



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA**

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**AUTORES: ARROBA VILLACÍS PATRICIO JAVIER
LÓPEZ CEVALLOS JUAN CARLOS**

**TEMA: REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA
DE TINTURADO DE TELA POLIALGODÓN CON HMI Y
VISIÓN ARTIFICIAL PARA LA EMPRESA M&B TEXTILES**

**DIRECTOR: ING. GALARZA EDDIE.
CODIRECTOR: ING. MANJARRÉS FÉLIX.**

LATACUNGA, FEBRERO 2015

**UNIVERSIDAD DE LA FUERZAS ARMADAS – ESPE
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

CERTIFICADO

ING. GALARZA EDDIE. (DIRECTOR)
ING. MANJARRÉS FÉLIX. (CODIRECTOR)

CERTIFICAN:

Que el trabajo titulado “**REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TINTURADO DE TELA POLIALGODÓN CON HMI Y VISIÓN ARTIFICIAL PARA LA EMPRESA M&B TEXTILES**”, realizado por los señores: ARROBA VILLACÍS PATRICIO JAVIER Y LÓPEZ CEVALLOS JUAN CARLOS , ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.

Debido a que constituye un trabajo con alto contenido científico, que aportará al desarrollo profesional y educativo si aprobamos su publicación.

Latacunga, Febrero del 2015.

ING. GALARZA EDDIE
DIRECTOR

ING. MANJARRÉS FÉLIX
CODIRECTOR

UNIVERSIDAD DE LA FUERZAS ARMADAS – ESPE

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

ARROBA VILLACÍS PATRICIO JAVIER

LÓPEZ CEVALLOS JUAN CARLOS

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado **“REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TINTURADO DE TELA POLIALGODÓN CON HMI Y VISIÓN ARTIFICIAL PARA LA EMPRESA M&B TEXTILES”**, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan el pie de las páginas correspondiente, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Febrero del 2015.

Arroba Villacís Patricio Javier

CC: 180460776-8

López Cevallos Juan Carlos

CC: 180450717-4

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE**CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA****AUTORIZACIÓN**

NOSOTROS: ARROBA VILLACÍS PATRICIO JAVIER

LÓPEZ CEVALLOS JUAN CARLOS

Autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, la publicación en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo titulado **“REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TINTURADO DE TELA POLIALGODÓN CON HMI Y VISIÓN ARTIFICIAL PARA LA EMPRESA M&B TEXTILES”** cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Febrero del 2015.

Arroba Villacís Patricio Javier

CC: 180460776-8

López Cevallos Juan Carlos

CC: 180450717-4

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a Dios y mi abuelita María quienes desde el cielo guían mi camino. A mis padres Enma y Celiano, pilares fundamentales en mi vida, con mucho amor y cariño, les dedico todo mi esfuerzo, en reconocimiento a todo el sacrificio puesto para que yo pudiera estudiar y siendo mí apoyo en todo momento. A Mariela mi querida hermana por ser mi compañía, mi fuerza y llenar de alegría cada día de mi vida. A mi abuelito Misael por transmitirme las enseñanzas necesarias para poder superar cualquier obstáculo que tuviera en la vida. A mi tío German por el apoyo brindado a lo largo de mi carrera. Es por todos ellos que soy lo que soy ahora.

Arroba Villacís Patricio Javier

A mis padres Mario y Blanca quienes juntos han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles.

A mis hermanos que siempre han estado junto a mí brindándome su apoyo Mario y Sandra.

A mis abuelitos que desde el cielo están muy felices Carmelina, Hilda, Gonzalo y Misael.

A mi esposa Ana estoy feliz de haber unido nuestras vidas. Siempre fui feliz contigo, no olvides que nunca dejaré de amarte.

A mis tres grandes inventos Paula, Karla y Sofía, por ser mi fuente de motivación e inspiración.

López Cevallos Juan Carlos

AGRADECIMIENTO

A todas las personas que participaron e hicieron posible este proyecto, en especial a todo el personal de M&B TEXTILES muchas gracias por su apoyo y enseñanza:

López Mario y Cevallos Blanca, directivos M&B TEXTILES,
Ing. Galarza Eddy e Ing. Manjarrez Félix, directores de tesis,
Ing. Hallo Vicente, Ing. Terán Héctor e Ing. Quirós José, departamento
energía y mecánica
Cusangua Juan Carlos, colaborador externo,
López Eduardo, colaborador externo,
Manotoa Segundo, colaborador M&B TEXTILES,
Sin ustedes no hubiera sido posible...

Gracias por apoyar nuestra idea y permitirnos la realización de esta tesis.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
CERTIFICADO.....	ii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
PRESENTACIÓN.....	xix
CAPÍTULO I.....	1
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1. MÉTODOS DE TINTURA.....	1
1.2. MÁQUINAS DE TINTURA POR AGOTAMIENTO.....	1
1.2.1. MÁQUINAS DE TINTURA TIPO I	2
A) AUTOCLAVES.....	2
1.2.2. MÁQUINAS DE TINTURA TIPO II	3
A) TINTURA EN TORNIQUETE.....	3
B) TINTURA EN JIGGER.....	4
1.1.3. MÁQUINAS DE TINTURA TIPO II	5
A) TINTURA EN JET.....	5
B) TINTURA EN MÁQUINA MEZZERA.....	6
1.3 TINTURA	7
1.3.1 PRINCIPIOS GENERALES DE LA TINTURA.....	7
1.3.2 MATERIA PRIMA EMPLEADA EN LOS PROCESOS DE TINTURA.....	8

1.3.3	PROCESOS DE TINTURA	8
A)	TINTURA DISCONTINUA	8
A.1)	TINTURA DE LAS FIBRAS DE ALGODÓN.....	9
A.1.1)	COLORANTES REACTIVOS	9
A.1.2)	COLORANTES DIRECTOS	10
A1.3)	COLORANTES DE TINA.....	10
A.1.4)	COLORANTES SULFUROSOS	10
A.1.5)	COLORANTES AZOICOS.....	10
B)	TINTURA DE FIBRAS DE POLIÉSTER	11
B.1)	COLORANTES DISPERSOS.....	11
1.3.6	TINTURA DE MEZCLA DE FIBRAS.....	11
A)	MEZCLA DE POLIÉSTER Y CELULOSA.....	12
B)	MEZCLA DE POLIÉSTER Y LANA	12
1.3.7	PROCESO DE TEÑIDO DE MEZCLAS ALGODÓN/POLIÉSTER POR AGOTAMIENTO EN UN BAÑO Y DOS FASES.....	13
A)	TEÑIDO DEL POLIÉSTER.....	13
A.1)	DESCRUDADO DE POLIÉSTER.....	13
A.2)	TINTURA CON COLORANTES DISPERSOS.....	13
B)	TEÑIDO DEL ALGODÓN.	14
B.1)	DESCRUDADO DE ALGODÓN.	14
B.2)	TINTURA CON COLORANTES REACTIVOS.....	14
1.4	EL COLOR.....	15
1.4.1	CONCEPTO DE COLOR.....	17
1.4.2	ESTUDIO DEL COLOR	17
1.4.3	SÍNTESIS ADITIVA. (COLOR LUZ)	17
1.4.4	SÍNTESIS SUSTRATIVA. (COLOR PIGMENTO).....	19
1.4.6	SISTEMAS DE COLOR	20

A)	SISTEMA DE COLOR MÜNSELL	20
B)	DIAGRAMAS DE CROMATICIDAD CIE.....	21
C)	EL MODELO RGB.....	22
1.4.7	ATRIBUTOS DEL COLOR	22
A)	TONO O MATIZ.....	22
B)	BRILLO O LUMINOSIDAD	23
C)	SATURACIÓN O INTENSIDAD.....	23
1.5	CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE.....	24
1.5.1	PLC SIEMENS S7-1200	25
1.6	INTERFAZ HUMANO MÁQUINA	26
1.6.1	INTRODUCCIÓN	26
1.6.2	TIPOS DE HMI.....	27
A)	FUNCIONES DE UN SOFTWARE HMI	28
1.6.3	TAREAS DE UN SOFTWARE DE SUPERVISIÓN Y CONTROL....	28
1.6.4	SOFTWARE DE SUPERVISIÓN Y CONTROL PASCALSCADA....	29
1.7	SOFTWARE DE VISIÓN ARTIFICIAL.....	30
CAPÍTULO II.....		32
2.	DISEÑO Y SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS.....	32
2.1.	DISEÑO DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA.....	32
2.1.1	DISEÑO DEL SOPORTE DE LA BANDA TRANSPORTADORA DE TELA.....	34
2.1.2	DISEÑO DE SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE LA BANDA TRANSPORTADORA DE TELA.....	36
2.1.3	ESPECIFICACIÓN FACTOR DE SERVICIO.....	39
2.1.4	SELECCIÓN DEL TIPO DE CADENA	39
2.1.5	CÁLCULO DE LA LONGITUD DE LA CADENA Y DISEÑO DE CATALINAS.....	41

2.1.6	COMPROBACIÓN DE LA VELOCIDAD LINEAL.....	44
2.1.7	COMPROBACIÓN DEL ESFUERZO TOTAL SOPORTADO POR LA CADENA.....	45
2.2.	DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO.....	48
2.2.1	SELECCIÓN DEL AUTÓMATA DE CONTROL.....	48
A)	SIGNAL BOARD AQ.....	50
B)	SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN.....	51
2.2.2	SELECCIÓN DE SENSORES, RELÉS DE CONTROL Y TRANSDUCTORES.....	51
A)	SENSOR DE TEMPERATURA.....	51
B)	RELÉ DE NIVEL.....	52
C)	TRANSDUCTOR DE RESISTENCIA A CORRIENTE.....	53
D)	TRANSDUCTOR DE CORRIENTE A PRESIÓN.....	54
E)	SENSOR DE ADQUISICIÓN DE IMAGEN.....	55
2.2.3	SELECCIÓN DEL VARIADOR DE FRECUENCIA.....	56
2.3.	SELECCIÓN DE SOFTWARE DEL HMI.....	56
2.3.1	SELECCIÓN LAZARUS PASCAL.....	56
2.3.2	SELECCIÓN PASCALSCADA.....	57
2.4	SELECCIÓN DE SOFTWARE DE VISIÓN ARTIFICIAL.....	58
2.4.1	SELECCIÓN QT CREATOR.....	58
2.4.1	SELECCIÓN OPENCV.....	58
	CAPÍTULO III.....	59
3.	CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN.....	59
3.1	CONSTRUCCIÓN DEL TABLERO DE CONTROL ELÉCTRICO... 59	59
3.1.1	INSTALACIÓN DE COMPONENTES.....	59
3.1.2	ALIMENTACIÓN PRINCIPAL.....	60
A)	ALIMENTACIÓN DEL TABLERO DE CONTROL ELÉCTRICO.....	60

B)	ALIMENTACIÓN DE COMPONENTES.....	61
3.1.3	SISTEMA NEUMÁTICO.....	61
A)	SISTEMA NEUMÁTICO JET.....	62
3.1.4	MONTAJE DEL TABLERO DE CONTROL.....	63
3.1.5	MANDO PRINCIPAL DE CONTROL.....	64
3.1.6	MANDO A PIE DE MÁQUINA.....	65
3.1.7	PROGRAMACIÓN PLC SIEMENS CPU 1214C.....	67
A)	PROGRAMACIÓN MULTI-INSTANCIA PARA BOTONERAS DE VÁVULAS.....	67
B)	ESCALAMIENTO DE TEMPERATURA.....	70
C)	PROGRAMACIÓN PID PARA EL CONTROL DE TEMPERATURA	70
3.2	DESARROLLO DEL HMI.....	71
3.2.1	LAZARUS PASCAL.....	71
3.2.2	PASCALSCADA.....	72
3.2.3	COMUNICACIONES.....	72
3.2.4	DISEÑO DE LA INTERFAZ HMI.....	73
3.2.5	PROGRAMACIÓN DEL HMI DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD DE TELA.....	74
A)	QT CREATOR.....	74
B)	OPENCV.....	75
3.2.6	HMI ENTORNO FINAL.....	78
3.3	CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO.....	79
3.3.3	CURSOGRAMA SINÓPTICO DE LA CONSTRUCCIÓN.....	81
3.3.4	CURSOGRAMA DE MONTAJE.....	83
3.3.5	CONSTRUCCIÓN DE LA BASE PRINCIPAL.....	84
3.3.6	SOLDADURA DE LA VIGA DE APOYO PARA COMPONENTES.	86
3.3.7	UNIÓN DE LA BASE IZQUIERDA Y DERECHA.....	86

3.3.8	ENSAMBLAJE DE LAS PARTES MECÁNICAS	87
3.3.9	ENSAMBLAJE PARTES ELÉCTRICAS	88
3.3.10	ENSAMBLAJE FINAL	88
CAPÍTULO IV		89
4.	PRUEBAS Y RESULTADOS	89
4.1	PRUEBA DE CONTROL DE CALIDAD DE LA TELA	89
4.1.1	PRUEBA DE CONEXIÓN DE LA CÁMARA.	89
4.1.2	PRUEBA DE DETECCIÓN DE COLOR TELA	90
4.2	PRUEBA DE FÓRMULAS DE COLORES.	92
4.3	PRUEBAS DE ALARMA DE FALLA DE RELÉ-TÉRMICO Y VARIADOR DE FRECUENCIA.	93
4.4	PRUEBAS DEL CONTROLADOR DE TEMPERATURA	94
4.5	ANÁLISIS DE RESULTADOS.	96
4.5.1	ANTECEDENTES DE FORMULACIÓN DE COLORES.	96
4.5.2	ANTECEDENTES INGRESO Y EXTRACCIÓN DE LA TELA A LA CENTRÍFUGA	97
4.5.3	TIEMPOS OPERATIVOS DEL JET SIN AUTOMATIZACIÓN.	97
4.6	BENEFICIOS OBTENIDOS CON LA AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE TINTURADO.	98
4.7	ESTUDIO ECONÓMICO	99
4.8	VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS	101
CAPÍTULO V		102
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	102
5.1	CONCLUSIONES	102
5.2	RECOMENDACIONES	103
BIBLIOGRAFÍA		105
ANEXOS		107

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.1. Colores secundarios.....	18
TABLA 1.2. Mezcla de colores secundarios.	19
TABLA 2.1. Factor de servicio	39
TABLA 2.2. Tabla de velocidades máximas de Cadenas.	45
TABLA 2.3. Tabla de Propiedades de las Cadenas.....	46
TABLA 2.4. Entradas al PLC y el tipo de señal.	48
TABLA 2.5. Salidas del PLC y el tipo de señal.....	49
TABLA 3.1. Máquinas y equipos	80
TABLA 3.2. Operaciones tecnológicas	80
TABLA 3.3. Nomenclatura del cursograma	81
TABLA 3.4. Operaciones de montaje	83
TABLA 4.1. Duración del cálculo de formulación de colores método antiguo.	97
TABLA 4.2. Ingreso y Extracción de la tela de la centrifuga método sin automatización.	97
TABLA 4.3. Proceso de Tintura Jet método antiguo.....	98
TABLA 4.4. Tiempo requerido para el cálculo de formulación de colores método nuevo.	98
TABLA 4.5. Ingreso y Extracción de la tela de la centrifuga método nuevo.	99
TABLA 4.6. Proceso de Tintura Jet método nuevo.....	99
TABLA 4.7. Estudio económico.....	100

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1. Esquema del auto clave.	3
FIGURA 1.2. Esquema mecánico del torniquete	4
FIGURA 1.3. Esquema mecánico del JIGGER	5
FIGURA 1.4. Esquema mecánico del JET	6
FIGURA 1.5. Esquema mecánico La máquina Mezzera.....	7
FIGURA 1.6. Ayuda de la sal para montar el colorante reactivo.	14
FIGURA 1.7. Fijación del colorante a la fibra celulosa.....	15
FIGURA 1.8. Colorante hidrolizado evacuado con agua.	15
FIGURA 1.9. Descomposición de la luz blanca	16
FIGURA 1.10. Longitud de onda.....	17
FIGURA 1.11. Síntesis aditiva	18
FIGURA 1.12. Síntesis sustractiva.....	19
FIGURA 1.13. Sistema de color MÜNSELL.....	20
FIGURA 1.14. Diagrama de cromaticidad CIE 1964.....	21
FIGURA 1.15. Modelo RGB.....	22
FIGURA 1.16. Tono o matiz.	23
FIGURA 1.17. Brillo o luminosidad.	23
FIGURA 1.18. Saturación o intensidad.....	23
FIGURA 1.19. Partes constitutivas PLC's SIEMENS S7-1200.	26
FIGURA 1.20. Tipos de Comunicación.	27
FIGURA 1.21. Ejemplo de HMI realizado con PascalSCADA.....	29
FIGURA 1.22. Ejemplo de Programa realizado en OpenCV.....	31
FIGURA 2.1. Diagrama límite de elasticidad VS límite de elasticidad.	32
FIGURA 2.2. Diagrama límite de elasticidad VS Elongación.	33
FIGURA 2.3. Diagrama de Esfuerzos.....	34
FIGURA 2.4. Diagrama Esfuerzo Cortante.....	35
FIGURA 2.5. Diagrama de Momento Flector	35
FIGURA 2.6. Potencia de diseño.....	39
FIGURA 2.7. Diagrama de Selección de Cadenas.	40
FIGURA 2.8. Diámetros de paso de las catarinas.	41
FIGURA 2.9. Cálculo longitud de la cadena.	41

FIGURA 2.10.	Ángulos de contacto de la cadena en la Catarina.	42
FIGURA 2.11.	Paso Diametral	42
FIGURA 2.12.	Paso Circular y Adendum	42
FIGURA 2.13.	Dedendum y Holgura.....	43
FIGURA 2.14.	Diámetro Exterior y Diámetro de raíz	43
FIGURA 2.15.	Diámetro circuito base.....	43
FIGURA 2.16.	Espesor del Diente.	44
FIGURA 2.17.	PLC S7-1200 CPU 1214C.....	49
FIGURA 2.18.	Signal board 1232 AQ	50
FIGURA 2.19.	Entorno del Software TIA PORTAL.....	51
FIGURA 2.20.	Pt100 con termo pozo.	52
FIGURA 2.21.	Relé de nivel 3UG05	53
FIGURA 2.22.	Transductor de resistencia a corriente.	54
FIGURA 2.23.	Transductor I/P Watson Smith Type 100/101X	54
FIGURA 2.24.	Cámara IP Hikvision 720TVL IR.	55
FIGURA 2.25.	Variador de frecuencia LS.	56
FIGURA 2.26.	Plataforma Lazarus.	57
FIGURA 2.27.	PascalScada	57
FIGURA 2.28.	QT CREATOR.	58
FIGURA 2.29.	OpenCV.....	58
FIGURA 3.1.	Tablero de Control Eléctrico.	59
FIGURA 3.2.	Alimentación Principal.	60
FIGURA 3.3.	Alimentación del Tablero de Control Eléctrico.	60
FIGURA 3.4.	Alimentación de Componentes.....	61
FIGURA 3.5.	Sistema Neumático.	61
FIGURA 3.6.	Sistema Neumático del Jet.....	62
FIGURA 3.7.	Sistema Neumático del Jet.....	63
FIGURA 3.8.	Tablero de control.....	64
FIGURA 3.9.	Mando principal.	65
FIGURA 3.10.	Mando a pie de máquina.	66
FIGURA 3.11.	Interior del mando a pie de máquina.	66
FIGURA 3.12.	Bloques de programa.	67
FIGURA 3.13.	Activación/desactivación desde una misma entrada.	68
FIGURA 3.14.	Utilización del bloque en distintos casos 1.	69

FIGURA 3.15.	Utilización del bloque en distintos casos 2.	69
FIGURA 3.16.	PID_compact.	70
FIGURA 3.17.	Auto tuning en proceso.	71
FIGURA 3.18.	Plataforma de Lazarus Pascal.	72
FIGURA 3.19.	Librerías de PascalScada sobre Lazarus.	72
FIGURA 3.20.	Protocolos de Comunicación PascalSCADA.	73
FIGURA 3.21.	Generación de Tags con PascalSCADA.	73
FIGURA 3.22.	Lazarus y PascalSCADA.	74
FIGURA 3.23.	Plataforma de Qt Creator.	75
FIGURA 3.24.	OpenCV desde el terminal de Ubuntu.	75
FIGURA 3.25.	Interfaz realizada con QT Creator y OpenCV.	76
FIGURA 3.26.	Diagrama flujo del Control de Calidad de la Tela.	77
FIGURA 3.27.	HMI Entorno final.	78
FIGURA 3.28.	HMI Formulas de Colores.	78
FIGURA 3.29.	HMI Control de Calidad de la Tela.	79
FIGURA 3.30.	Placa para sujeción.	85
FIGURA 3.31.	Base principal soldada con la placa de sujeción.	85
FIGURA 3.32.	Viga soldada a la base principal.	86
FIGURA 3.33.	Soldadura de la base izquierda y derecha.	87
FIGURA 3.34.	Ensamblaje partes mecánicas.	87
FIGURA 3.35.	Ensamblaje partes eléctricas.	88
FIGURA 3.36.	Ensamblaje final.	88
FIGURA 4.1.	Verificación de conexión de Cámara.	89
FIGURA 4.2.	Detección de Color Negro.	90
FIGURA 4.3.	Detección de Color Blanco.	90
FIGURA 4.4.	Detección de Color Amarillo.	91
FIGURA 4.5.	Detección de Color Verde Limón.	91
FIGURA 4.6.	Mensaje de Error de Color.	92
FIGURA 4.7.	Colores Fórmulas y Pasos de Tintura.	93
FIGURA 4.8.	Falla Relé Térmico.	93
FIGURA 4.9.	Falla Variador de Frecuencia.	94
FIGURA 4.10.	Pruebas del controlador de temperatura 1.	95
FIGURA 4.11.	Pruebas del controlador de temperatura 2.	96

RESUMEN

La empresa M&B textiles comprometida con un mejoramiento continuo en sus líneas de producción se ve obligada a la inversión de proyectos vinculados con la eficiencia, calidad y reducción de tiempos operativos, por lo cual encontró la necesidad del “rediseño e implementación del sistema de tinturado de tela poli algodón con hmi y visión artificial” para el área de procesos húmedos, que cuenta con una máquina para tinturar tipo jet la cual se utiliza para fijar colores a las piezas de tela que tejen, estas acciones se pueden plasmar utilizando equipos de vanguardia tales como PLC’s para un control preciso del proceso que además cuenta con un puerto profinet para la integración dentro de una red, Los sensores y actuadores serán los oídos y las manos del PLC respectivamente, para controlar exactamente la temperatura se utiliza un transductor I/P para el accionamiento analógico de la válvula de vapor, La adquisición de imágenes para el control de calidad se las realizo por medio de una cámara analizando sus componentes RGB con patrones pregrabados.

PALABRAS CLAVE: TINTURA DE TELA, PLC, HMI, VISIÓN ARTIFICIAL, COMPONENTES RGB.

ABSTRACT

M & B textiles committed with continuous improvement in its production lines is forced to investment projects related to efficiency, quality and reduced operating times, so he found the need to "redesign and implementation of the system dyed in hmi poly cotton fabric and artificial "for the area of wet processes, with a machine for dyeing jet type which is used to set colors to the pieces of fabric weaving, view these actions can capture using cutting-edge equipment such as PLCs for precise process control profinet also has a port for integration within a network, sensors and actuators are the ears and hands of PLC respectively, to accurately control the temperature transducer is used I / P for driving the analog steam valve, Image acquisition for quality control is performed by the camera by analyzing its RGB components with prerecorded patterns.

KEYWORDS: FABRIC TINCTURE, PLC, HMI, ARTIFICIAL VISION, RGB COMPONENTS.

PRESENTACIÓN

En el presente proyecto se rediseña e implementa el sistema de tinturado de tela poli algodón con HMI y visión artificial, con el cual se incrementa notablemente la calidad de colores en los rollos de tela con una gran semejanza entre una y otra parada, también se reduce el tiempo de producción del proceso.

En el capítulo I se detallan los principales conceptos teóricos sobre el tinturado de las fibras poliéster y algodón, también tenemos los conceptos básicos sobre el color, software de visión artificial y HMI sobre Linux.

En el capítulo II se realiza el diseño y selección de los componentes eléctricos, electrónicos, cámara de adquisición de imagen, variador de frecuencia, mecánicos: Banda transportadora.

En el capítulo III se detalla el procedimiento de la construcción de todos los componentes tales como: construcción de la banda transportadora, construcción del tablero de control, montaje de componentes.

En el capítulo IV se realizan pruebas de funcionamiento a todos los componentes de la máquina. Pruebas eléctricas de corrientes de motores, pruebas al sensor de nivel. Además se pone en marcha el funcionamiento de la máquina, realizando las pruebas de control de temperatura del PID, pruebas de control de calidad de la tela.

En el capítulo V se presentan las conclusiones y recomendaciones a las que se llegaron al finalizar el presente proyecto

En la parte final se tiene los anexos y referencias bibliográficas.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se describirá toda la literatura acerca de procesos y métodos de tintura de tela poli-algodón, el color y sus elementos, software de HMI y visión artificial, también veremos una breve descripción del PLC S7 1200 de Siemens.

1.1 MÉTODOS DE TINTURA¹

Existen dos métodos de tintura:

- Por agotamiento.
- Por impregnación de la fibra en colorante.

El proceso de tintura por agotamiento consiste en las fuerzas de afinidad entre colorante y fibra lo que produce que el colorante se transporte del baño a la fibra hasta llenarla de colorante y quedar sujeta en él. En este método la relación de peso entre fibra y colorante es muy elevada.

En la técnica de tintura por impregnación de la fibra en colorante, la tela absorbe el pigmento del baño de tintura, el colorante no queda fijado en la fibra en ese momento si no después en el proceso de fijado ya cuando la tintura es irreversible. Manejando este método de tintura la relación de baño es mucho menor que por el proceso de agotamiento.

De esta manera tenemos también dos tipos de máquinas de tintura.

1.2. MÁQUINAS DE TINTURA POR AGOTAMIENTO

Existen tres tipos de máquinas del sistema por agotamiento que se diferencian por su acción mecánica que actúa sobre la tela a tinturar, sobre el agua de tintura o sobre las dos a la vez¹.

- TIPO I.- Máquinas con la fibra a tinturar estática y la solución tintorera en movimiento.
- TIPO II.- Máquinas con la fibra a tinturar en movimiento y la solución tintorera fija.
- TIPO III.- Máquinas con la fibra textil y solución tintorera en movimiento.

1.2.1. MÁQUINAS DE TINTURA TIPO I

a) AUTOCLAVES

Las autoclaves están diseñados para tinturar tela empaquetada por el poco espacio disponible dentro de la máquina, pero por el hecho de tinturar tela en paquete se tiene problemas de igualación del color en toda la masa, lo cual provocará más problemas cuando mayor sea la velocidad de fijación del colorante por lo cual la velocidad de calentamiento debe ser controlada mediante la curva de aumento de temperatura, la misma que debe subir a relación de 1°C por minuto o regirse a especificaciones del colorante.

El empaquetado de tela debe tener suficiente filtración para una circulación constante y regular de la corriente del baño tintorero. El problema más importante de la tintura en autoclave es el de la cavitación de la bomba (burbujas que se forman en el empaquetado y terminan circulando por la bomba), inconveniente que es considerado como una avería.

Un esquema del autoclave se observa en la figura 1.1 donde se pueden observar los siguientes literales.

A-Baño tintorero,

B-Empaquetado de tela

C-Circulación del baño por acción de la bomba.

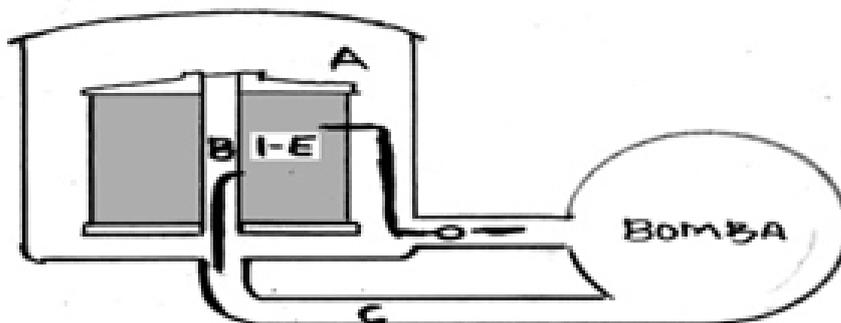


FIGURA 1.1. Esquema del auto clave.

FUENTE: <http://tinturadefibrastextiles.blogspot.com/>

1.2.2. MÁQUINAS DE TINTURA TIPO II

a) TINTURA EN TORNIQUETE

Más conocido como barca, la tinte en torniquete se trata del movimiento de la tela a través del baño por la acción del torniquete, removiendo la tela del baño suave pero constantemente. Este sistema no es apropiado si se trabaja con colorantes de baja impregnación y fácil oxidación, porque la tela a tinturar sale periódicamente al ambiente, un esquema se puede ver en la figura 1.2 donde cada elemento de la tinte en torniquete es representado por un literal.

A-Baño.

B-Torniquete.

C-Tela en forma de cuerda fuera del baño.

D-Punto de apoyo de la tela para alimentar al torniquete.

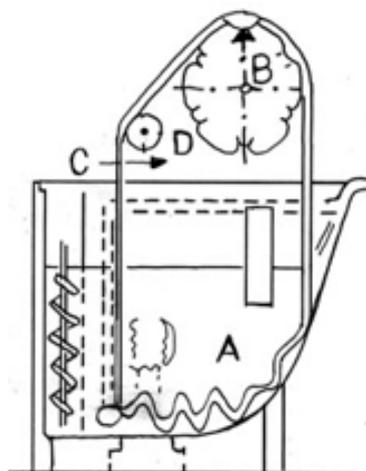


FIGURA 1.2. Esquema mecánico del torniquete

FUENTE: <http://tinturadefibrastextiles.blogspot.com/>

b) TINTURA EN JIGGER

El Jigger funciona con dos cilindros donde se enrolla sin arrugas el tejido. Un grupo de motores hace girar los cilindros para enrollar y desenrollar en ellos el tejido durante el proceso de tintura. Dentro del baño el tejido pasa de un rodillo a otro donde se mantiene. Al entrar el tejido en el baño de tintura, impregna colorante en sus fibras, luego se desenrolla la tela con una cierta cantidad de colorante fijado, estos pasos se hacen consecutivamente hasta llegar al equilibrio entre solución y tejido tintado, consiguiendo culminar la tintura.

Los problemas más frecuentes en esta forma de tintura es que cada vez que el tejido pasa por el baño, este no tiene la misma concentración de colorante, lo que hace que las partes de tela que no han conseguido igualación difícilmente la consigan ahora. Las diferencias más notorias están en el centro y el extremo del tejido. Otro problema que puede darse es la igualación de tintura a lo ancho, diferencia entre los fillos y el centro, producida sobre todo porque en el enrollamiento del tejido hay diferencias de tensión, ajustando los fillos más o menos que en el centro. La humectación

de las fibras de tejido en la solución tintorera puede modificar su estructura y alterar esta rigidez longitudinal, apareciendo las típicas betas o aguas en su aspecto¹. Un esquema de Jigger se encuentra en la figura 1.3 donde los elementos se indican con literales.

A-Baño.

B-Rodillo 1.

C-Rodillo 2.

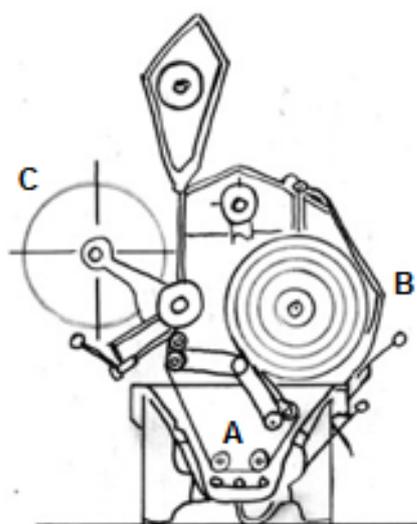


FIGURA 1.3. Esquema mecánico del JIGGER

FUENTE: <http://tinturadefibrastextiles.blogspot.com/>

1.1.3. MÁQUINAS DE TINTURA TIPO II

a) TINTURA EN JET

La tintura en el jet se basa en el movimiento de la tela dentro de una corriente de baño de tintura. El arrastre de las cuerdas textiles se efectúa por un torniquete ubicado en la parte superior que alimenta la cubeta con tela, en la parte inferior de la cubeta se encuentra la tobera tipo jet la cual arrastra las fibras en equi-corriente entre fibra y solución las cuales son transportadas por el tubo hacia el depósito principal para esperar a dar un ciclo nuevamente¹. Un esquema de tintura en jet se puede observar en la figura 1.4 donde los elementos están representados por literales.

A-Cuerdas de tela.

B-Torniquete o devanadora.

C-Tobera tipo jet.

D-Equi-corriente fibra y solución en el tubo de transporte.

E-Cubeta.

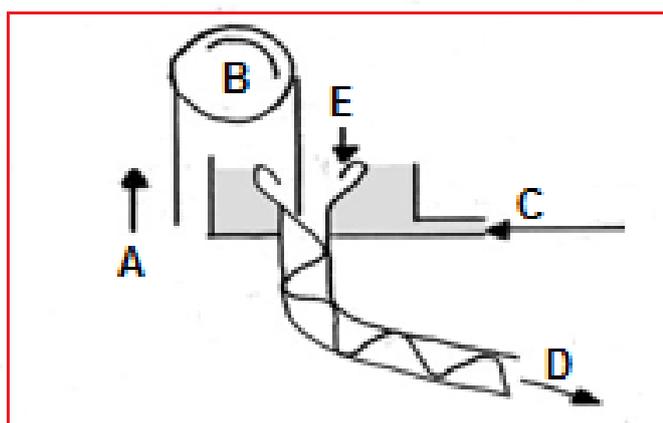
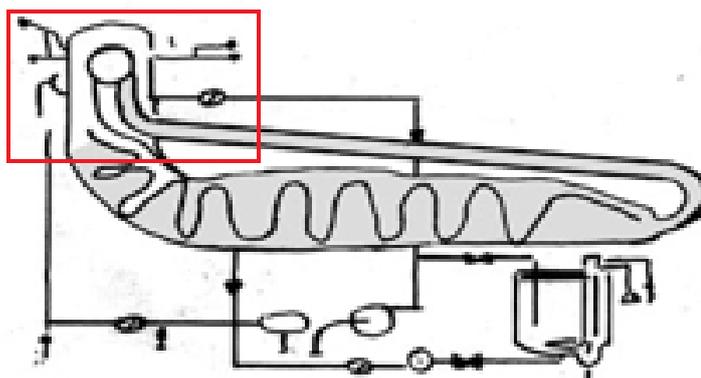


FIGURA 1.4. Esquema mecánico del JET

FUENTE: <http://tinturadefibrastextiles.blogspot.com/>

b) TINTURA EN MÁQUINA MEZZERA

La máquina Mezzera está conformada por un armario con dispositivos del que se cuelgan las telas a ser tinturadas.

La circulación de la solución de colorante se obtiene con bombas de mediano caudal que proporcionan una baja presión, estas dependen del tamaño del compartimento. Un esquema se observa en la figura 1.5 donde.

A- Compartimientos o armario donde la tela va colgada.

B-Baño de solución tintorera.

C-Bomba de circulación de baño con bajo caudal.

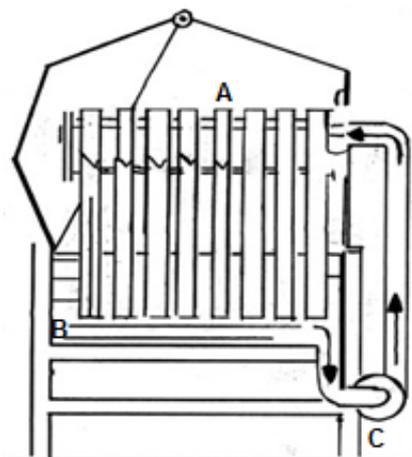


FIGURA 1.5. Esquema mecánico La máquina Mezzera.

FUENTE: <http://tinturadefibrastextiles.blogspot.com/>

1.3 TINTURA

1.3.1 PRINCIPIOS GENERALES DE LA TINTURA

El proceso de tintura implica el empleo de diferentes colorantes y sustancias químicas auxiliares que son asistidos en su acción por medio de la adición de calor. Los auxiliares en general no permanecen sobre el sustrato después de la tintura a diferencia del colorante que se fija en la fibra en un proceso irreversible. La tintura consta de cuatro etapas diferentes que son:

- **Primera Etapa:** El colorante debe ser disuelto o dispersado en el baño de tintura dosificándolo despacio.
- **Segunda Etapa:** Consiste en la acumulación del colorante en la superficie del sustrato.
- **Tercera Etapa:** El colorante migra hacia el interior de las fibras. En el caso de las fibras hidrófilas penetra por los micro poros disponibles,

mientras que en las fibras hidrófobas las cavidades tienen que ser incrementadas de tamaño para hacer posible la penetración. Por lo general, el acceso a la fibra es realizado con el aumento de temperatura.

- **Cuarta Etapa:** Etapa en que el colorante se fija. Hay diferentes mecanismos de fijación, empezando por la reacción química del colorante con el sustrato textil para formar el octeto estable (colorante reactivos), la formación de fuerzas Van der Waals y otras fuerzas de gama efímeras entre la fibra y el colorante (colorantes directos).

1.3.2 MATERIA PRIMA EMPLEADA EN LOS PROCESOS DE TINTURA

La materia prima utilizada dentro de los procesos de tintura es muy variada en fibras. Hoy en día se encuentran hilos de algodón 100 %, poliéster 100%, nylon 100% y sus mezclas tales como el poli-algodón 65/35 que resulta de la mezcla del poliéster y el algodón respectivamente, estos hilos son empleados en el proceso de tejeduría para obtener telas con las mismas características y cualidades del hilo empleado.

Debido a la composición de cada fibra, hay un proceso diferente de tintura utilizando diferentes tipos de colorantes y auxiliares.

1.3.3 PROCESOS DE TINTURA²

a) TINTURA DISCONTINUA

La tintura discontinua empieza con la impregnación del colorante sobre la superficie externa de la fibra como también con la difusión y migración de la tinta sobre la fibra. El empleo de auxiliares químicos y el control de las curvas de temperatura precipitan y optimizan el agotamiento del colorante y la fijación del mismo. Una vez que el colorante se ha fijado en la fibra, el baño de tintura ya agotado, se desagua de la máquina y el tejido se lava para quitar los colorantes que no alcanzaron a fijarse así como los auxiliares químicos excedentes.

Un dato muy importante de la tintura discontinua es la relación de baño de la máquina de tinturar, que se refiere a la cantidad de agua que abarca la máquina versus el peso de la tela seca. Este dato no sólo está atado a la cantidad de agua y kilovatios consumidos, también cumple un papel significativo en el nivel de agotamiento del baño de tintura y en el consumo de sustancias químicas auxiliares ya que las formulaciones de los mismos dependen de la cantidad de agua utilizada.

a.1) TINTURA DE LAS FIBRAS DE ALGODÓN³

Las fibras de algodón o celulosa pueden ser tinturadas con una amplia variedad de colorantes: reactivos, directos, tina, sulfurosos y azoicos.

a.1.1) COLORANTES REACTIVOS

Son los colorantes más utilizados para la tintura de fibras de celulosa y corresponden a casi dos tercios de los colorantes.

En el proceso de tintura discontinua, los colorantes reactivos se mezclan con diferentes productos tales como la sosa caustica para eliminar grasas del algodón, carbonato de sodio como regulador de PH, y el cloruro de sodio o sal para aumentar la reactividad del algodón para que reaccione con el colorante, se añaden al baño de tintura en el inicio del proceso o de forma progresiva. Su monto se establece por la reactividad del método y el tono elegido.

El colorante y el hidróxido de sodio suelen agregarse separadamente en la tintura discontinua, ya que existe el riesgo de que el colorante se hidrolice, antes que reaccione con la fibra.

a.1.2) COLORANTES DIRECTOS

Los colorantes directos son importantes en la tintura de algodón. Las $\frac{3}{4}$ partes del consumo total de estos colorantes se utilizan para la tintura de celulosa. Se introducen en el baño de tintura directamente junto con sal y químicos auxiliares, los cuales ayudan a dar un efecto humectante y dispersante de sólidos.

a.1.3) COLORANTES DE TINA

Este tipo de colorante posee ciertas propiedades de solidez al lavado por lo general, se utiliza para prendas que soportaran lavados severos y a condiciones de blanqueo. Los colorantes de tina son insolubles en agua, para alcanzar su agotamiento se lo tiene que hacer en condiciones alcalinas. Posteriormente regresan a su forma primitiva insoluble por oxidación y de este modo permanecen fijos en la fibra.

a.1.4) COLORANTES SULFUROSOS

Los colorantes sulfurosos también son insolubles en agua, para alcanzar su agotamiento se tiene que mezclar con sulfuro para obtener condiciones alcalinas reductoras, se convierten en solubles y presentan una alta afinidad para la fibra. Después del agotamiento del colorante en el baño, el colorante se oxida y regresa a su estado primitivo insoluble.

a.1.5) COLORANTES AZOICOS

Los colorantes azoicos se ven afectados por múltiples desventajas, entre las cuales podemos mencionar algunas como sus gastos de aplicación y a la complejidad del proceso para la preparación del colorante, a su favor tiene la obtención de colores con firmeza extravagante.

b) TINTURA DE FIBRAS DE POLIÉSTER

El único pigmento disponible para las fibras de poliéster son los colorantes dispersos. La tintura de poliéster con colorantes dispersos, antiguamente se la realizaba a temperaturas que no superaban los 100 °C y se necesitaba utilizar “carriers” (aditivos para mejor fijación del colorante hacia las fibras del poliéster a baja temperatura < a 100 °C) para la migración del colorante, los “carriers” son perjudiciales para el medio ambiente y la salud de los operadores. Con el avance de la tecnología se ha podido construir máquinas apropiadas para teñir a más de 100 °C y se evita el uso de carriers.

Los tejidos hechos con 100% poliéster se tiñen casi exclusivamente mediante procesos de tintura discontinua, generalmente en jet o en overflow. Se utiliza máquinas en las que se puede generar condiciones de alta temperatura. Por lo general el proceso se realiza en un medio ácido con la ayuda de ácidos alcanzando un pH de 4 a 5. En estas condiciones los químicos de igualación son de gran utilidad para evitar una absorción excesivamente rápida del colorante produciendo manchas en el producto final.

b.1) COLORANTES DISPERSOS

Nacieron en la búsqueda de encontrar una manera fácil y satisfactoria para teñir el acetato. Están conformados por compuestos orgánicos finamente divididos como el acetato de celulosa y las fibras sintéticas.

El colorante disperso se fija en la fibra mediante fuerzas físicas llamadas fuerzas de van der Waals, ya que no poseen iones o cargas eléctricas.

1.3.6 TINTURA DE MEZCLA DE FIBRAS³

La tintura de fibras mestizas es un método más engorroso debido al tratamiento que necesita cada fibra por separado.

Los métodos más usados son:

- Tinturar cada fibra con el mismo tono.
- Tinturar solo una fibra. El colorante no es compatible con las otras fibras, por lo tanto no se absorbe.
- Tinturar en distintos tonos cada fibra.

a) MEZCLA DE POLIÉSTER Y CELULOSA

En la tintura de esta mezcla de fibras poliéster y algodón se utilizan colorantes dispersos para el poliéster y para la celulosa, colorantes reactivos, colorantes tina o colorantes directos.

Para los procesos continuos, el colorante disperso se aplica por lo general en un solo baño, después se seca el tejido y se fija el colorante. Después, el segundo colorante se aplica según el procedimiento típico de la clase de colorante del algodón.

En los procesos discontinuos, la tintura de esta mezcla se realiza, normalmente en un solo proceso, en el caso de colores oscuros, primero se tintura el poliéster y luego el algodón doblando el tiempo de tintura.

b) MEZCLA DE POLIÉSTER Y LANA

La lana por su composición química no se puede teñir a las altas temperaturas con las fibras de poliéster, ya que las fibras de poliéster se tiñen de 120° a 130° C. También la tintura de lana se debe hacer en el menor tiempo posible para no dañar la fibra. Por estas razones, se tiñen la lana y el poliéster por separado.

En la tintura de poliéster y lana, se usan colorantes dispersos para el poliéster y colorantes ácidos o colorantes pre-metalizados para la lana.

Esta mezcla se tiñe con uno de los tres siguientes procesos

discontinuos:

- Tintura a temperatura de hervor con carriers.
- Tintura a temperatura de 103-106 °C con poco aporte de carriers.
- Tintura a temperatura de 110-120 °C con aditamento de formaldehído como protector de la lana y con poco aporte de carriers o sin ellos.

Debido a los problemas ambientales que ocasionan los carriers, la primera de las técnicas se evita siempre que sea posible.

1.3.7 PROCESO DE TEÑIDO DE MEZCLAS ALGODÓN/POLIÉSTER POR AGOTAMIENTO EN UN BAÑO Y DOS FASES⁴

a) TEÑIDO DEL POLIÉSTER

Los preparativos del poliéster constan del descrudado o lavado previo y del teñido.

a.1) DESCRUDADO DE POLIÉSTER.

En el transcurso de un proceso de descrudado de fibras sintéticas, existe la presencia de aceites de tejeduría, suciedades del tejido y la vulnerabilidad de las fibras a los productos químicos. Se debe remover todos los aceites del tejido para una tintura bien igualada.

a.2) TINTURA CON COLORANTES DISPERSOS

La tintura del poliéster con colorantes dispersos se efectúa en una máquina de alta temperatura. La tintura se empieza a 60°C elevando la temperatura a razón de 1°C por minuto hasta 130°C y manteniendo esta temperatura de 45 a 60 minutos; posteriormente se enfría la máquina hasta la temperatura de 80°C y se procede a lavar la tela teñida. Para eliminar todo el colorante pegado a la superficie de la fibra se efectúa un último lavado.

b) TEÑIDO DEL ALGODÓN.

En los preparativos para el teñido de la celulosa, se deben eliminar las impurezas preexistentes en las fibras en crudo tales como aceites, grasas, hierro y sales de calcio y magnesio, también se eliminan las impurezas agregadas a las fibras durante los procesos de tintura.

b.1) DESCRUDADO DE ALGODÓN.

El factor más importante para el proceso de descrudado del algodón es eliminar los aceites de enzimas, hilatura y tejeduría, suciedades del tejido y vulnerabilidad de las fibras a los productos químicos. Es de alta importancia la perfecta remoción de estos aceites para una tintura bien igualada.

b.2) TINTURA CON COLORANTES REACTIVOS

La tintura de algodón con los colorantes reactivos se divide en tres etapas que son:

Primera etapa: Migración del colorante hacia la fibra en medio neutro y con adición de cloruro de sodio. Los colorantes reactivos no sufren descomposición, produciéndose tan sólo el esparcimiento hacia el interior de la fibra donde se montan sobre las cadenas celulósicas. El colorante reactivo monta en la fibra con el auxilio de la sal como muestra la figura 1.6.

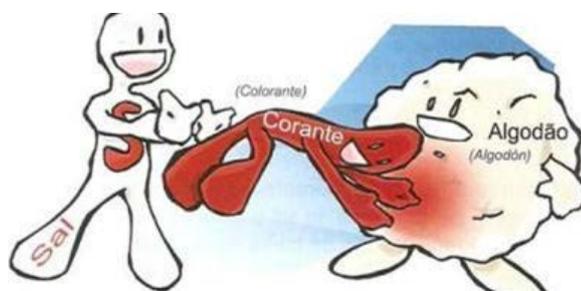


FIGURA 1.6. Ayuda de la sal para montar el colorante reactivo.

FUENTE: <http://www.bubok.es/libros/219932/V-La-Industria-textil-y-su-control-de-calidad-Tintoreria>

Segunda etapa: El colorante reactivo produce una reacción química con el algodón debido al álcali añadido, la cual es simultánea con una mayor absorción del colorante en las fibras. Esto produce que el colorante permanezca muy bien fijado a la fibra del algodón como muestra la figura 1.7.



FIGURA 1.7. Fijación del colorante a la fibra celulosa.

FUENTE: <http://www.bubok.es/libros/219932/V-La-Industria-textil-y-su-control-de-calidad-Tintoreria>

Tercera etapa: evacuación del colorante hidrolizado que en sí es el colorante que reacciona con el agua de los lavados como muestra la figura 1.8.



FIGURA 1.8. Colorante hidrolizado evacuado con agua.

FUENTE: <http://www.bubok.es/libros/219932/V-La-Industria-textil-y-su-control-de-calidad-Tintoreria>

1.4 EL COLOR⁵

El concepto del color nació con el descubrimiento de la naturaleza de la luz que realizó Isaac Newton.

Newton pensaba que la luz era un flujo de partículas. Los experimentos que realizó con prismas de cristal llegaron a demostrar que la luz se podía

fraccionar en varios colores. Con estos experimentos llegó a la conclusión de que los colores tenían diferentes grados de refracción como por ejemplo, la luz azul desviaba más que la roja al pasar del aire a otro medio y este poseía una mayor refracción.

Los experimentos de Isaac Newton demostraron que la luz blanca estaba formada por distintas longitudes de onda. En la figura 1.9 se muestra un ejemplo de la descomposición de la luz.

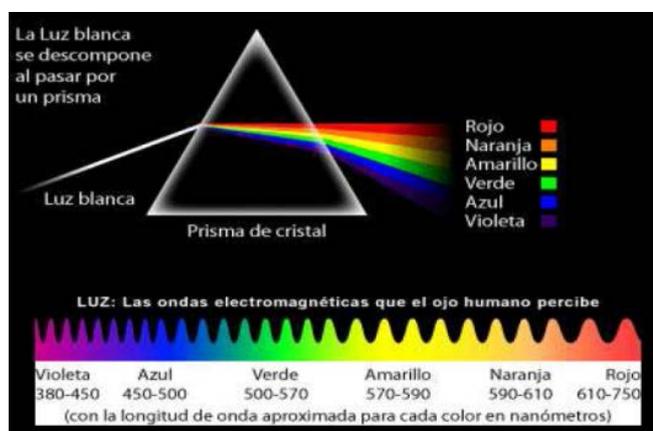


FIGURA 1.9. Descomposición de la luz blanca

FUENTE: http://www.ceibal.edu.uy/UserFiles/P0001/ODEA/ORIGINAL/100914_luz.elp/descomposicin_de_la_luz_blanca.html

El científico Louis de Broglie comprobó que las radiaciones de luz son ondas electromagnéticas al igual que los rayos X y las ondas radioeléctricas. Por ende, se las puede definir por su frecuencia o su longitud de onda.

La radiación de energía electromagnética, incluida la luz visible, tienen forma de onda. La distancia que existe entre sus crestas se llama longitud de onda, la cual se denomina con la letra griega lambda (λ). En la figura 1.10 se muestra una representación.

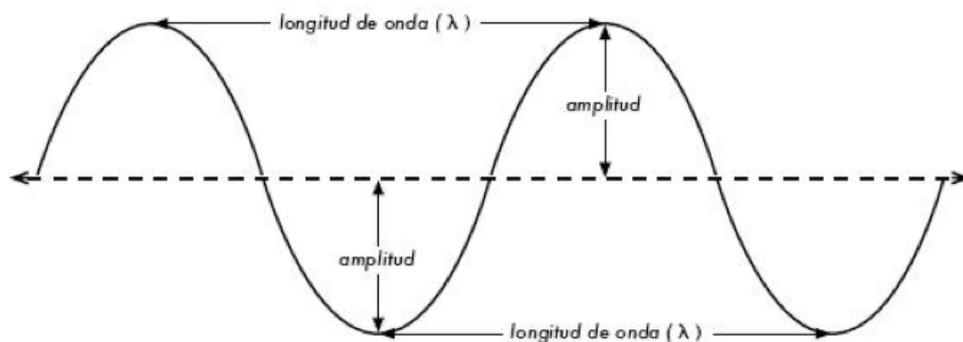


FIGURA 1.10. Longitud de onda

FUENTE: <http://www.paradigmas.mx/de-onda-y-color-parte-i-ser-es-ser-percibido/>

1.4.1 CONCEPTO DE COLOR

El color depende de su longitud de onda ya que esta produce los rayos luminosos que estimulan los órganos visuales.

1.4.2 ESTUDIO DEL COLOR

Los estudios del color son muy amplios, pudiendo ser abordados desde varias áreas de la ciencia como la física, fisiológica y psicológica, el arte, la industria etc. El conocimiento adquirido sobre el color proviene de la antigua Academia Francesa de Pintura, la misma que consideraba que los colores primarios son aquellos que al mezclarlos producirán todos los demás colores, los colores primarios son el rojo, el amarillo y el azul.

El blanco y negro se conoce como colores acromáticos, ya que los mismos los percibimos como no colores.

1.4.3 SÍNTESIS ADITIVA. (COLOR LUZ)

Los colores que producen los monitores, la televisión, etc. tienen como colores primarios, el rojo, el verde y el azul, puesto que con estos tres colores primarios se pueden conseguir los demás colores incluido el blanco y negro por eso a esta mezcla se le denomina síntesis aditiva. Con la mezcla

de dos colores primarios se obtiene un color secundario. Este principio se muestra en la figura 1.11.

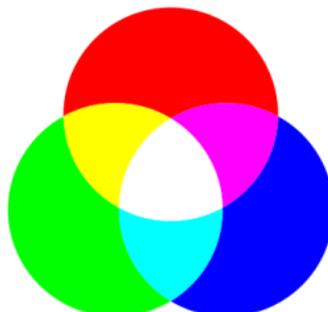


FIGURA 1.11. Síntesis aditiva

FUENTE: <http://nanydiany.wordpress.com/>

En la tabla 1.1 se muestran los colores saturados, según su proporción de cantidad de blanco.

TABLA 1.1.

Colores secundarios

primarios	secundarios	Estos colores son siempre saturados puesto que falta el tercer primario que producirá la desaturación al crear, según su proporción mayor o menor cantidad de blanco
rojo + verde	= amarillo	
verde + azul	= cian	
azul + rojo	= magenta	
Solamente se produce el blanco cuando la proporción de los componentes es adecuada, en caso contrario se produce un color terciario más o menos saturado		
azul	+ rojo + verde	= blanco
	rojo + cian	= blanco
	verde + magenta	= blanco

ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

Se produce el color blanco cuando la proporción de los componentes es adecuada, como se observa en la tabla 1.2.

TABLA 1.2.

Mescla de colores secundarios.

azul	+	rojo	+	verde	=	blanco
		rojo	+	cyan	=	blanco
		verde	+	magenta	=	blanco
		azul	+	amarillo	=	blanco
amarillo	+	cyan	+	magenta	=	blanco

ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

1.4.4 SÍNTESIS SUSTRACTIVA. (COLOR PIGMENTO)

Se conoce a la síntesis sustractiva a la que partiendo de la luz blanca podemos obtener todos los colores. Esto se lo puede conseguir de varias formas pero todas ellas se basan en filtran la luz blanca dejando pasar sólo determinadas radiaciones obteniéndose un determinado color.

Los colores primarios de la síntesis sustractiva suelen ser complementarios de la síntesis aditiva, es decir los colores magenta, cyan y amarillo. Estos colores son los que se usan en la mayoría de los sistemas de impresión, por este motivo han desplazado a los colores primarios tradicionales como son verde, rojo y azul. Una representación se puede ver en la figura 1.12.

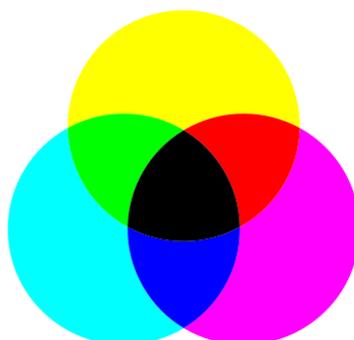


FIGURA 1.12. Síntesis sustractiva.

FUENTE:http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sintesis_sustractiva_plano.

SV

1.4.6 SISTEMAS DE COLOR

El científico Isaac Newton fue el primero que ordenó los colores en un círculo cromático. Sobre el mismo se han basado la mayor parte de los estudios posteriores.

a) SISTEMA DE COLOR MÜNSELL

El profesor de arte Albert Munsell en el año 1905 inventó un sistema mediante el cual se ubican de forma exacta los colores en un espacio tridimensional. Este definió tres atributos a cada color los cuales son Matiz, Saturación, Valor.

Los atributos de matiz, saturación y el valor pueden variar independientemente y de esta manera los colores pueden ser ubicados en el espacio tridimensional: De acuerdo a este sistema, los colores neutros están ubicados a lo largo de la línea vertical conocido como eje neutral con el color negro en la parte baja, color blanco en la parte de arriba y color gris en el medio. Los distintos matices se muestran en el eje neutral. En figura 1.13 se muestra sistema de color MÜNSELL.

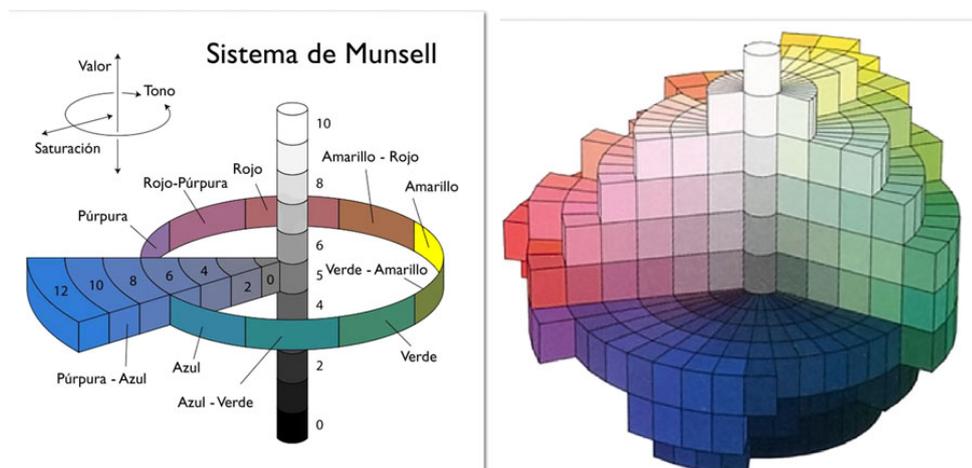


FIGURA 1.13. Sistema de color MÜNSELL.

FUENTE: <http://www.molinaripixel.com.ar/notas/2011/el-sistema-munsell-como-herramienta-fotografica/>

b) DIAGRAMAS DE CROMATICIDAD CIE

Este diagrama fue desarrollado por la Commission Internationale d'Eclairage (Comisión Internacional de Iluminación), por esta razón se abrevia CIE.

Los colores se define por un parámetro de luminancia denominado Y, y otras dos coordenadas de color denominadas x e y. Estas detallan un punto sobre el diagrama de CIE.

El sistema CIE proporciona una mayor precisión que el sistema de Münsell, porque el mismo se basa en la distribución de la energía espectral de la luz emitida por el un objeto coloreado. Un ejemplo del diagrama se muestra en la figura 1.14.

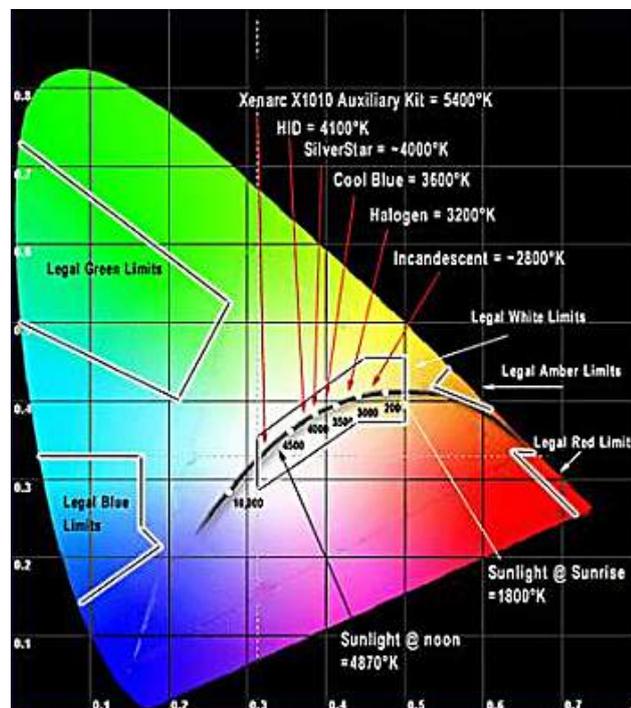


FIGURA 1.14. Diagrama de cromaticidad CIE 1964.

FUENTE: http://javieruruautocar.blogspot.com/2012_02_01_archive.html

c) EL MODELO RGB⁶

El modelo RGB es el que se utiliza para los gráficos de los ordenadores el cual está representado por un cubo donde R, G, B representan los colores rojos, verdes y azules. El cubo RGB se proyecta en el espacio tridimensional del sistema CIE XYZ. Los ojos del ser humano perciben el color a través de tres pigmentos, estos pigmentos tienen una sensibilidad máxima de longitudes de onda de 630 nm (rojo), 530 nm (verde), y 430 nm (azul). A partir de los tres colores primarios se obtienen todos los colores secundarios. El modelo RGB está basado en un sistema cartesiano, el cubo RGB se muestra en la figura 1.15.

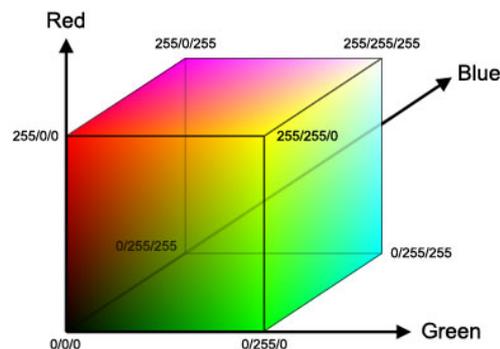


FIGURA 1.15. Modelo RGB.

FUENTE: <http://cindy2906.blogspot.com/2013/02/modelo-rgb.html>

1.4.7 ATRIBUTOS DEL COLOR

Los atributos del color son el tono, el brillo y la saturación.

a) TONO O MATIZ

El tono o matiz es un estímulo del color, el mismo que muestra la cualidad cromática. Según la tonalidad se puede indicar si el color es verde, amarillo, azul como se muestra en la figura 1.16



FIGURA 1.16. Tono o matiz.

Fuente: <http://www.proyectacolor.cl/teoria-de-los-colores/propiedades-de-los-colores/>

b) BRILLO O LUMINOSIDAD

El brillo o luminosidad es la cantidad de luz que refleja una superficie en comparación con una superficie blanca en iguales condiciones de luminosidad, en otras palabras, la luminosidad es la capacidad de reflejar el blanco. La luminosidad puede variar aumentando o disminuyendo el negro o blanco a un tono como se muestra en la figura 1.17.



FIGURA 1.17. Brillo o luminosidad.

FUENTE: <http://www.proyectacolor.cl/teoria-de-los-colores/propiedades-de-los-colores/>

c) SATURACIÓN O INTENSIDAD

La saturación o intensidad es el nivel de partida de un color a partir de un color neutro de la misma luminosidad. Los colores con baja saturación son llamados débiles y los de alta saturación se denominan fuertes. Un ejemplo se puede observar en la figura 1.18.



FIGURA 1.18. Saturación o intensidad.

FUENTE: <http://www.proyectacolor.cl/teoria-de-los-colores/propiedades-de-los-colores/>

1.5 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE⁷

Los procesos industriales en el pasado se los realizaba de forma cableada con la utilización de contactores y relés. El operador se encontraba a cargo del proceso y este debía poseer altos conocimientos técnicos para poder maniobrar dicho proceso. Además, una variación del mismo suponía modificar físicamente las conexiones y la estructura de los diferentes sistemas control eléctrico, siendo necesario esfuerzo técnico y una alta inversión económica.

Actualmente el computador y los controladores lógicos programables han reinventado estos procesos, los mismos que han sustituido gran parte de componentes.

Los Controladores Lógicos Programables o por siglas PLC aparecieron como solución a los procesos complejos de automatización, por ende se puede decir que sustituyen circuitos auxiliares o de mando de los sistemas automáticos. A este se conectan los componentes como finales de carrera pulsadores, bobinas, sensores etc.

La aparición del PLC en la industria fue en el año de 1960 aproximadamente y su principal razón fue la de disminuir los costos en los procesos de automatización.

Los elementos que contiene un PLC son:

- Unidad Central de proceso
- Módulos de entrada
- Módulos de salida
- Fuente de Alimentación
- Dispositivos periféricos
- Interfaces

La unidad central de proceso es el cerebro del PLC. Esta es la

encargada de la toma de decisiones del proceso. La unidad central de proceso recibe los datos de entradas de los diferentes dispositivos de sensado y toma decisiones lógicas, establecidas en el programa almacenado en la memoria, y controla los dispositivos de salida de acuerdo a los resultados obtenidos de la lógica programada.

En los módulos de entradas y salidas es en donde se conectan sensores y actuadores. La programación del PLC se la realiza en bloques o lenguaje ladder, el cual es un lenguaje de programación gráfico.

1.5.1 PLC SIEMENS S7-1200

EL S7-1200, es uno de los PLC de la empresa Siemens. Este es compacto y muy utilizado para pequeños sistemas de automatización que requieran procesos simples o avanzadas⁸.

El controlador lógico programable S7-1200 posee varios beneficios como flexibilidad y la capacidad de controlar una gran gama de dispositivos para los diversos trabajos de automatización⁹.

La CPU es la encargada de controlar y gestionar los diferentes dispositivos, cambiar el estado lógico de las entradas y salidas. El PLC posee funciones de seguridad que protegen el acceso tanto a la CPU como al programa de control¹⁰:

- La CPU proporciona protección por contraseña que permite restringir el acceso a sus funciones.
- Se puede utilizar la "protección de know-how" para proteger el código de programación de un bloque específico.
- La CPU posee un puerto ETHERNET para la conexión de una red PROFINET.

Existen también módulos de comunicación para la redes RS485 o RS232.

En la figura 1.19 se muestra las partes constitutivas del PLC S7-1200. Dónde:

1. Conector de corriente
2. Conectores extraíbles para el cableado de usuario (detrás de las tapas), Ranura para Memory Card (debajo dela tapa superior)
3. LEDs de estado para las E/S integradas
4. Conector PROFINET (en el lado inferior de la CPU)

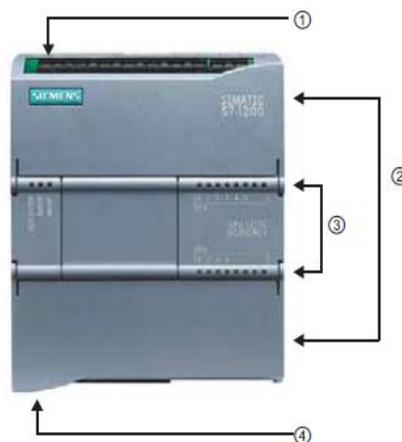


FIGURA 1.19. Partes constitutivas PLC's SIEMENS S7-1200.

FUENTE: <http://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200-MANUAL%20DEL%20SISTEMA.PDF>

1.6 INTERFAZ HUMANO MÁQUINA (HMI).¹¹

1.6.1 INTRODUCCIÓN

La Interfaz Hombre máquina o por sus siglas en inglés HMI son dispositivos pensados como una ventana de procesos, estos pueden ser paneles de operador o una computadora. A las interfaces HMI en una computadora se la denomina también como software HMI o de monitoreo y supervisión en tiempo real.

Las señales de entrada y salida de dispositivos como tarjetas, PLC's, variadores de velocidad de motores, micro controladores, etc., pueden ser visualizadas en un HMI, pero siempre y cuando todos estos dispositivos posean un tipo de comunicación que entienda el HMI. En la figura 1.20 se puede observar los diferentes tipos de comunicación de HMI.

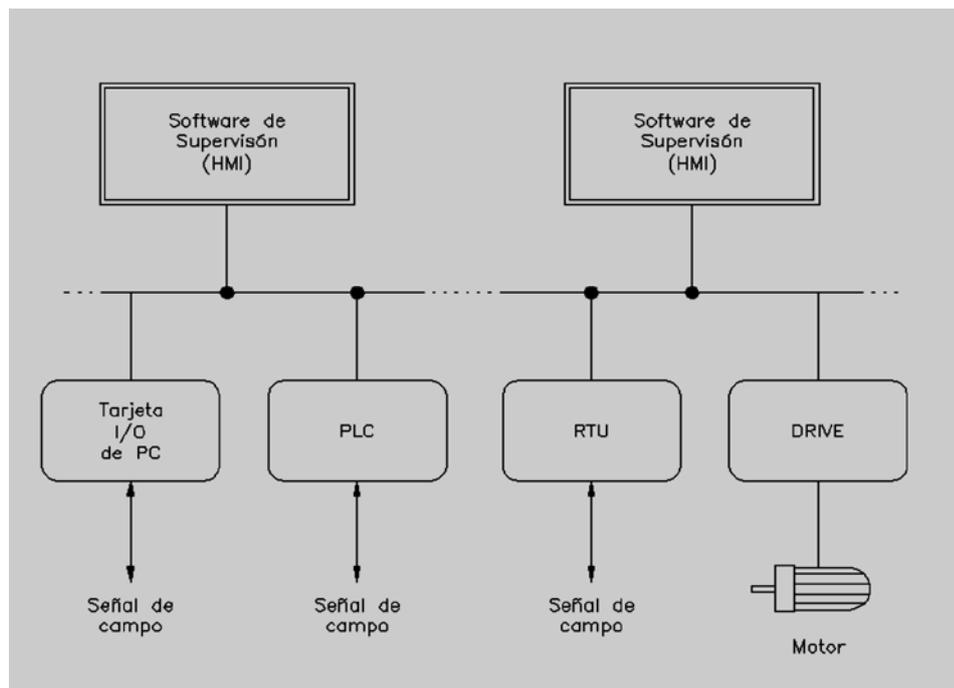


FIGURA 1.20. Tipos de Comunicación.

FUENTE: <http://iaci.unq.edu.ar/materias/laboratorio2/HMI%5CIntroduccion%20HMI.pdf>

1.6.2 TIPOS DE HMI

Existen dos tipos de HMI.

- Los que se desarrollan a partir de un lenguaje de programación con interfaz gráfica como por ejemplo Visual Basic, Java, Delphi etc.
- El software que es diseñado específicamente para el desarrollo de HMI y sistemas SCADA como por ejemplo WinCC, Wonderware, FIX etc.

a) FUNCIONES DE UN SOFTWARE HMI

Las funciones de un HMI son las siguientes:

- Una de las funciones principales del HMI es la de obtener y mostrar datos de un proceso en tiempo real, a esto se lo conoce como Monitoreo.
- Los datos obtenidos por el HMI se muestran con textos, gráficas y números lo que permite una fácil interpretación al operario.
- Otra cualidad importante es la Supervisión. Esta función, junto con el monitoreo, da la posibilidad de ajustar las condiciones de trabajo mediante el ordenador.
- Las Alarmas en un sistema HMI tienen la capacidad de reconocer eventos dentro del proceso y reportarlo en la interfaz gráfica de usuario.
- El Control es la aplicación de algoritmos de programación que acondicionan los valores del proceso y los mantiene en los límites establecidos.
- Los Históricos son los encargados de almacenar en archivos los datos del proceso a una determinada secuencia.

1.6.3 TAREAS DE UN SOFTWARE DE SUPERVISIÓN Y CONTROL

Las tareas de un software de supervisión y control son las siguientes:

- Este permitir una comunicación con dispositivos de campo.
- Mediante el Software de supervisión y control se visualizan las variables mediante pantallas con objetos animados.
- El operador puede controlar el proceso mediante botones animados, controles ON/OFF. Puede realizar ajustes continuos con el teclado y mouse.
- Supervisa las alarmas del proceso en el caso de que las variables excedan los límites normales establecidos en el programa de control.

- Los históricos almacenan los valores de los datos del proceso para análisis estadístico y control.
- Controlar de forma remota ciertas variables de proceso.

1.6.4 SOFTWARE DE SUPERVISIÓN Y CONTROL PASCALSCADA¹²

PascalSCADA es un marco para Delphi / Lázaro para el desarrollo rápido de aplicaciones HMI / SCADA.

Las plataformas soportadas por Pascal SCADA son las siguientes:

- Sistema Operativo Windows, 32 bits y 64 bits.
- Sistema Operativo Linux, 32 bits y 64 bits.
- Sistema Operativo Windows CE (necesita un FPC 2.6.0 o superior).

Mediante PascalSCADA se extraen datos de un PLC's, crear interfaces, almacenar valores, alarmas de proceso y el control de los usuarios de la aplicación como se puede observar en la figura 1.21.

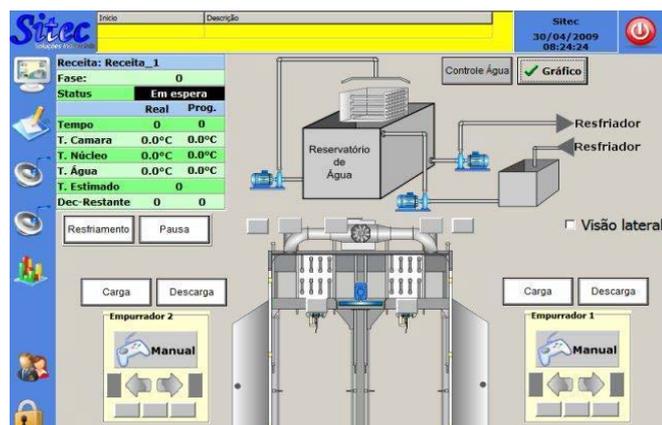


FIGURA 1.21. Ejemplo de HMI realizado con PascalSCADA.

FUENTE: <http://sourceforge.net/projects/pascalscada/>

1.7 SOFTWARE DE VISIÓN ARTIFICIAL¹³

OpenCV (Open Source Computer Vision Library) es una librería de visión por ordenador de código abierto. Esta proporciona una infraestructura para la elaboración de aplicaciones de visión por ordenador.

Al ser un producto de código abierto con licencia BSD, OpenCV hace que sea fácil modificación del código y la utilización del mismo en las empresas.

Las librerías de OpenCV cuentan con más de 2.500 algoritmos, entre estos algoritmos se puede encontrar varias aplicaciones para implementación rápida como por ejemplo reconocer rostros, clasificar las acciones humanas en los videos, identificar objetos, reconocer el paisaje y establecer marcadores para revestirlo de la realidad aumentada, los movimientos de cámara de la pista, los objetos en movimiento de la pista, extraer modelos 3D de objetos.

Se puede Producir nubes de puntos 3D a partir de cámaras, encontrar imágenes similares de una base de datos de imágenes, unir imágenes para producir una alta resolución de una escena completa, eliminar los ojos rojos de las imágenes tomadas utilizando el flash, seguir los movimientos de los ojos, etc.

OpenCV cuenta aproximadamente 47 mil usuarios alrededor del mundo y el número estimado de descargas anuales superan 7.000.000.

La biblioteca se utiliza ampliamente en las empresas, universidades, centros de investigación y por los organismos gubernamentales, las empresas Google, Sony, Microsoft, Intel, Yahoo, IBM, Honda, Toyota entre otras emplean las bibliotecas para la realización de varios proyectos en el área de la robótica e informática.

Cuenta con varias interfaces entre las cuales tenemos C, C++, Java, Python y MATLAB y es compatible con varios sistemas operativos como Linux, Windows, Android y Mac OS. Una de sus principales ventajas es su velocidad de procesamiento en tiempo real.

En la figura 1.22 se muestra un ejemplo de un programa y sus resultados.

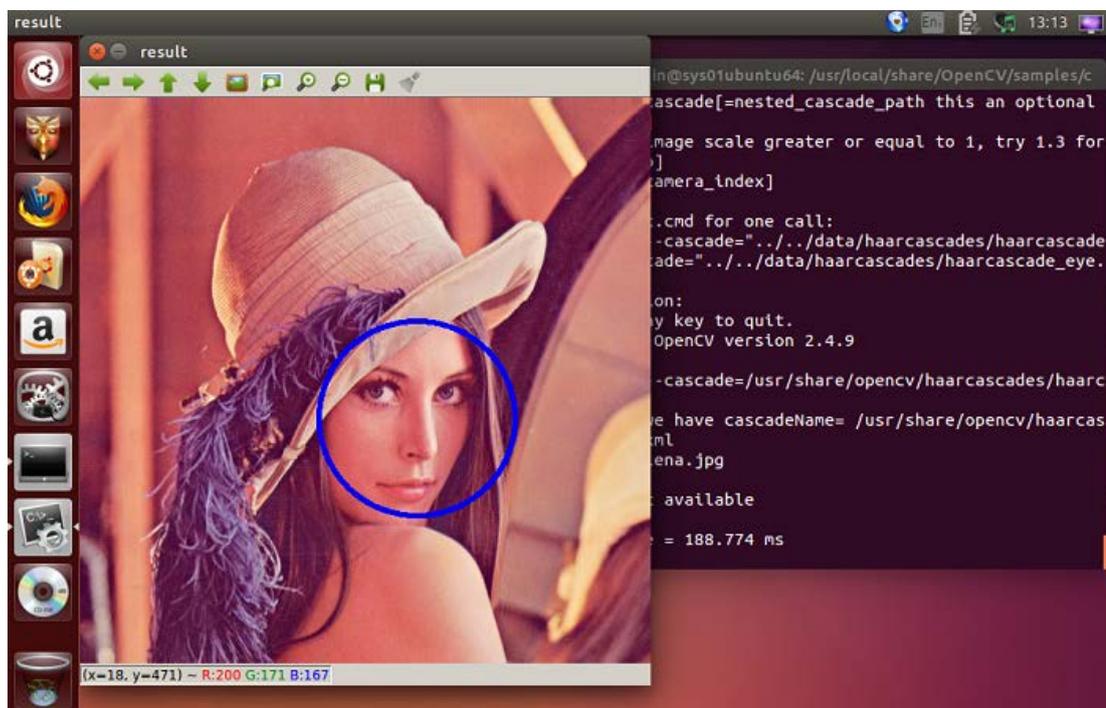


FIGURA 1.22. Ejemplo de Programa realizado en OpenCV.

FUENTE: <http://www.sysads.co.uk/2014/05/install-opencv-2-4-9-ubuntu-14-04-13-10/>

CAPÍTULO II

2. DISEÑO Y SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS.

Este capítulo trata sobre el diseño y selección de dispositivos para el sistema de tinturado de tela poli-algodón, también realiza una breve descripción de la herramientas computacionales utilizadas para este fin.

2.1. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA.

Los principales parámetros que se consideran en el diseño mecánico de la banda transportadora de tela son:

Material de construcción: Con la ayuda del el software de CES se procedió a seleccionar el material más adecuado en figura 2.1 y 2.2 se muestra la selección.

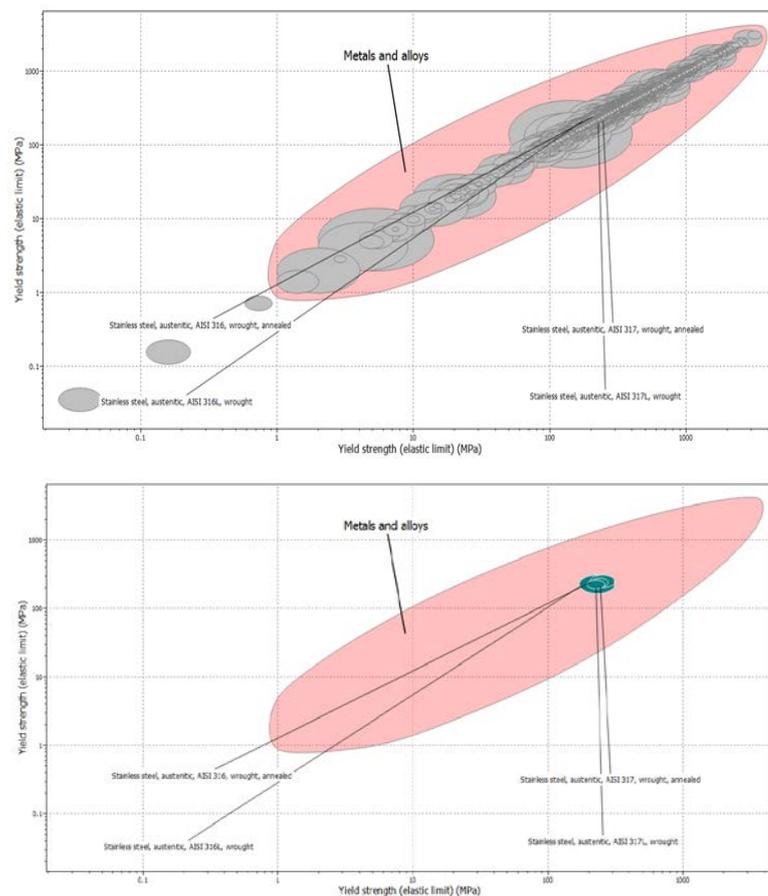


FIGURA 2.1. Diagrama límite de elasticidad VS límite de elasticidad.

ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

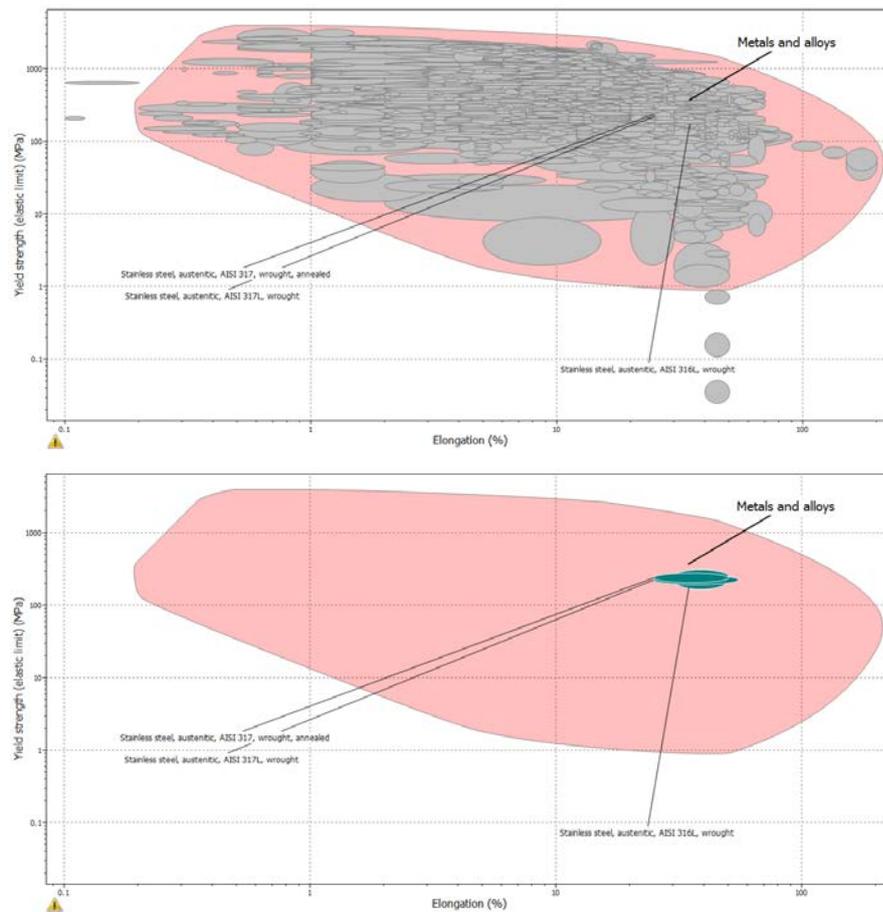


FIGURA 2.2. Diagrama límite de elasticidad VS Elongación.
ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

Los Materiales Obtenidos por el software son los siguientes:

- Acero Inoxidable AISI 316
- Acero Inoxidable AISI 316L
- Acero Inoxidable AISI 317
- Acero Inoxidable AISI 317L

De estos se seleccionó el acero Inoxidable AISI 316L ya que la empresa lo posee.

Otros parámetros de diseño:

- Radio del eje del torniquete = 0,035 m
- Potencia del Motor = 0.3 kW (Obtenido del dato de placa del motor).

En función de estos parámetros se procederá al diseño de los diferentes componentes mecánicos de la máquina transportadora de tela.

2.1.1 DISEÑO DEL SOPORTE DE LA BANDA TRANSPORTADORA DE TELA.

Sobre la estructura se ha instalado los elementos mecánicos y eléctricos de la banda transportadora de tela, la características de esta es que debe ser rígida para soportar tanto la carga muerta como las cargas vivas que se generan.

La estructura se ha fabricado con perfiles de acero inoxidable AISI 316L de 5 mm de espesor, para efectuar una verificación al diseño se utilizó un software CAD-CAE (SolidWorks) que ha permitido obtener el modelo. Los planos de la banda transportadora de tela se encuentran en el ANEXO A.

Para el diseño estático nos basamos en la teoría de Von Mises que establece que el material falla por exceder su resistencia a la fluencia.

Las propiedades mecánicas de este material, útiles para este cálculo son:

- Resistencia a la Fluencia o Tracción = 460 MPa
- Longitud del eje del torniquete = 390 mm.
- Fuerza aplicada al torniquete = 1000N.

Con estos datos procedemos a calcular el diagrama de esfuerzos.

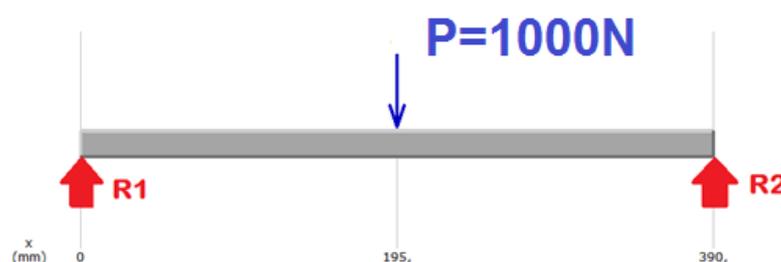


FIGURA 2.3. Diagrama de Esfuerzos.
ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

A partir de la figura 2.3 y con la ayuda del software MD-Solid se obtiene los diagramas de esfuerzo cortante y momento flector.

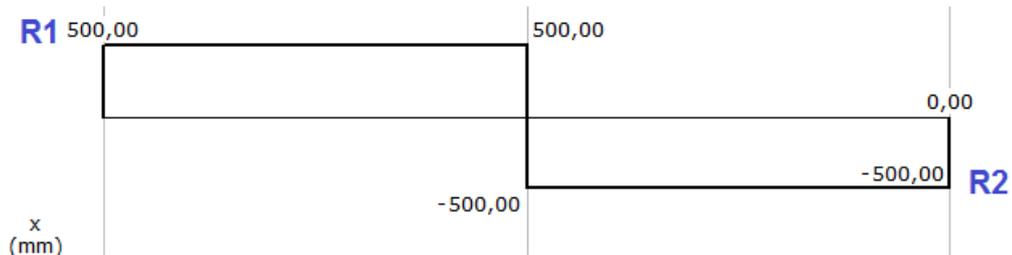


FIGURA 2.4. Diagrama Esfuerzo Cortante.
ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

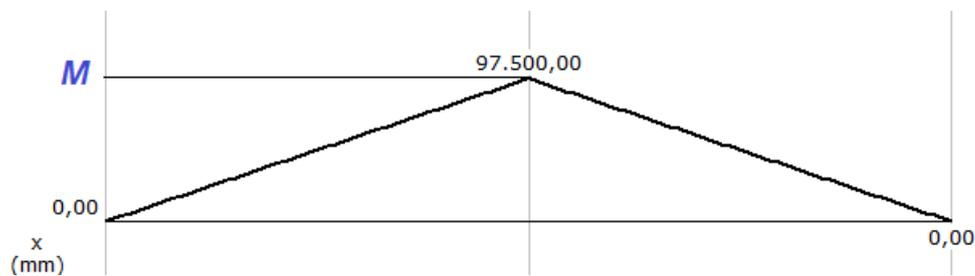


FIGURA 2.5. Diagrama de Momento Flector
ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

De los diagramas se obtiene los siguientes datos:

- Esfuerzo R1=500N.
- Esfuerzo R2=-500N.
- Momento Flector= 975000 N-mm= 97,5N-m

Con los datos obtenidos procedemos a calcular el esfuerzo de diseño.

$$\sigma = \frac{M * C}{I}$$

Ec. 2.1.

Dónde:

σ = Esfuerzo de Diseño

M = Momento Flector = 97,5 N – m

C = Radio del eje del torniquete = 0,0175 m

I = Inercia del eje del torniquete

$$\sigma = \frac{97,5(0,0175)}{\frac{\pi(0,035)^4}{64}}$$

$$\sigma = 23.16MPa$$

A partir del factor de diseño se puede obtener el factor de seguridad.

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

Ec. 2.2.

Dónde:

n = Factor de Seguridad

S_y = Resistencia a la fluencia a tracción. = 460MPa

σ = Factor de diseño.

$$n = \frac{460MPa}{23.16MPa}$$

$$n = 19,86$$

2.1.2 DISEÑO DE SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE LA BANDA TRANSPORTADORA DE TELA

Para el diseño de la transmisión de la banda transportadora de tela el factor más importante es la velocidad con la que el operador ingresa la tela a la centrífuga la cual se obtuvo de la forma que se indica a continuación.

En promedio, el operador introduce 17 kg de tela en la centrífuga, esto equivale 80 metros de tela, la cual se introduce en la centrífuga por aproximadamente 4 minutos.

Realizamos una prueba de ensayo abasteciéndole la tela directamente en la centrífuga con lo cual obtuvimos el tiempo aproximado de la banda (velocidad a la que el operario introduce la tela en la centrífuga con ayuda externa) que es de 50 segundos:

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

Ec. 2.3.

Dónde:

$V = \text{Velocidad del Operador}$

$e = \text{metros de tela}$

$t = \text{Tiempo que demora el operador en introducir la tela}$

$$V = \frac{80}{50}$$

De esto podemos encontrar la velocidad angular a la cual debe moverse el torniquete.

$$W_T = \frac{V}{r_t}$$

Ec. 2.4.

Dónde:

$W_T = \text{Velocidad angular del Torniquete}$

$r_t = \text{radio de torniquete} = 0.15m$

$$W_T = \frac{1.6}{0.15}$$

$$W_T = 10.66 \text{ rad/s}$$

La empresa proporcionó el motor reductor que gira a una velocidad angular de 51 RPM equivalente a 5.34 rad/s, con estos valores proseguimos al diseño de la transmisión de la banda transportadora de tela.

Obtenidas las velocidades de transmisión podemos obtener la relación de Transmisión:

$$i = \frac{N_2}{N_1}$$

Ec. 2.5.

Dónde:

$i = \text{Relación de Transmisión}$

$N_1 = \text{Velocidad de Entrada}$

$N_2 = \text{Velocidad del torniquete}$

$$i = \frac{10.66}{5.34}$$

$$i = 1.9975$$

Es necesario seleccionar el número de dientes para ambas ruedas dentadas existentes en el mercado y que mejor se aproximen a la relación de transmisión que se necesita:

- Número de dientes rueda de Entrada $z_1 = 28$
- Número de dientes rueda de Salida $z_2 = 14$

Relación de transmisión obtenida:

Ec. 2.6.

$$i_1 = \frac{z_1}{z_2}$$

$$i_1 = \frac{28}{14}$$

$$i_1 = 2$$

Con la relación de transmisión procedemos a obtener la velocidad del torniquete:

$$N_2 = i_1 * N_1$$

Ec. 2.7.

Dónde:

$$i_1 = \text{Relación de transmisión obtenida} = 2$$

$$N_1 = \text{Velocidad de Entrada} = 5.34 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$N_2 = \text{Velocidad del torniquete}$$

$$N_2 = 2 * 5,34$$

$$N_2 = 10.68 \text{ rad/s}$$

$$N_2 = 102 \text{ RPM}$$

\

2.1.3 ESPECIFICACIÓN FACTOR DE SERVICIO.

El factor de servicio se obtiene mediante tabla 2.1

TABLA 2.1.

Factor de servicio

Trabajo característico de la máquina movida	Trabajo de la máquina motriz		
	uniforme: motores eléctricos, turbinas de gas, motores de combustión interna con acoplamiento hidráulico.	choques leves : motores eléctricos sometidos a frecuentes arranques, motores de combustión interna con seis o más cilindros.	choques moderados: motores de combustión interna con menos de seis cilindros con acoplamiento mecánicos..
<u>movimiento uniforme</u> : bombas y compresores centrífugos, impresoras, transportadores de banda uniformemente cargados, agitadores y mezcladores de líquidos, secadores rotatorios, ventiladores.	1.00	1.10	1.30
<u>choques moderados</u> : bombas y compresores con tres o más cilindros, mezcladoras de concreto, transportadores de banda no cargados uniformemente, agitadores y mezcladores de sólidos.	1.40	1.50	1.70
<u>choques fuertes</u> : excavadoras, molinos de bolas, máquinas para el procesamiento de gomas, prensas, cizallas, bombas y compresores con uno o dos cilindros.	1.80	1.90	2.10

FUENTE: <http://www.monografias.com/trabajos93/metodo-seleccion-cadena-rodillos-movimiento-traslacion/metodo-seleccion-cadena-rodillos-movimiento-traslacion.shtml>

El factor de servicio (F_s) más adecuado es 1.10 choques leves y movimiento uniforme. Con la ayuda del software Matlab procedemos a calcular la potencia de diseño.

```

DISEÑO DE TRANSMISION DE CADENA-CATARINA
DATOS:
P(trans):0.402 hp
Potencia de diseño=Pd=?
Pd=FS*Ptrans
especifique el factor de servicio, FS:1.10

Pd =

0.4422

```

FIGURA 2.6. Potencia de diseño.

ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

2.1.4 SELECCIÓN DEL TIPO DE CADENA

La selección del tipo de cadena se realiza utilizando la Figura 2.7 con los valores obtenidos anteriormente.

- Potencia de diseño $P_d = 0.442 = 0,32$ kW.
- Cadena simple.
- Velocidad de giro de la rueda de entrada: 51 r.p.m.

Diagramas de selección de las cadenas de transmisión de potencia
Series A (serie americana) y B (serie europea)

CHAÎNES MÉCANIQUES

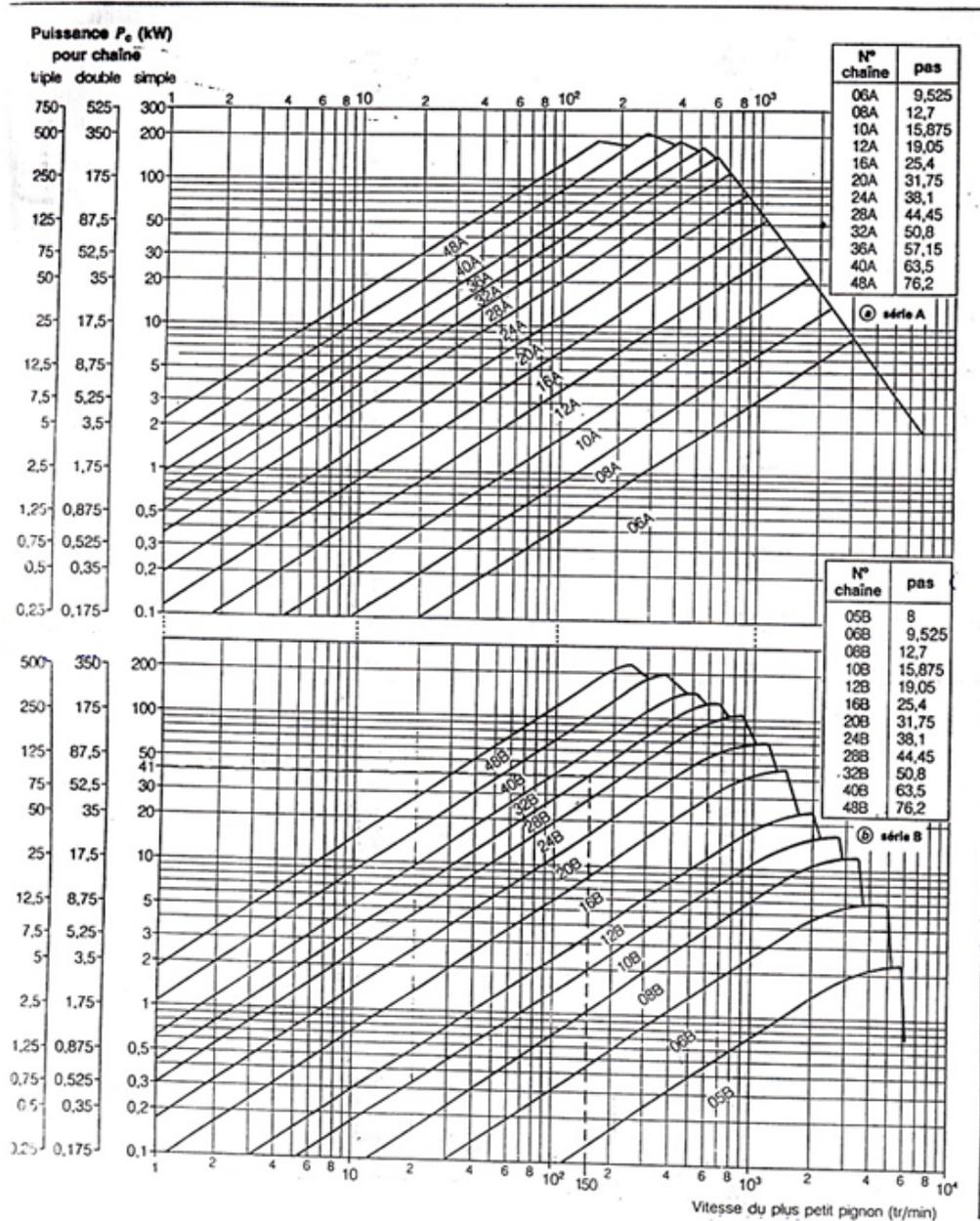


FIGURA 2.7. Diagrama de Selección de Cadenas.

FUENTE: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn127.html>

Con estos valores se selecciona una cadena Tipo 16B con un paso $p=25,4\text{mm}$.

2.1.5 CÁLCULO DE LA LONGITUD DE LA CADENA Y DISEÑO DE CATARINAS.

Para el cálculos de la longitud de la cadena y el diseño de la Catarinas se utilizó un programa desarrollado en Matlab los resultados obtenidos se muestran en las figuras.

```
diametros de paso de las catarinas mediante
la ecuacion (17-29), del libro DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY (Octava Edición)
D1=[p/sin[(180°/N1)*pi rad/180°]
ingrese el valor del paso en pulgs. , p:1

D1 =

    4.4939

y D2 con:
D2=[p/sin[(180°/N21)*pi rad/180°]

D2 =

    8.9314
```

FIGURA 2.8. Diámetros de paso de las catarinas.

ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

```
Ahora
Calcule la longitud necesaria (L), en pasos, con la ecuación (17-34), del
libro de DISEÑO EN INGENIERIA MECÁNICA DE SHIGLEY (Octava Edición):
L=2C+[(N21+N1)/2]+[((N21-N1)^2)/4*(pi)^2]
ingrese el valor de la distancia nominal entre centros.

L =

    63.3935
```

FIGURA 2.9. Cálculo longitud de la cadena.

ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

Ahora calcule el ángulo de contacto de la cadena en la catarina con las ecuaciones siguientes. Observe el ángulo de contacto mínimo debe ser 120°

Para la catarina pequeña, ($teta1$)

$$teta1 = 180^\circ - 2 * \arcsin((D2 - D1) / (2 * C1))$$

$teta1 =$

179.7871

Si $teta1$ es mayor que 120° , es aceptable.

Para la catarina grande, ($teta2$)

$$teta1 = 180^\circ - 2 * \arcsin((D2 - D1) / (2 * C1))$$

$teta2 =$

180.2129

FIGURA 2.10. Ángulos de contacto de la cadena en la Catarina.

ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

CALCULOS DE CATARINAS

Para calcular el PASO DIAMETRAL (P), utilizamos la siguiente formula:

$$D = N / P$$

Donde:

N = # de dientes de la catarina grande, y

D = Es el diametro en pulgs de la catarina grande

especifique el valor de N: 28

especifique el valor de D: 8.9314

P =

3.1350

FIGURA 2.11. Paso Diametral

ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

Seguidamente se calcula el PASO CIRCULAR (p), utilizamos la siguiente formula:

$$p = \pi / P$$

p =

1.0021

Ahora se calculará el ADENDUM (a), utilizando la siguiente formula:

$$a = 1 / P$$

a =

0.3190

FIGURA 2.12. Paso Circular y Adendum

ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

entonces con la siguiente formula se calculará el DEDENDUM (b):

$$b=1.25/P$$

b =

0.3987

Ahora para calcular la HOLGURA (c), utilizamos la siguiente formula:

$$c=0.25/P$$

c =

0.0797

FIGURA 2.13. Dedendum y Holgura
ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

Ahora para calcular el DIAMETRO EXTERIOR (Dex), utilizamos la siguiente formula:

$$Dex=(N+2)/P$$

Dex =

9.5694

Para calcular el DIAMETRO DE RAIZ (Draiz), utilizamos la siguiente formula:

$$Draiz=D-2*b$$

Draiz =

8.1340

FIGURA 2.14. Diámetro Exterior y Diámetro de raíz
ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

Para calcular el DIAMETRO CIRCUITO BASE (Dbase), utilizamos la siguiente formula:

$$Dbase=D*\cos(teta)$$

especifique el valor del angulo teta en grados: 180

teta1 =

3.1416

Dbase =

-8.9314

FIGURA 2.15. Diámetro circuito base.
ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

```

Para calcular el ESPESOR DEL DIENTE (t), utilizamos la siguiente formula:
t=pi/(2*P)

t =

    0.5011

FIN DE LOS CALCULOS DE LA CATARINA
fr \s

```

FIGURA 2.16. Espesor del Diente.
ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

2.1.6 COMPROBACIÓN DE LA VELOCIDAD LINEAL.

Se puede obtener el valor de la velocidad lineal a partir de la ecuación 2.10:

$$V = \frac{p * Z_i * N_i}{60}$$

Ec. 2.8.

Dónde:

$V =$ *Velocidad lineal*

$p =$ *paso de la cadena = 25,4mm*

$Z_i =$ *número de dientes = 28*

$N_i =$ *velocidad de giro en RPM = 51*

$$V = \frac{0,0254 * 28 * 51}{60}$$

$$V = 0,6 \frac{m}{s}$$

El valor de la velocidad lineal es inferior a los 18 m/s que marca como límite máximo la tabla 2.2 para cadenas de 25.4 mm de paso por lo que cumple con los parámetros de diseño.

TABLA 2.2.

Tabla de velocidades máximas de Cadenas.

<i>Vitessees maximales de la chaîne.</i>		
Pas mm	Vitesse de rotation tr/min	Vitesse linéaire m/s
9,525	10 000	30
12,7	7 000	28
15,875	5 000	24
19,05	4 000	24
25,4	2 500	18
31,75	1 600	16
38,1	1 300	16
44,45	1 000	14
50,8	700	11
63,5	500	10
76,2	400	9,5

FUENTE: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn127.html>**2.1.7 COMPROBACIÓN DEL ESFUERZO TOTAL SOPORTADO POR LA CADENA.**

Se puede obtener el valor del esfuerzo útil que desarrolla la cadena a partir de la ecuación 2.9:

$$F_u = \frac{P}{V}$$

Ec. 2.9.

Dónde:

 $F_u =$ *esfuerzo útil que desarrolla la cadena* $P =$ *potencia de diseño = 0,32KW* $V =$ *velocidad lineal = 0,6m/s*

$$F_u = \frac{360}{0,6}$$

$$F_u = 533,33 \text{ N}$$

El otro componente es la fuerza centrífuga de la cadena que está determinado por la ecuación 2.10:

$$F_c = M * V^2$$

Ec. 2.10.

Dónde:

$F_c = \text{Fuerza centrífuga}$

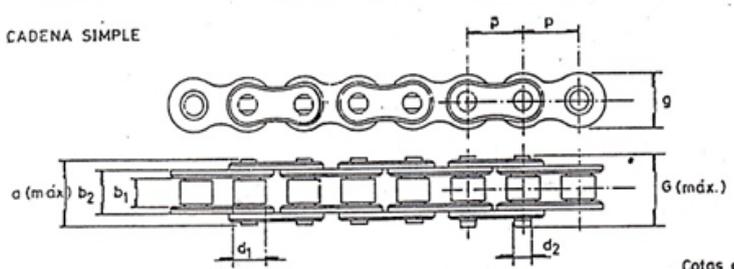
$M = \text{masa unitaria (kg/m)}$

$V = \text{velocidad lineal} = 0,6\text{m/s}$

La masa unitaria se obtiene de la tabla 2.3 con los datos de la cadena obtenidos anterior mente tipo 16B con un paso $p=25,4\text{mm}$.

TABLA 2.3.

Tabla de Propiedades de las Cadenas.

51		CADENA DE RODILLOS										Hoja Técnica	
		s/norma DIN-8187, BS-288, ISO/R-606										núm. 001/1	
CADENA SIMPLE													
													
Cotas en mm.													
REFERENCIAS	Paso	Ancho interior	Ø rodillo	Ø eje	Ancho eslabón interior	Ancho sobre remache	Longitud eje unión	Ancho malla	Superf. articul.	Peso	Carga rotura		
BEMSA	DIN-ISO	p	b ₁	d ₁	d ₂	b ₂	a	G	cm ²	Kg/m	Kp		
R- 6-1	04B-1	6,00	2,80	4,00	1,85	4,10	7,40	10,30	5,00	0,07	0,12	300	
R- 8-1	05B-1	8,00	3,00	5,00	2,31	4,77	8,60	11,70	7,11	0,10	0,18	460	
R- 9-1	06B-1	9,525	5,72	6,35	3,28	8,53	13,50	16,80	8,26	0,28	0,40	910	
R-102	081-1	12,70	3,30	7,75	3,66	5,80	10,20	11,70	9,91	0,21	0,28	820	
R-110	082-1	12,70	2,38	7,75	3,66	4,60	8,20	-	9,91	0,16	0,26	820	
R-46N	083-1	12,70	4,88	7,75	4,09	7,90	12,90	14,40	10,20	0,32	0,42	1400	
R-17A	084-1	12,70	4,88	7,75	4,09	8,80	14,80	16,30	11,15	0,35	0,59	1600	
R-41 A	085-1	12,70	6,38	7,77	3,58	9,07	14,00	16,00	9,91	0,32	0,38	680	
R- 12-1	08B-1	12,70	7,75	8,51	4,45	11,30	17,00	20,90	11,81	0,50	0,70	1820	
R- 15-1	10B-1	15,875	9,65	10,16	5,08	13,28	19,60	23,70	14,73	0,67	0,95	2270	
R- 16-1	12B-1	19,05	11,60	12,08	5,80	15,60	23,50	28,20	16,13	0,80	1,25	2850	
R- 25-1	16B-1	25,40	17,02	15,88	8,27	25,45	36,10	41,50	20,60	2,10	2,70	6500	
R- 31-1	20B-1	31,75	19,56	19,05	10,17	29,01	43,20	49,30	26,20	2,95	3,70	10000	
R- 38-1	24B-1	36,10	25,40	25,40	14,63	37,92	53,40	60,00	33,20	5,54	6,70	17000	
R- 44-1	28B-1	44,45	30,99	27,94	15,90	46,58	65,10	72,50	37,08	7,40	8,30	20000	
R- 50-1	32B-1	50,80	30,99	29,21	17,81	45,57	67,40	75,30	41,60	8,12	10,50	26000	
R- 63-1	40B-1	63,50	38,10	39,37	22,87	55,75	82,60	92,80	52,00	12,15	16,00	38000	

FUENTE: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn127.html>

De la tabla 2.3 obtenemos los siguientes valores:

- Masa unitaria = 2,7 Kg/m.
- Carga de rótula = 6500 Kp.

Sustituyendo los valores en la ecuación 2.10 se tiene que:

$$F_c = 2,7 * 0,6^2$$

$$F_c = 0.972 N$$

El esfuerzo total soportado por la cadena viene dado por:

$$F_0 = F_u + F_c$$

Ec. 2.11.

Dónde:

$$F_0 = \text{esfuerzo total}$$

$$F_u = \text{esfuerzo útil que desarrolla la cadena}$$

$$F_c = \text{Fuerza centrífuga}$$

$$F_0 = 533,33 + 0,972 = 534.3 N = 54.52 Kp$$

El coeficiente de seguridad de la cadena viene dado por la expresión:

$$C_s = \frac{R}{F_0}$$

Ec. 2.12.

Dónde:

$$C_s = \text{coeficiente de seguridad de la cadena}$$

$$R = \text{Carga de Rotura} = 6500Kp$$

$$F_0 = \text{esfuerzo total} = 54.52 Kp$$

$$C_s = \frac{6500}{54.52}$$

$$C_s = 119.22$$

Por diseño se considera disponer de un coeficiente mínimo de seguridad de la cadena $C_s > 60$ con lo que el diseño cumple con los parámetros.

2.2. DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO.

2.2.1 SELECCIÓN DEL AUTÓMATA DE CONTROL

La selección del autómata controlador se ha inclinado por un controlador lógico programable (PLC) ya que es un equipo con alta robustez de manejo de señales, alta inmunidad al ruido industrial y escalabilidad en redes industriales.

También permite una comunicación muy amigable con sistemas SCADA, HMI y PCS.

Para la correcta selección del PLC se ha tabulado el número de entradas y salidas (tabla 2.4 y 2.5)

TABLA 2.4.

Entradas al PLC y el tipo de señal.

# de Entrada	NOMBRE DE VARIABLE	TIPO
1 I0.0	Off motor principal	Digital
2 I0.1	ON motor principal	Digital
3 I0.2	Relé térmico Motor principal	Digital
4 I0.3	ON/OFF Válvula Entrada de agua	Digital
5 I0.4	NO Sensor nivel de agua	Digital
6 I0.5	ON/OFF Válvula descarga de agua	Digital
7 I0.6	ON/OFF Válvula olla entrada de químicos	Digital
8 I0.7	ON/OFF Válvula descarga de vapor	Digital
9 I1.0	ON/OFF Válvula enfriamiento	Digital
10 I1.1	Derecha torniquete interno	Digital
11 I1.2	Izquierda torniquete interno	Digital
12 I1.3	Off Torniquete interno	Digital
13 I1.4	NC Variador de frecuencia	Digital
14 I1.5	ON/OFF Válvula calentamiento	Digital
15 IW66	Sensor de temperatura proceso	Analógica

ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

TABLA 2.5.

Salidas del PLC y el tipo de señal

# de Salida	NOMBRE DE VARIABLE	TIPO
1 Q0.0	Válvula Entrada de agua	Digital
2 Q0.1	Válvula descarga de agua	Digital
3 Q0.2	Válvula olla entrada de Químicos	Digital
4 Q0.3	Válvula descarga de vapor	Digital
5 Q0.4	Válvula enfriamiento	Digital
6 Q0.5	Derecha torniquete interno	Digital
7 Q0.6	Izquierda torniquete interno	Digital
8 Q0.7	Triángulo motor principal	Digital
9 Q1.0	Línea Motor principal	Digital
10 Q1.1	Válvula calentamiento	Digital
11 QW80	Transductor I/P Corriente- Presión	Analógica

ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

Se ha seleccionado el PLC Siemens s7-1200 la CPU 1214C ya que este posee las entradas y salidas necesarias para la realización del proyecto.

**FIGURA 2.17.** PLC S7-1200 CPU 1214C.**ELABORADO POR:** Arroba, P. y López, J.

Características Principales de la CPU 1214C

- Tipo: AC/DC Relé.
- Voltaje de Alimentación: 110/220 V.
- Número de entradas digitales: 14.
- Número de entradas analógicas: 2.
- Número de salidas digitales: 10.
- Signal Board 1.
- Puerto Profinet/Industrial Ethernet 1.

a) SIGNAL BOARD AQ

Para poder manejar la variable analógica de temperatura, el PLC seleccionado en sí no dispone de una salida analógica, para lo cual se ha dispuesto la selección de la signal board 1232 AQ, que tiene salida seleccionable de voltaje – corriente, esta tarjeta tiene la posibilidad de empotrarse en la cara delantera del PLC sin afectar sus dimensiones.



FIGURA 2.18. Signal board 1232 AQ
ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

b) SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN

El plc s7 1200 cuenta con el TIA PORTAL (Totally Integrated Automation), Software desarrollado para la integración total de la familia de autómatas s7 como el 300, 400, 1200 y 1500.

Cuenta con un entorno amigable e intuitivo para su fácil manejo de variables con nombres, selección de hardware con imágenes y especificaciones.

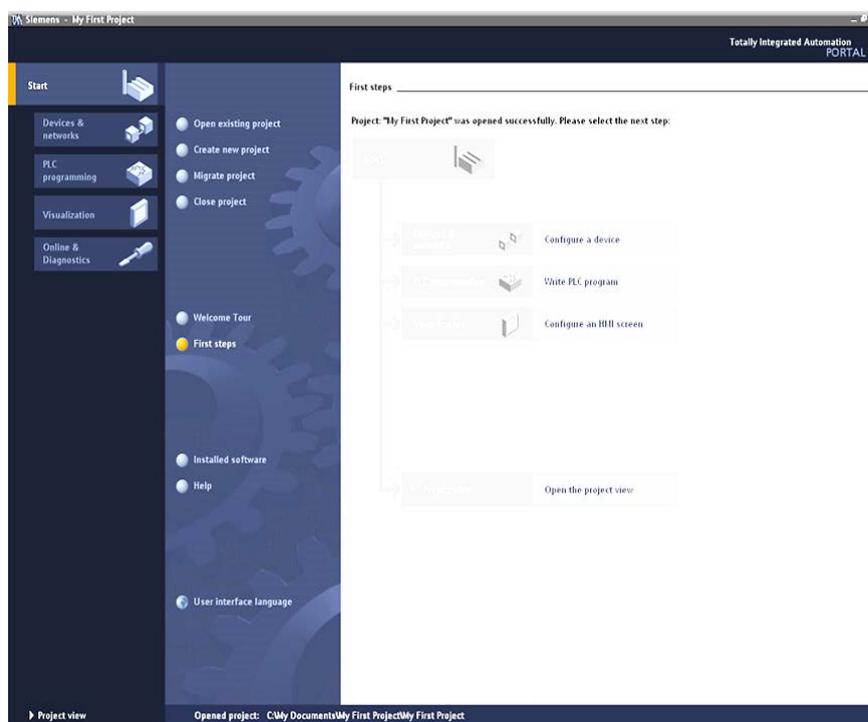


FIGURA 2.19. Entorno del Software TIA PORTAL.

ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

2.2.2 SELECCIÓN DE SENSORES, RELÉS DE CONTROL Y TRANSDUCTORES

a) SENSOR DE TEMPERATURA

El sensor de temperatura que se escogió es un pt100, por su alta exactitud para transformar la variable física temperatura a resistencia, para

la selección se buscó un sensor que posea las características precisas para su instalación en el tubo de distribución de agua como termo pozo, rosca npt de 1/2" y largo de 10cm.



FIGURA 2.20. Pt100 con termo pozo.

FUENTE: acambiode sondas de temperatura. Recuperado de:
http://www.acambiode.com/producto/fotos_sondas-de-temperatura-pt100-rtd-termopozos_203247

b) RELÉ DE NIVEL

El relé de nivel escogido tiene la finalidad detectar el agua en el nivel preciso que se reguló el electrodo de medición, la máquina cuenta con dos electrodos, uno que se encuentra en la parte inferior que es la masa y otro que se encuentra en la parte superior que es el nivel requerido, todo esto con la finalidad de conocer que el jet (máquina para el proceso de tinturado de tela poli-algodón) se encuentra lleno de agua, caso contrario si la máquina funcionara sin agua el sello mecánico se estropearía.

Se ha escogido el relé 3UG05 SIEMENS ya que las prestaciones de alimentación y su contacto de aviso con aislamiento galvánico lo hace un sensor ideal para nuestras necesidades.



FIGURA 2.21. Relé de nivel 3UG05
ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

Características:

- Función: Control de máximo y/o mínimo nivel.
- Gamas de sensibilidad: [100] 10..100 K Ω
- Tensión en sonda: 24VAC
- Intensidad en sonda: 4mA

Las características completas del relé de nivel 3UG05 se muestran en el ANEXO B.

c) TRANSDUCTOR DE RESISTENCIA A CORRIENTE

La arquitectura del PLC s7 1200 posee 2 entradas analógicas de voltaje por lo cual no podemos leer directamente la señal de resistencia de la pt100, para esta operación necesitamos el transductor de resistencia a voltaje y con un divisor de voltaje, transformarlo a voltaje para tener las mismas variables a ser medidas.

Se escogió el transductor SBWZ por sus altas prestaciones para el proceso, tiene la posibilidad de conectar una pt100 de tres hilos, señal de corte de hilo, potenciómetros para regulación de cero y spam.



FIGURA 2.22. Transductor de resistencia a corriente.

ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

d) TRANSDUCTOR DE CORRIENTE A PRESIÓN

Los requerimientos de proceso exigen un control analógico de la temperatura y ya que la máquina se calienta haciendo circular vapor por el intercambiador de calor por ende se tiene que controlar analógicamente la válvula neumática que da paso al vapor.

Para esta operación se necesita transformar la señal analógica de corriente que suministra el PLC y transformarla en señal de presión de aire para lo cual utilizaremos un transductor I/P de corriente a presión Watson Smith Type 100/101X que proporciona todos los requerimientos necesarios del proceso.



FIGURA 2.23. Transductor I/P Watson Smith Type 100/101X

FUENTE: coulton.watson smith ip converter. Recuperado de:
http://www.coulton.com/watson_smith_ip_converter_type_100x.html

Características:

- Input Signal 4-20mA/1-10V (2 & 3 wire).
- Span/Zero Adjustable 20% output range.
- Output Pressure Ranges up to 4bar (2 wire), up to 8bar (3 wire).
- Flow Capacity Up to 300nL/min
- Linearity Maximum 0.5% of span for 100X

Las características completas del transductor I/P se muestran en el ANEXO C.

e) SENSOR DE ADQUISICIÓN DE IMAGEN

El diseño del sistema de control de calidad con visión artificial necesita una cámara con prestaciones básicas como conectarse a una red para controlarla remotamente, poseer una buena resolución, alto grado de protección para ambientes agresivos.

La marca Hikvision ofrece una gama variada de cámaras de las cuales elegimos la 720TVL IR por tener todas las características mencionadas anteriormente.



FIGURA 2.24. Cámara IP Hikvision 720TVL IR.

FUENTE: coulton.watson smith ip converter. Recuperado de:
http://www.coulton.com/watson_smith_ip_converter_type_100x.html

2.2.3 SELECCIÓN DEL VARIADOR DE FRECUENCIA

Para poder manejar el torniquete interno a velocidad variable por el tipo de tela, a más liviana el torniquete tiene que girar rápido y a más pesada lento.

Para esto se selecciona el variador de frecuencia LS de la familia IG5A que brinda todas las facilidades para conexión y una robustez muy alta.

La característica principal para la selección del variador es la potencia del motor que va a manejar, para lo cual el motor a controlar es de 2.7 kW por esta razón se escogió el variador de frecuencia de 4.5 kVA porque es el inmediato superior de la potencia del motor.



FIGURA 2.25. Variador de frecuencia LS.
ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

2.3. SELECCIÓN DE SOFTWARE DEL HMI

2.3.1 SELECCIÓN LAZARUS PASCAL

Los requerimientos fundamentales en los que se basa este proyecto son utilizar software no propietario es decir de código abierto, tomando en consideración este aspecto se escogió LAZARUS PASCAL porque cumple con la característica de licencia GPL (general public license).



FIGURA 2.26. Plataforma Lazarus.

FUENTE: lazarus.freepascal. Recuperado de:
<http://forum.lazarus.freepascal.org/index.php?board=41.0>

2.3.2 SELECCIÓN PASCALSCADA

El paquete PascalSCADA es un conjunto de componentes para Delphi / Lázarus para hacer fácil el desarrollo de aplicaciones industriales que necesitan interactuar con los PLC y los dispositivos de muchos fabricantes. Está disponible para Windows (32 y 64 bits), Linux (32 y 64 bits) y proporciona controladores de puerto (serie, ethernet).



FIGURA 2.27. PascalScada

FUENTE: pascal.scada. Recuperado de:
<http://www.pascalscada.com/>

2.4 SELECCIÓN DE SOFTWARE DE VISIÓN ARTIFICIAL

2.4.1 SELECCIÓN QT CREATOR

Qt Creator es un IDE multiplataforma (entorno de desarrollo integrado) adaptado a las necesidades de los desarrolladores de Qt.



FIGURA 2.28. QT CREATOR.

FUENTE: <http://www.qtcreator.com/>

2.4.1 SELECCIÓN OPENCV

OpenCV (Open Source Computer Vision) es una biblioteca de funciones de programación dirigidas principalmente a la visión por ordenador en tiempo real, desarrollado por el centro de investigación de Intel Rusia en Nizhny Novgorod



FIGURA 2.29. OpenCV

FUENTE: <http://www.opencv.org/>

CAPÍTULO III

3. CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN

En este capítulo se detalla la construcción e implementación del sistema mecánico, de control y visión por computadora diseñado en el capítulo anterior para el correcto funcionamiento del proceso.

3.1 CONSTRUCCIÓN DEL TABLERO DE CONTROL ELÉCTRICO.

Para la construcción de tablero de control eléctrico se deben tener ciertas consideraciones que permitirán el correcto funcionamiento del mismo y proporcionen la seguridad necesaria al operario.

3.1.1 INSTALACIÓN DE COMPONENTES.

Se procede a instalar en el doble fondo todos los componentes necesarios para el correcto funcionamiento del tablero de control eléctrico como se muestra en la figura 3.1.



FIGURA 3.1. Tablero de Control Eléctrico.
ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

3.1.2 ALIMENTACIÓN PRINCIPAL

La alimentación principal del tablero es trifásica a 220V obtenidos de una caja de distribución ubicada en sección de tintura de la empresa M&B Textiles como se observa en la figura 3.2.



FIGURA 3.2. Alimentación Principal.
ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

a) ALIMENTACIÓN DEL TABLERO DE CONTROL ELÉCTRICO.

Para la alimentación de tablero de control eléctrico se procedió a conectar la acometida trifásica a las borneras ubicadas en la parte inferior del mismo y luego al breaker como se observa en la figura 3.3.



FIGURA 3.3. Alimentación del Tablero de Control Eléctrico.
ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

b) ALIMENTACIÓN DE COMPONENTES.

Para la alimentación de los componentes del breaker principal se conecta a un distribuidor de corriente, de este a las protecciones y de las mismas a los diferentes componentes como se observa en la figura 3.4.



FIGURA 3.4. Alimentación de Componentes.
ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

3.1.3 SISTEMA NEUMÁTICO

En la implementación de sistema neumático se procedió a conectar el compresor al regulador de presión y el mismo a las electroválvulas que son las encargadas de controlar las válvulas neumáticas del Jet como se muestra en figura 3.5.



FIGURA 3.5. Sistema Neumático.
ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

a) SISTEMA NEUMÁTICO JET

Las electroválvulas van conectadas a las válvulas neumáticas del Jet y estas son:

- Válvula de desfogue de agua del Jet
- Válvula de Entrada de agua al Jet.
- Válvula de descarga de presión interna.
- Válvula de desfogue de condensado.
- Válvula de descarga de agua fría.
- Válvula de entrada de agua fría al intercambiador.
- Válvula de entrada de vapor.
- Válvula de olla de químicos.

En las figuras 3.6, 3.7 se muestra cada una de las válvulas indicadas anteriormente.



FIGURA 3.6. Sistema Neumático del Jet.
ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.



FIGURA 3.7. Sistema Neumático del Jet.
ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

3.1.4 MONTAJE DEL TABLERO DE CONTROL

En el montaje del tablero de control se utilizó canaleta ranurada para la distribución del cableado. Además se distribuyó cinco secciones con riel Din para distribuir los elementos según sus aplicaciones.

Los elementos de protección, Accionamientos eléctricos, Neumática, Relés de control y PLC se colocan sobre la superficie del doble fondo. En el doble fondo están dispuestas 5 secciones principales que se observan en la figura 3.8

Dónde:

1. Breaker Principal, protecciones secundarias, repartidor de corriente.
2. Variador de frecuencia, contactores, relés térmicos, guarda motores
3. Válvulas solenoides.
4. Relés de control.
5. Swich , PLC.

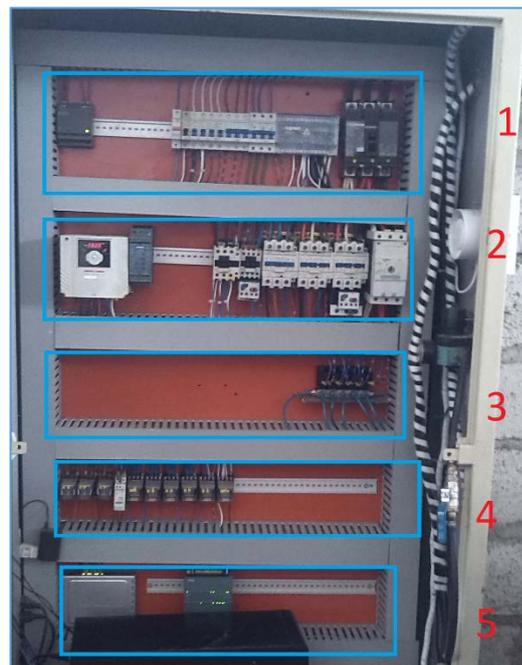


FIGURA 3.8. Tablero de control
ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

3.1.5 MANDO PRINCIPAL DE CONTROL

En el diseño del mando principal se tomó en cuenta los requerimientos de la empresa para apagar con un solo selector la máquina, tener el HMI incluido, paro de emergencia, por lo tanto se distribuyó de la siguiente manera.

1. HMI
2. Encendido PC
3. Pulsador apagar equipo
4. Paro de emergencia.

En la figura 3.9 se puede observar lo mencionado anteriormente.



FIGURA 3.9. Mando principal.
ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

3.1.6 MANDO A PIE DE MÁQUINA

A continuación se muestran los botones de activación de válvulas, encendido de la bomba principal con las luces piloto que permiten verificar el estado de encendido o apagado.

Además se puede observar que para las seis válvulas cuentan con un solo botón, esto se debe a que del mismo botón, presionándolo una vez se activa y presionándolo por segunda vez se apaga.

1. Encendido bomba de circulación
2. Paro de emergencia
3. Torniquete interior Derecha/Izquierda
4. Torniquete exterior
5. Potenciómetro velocidad torniquete interior.
6. Válvula entrada de agua.
7. Válvula calentamiento.

8. Válvula olla de químicos.
9. Válvula descarga de agua.
10. Válvula enfriamiento.
11. Válvula descarga de presión.



FIGURA 3.10. Mando a pie de máquina.
ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

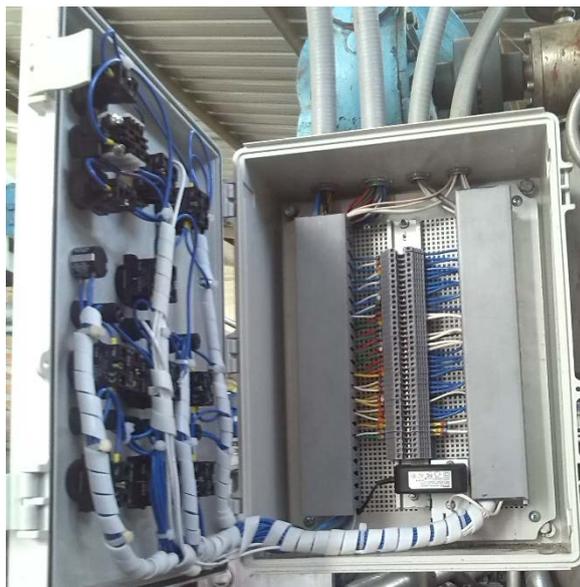


FIGURA 3.11. Interior del mando a pie de máquina.
ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

3.1.7 PROGRAMACIÓN PLC SIEMENS CPU 1214C

A continuación se explica lo más relevante de la programación del PLC. La programación del PLC no se centra a un micro proceso en común sino que están distribuidos en algunos pasos aleatorios que se pueden dar durante el proceso, estos son secuencia automática, modo manual, interrupción cíclica, etc.

Todos los bloques de programa se pueden observar en la figura 3.12.

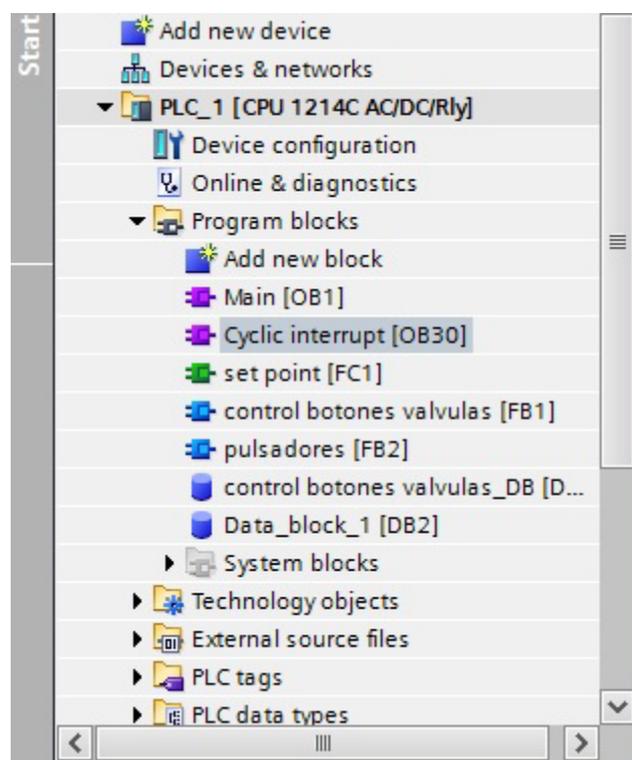


FIGURA 3.12. Bloques de programa.

ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

a) PROGRAMACIÓN MULTI-INSTANCIA PARA BOTONERAS DE VÁLVULAS

La multi-instancia es una opción que brinda la familia s7 1200 al poder generar un único bloque para el control de múltiples casos con la misma programación, el caso más conocido es el típico control de motores con la utilización de dos entradas una salida y dos líneas de programa para el memorizado de la salida.

En el caso de las válvulas, utilizamos una única entrada física para encender y apagar la salida, para esto generamos un código el cual se adapta a los requerimientos suscritos, además posee una activación para memoria para utilizarlo con el HMI y además con un reset en caso de algún evento anormal.

En la figura 3.13 se puede observar toda la programación para activación/desactivación desde una misma entrada.

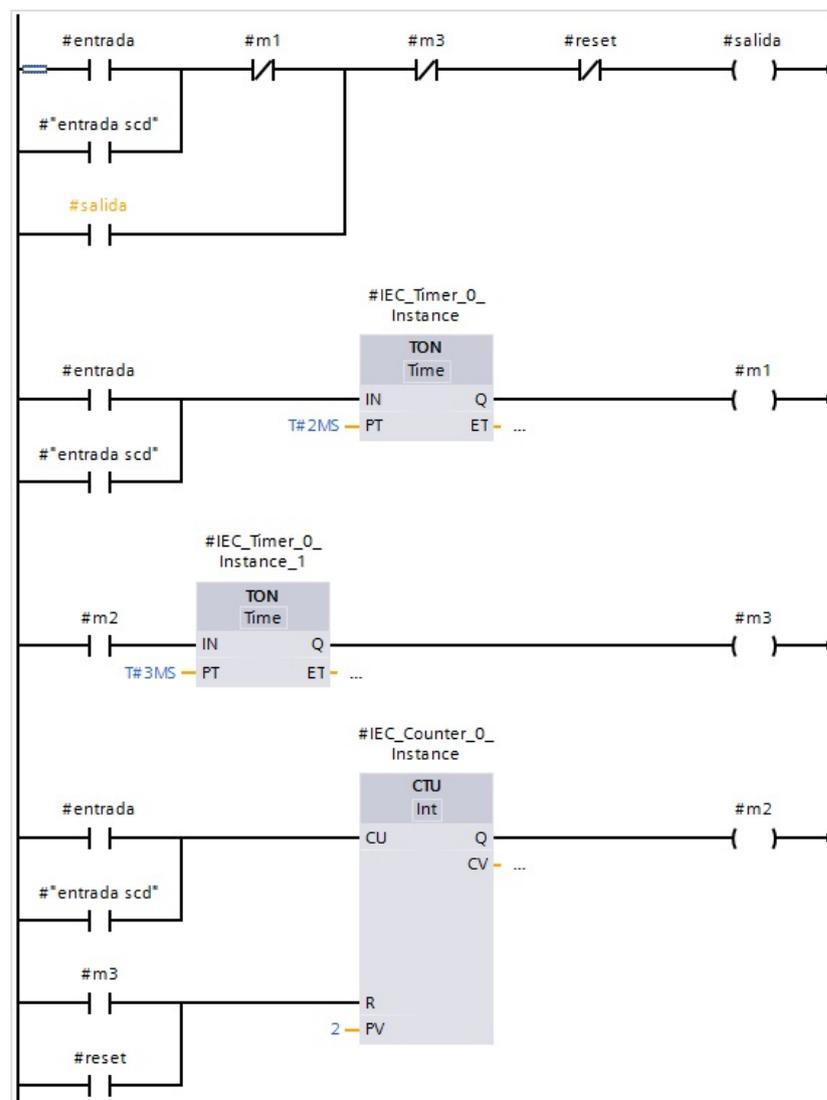


FIGURA 3.13. Activación/desactivación desde una misma entrada.

ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

Como se puede observar en el programa, ningún contacto, bobina o temporizador tienen un nombre específico, todos son multi-instancia, el contador tiene un límite de dos, al momento de ser aplastado una vez se activa la bobina #salida, cuando el contador ha contado dos veces, la bobina #m3 desactiva a la bobina #salida, el contacto #reset desactiva toda acción.

A continuación se muestra la utilización del bloque en distintos casos en las figuras 3.14 y 3.15.

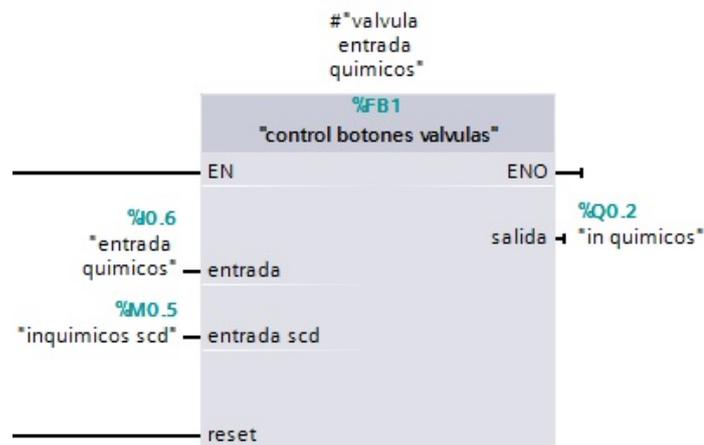


FIGURA 3.14. Utilización del bloque en distintos casos 1.
ELABORADO POR: Arroba, P y López, J.

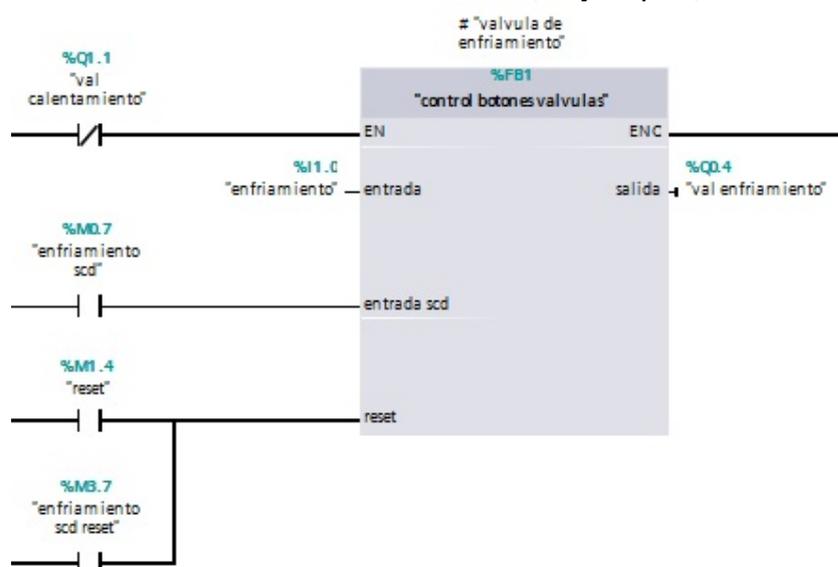


FIGURA 3.15. Utilización del bloque en distintos casos 2.
ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

En estos casos se puede observar las entradas y salidas físicas ya con nombre propio, todas están utilizando el bloque %FB1 que gestiona un solo grupo de memorias.

b) ESCALAMIENTO DE TEMPERATURA

Para poder transformar a unidades de ingeniería la entrada IW66 se tiene que escalar sus unidades.

La entrada analógica IW66 es una entrada de voltaje de 0 a 10 Vdc ya en el PLC sus valores son de 0 a 27648 unidades las cuales hay que aplicar una relación matemática para transformarlas de 0°C a 150°C.

c) PROGRAMACIÓN PID PARA EL CONTROL DE TEMPERATURA

El control de temperatura tiene que ser muy preciso, caso contrario repercutiría en la calidad del producto final, para un control exacto se utilizó un controlador PID, la entrada escalada anteriormente se utilizó para el input del controlador, la salida está direccionada en la QW80 (figura 3.16).

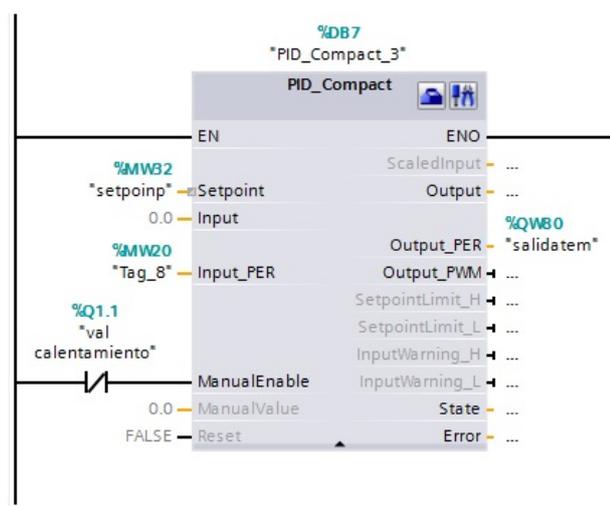


FIGURA 3.16. PID_compact.

ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

Los parámetros del controlador se obtuvieron utilizando el auto tuning proporcionado por el controlador que se presenta en la figura 3.17 como controla la variable de temperatura.

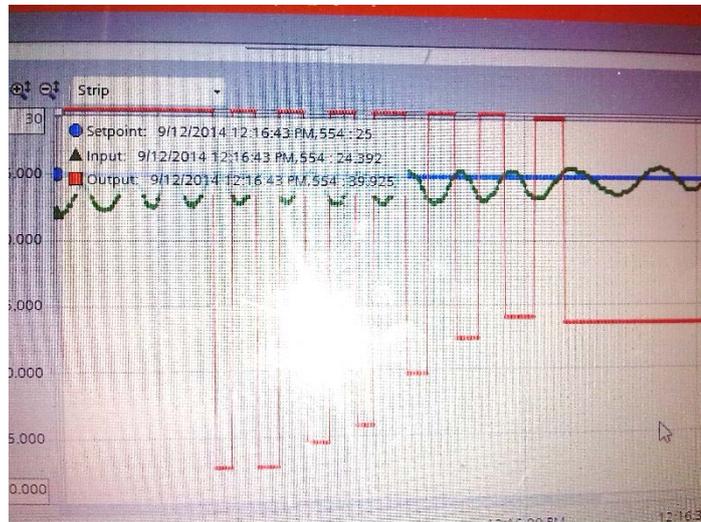


FIGURA 3.17. Auto tuning en proceso.
ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

3.2 DESARROLLO DEL HMI

Para la interfaz hombre máquina, se utilizaron diferentes paquetes computacionales que a continuación se detallan.

3.2.1 LAZARUS PASCAL

Lazarus es una plataforma para desarrollo de proyectos de Free Pascal. Este es un compilador de GPL que se ejecuta en Linux, Win32, OS. Free Pascal está diseñado para ser capaz de entender y compilar la sintaxis de Programación Orientada a Objetos la cual le hace ideal para el desarrollo de aplicaciones bajo software libre.

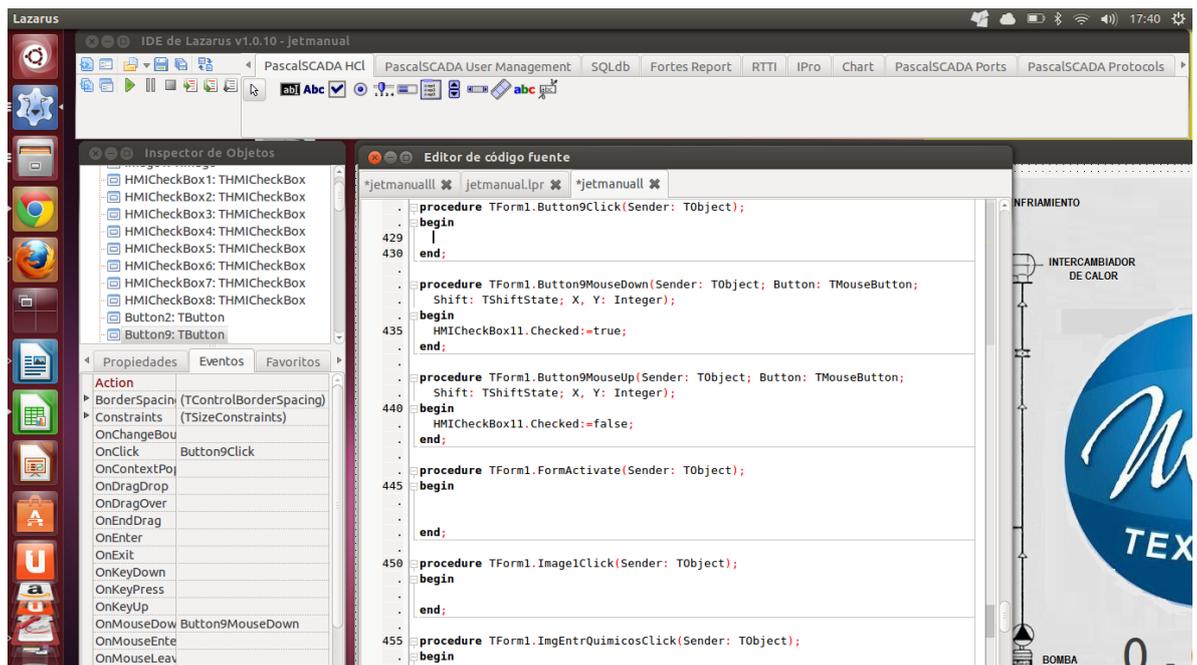


FIGURA 3.18. Plataforma de Lazarus Pascal
ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

3.2.2 PASCALSCADA

PascalSCADA es un un framework para Lazarus para el desarrollo de interfaces HMI como se observa en la imagen.

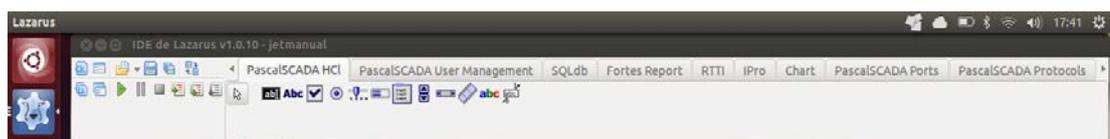


FIGURA 3.19. Librerías de PascalScada sobre Lazarus.
ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

3.2.3 COMUNICACIONES

PascalSCADA utiliza varios tipos de protocolos de comunicación para el enlace con los diferentes tipos de PLC Siemens que existen en el mercado, en nuestro caso utilizamos una comunicación Ethernet con un PLC Siemens 1200. En la figura 3.20 se observa los diferentes tipos de comunicación que ofrece el software.



FIGURA 3.20. Protocolos de Comunicación PascalSCADA.
ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

3.2.4 DISEÑO DE LA INTERFAZ HMI

Para el diseño de HMI se genera las Tags de las memorias del PLC las cuales nos permiten controlar las salidas físicas del PLC como se observa en la figura 3.21.

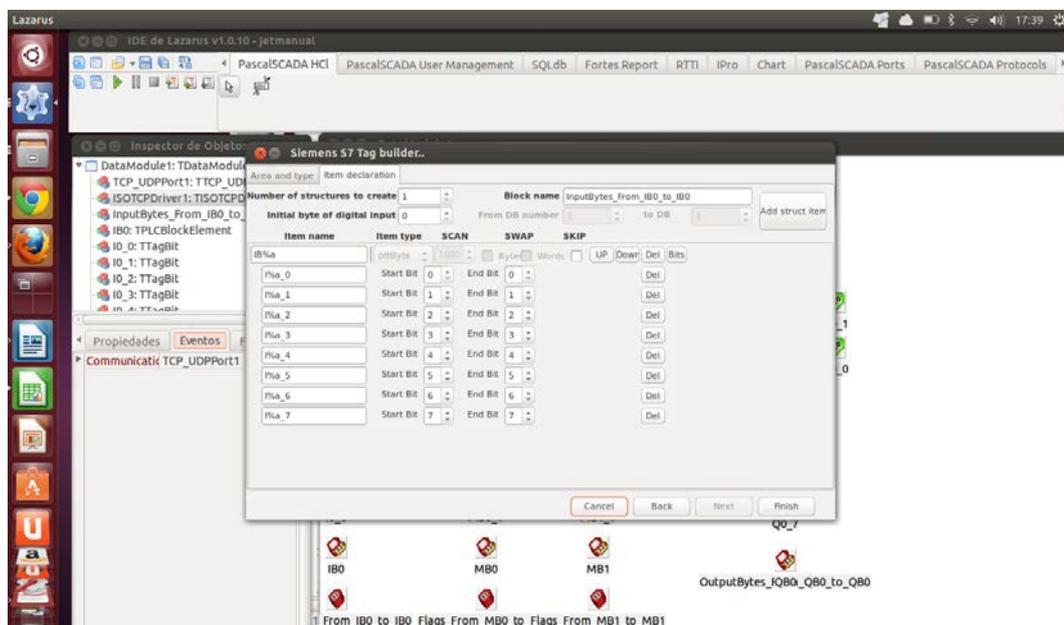


FIGURA 3.21. Generación de Tags con PascalSCADA.
ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

Para la diseño de la Interfaz gráfica se procedió a programar en lenguaje Pascal el mismo que permitió realizar las animaciones y manipular las tags de las memorias del PLC como se muestra en la figura 3.22.

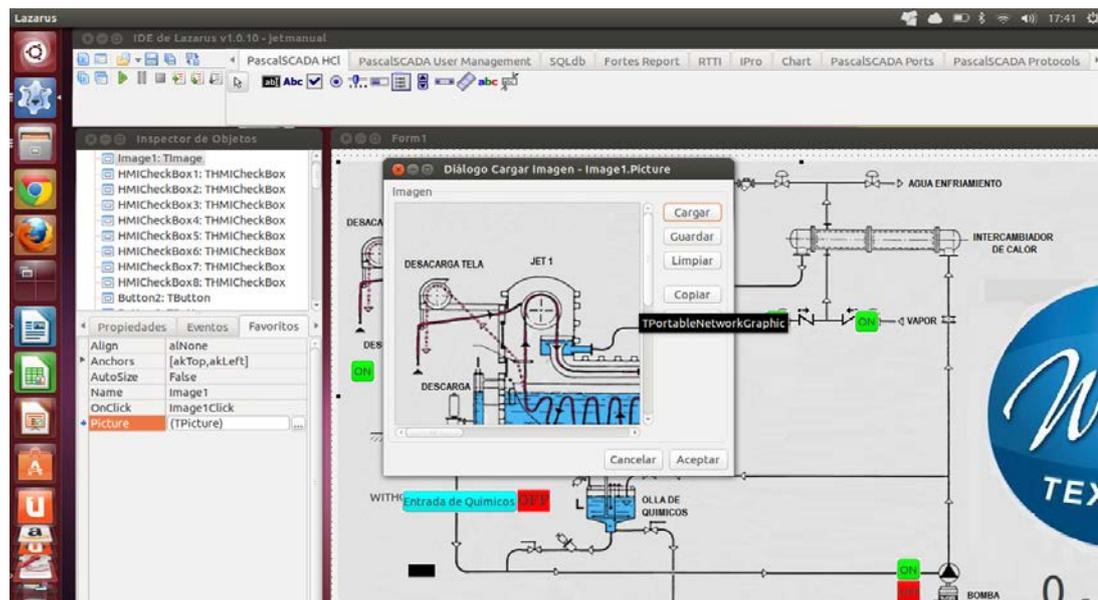


FIGURA 3.22. Lazarus y PascalSCADA.
ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

3.2.5 PROGRAMACIÓN DEL HMI DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD DE TELA.

Los programas que se utilizaron para el desarrollo de la HMI del sistema de control de calidad de tela son el OpenCV y QT Creator los cuales se indican a continuación.

a) QT CREATOR

Es una multiplataforma de entorno Integrado la cual posee un editor de código que soporta C++, QML y ECMAScript. Su entorno de diseño de forms para proyectos C++ permite diseñar rápidamente interfaces gráficas para aplicaciones. Esta posee una licencia LGPL de software libre.

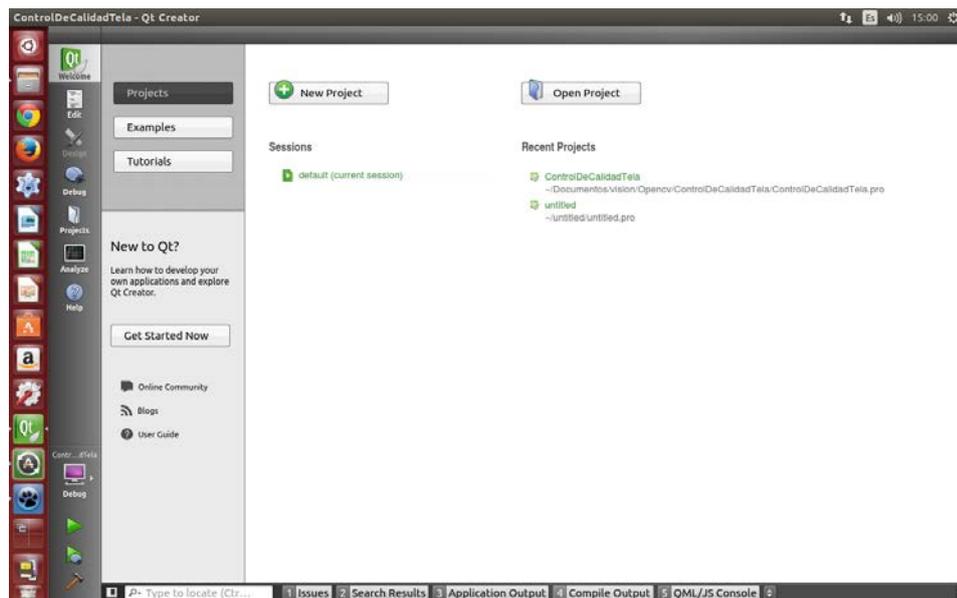


FIGURA 3.23. Plataforma de Qt Creator.
ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

b) OPENCV

Es una biblioteca de programación dirigida a la visión por ordenador, Es gratuito para uso bajo el código abierto. La biblioteca es multiplataforma y se centra principalmente en tiempo real de procesamiento de imágenes.

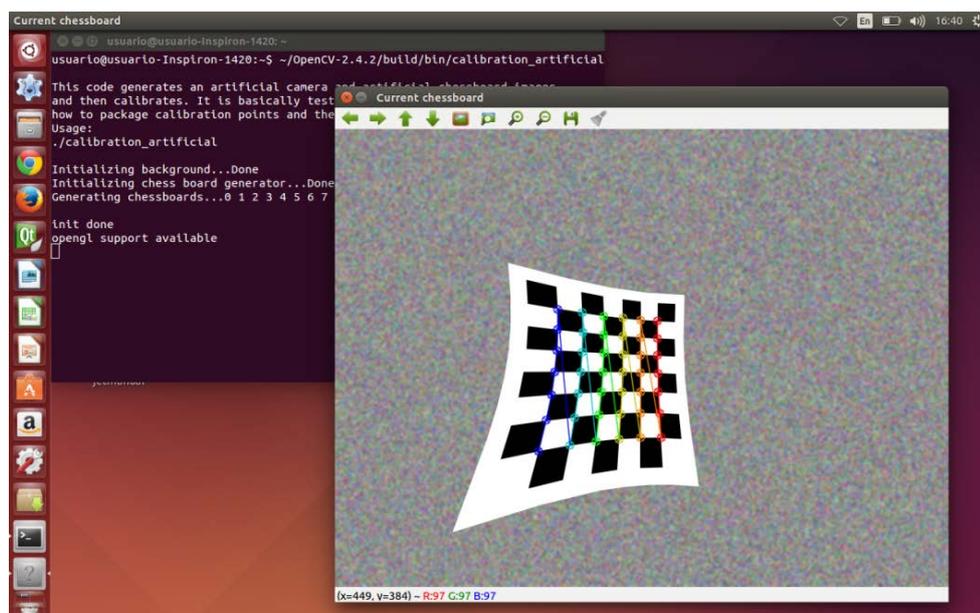


FIGURA 3.24. OpenCV desde el terminal de Ubuntu.
ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

Para la realización de la interfaz gráfica se enlazó OpenCV con QT Creator como se observa en la figura 3.25.

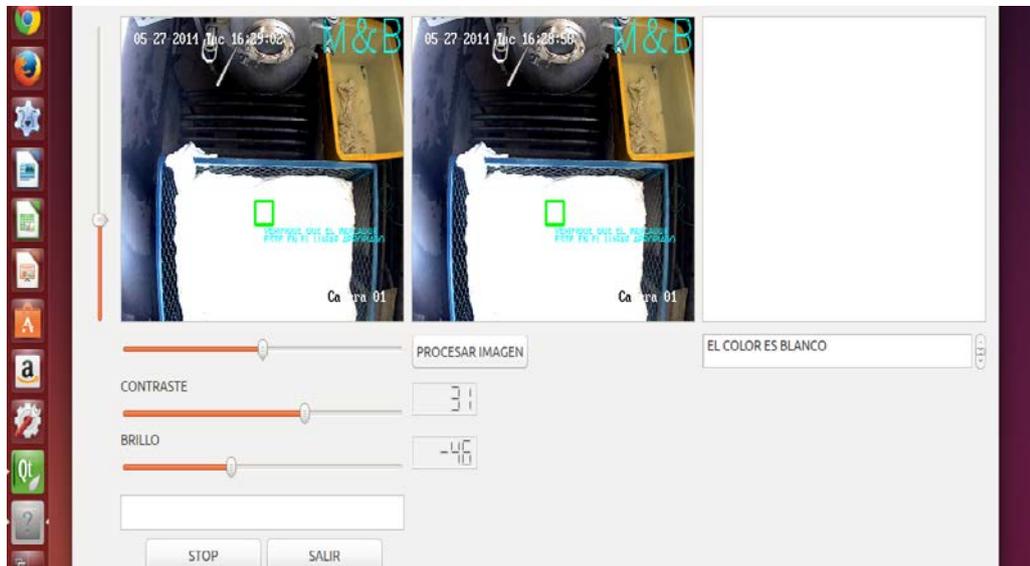


FIGURA 3.25. Interfaz realizada con QT Creator y OpenCV.
ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

El proceso de funcionamiento del control de calidad de la tela se presenta en diagrama de flujo de la figura 3.26.

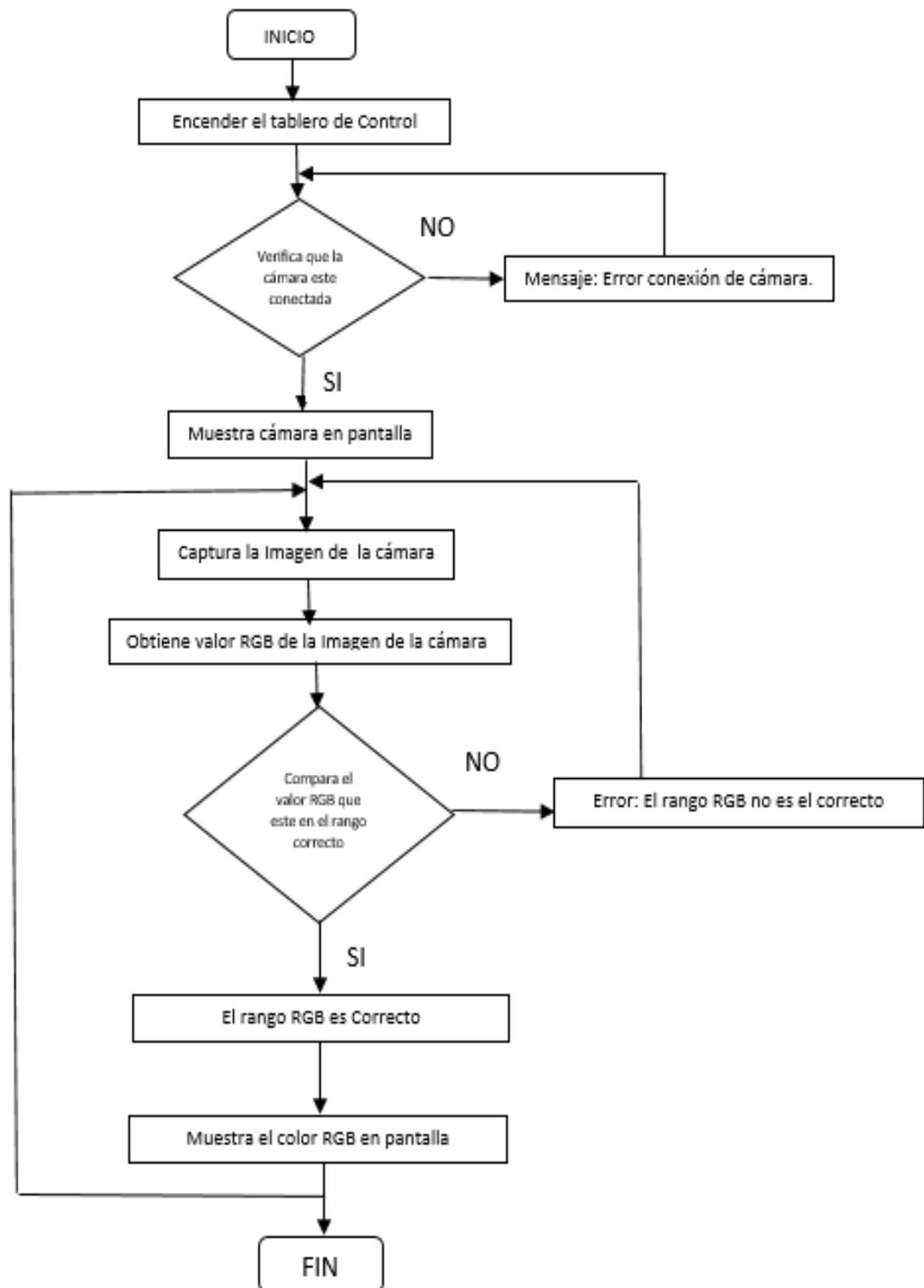


FIGURA 3.26. Diagrama flujo del Control de Calidad de la Tela.

ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

3.2.6 HMI ENTORNO FINAL

A continuación en la figura 3.27 se indica la pantalla principal de la interfaz gráfica del Proceso.

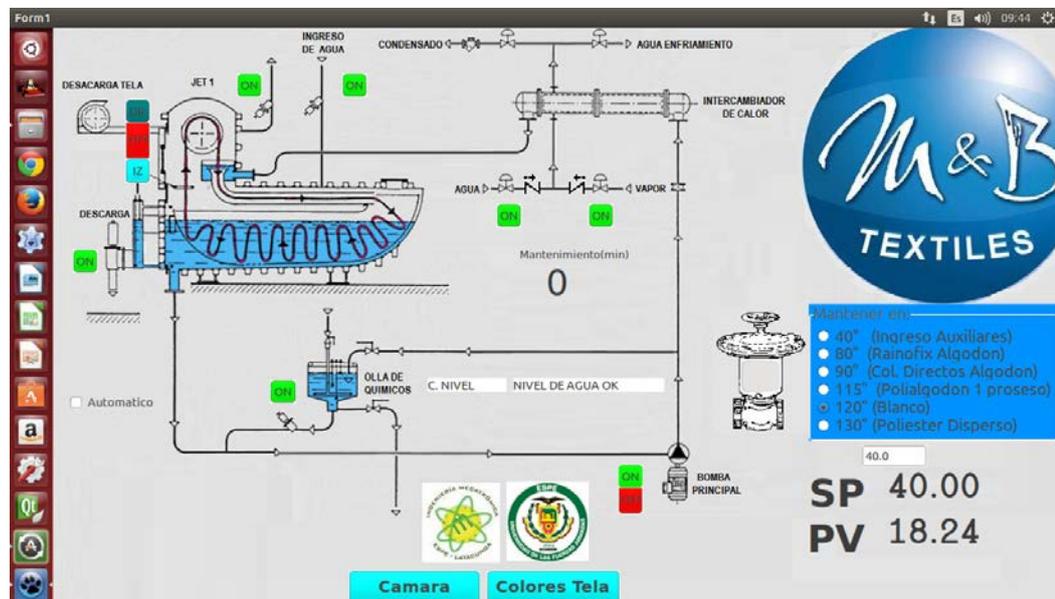


FIGURA 3.27. HMI Entorno final.

ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

En la interfaz gráfica los botones de Cámara y Colores Tela nos enlazan con subprogramas, los mismos que son el Control de calidad de Tela, Fórmulas de Colores los cuales se observan en las figura 3.28 y 3.29.

FIGURA 3.28. HMI Formulas de Colores

ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

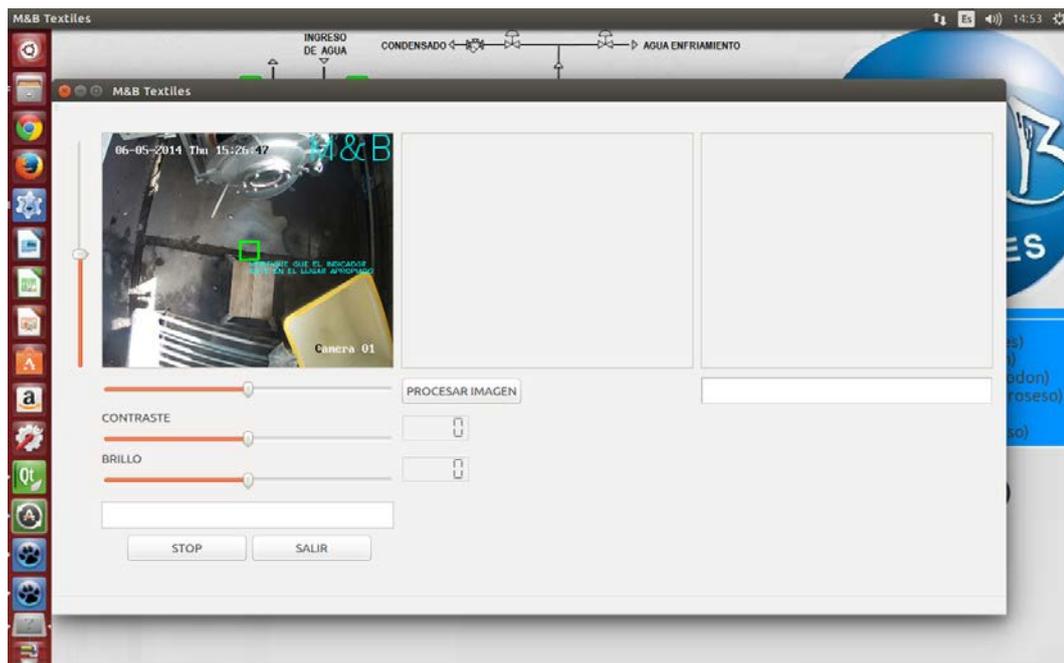


FIGURA 3.29. HMI Control de Calidad de la Tela.
ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

3.3 CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO

La parte más importante del sistema mecánico es la base de la banda transportadora ya que soporta los torniquetes, motor y sistema de tracción.

3.3.1 TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN.

La construcción de las partes constituyentes de la banda transportadora se realizó en su totalidad en un taller de soldadura externo de la empresa, en el cantón Ambato en la provincia de Tungurahua. En la tabla 3.1 se indica las máquinas y equipos que se utilizaron en la construcción de la banda transportadora.

TABLA 3.1.

Máquinas y equipos

DESIGNACION	MAQUINA Y/O EQUIPO	CARACTERISTICAS
M1	Tronzadora Dewalt Modelo: D28710	Tensión: 110 – 115 V Potencia absorbida: 2200 W Velocidad: 3800 r.p.m Diámetro de disco: 14 in
M2	Soldadora Lincon Electric Modelo: AC 225	Tensión: 110 – 220 V Amperaje: 40 – 225 A
M3	Amoladora Dewalt Modelo: Dwe4020b3	Tensión: 110 – 115 V Potencia absorbida: 800 W Velocidad: 12000 r.p.m Diámetro de disco: 4 ½ in
M4	Torno CEM 500*1500 mm	Tensión trifásica: 220 V Potencia: 3000 W Máx. Diámetro del husillo: 1 ½ in
M5	Taladro Dewalt Modelo: Dw508s	Tensión: 110 – 115 V Potencia: 650 W Velocidad sin carga: 0-2600 r.p.m Admisión de útiles: 1,5 – 13 mm

ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

3.3.2 OPERACIONES TECNOLÓGICAS

Las operaciones tecnológicas están conformadas por las diferentes actividades orientadas a la obtención de un elemento específico de la máquina, que posteriormente, en el proceso de montaje conformarán la banda transportadora de tela.

TABLA 3.2.

Operaciones tecnológicas

N.- DE OPERACIÓN	OPERACIONES
1	Medición y trazado
2	Corte del material: por tronzadora
3	Limpieza de rebabas: amoladora o lima
4	Torneado
5	Taladrado
6	Grateado
7	Unión de partes (Soldadura)
8	Nivelado
9	Montaje

ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

3.3.3 CURSOGRAMA SINÓPTICO DE LA CONSTRUCCIÓN

El cursograma sinóptico que se presenta a continuación representa las operaciones tecnológicas que se siguen en las etapas de construcción de la banda transportadora de tela. Las operaciones en la construcción no tienen un orden, se ejecutan conforme avanza la construcción. El tiempo empleado en cada operación se indica a la izquierda de la operación en minutos. Para la comprensión del cursograma se utiliza la nomenclatura de la tabla 3.3.

TABLA 3.3.

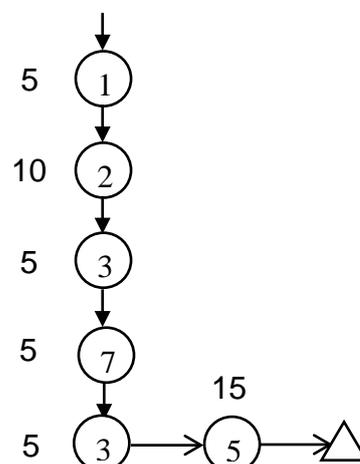
Nomenclatura del cursograma

Símbolo	Significado
○	Operación tecnológica
□	Inspección
→	Traslado o transporte
△	Almacenamiento
⤵	Espera

ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

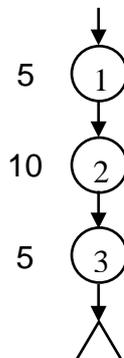
a. Placa de sujeción

Plancha 300x120x5 mm x2



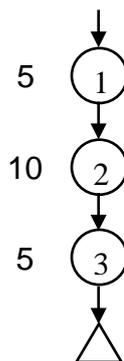
b. Base principal

Tubo rectangular 150*75*3 mm x2



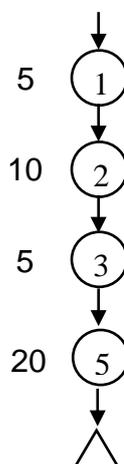
c. Viga de apoyo

Perfil G 90*40*3 L *1400 mm x2

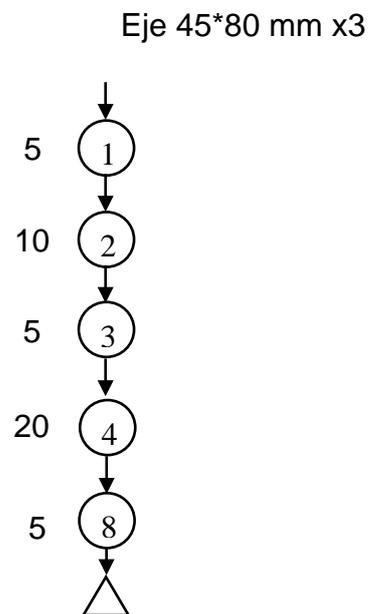


d. Base motor

Perfil G 90*40*3 L*300 mm x2



e. Catalinas de tracción

**3.3.4 CURSOGRAMA DE MONTAJE**

El montaje de los diferentes componentes de la banda transportadora se describe en la tabla 3.4.

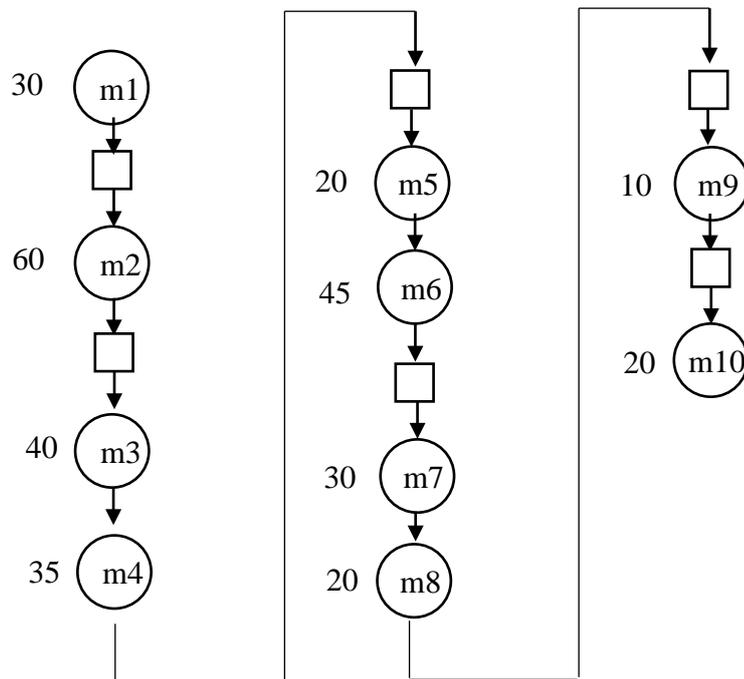
TABLA 3.4.

Operaciones de montaje

OPERACIONES DE MONTAJE	CODIGO
Soldadura de placa de sujeción con base principal	m1
Soldadura de viga de apoyo con base principal	m2
Soldadura de base motor con base principal	m3
Montaje de motor	m4
Montaje de chumaceras	m5
Montaje de torniquetes	m6
Montaje de las catalinas	m7
Montaje de las cadenas	m8
Montaje de la protección de cadena	m9
Montaje final de la banda	m10

ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

a. Diagrama de montaje



3.3.5 CONSTRUCCIÓN DE LA BASE PRINCIPAL

La base principal se dividió en dos partes para su construcción. Las dos partes son simétricas para tener un doble punto de apoyo el cual cuenta con una placa de acero para la sujeción al piso (figura 3.30), que se pensó principalmente para disminuir vibraciones (figura 3.31). El material utilizado en esta construcción es el acero Inoxidable AISI 316L proporcionado por la empresa



FIGURA 3.30. Placa para sujeción.
ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.



FIGURA 3.31. Base principal soldada con la placa de sujeción.
ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

3.3.6 SOLDADURA DE LA VIGA DE APOYO PARA COMPONENTES

De acuerdo al diseño, los componentes van montados en las vigas de apoyo, las cuales se procedieron a soldar en la parte superior de las bases (figura 3.32).



FIGURA 3.32. Viga soldada a la base principal
ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

3.3.7 UNIÓN DE LA BASE IZQUIERDA Y DERECHA

Para que tenga una buena resistencia a todas las fuerzas que va hacer sometida la base, se procede a soldar las dos partes con el mismo perfil g de las vigas y un tubo en la parte inferior (figura 3.33).



FIGURA 3.33. Soldadura de la base izquierda y derecha.
ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

3.3.8 ENSAMBLAJE DE LAS PARTES MECÁNICAS

Las partes mecánicas están constituidas por los dos torniquetes y el moto-reductor, cada torniquete se ubica en las partes exteriores de las vigas, mientras el motor se encuentra en la parte central como se puede observar en la figura 3.34.



FIGURA 3.34. Ensamblaje partes mecánicas.
ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

3.3.9 ENSAMBLAJE PARTES ELÉCTRICAS

La banda necesita un pequeño control eléctrico el cual va montado en un gabinete metálico, además necesita caja de pulsadores (figura 3.35).



FIGURA 3.35. Ensamblaje partes eléctricas.
ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

3.3.10 ENSAMBLAJE FINAL

La máquina totalmente ensamblada con la ubicación de todos los elementos mecánicos y eléctricos, lista para transportar la tela dentro de la centrífuga la cual se puede observar la comodidad que el operador trabaja (figura 3.36).



FIGURA 3.36. Ensamblaje final.
ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

CAPÍTULO IV

4. PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1 PRUEBA DE CONTROL DE CALIDAD DE LA TELA

Después de haber realizado el montaje de la cámara, las conexiones de la red y la programación del sistema de visión por computadora se procedió a realizar pruebas de funcionamiento del mismo.

4.1.1 PRUEBA DE CONEXIÓN DE LA CÁMARA.

Con la ayuda de la interfaz gráfica se puede indicar al operador si existe un problema en la conexión de la cámara mediante un mensaje como se indica en la figura 4.1.

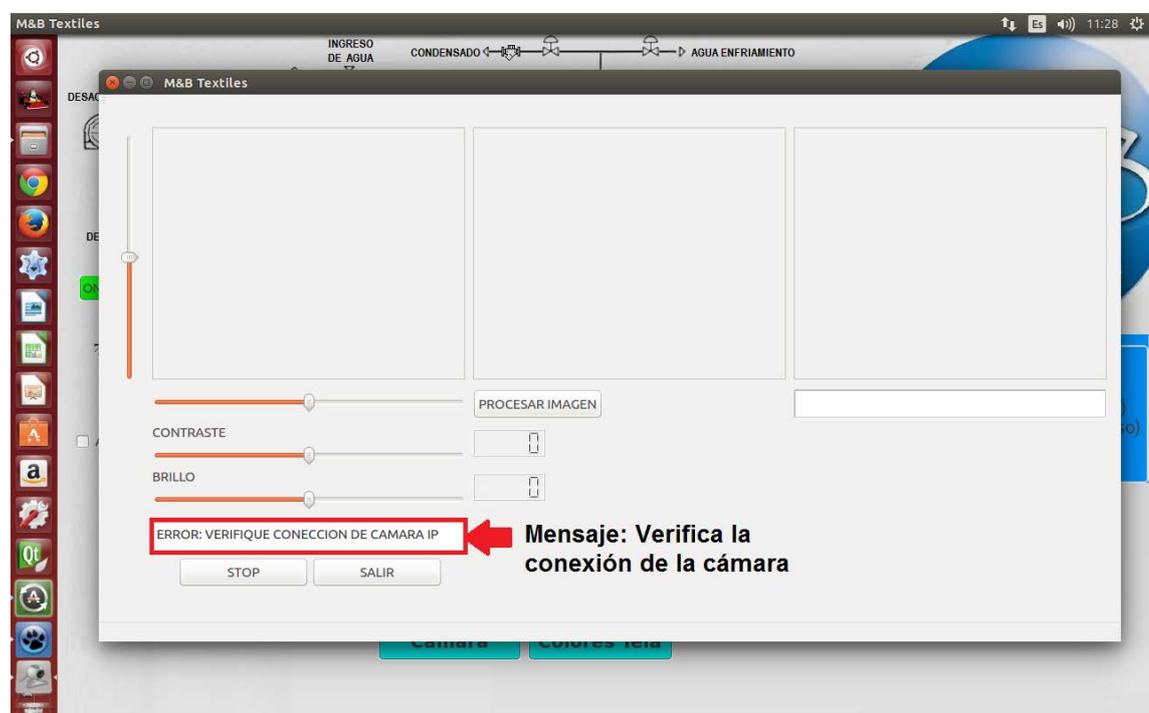


FIGURA 4.1. Verificación de conexión de Cámara.
ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

4.1.2 PRUEBA DE DETECCIÓN DE COLOR TELA

Para las pruebas de detección de color se tomaron varias muestras verificando que el programa de visión por computadora detecte los diferentes patrones de los colores como se indican en las figuras de la 4.2 a la 4.5.

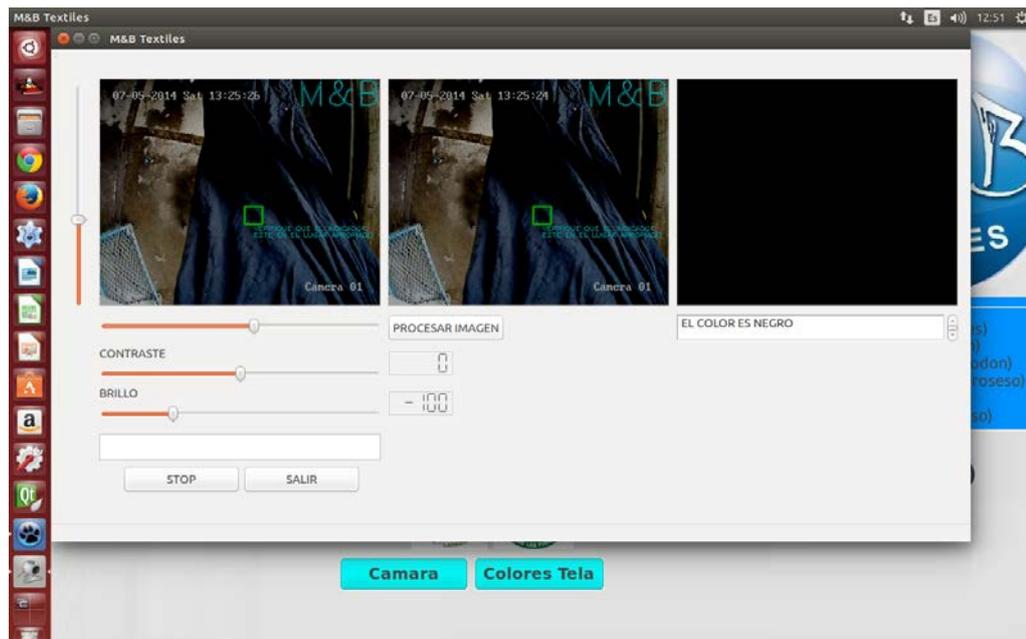


FIGURA 4.2. Detección de Color Negro.
ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

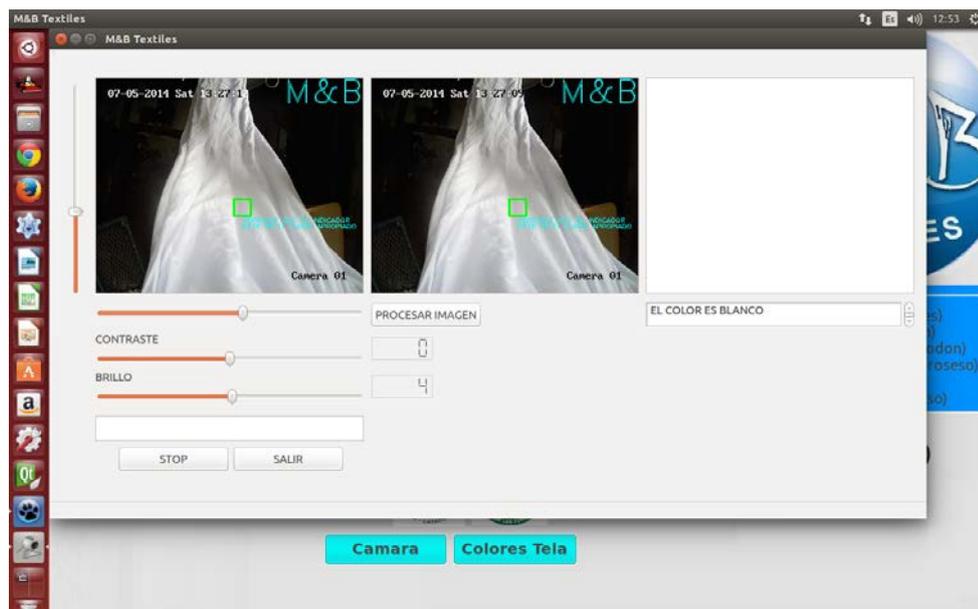


FIGURA 4.3. Detección de Color Blanco.
ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

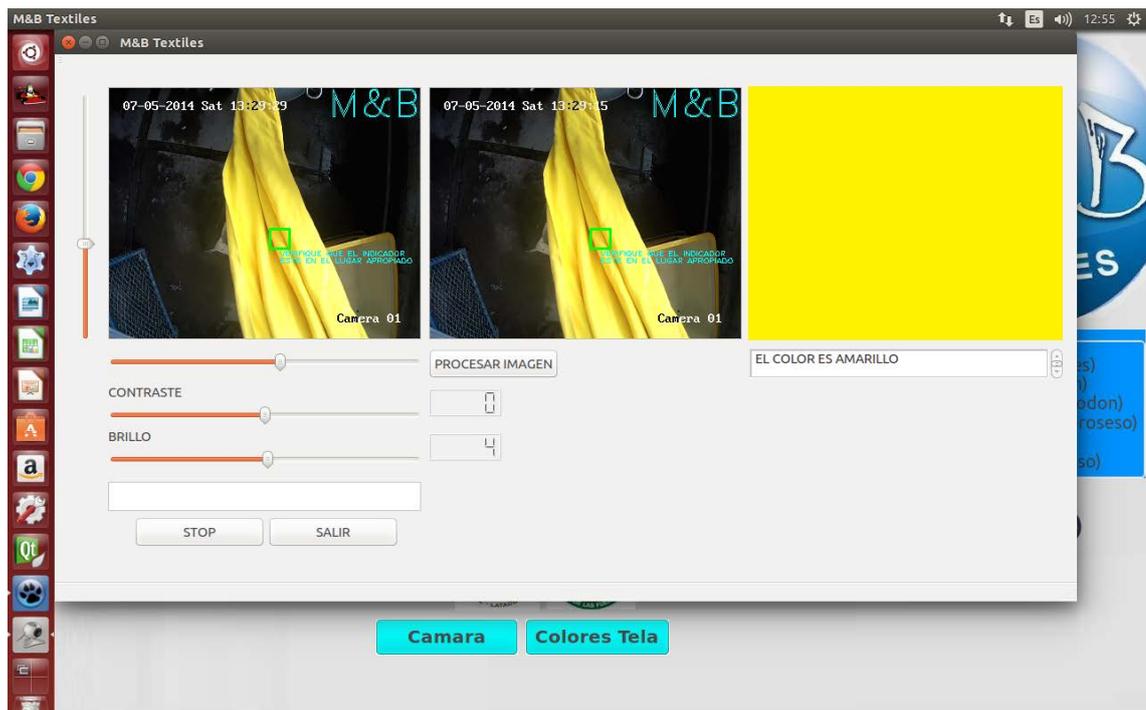


FIGURA 4.4. Detección de Color Amarillo.
ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

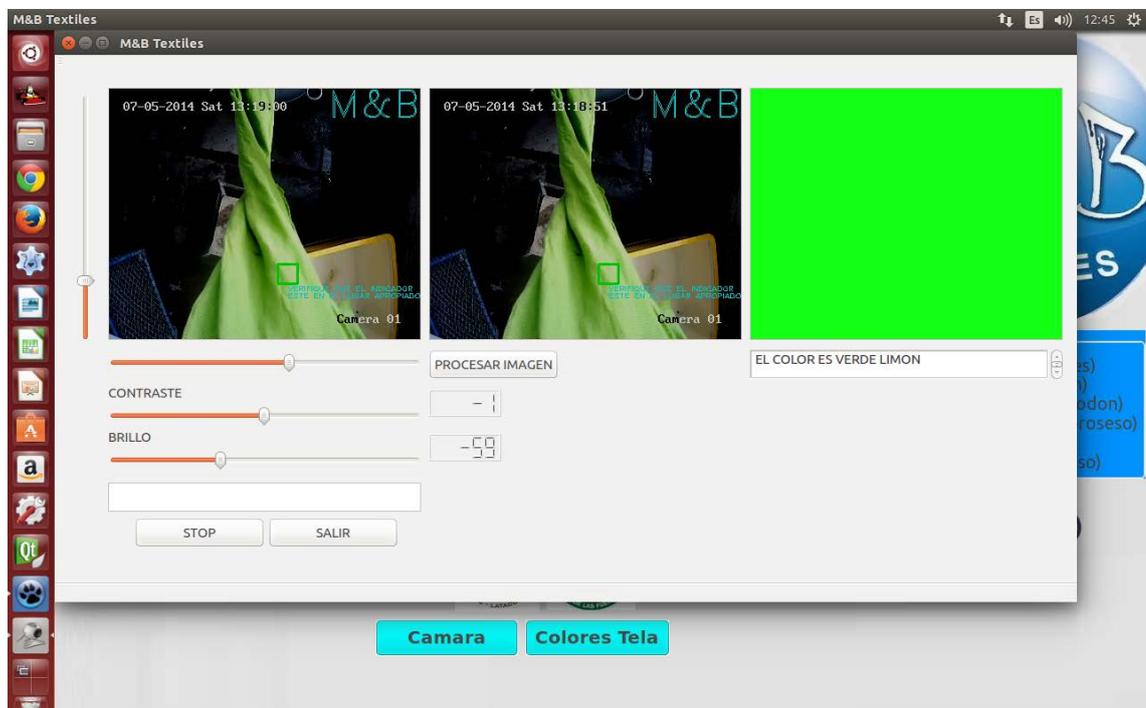


FIGURA 4.5. Detección de Color Verde Limón.
ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

Si el color no cumple con los parámetros del valor RGB aproximado en cada tono de color pregrabado en el software entonces el programa da un aviso al operador como se muestra en la figura 4.6.

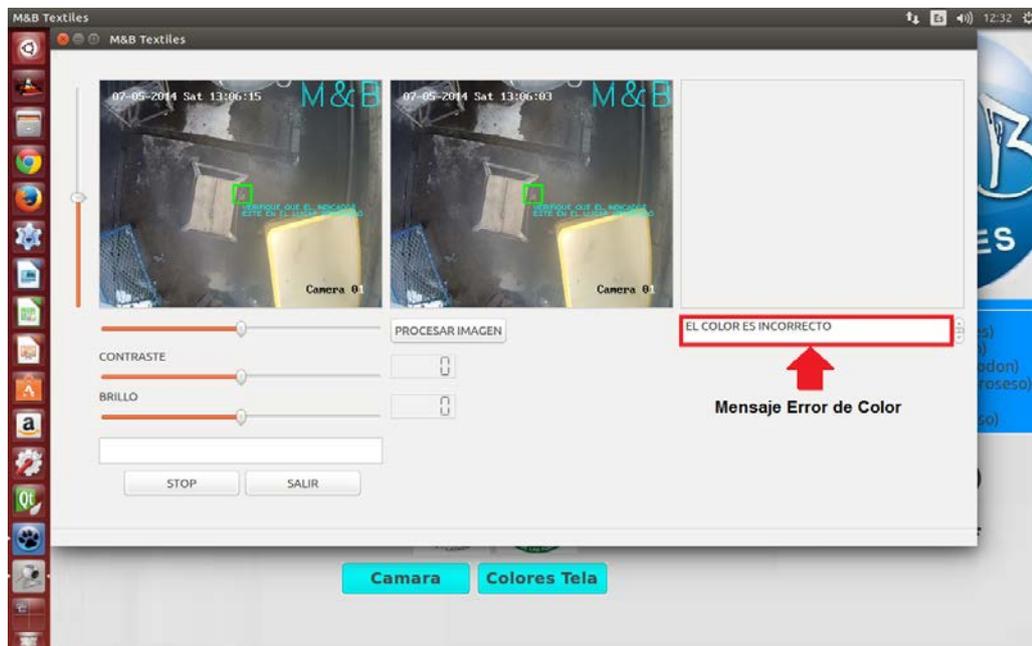


FIGURA 4.6. Mensaje de Error de Color.
ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

4.2 PRUEBA DE FÓRMULAS DE COLORES.

Para la generación de los ingredientes de los colores se procedió a ingresar las fórmulas a un programa que permite calcular la cantidad de químicos para cualquier valor ingresado por el operador; este también da los pasos del proceso de tintura para el color indicado como se observa en la figura 4.7.

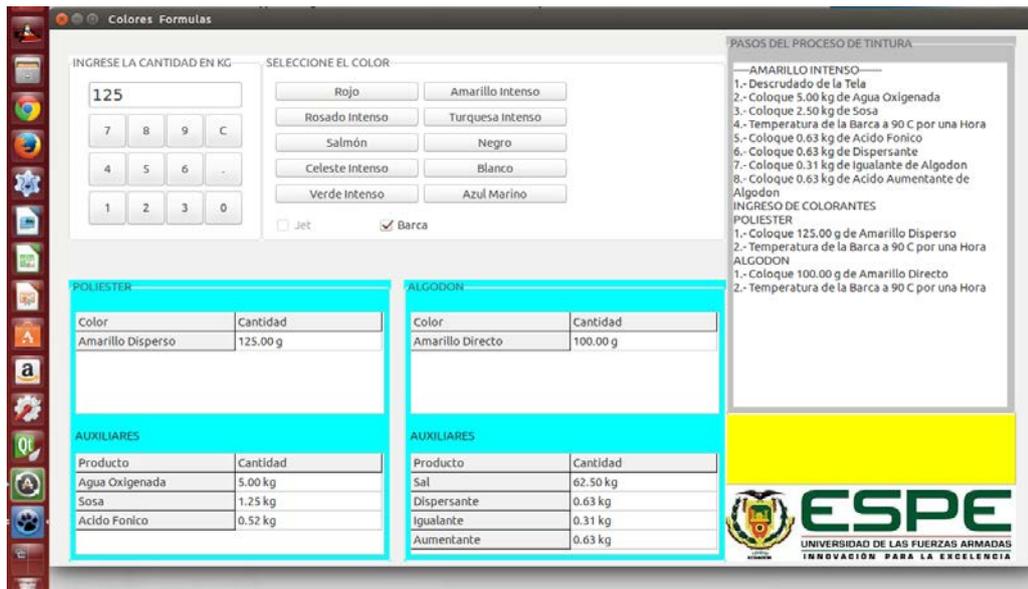


FIGURA 4.7. Colores Fórmulas y Pasos de Tintura.

ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

4.3 PRUEBAS DE ALARMA DE FALLA DE RELÉ-TÉRMICO Y VARIADOR DE FRECUENCIA.

Para las pruebas de alarma de falla de relé térmico y variador de frecuencia forzamos los contactos para simular la falla y poder visualizar en la interfaz gráfica de usuario, las mismas se pueden observar en las figuras 4.8 y 4.9.

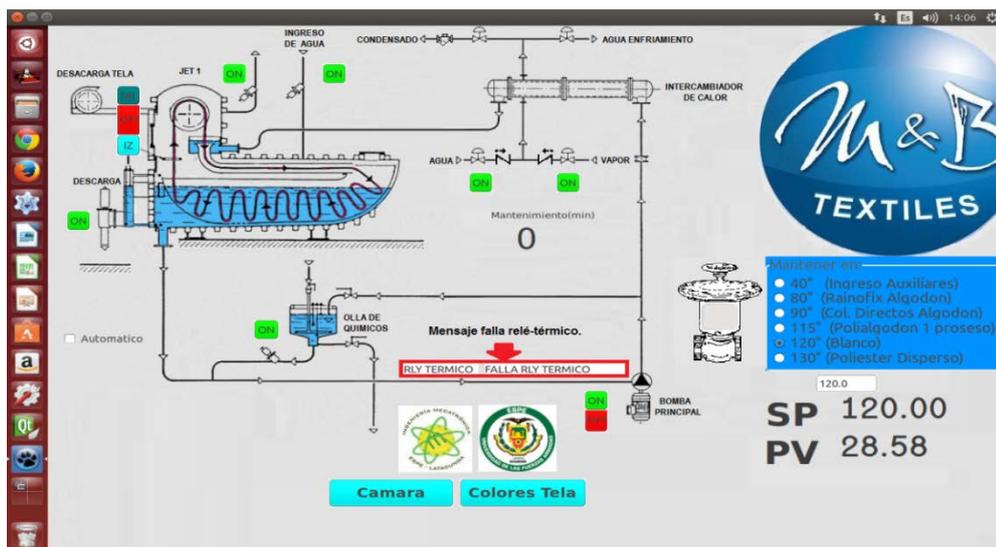


FIGURA 4.8. Falla Relé Térmico.

ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

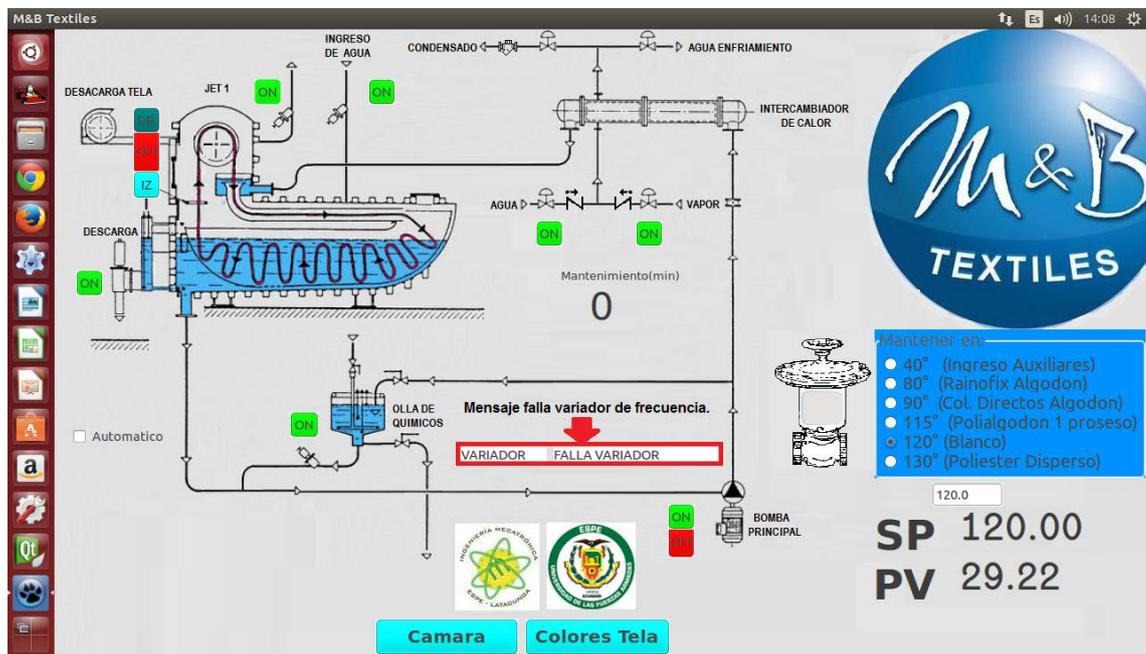


FIGURA 4.9. Falla Variador de Frecuencia.
ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

4.4 PRUEBAS DEL CONTROLADOR DE TEMPERATURA.

Para realizar las pruebas del controlador de temperatura, se culminó con el proceso de automatización por completo ya que se tiene que realizar las pruebas bajo los parámetros reales de funcionamiento, en la figura 4.10 se puede observar en el HMI como mantiene la temperatura del proceso con un mínimo error y a su vez se puede ver la animación del porcentaje de apertura de la válvula de vapor.

- 1.- Válvula totalmente cerrada. (Ver figura 4.10)
- 2.- Valor del proceso igualado al set point. (Ver figura 4.10)

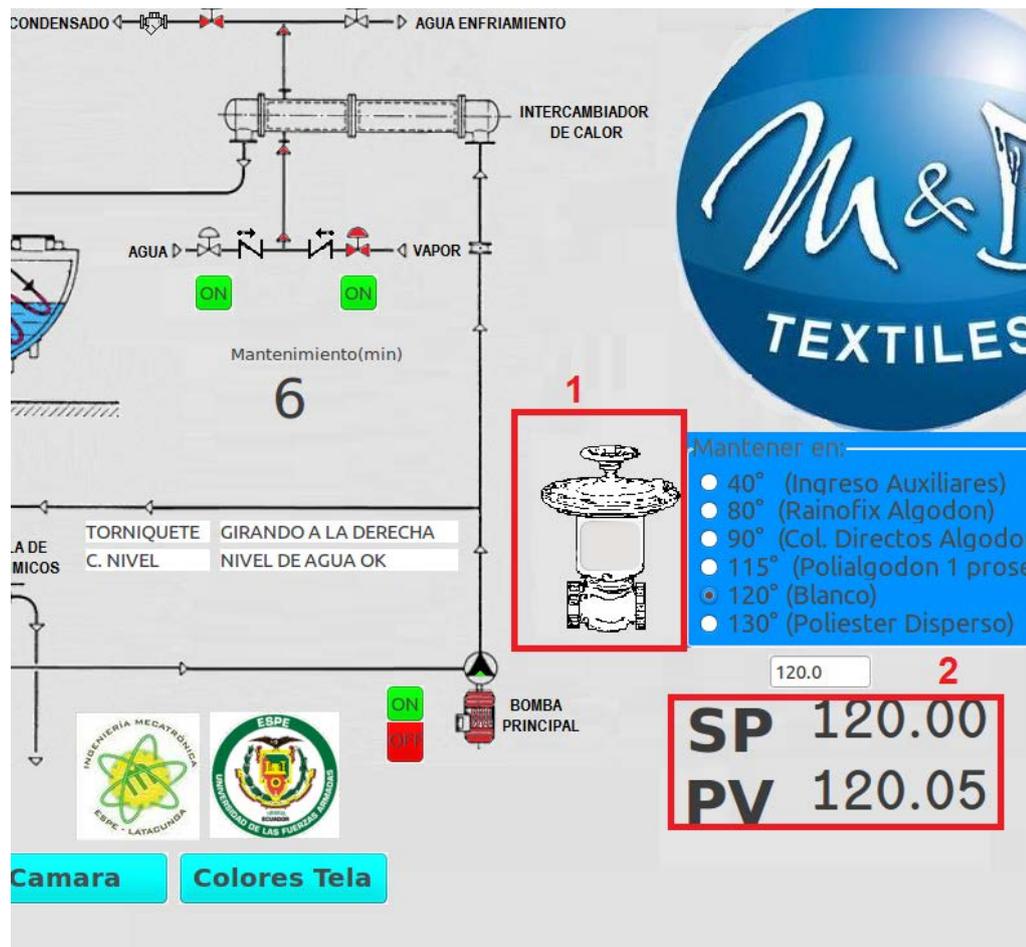


FIGURA 4.10. Pruebas del controlador de temperatura 1.

ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

En la figura 4.11 se muestra la animación del control de temperatura en funcionamiento donde:

- 1.- Válvula abierta parcialmente.
- 2.- Valor del proceso menor al set point.

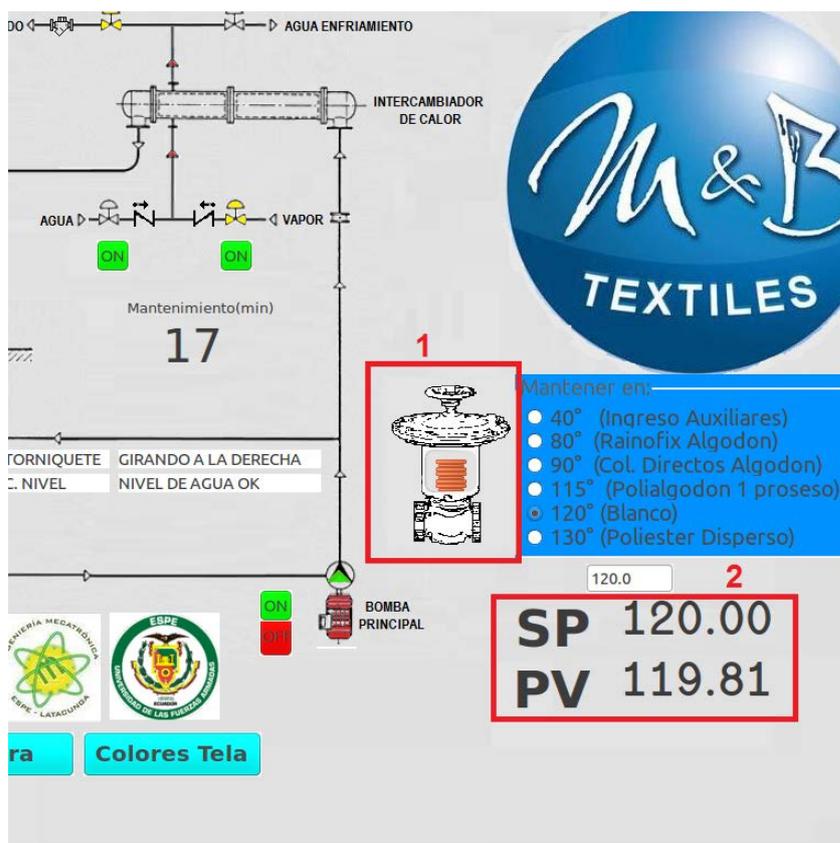


FIGURA 4.11. Pruebas del controlador de temperatura 2.
ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

4.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS.

4.5.1 ANTECEDENTES DE FORMULACIÓN DE COLORES.

Antes de la puesta en operación del sistema diseñado para el presente proyecto, la formulación de colores se realizaba de forma manual y presentaba varios inconvenientes para el personal de la empresa. El mayor inconveniente era el tiempo total que utilizaba el operador para el cálculo de las fórmulas detallado en la tabla 4.1.

TABLA 4.1.

Duración del cálculo de formulación de colores método antiguo.

Tarea	Tiempo (minutos)
Pesar la Tela	5
Calcular las Fórmulas	10
Pesar los Químicos	5
Total:	20

ELABORADO POR: Arroba, P y López, J.

Como se muestra en la Tabla 4.1., el tiempo estimado para realizar los cálculos de la fórmula de los colores es de 20 minutos.

4.5.2 ANTECEDENTES INGRESO Y EXTRACCIÓN DE LA TELA A LA CENTRÍFUGA.

En este proceso, el tiempo está limitado a la capacidad del trabajador ya que el mismo se lo realizaba de forma manual. Uno de los mayores inconvenientes es el desgaste físico que sufría el trabajador ya que todo el proceso dependía únicamente él. Los tiempos de ingreso y extracción están indicados en la tabla 4.2.

TABLA 4.2.

Ingreso y Extracción de la tela de la centrifuga método sin automatización.

Tarea	Tiempo (minutos)
Ingreso de tela a la Centrifuga	4
Extracción de tela de la Centrifuga	4
Total:	8

ELABORADO POR: Arroba, P y López, J.

4.5.3 TIEMPOS OPERATIVOS DEL JET SIN AUTOMATIZACIÓN.

El mayor inconveniente en este proceso era que todas las válvulas se accionaban de forma manual, el operador tenía que calcular el tiempo

aproximado para ir haciendo cado uno de los procesos de tintura de tela el cual afectaba la calidad tela tinturada. El tiempo operativo del jet se muestra en la tabla 4.3.

TABLA 4.3.

Proceso de Tintura Jet método antiguo.

Tarea	Tiempo
Proceso de Tintura Jet	3 horas con 30 minutos

ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

4.6 BENEFICIOS OBTENIDOS CON LA AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE TINTURADO.

Con la automatización de proceso de tintura se redujo notablemente el tiempo de tintura en el jet y se mejoró la calidad del producto final.

En primer lugar se redujo el tiempo del cálculo debe ser de formulación de colores como se muestra en la tabla 4.4.

TABLA 4.4.

Tiempo requerido para el cálculo de formulación de colores método nuevo.

Tarea	Tiempo (minutos)
Pesar la Tela	5
Calcular las Fórmulas	0
Pesar los Químicos	5
Total:	10

ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

Como se observa en la Tabla 4.4, el tiempo para el cálculo de formulación de colores es de 10 minutos, reduciéndose en un 50% con el sistema implementado.

En segundo lugar con la banda transportadora de tela se redujo el tiempo de ingreso y extracción de la tela a la centrífuga como se muestra en la tabla 4.5.

TABLA 4.5.

Ingreso y Extracción de la tela de la centrifuga método nuevo.

Tarea	Tiempo (minutos)
Ingreso de tela a la Centrifuga	3 minutos 30 segundos
Extracción de tela de la Centrifuga	3 minutos 30 segundos
Total:	7

ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

Como se muestra en la tabla 4.5, el tiempo actual es de tres y medio minutos con lo que reduce en 12% los tiempos de ingreso y extracción de tela, cabe recalcar que el trabajo físico de operador disminuyó notablemente.

En tercer lugar los tiempos operativos del jet disminuyeron de 3 horas con 30 minutos a 2 horas con treinta minutos lo cual produjo una disminución de 28,57 % en el consumo eléctrico.

TABLA 4.6.

Proceso de Tintura Jet método nuevo.

Tarea	Tiempo
Proceso de Tintura Jet	2 horas con 30 minutos

ELABORADO POR: Arroba, P. y López, J.

Por último el sistema de control de calidad de la tela ayuda a verificar que el color sea el correcto por ende mejora la calidad del producto final.

El consumo de agua en el proceso de tinturado se mantiene constante ya que la máquina opera a un cierto nivel de agua.

4.7 ESTUDIO ECONÓMICO

El presente proyecto contó con el apoyo económico de la M&B TEXTILES, en la tabla 4.7 se detallan todos los materiales utilizados en el proyecto.

TABLA 4.7.
Estudio económico.

Descripción	Cantidad	Valor	Valor
CPU 1214C	1	660	660
Variador de frecuencia LS	1	450	450
Logo power 24v	1	107	107
Contactores	5	44.5	222.5
Relés de control	10	6.3	63
Relé de nivel	1	75.23	75.23
PT100	1	90	90
Transductor de Ω/I	1	30	30
Breakers	6	6.4	38.4
Botoneras	12	4.3	51.6
Luz piloto	7	3.7	25.9
Gabinete plástico	1	95	95
Canaleta ranurada	1	22.7	22.7
Riel DIN	5	3.2	16
Tubo EMT $\frac{3}{4}$	16	4.1	65.6
Tubo EMT 1 $\frac{1}{2}$	1	9.4	9.4
Funda sellada $\frac{3}{4}$	5	4.2	21
Funda sellada 1 $\frac{1}{2}$	1	28.7	28.7
Alambre # 18	6	14.3	85.8
SB1224 Signal board	1	173	173
PC	1	200	200
Borneras # 18	80	0.7	56
Borneras # 8	10	1.6	16
Ventilador tablero	1	16.3	16.3

Continúa 

Válvula paso aire	1	6.3	6.3
Repartidor de corriente	1	42.1	42.1
Cámara IP	1	200	200
Tiempo Ingeniería	500	5	2500
Total			5367.53

ELABORADO POR: Arroba, P y López, J

Todos los materiales que no se han detallado en la tabla 4.7 han sido proporcionados por la empresa M&B Textiles como el acero inoxidable, gabinete metálico, electro válvulas, etc. Al finalizar el estudio se observa que la inversión es muy rentable, ya que la automatización redujo tiempos de producción y aporta dinamismo al departamento de tintura.

4.8 VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS.

La hipótesis planteada para el proyecto es:

“Es posible automatizar la máquina de tintura tipo jet y conjuntar con una banda transportadora la centrífuga para la reducción de tiempos operativos y optimización de recursos del tinturado de tela de la empresa M&B textiles.”

Finalizada la construcción e implementación del proyecto en el área de tintura de tela de la Empresa M&B Textiles se verifica la hipótesis comprobando la reducción de los tiempos operativos en el proceso de tinturado de la tela. Además, con la implementación del sistema de visión por ordenador se mejoró la calidad del color de la tela logrando un producto más competitivo en el mercado. Con este proyecto se redujo el esfuerzo físico realizado por el operario al ingresar y extraer la tela de la centrífuga reduciendo también el tiempo con lo cual se optimizó y mejorando el proceso.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- En la prueba de control de calidad de la tela se comprobó que al cambiar la fuente de luz, los colores también cambian, esto se debe a que la luz afecta la longitud de onda del color por ende se tomó la decisión de trabajar con la luz del sol ya que cuando se trabaja con la luz artificial se tiene que cambiar las propiedades de brillo y contraste para obtener un color más aproximado al real.
- La luminosidad o brillo de un color es la capacidad de reflejar el blanco, este fenómeno varía dependiendo de las propiedades físicas de cada color, el mismo afecta el análisis de la visión por lo cual se tuvo que cambiar los niveles de brillo y contraste dependiendo el color.
- Para el procesamiento de color se utilizó el modelo RGB ya que este es el más idóneo para trabajar en ordenadores y mediante este se puede mostrar un color más real en el ordenador.
- La inversión del proyecto se recupera aproximadamente en dos meses, de este tiempo en adelante todos los recursos son ganancias para la empresa y para los trabajadores reflejados en utilidades de la misma.
- Con la implementación de la automatización se aumenta la producción total ya que se redujo el tiempo de tintura de tela y se mejoró la calidad.

- El HMI del proceso, al ser realizado bajo software libre representa un ahorro importante para realización del proyecto ya que una licencia de WinCC advance runtime 128 tags para la realización del HMI de Siemens cuesta aproximadamente 882 dólares, una licencia de Windows cuesta 200 dólares y la licencia del software de visión por computadora como Labview la licencia cuesta 1210 dólares, con esto se concluye que la empresa tuvo un ahorro de software propietario de unos 2292 dólares.
- La implementación de la interfaz gráfica de usuario permitió que el operador manipule fácilmente el proceso.
- Con la automatización del sistema se redujo hasta en un 30% el tiempo del proceso de tinturado de la tela, permitiendo aumentar la productividad, reducir el consumo energético y el trabajo del operador.

5.2 RECOMENDACIONES

- Al analizar las muestras de tela, se debe tener un ángulo de incidencia con la cámara para que esta observe el color más exacto.
- Realizar cada seis meses una limpieza de contactos y reajuste de borneras para prolongar la vida útil del tablero de control.
- Durante la prueba de control de calidad de la tela verificar la conexión de la cámara y que la misma no este empañada para su correcto funcionamiento ya que esto puede afectar el análisis de la visión.
- Cuando el proceso esté en modo manual verificar que el nivel de agua en el jet sea el óptimo y que la bomba principal este encendida para evitar que la tela se atranque.

- Verificar el correcto funcionamiento de la red Ethernet que está distribuida por el swicht al cual están conectados la cámara, el PLC y la PC.
- Verificar visualmente el nivel de agua dentro del jet que se encuentre en el nivel indicado, frente a un posible daño del relé de nivel.
- Se recomienda a la empresa continuar utilizando sistemas HMI-Scada basado en software libre para el control de nuevos procesos ya que tiene un reducido costo de implementación.
- La industria privada debería destinar más recursos para el aprendizaje e implementación de software libre en sus procesos ya que los mismos ayudarían a reducir costos de licencia de software propietario.
- Como universidad se debería implementar líneas de investigación para el desarrollo de sistemas HMI-Scada basados en software libre ya que estos son de gran importancia para el desarrollo de la industria en el país.

BIBLIOGRAFÍA

- [3] LOCKUÁN LAVADO, F.E. (2012). *La industria textil y su control de calidad V tintorería*. (págs. 94-100). España.
- [4] LOCKUÁN LAVADO, F.E. (2012). *La industria textil y su control de calidad V tintorería*. (págs. 90-94). España.
- [5] LOCKUÁN LAVADO, F.E. (2012). *La industria textil y su control de calidad V tintorería*. (págs. 111-124). España.
- [8] SIEMENS AG, Simatic s7-1200, 2011
- [9] Porras Criado , A., & Placido, A. (1990). *AUTÓMATAS PROGRAMABLES: fundamento, manejo, instalación y practicas*. Madrid: MacGraw-Hill.
- Mott, R. (2006). *DISEÑO DE ELEMENTOS Y MÁQUINAS* . México: Pearson Educación.

LINKOGRAFÍA

- [1] Llano, E. (04 de Septiembre de 2009). *TINTURA DE FIBRAS TEXTILES*.
Obtenido de <http://tinturadefibrastextiles.blogspot.com/>
- [2] España, M. d. (2004). *Guía de Mejoras Técnicas Disponibles en España del sector textil*. Obtenido de
http://www.istas.net/RQ/ficheros/GUIA_MTD_SECTOR_TEXTIL.pdf
- [6] Corral Martín, J. M., & García Sánchez, Á. F. (s.f.). *Colores y Sombras*.
Obtenido de <http://gsii.usal.es/~igrafica/descargas/temas/Tema07.pdf>
- [7] Electronicos, E. y. (s.f.). <http://www.efn.uncor.edu>. Obtenido de
http://www.efn.uncor.edu/departamentos/electro/cat/eye_archivos/apuntes/a_practico/CAP%209%20Pco.pdf
- [10] Siemens. (01 de Noviembre de 2009). <http://www.swe.siemens.com/>.
Obtenido de
<http://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200-MANUAL%20DEL%20SISTEMA.PDF>
- (s.f.). Rodríguez Galbarro , H. (s.f.). *ingemecánica*. Obtenido de
<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn127.html>
- [11] Quimas, U. n. (s.f.). iaci.unq.edu.ar. Obtenido de
<http://iaci.unq.edu.ar/materias/laboratorio2/HMI%5CIntroduccion%20HMI.pdf>
- [12] fabio. (08 de Mayo de 2013). *PascalScada*. Obtenido de
<http://www.pascalscada.com>
- [13] Intel. (25 de 04 de 2014). *OpenCv*. Obtenido de
<http://opencv.org/about.html>

ANEXOS

ANEXO A Planos de la banda transportadora de tela

ANEXO B Características completas del relé de nivel 3UG05

ANEXO C Características completas del transductor I/P Watson Smith Type
100/101X

ANEXO D SB 1232 analog output module

ANEXO E 720 TVL HIKVISION

ANEXO F Artículo Científico.