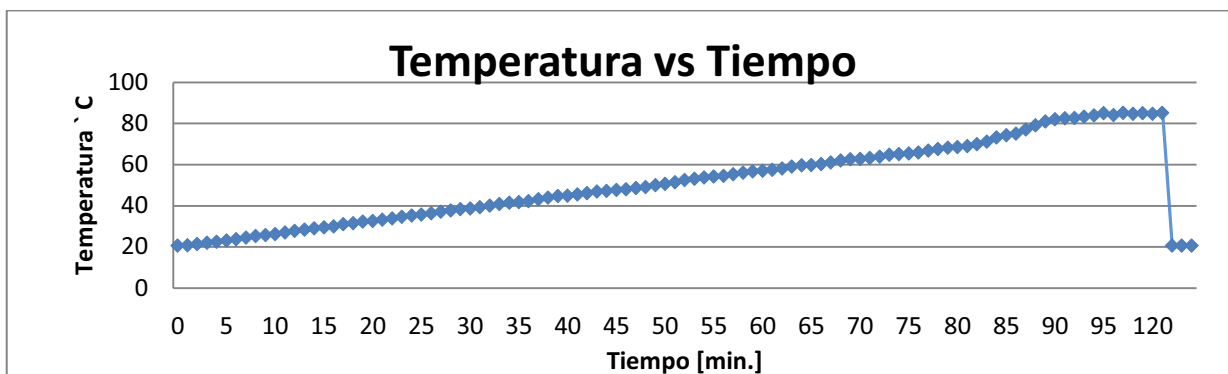


Figura 4.9. Gráfica temperatura vs. Tiempo para colores oscuros

Otra de las pruebas para comprobar la correcta operación del sensor de temperatura se la realiza al seleccionar la pestaña variables dentro de la ventana principal y mientras se trabaje en modo automático, esta ventana nos lleva a conocer el valor de la temperatura a la que se encuentra la mezcla tintórea. Figura 4.10.

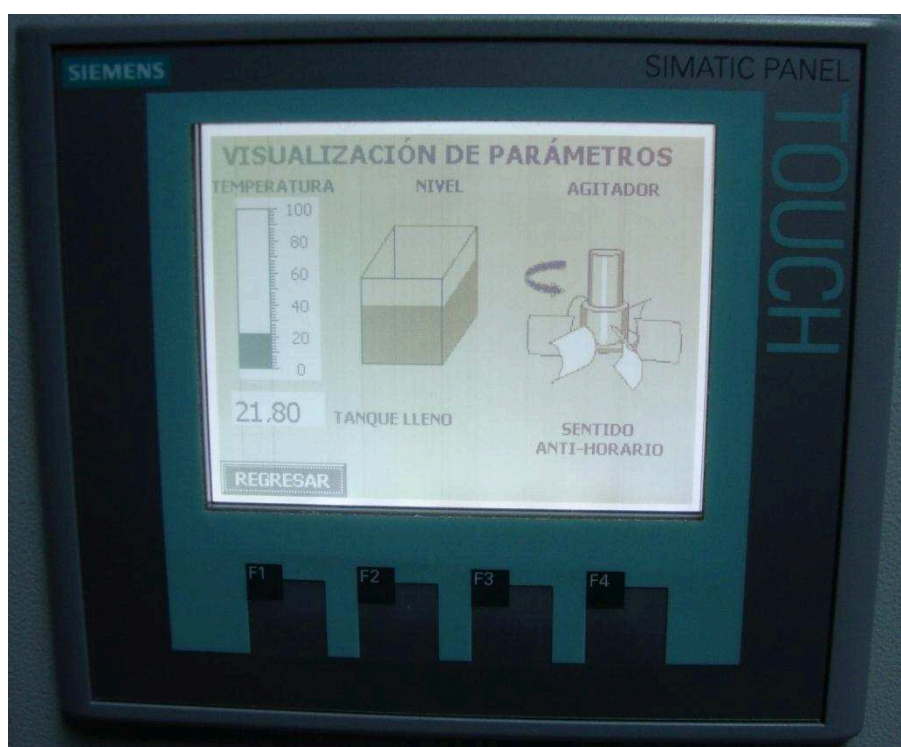


Figura 4.10 Visualización de parámetros.

#### 4.6. PRUEBA DE ALARMA DE FIN DE PROCESO

Al finalizar el proceso de tintura el operador debe retirar la materia prima (hilo de lana) ya tinturada en el momento que suene la alarma sonora de fin de proceso (Figura 4.11), es así como se probó el buen funcionamiento de la misma, ésta fue accionada automáticamente al finalizar con la tintura de los hilos de lana.

La alarma se encuentra ubicada en el gabinete del tinturador 2 en la parte inferior lateral izquierda.



Figura 4.11 Alarma acústica de fin de proceso

#### 4.7. PRUEBA DEL VARIADOR DE FRECUENCIA

Esta prueba se realiza en el modo de operación automático que está programado para activar el variador que acciona el motor que gira el agitador que se encuentra dentro de la olla de tintura, tanto en sentido horario como antihorario.

Para cada sentido de giro se tiene un tiempo de trabajo de 2.5 minutos; para el cambio de giro se tiene un tiempo de desaceleración de 15 segundos y para acelerar 15 segundos hasta la llegar a la velocidad configurada y así repetir cada ciclo. En la figura 4.12 se puede apreciar la operación del variador de frecuencia.

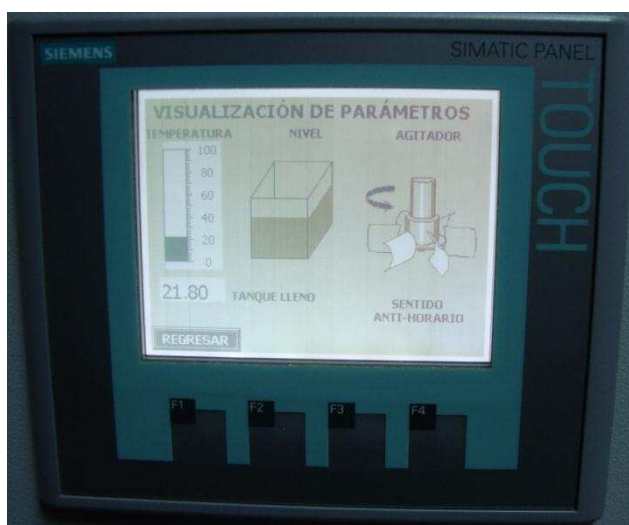


Figura 4.12. Operación del variador de frecuencia.

## 4.8. PRUEBA GENERAL DE TODO EL PROCESO

Al energizar los gabinetes 1 y 2 se selecciona el modo de operación ya sea manual o automático como se observa en la figura 4.13.



Figura 4.13. Pantalla principal del panel de control

### 4.8.1 MODO DE OPERACIÓN MANUAL

Al seleccionar el botón MANUAL en la pantalla principal de la figura 4.13, se presenta la imagen mostrada en la figura 4.14 donde se activa o desactiva el dispositivo deseado de acuerdo a la necesidad del operador.



Figura 4.14 Pantalla principal selección de modo manual

Las cuatro luces piloto aparecen en la pantalla 4.14 cuando los dispositivos mencionados se encuentran apagados, se puede regresar a la pantalla principal presionando el botón REGRESAR.

Al presionar en el botón ACTIVAR BOMBA una vez, se comprueba que se encienda la bomba de agua para el llenado de agua en la olla de tintura, y en la pantalla se presentara la imagen de una bomba de agua que indica que el actuador está funcionando, como se indica en la figura 4.15, para desactivar la bomba se presiona por segunda vez sobre el botón ACTIVAR BOMBA.



Figura 4.15. Pantalla que indica que la bomba está trabajando

Al presionar en el botón INGRESAR VAPOR una vez, se comprueba que ingresa vapor a la olla de tintura y se presenta en la pantalla la imagen de una válvula, como se indica en la figura 4.16, para impedir el ingreso de vapor se presiona por segunda vez sobre el botón INGRESAR VAPOR.



Figura 4.16. Pantalla que indica que está ingresando vapor a la olla de tintura

Al presionar en el botón ACTIVAR VARIADOR una vez, se comprueba que gire el agitador que se encuentra dentro de la olla de tintura tanto en sentido horario como antihorario, para cada sentido de giro se comprueba que tenga un tiempo de trabajo de 2.5 minutos y para el cambio de giro se comprueba que se tenga un tiempo de desaceleración de 15 segundos y para acelerar en los próximos 15 segundos hasta la llegar a la velocidad deseada, para desactivar el variador se presiona por segunda vez sobre el botón ACTIVAR VARIADOR. (Figura 4.17).



Figura 4.17 Trabajo manual del variador de frecuencia.

Al presionar en el botón DESFOGUE DE AGUA se comprueba que se activen los contactos del relé que permitirá que se encienda la válvula de desfogue y aparecerá la imagen de la figura 4.18, al presionar nuevamente dicho botón los contactos del relé vuelven a la posición normal. Es necesario recalcar que esta válvula no se encuentra instalada.



Figura 4.18. Desfogue de agua en forma manual

#### 4.8.2 MODO DE OPERACIÓN AUTOMÁTICO

Al seleccionar el modo de operación automático en la pantalla de la figura 4.13, aparece la imagen de la figura 4.19, se presiona sobre el botón INICIAR LLENADO y se verifica que ingrese el agua a la olla de tintura.



Figura 4.19. Iniciar el llenado de agua en la olla de tintura

Luego se observa en la pantalla la imagen de la olla de tintura que se está llenando de agua como se indica en la figura 4.20.



Figura 4.20. La olla de tintura se está llenando de agua.

Cuando la olla de tintura se llena hasta el nivel deseado, se comprueba que el sensor de nivel detecte el nivel alto (TANQUE LLENO), e indique al PLC que debe desactivar la bomba. Figura 4.21.



Figura 4.21. Olla de tintura llena de agua.

En la figura 4.21 se observa que se pide el ingreso de la materia prima, en este caso el operador tiene que ingresar la materia prima y pulsar el botón CONTINUAR y comprobamos que pase a la imagen de la figura 4.22, donde se selecciona en primer lugar el tono del color a tinturar (claros, medios, oscuros), y para el ejemplo el material LANA.

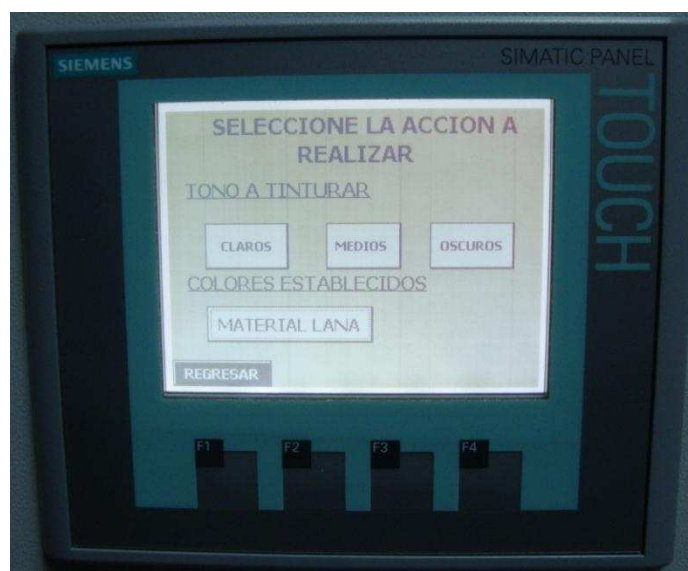


Figura 4.22. Selección del tono a tinturar.

#### 4.8.2.1 Colores claros

Al presionar el botón CLAROS se comprueba que se activa el motor trifásico en un solo sentido de giro y la pantalla de la figura 4.23, donde se pide CONFIRMAR



cuando ya se haya ingresado todos los auxiliares o aditivos químicos, ó se puede ver la curva de temperatura del tono claros.

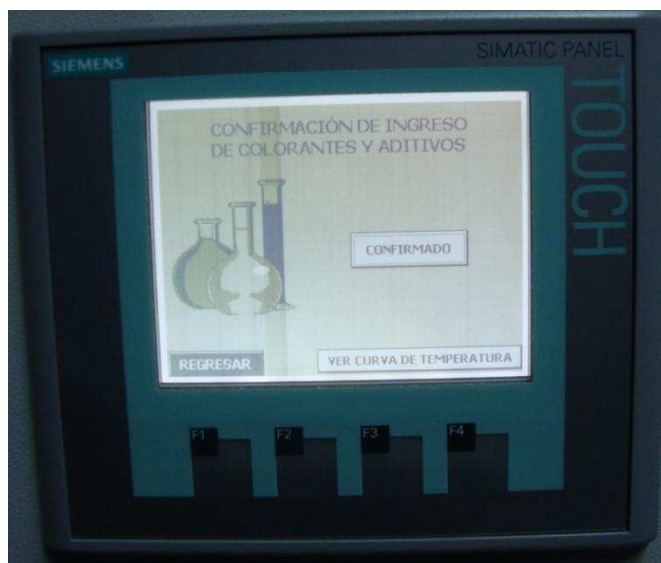


Figura 4.23. Imagen para confirmar que se han ingresado todos los auxiliares químicos requeridos y para ver la curva de temperatura del tono claro.

Cuando se presiona CONFIRMAR, se activa la electroválvula de vapor para permitir el ingreso de vapor a la olla de tintura, el variador de frecuencia permite que el motor gire tanto en sentido horario como anti horario, hasta cumplir con la curva de agotamiento de colores claros mostrada en la figura 4.24.

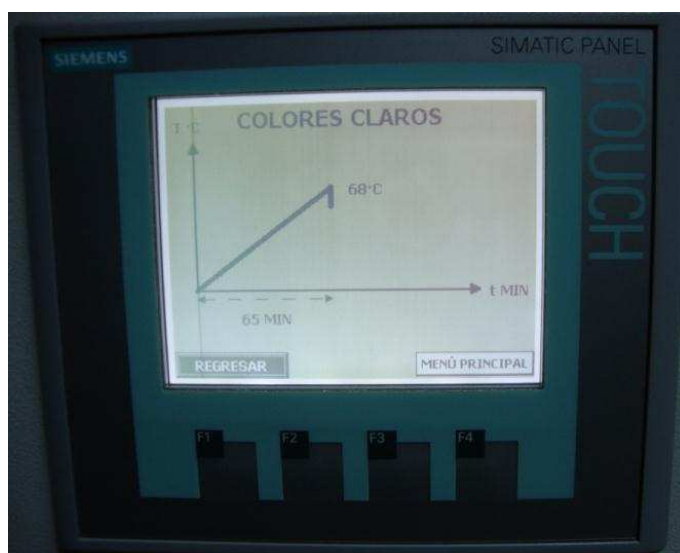


Figura 4.24. Curva de agotamiento para colores claros.

Luego de transcurrido el tiempo indicado en la figura 4.22, suena la alarma de fin de proceso, el motor se desactiva y el operador abre la válvula manual para el desfogue de la mezcla y retira la lana tinturada.

#### 4.8.2.2 Colores medios

En el modo automático y tomando como base la figura 4.22 seleccionamos en éste caso el tono MEDIOS, se comprueba que el motor se activa en un solo sentido y que aparezca la pantalla que permite confirmar que el operador ya ha ingresado de todos los auxiliares químicos ó ver la curva que caracteriza a los colores medios. Figura 4.25.

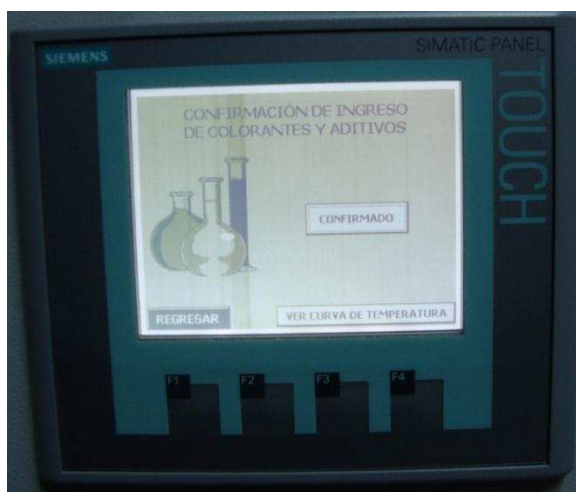


Figura 4.25. Imagen para confirmar que se han ingresado todos los auxiliares químicos requeridos y para ver la curva de temperatura de los tonos medios.

Al presionar el botón CONFIRMADO se pudo verificar que empieza a ingresar vapor dentro de la olla de tintura (electroválvula activada), el motor gira en sentido horario y anti horario a partir de éste instante.

Se comprueba además que el botón VER CURVA DE TEMPERATURA, indique al operador la curva de agotamiento que va a determinar la duración y valores de temperatura del proceso. Figura 4.26.

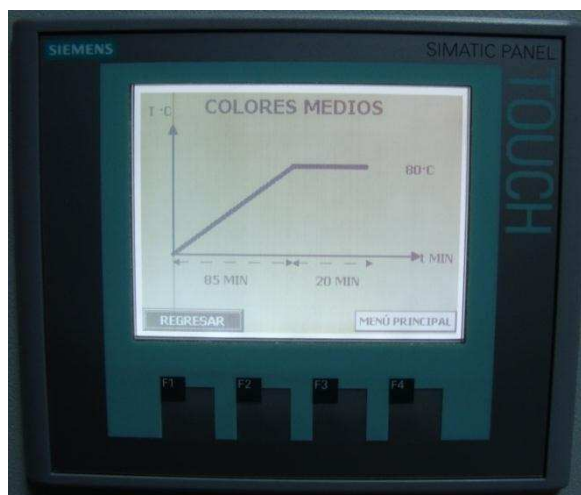


Figura 4.26. Curva de agotamiento para colores medios

Al cumplir con el tiempo y condiciones indicadas en la figura 4.28., se verificó que suena una alarma, el motor se desactive y el operador abre la válvula manual para el desfogue de la mezcla y retira la lana tinturada.

#### 4.8.2.3 Colores Oscuros

En el modo automático y tomando como base la figura 4.24 seleccionamos en éste caso el tono OSCUROS, se comprueba que el motor se activa en un solo sentido y que aparezca la pantalla que permite confirmar que el operador ya ha ingresado de todos los auxiliares químicos ó ver la curva que caracteriza a los colores medios. Figura 4.27.

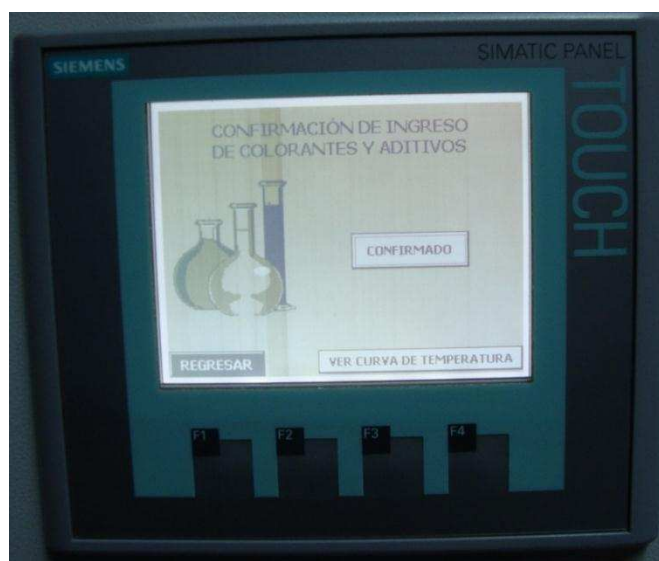


Figura 4.27. Imagen para confirmar que se ha ingresado todos los auxiliares químicos requeridos y para ver la curva de temperatura de los tonos oscuros

Al presionar el botón CONFIRMADO se pudo verificar que empieza a ingresar vapor dentro de la olla de tintura (electroválvula activada), el motor gira en sentido horario y anti horario a partir de éste instante.

Se comprueba además que el botón VER CURVA DE TEMPERATURA, indique al operador la curva de agotamiento que va a determinar la duración y valores de temperatura del proceso. Figura 4.28.

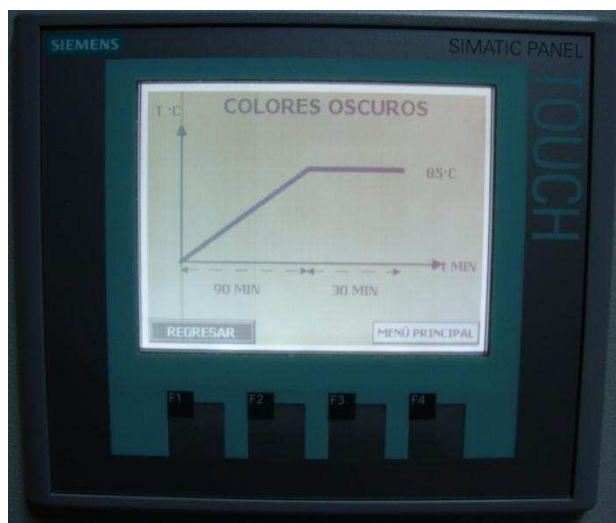


Figura 4.28. Curva de agotamiento para colores oscuros.

Al cumplir con el tiempo y condiciones indicadas en la figura 4.28, se verificó que suena una alarma, el motor se para completamente y el operador abre la válvula manual para el desfogue de la mezcla tintórea y retira las fibras de hilo de lana tinturada.

#### 4.8.2.4 Colores Establecidos

Se comprueba que durante ésta acción se le permita al operador seleccionar uno de los colores establecidos y que a su vez presenta la receta del color seleccionado, permitiendo la continuación del proceso.

##### 4.8.2.4.1 Selección de un color establecido

En la figura 4.29 se muestran los tres colores establecidos como son Tocte, Marfil, Cereza.



Figura 4.29. Selección del color a tinturar

- **Prueba con el color Tocte para lana**

Al seleccionar el color tocte en la imagen mostrada en la figura 4.29, en donde se pudo ingresar el peso de la materia prima (Figura 4.30) que va a ser tinturada.



Figura 4.30. Ingreso del peso del material a tinturar

Para continuar con la prueba se presiona sobre el botón CONTINUAR y se observó la imagen de la figura 4.31 donde se indica al operador la cantidad de auxiliares químicos y colorantes que él debe colorar dentro de la olla de tintura.



Figura 4.31. Receta lana color Tocte

Al presionar sobre el botón CONTINUAR se comprueba que se activa el motor trifásico en un solo sentido de giro y que aparezca la pantalla de confirmación de ingreso de colorantes y aditivos como se indica en la figura 4.32.

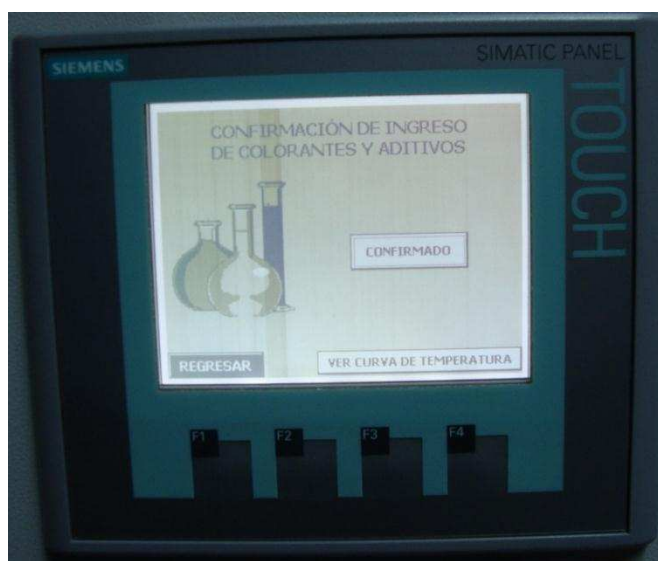


Figura 4.32. Confirmación del ingreso de auxiliares químicos y colorantes por parte del operador

Además se verifica que al presionar sobre el botón CONFIRMADO se active la electroválvula que permite el ingreso de vapor a la olla de tintura y que el motor trifásico gire en los dos sentidos hasta concluir con el tinturado.

El color tocte está clasificado como un color medio por lo que se comprueba que aparezca la curva de agotamiento para colores medios al presionar sobre dicho botón y que el proceso se cumpla como se indica en dicha curva.

#### 4.8.2.5 Verificación de la visualización de ciertos parámetros en el modo de operación Automático.

Al seleccionar VARIABLES en la pantalla principal y durante la operación en modo automático, se comprobó que se pueda ver estado de las variables indicadas en la (Figura 4.33)

- Temperatura de la mezcla tintórea
- Nivel de agua
- Sentido de giro del motor AC



Figura 4.33 Visualización de parámetros

---

## CÁPITULO 5

---

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- Con la implementación del sistema de control en el tinturador 2 de la empresa textil IMBATEX, disminuye pérdidas en la producción, mejora la calidad en los acabados y de esta manera incrementa volumen de producción.
- La implementación de una interfaz hombre máquina, amigable con el usuario, facilita la labor del operador.
- El uso del módulo de señal LM 1231 facilitó la conexión directa del sensor de temperatura al PLC, además se logró una buena precisión de temperatura, parámetro que es fundamental en el proceso de tintura.
- El movimiento de la mezcla tintórea dentro de la olla de tintura permite que los colores y auxiliares de color se adhieran en forma homogénea a los hilos de lana, por esta razón es indispensable mantener los tiempos de giro del agitador controlados para evitar posibles manchas en los hilos de lana.
- El nivel de temperatura y el tiempo de agotamiento al que se debe mantener los hilos de lana son importantes en la definición del tono y color deseado; de ahí la necesidad de controlar la variable temperatura y tiempo con mayor exactitud.
- El variador de velocidad facilitó adaptar la tensión bifásica de la red eléctrica disponible en Imbatex a la trifásica requerida para el accionamiento, inversión de giro y temporización del motor trifásico.
- Por los resultados logrados en las pruebas de funcionamiento, consideramos que los objetivos del proyecto se han cumplido a cabalidad.



## 5.2 RECOMENDACIONES

- Para mejorar el proceso de tintura se recomienda instalar un serpentín para la circulación de vapor, a fin de evitar que éste ingrese y esté en contacto directo con la mezcla tintórea y a la vez se pueda realizar la recirculación de dicho vapor.
- Para alcanzar la temperatura adecuada y mantenerla durante el tiempo requerido se debe instalar una tapa parasellar adecuadamente la olla de tintura, de esta manera se ahorraría en generación de vapor.
- Realizar mantenimiento preventivo periódico al sistema para evitar inconvenientes en el correcto funcionamiento ya que el ambiente de trabajo es húmedo.
- Reemplazar la válvula manual de desfogue de la mezcla tintórea lo más pronto posible para que la implementación del control funcione al 100%.
- Finalmente, se recomienda promover más este tipo de proyectos que, además de permitirnos como estudiantes aplicar nuestros conocimientos en beneficio del desarrollo de la pequeña industria del país, nos nutre de una real experiencia práctica.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- [1] [http://www.redtextilgentina.com.ar/index.php?option=com\\_content&view](http://www.redtextilgentina.com.ar/index.php?option=com_content&view)
- [2] PILLAJO TACO, Cesar Oswaldo; PRADO FUSTILLOS, Carlos Alberto.  
Monitoreo del proceso de tintura de poliéster y nylon.
- [3] <http://tinturadefibrastextiles.blogspot.com/>
- [4] <http://tinturadefibrastextiles.blogspot.com/>
- [5] <http://www.edym.com/CD-tex/2p/tintura/cap14.htm>
- [6] <http://www.conocimientotextil.com/2010/04/tenido-dhilos.html>
- [7] <http://es.wikipedia.org/wiki/Lana>
- [8] <http://es.wikipedia.org/wiki/Lana>
- [9] <http://elcodis.com/parts/2468479/16MB1A0.html>
- [10] [http://solucionesdobin.com/index2.php?option=com\\_content&do\\_pdf=1&id=40](http://solucionesdobin.com/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=40)
- [11] \VALVULAS\Electroválvula - Wikipedia, la enciclopedia libre.htm
- [12] <http://neumatica-es.timmer-pneumatik.de/artikel/V1-Magnetventile/v1-magnetventile-5.html>
- [13] <http://www.cubriberica.es/como-se-que-bomba-para-agua-utilizar/>
- [14] [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)
- [15] S71200\_system\_manual\_es-ES\_es-ES: Catálogo SIEMENS
- [16] <http://support.automation.siemens.com>
- [17] file:///F:/controlador%20de%20temperatura.htm
- [18] file:///F:/controlador%20de%20temperatura.htm
- [19] S71200-GETTINGSTARTER.PDF: Catálogo SIEMENS

*PLANOS*

---

---