



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

“DESARROLLO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE
COLORIMETRÍA CMYK CON VISIÓN ARTIFICIAL”

TRABAJO DE TITULACIÓN: PROYECTO TÉCNICO
Para optar al Grado Académico de:
INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

AUTORES: DIEGO MARCELO JIMÉNEZ HUIRACocha
GEOVANNY JAVIER JIMÉNEZ ANDY
TUTOR: ING. MARCO ANTONIO VITERI BARRERA

Riobamba-Ecuador

2017

©2017, Diego Marcelo Jiménez Huiracocha y Geovanny Javier Jiménez Andy

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

El Tribunal de Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación: “DESARROLLO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE COLORIMETRÍA CMYK CON VISIÓN ARTIFICIAL”, de responsabilidad de los señores Diego Marcelo Jiménez Huiracocha y Geovanny Javier Jiménez Andy, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Washington Luna E. DECANO FIE	-----	-----
Ing. Freddy Chávez V. DIRECTOR EIE CONTROL Y REDES INDUSTRIALES	-----	-----
Ing. Marco Antonio Viteri Barrera DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN	-----	-----
Ing. Franklin Moreno MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN	-----	-----

Nosotros, DIEGO MARCELO JIMÉNEZ HUIRACocha Y GEOVANNY JAVIER JIMÉNEZ ANDY, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación, y el patrimonio intelectual de la misma pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

Diego Marcelo Jiménez Huiracocha
220004845-8

Geovanny Javier Jiménez Andy
220005406-8

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo de titulación principalmente a Dios, por habernos dado la vida, la salud y bienestar, logrando así poder llegar a este momento tan importante de nuestra formación profesional. A nuestros padres por estar siempre presente, brindándonos su apoyo y consejos en todo momento de manera incondicional. A nuestras hermanas por siempre ayudarnos en los trabajos, a nuestras tías(os) por siempre escucharnos y prestarnos su ayuda en cualquier momento; y gracias por todos ellos se ha podido lograr culminar nuestros estudios universitarios, logrando así culminar una meta más propuesta en nuestra vida.

DIEGO MARCELO JIMÉNEZ H Y GEOVANNY JAVIER JIMÉNEZ A.

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por abrirnos sus puertas y formarnos como profesionales, a nuestros maestros que a lo largo de la carrera nos transmitieron sus conocimientos y anécdotas profesionales, a nuestro tutor de Trabajo de Titulación por su apoyo constante en el desarrollo del mismo, y a nuestras familias por siempre estar ahí apoyándonos en todo de manera incondicional.

DIEGO MARCELO JIMÉNEZ H Y GEOVANNY JAVIER JIMÉNEZ A

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xv
ÍNDICE DE ECUACIONES	xvi
ÍNDICE DE ANEXOS	xvii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	xviii
RESUMEN	xix
ABSTRACT	xx
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	
1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	4
1.1. Introducción al Modelo de color CMYK	4
<i>1.1.1. Tintas empleadas en las impresoras</i>	<i>5</i>
1.2. Visión Artificial.....	6
<i>1.2.1. Elementos de un sistema de Visión artificial.....</i>	<i>7</i>
<i>1.2.1.1. Fuente de Luz.....</i>	<i>7</i>
<i>1.2.1.2. Sensor óptico</i>	<i>8</i>
<i>1.2.1.3. Tarjeta de adquisición de la imagen.....</i>	<i>9</i>
<i>1.2.1.4. Computador o Modulo de proceso.....</i>	<i>9</i>
<i>1.2.2. Etapas de un sistema de Visión Artificial.....</i>	<i>9</i>
<i>1.2.3. Técnicas de la Visión Artificial.....</i>	<i>11</i>
1.3. IP Webcam	11
1.4. Controlador Lógico Programable.....	12
<i>1.4.1. Arquitectura de un Controlador Lógico Programables</i>	<i>12</i>
<i>1.4.2. Funcionamiento del PLC.....</i>	<i>13</i>

1.4.3.	<i>Lenguaje de programación de PLC</i>	15
1.4.4.	<i>Controlador Lógico Programable TWDLCAA24DRF</i>	16
1.5.	Interfaz Hombre- Máquina (HMI)	18
1.5.1.	<i>Estructura del software HMI</i>	19
1.5.2.	<i>Lookout</i>	20
1.5.2.1.	<i>Arquitectura de Lookout</i>	20
1.6.	Adaptador Bluetooth	21
1.7.	Actuadores	22
1.7.1.	<i>Motor reductor</i>	22
1.7.2.	<i>Bomba de agua eléctrica</i>	23
1.7.3.	<i>Electroválvulas</i>	24
1.7.4.	<i>Relé</i>	25
1.7.5.	<i>Pulsador</i>	25
1.7.6.	<i>Luz piloto</i>	26
1.8.	Fuente de alimentación	26
1.9.	Matlab	27
1.9.1.	<i>Matlab y la Visión Artificial</i>	28
1.10.	SolidWorks	28

CAPITULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	30
2.1.	Cálculos para el control de apertura y cierre de las electroválvulas	30
2.1.1.	<i>Coficiente de descarga de la electroválvula 1</i>	30
2.1.2.	<i>Coficiente de descarga de la electroválvula 2</i>	32
2.1.3.	<i>Coficiente de descarga de la electroválvula 3</i>	33
2.1.4.	<i>Coficiente de descarga de la electroválvula 4</i>	34
2.2.	Dimensionamiento de protecciones	36
2.3.	Dimensionamiento de conductores	37
2.4.	Diseño de la estructura del sistema en SolidWorks	42

2.5.	Diseño del Sistema Eléctrico	44
2.6.	Instalación y configuración de la Aplicación IP Webcam.....	45
2.7.	Configuración y programación del PLC TWDLC-AA24DRF	46
2.7.1.	<i>Configuración de entradas y salidas.....</i>	48
2.7.2.	<i>Conexión del PLC.....</i>	49
2.7.3.	<i>Programación del PLC</i>	51
2.8.	Diseño del HMI en Lookout	51
2.8.1.	<i>Comunicación entre PLC-- Lookout por medio del protocolo modbus- bluetooth.....</i>	53
2.8.2.	<i>Exportación de datos a excel</i>	56
2.9.	Comunicación Modbus-PLC.....	57
2.10.	Programación de la Visión Artificial	58
2.11.	Diagrama general de bloques del proceso	59
CAPITULO III		
3.	MARCO DE RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	60
3.1.	Pruebas de descarga de las electroválvulas.....	60
3.2.	Pruebas y resultados de reconocimiento de color	64
3.2.1.	<i>Pruebas realizadas con el color tomate</i>	64
3.2.2.	<i>Resultado de la mezcla CMYK para el color tomate</i>	65
3.2.3.	<i>Pruebas realizadas con el color verde</i>	66
3.2.4.	<i>Resultado de la mezcla CMYK para el color verde.....</i>	67
3.2.5.	<i>Pruebas realizadas con el color mostaza</i>	68
3.2.6.	<i>Resultado de la mezcla CMYK para el color mostaza</i>	69
3.2.7.	<i>Pruebas realizadas con el color turquesa</i>	70
3.2.8.	<i>Resultado de la mezcla CMYK para el color turquesa</i>	71
3.2.9.	<i>Pruebas realizadas con el color azul</i>	72
3.2.10.	<i>Resultado de la mezcla CMYK para el color azul</i>	73
CONCLUSIONES.....		75
RECOMENDACIONES.....		76

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Especificaciones Técnicas del PLC TWDLCAA24DRF.....	17
Tabla 2-1:	Especificaciones del motor reductor de 24 VDC	23
Tabla 1-2:	Cargas conectadas.....	36
Tabla 2-2:	Fusibles seleccionados.....	37
Tabla 3-2:	Descripción de las variables de entradas del PLC TWDLCAA24DRF	48
Tabla 4-2:	Descripción de las variables de salidas del PLC TWDLCAA24DRF	49
Tabla 5-2:	Descripcion de de salidas del PLC respecto a Lookout.....	56
Tabla 1-3:	Volumen medido vs Volumen Medido de la electroválvula 1	62
Tabla 2-3:	Volumen medido vs Volumen Medido de la electroválvula 2	63
Tabla 3-3:	Volumen medido vs Volumen Medido de la electroválvula 3	63
Tabla 4-3:	Volumen medido vs Volumen Medido de la electroválvula 4	64
Tabla 5-3:	Valores CMYK calculados para el color tomate	65
Tabla 6-3:	Valores CMYK calculados para el color verde.....	67
Tabla 7-3:	Valores CMYK calculados para el color mostaza	69
Tabla 8-3:	Valores CMYK calculados para el color turquesa	71
Tabla 9-3:	Valores CMYK calculados para el color azul.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Modelo de Color CMYK	4
Figura 2-1:	Elementos de un Sistema de Visión Artificial	7
Figura 3-1:	Tipos de iluminación.....	8
Figura 7-1:	Funcionamiento del PLC.....	14
Figura 8-1:	PLC twido TWDLCAA24DRF.	16
Figura 9-1:	Componentes de PLC TWDLCAA24DRF.....	17
Figura 10-1:	Parte posterior del PLC TWDLCAA24DRF	18
Figura 11-1:	Estructura del Software del HMI	20
Figura 12-1:	Funcionabilidad de un objeto.....	21
Figura 13-1:	Adaptador Bluetooth	22
Figura 14-1:	Motor reductor a 24 VDC	22
Figura 15-1:	Bomba de agua ½ hp.....	23
Figura 16-1:	Electroválvulas unidireccionales.....	25
Figura 17-1:	Relés de 24VDC 5 A.....	25
Figura 18-1:	Pulsador.....	26
Figura 19-1:	Luz piloto.....	26
Figura 20-1:	Fuente de 24VDC 15A	26
Figura 1-2:	Dimensiones del recipiente 1	31
Figura 2-2:	Dimensiones del recipiente 2	32
Figura 3-2:	Dimensiones del recipiente 3	33
Figura 4-2:	Dimensiones del recipiente 4	35
Figura 5-2:	Tabla para el cálculo del calibre de conductores eléctricos	38
Figura 6-2:	Vistas del sistema mecánico en SolidWorks.....	42
Figura 7-2:	Diseño del Sistema de Colorimetría SolidWorks	43
Figura 8-2:	Estructura mecánica elaborada	43
Figura 9-2:	Circuito de mando	44
Figura 10-2:	Aplicación IP Webcam	45

Figura 11-2:	Configuración de IP Webcam.....	45
Figura 12-2:	Menú del botón Actions.....	46
Figura 13-2:	Ventana Información del proyecto	47
Figura 14-2:	Configuraciones de comportamiento.....	47
Figura 15-2:	Configuraciones de Protección.....	48
Figura 16-2:	Diagrama de conexión entradas digitales.....	49
Figura 17-2:	Diagramas de conexión salidas digitales	50
Figura 18-2:	Implementación de las circuito de conexión del PLC.....	50
Figura 19-2:	Programación en Twido Suite.....	51
Figura 20-2:	Pantalla HMI – PORTADA	52
Figura 21-2:	Pantalla HMI-PANEL DE CONTROL.....	53
Figura 22-2:	Cuadro de diálogo Revise Modbus Secondary.....	53
Figura 23-2:	Objeto secuenciador parte 1.....	54
Figura 24-2:	Objeto secuenciador parte 2.....	54
Figura 25-2:	Objeto secuenciador parte 3.....	55
Figura 26-2:	Asiganación de salidas del PLC respecto a Lookout.	55
Figura 27-2:	Objeto Recipe	56
Figura 28-2:	Diagrama de flujo para la comunicación Modbus-PLC	57
Figura 29-2:	Diagrama de Flujo	58
Figura 30-2:	Diagrama general del proceso.....	59
Figura 1-3:	Valores CMYK teóricos para el color tomate.....	64
Figura 2-3:	Tomate: (a) Imagen del color capturada Vs (b) Color Resultante	65
Figura 3-3:	Valor CMYK teóricos correspondiente al color verde.....	66
Figura 4-3:	Verde: (a) Imagen del color capturada Vs (b) Color Resultante.....	67
Figura 5-3:	Valores CMYK teóricos para el color mostaza.....	68
Figura 6-3:	Mostaza: (a) Imagen del color capturada Vs (b) Color Resultante.....	69
Figura 7-3:	Valores CMYK teóricos para el color turquesa.....	70
Figura 8-3:	Turquesa: (a) Imagen del color capturada Vs (b) Color Resultante.....	71
Figura 9-3:	Valores CMYK teóricos para el color azul	72

Figura 10-3: Azul: (a) Imagen del color capturada Vs (b) Color Resultante73

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Valor teórico vs Valor calculado para la mezcla del color tomate	66
Gráfico 2-3:	Valor teórico vs valor calculada para la mezcla del color verde	68
Gráfico 3-3:	Valor teórico vs valor calculada para la mezcla del color mostaza	70
Gráfico 4-3:	Valor teórico vs valor calculada para la mezcla del color turquesa	72
Gráfico 5-3:	Valor teórico vs valor calculada para la mezcla del color azul.....	74

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-2: Altura final del líquido	31
Ecuación 2-2: Coeficiente de descarga de la electroválvula	31
Ecuación 3-2: Corriente de protección	36
Ecuación 4-2: Caída de tensión para un circuito monofásico	37

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A. HOJA DE ESPECIFICACIONES DEL PLC TWDLCAA24DRF**
- ANEXO B. HOJA DE ESPECIFICACIONES DE BOMBA DE AGUA ELÉCTRICA**
- ANEXO C. CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN DE LA VISIÓN ARTIFICIAL EN
MATLAB**
- ANEXO D. PRENDAS UTILIZADAS PARA EL RECONOCIMIENTO DEL COLOR**
- ANEXO E. DATOS ALMACENADOS EN EXCEL DURANTE EL PROCESO**
- ANEXO F. PANTALLA HMI DURANTE EL PROCESO DE MEZCLA DEL COLOR
TOMATE**
- ANEXO G. PANTALLA HMI DURANTE EL PROCESO DE MEZCLA DEL COLOR
VERDE**
- ANEXO H. PANTALLA HMI DURANTE EL PROCESO DE MEZCLA DEL COLOR
MOSTAZA**
- ANEXO I. PANTALLA HMI DURANTE EL PROCESO DE MEZCLA DEL COLOR
TURQUESA**
- ANEXO J. PANTALLA HMI DURANTE EL PROCESO DE MEZCLA DEL COLOR
AZUL**
- ANEXO K. PLANIMETRÍA**

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

A	Amperios
AC	Corriente alterna
AH	Amperios hora
C	Capacidad de batería
cc	centímetro cúbico
CMYK	Cian, magenta, amarillo y negro
°C	Grado Celsius
DC	Corriente continua
HMI	Interfaz hombre-máquina
K	Coefficiente de seguridad
Kg	Kilogramos
mm	milímetros
ml	mililitro
PLC	Controlador Lógico Programable
P	Potencia nominal
TCP/IP	Protocolo de control de transmisión/Protocolo de Internet
V	Voltios
W	Vatios

RESUMEN

El trabajo de titulación tuvo como objetivo el desarrollo de un sistema automático de colorimetría con visión artificial en base al modelo sustractivo Cian, Magenta, Amarillo, Negro (CMYK). El sistema se implementó primeramente diseñando la estructura en un software de dibujo asistido por computadora (CAD), posteriormente se hizo la adquisición de los materiales. Se procedió al armado de la estructura, para así poder realizar la programación en un controlador lógico programable (PLC), mientras que el sistema de control se lo realizó en un interfaz hombre máquina (HMI) mediante el Software Lookout y la parte de la adquisición del color se lo efectuó en el software de programación MATLAB. Una vez realizadas las pruebas se constató que el porcentaje de error de los valores calculados por el sistema implementado respecto a los valores teóricos de los colores CMYK, son mínimos aproximadamente del 3.8%; con lo que se corrobora la eficiencia de la máquina. El sistema de colorimetría permitió asignar un valor de porcentaje para las tintas de cuatricromía y se realiza la mezcla de las mismas para obtener un color capturado por la cámara del celular. Se recomienda a los estudiantes que previo a la manipulación del módulo se lea detenidamente el Manual Técnico, para tener un enfoque claro del funcionamiento.

Palabras clave: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <INTELIGENCIA ARTIFICIAL>, <VISIÓN ARTIFICIAL>, <MATLAB (SOFTWARE)>, <COLORIMETRÍA>, <CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)>, <INTERFAZ HOMBRE MAQUINA (HMI)>, <LOOKOUT (SOFTWARE)>.

ABSTRACT

The present titling work has the objective of developing an automatic colimetry system with artificial vision based on the subtractive model Cyan, Magenta, Yellow, Black (CMYK). The system was implemented by designing the structure in computer-aided drawing (CAD) software, and then materials were acquired. The assembly of the structure was carried out to carry out the programming in a programmable logic controller (PLC), while the control system was realized in a human machine interface (HIM) by means of the software Lookout and the part of the acquisition of the color it done in the MATLAB programming software. After the tests, it was observed that the percentage of error of the values calculated by the implemented system with respect to the theoretical values of CMYK colors was approximately 3.8%; which corroborates the efficiency of the machine. The colimetry system allows assigning a percentage value for the four-color inks and making the blends to obtain a color captured by the cell phone camera. Students are advised that prior to manipulating the module, the Technical Manual should be carefully read, in order to have a clear focus on the operation.

Key words: <ENGINEERING TECHNOLOGY AND SCIENCE>, <ARTIFICIAL INTELLIGENCE>, <ARTIFICIAL VISION>, <MATLAB (SOFTWARE)>, <MAN MACHINE INTERFACE (HIM)>, <LOOKOUT (SOFTWARE)>.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

Nos encontramos al comienzo de la Era de la Información. Más o menos el 80 % de toda la información que un hombre recibe es de transmisión visual. Este mensaje visual siempre es información de color. En el mundo visual las formas son solamente reconocibles cuando hay diferencias de color.

En estos últimos años en el Ecuador en la industria textil, curtiembres, alimenticia y en los laboratorios químicos utilizan sistemas de colorimetría; debido a la gran demanda estos sistemas han evolucionado siendo más robustos y eficientes, logrando así optimizar el tiempo y reducir los riesgos para el personal encargado del proceso a controlar.

En la provincia de Chimborazo nos encontramos con industrias donde necesitan actualizar su sistema de colorimetría por uno más moderno ya que utilizan técnicas convencionales que ocasiona desperdicios de recursos y además que no son precisas. Por ejemplo, encontramos con empresas como son: La cerámica, Textiles Técnico, etc.

En el Ecuador no se han realizado trabajos de titulación con referente a técnicas de colorimetría CMYK aplicando técnicas de visión artificial; debido a que solo se han realizado trabajos de sistema de colorimetría basado en el modelo RGB y ninguno dispone nada acerca de visión artificial, esto se debe a que este método tiene un alto grado de complejidad al momento que se tratan colores.

Formulación del problema

¿Será posible realizar un proceso de colorimetría mediante técnicas de visión artificial?

Sistematización del problema

¿Qué tipos de sistemas de colorimetría son los más utilizados en la industria?

¿Cuál será la mejor técnica de visión artificial para la detección de colores?

¿Qué sistema electrónico permitirá controlar los actuadores?

JUSTIFICACIÓN

Justificación teórica

Conociendo que la educación como el mundo entero en el transcurso del tiempo, ha afrontado diversos avances tecnológicos, y es así que los modos de colores RGB y CMYK se diferencian debido a que el RGB para su implementación van en las unidades entre 0 y 255 en cambio el CMYK se describe con valores entre 0 y 100%, estos valores se reproducen según el espacio de color en que se describan para así visualizar mejor el contraste; en el siguiente trabajo de titulación se utilizarán técnicas de visión artificial por su alta productividad que representa y por eso es necesario que la escuela de electrónica disponga con diversos modelos de enseñanzas y aprendizaje, ya que juega un papel muy importante en la formación de la vida profesional de los estudiantes de la escuela de ingeniería electrónica.

Por medio de este proyecto de investigación se pretende desarrollar e implementar un módulo de sistema de control automático de colorimetría CMYK, para la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales, debido a que en la actualidad la escuela realizar solo prácticas simuladas; y no cuenta con un módulo donde se puedan realizar la implementación.

Este proyecto de investigación servirá de apoyo para los futuros estudiantes de ingeniería electrónica de la ESPOCH por que pondrán instruirse en el manejo y procedimiento a seguir en el sistema de proceso automático de colorimetría CMYK, debido a que es esencial la adecuación de los espacios físicos y disponer de implementos necesarios para el laboratorio de redes industriales, para así poder lograr el fortalecimiento de habilidades y prácticas formativas con el fin de lograr y fortalecer el aprendizaje de los estudiantes.

Con la implementación de este módulo automático de colorimetría CMYK se podrá observar cómo ha sido el funcionamiento básico que tienen las impresoras de inyección de tinta o una impresora comercial de cuatricromía, ya que el sistema CMYK se basa principalmente en la mezcla de los porcentajes de cada uno de los colores (Cian, Magenta, Amarillo y Negro).

En la actualidad muchas veces se escucha acerca de sistemas de colorimetría, gracias a su alto grado de aplicación y utilización en los diferentes tipos de industrias que necesitan la obtención de colores, el sistema de colorimetría que más se utiliza es el MCYK (siglas de Cyan, Magenta, Yellow y Key) uno de los más utilizados en la industria debido a que es una versión moderna y más precisa del antiguo modelo tradicional de coloración RGB (siglas de Red, Yellow y Blue) además de permitir representar una gama de colores más amplia que este último.

Justificación aplicativa

Los estudiantes de la escuela de ingeniería electrónica de la ESPOCH con dicho trabajo investigativo podrán contar con un módulo automático de colorimetría CMYK para líquidos donde podrán realizar prácticas para la obtención de colores de los diferentes tipos de gamas existentes y así poder darse cuenta de que porcentajes se necesita para obtener dichos colores partiendo de los cuatros colores (Cian, Magenta, Amarillo y Negro) y mejorar el aprendizaje teórico/practico.

Además, se utilizará una cámara para el uso de técnicas de visión artificial debido a que es mucho más económico que utilizar un sensor de reconocimiento de colores para la detección del color a replicar; para el sistema de control se podrá utilizar una PC, PLC o placa electrónica, conforme se vaya avanzando con el trabajo se elegirá el más adecuado.

OBJETIVOS

Objetivos generales

- Desarrollar un sistema automático de colorimetría CMYK con visión artificial

Objetivos específicos

- Evaluar las diferentes técnicas de visión artificial para seleccionar la más adecuada que permita descomponer cualquier color y obtener automáticamente la receta.
- Analizar los sistemas de colorimetría que permitan tener una amplia gama de colores.
- Construir el sistema mecánico en base a un diseño realizado en algún software CAD.
- Dimensionar el sistema neumático y eléctrico para implementar el sistema de colorimetría.
- Seleccionar el dispositivo electrónico del sistema de control y el interfaz humano máquina (HMI).
- Realizar el estudio de pruebas y resultados del sistema de colorimetría.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Introducción al Modelo de color CMYK

Es una síntesis de colores sustractivos, es decir que al ir añadiendo colores pigmento, sustrae el color. Los colores que predominan en este modelo son el magenta, amarillo, cian y negro; dichos colores son los secundarios de los colores luz. El modelo CMYK asigna a cada pixel del grafico un valor de porcentaje para las tintas de cuatricromía.

La síntesis sustractiva explica la mezcla de colores es empleada en la mezcla de pinturas y tintas.

En este modelo, cuando la luz blanca, que es el resultado de la reflexión de toda la luz; toca un material o alguna superficie, los pigmentos de colores del material absorben todas las ondas de luz excepto las de sus colores, que son percibidos por el ojo humano.
(santadecadencia.blogspot.es/categoria/rgb/)

La **Figura 1-1**;Error! No se encuentra el origen de la referencia. muestra el modelo de Color MYK.

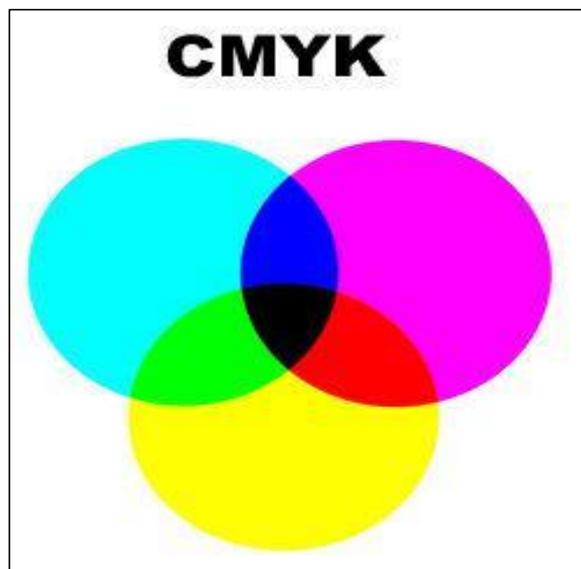


Figura 1-1: Modelo de Color CMYK

Fuente: <http://santadecadencia.blogspot.es/categoria/rgb/>

A continuación se describen las características relevantes del Modelo CMYK:

- El modelo sustractivo (CMYK) opera por luz reflejada, por ello sólo es posible analizarlo si se conoce tanto las tintas como la luz empleada.
- En el modelo CMYK existe un alto grado de redundancia, es decir una combinación de cuatro porcentajes puede representar el mismo color que otra combinación diferente.
- Para obtener los colores aditivos del modelo RGB se realizan la suma de dos primarios del modelo CMYK a partes iguales; como describe a continuación:

Magenta + Cian = Azul

Amarillo + Cian = Verde

Magenta + Amarillo = Rojo

- El color negro se obtiene de la suma de los tres colores primarios sustractivos. El color negro es la ausencia de color.

Cyan + Magenta + Amarillo = Negro

- La ausencia de los tres primarios sustractivos origina el blanco. El blanco (luz) contiene todos los colores aditivos, no sustractivos.
- El color complementario de cada color primario puede definirse como el opuesto a dicho color, como el color que le falta para ser negro.

Cian: su complementario es el Rojo.

Magenta: su complementario es el Verde.

Amarillo: su complementario es el Azul.

1.1.1. Tintas empleadas en las impresoras

Cada vez se fabrican con mayor frecuencia nuevos tipos de tinta, en este artículo nos vamos a centrar en los principales tipos de tintas existen para impresoras ya que pueden variar mucho según sean realizadas a través de distintas composiciones químicas. Ello es resultado de los objetivos y propósitos de fabricantes de tintas para impresoras, bien de marcas oficiales, bien de cartuchos reciclables, los cuales buscan que la tinta pueda imprimirse a través del mayor número de dispositivos posibles. Se pueden clasificar según su secado en dos tipos:

- **Tintas hechas con colorante:** esta es una de las tintas que más han utilizado las impresoras desde que salieron al mercado, pues este tipo de tinta nos brindan colores plasmados en el papel que serán brillantes. La ventaja de esta tinta es que al momento de posarse sobre el papel, se secará inmediatamente y no permitirá que los colores se rieguen y se distorsione la imagen. Permiten imágenes con colores destacados, por las pequeñas moléculas de cada pigmento, pero son propensas a disolverse con el agua. (www.a4toner.com/blog/tintas-de-impresora).
- **Tintas hechas con pigmentos:** tienen una vida útil mucho más larga, ya que sus colores se quedan por mucho más tiempo que otro tipo de tintas, teniendo en cuenta el tipo de papel que se utilizó para la impresión. La tinta con pigmentos, son hechas con partículas de colores que están independientes en cada uno de ellos, esto les permite durar más tanto en el cartucho como en el papel. Este tipo de inyección es resistente al agua y a la luz (www.a4toner.com/blog/tintas-de-impresora)

1.2. Visión Artificial

La Visión Artificial es una rama de la Inteligencia Artificial, que engloba los procesos y elementos que permiten deducir las estructuras y propiedades de un mundo tridimensional, por medio de la visión de una máquina. El sistema de VA primero adquiere una imagen captada en el medio, para luego ser procesada digitalmente mediante un módulo de proceso; en el cual a través de operaciones y procesos morfológicos se extraen determinadas características de la imagen inicial.

La visión artificial tiene diversas aplicaciones que han facilitado las tareas en ámbitos científicos, militares e industriales; a continuación se describen sus aplicaciones más relevantes:

(Sobrado Eddy, p 1-2, 2000000)

- Para la identificación de objetos; como por ejemplo, el código de barras en ciertos productos.
- En la detección de fallas o artefactos no deseados en un entorno dado; ejemplo: detectar los defectos de pintura de un automóvil.
- Para la verificación en un determinado proceso; con ello se certifica que el proceso se ha realizado correctamente; por ejemplo: verificar que los elementos en circuito impreso estén completos.
- Para el reconocimiento de objetos; ya sea por características como; el color, la forma, la posición. Esta aplicación es la que se utiliza en el presente proyecto de titulación; pues se reconocerá el color de cada pintura.
- Permite guiar y proporcionar información sobre la posición de un determinado objeto, para posteriormente dirigir una actividad; como por ejemplo en un brazo robótico.

1.2.1. Elementos de un sistema de Visión artificial

Para la implementación de un Sistema de Visión Artificial es necesario contar con: una fuente de luz, sensor óptico, una tarjeta de adquisición de imágenes, un computador o módulo de proceso y un monitor de video. En la **Figura** se aprecia el diagrama de bloques de los componentes de un sistema de VA.

En la **Figura 2-1**: se aprecia el diagrama de bloques de los componentes de un sistema de VA.

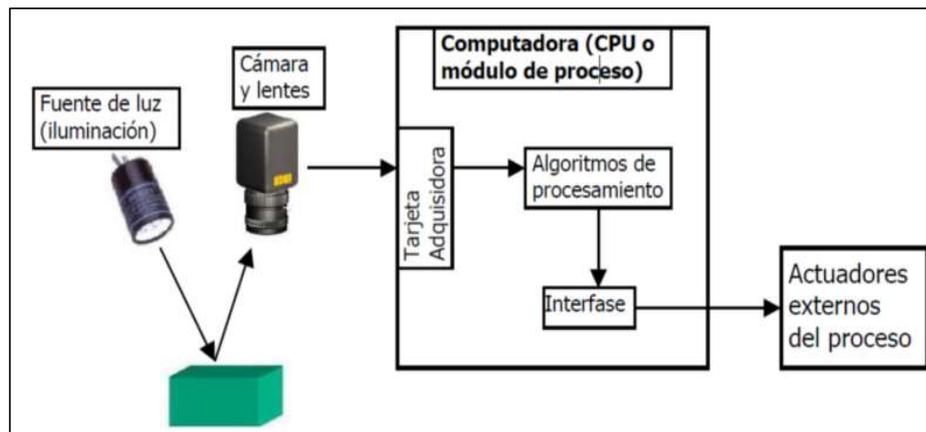


Figura 2-1: Elementos de un Sistema de Visión Artificial

Fuente: Universidad Nacional de Quilmes, Aspectos de un Sistema de Visión Artificial, 2005

1.2.1.1. Fuente de Luz

La fuente de luz es la encargada de iluminar la escena, para independizar las condiciones del entorno y resaltar los rasgos importantes de la misma. Es una parte esencial en un sistema de visión artificial; ya que de no utilizarse la adecuada no se obtendrá las características verdaderas de una escena captada.

Existen diferentes tipos de iluminación de acuerdo a la posición de la fuente de iluminación, en la **Figura 3-1**: se observa los tipos como son:

- (a) Iluminación posterior difusa
- (b) Iluminación posterior direccional.
- (c) Iluminación oblicua.
- (d) Iluminación direccional.
- (e) Array de luces

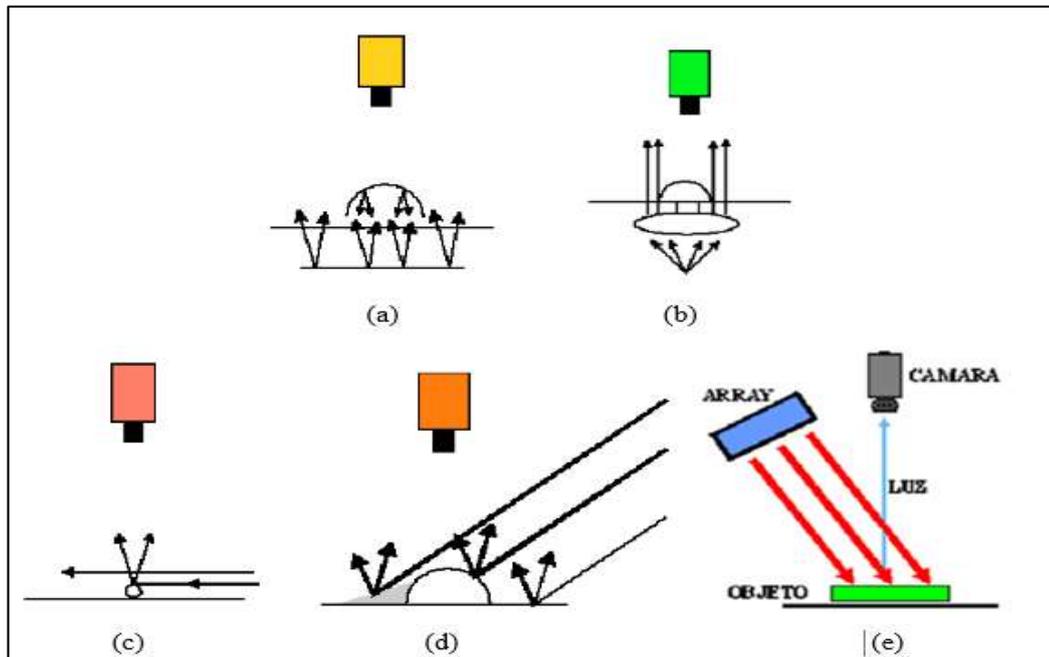


Figura 3-1: Tipos de iluminación

Fuente: Universidad Nacional de Quilmes, Tipos de iluminación, 2005

Cabe mencionar que además de la posición de la fuente de luz; un factor importante es el tipo de luz seleccionada; en el mercado existen diversas alternativas; entre las más usadas tenemos: iluminación por fibra óptica, iluminación fluorescente, iluminación por led, iluminación por láser. En el presente proyecto se emplea iluminación fluorescente.

1.2.1.2. Sensor óptico

Son sensores de imagen sensibles a la luz, ya que modifican su señal eléctrica en función de la intensidad de la fuente de luz que perciben. Por lo general el sensor óptico en un sistema de visión artificial es una cámara; la misma que se encarga de captar las características de una escena.

Es necesario tener en cuenta al momento de seleccionar una cámara, factores como: la resolución, el tipo de salida de video, si es digital o analógica, de color o monocromática, la relación calidad/ruido; entre otros.

En la **Figura 4-1:** se observa IP Webcam utilizada en el proyecto para la captura del color esta cámara es la de un Smartphone con sistema operativo Android



Figura 4-1: IP Webcam

Fuente: www.programaspatto.com

1.2.1.3. Tarjeta de adquisición de la imagen

La tarjeta de adquisición de una imagen permite transferir una imagen captada por la cámara a la memoria de un computador; para efectuar el procesamiento de la misma. Existen diferentes aspectos importantes al momento de seleccionar la tarjeta de adquisición, como son:

- La velocidad de transmisión.
- El formato de los datos.
- La profundidad del pixel.
- Velocidad de transferencia de la imagen de la memoria a la tarjeta de memoria del computador
- La capacidad de captura por disparo.

1.2.1.4. Computador o Modulo de proceso

Es el sistema encargado de recibir y analizar las imágenes. La selección del módulo de proceso depende de las necesidades del sistema de Visión Artificial, hay que tener en cuenta la velocidad al procesar la imagen en tiempo real (Aspectos de un Sistema de Visión Artificial, 2005, p.7-8). En el presente trabajo se utilizó como Módulo de Proceso una CPU de un computador de escritorio.

1.2.2. Etapas de un sistema de Visión Artificial

Un sistema de Visión Artificial debe seguir un conjunto de procesos consecutivos. En la Figura 5-1: se muestra el Diagrama de bloques de las etapas de un sistema de Visión Artificial; el mismo que consta de 6 etapas principales, como: Adquisición de imágenes, transformación y filtrado de imagen, aislamiento de los objetos de la imagen, cálculo de características, reconocimiento e interpretación de la escena.

En primer lugar se adquiere la imagen o escena a través de la cámara. Luego la imagen capturada es procesada; aquí se obtiene una información más precisa al eliminar ruido en la misma. En estas dos primeras etapas se realiza un tratamiento y análisis de la imagen más simple y global (Técnica y Algoritmos Básicos de Visión Artificial, 2006, p. 16).

Posteriormente se realiza la segmentación de la imagen; aquí se separa en regiones u objetos de ser el caso. Luego de tener la escena separada por regiones se analiza los objetos característicos como el color, la textura, la forma, el diámetro, el área; etc. En estas etapas se realiza un análisis personalizado de las regiones que conforman a la imagen (Técnica y Algoritmos Básicos de Visión Artificial, 2006, p. 16).

La imagen obtenida es dividida en regiones es posible seleccionar la región u objeto a la que se desea interpretar en un entorno estructurado y en tiempo real.

Una vez cumplido el proceso descrito actuará un sistema de respuesta, que en conjunto con el Sistema de Visión Artificial cumplirán el objetivo final del procedimiento.

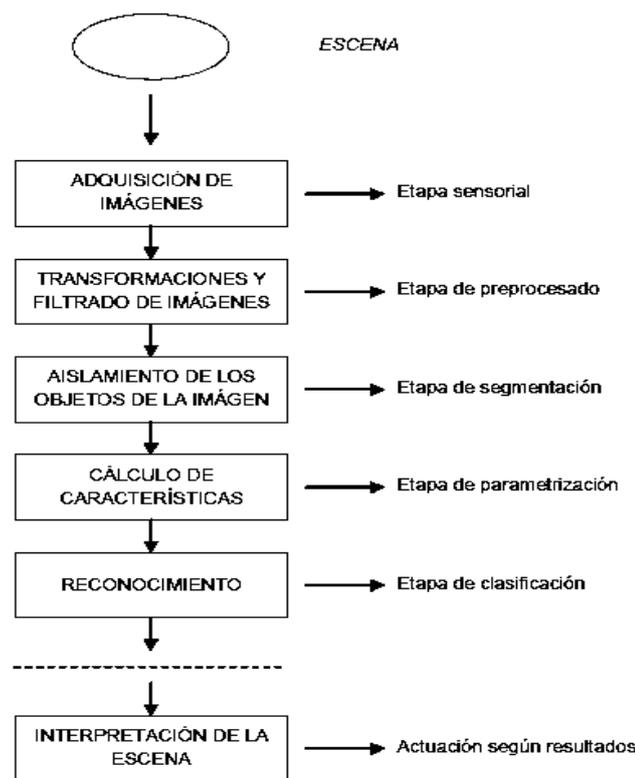


Figura 5-1: Diagrama de bloques de las etapas de un Sistema de Visión Artificial

Fuente: Técnica y Algoritmos Básicos de Visión Artificial, 2006

1.2.3. *Técnicas de la Visión Artificial*

Las técnicas de visión artificial se encargan de detectar características de un objeto en una imagen, para posteriormente realizar un análisis del objeto sustraído en la imagen, las más utilizadas en la visión artificial para la detección de colores y objetos son las siguientes:

- **Detector de regiones:** Se encarga de detectar regiones con características similares. Los algoritmos empleados en esta técnica toman decisiones de cada punto de interés de la imagen. Los algoritmos recorren cada pixel de la imagen, lo que significa un alto consumo de los recursos, los microprocesadores utilizados son de alta potencia (González, 2016. P. 36).
- **Sustracción de fondo:** En esta técnica se elimina el fondo de una imagen, destacando los objetos que no son fijos. Es utilizado en sistemas de visión fijos.
- **Machine learning:** Es un aprendizaje automático, es la habilidad que adquieren los computadores de aprender sin una previa programación. Esta técnica puede identificar objetos similares a un objeto aprendido con anterioridad; por ejemplo puede reconocer un color previamente visualizado.
- **Segmentación:** es el proceso en el que se segmenta la imagen digital en varias regiones, conjuntos de pixeles. El objetivo es simplificar la imagen para analizarla. Se seleccionarán las regiones que tengan las características deseadas y previamente programadas. Las regiones adyacentes son diferentes en cuanto a color intensidad y textura. Existen diversos algoritmos aplicados a la segmentación de imágenes como Clustering, Threshold, bordes (González, 2016. P. 36).

1.3. **IP Webcam**

IP WebCam es una aplicación que convierte el dispositivo Android en una cámara IP remota y a la que se puede acceder desde cualquier ordenador conectado a la misma red WIFI. Una vez que se instala y ejecuta el programa en el dispositivo, se genera una dirección IP, que al ser ingresada en el navegador del equipo, permite apreciar todo lo que puede captar la cámara del dispositivo (es.ccm.net).

La webcam puede utilizarse con programas como Skype o MSN Messenger, y es accesible desde un navegador web vía HTTP o reproductores multimedia como VLC Player. Para utilizar esta herramienta es necesario instalar la aplicación IP Webcam en el dispositivo Android.

1.4. Controlador Lógico Programable

Un Controlador Lógico Programable es un dispositivo electrónico operado digitalmente, que permite controlar en tiempo real y un ambiente industrial procesos secuenciales, leer las señales, enviar acciones al sistema. Los PLC's operan de manera secuencial, es decir que esperan a la finalización del programa para nuevamente ejecutarlo (Controlador Lógico Programable PLC, p. 39-41).

1.4.1. Arquitectura de un Controlador Lógico Programables

Los componentes principales de un controlador lógico programable son: Memoria, CPU, Unidades de entrada y salida, interfaces, unidades de programación, dispositivos periféricos. Cada uno cumple con una función específica en el funcionamiento del PLC, a continuación se describen cada parte:

- **Unidades de entrada y salida:** las entradas son señales de tipo digital o analógico, con rangos de tensión característicos. A estas líneas conectaremos los sensores, y las líneas de transmisión. Mientras que las salidas son una serie de líneas, que también pueden ser digital o analógico. A estas líneas conectaremos los actuadores (Controladores Lógicos programables, 2015, p. 10).
- **La Memoria:** Dentro de la CPU se dispone de un área de memoria, la cual posee “varias secciones” encargadas de distintas funciones. Así tenemos: memoria de programa de usuario, memoria de la tabla de datos, memoria del sistema y memoria de almacenamiento. Cada PLC divide su memoria de esta forma genérica, haciendo subdivisiones específicas según el modelo y fabricante (Controladores Lógicos programables, 2015, p. 10).
- **CPU:** La Unidad de proceso Central (CPU) es el corazón del PLC y es la encargada de ejecutar el programa de usuario mediante el programa del sistema. Sus funciones son vigilar que el tiempo de ejecución del programa de usuario no exceda un determinado tiempo máximo (tiempo de ciclo máximo). A esta función se la suele denominar Watchdog (Controladores Lógicos programables, 2015, p. 11).
- **Interfaces:** la mayoría de PLC's tienen la característica de poder comunicarse con otros dispositivos. Lo normal es que posea una interface serie del tipo RS-232 / RS-422. A través de esta línea se pueden manejar todas las características internas del controlador, incluida la programación del mismo, y monitorear del proceso desde otro lugar (Controladores Lógicos programables, 2015, p. 11).

- **Unidades de Programación:** La programación del PLC se realiza por medio de la unidad de programación que suele ser en forma de calculadora. Es la forma más simple de programar el equipo, y se suele reservar para pequeñas modificaciones del programa o la lectura de datos en el lugar de colocación del equipo (Controladores Lógicos programables, 2015, p. 11).
- **Dispositivos periféricos:** El PLC puede ser ampliable. Las ampliaciones abarcan una gran gama de posibilidades, que van desde las redes internas LAN, módulos auxiliares de E/S, memoria adicional, hasta la conexión con otros autómatas del mismo modelo (Controladores Lógicos programables, 2015, p. 11).

En la **Figura 6-1:** se ilustra la Arquitectura de un Controlador Lógico Programables

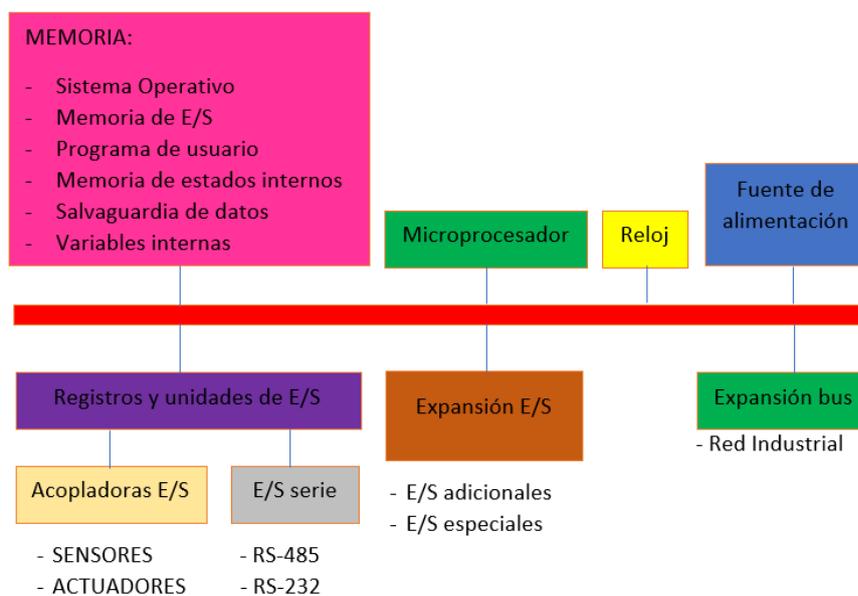


Figura 6-1: Arquitectura de un PLC

Fuente: Controladores Lógicos programables, 2015

1.4.2. Funcionamiento del PLC

Un PLC una vez conectado a la red eléctrica tiene básicamente dos modos de funcionamiento:

- **Stop:** En este modo de funcionamiento no se ejecuta el programa de control.
- **Run:** En este modo de funcionamiento el programa de control se está ejecutando de manera indefinida hasta que o bien el PLC pasa al modo Stop o bien se desconecta de la alimentación.

Es obviamente este último modo de funcionamiento el más interesante. Cuando el autómata se encuentra en esta situación el programa de control que está grabado en su memoria se ejecuta cíclicamente describiendo lo que se ha dado en llamar “Ciclo de Scan”.

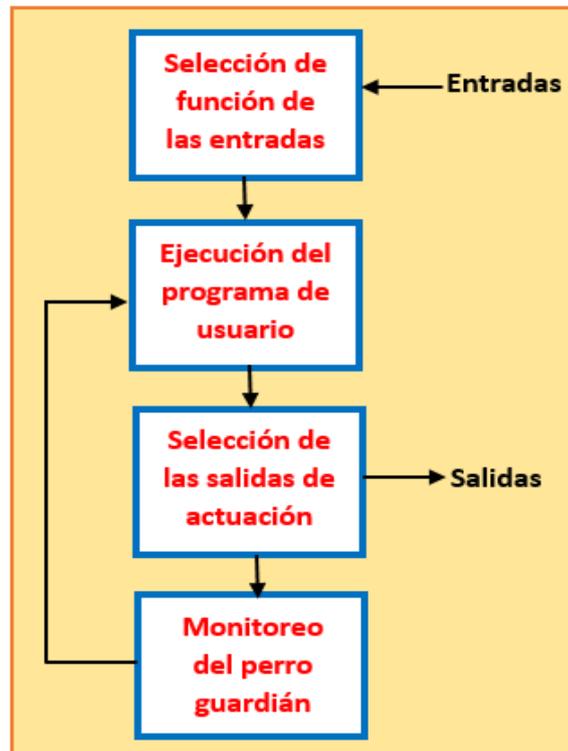


Figura 7-1: Funcionamiento del PLC

Fuente: Controladores Lógicos programables, 2015

Como se puede visualizar **Figura 7-1:** un ciclo de scan consiste en cuatro, que describen a continuación:

1. Lectura de las entradas del PLC: el sistema operativo del PLC comprueba el estado en el que se encuentran todos y cada uno de los elementos de entrada que están conectados a los distintos módulos de entradas del PLC. Si un elemento está activado, el PLC pondrá un “1” lógico en una posición determinada de una zona de memoria especial llamada “Memoria de Entradas”. Si por el contrario ese sensor no estuviese activado, entonces el PLC pondría un “0” lógico en la posición de memoria de entradas asignada para esa entrada (Autómatas programables, 2010, p. 9).

2. Ejecución del programa de control: Una vez que la memoria de entradas ha sido totalmente actualizada el sistema operativo del PLC, comenzará a ejecutar las instrucciones del programa albergado en su memoria de programa del PLC. Lo hará secuencialmente comenzando por la primera instrucción del módulo de programa que se considere el principal (cada fabricante lo designa de una forma distinta (Autómatas programables, 2010, p. 9).

3. Escritura de las salidas del PLC: Cuando el sistema operativo del PLC detecta que se ha ejecutado la última instrucción del programa de control, éste comienza a revisar una por una todas las posiciones de su memoria de salidas. Si en una posición lee un “1” lógico, el PLC activará la salida correspondiente en el módulo de salidas (Autómatas programables, 2010, p. 10).

4. Tareas internas del PLC: Antes de comenzar un nuevo ciclo de ejecución, el PLC necesita realizar ciertas tareas internas como por ejemplo comprobar si se han producido errores, almacenar la duración del ciclo de scan, actualizar valores internos de sus tablas de datos, entre otros (Autómatas programables, 2010, p. 10).

1.4.3. Lenguaje de programación de PLC

Los lenguajes de programación aplicados a PLC son un conjunto de instrucciones y símbolos que se asocian para ejecutar una secuencia lógica de control, además permite al usuario ingresar a un programa de control en la memoria del PLC. Los lenguajes de programación se han desarrollado con el pasar de los años, facilitando el manejo de datos.

Existen diferentes tipos de lenguajes de programación, como son:

- **Lenguaje de contactos o Ladder (LD);** es un lenguaje de contactos o de escalera, está compuesto de una serie de contactos, conectados en serie o en paralelo, que dan origen a una salida activación de una bobina o de una función especial.
- **Lenguaje Booleano:** utiliza la sintaxis del Álgebra de Boole para ingresar y explicar la lógica de control. Consiste en elaborar una lista de instrucciones o nemónicos, haciendo uso de operadores Booleanos como: AND, OR, NOT, entre otros; y otras instrucciones nemónicas, para implementar el circuito de control.
- **Diagrama de Bloques de Funciones (FBD):** permite al usuario programar elementos (bloque de funciones del PLC) en tal forma que ellos aparecen interconectados al igual que un circuito eléctrico. Generalmente utilizan símbolos lógicos para representar al bloque de función. Las salidas lógicas no requieren incorporar una bobina de salida, porque la salida es representada por una variable asignada a la salida del bloque.
- **Diagrama de funciones secuenciales (SFC):** Es un “lenguaje” gráfico que provee una representación diagramática de secuencias de control en un programa. Básicamente, SFC es similar a un diagrama de flujo, en el que se puede organizar los subprogramas o subrutinas

(programadas en LD, FBD, IL y/o ST) que forman el programa de control. SFC es particularmente útil para operaciones de control secuencial.

- **Texto estructurado (ST):** es un lenguaje de alto nivel que permite la programación estructurada, lo que significa que muchas tareas complejas pueden ser divididas en unidades más pequeñas. ST se parece mucho a los lenguajes de computadoras BASIC o PASCAL, que usa subrutinas para llevar a cabo diferentes partes de las funciones de control y paso de parámetros y valores entre las diferentes secciones del programa

1.4.4. Controlador Lógico Programable TWDLCAA24DRF

El Controlador Lógico Programable TWDLCAA24DRF es un dispositivo compacto que pertenece a la familia de controladores Twido, dispone de un puerto serie, o de un segundo puerto opcional, que se utiliza para servicios en tiempo real o de administración de sistemas.

Los servicios en tiempo real proporcionan funciones de distribución de datos para intercambiar datos con dispositivos de E/S, así como funciones de administración para comunicarse con dispositivos externos. Los servicios de administración de sistemas controlan y configuran el controlador por medio de TwidoSoft (Manual de formación TwidoSuite de Schneider Electric, 2008, p. 29).

En la **Figura 8-1:** se ilustra PLC Twido TWDLCAA24DRF.



Figura 8-1: PLC twido TWDLCAA24DRF.

Fuente: Manual de Formación de Controladores Twido, 2008.

En la **Tabla 1-1:** se describen las especificaciones técnicas del PLC TWDLCAA24DRF

Tabla 1-1: Especificaciones Técnicas del PLC TWDLCAA24DRF

Parámetro	Tipo	Cantidad
Entradas: lógica positiva y negativa	24 VDC	24
Salidas de relé	250VAC	14
Salidas de transistor fuente	24 VDC	2
Potenciómetros	analógicos	2
No. de módulos de ampliación		7 máx.
Cartucho de memoria adicional permitido	32 0 64 KB	1
Puerto de Comunicación	RS485	1
Tensión de Alimentación	100-240 VAC	---
Corriente de salida	2 A	---
Puerto de interface Ethernet integrado	RJ45	1
Batería Interna	No extraíble	1
Batería Externa	Reemplazable	1

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

Fuente: Controladores programables Twido: Guía de referencia de Hardware, 2010

Para realizar las conexiones de los instrumentos de campo, del HMI al PLC; es necesario conocer cómo están distribuidos físicamente los puertos del PLC. En la **Figura 9-1:** se ilustra las partes frontales del PLC TWDLCAA24DRF

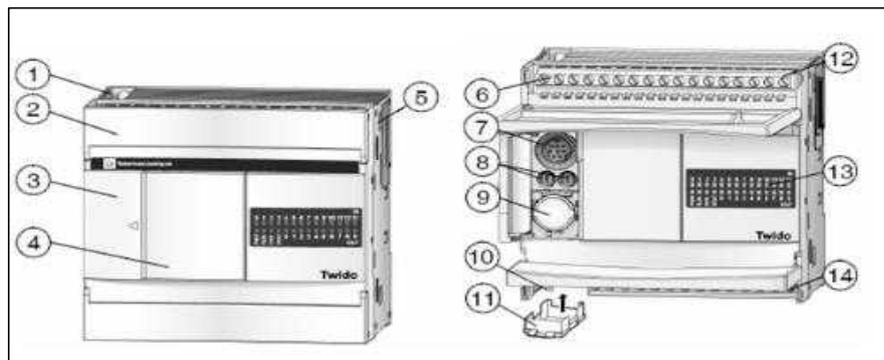


Figura 9-1: Componentes de PLC TWDLCAA24DRF

Fuente: Manual de Formación de Controladores Twido, 2008.

Las partes frontales del PLC TWDLCAA24DRF se enlistan a continuación:

1. Orificio de montaje
2. Cubierta de terminal.
3. Puerta de acceso.
4. Cubierta extraíble del conector del HMI.
5. Conector de ampliación.

6. Terminales de potencia del sensor
7. Puerto serie 1
8. Potenciómetros analógicos (solo están en algunas series)
9. Conector de puerto serie 2.
10. Terminales de fuente de alimentación de 100 a 240VCA
11. Conector de cartuchos.
12. Terminales de entradas
13. Indicadores LED
14. Terminales de salidas

En la **Figura 10-1**: se ilustra la parte posterior del PLC TWDLCAA24DRF.

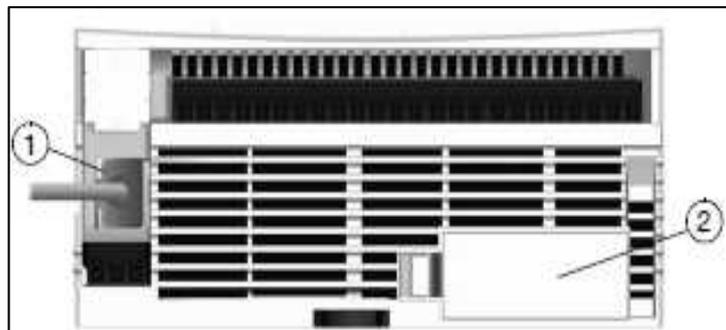


Figura 10-1: Parte posterior del PLC TWDLCAA24DRF

Fuente: Controladores programables Twido, 2010.

En la parte posterior encontramos lo siguientes componentes:

1. Puerto Ethernet RJ-45
2. Compartimiento de batería externa reemplazable.

1.5. Interfaz Hombre- Máquina (HMI)

La interfaz hombre máquina es un dispositivo o sistema que permite una interacción entre el operario y la maquinaria. El HMI muestra la información en tiempo real, a través de una ventana en donde se muestra el diagrama del proceso. El HMI cumple con funciones específicas dentro de un proceso; a continuación se describen las principales:

- **Tareas de supervisión y control:** permiten la comunicación con dispositivos de campo, facilita al operador el envío de señales al proceso mediante controles, botones mouse o teclado

- **Monitoreo:** muestra datos de la planta en tiempo real, los mismos que pueden ser números, texto o gráficos; facilitando su interpretación.
- **Alarmas:** reconoce eventos especiales dentro del proceso para que se puedan tomar decisiones respecto a dicho evento.
- **Históricos:** Muestran y almacenan los archivos, datos del proceso en intervalos de tiempo definidos. Esta función es una de las más importantes ya que permite corregir los errores y optimizar el proceso.

1.5.1. Estructura del software HMI

El HMI esta compuesto por módulos denominados: configuración, interfaz grafica del operador, Modulo del proceso, Gestion de Archivo de datos y Comunicación; cada uno cumple con una función especifica dentro del HMI, consiguiente se describe las funcines de cada modulo.

- **Módulo de Configuración:** permite al usuario definir el entorno de trabajo del HMI, adaptándolo a la aplicación particular que se desea desarrollar.
- **Módulo de Interfaz gráfico del operador:** proporciona al operador las funciones de control y supervisión de la planta. El proceso se representa mediante elementos gráficos.
- **Módulo de proceso:** ejecuta las acciones de mando preprogramadas a partir de los valores actuales de variables leídas. La programación se realiza por medio de bloques de programa en lenguaje de alto nivel.
- **Módulo de Gestión y Archivo de datos:** se encarga del almacenamiento y procesado ordenado de los datos, de forma que otra aplicación o dispositivo pueda tener acceso a ellos.
- **Módulo de Comunicaciones:** se encarga de la transferencia de información entre la planta y la arquitectura hardware que soporta el HMI, y entre ésta y el resto de elementos informáticos de gestión.

En la **Figura 11-1:** se visualiza la Estructura del software del HMI.

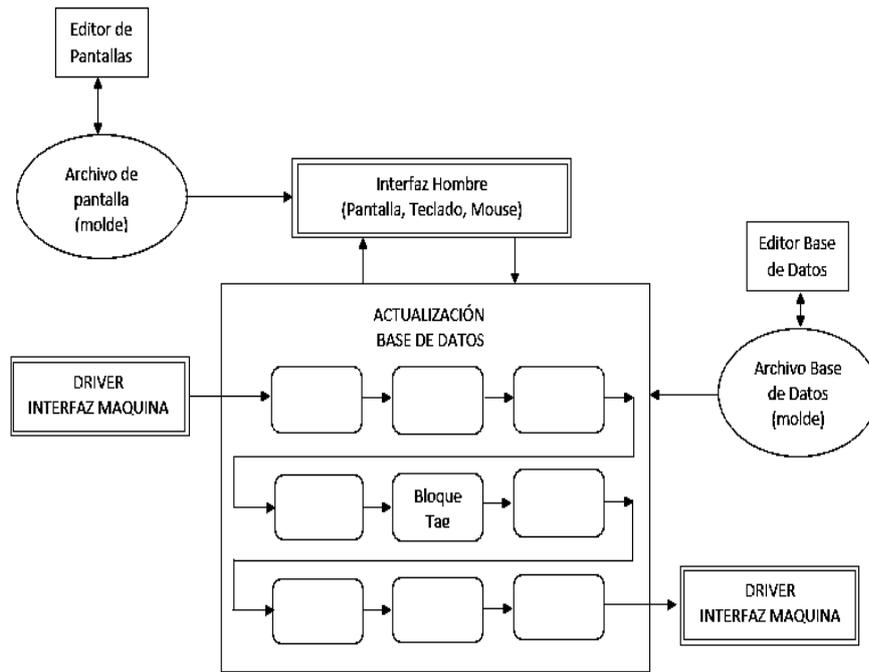


Figura 11-1: Estructura del Software del HMI

Fuente: Introducción al HMI, 2012

1.5.2. Lookout

Lookout es una interface Hombre-Máquina fácil de usar que cuenta con paquetes de software de supervisión de control y de adquisición de datos para procesos de automatización industrial. Está diseñado para que el operario encargado de un sistema monitoree el proceso desde un computador (Automation Direct, p. 2-3). Las funciones principales de Lookout son:

- Comandos para partida y parada de motores desde la pantalla de la PC.
- Administración de alarmas de proceso y/o del sistema de control
- Adquisición de datos y exhibición de valores en tiempo real
- Administración de usuarios con diversos niveles de autorización de operaciones.
- Registro gráfico de datos históricos.
- Recolección de datos para archivo e historia de procesos.

1.5.2.1. Arquitectura de Lookout

Lookout consiste sobre todo en objetos y sus miembros de datos, conexiones, y servicios. Para crear una aplicación en este software únicamente se debe crear, configurar y conectar objetos. Los objetos son representaciones gráficas en la pantalla del HMI, que pueden ser PLC, motores, luces piloto, botones, pulsadores, entre otros.

En la **Figura 12-1:** se muestra la funcionalidad de un objeto. En Lookout es posible ajustar los parámetros y miembros de datos de los objetos.

- **Los parámetros definen los límites de la funcionalidad del objeto:** Por ejemplo, los parámetros definen los valores mínimos y máximos del potenciómetro, el tamaño del intervalo más pequeño de configuración y de otros elementos de la funcionalidad del potenciómetro.
- **Los miembros de datos del objeto:** contienen información sobre el estado actual del objeto, tal como el valor, si el control es visible u invisible, entre otros. La base de datos puede almacenar la información del miembro de datos dependiendo de lo que se desea registrar

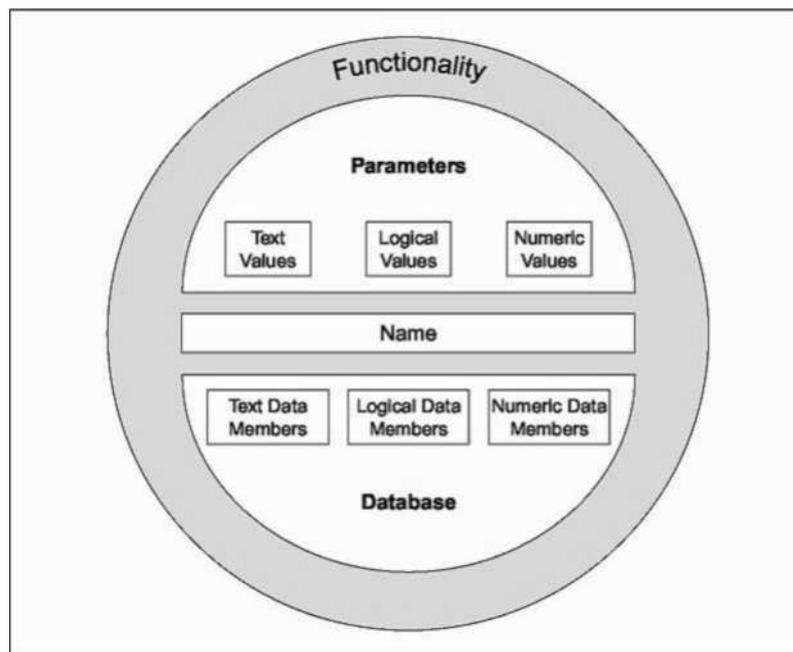


Figura 12-1: Funcionalidad de un objeto.

Fuente: Automation Direct,

1.6. Adaptador Bluetooth

El adaptador bluetooth es un dispositivo que permite la comunicación entre una computadora con dispositivos Bluetooth como por ejemplo teléfonos celulares, mouses, teclados, controles remotos y auriculares.

En la **Figura 13-1:** se muestra el adaptador bluetooth de la marca Schneider Electric, empleado para la comunicación entre el PLC y la PC.



Figura 13-1: Adaptador Bluetooth

Fuente: www.schneiderelectric.com

1.7. Actuadores

Los actuadores son dispositivos que proporcionan una fuerza para mover un elemento acoplado a ellos. Los actuadores eléctricos presentan grandes ventajas, como por ejemplo: brindan un posicionamiento fijo, generan fuerza rápidamente, entre otras. Los actuadores utilizados en el presente proyecto son: motor con reductora, pulsadores, luces piloto, bomba de agua eléctrica, electroválvulas y relés.

1.7.1. Motor reductor

El motor reductor está formado por engranajes que hacen que el motor eléctrico funcione a distintas velocidades. Son empleados en toda clase de máquinas y aparatos de uso industrial que precisan reducir de forma segura su velocidad. Su estructura es a base de engranajes, mecanismos circulares o serrados con geometrías diferentes, según su tamaño y la función en cada motor eléctrico (<http://tercesa.com>). En la **Figura 14-1:** se puede apreciar el Motor reductor de 24VDC.



Figura 14-1: Motor reductor a 24 VDC

Fuente: es.aliexpress.com/store/

En la **Tabla 2-1:** se enlistan las características del motor reductor de 24VDC

Tabla 2-1: Especificaciones del motor reductor de 24 VDC

PARÁMETRO	ESPECIFICACIÓN
Voltaje de operación	24 V
Corriente continua	3,5 A
Potencia de salida	60W
Torque	250 N*cm
Precisión angular:	±3%
Revoluciones por minuto	250 RPM

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

1.7.2. *Bomba de agua eléctrica*

La bomba es una máquina que absorbe energía mecánica que puede provenir de un motor eléctrico, térmico, entre otros; y la transforma en energía que la transfiere a un fluido como energía hidráulica la cual permite que el fluido pueda ser transportado de un lugar a otro, a diversas velocidades. Al momento de usar la bomba se debe tener las siguientes precauciones:

- No utilizar otros líquidos o fluidos que no sean agua.
- Evitar que el motor se salpique de agua.
- No tocar la bomba mientras esta en operación.
- Debe estar protegida de exceso de calor.
- No utilizar la bomba sin agua.

En la **Figura 15-1:** se muestra la Bomba de agua eléctrica ½ hp



Figura 15-1: Bomba de agua ½ hp

Fuente: <https://www.hermecol.com/bombas-de-agua-1>

1.7.3. *Electroválvulas*

Las electroválvulas o válvulas solenoides son dispositivos diseñados para controlar el flujo (ON-OFF) de un fluido. Están diseñadas para poder utilizarse con agua, gas, aire, gas combustible, vapor entre otros. Estas válvulas pueden ser de dos hasta cinco vías. Pueden estar fabricadas en latón, acero inoxidable o pvc. Dependiendo del fluido en el que se vayan a utilizar es el material de la válvula (<http://www.altecdust.com/>).

En las válvulas de 2 vías, normalmente se utilizan las que funcionan con tres modalidades diferentes, dependiendo del uso que están destinadas a operar; pueden ser de acción directa, acción indirecta y acción mixta o combinada, además cada una de estas categorías puede ser Normalmente cerrada (N.C.) o Normalmente abierta (N.A.) , esto dependiendo de la función que va a realizar ya sea que esté cerrada y cuando reciba la señal a la solenoide abra durante unos segundos, o que esté abierta y cuando reciba la señal la solenoide corte el flujo (<http://www.altecdust.com/>).

- **Acción directa:** El comando eléctrico acciona directamente la apertura o cierre de la válvula, por medio de un embolo.
- **Acción Indirecta:** La característica principal de la válvula del tipo acción indirecta es que cuando recibe el comando eléctrico se acciona el embolo el cual permite a su vez como segunda acción, o acción indirecta, que el diafragma principal se abra o se cierre, en una acción indirecta. Esta serie de válvulas necesita una presión mínima para poder funcionar correctamente. También en esta serie de comando indirecto tenemos válvulas normalmente cerradas y válvulas normalmente abiertas.
- **Acción Mixta:** En las válvulas de Acción mixta o combinada una característica es que no requieren una presión mínima como las de acción indirecta. Estas válvulas al igual que las de acción indirecta el comando de apertura se hace en 2 tiempos, primero se vacía la presión superior del diafragma grande y después, segunda acción, la presión de abajo del diafragma lo empuja para que se abra. Pueden ser normalmente abiertas o normalmente cerradas.

En la **Figura 16-1:** se visualiza la electroválvula unidireccional empleada en sistema de colorimetría CMYK del presente proyecto.



Figura 16-1: Electroválvulas unidireccionales

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

1.7.4. Relé

Es un aparato eléctrico que funciona como un interruptor, abre y cierra el paso de la corriente eléctrica. El relé permite abrir o cerrar contactos mediante un electroimán, por eso también se llaman relés electromagnéticos o relevador. En la **Figura 17-1:** se muestra el relé de 24 VDC a 5A (www.atectecnologia.com).



Figura 17-1: Relés de 24VDC 5 A.

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

1.7.5. Pulsador

Es un dispositivo eléctrico que cuando se presiona permite el paso de corriente y se interrumpe el paso de corriente cuando se deja de presionar; se emplea para activar un estado de un proceso o a otro dispositivo. Existen pulsadores normalmente abiertos y normalmente cerrados; la diferencia radica en que NO se debe presionar para que circule la corriente; mientras que el NC se presiona para interrumpir la corriente. La **Figura 18-1:** ilustra un pulsador.



Figura 18-1: Pulsador

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

1.7.6. Luz piloto

Es un dispositivo eléctrico que se emplea para la señalización en procesos industriales. Por ejemplo para indicar que el proceso se encuentra activo, detenido o también para mostrar alguna señal de alarma en el sistema debido a anomalías. En la **Figura 19-1**:se muestra la luz piloto de color rojo.



Figura 19-1: Luz piloto

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

1.8. Fuente de alimentación

Es la encargada de suministrar energía eléctrica a un sistema. Convierte la electricidad alterna de nuestros enchufes, a corriente continua con salidas de 12V y 5V, además de hacerlo con los conectores estándar que se utilizan para conectar todos los componentes del equipo. En la **Figura 20-1**:se ilustra la fuente de 24VDC.



Figura 20-1: Fuente de 24VDC 15A

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

1.9. Matlab

Matlab es un lenguaje de alto rendimiento para cálculos técnicos, es al mismo tiempo un entorno y un lenguaje de programación. Permite construir herramientas propias que se pueden utilizar simplemente añadiendo la misma al programa realizado. Se puede crear fácilmente nuestras propias funciones y programas especiales en código Matlab, se lo puede agrupar en Toolbox.

MATLAB combina un entorno de escritorio perfeccionado para el análisis iterativo y los procesos de diseño con un lenguaje de programación que expresa las matemáticas de matrices y arrays directamente (es.mathworks.com/). Las principales aplicaciones del software Matlab son:

- Visión Artificial.
- Análisis de datos.
- Comunicaciones inalámbricas
- Aprendizaje futuro.
- Procesamiento de señales.
- Finanzas cuantitativas y gestión de Riesgos.
- Robótica.
- Sistemas de control.

La **Figura 21-1**: muestra el entorno de trabajo de Matlab.

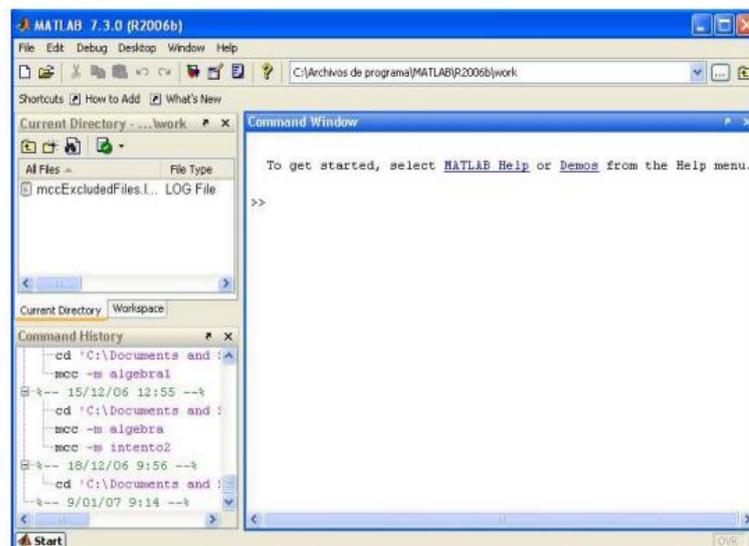


Figura 21-1: Entorno de trabajo de Matlab

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

1.9.1. *Matlab y la Visión Artificial*

MathWorks proporciona un entorno completo para obtener información sobre una imagen y datos de video, desarrollar algoritmos (es.mathworks.com). Con los productos MATLAB ® y Simulink ® para procesamiento de imágenes y visión por computadora, puede:

- Adquirir imágenes y video del hardware de imágenes.
- Usa herramientas gráficas para visualizar y manipular imágenes y videos.
- Desarrollar nuevas ideas usando bibliotecas de algoritmos estándar de referencia
- Migrar diseños al hardware incrustado

Existe una gran variedad de funciones empleadas para un sistema de VA en el entorno de Matlab, sin embargo las básicas son:

- La función *fprintf* permite desplegar mensajes del programa para dar información y detalles del mismo.
- La función *uigetfile*, permite buscar un archivo, en este caso se lo ha limitado para que solo sea de extensión jpg.
- La función *imread* permite leer las imágenes de un archivo, y esta será almacenada en la variable im1. Esta función sólo permite leer archivos de imágenes.
- Con la función *rgb2gray* me permite transformar una imagen en escala de grises y la almaceno en una variable.
- La función *edge* permite realizar la detección de bordes a la imagen almacenada en una variable.
- La función *figure* permite crear ventanas independientes para desplegar las imágenes en cuadros diferentes.
- La función *imshow* despliega tanto la imagen original y la de bordes en las ventanas figure.

1.10. **SolidWorks**

SolidWorks es un software de diseño en 3D, permite modelar piezas de una forma versátil y precisa; ya que se puede diseñar cuidadosamente las piezas a modelar. Además se puede obtener una animación en tiempo real del diseño creado (Introducción a SolidWorks, p 17-22).

SolidWorks cuenta con tres módulos para el diseño: Módulo Pieza permite crear modelos tridimensionales a partir de diagramas en 2D y convertirlos en figuras sólidas; el Módulo

Ensamblaje crea conjuntos de gráficos a partir de diseños creados en el módulo pieza y el Módulo Dibujo permite obtener las vistas estándar, las acotaciones, los materiales, secciones y cortes, entre otras.

La **Figura 22-1:** ilustra los Módulos existentes en SolidWorks; con ejemplo de aplicación.

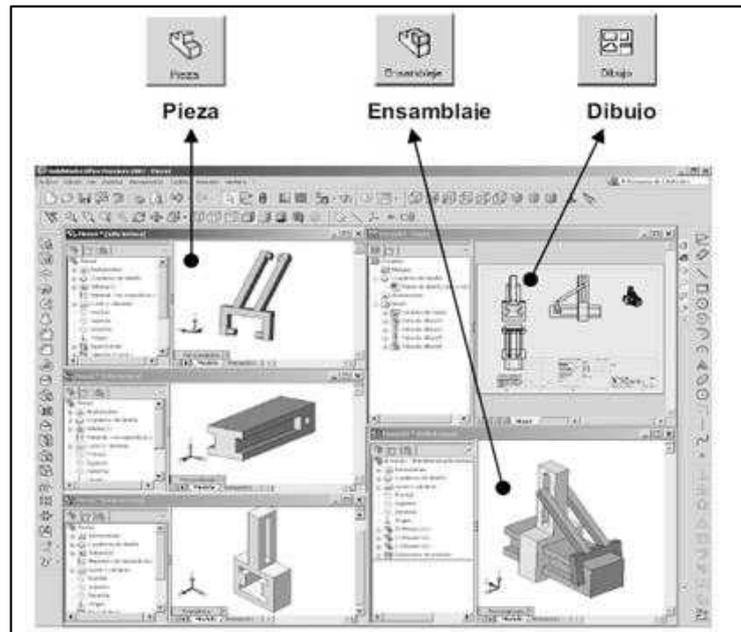


Figura 22-1: Módulos existentes en SolidWorks.

Fuente: Introducción a SolidWorks

CAPITULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

Para el proceso de diseño e implementación del presente trabajo de titulación que tiene como objetivo el desarrollo de un sistema automático de colorimetría CMYK con visión artificial se aplicaron varios métodos de investigación.

El método de análisis y síntesis se empleó para la programación del PLC, ya que se analizarán los componentes a utilizar y la función que cumplen en el sistema, para posteriormente conectarlos a los puertos de salida o entrada.

Se realizó la programación en Matlab que se encarga de controlar la visión artificial, también el diseño mecánico del sistema, mediante el método heurístico que está basado en el uso de normas y conocimientos empíricos,

Para obtener los resultados deseados se realizaron pruebas constantemente mediante el uso de método experimental. Para comprobar la descarga de las electroválvulas en un determinado tiempo y para un color en particular. Además se realizaron las pruebas para detectar un determinado color. Se comprobó que los resultados mostrados en el HMI sean los correctos.

2.1. Cálculos para el control de apertura y cierre de las electroválvulas

El coeficiente de descarga es un factor adimensional característico de la electroválvula, que permite calcular el caudal con el que desembalsa una electroválvula en función del nivel del fluido en el recipiente, en este apartado se realizan los cálculos pertinentes para conocer el coeficiente de descarga de las cuatro electroválvulas utilizadas; en base a este coeficiente se realizó la programación que controla los tiempos de apertura y cierre de las electroválvulas. Dichos tiempos dependerán del color que se desea obtener como resultados, a través de la mezcla de los cuatro colores CMYK.

2.1.1. *Coefficiente de descarga de la electroválvula 1*

Previo al cálculo del coeficiente, se describen las medidas del recipiente utilizado, como son: altura final del líquido, altura inicial del líquido, volumen descargado y diámetros del recipiente.

Estos datos se obtuvieron midiendo el recipiente. En la **Figura 1-2:** se muestra las dimensiones del recipiente 1.

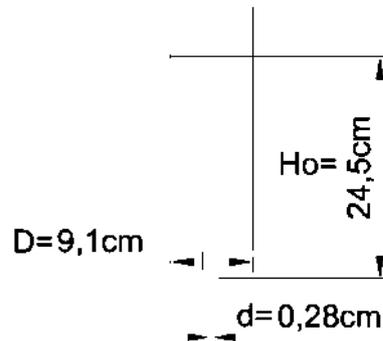


Figura 1-2: Dimensiones del recipiente 1

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

En la **Ecuación 1-2:** se hace referencia a la fórmula para calcular la altura final del líquido en el recipiente luego de la descarga.

Ecuación 1-2: Altura final del líquido

$$H_f = H_o - \frac{4xVol}{\pi x D^2}$$

Donde:

H_f = Altura final

H_o = Altura inicial

Vol = Volumen

D^2 = Diámetro mayor

$$H_f = 24,5\text{cm} - \frac{4x126\text{cc}}{\pi x 9,1\text{cm}^2}$$

$$H_f = 22,56\text{cm}$$

Con la altura final se procede a calcular el coeficiente de descarga mediante la **Ecuación 2-2:** con el tiempo de 10 segundos y el volumen descargado de 126 cc

Ecuación 2-2: Coeficiente de descarga de la electroválvula

$$Cd = \frac{2D^2(\sqrt{H_o} - \sqrt{H_f})}{d^2t\sqrt{2g}}$$

Donde:

Cd = Coeficiente de descarga

d^2 = Diámetro menor

t = tiempo de descarga

g = gravedad

$$Cd = \frac{2x(9,1cm)^2x(\sqrt{24,5cm} - \sqrt{22,56cm})}{(0,28cm)^2x10seg\sqrt{2x981cm/seg^2}}$$

$$Cd=0.96$$

El coeficiente de descarga obtenido para la electroválvula 1 es de 0.96

2.1.2. Coeficiente de descarga de la electroválvula 2

Previo al cálculo del coeficiente, se describen las medidas del recipiente utilizado, como son: altura final del líquido, altura inicial del líquido, volumen descargado y diámetros del recipiente. Estos datos se obtuvieron midiendo el recipiente. En la **Figura 2-2:** se muestra las dimensiones del recipiente 2.

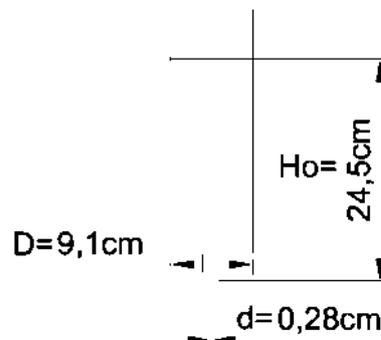


Figura 2-2: Dimensiones del recipiente 2

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

En la **Ecuación 1-2:** se hace referencia a la fórmula para calcular la altura final del líquido en el recipiente luego de la descarga.

$$H_f = H_o - \frac{4xVol}{\pi x D^2}$$

$$H_f = 24,5cm - \frac{4x131cc}{\pi x 9.1cm^2}$$

$$H_f = 22,49cm$$

Con la altura final se procede a calcular el coeficiente de descarga mediante la **Ecuación 2-2**: con el tiempo de 10 segundos y el volumen descargado de 131 cc

$$Cd = \frac{2D^2(\sqrt{H_o} - \sqrt{H_f})}{d^2 t \sqrt{2g}}$$

$$Cd = \frac{2x(9,1cm)^2 x (\sqrt{24,5cm} - \sqrt{22,49cm})}{(0,28cm)^2 x 10seg \sqrt{2x981cm/seg^2}}$$

$$Cd = 0.99$$

El coeficiente de descarga obtenido para la electroválvula 2 es de 0.99

2.1.3. Coeficiente de descarga de la electroválvula 3

Previo al cálculo del coeficiente, se describen las medidas del recipiente utilizado, como son: altura final del líquido, altura inicial del líquido, volumen descargado y diámetros del recipiente. Estos datos se obtuvieron midiendo el recipiente. En la **Figura 3-2**: se muestra las dimensiones del recipiente 3.

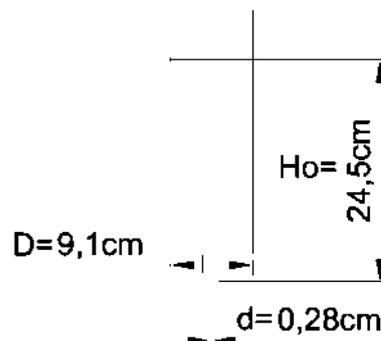


Figura 3-2: Dimensiones del recipiente 3

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

En la **Ecuación 1-2**: se hace referencia a la fórmula para calcular la altura final del líquido en el recipiente luego de la descarga.

$$H_f = H_o - \frac{4xVol}{\pi x D^2}$$

$$H_f = 24,5cm - \frac{4x129cc}{\pi x 9.1cm^2}$$

$$H_f = 22,52cm$$

Con la altura final se procede a calcular el coeficiente de descarga mediante la **Ecuación 2-2**: con el tiempo de 10 segundos y el volumen descargado de 129 cc

$$Cd = \frac{2D^2(\sqrt{H_o} - \sqrt{H_f})}{d^2t\sqrt{2g}}$$

$$Cd = \frac{2x(9,1cm)^2x(\sqrt{24,5cm} - \sqrt{22,52cm})}{(0,28cm)^2x10seg\sqrt{2x981cm/seg^2}}$$

$$Cd = 0.99$$

El coeficiente de descarga obtenido para la electroválvula es de 0.99

2.1.4. *Coeficiente de descarga de la electroválvula 4*

Previo al cálculo del coeficiente, se describen las medidas del recipiente utilizado, como son: altura final del líquido, altura inicial del líquido, volumen descargado y diámetros del recipiente. Estos datos se obtuvieron midiendo el recipiente.

En la **Figura 4-2**: se muestra las dimensiones del recipiente 4.

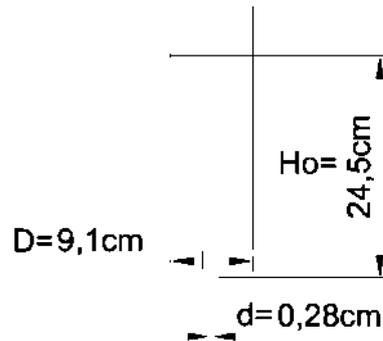


Figura 4-2: Dimensiones del recipiente 4

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

En la **Ecuación 1-2:** se hace referencia a la fórmula para calcular la altura final del líquido en el recipiente luego de la descarga.

$$H_f = H_o - \frac{4xVol}{\pi x D^2}$$

$$H_f = 24,5\text{cm} - \frac{4x132\text{cc}}{\pi x 9.1\text{cm}^2}$$

$$H_f = 22,47\text{cm}$$

Con la altura final se procede a calcular el coeficiente de descarga mediante la **Ecuación 2-2:** con el tiempo de 10 segundos y el volumen descargado de 129 cc

$$Cd = \frac{2D^2(\sqrt{H_o} - \sqrt{H_f})}{d^2 t \sqrt{2g}}$$

$$Cd = \frac{2x(9,1\text{cm})^2 x (\sqrt{24,5\text{cm}} - \sqrt{22,47\text{cm}})}{(0,28\text{cm})^2 x 10\text{seg} \sqrt{2x981\text{cm}/\text{seg}^2}}$$

$$Cd = 0.99$$

El coeficiente de descarga obtenido para la electroválvula es de 0.99

2.2. Dimensionamiento de protecciones

Para efectuar el dimensionamiento de fusibles se utilizó la **Ecuación 2-2**:

Ecuación 3-2: Corriente de protección

$$I_f = k \times I_n$$

Dónde:

I_f = Corriente de Protección

k = Constante de Protección

I_n = Corriente Nominal

- A continuación se describe el cálculo del dimensionamiento del fusible para el PLC TWDLCAA24DRF, a partir de los siguientes datos:

Corriente nominal = 450mA

Constante de protección = 1,8

$$I_f = k \times I_n$$

$$I_f = 1,8 \times 0,45A$$

$$I_f = 0,81A$$

La corriente de protección para el PLC TWDLCAA24DRF es de **0,81 A**.

- A continuación se describe el cálculo del dimensionamiento del fusible para la fuente alimentación de 24VDC/15A, de acuerdo a las cargas que se encuentran conectadas. En la

Tabla 1-2:

Tabla 1-2:Cargas conectadas

Equipo conectado	Corriente Consumida
Electroválvulas (5)	0,60A x 5= 3,0A
Motor con reductora	0,70A
Total de corriente consumida	3,70A

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

Corriente de las cargas = 3,70A

Constante de protección = 1,8

$$I_f = k \times I_n$$

$$I_f = 1,8 \times 3,70A$$

$$I_f = 6,66A$$

La corriente de protección para la fuente alimentación de 24VDC/15A es de **6,66 A**.

- Para la bomba de agua no se utilizará ningún tipo de fusible debido a que la protección que tendrá será un relé a 10A
- A continuación en la **Tabla 2-2:** se describen los fusibles seleccionados para el PLC TWDLCAA24DRF y la fuente alimentación, en base a los cálculos realizados.

Tabla 2-2:Fusibles seleccionados

EQUIPO	CORRIENTE NOMINAL	VALOR DEL FUSIBLE
Fuente	6,66 A	7 A
PLC TWDLC-E40DRF	0,81 A	1 A

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

2.3. Dimensionamiento de conductores

En este apartado se explica el dimensionamiento de los conductores empleados para las conexiones del PLC TWDLCAA24DRF con los demás dispositivos, como son electroválvulas, motor reductor, relé, fusibles; mediante la **Ecuación 4-2:**

Ecuación 4-2: Caída de tensión para un circuito monofásico

$$\Delta V = 2IReL$$

Dónde:

L= Distancia De La Fuente Hacia La Carga

Re = Resistencia Especifica Del Conductor

En la **Figura 5-2:** se muestra la tabla empleada para la selección del calibre de conductores eléctricos, en base a cálculos previos.

Calibre AWG kCM	Número de Hilos	Diámetro Conductor mm	Espesor del Aislamiento mm	Diámetro Exterior o Aislamiento mm	Área Sección Transversal mm ²	Cap. de Conducción Corriente Amperes			Resistencia Ω/km 20°C C.D.	Peso Aproximado kg/100 m
						Aire	Cond.	Charola		
Alambres										
14	1	1.62	0.76	3.14	2.082	30			8.28	2.74
12	1	2.05	0.76	3.57	3.307	40			5.21	4.00
10	1	2.58	0.76	4.11	5.260	55			3.28	5.93
8	1	3.26	1.14	5.54	8.367	70			2.06	9.94
Cables										
20	7	0.92	0.76	2.44	0.517		7	7	33.9	1.11
18	7	2.93	0.76	2.68	0.832		10	10	21.4	1.48
16	7	3.70	1.14	2.98	1.307		20	25	13.5	2.05
14	7	1.85	0.76	3.37	2.082		25	30	8.45	2.93
12	7	2.33	0.76	3.85	3.307		30	40	5.32	4.28
10	7	2.93	0.76	4.45	5.260		40	55	3.34	6.36
8	7	3.70	1.14	5.98	8.367		50	70	2.10	10.61
6	7	4.67	1.52	7.71	13.300		70	100	1.32	17.17
4	7	5.88	1.52	8.92	21.150		90	135	0.832	25.54
2	7	7.42	1.52	10.46	33.620		120	180	0.523	38.55
1/0	19	9.15	2.03	13.21	53.480		155	245	0.329	62.33
2/0	19	10.27	2.03	14.33	67.430		185	285	0.261	76.82
3/0	19	11.53	2.03	15.59	85.010		210	330	0.207	94.95
4/0	19	12.95	2.03	17.01	107.20		235	385	0.164	117.63
250	37	14.62	2.41	19.44	126.70		270	425	0.139	141.12
300	37	16.01	2.41	20.83	152.00		300	480	0.116	166.95
350	37	17.29	2.41	22.11	177.30		325	530	0.0992	192.75
400	37	18.49	2.41	23.31	202.70		360	575	0.0868	218.49

NOTA: SON VALORES APROXIMADOS SUJETOS A TOLERANCIAS DE MANUFACTURA.

Figura 5-2: Tabla para el cálculo del calibre de conductores eléctricos

Fuente: <https://iguerrero.files.wordpress.com/2009/05/iusaconductores.gif>

- Para el dimensionamiento del calibre para el conductor del PLC, se tomaron como datos iniciales los proporcionados por la hoja de especificaciones.

Corriente = 450mA

Voltaje = 110 V

Longitud = 3m

Cable # 18

Según la **Figura 5-2:** para el conductor #18 AWG la resistencia es de $21,4 \frac{\Omega}{km}$

$$\Delta V = 2IR_eL$$

$$\Delta V = 2(0,45A) \left(21,4 \frac{\Omega}{km} \right) (3m)$$

$$\Delta V = 0.058$$

$$\Delta V = \frac{100 * \Delta V}{120} = \frac{100 * 0,058}{120} = 0,048\%$$

Para que el conductor elegido sea el ideal la caída de tensión debe ser menor al 5%.

- Para el dimensionamiento del calibre para el conductor de la fuente de alimentación, se tomaron como datos iniciales los proporcionados por la hoja de especificaciones.

Corriente = 1,44A

Voltaje = 110 V

Longitud = 3m

Cable # 18

Según la **Figura 5-2:** para el conductor #18 AWG la resistencia es de $21,4 \frac{\Omega}{km}$

$$\Delta V = 2IREL$$

$$\Delta V = 2(1,44A)(21,4 \frac{\Omega}{km})(3m)$$

$$\Delta V = 0,185$$

$$\Delta V = \frac{100x \Delta V}{120} = \frac{100x 0,185}{120} = 0,154\%$$

Para que el conductor elegido sea el ideal la caída de tensión debe ser menor al 5%

- Para el dimensionamiento del calibre para el conductor de las electroválvulas, se tomaron como datos iniciales los proporcionados por la hoja de especificaciones.

Corriente = 0,6A

Voltaje = 24 V

Longitud = 2m

Cable # 18

Según la **Figura 5-2:** para el conductor #18 AWG la resistencia es de $21,4 \frac{\Omega}{km}$

$$\Delta V = 2IREL$$

$$\Delta V = 2(0,6A)(21,4 \frac{\Omega}{km})(2m)$$

$$\Delta V = 0,051$$

$$\Delta V = \frac{100x \Delta V}{120} = \frac{100x 0,051}{120} = 0,042\%$$

Para que el conductor elegido sea el ideal la caída de tensión debe ser menor al 5%

- Para el dimensionamiento del calibre para el conductor del motor con reductora, se tomaron como datos iniciales los proporcionados por la hoja de especificaciones.

Corriente = 0,7A

Voltaje = 24 V

Longitud = 2m

Cable # 18

Según la **Figura 5-2:** para el conductor #18 AWG la resistencia es de $21,4 \frac{\Omega}{km}$

$$\Delta V = 2IR_eL$$

$$\Delta V = 2(0,7A)(21,4 \frac{\Omega}{km})(2m)$$

$$\Delta V = 0,06$$

$$\Delta V = \frac{100x \Delta V}{120} = \frac{100x 0,06}{120} = 0,05\%$$

Para que el conductor elegido sea el ideal la caída de tensión debe ser menor al 5%

- Para el dimensionamiento del calibre para el conductor de las luces LED, se tomaron como datos iniciales los proporcionados por la hoja de especificaciones.

Potencia = 5w

Voltaje = 110 V

Corriente = 0,045A

Longitud = 2m

Cable # 18

Según la figura para el conductor #18 AWG la resistencia es de $21,4 \frac{\Omega}{km}$

$$\Delta V = 2IR_eL$$

$$\Delta V = 2(0,045A)(21,4 \frac{\Omega}{km})(2m)$$

$$\Delta V = 0,003$$

$$\Delta V = \frac{100x \Delta V}{120} = \frac{100x 0,003}{120} = 0,002\%$$

Para que el conductor elegido sea el ideal la caída de tensión debe ser menor al 5%

- Para el dimensionamiento del calibre para el conductor de la bomba eléctrica de agua, se tomaron como datos iniciales los proporcionados por la hoja de especificaciones.

Potencia = 373w

Voltaje = 110 V

Corriente = 3,39A

Voltaje = 24 V

Longitud = 4m

Cable # 14

Según la figura para el conductor #14 AWG la resistencia es de $8,45 \frac{\Omega}{km}$

$$\Delta V = 2IR_eL$$

$$\Delta V = 2(3,39A)(8,45 \frac{\Omega}{km})(4m)$$

$$\Delta V = 0,06$$

$$\Delta V = \frac{100x \Delta V}{120} = \frac{100x 0,229}{120} = 0,19\%$$

Para que el conductor elegido sea el ideal la caída de tensión debe ser menor al 5%

2.4. Diseño de la estructura del sistema en SolidWorks

Se empleó el software SolidWorks para diseñar la estructura mecánica del sistema. En el diseño consta la estructura que sirve de soporte para la colocación del PLC, pulsadores, luces piloto. También se realizó el diseño de la caja donde se colocará el objeto del cual se capturará la foto, la caja es necesaria ya que de esta manera la luz solo enfocará al objeto.

En la **Figura 6-2:** se muestra tres vistas del sistema mecánico diseñada en SolidWorks, se puede apreciar la vista frontal, la vista lateral y la vista desde la parte superior.

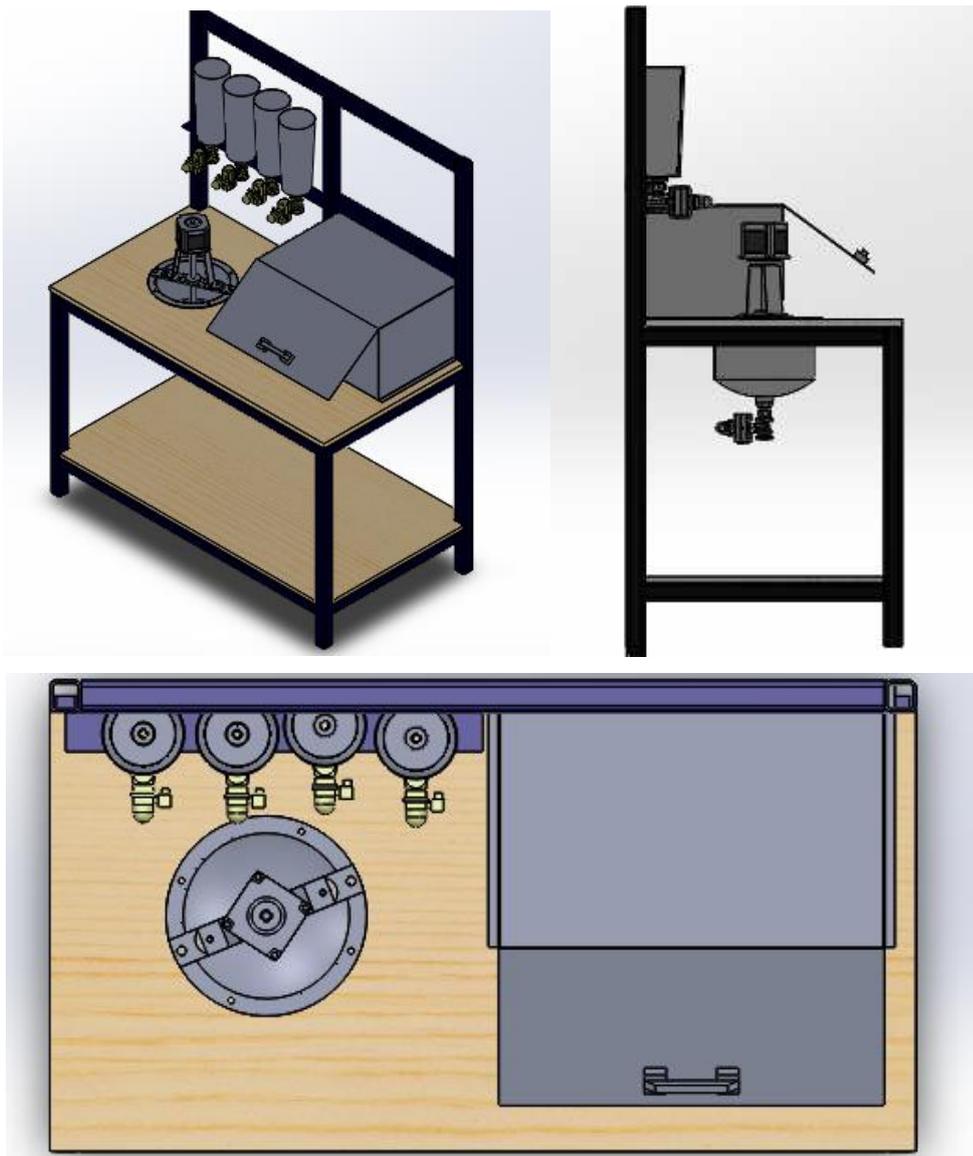


Figura 6-2: Vistas del sistema mecánico en SolidWorks.

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

En la **Figura 7-2:** se muestra el diseño final del sistema de colorimetría, en él se aprecia la disposición de todos los elementos utilizados; para posteriormente en base a este modelo se procedió a la instalación del sistema.

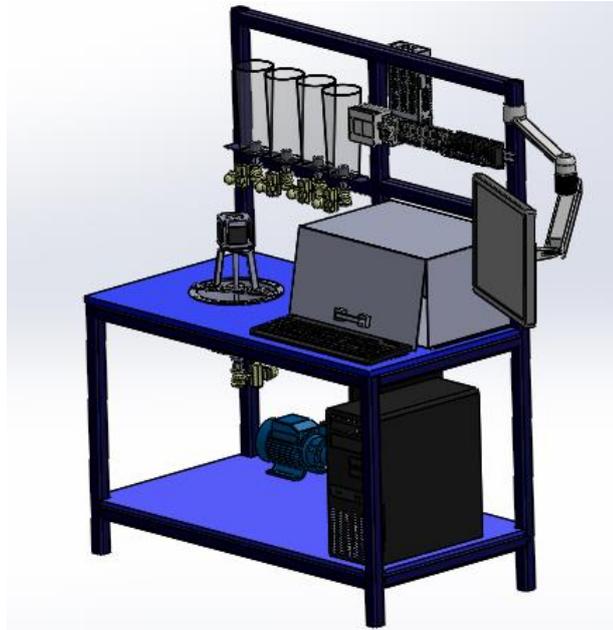


Figura 7-2: Diseño del Sistema de Colorimetría SolidWorks

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

En la **Figura 8-2:** se muestra la estructura mecánica elaborada, sobre la cual se montaron los demás dispositivos.



Figura 8-2: Estructura mecánica elaborada

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

2.5. Diseño del Sistema Eléctrico

Para el sistema eléctrico se diseñó el circuito de mando, mismo que representa la conexión entre el PLC, relés y actuadores; la computadora envía las señales hacia el PLC para el proceso de mezclado de los colores, el cual las interpreta y activa durante un tiempo en milisegundos las electroválvulas correspondientes a cada color CMYK,

Una vez inyectado cada color en el recipiente de mezclado se procede a mezclar el color con el motor con reductora que cuenta con unas aspas para dicho proceso que tendrá un tiempo de duración de cuatro segundos; una vez mezclado se activa la electroválvula de descarga para dicho proceso.

Terminando el proceso se obtiene el color deseado; y se procede a lavar el recipiente de mezclado, para lo cual se necesita enviar la acción mediante la computadora para que el PLC active el motor con reductora y la bomba de agua durante tres segundos para luego expulsar el agua sucia y quede lavado el recipiente para las siguientes mezclas. La descripción del circuito de mando se muestra en el ANEXO K.

En la **Figura 9-2:** se muestra el diseño del circuito electrico de mando.

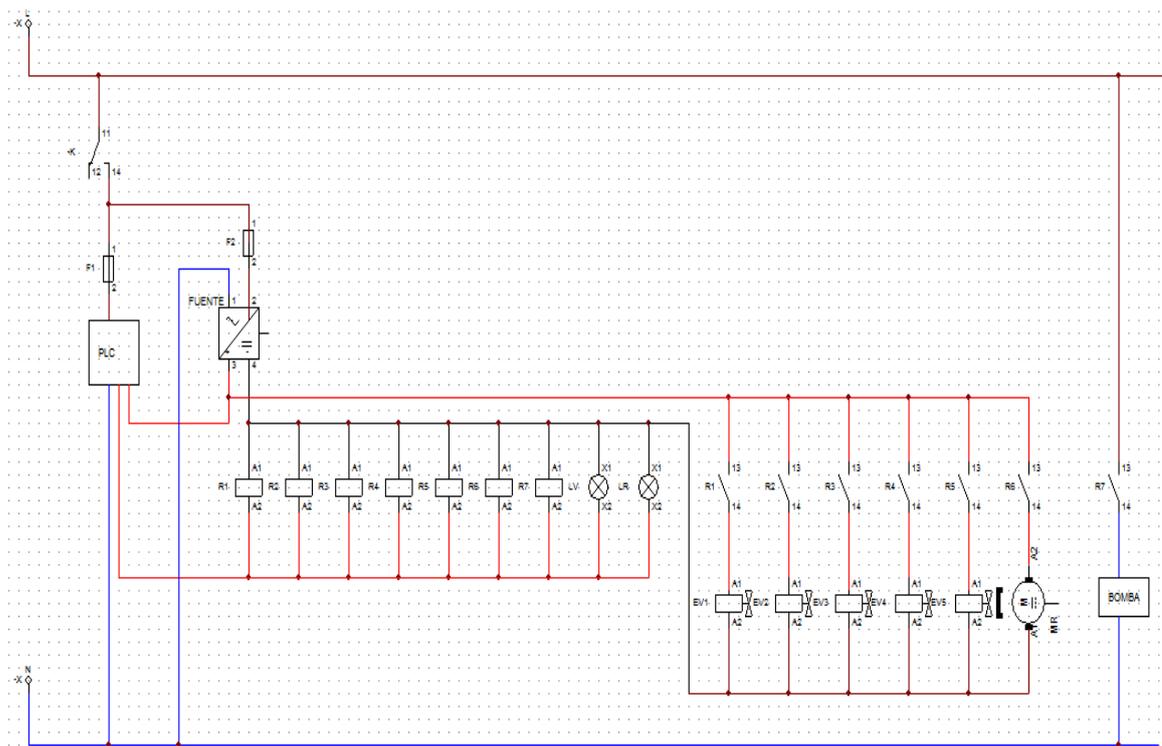


Figura 9-2: Circuito de mando

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

2.6. Instalación y configuración de la Aplicación IP Webcam

La cámara encargada de capturar las fotos es la de un teléfono celular con sistema Android. El celular empleado fue HUAWEI LTE CAM-L03 GW con sistema operativo Android v.6.0 Marshmallow. Previo a la captura de imagen, se realizó la instalación y configuración de la aplicación IP Webcam. A continuación se describen los pasos:

- Se accedió a la tienda Google Play “Play Store”, y se descargó e instaló la aplicación IP Webcam.



Figura 10-2: Aplicación IP Webcam

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

- Automáticamente se asigna una dirección IP al celular: 192.168.43.1:8080; mediante la cual se comunicará con la el software Matlab instalado en la PC. En la **Figura 11-2:** se muestra la pantalla de configuración de la aplicación IP Webcam.

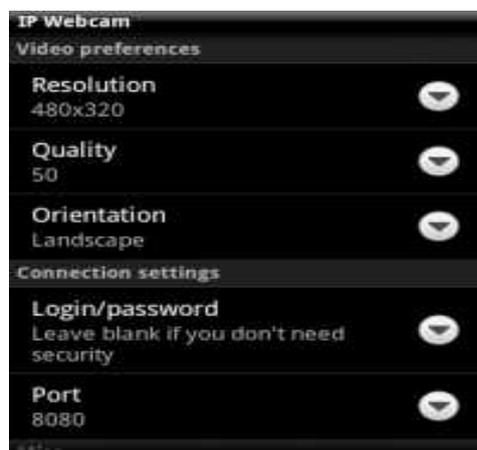


Figura 11-2: Configuración de IP Webcam

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

Al pulsar sobre el botón Actions se accede a un menú con algunas opciones que permiten:

- Focus: enfocar la imagen de la cámara.
- Stop: detener el servidor.
- Run in background: ejecutar en segundo plano.
- Toggle LED: encender el dispositivo LED del teléfono (siempre y cuando cuente con él).
- Fade: oscurecer la pantalla para ahorrar energía.

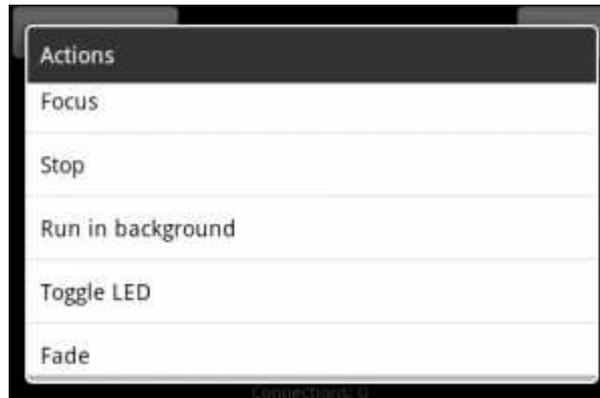


Figura 12-2: Menú del botón Actions

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

2.7. Configuración y programación del PLC TWDLC-AA24DRF

Previo a la programación para el sistema automático de colorimetría es necesario configurar el PLC que va utilizar, en este caso el PLC TWDLCAA24DRF. A continuación se describen los pasos para añadir un nuevo dispositivo y la configuración del mismo en el software Twido Suite.

1. En el Modo Programación, escoger Crear un proyecto nuevo.
2. En la ventana *Información del proyecto* se llenó los siguientes campos:
 - **Proyecto:** “Sistema Automatico de Colorimetria”
 - **Directorio:** C:\ Program Files\Schneider Electric\twidoSuite\Mis proyectos
 - **Autor:** Diego Jiménez - Geovanny Jiménez
3. En la pestaña *Describir* dirigirse a Configurar el material
4. En la sección *Bases* el Controlador lógico programable seleccionar el PLC TWDLCAA24DRF, como se muestra en la **Figura 13-2:**

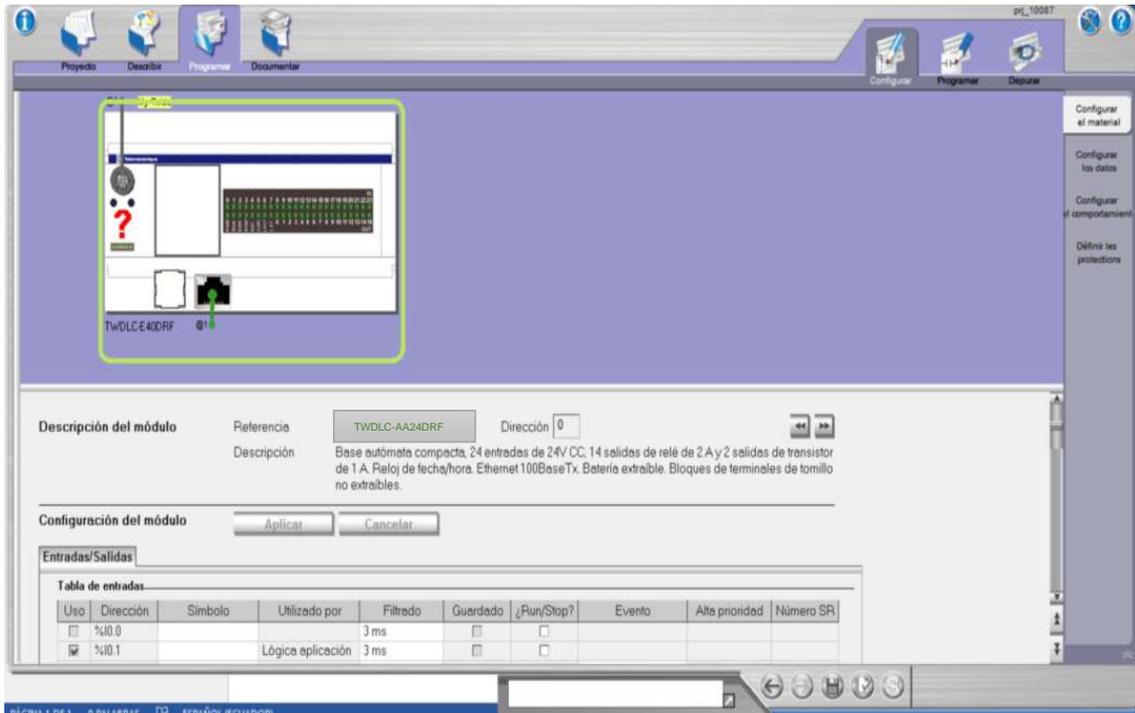


Figura 13-2: Ventana Información del proyecto

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

5. En la pestaña *Programar* dirigirse a *Configurar el comportamiento* y realizar las configuraciones de Niveles funcionales, Modo de operación, Arranque y Almacenamiento automático, mostradas en la **Figura 14-2:**

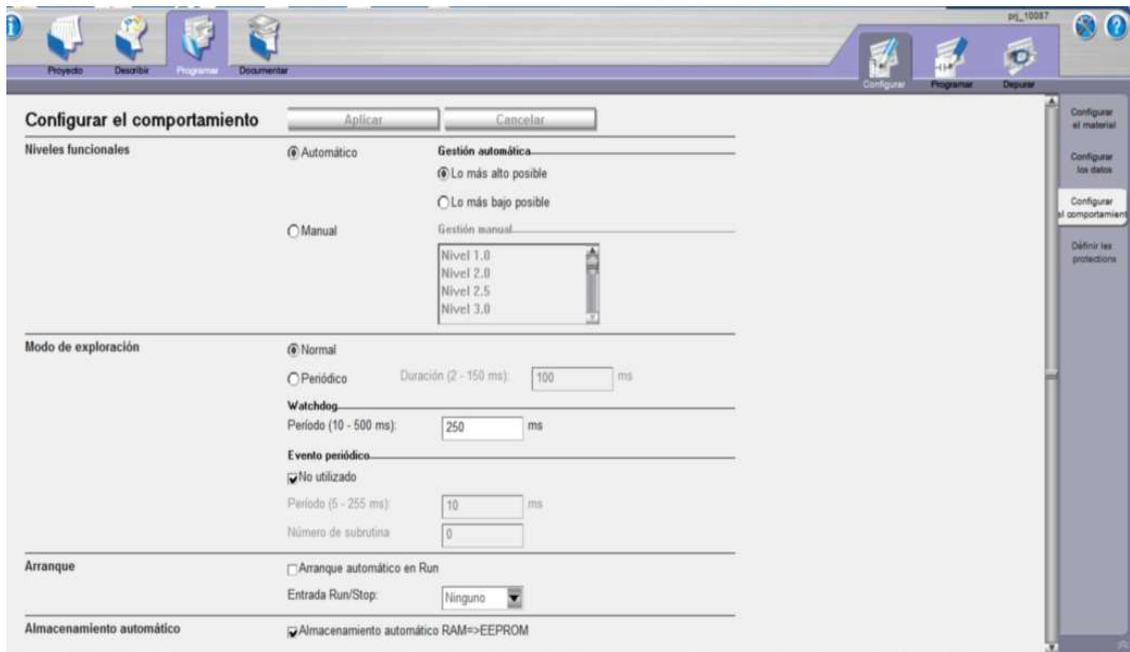


Figura 14-2: Configuraciones de comportamiento

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

6. En la pestaña *Programar* dirigirse a *Definir las protecciones* y realizar las configuraciones de Contraseña y Protección de la aplicación; mostradas en la **Figura 15-2**:

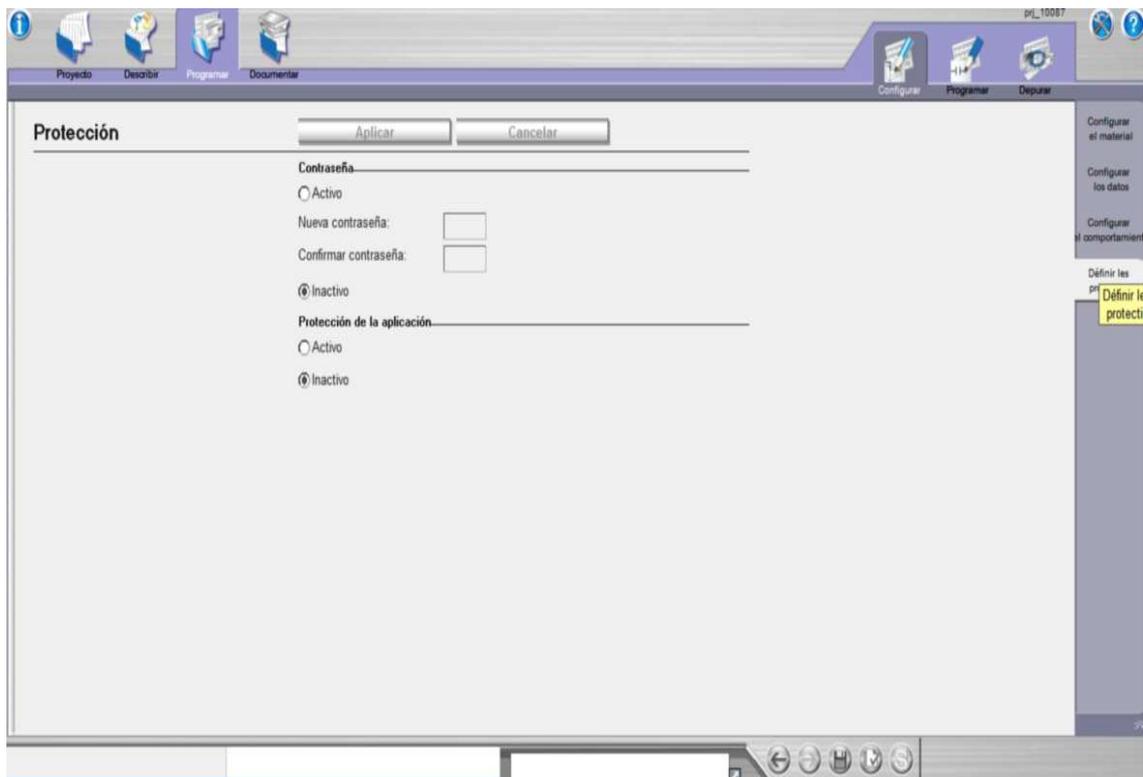


Figura 15-2: Configuraciones de Protección

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

2.7.1. Configuración de entradas y salidas

Una vez configurado el nuevo proyecto en Twido Suite y añadido el PLC TWDLCAA24DRF, se procedió a la configuración de las entradas y salidas digitales, para posteriormente realizar la programación.

- En la **Tabla 3-2**: se describen las variables de entrada del PLC TWDLCAA24DRF

Tabla 3-2: Descripción de las variables de entradas del PLC TWDLCAA24DRF

ENTRADA	DESCRIPCIÓN
IN 0	Pulsador de Inicio
IN1	Pulsador de Paro

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

- En la **Tabla 4-2**: se describen las variables de salidas del PLC TWDLCAA24DRF

Tabla 4-2: Descripción de las variables de salidas del PLC TWDLCAA24DRF

SALIDAS	DESCRIPCIÓN
OUT 0	RELÉ 1
OUT 1	RELÉ 2
OUT 2	RELÉ 3
OUT 3	RELÉ 4
OUT 4	RELÉ 5
OUT 5	RELÉ 6
OUT 6	RELÉ 7
OUT 7	Luz piloto verde
OUT 8	Luz piloto rojo
RELÉ 1	Electroválvula color Cyan
RELÉ 2	Electroválvula color Magenta
RELÉ 3	Electroválvula color Yellow
RELÉ 4	Electroválvula color Key
RELÉ 5	Electroválvula de descarga
RELÉ 6	Motor DC con reductora para el mezclado
RELÉ 7	Bomba de agua para el lavado

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

2.7.2. Conexión del PLC

Una vez configurado el PLC y las direcciones respectivas para el control de las entradas y salidas digitales, se procedió a realizar la conexión de los elementos conectados a cada una de las variables. Para una mejor explicación se realizó un diagrama de conexión para las entradas y otro para la conexión de las salidas.

En la **Figura 16-2:** se muestra el diagrama de conexión de las entradas digitales

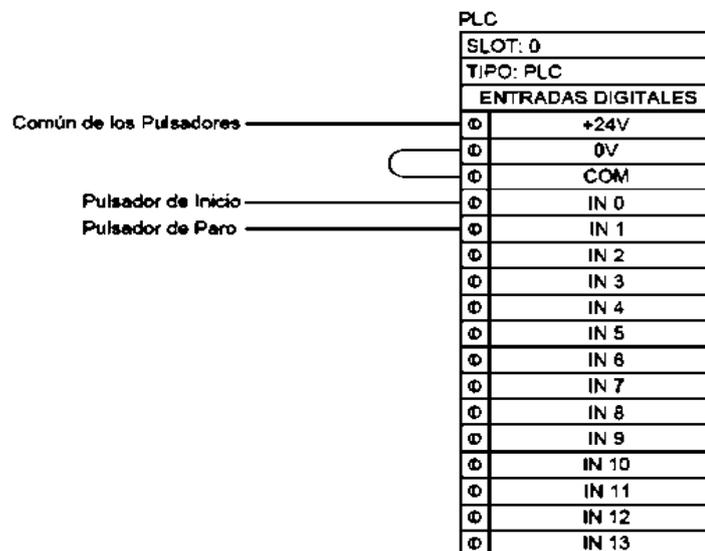


Figura 16-2: Diagrama de conexión entradas digitales

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

En la **Figura 16-2:** se muestra el diagrama de conexión de las salidas digitales

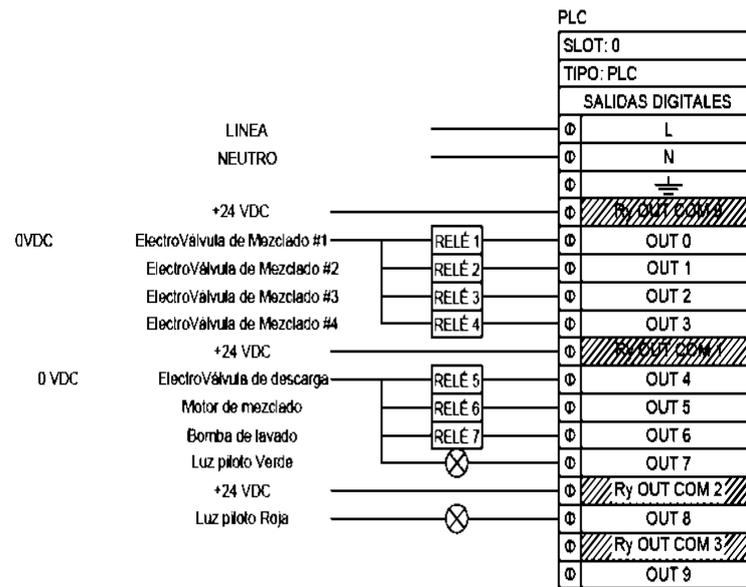


Figura 17-2: Diagramas de conexión salidas digitales

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

En la **Figura 18-2:** se visualiza la implementación del circuito de conexión del PLC, realizado bajo la **Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2486** que establece los requisitos que deben cumplir las bandejas metálicas portacables, electro-canales o canaleta, y los elementos de montaje asociados para el apoyo de cables y/o conductores aislados.



Figura 18-2: Implementación de las circuito de conexión del PLC

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

2.7.3. Programación del PLC

La programación del PLC se realizó en el software Twido Suite, con lenguaje de programación Ladder o Diagrama de escalera. En la **Figura 19-2:** se muestra la programación del sistema de colorimetría con la asignación de las memorias a cargar en el PLC.

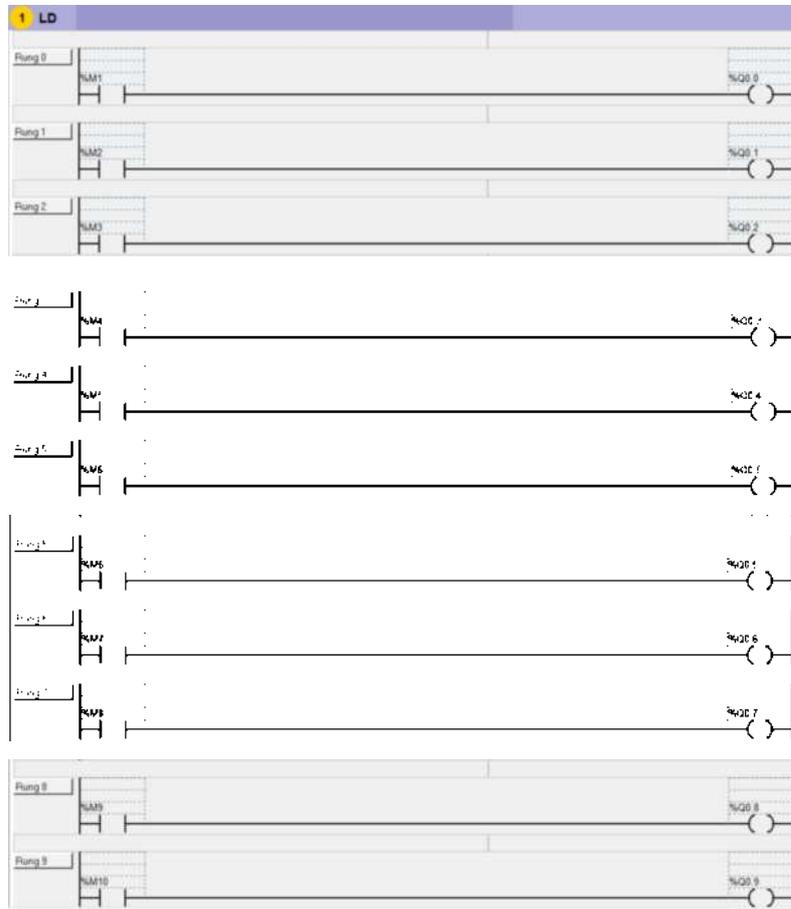


Figura 19-2: Programación en Twido Suite.

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

2.8. Diseño del HMI en Lookout

El diseño de la interfaz Hombre- máquina se desarrolló en Lookout en base a la Norma **ISA101 HMI**, que establece normas, prácticas recomendadas e informes técnicos para aplicaciones de fabricación y procesos. A continuación en la **Figura 20-2:** se muestra la pantalla de PORTADA; mediante la cual se muestra la siguiente información:

- Nombre de la Institución: ESPOCH
- Nombre del sistema: RECIPE SYSTEM CMYK
- Desarrollado por: Jiménez Huiracocha Diego Marcelo y Jiménez Andy Geovanny Javier



Figura 20-2: Pantalla HMI – PORTADA

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

En la **Figura 21-2:** se visualiza la pantalla de PANEL DE CONTROL, la misma que consta de las siguientes partes:

- **Datos:** se encarga de cargar la receta en Excel.
- **Proceso:** aquí se muestra el tiempo de apertura en milisegundos para cada electroválvula correspondiente al líquido cian, líquido magenta, líquido yellow y líquido black. Además muestra la cantidad de mezcla en un valor de porcentaje. Se observa también el tiempo de mezcla, tiempo de descarga y tiempo de lavado en segundos.
- **Control:** esta parte consta de cuatro botones, START para iniciar el proceso, RESET para volver a cargar el proceso y STOP para detener el proceso. Cada botón cuenta con su respectiva luz de señalización para indicar los estados de *Ejecutando Tarea*, *proceso Terminado* y *proceso STOP*.
- **Botón LAVAR:** permite limpiar el contenedor luego de terminar un proceso de mezcla.
- **Botón Acerca de:** muestra información relevante y básica del sistema implementado.
- **Reconocimiento de color:** en la primera pantalla se visualiza el color que capturo la cámara del celular; mientras que en la segunda se visualiza el color que reconoce el programa en Matlab.



Figura 21-2: Pantalla HMI-PANEL DE CONTROL

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

2.8.1. Comunicación entre PLC-- Lookout por medio del protocolo modbus- bluetooth

Para la comunicación del PLC TWDLCAA24DRF al puerto Modbus mediante Lookout se creó un objeto Secuenciador que eventualmente se usará para activar y desactivar los objetos Lookout Modbus haciendo clic en ellos. Se creó un estado de secuenciador por cada dispositivo Modbus. En la ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.se muestra en el cuadro de diálogo **Revise odbus Secondary** Modbus para la creación de cada dispositivo Modbus, se debe configurar el parámetro Dirección en el ID de esclavo del dispositivo correspondiente.

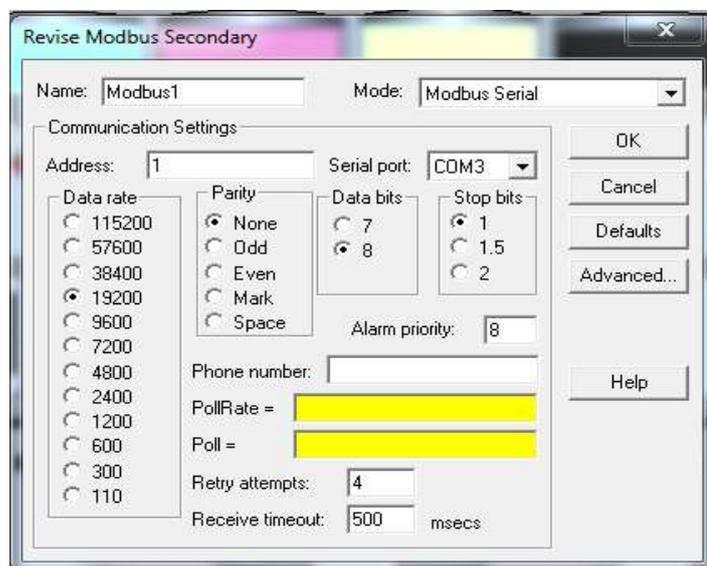


Figura 22-2: Cuadro de diálogo Revise Modbus Secondary

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

Una vez creado los dispositivos Modbus Se procedió a configurar Modbus en Lookout para las conexiones con el PLC mediante una serie de secuencias. El secuenciador genera una cadena de estados con respecto a las salidas asociadas a cada uno y permanece hasta que alcance el límite de tiempo de dicho estado.

En las **Figura 23-2: Figura 24-2: y Figura 25-2:** se muestra secuencia configurada de Modbus para las conexiones con el PLC

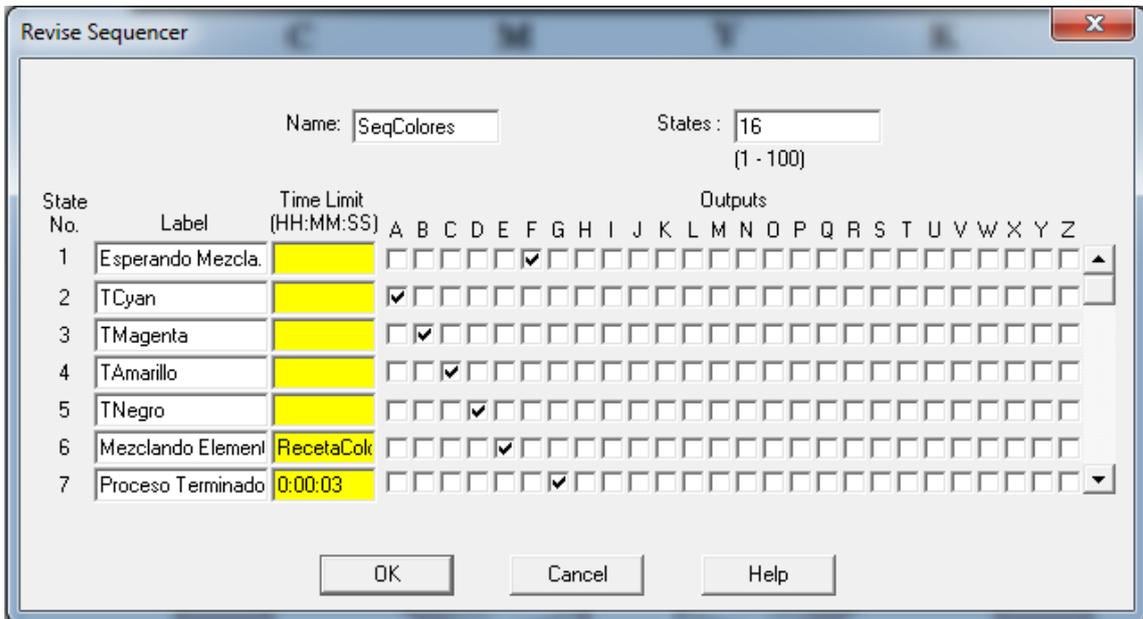


Figura 23-2: Objeto secuenciador parte 1

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

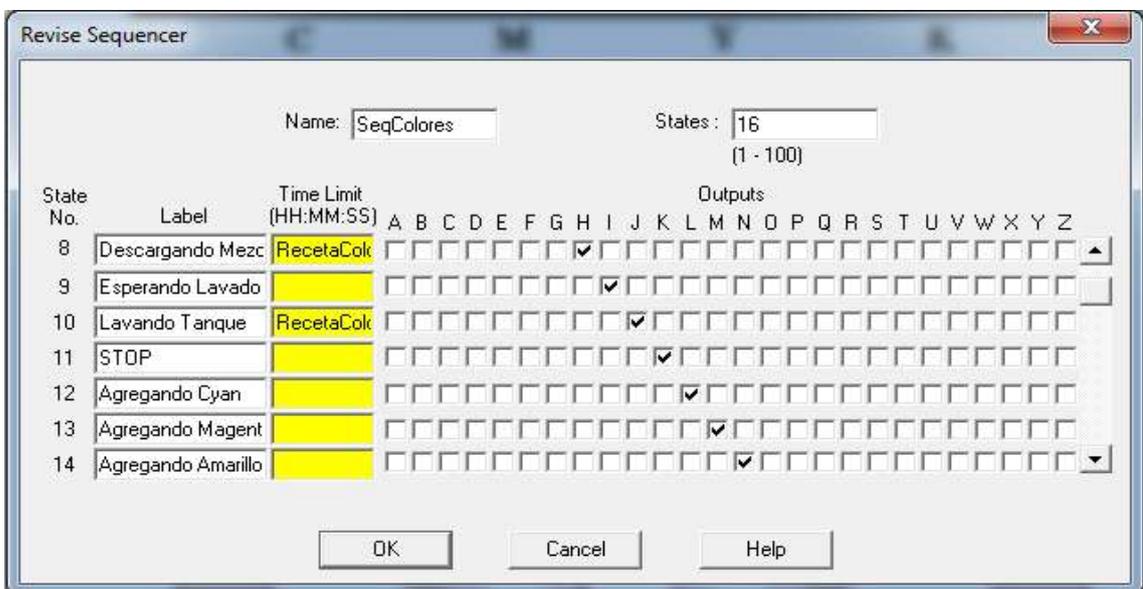


Figura 24-2: Objeto secuenciador parte 2

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

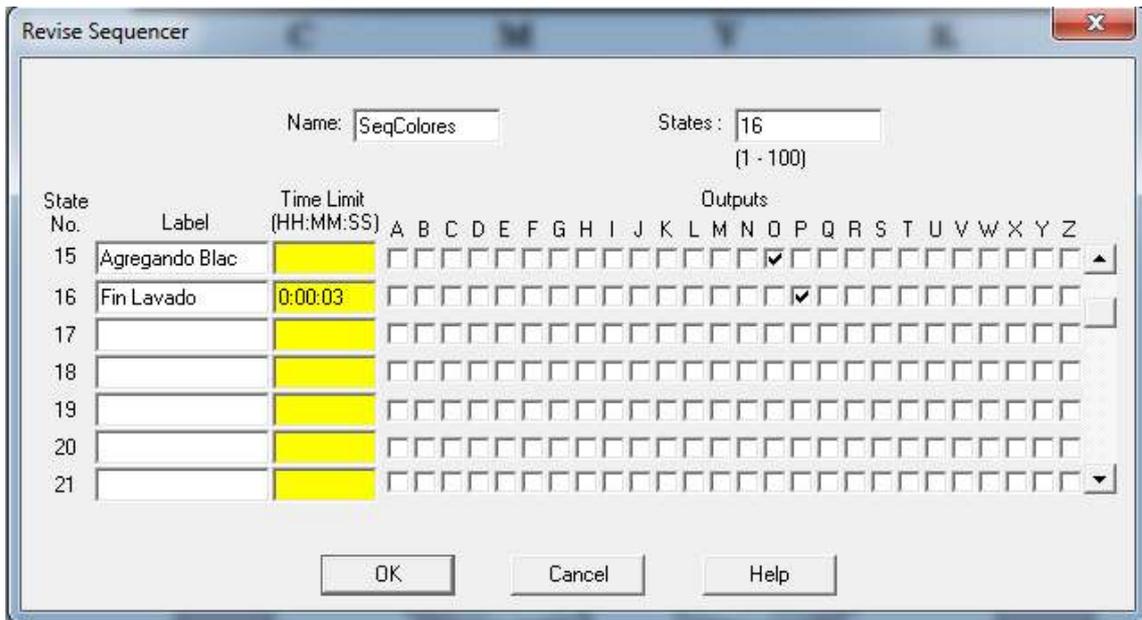


Figura 25-2: Objeto secuenciador parte 3

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

En la **Figura 26-2:** se muestra el cuadro de dialogo para la asignación de salidas del PLC respecto a Lookout

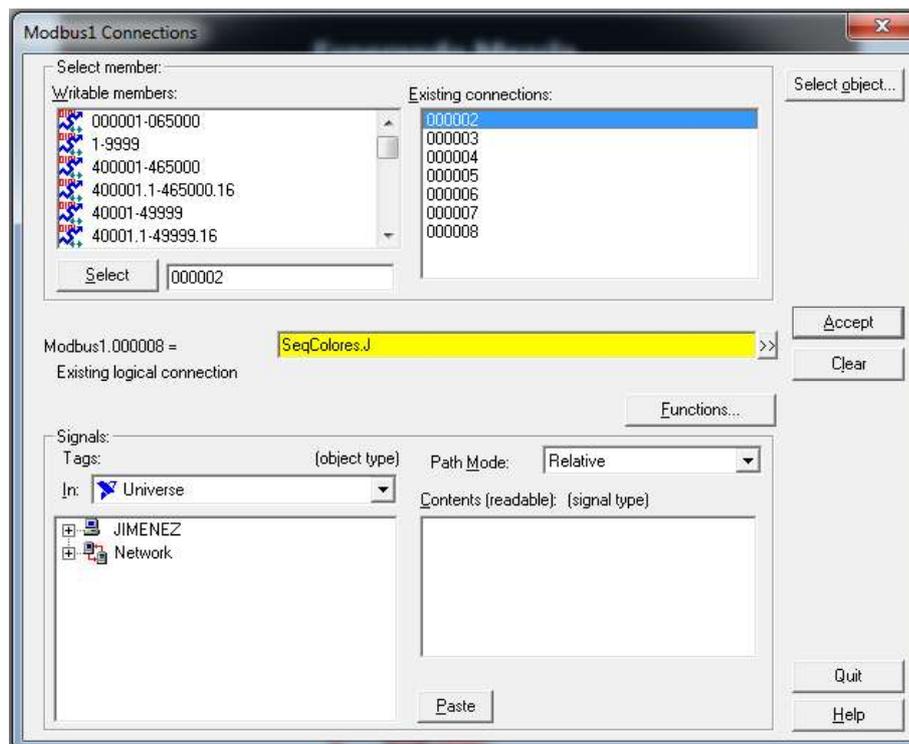


Figura 26-2: Asiganación de salidas del PLC respecto a Lookout.

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

El proceso de asignación se realizó para cada una de las salidas del PLC, en la **Tabla 5-2:** se muestra la descripción de la direcciones asignadas en Lookout

Tabla 5-2: Descripción de de salidas del PLC respecto a Lookout

SSLIDA DEL PLC	ASIGNACIÓN DE DIRECCIÓN EN LOOKOUT
Electrovalvula color cian	000002
Electrovalvula color magenta	000003
Electrovalvula color yellow	000004
Electrovalvula color black	000005
Electrovalvula de descaga	000006
Motor con reductora	000007
Bomba de agua electrica	000008

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

2.8.2. *Exportación de datos a excel*

Par exportación de los datos a una hoja de cálculo en Excel, se utilizó el objeto **Recipe**; se creó un sistema de recetas que permite guardar colores mezclados, para que posteriormente el usuario tenga la posibilidad de escoger un color. En la **Figura 27-2:** se muestra el cuadro de dialogo del para crear el *Objeto Recipe*.



Figura 27-2: Objeto Recipe

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

Los datos exportados a Excel constaran de 12 columnas denominas: NOMBRE DEL COLOR, % CYAN, % MAGENTA, % YELLOW, % KEY, T CYAN, T MAGENTA, T YELLOW, T KEY MEZCLADO, DESCARGA y LAVADO.

2.9. Comunicación Modbus-PLC

Mediante el protocolo Modbus se realizó la configuración para la comunicación entre Lookout y el PLC. A continuación se explica el diagrama de flujo de la **Figura 28-2**: para establecer la comunicación entre el PLC y el HMI desarrollado en Lookout.

- En primer lugar se configuró Modbus en Lookout.
- Por otro lado en el PLC se asignaron y cargaron las memorias.
- Se verifica la conectividad entre Lookout y el PLC, este proceso se repite hasta conseguir la conectividad.
- Se asigna el proceso de secuencias en Lookout.
- Una vez asignadas las secuencias, se inicia la conectividad en el Modbus de Lokout.

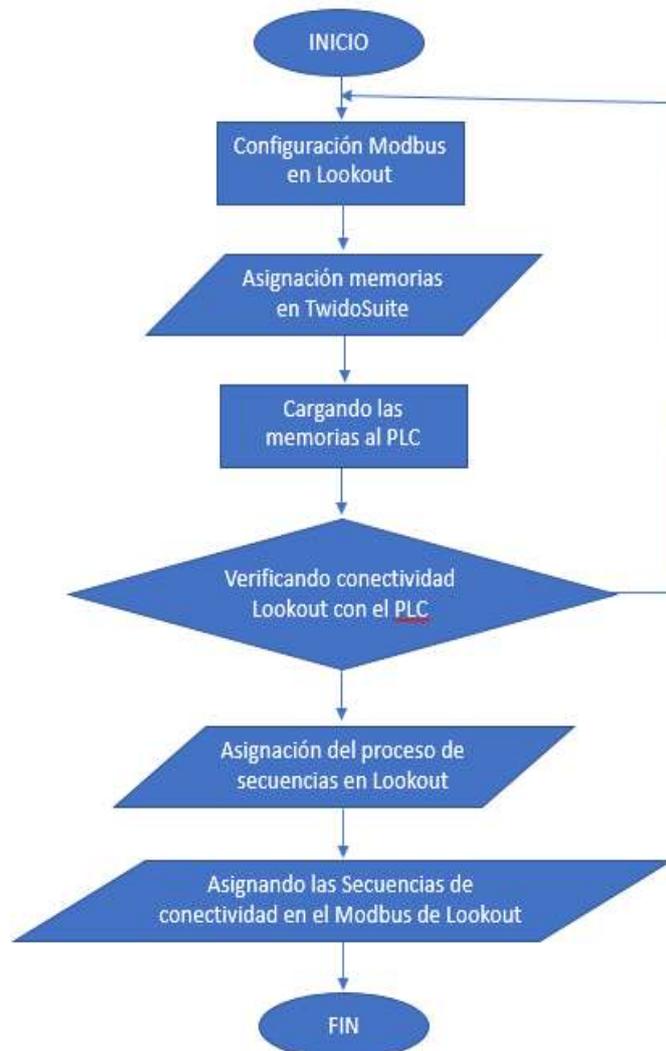


Figura 28-2: Diagrama de flujo para la comunicación Modbus-PLC

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

2.10. Programación de la Visión Artificial

La programación de la visión artificial se realizó en el software Matlab. Mediante el diagrama de flujo mostrado en la **Figura 29-2**: se procedió a editar el código de programa, el mismo que se visualiza en el **ANEXO C**.

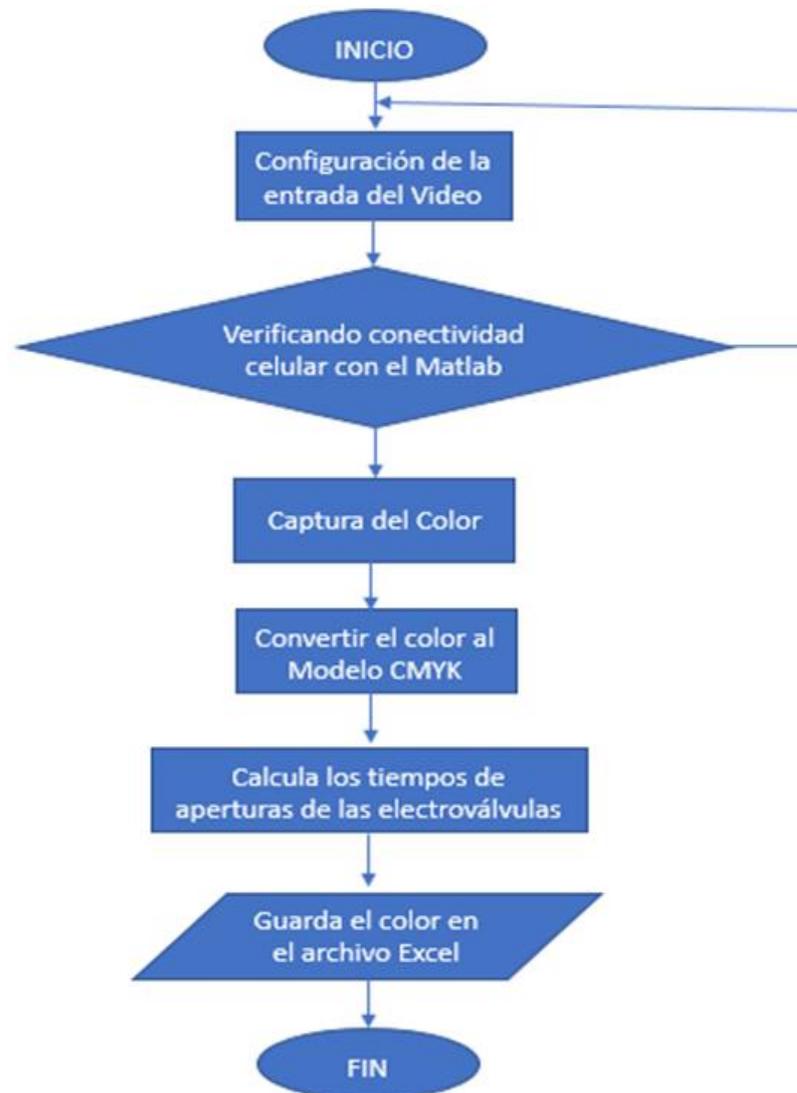


Figura 29-2: Diagrama de Flujo

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

- Se configura la entrada de video y se verifica la conectividad del programa en Matlab con la cámara del celular. Este proceso se repetirá hasta que la conectividad sea exitosa.
- Una vez reconocida la imagen se realiza la captura del color y convertirla al Modelo CMYK y guarda los datos del color en un atabla en Excel que se encuentra vinculada al programa en Matlab.

- Se procede a establecer y verificar la comunicación con Lookout con el PLC. Una vez comprobada la conexión se selecciona el color en base a los datos guardados en Excel.
- EL color final se representa en base a porcentaje de los colores cian, magenta amarillo y negro; y se establece los tiempos de apertura de las electroválvulas correspondientes a cada color CMYK.
- Finalmente se realiza la mezcla de los colores y se procede al lavado del contendor.

2.11. Diagrama general de bloques del proceso

En la **Figura 30-2:** se muestra el diagrama general de bloques del sistema implementado. Aquí se observa la conexión y comunicación entre cada dispositivo. La cámara envía la imagen capturada a la PC, el cual a través del adaptador bluetooth se comunica con el PLC, que envía las señales de activación a los actuadores.

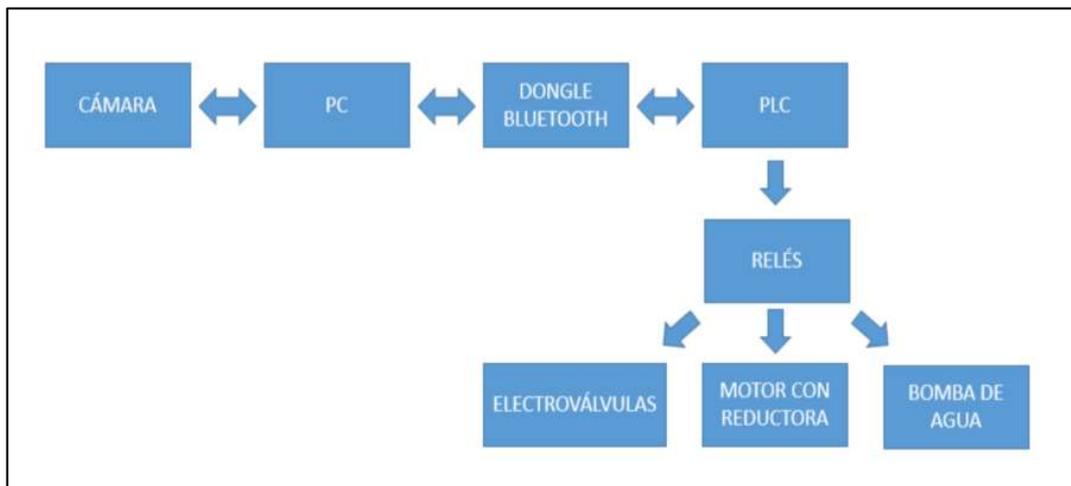


Figura 30-2: Diagrama general del proceso

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

CAPITULO III

3. MARCO DE RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Este capítulo se realiza la medición de los resultados obtenidos mediante las pruebas realizadas a cada elemento del Sistema Automático de Colorimetría CMYK con Visión Artificial; con el objetivo de constatar el correcto funcionamiento de cada uno de los dispositivos conectados, así como también la verificación de la mezcla de los colores.

3.1. Pruebas de descarga de las electroválvulas

El coeficiente de descarga es un factor adimensional característico de la electroválvula, que permite calcular el caudal con el que descarga una válvula en función del nivel del fluido en un contenedor de reserva. Para las pruebas de descarga de las electroválvulas se empleó el valor calculado en el Capítulo II del coeficiente de descarga $C_d=0.96$.

A continuación se describe el cálculo del tiempo de descarga para las cuatro electroválvulas utilizadas en el sistema, se realizaron seis pruebas en cada una de ellas.

- **Electroválvula 1**

Prueba #1 para 50cc

$$H_f = H_o - \frac{4xVol}{\pi x D^2}$$

$$H_f = 24,5cm - \frac{4x50cc}{\pi x 9,1cm^2}$$

$$H_f = 23,73cm$$

$$t = \frac{2D^2(\sqrt{H_o} - \sqrt{H_f})}{d^2 C_d \sqrt{2g}}$$

$$t = \frac{2x(9,1cm)^2 x (\sqrt{24,5cm} - \sqrt{23,73cm})}{(0,28cm)^2 x 0,9628342116 \sqrt{2x981cm/seg^2}}$$

$$t = 3,877seg$$

Prueba #2 para 100cc

$$H_f = H_o - \frac{4xVol}{\pi x D^2}$$

$$H_f = 23,73cm - \frac{4x100cc}{\pi x 9,1cm^2}$$

$$H_f = 22,19cm$$

$$t = \frac{2D^2(\sqrt{H_o} - \sqrt{H_f})}{d^2 C d \sqrt{2g}}$$

$$t = \frac{2x(9,1cm)^2 x (\sqrt{23,73cm} - \sqrt{22,19cm})}{(0,28cm)^2 x 0,9628342116 \sqrt{2x981cm/seg^2}}$$

$$t = 7,948seg$$

Prueba #3 para 200cc

$$H_f = H_o - \frac{4xVol}{\pi x D^2}$$

$$H_f = 22,19cm - \frac{4x200cc}{\pi x 9,1cm^2}$$

$$H_f = 19,12cm$$

$$t = \frac{2D^2(\sqrt{H_o} - \sqrt{H_f})}{d^2 C d \sqrt{2g}}$$

$$t = \frac{2x(9,1cm)^2 x (\sqrt{22,19cm} - \sqrt{19,12cm})}{(0,28cm)^2 x 0,9628342116 \sqrt{2x981cm/seg^2}}$$

$$t = 16,769seg$$

Prueba #4 para 200cc

$$H_f = H_o - \frac{4xVol}{\pi x D^2}$$

$$H_f = 19,12cm - \frac{4x200cc}{\pi x 9,1cm^2}$$

$$H_f = 16,04cm$$

$$t = \frac{2D^2(\sqrt{H_o} - \sqrt{H_f})}{d^2 C d \sqrt{2g}}$$

$$t = \frac{2x(9,1cm)^2 x (\sqrt{19,12cm} - \sqrt{16,04cm})}{(0,28cm)^2 x 0,9628342116 \sqrt{2x981cm/seg^2}}$$

$$t = 18,181seg$$

Prueba #5 para 75cc

$$H_f = H_o - \frac{4xVol}{\pi x D^2}$$

$$H_f = 16,04cm - \frac{4x75cc}{\pi x 9,1cm^2}$$

$$H_f = 14,89cm$$

$$t = \frac{2D^2(\sqrt{H_o} - \sqrt{H_f})}{d^2Cd\sqrt{2g}}$$

$$t = \frac{2x(9,1cm)^2x(\sqrt{16,04cm} - \sqrt{14,89cm})}{(0,28cm)^2x0,9628342116\sqrt{2x981cm/seg^2}}$$

$$t = 7,263seg$$

Prueba #6 para 100cc

$$H_f = H_o - \frac{4xVol}{\pi x D^2}$$

$$H_f = 14,89cm - \frac{4x100cc}{\pi x 9,1cm^2}$$

$$H_f = 13,35cm$$

$$t = \frac{2D^2(\sqrt{H_o} - \sqrt{H_f})}{d^2Cd\sqrt{2g}}$$

$$t = \frac{2x(9,1cm)^2x(\sqrt{14,89cm} - \sqrt{13,35cm})}{(0,28cm)^2x0,9628342116\sqrt{2x981cm/seg^2}}$$

$$t = 10,137seg$$

Electroválvula 1: La **Tabla 1-3:** muestra los valores obtenidos para la Electroválvula #1 del volumen medido VS el volumen teórico en determinados periodos de tiempo.

Tabla 1-3: Volumen medido vs Volumen Medido de la electroválvula 1

Prueba	Volumen teórico (cc)	Tiempo teórico (seg)	Volumen medido (cc)	Valor promedio de volumen medido (cc)
#1	50	3.918	50, 50, 51, 50, 51, 50	50.4
#2	100	8.036	101, 101, 101, 101, 101	101
#3	200	16.976	204, 203, 204, 203, 203	203.4
#4	200	18.446	207, 206, 208, 208, 208	207.4
#5	75	7.384	79, 79, 79, 79, 79	79
#6	100	10.322	106, 106, 106, 106, 106	106

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

Electroválvula 2:

La **Tabla 2-3:** muestra los valores obtenidos para la Electroválvula #2 del volumen medido Vs el volumen teórico en determinados periodos de tiempo.

Tabla 2-3: Volumen medido vs Volumen Medido de la electroválvula 2

Prueba	Volumen teórico (cc)	Tiempo teórico (seg)	Volumen medido (cc)	Valor promedio de volumen medido (cc)
#1	50	3.766	50, 50, 50, 50, 50	50
#2	100	7.721	100, 100, 100, 100, 100	100
#3	200	16.289	203, 203, 203, 203, 203	203
#4	200	17.661	205, 205, 205, 205, 205	205
#5	75	7.056	77, 78, 78, 78, 78	77.8
#6	100	9.847	105, 105, 104, 105, 105	104.8

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

Electroválvula 3:

La **Tabla 3-3:** muestra los valores obtenidos para la Electroválvula #3 del volumen medido Vs el volumen teórico en determinados periodos de tiempo.

Tabla 3-3: Volumen medido vs Volumen Medido de la electroválvula 3

Prueba	Volumen teórico (cc)	Tiempo teórico (seg)	Volumen medido (cc)	Valor promedio de volumen medido (cc)
#1	50	5.132	51, 51, 51, 51, 51	51
#2	100	10.508	101, 101, 101, 101, 101	101
#3	200	22.111	203, 203, 203, 203, 203	203
#4	200	23.863	194, 194, 194, 194, 194	194
#5	75	9.495	74, 74, 74, 74, 74	74
#6	100	13.208	97, 97, 97, 97, 97	97

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

Electroválvula 3:

La **Tabla 4-3:** muestra los valores obtenidos para la Electroválvula #4 del volumen medido Vs el volumen teórico en determinados periodos de tiempo.

Tabla 4-3: Volumen medido vs Volumen Medido de la electroválvula 4

Prueba	Volumen teórico (cc)	Tiempo teórico (seg)	Volumen medido (cc)	Valor promedio de volumen medido (cc)
#1	50	3.709	48, 48, 48, 48, 48	48
#2	100	7.601	98, 98, 99, 99, 99	98.6
#3	200	16.024	200, 201, 202, 201, 201	201
#4	200	17.350	207, 206, 209, 209, 206	207.4
#5	75	6.291	80, 79, 80, 80, 80	79.8
#6	100	9.652	106, 106, 106, 107, 106	106.2

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

3.2. Pruebas y resultados de reconocimiento de color

Mediante las pruebas de reconocimiento de color se verifica la fiabilidad de la cámara, mediante la calidad de imagen que se captura para el proceso de la misma en Matlab. Se realizaron pruebas con 5 colores: tomate, mostaza, verde, magenta y azul.

3.2.1. Pruebas realizadas con el color tomate

En la **Figura 1-3:** se muestra los porcentajes teóricos en el modelo CMYK del color tomate, siendo C=0%, M=50%, Y=74% y K=24%. Cabe mencionar que estos valores hacen referencia a los centímetros cúbicos que serán descargados.

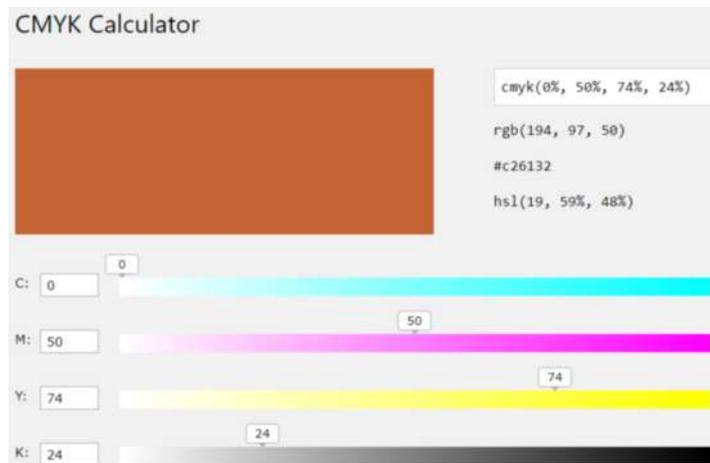


Figura 1-3: Valores CMYK teóricos para el color tomate

Fuente: www.w3schools.com/colors/colors_cmyk.asp

A continuación en la **Tabla 6-3:** se muestra los valores CMYK calculados para el color tomate, se tomaron 10 tomas para corroborar el porcentaje de los cuatro colores: cian, magenta, amarillo

y negro. Cabe mencionar que estos datos fueron tomados de la hoja de cálculo en Excel donde se almacenan los valores de un determinado color.

Tabla 5-3: Valores CMYK calculados para el color tomate

Valores CMYK obtenidos de la toma de fotografías de las prendas					
Nombre	C	M	Y	K	Luxes
Tomate_Toma1	0	50	74	24	148
Tomate_Toma2	0	53	77	25	148
Tomate_Toma3	0	52	77	26	148
Tomate_Toma4	0	49	73	22	148
Tomate_Toma5	0	51	76	26	148
Tomate_Toma6	0	55	81	29	148
Tomate_Toma7	0	50	73	23	148
Tomate_Toma8	0	51	76	25	148
Tomate_Toma9	0	51	76	25	148
Tomate_Toma10	0	49	73	23	148
(%) Porcentaje promedio calculado	0	51.1	75.6	24.8	

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

3.2.2. Resultado de la mezcla CMYK para el color tomate

En la **Figura 2-3:** se muestra (a) la imagen que fue capturada por la cámara del celular, y (b) se muestra el color resultante de la mezcla CMYK, para el color tomate.



Figura 2-3: Tomate: (a) Imagen del color capturada Vs (b) Color Resultante

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

Como se puede observar en el **Gráfico 1-3:** se muestra que el porcentaje de error máximo del valor teórico con respecto al valor calculado para la mezcla del color tomate es 3.3%.

Además en el **ANEXO F** se muestra la pantalla HMI durante el proceso de la mezcla.

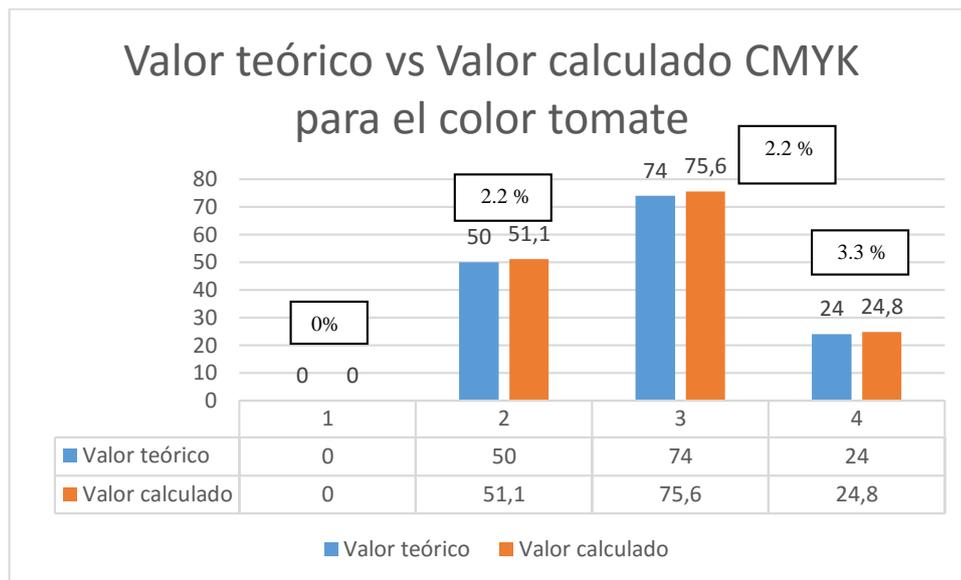


Gráfico 1-3: Valor teórico vs Valor calculado para la mezcla del color tomate

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

3.2.3. Pruebas realizadas con el color verde

En la **Figura 3-3:** se muestra los porcentajes teóricos en el modelo CMYK del color verde, siendo C=16%, M=0%, Y=35% y K=38%. Cabe mencionar que estos valores hacen referencia a los centímetros cúbicos que serán descargados.

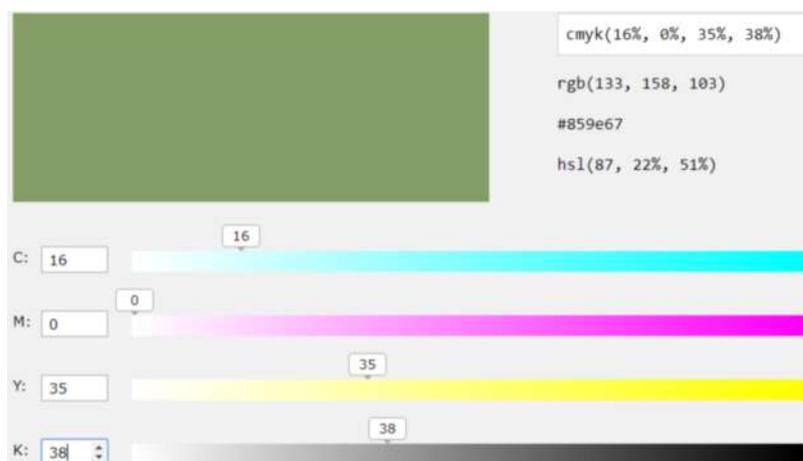


Figura 3-3: Valor CMYK teóricos correspondiente al color verde

Fuente: www.w3schools.com/colors/colors_cmyk.asp

A continuación en la **Tabla 6-3:** se muestra los valores CMYK calculados para el color verde, se tomaron 10 tomas para corroborar el porcentaje de los cuatro colores: cian, magenta amarillo y

negro. Cabe mencionar que estos datos fueron tomados de la hoja de cálculo en Excel donde se almacenan los valores de un determinado color.

Tabla 6-3: Valores CMYK calculados para el color verde

Valores CMYK obtenidos de la toma de fotografías de las prendas					
Nombre	C (%)	M (%)	Y (%)	K (%)	Luxes
Verde_Toma1	16	0	35	38	148
Verde_Toma2	16	0	37	39	148
Verde_Toma3	16	0	38	40	148
Verde_Toma4	16	0	39	40	148
Verde_Toma5	16	0	38	40	148
Verde_Toma6	16	0	38	40	148
Verde_Toma7	17	0	37	39	148
Verde_Toma8	16	0	37	38	148
Verde_Toma9	16	0	37	40	148
Verde_Toma10	16	0	38	40	148
(%) Porcentaje promedio calculado	16.1	0	37.4	39.4	

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

3.2.4. Resultado de la mezcla CMYK para el color verde

En la **Figura 4-3:** se muestra (a) la imagen que fue capturada por la cámara del celular, y (b) se muestra el color resultante de la mezcla CMYK, para el color verde.

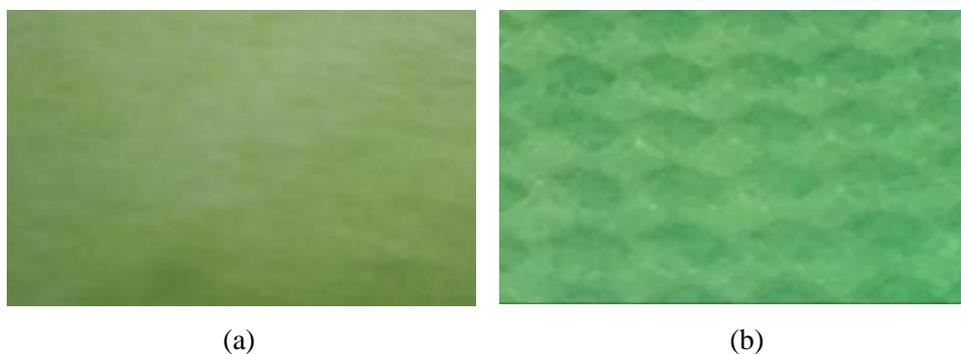


Figura 4-3: Verde: (a) Imagen del color capturada Vs (b) Color Resultante

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

Como se puede observar en el **Gráfico 2-3:** se muestra que el porcentaje de error máximo del valor teórico con respecto al valor calculado para el color verde es de 3.7%.

Además en el ANEXO G se muestra la pantalla HMI durante el proceso de la mezcla.

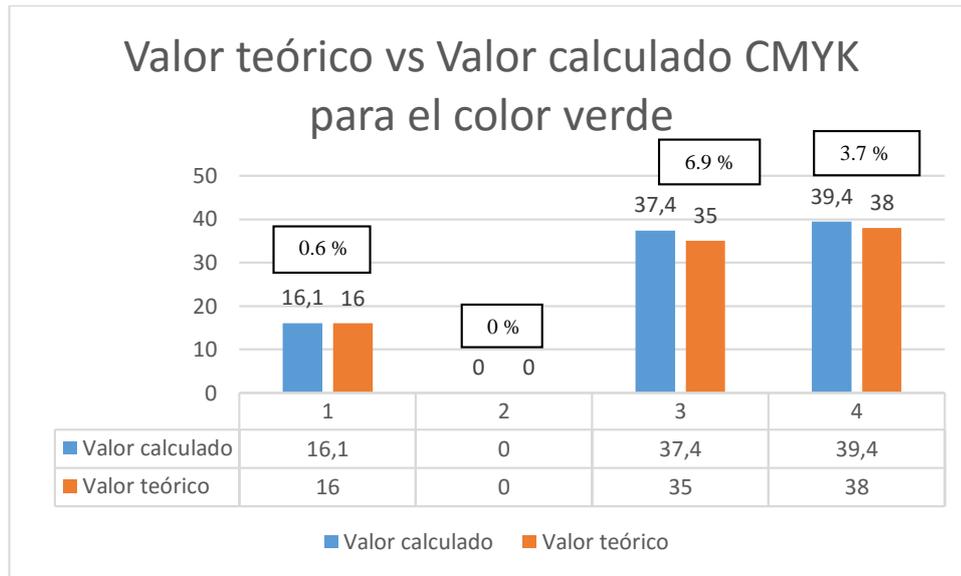


Gráfico 2-3: Valor teórico vs valor calculada para la mezcla del color verde

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

3.2.5. Pruebas realizadas con el color mostaza

En la **Figura 5-3:** se muestra los porcentajes teóricos en el modelo CMYK del color mostaza, siendo C=0%, M=13%, Y=60% y K=36%. Cabe mencionar que estos valores hacen referencia a los centímetros cúbicos que serán descargados.



Figura 5-3: Valores CMYK teóricos para el color mostaza

Fuente: www.w3schools.com/colors/colors_cmyk.asp

A continuación en la **Tabla 7-3: Tabla 6-3:** se muestra los valores CMYK calculados para el color mostaza, se tomaron 10 tomas para corroborar el porcentaje de los cuatro colores: cian, magenta

amarillo y negro. Cabe mencionar que estos datos fueron tomados de la hoja de cálculo en Excel donde se almacenan los valores de un determinado color.

Tabla 7-3: Valores CMYK calculados para el color mostaza

Valores CMYK obtenidos de la toma de fotografías de las prendas					
Nombre	C	M	Y	K	Luxes
Amarillo_Toma1	0	13	60	36	148
Amarillo_Toma2	0	13	64	42	148
Amarillo_Toma3	0	14	66	42	148
Amarillo_Toma4	0	14	64	39	148
Amarillo_Toma5	0	14	60	36	148
Amarillo_Toma6	0	14	59	33	148
Amarillo_Toma7	0	15	62	36	148
Amarillo_Toma8	0	16	71	44	148
Amarillo_Toma9	0	14	62	38	148
Amarillo_Toma10	0	14	65	40	148
(%) Porcentaje promedio calculado	0	14.1	63.3	38.6	

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

3.2.6. Resultado de la mezcla CMYK para el color mostaza

En la **Figura 4-3:** se muestra (a) la imagen que fue capturada por la cámara del celular, y (b) se muestra el color resultante de la mezcla CMYK, para el color mostaza.



Figura 6-3: Mostaza: (a) Imagen del color capturada Vs (b) Color Resultante

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

Como se puede observar en el **Gráfico 3-3:** se muestra que el porcentaje de error máximo del valor teórico con respecto al valor calculado para el color mostaza es mínimo 3.5%.

Además en el **ANEXO H** se muestra la pantalla HMI durante el proceso de la mezcla.

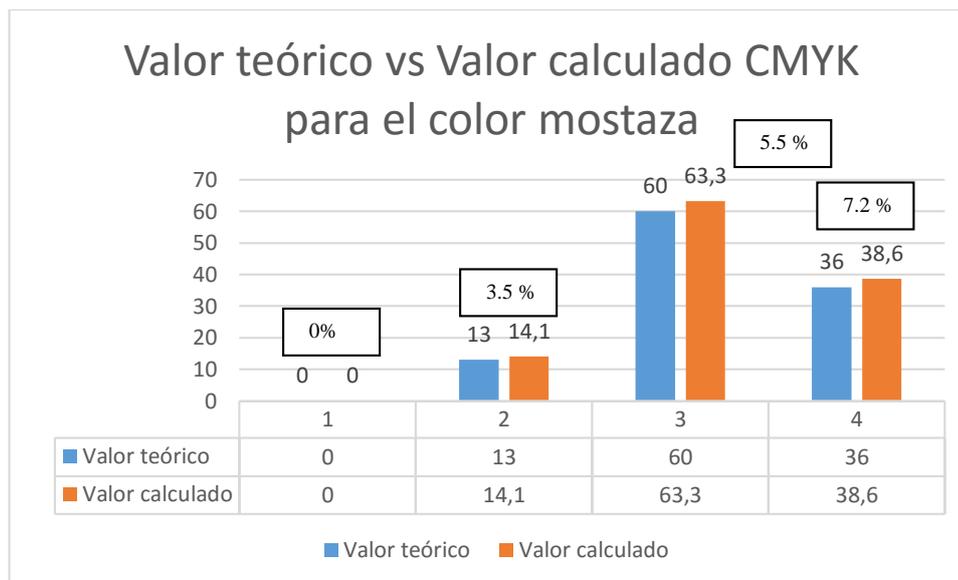


Gráfico 3-3: Valor teórico vs valor calculada para la mezcla del color mostaza

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

3.2.7. Pruebas realizadas con el color turquesa

La **Figura 7-3:** se muestra los porcentajes teóricos en el modelo CMYK del color turquesa, siendo C=99%, M=0%, Y=16% y K=16%. Cabe mencionar que estos valores hacen referencia a los centímetros cúbicos que serán descargados.



Figura 7-3: Valores CMYK teóricos para el color turquesa

Fuente: www.w3schools.com/colors/colors_cmyk.asp

A continuación en la **Tabla 8-3: Tabla 6-3:** se muestra los valores CMYK calculados para el color turquesa, se tomaron 10 tomas para corroborar el porcentaje de los cuatro colores: cian, magenta

amarillo y negro. Cabe mencionar que estos datos fueron tomados de la hoja de cálculo en Excel donde se almacenan los valores de un determinado color.

Tabla 8-3: Valores CMYK calculados para el color turquesa

Valores CMYK obtenidos de la toma de fotografías de las prendas					
Nombre	C	M	Y	K	Luxes
Turquesa_Toma1	99	0	16	16	148
Turquesa_Toma2	99	0	15	18	148
Turquesa_Toma3	99	0	16	18	148
Turquesa_Toma4	99	0	16	18	148
Turquesa_Toma5	100	0	16	18	148
Turquesa_Toma6	99	0	15	18	148
Turquesa_Toma7	99	0	16	18	148
Turquesa_Toma8	99	0	16	18	148
Turquesa_Toma9	99	0	16	18	148
Turquesa_Toma10	99	0	16	18	148
(%) Porcentaje promedio calculado	99.1	0	15.8	17.8	

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

3.2.8. Resultado de la mezcla CMYK para el color turquesa

En la **Figura 4-3:** se muestra (a) la imagen que fue capturada por la cámara del celular, y (b) se muestra el color resultante de la mezcla CMYK, para el color turquesa.



Figura 8-3: Turquesa: (a) Imagen del color capturada Vs (b) Color Resultante

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

Como se puede observar en el **Gráfico 4-3:** se muestra que el porcentaje de error máximo del valor teórico con respecto al valor calculado para el color turquesa es 3.8%.

Además en el ANEXO I se muestra la pantalla HMI durante el proceso de la mezcla.

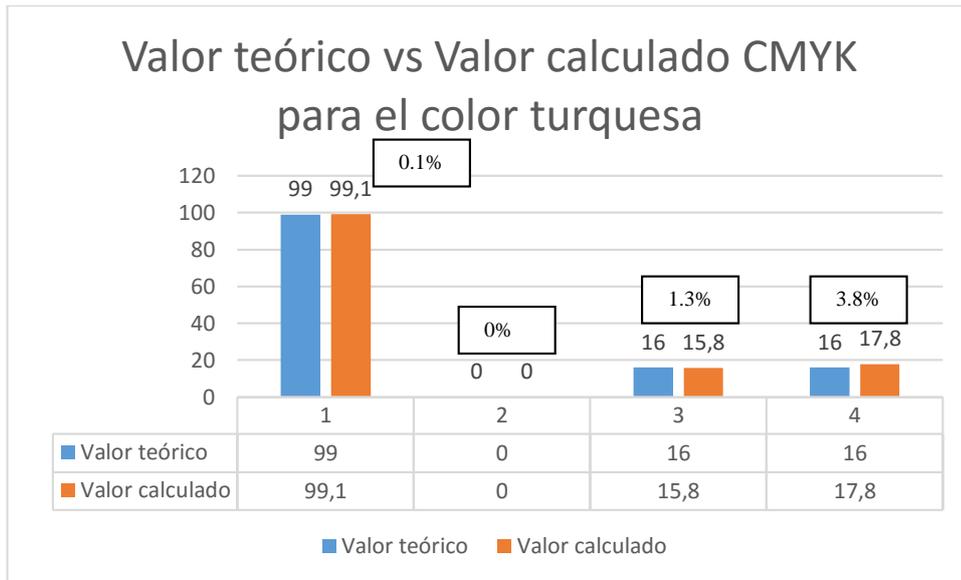


Gráfico 4-3: Valor teórico vs valor calculada para la mezcla del color turquesa

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

3.2.9. Pruebas realizadas con el color azul

La **Figura 9-3:** se muestra los porcentajes teóricos en el modelo CMYK del color azul, siendo C=100%, M=41%, Y=15% y K=0%. Cabe mencionar que estos valores hacen referencia a los centímetros cúbicos que serán descargados.

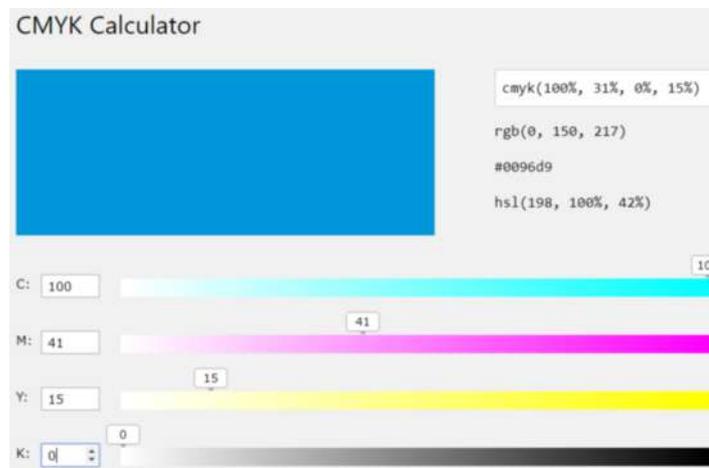


Figura 9-3: Valores CMYK teóricos para el color azul

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

A continuación en la **Tabla 9-3:** se muestra los valores CMYK calculados para el color azul, se tomaron 10 tomas para corroborar el porcentaje de los cuatro colores: cian, magenta amarillo y

negro. Cabe mencionar que estos datos fueron tomados de la hoja de cálculo en Excel donde se almacenan los valores de un determinado color.

Tabla 9-3: Valores CMYK calculados para el color azul

Valores CMYK obtenidos de la toma de fotografías de las prendas					
Nombre	C	M	Y	K	Luxes
Azul_Toma1	100	41	15	0	148
Azul_Toma2	99	41	15	0	148
Azul_Toma3	99	40	15	0	148
Azul_Toma4	99	40	15	0	148
Azul_Toma5	99	40	15	0	148
Azul_Toma6	98	40	15	0	148
Azul_Toma7	98	40	15	0	148
Azul_Toma8	100	41	15	0	148
Azul_Toma9	100	41	15	0	148
Azul_Toma10	99	41	15	0	148
(%) Porcentaje promedio calculado	99.1	40.5	15	0	

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

3.2.10. Resultado de la mezcla CMYK para el color azul

En la **Figura 10-3: Figura 4-3:** se muestra (a) la imagen que fue capturada por la cámara del celular, y (b) se muestra el color resultante de la mezcla CMYK, para el color azul.

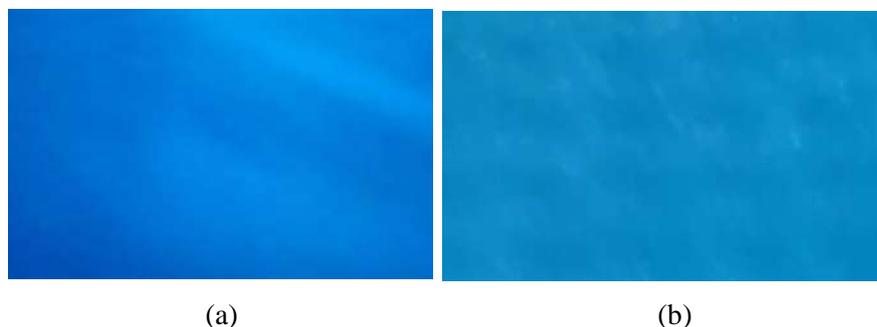


Figura 10-3: Azul: (a) Imagen del color capturada Vs (b) Color Resultante

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

Como se puede observar en el **Gráfico 5-3:** se muestra que el porcentaje de error máximo del valor teórico con respecto al valor calculado para el color azul es 1.2%.

Además en el **ANEXO J** se muestra la pantalla HMI durante el proceso de la mezcla.

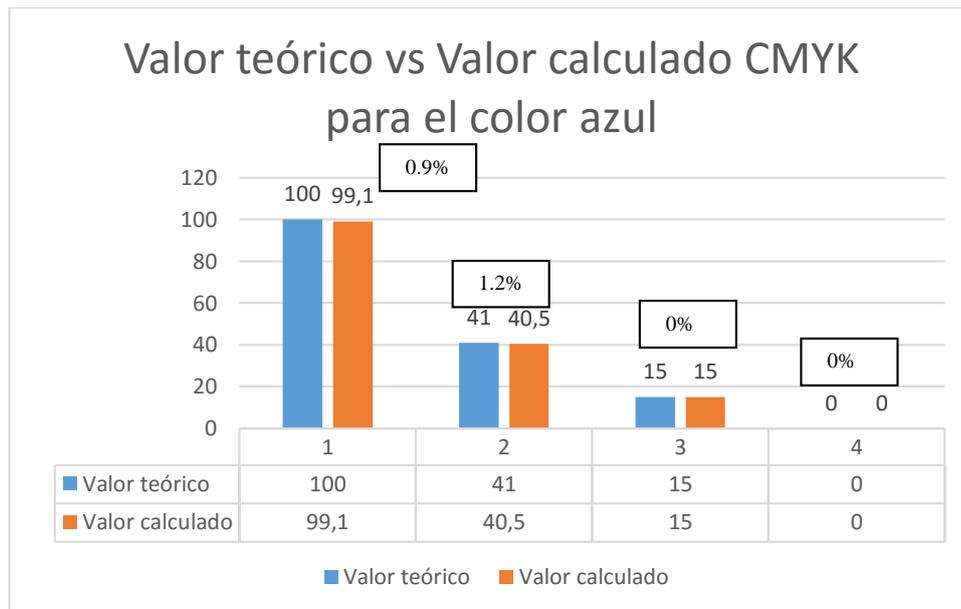


Gráfico 5-3: Valor teórico vs valor calculada para la mezcla del color azul

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

CONCLUSIONES

- En el presente proyecto se ha implementado un sistema automático de colorimetría CMYK con visión artificial, que está formado de un sistema mecánico, sistema de Visión Artificial, sistema eléctrico y una Interfaz Hombre-Máquina; dichos sistemas se agrupan para realizar el proceso de mezcla.
- El modelo CMYK al ser una síntesis sustractiva, permite asignar un valor de porcentaje para las tintas de cuatricromía Cyan, Magenta, Amarillo, y Negro; a partir de estos colores se realiza la mezcla para obtener un color capturado por la cámara del celular, teniendo la ventaja que este modelo es el más utilizado para cualquier tipo de impresión.
- Gracias al HMI desarrollado en Lookout el estudiante puede dar inicio a un nuevo proceso, resetear el sistema y detener el proceso, mediante los botones de STOP, RESET, START, esto ayuda para la familiarización con las HMI que se encuentran en las industrias.
- El HMI permite conocer el estado del proceso de mezclado, además de datos como tiempo de mezcla, descarga y lavado; tiempo de apertura de las válvulas correspondientes a los colores Cyan, Magenta, Amarillo, y Negro. También se muestra la imagen que fue capturada por la cámara del celular.
- Cada vez que se realiza una nueva mezcla el estudiante tiene la posibilidad de guardar los valores CMYK en una hoja de cálculo en Microsoft Excel para dicho color; para que en un futuro si desea obtener la misma mezcla únicamente la seleccione de la base de datos guardada.
- Una vez realizadas las pruebas se constató que el porcentaje de error de los valores calculados por el sistema implementado respecto a los valores teóricos de los colores Cyan, Magenta, Amarillo, y Negro, es de 3.8%; con lo que se corrobora la eficiencia del sistema.

RECOMENDACIONES

- Previo a la utilización del sistema es necesario que el celular con el que se va a realizar las capturas de las fotos tenga instalado la aplicación IP WebCam y que cuente con sistema operativo Android, para que así se pueda comunicar con el sistema
- No realizar capturas con la cámara a los colores similares al blanco o que tengan concentraciones menores al 25% respecto a cada color base del modelo CMYK, ya que no se obtendrán los resultados deseados. Los colores fluorescentes tampoco son recomendados para las capturas, debido al brillo que poseen, se distorsiona la imagen.
- Los recipientes que contienen los colores cian, magenta, amarillo y negro, deben llenarse después de cada mezcla, para así disminuir el error de descarga.
- En cuanto a la bomba de agua eléctrica, se debe verificar que este abastecida de agua; ya que si empieza a trabajar sin ella se puede provocar graves daños en la misma.
- Se recomienda a los estudiantes que previo a la manipulación del sistema de colorimetría CMYK se lea detenidamente el Manual Técnico, para tener un enfoque claro del funcionamiento; y también para evitar daños en los dispositivos del sistema.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ALIEXPRESS.** Motor eléctrico reductor [en línea]. Categorías de Tienda, 2016. [Citado el: 15 de julio 2017]. Disponible en:
https://es.aliexpress.com/store/product/GW63100-250rpm-DC-24V-250N-cm-Worm-Gear-Reducer-Electric-Motor-Door-motor-Automotic-door-system/318640_32486288712.html
2. **ALTEC.** *¿Cómo funcionan las electroválvulas o válvulas solenoides de uso general?* [blog]. Monterrey-Mexico: Alta tecnología de vanguardia, SA de CV, 25 de octubre 2015. [Citado el: 12 de septiembre 2017]. <http://www.altecdust.com/blog/item/32-como-funcionan-las-electrovalvulas-o-valvulas-solenoides-de-uso-general>
3. *IP Webcam, utiliza la webcam de un móvil Android con un PC vía WiFi* [blog]. España: ProgrmasPato, 21 de mayo 2012. [Citado el: 12 de septiembre 2017]. Disponible en:
<https://www.programaspato.com/es/2012/04/ipwebcam-aplicacion-para-utilizar-webcam-de-movil-android-con-pc-via-wifi/>
4. **ÁREA DE LA TECNOLOGÍA.** *¿Qué es un Relé?* [en línea]. Tecnología, 2015. [Citado el: 12 de agosto 2017]. Disponible en:
<http://www.areatecnologia.com/electricidad/rele.html>
5. **ARISTONDO ETXEBERRIA, Jon.** Algoritmo de reconocimiento de forma y color para una plataforma robótica [En línea] (tesis). (Maestría) Universidad del País Vasco, Vasco-España. 2010. pp. 87-93. [Citado el: 1 de octubre 2017]. Disponible en:
<http://www.ehu.eus/documents/1545039/1570316/10jaristondo.pdf>
6. **ARTIGAS, J. M.; CAPILLA PEREA, P & PUJOL RAMO, M.** *Tecnología del color* [en línea]. Valencia-España: Maite Simon, 2002. [Citado el: 10 de julio 2017]. Disponible en:
https://books.google.com.ec/books?id=6Gb0Y5yRXD8C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
7. **CCM Benchmark.** *IP WebCam para Android* [en línea]. Groupe Figaro CCMBenchmark, 2017. [Citado el: 17 de julio 2017]. Disponible en:
<http://es.ccm.net/download/descargar-26338-ip-webcam-para-android>

8. **Departamento de Ciencia y Tecnología.** Introducción al HMI (Interfaz Hombre Máquina) [En línea] Buenos Aires: Universidad Nacional de Quilmes, 14 de abril, 2012. [Consulta: 10 de agosto 2017]. Disponible en:
<http://iaci.unq.edu.ar/materias/laboratorio2/HMI%5CIntroduccion%20HMI.pdf>
9. **GÓMEZ GONZÁLES, Sergio.** El Gran Libro de SolidWorks. 2ª. ed. Barcelona-España: Marcombo, 2014, pp. 17-22. [Citado el: 17 de agosto 2017]. Disponible en:
http://www.marcombo.com/Descargas/9788426714589-SolidWorks/descarga_primer_capitulo_libro_solidworks.pdf
10. **Guerrero, I.** *Alambres y Cables Tipo THW-LS/THHW-LS* [en línea]. Conductores, 2016. [Citado el: 17 de agosto 2017]. Disponible en:
<https://iguerrero.files.wordpress.com/2009/05/iusaconductores.gif>
11. **HERMECOL.** *Bomba de agua ½ HP* [en línea]. Hermetecol SAS, 2016. [Citado el: 17 de julio 2017]. Disponible en:
<https://www.hermecol.com/bombas-de-agua-1>
12. **INGENIERÍA EN SISTEMA Y AUTOMATIZACIÓN.** *Autómatas Programables.* [en línea]. Universidad de Oviedo, 2016, p. 6-11. [Citado el: 2 de septiembre 2017]. Disponible en:
http://www.infoplc.net/files/documentacion/automatas/infoplc_net_introduccion_automatas.pdf
13. **INSTITUTO SCHNEIDER ELECTRIC DE FORMACIÓN BAC DE RODA.** Manual Twido Suite: Manual de introducción al uso de la herramienta de configuración, programación y depuración de controladores programables de la gama Twido [En línea] V. 2.1: España, 2008 pp. 23-28. [Consulta: 28 de agosto 2017]. Disponible en:
http://www.equiposdidacticos.com/pdf/catalogos/manual_twido.pdf
14. **LA RIOJA, GRUPO DE INVESTIGACIÓN EDMANS.** Técnicas y algoritmos básicos de visión artificial [En línea]. La Rioja- España, Universidad de La Rioja, Servicio de Publicaciones., 2006. pp. 1-91. [Consulta: 8 de septiembre 2017]. Disponible en:
<https://publicaciones.unirioja.es/catalogo/online/VisionArtificial.pdf>

15. **LOOKOUTDIRECT.** Manual de como comenzar [En línea], No. LDC4-CGS-SP. Estados Unidos: Automation Direct, 2016 pp. 2-3. [Consulta: 8 de septiembre 2017]. Disponible en:
<https://cdn.automationdirect.com/static/manuals/lkdgsgmsp/lkdgsgmsp.pdf>
16. **MATLAB.** *Image Processing and Computer Vision* [Consulta: 8 de septiembre 2017]. Disponible en:
<https://es.mathworks.com/solutions/image-video-processing.html>
17. **PÉREZ GONZALES, Carlos.** Detección y seguimiento de objetos por colores en plataforma Raspberry PI [En línea], (Tesis de pregrado). Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Madrid -España. 2016. pp. 25-37. [Consulta: 05 de septiembre 2017]. Disponible en:
http://oa.upm.es/43161/1/TFG_CARLOS_PEREZ_GONZALEZ.pdf.
18. **QUIMINET.** *Funcionamiento de las bombas hidráulicas* [en línea]. Las bombas hidráulicas, 23 de noviembre 2007. [Citado el: 12 de agosto 2017]. Disponible en:
<https://www.quiminet.com/articulos/funcionamiento-de-las-bombas-hidraulicas-23540.htm>
19. **Santadecadencia.** *La teoría del color* [blog]. España: Blogdiario Introducción web y multimedia, 28 de marzo 2016. [Citado el: 12 de septiembre 2017]. Disponible en:
<http://www.altecdust.com/blog/item/32-como-funcionan-las-electrovalvulas-o-valvulas-solenoides-de-uso-general>
20. **TERCESA.** *¿Qué es un motorreductor?* [en línea]. Tercesa Sector Transmisiones, 2017. [Citado el: 17 de julio 2017]. Disponible en:
<http://tercesa.com/noticias/que-es-un-motorreductor/>
21. *Tintas de impresora* [blog]. Toner, 2016. [Citado el: 12 de septiembre 2017]. Disponible en:
<https://www.a4toner.com/blog/tintas-de-impresora/>.

ANEXOS

ANEXO A. HOJA DE ESPECIFICACIONES DEL PLC TWDLCAA24DRF

Descripciones, características y cableado

Características generales de los controladores compactos

Introducción En esta sección se muestran características generales de los controladores compactos.

Características de funcionamiento normal

Controlador compacto TWDLCA...	AA10DRF DA10DRF	AA18DRF DA18DRF	AA24DRF DA24DRF	AA40DRF AE40DRF
Temperatura ambiente de funcionamiento	De 0 a 55 °C			0 a 55°C al 75 % de la carga 0 a 45°C con la carga completa
Temperatura de almacenamiento	De -25 °C a +70 °C			
Humedad relativa	Del 30 al 85 % (no condensante)			
Grado de contaminación	2 (IEC60684)			
Grado de protección	IP20			
Inmunidad a la corrosión	Libre de gases corrosivos			
Altitud	Funcionamiento: de 0 a 2.000 m Transporte: de 0 a 3.000 m			
Resistencia a las vibraciones	Montado sobre un riel DIN: De 10 a 57 Hz, amplitud de 0,075 mm; de 57 a 150 Hz, aceleración de 9,8 ms ⁻² (1 G); 2 horas por eje en cada uno de los tres ejes perpendiculares entre sí. Montado sobre la superficie de un panel: De 2 a 25 Hz, amplitud de 1,8 mm; de 25 a 100 Hz, aceleración de 39,2 ms ⁻² (4G); Lloyd's, 90 minutos por eje en cada uno de los tres ejes perpendiculares entre sí			
Resistencia a golpes	147 ms ⁻² (15G), 11 ms de duración, 3 golpes por eje en los tres ejes perpendiculares entre sí (IEC 61 131).			
Peso	290 g	250 g	305 g	522 g

Características de la batería backup interna Todos los controladores base disponen de una batería interna no extraíble.

Elementos copiados en compacto	Memoria RAM interna: variables internas, como bits y palabras, temporizadores, contadores, registros de desplazamiento, etc.
Duración	Aproximadamente 30 días a 25 °C después de haber cargado totalmente la batería.
Tipo de batería	Acumulador de litio no intercambiable
Tiempo de carga	Aproximadamente 15 horas para cargar del 0 % al 90 % de la capacidad total.
Duración de la batería	10 años

Características de la batería backup externa Únicamente los controladores compactos de las series TWDLCAA40DRF y TWDLCAE40DRF cuentan con un compartimiento de batería externa.

Elementos copiados en compacto	Memoria RAM interna: variables internas, como bits y palabras, temporizadores, contadores, registros de desplazamiento, etc.
Duración	3 años aproximadamente a 25 °C en las condiciones siguientes: ■ La batería backup interna está completamente cargada. ■ El controlador base compacto Twido está encendido de forma constante. No tiene ningún tiempo de interrupción (o de menor actividad).
Tipo de batería	Batería de litio de 3.8 V 1/2 AA Número de serie TSXPLP01 (Tadiran, TL-5902) Tenga en cuenta que el usuario debe adquirir la batería externa por separado. No se incluye ninguna batería externa con el paquete del controlador Twido.

Fuente: Controladores programables Twido Guía de referencia de hardware

ANEXO B. HOJA DE ESPECIFICACIONES DE BOMBA DE AGUA ELÉCTRICA

Manual de Usuario



REPARACIÓN

- La reparación de la Bomba se realizará solamente por personal calificado. La reparación o el mantenimiento realizado por un personal no calificado pueden ocasionar daños en la propiedad y/o serias lastimaduras en las personas.
- Cuando esté reparando la Bomba use únicamente partes de reemplazo idénticas. Siga las instrucciones en la sección de mantenimiento expuestas en este Manual. El uso de partes no autorizadas y/o no observar las instrucciones de mantenimiento, pueden ocasionar el riesgo de una descarga eléctrica y daños en la propiedad y/o serias lastimaduras en las personas.

NORMAS ESPECÍFICAS DE SEGURIDAD

- Mantenga a los visitantes a una distancia de 6 (seis) metros de la Bomba mientras la esté operando.
- No acerque el cable a fuentes de calor, grasa o filos cortantes.
- Nunca deje la llave del interruptor en la posición "encendido". Antes de conectar la Bomba, asegúrese que la llave esté en la posición "apagado".
- En ninguna circunstancia debe llevar la Bomba sujeta del cable ni debe tirar del cable para separar los conectores.
- Asegúrese de que no haya corriente eléctrica en contacto con el agua.
- Mantenga sus manos lejos de las partes móviles.
- La Bomba está diseñada para ser usada únicamente con energía eléctrica CA (de la red). No intente usar otra fuente de energía.
- Antes de usar la Bomba, compruebe que el cable esté en buen estado: no debe ser usada si el cable ha sufrido algún daño.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

DATOS TÉCNICOS

DESCRIPCION	WH-60	WH-70	WH-80
VOLTAJE-FRECUENCIA	110V ~ 60Hz*	110V ~ 60Hz*	110V ~ 60Hz*
POTENCIA	1/2 HP - 0.37 kw	3/4 HP - 0.55 kw	1 HP - 0.75 kw
VELOCIDAD EN VACIO	3450 rpm	3450 rpm	3450 rpm
ALTURA MANOMETRICA MAXIMA	25m - 82ft	40m - 131ft	50m - 164ft
SUCCION MAXIMA	8m - 26ft	8m - 26ft	8m - 26ft
CAUDAL MAXIMO	33 l/min	45 l/min	55 l/min
TEMP. AMBIENTE MAXIMA	40°C	40°C	40°C
TEMP. DE AGUA MAXIMA	80°C	80°C	80°C
AISLAMIENTO	CLASE I	CLASE I	CLASE I
PESO	4,0Kg - 8,8lb	7,0Kg - 15,4lb	7,3Kg - 16lb

* TAMBIEN DISPONIBLE EN 220-230V/1Ø/60Hz Y 220V/1Ø/50Hz.

Fuente: <http://comargroup.com/Content/files/pdf/manualBOMBA-WAHERO.pdf>

ANEXO C. CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN DE LA VISIÓN ARTIFICIAL EN MATLAB

CODIGOS DE LA VISION ARTIFIAL

CARTURA DE LA IMAGEN VISION ARTIFICIAL

```
function varargout = Captura_Color1(varargin)
% CAPTURA_COLOR1 MATLAB code for Captura_Color1.fig
%   CAPTURA_COLOR1, by itself, creates a new CAPTURA_COLOR1 or
raises the existing
%   singleton*.
%
%   H = CAPTURA_COLOR1 returns the handle to a new CAPTURA_COLOR1
or the handle to
%   the existing singleton*.
%
%   CAPTURA_COLOR1('CALLBACK', hObject,eventData,handles,...) calls
the local
%   function named CALLBACK in CAPTURA_COLOR1.M with the given
input arguments.
%
%   CAPTURA_COLOR1('Property','Value',...) creates a new
CAPTURA_COLOR1 or raises the
%   existing singleton*. Starting from the left, property value
pairs are
%   applied to the GUI before Captura_Color1_OpeningFcn gets
called. An
%   unrecognized property name or invalid value makes property
application
%   stop. All inputs are passed to Captura_Color1_OpeningFcn via
varargin.
%
%   *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI allows
only one
%   instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES

% Edit the above text to modify the response to help Captura_Color1

% Last Modified by GUIDE v2.5 05-Oct-2017 09:00:40

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',   gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn', @Captura_Color1_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn',  @Captura_Color1_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn',  [], ...
                  'gui_Callback',    []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT
```

```

% --- Executes just before Captura_Color1 is made visible.
function Captura_Color1_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles,
varargin)

% Choose default command line output for Captura_Color1
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes Captura_Color1 wait for user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);

movegui(handles.figure1, 'center')
set(handles.pb_capturar, 'enable', 'off');
guidata(hObject, handles);
set(handles.axes_cam, 'XTick', [ ], 'YTick', [ ])
set(handles.axes_captura, 'XTick', [ ], 'YTick', [ ])
global filename
filename = 'tarjeta1.xls';

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = Captura_Color1_OutputFcn(hObject, eventdata,
handles)
% varargout cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject handle to figure
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;

% --- Executes on button press in pb_conectar.
function pb_conectar_Callback(hObject, eventdata, handles)

global camara url
%GUARDAR LINK DE LA CAMARA EN UNA VARIABLE
url = 'http://192.168.43.1:8080/';
url_vid = strcat(url, 'videofeed')
try
    %CREAR OBJETO PARA LA CONECCION DE LA CAMARA
    camara = ipcam(url_vid);
    %MANEJAR OBJETO AXES PARA MOSTRAR LA IMAGEN
    axes(handles.axes_cam);
    %CREAR IMAGEN PARA MOSTRAR EN AXES
    cam_img = image( zeros(960,1280,3), 'Parent', handles.axes_cam);
    %MOSTRAR IMAGEN EN EL AXES
    preview(camara, cam_img);
    %HABILITAR BOTÓN PARA CAPTURAR IMAGEN
    set(handles.pb_capturar, 'Enable', 'on')
    %HABILITAR BOTÓN PARA ENFOCAR
    set(handles.pb_enfocar, 'Enable', 'on')
catch e
    warndlg({'Error de conexión';...
            'Compruebe la conexión con la cámara'})

```

```

    return
end

% --- Executes on button press in pb_capturar.
function pb_capturar_Callback(hObject, eventdata, handles)

global url filename color_img
% DIRECCIÓN PARA CAPTURAR IMAGEN
url_img = strcat(url, 'shot.jpg');
% ENVIAR PETICIÓN WEB PARA CAPTURAR IMAGEN
color_img = webread(url_img);
% ALMACENAR IMAGEN OBTENIDA CON FORMATO JPG
imwrite(color_img, 'color_deteccion.jpg')
% MOSTRAR IMAGEN EN UN AXES
axes(handles.axes_captura)
imshow(color_img);
%HABILITAR BOTÓN PARA RECONOCER
set(handles.pb_reconocer, 'Enable', 'on')

% --- Executes on button press in pb_enfocar.
function pb_enfocar_Callback(hObject, eventdata, handles)
global url
url_focus = strcat(url, 'focus');
webread(url_focus);

% --- Executes on button press in pb_reconocer.
function pb_reconocer_Callback(hObject, eventdata, handles)
global color_img
[alto, ancho, colores] = size(color_img);
p_0 = impixel(color_img, round(ancho*0.5), round(alto*0.5));
p_1 = impixel(color_img, round(ancho*0.6), round(alto*0.5));
p_2 = impixel(color_img, round(ancho*0.5), round(alto*0.6));
p_3 = impixel(color_img, round(ancho*0.4), round(alto*0.5));
p_4 = impixel(color_img, round(ancho*0.5), round(alto*0.4));

% Promedio puntos
prom_rgb = round((p_0 + p_1 + p_2 + p_3 + p_4) / 5)

prom_cmy = prom_rgb / 255

% Concentración negro
k = 1- max(prom_cmy);
kf= round(k*100);

c = (1 - prom_cmy(1) - k) / (1 - k);
c= round(c*100);
m = (1 - prom_cmy(2) - k) / (1 - k);
m= round(m*100);
y = (1 - prom_cmy(3) - k) / (1 - k);
y= round(y*100);

Hoc=24.5; %Constantes del recipiente de Cyan
Dc=9.1;
dc=0.28;
Vc=c;
Cdc=0.9628342116;
Hfc=Hoc-(4*Vc)/(pi*Dc^2); %Tiempo de apertura de la valvula Cyan
tc=(2*(Dc^2)*(sqrt(Hoc)-sqrt(Hfc)))/((dc^2)*Cdc*sqrt(2*981));
tc=tc*1000;
tc=floor(tc);

```

```

Hom=24.5; %Constantes del recipiente de Magenta
Dm=9.1;
dm=0.28;
Vm=m;
Cdm=0.9628342116;
Hfm=Hom-(4*Vm)/(pi*Dm^2); %Tiempo de apertura de la valvula Magenta
tm=(2*(Dm^2)*(sqrt(Hom)-sqrt(Hfm)))/((dm^2)*Cdc*sqrt(2*981));
tm=tm*1000;
tm=floor(tm);

Hoy=24.5; %Constantes del recipiente de Cyan
Dy=9.1;
dy=0.28;
Vy=y;
Cdy=0.9628342116;
Hfy=Hoy-(4*Vy)/(pi*Dy^2); %Tiempo de apertura de la valvula Yellow
ty=(2*(Dy^2)*(sqrt(Hoy)-sqrt(Hfy)))/((dy^2)*Cdy*sqrt(2*981));
ty=ty*1000;
ty=floor(ty);

Hok=24.5; %Constantes del recipiente de Yellow
Dk=9.1;
dk=0.28;
Vk=kf;
Cdk=0.9628342116;
Hfk=Hok-(4*Vk)/(pi*Dk^2); %Tiempo de apertura de la valvula Key
tk=(2*(Dk^2)*(sqrt(Hok)-sqrt(Hfk)))/((dk^2)*Cdk*sqrt(2*981));
tk=tk*1000;
tk=floor(tk);

cmyk = [c, m, y, k]
TC = tc;
TM = tm;
TY = ty;
TK = tk;
Mezcla='00:00:10';
Descarga='00:00:10';
Lavado='00:00:03';

% Lectura del archivo excel
filename = 'tarjeta1.xls';
excel_in = xlsread(filename)
[filas, columnas] = size(excel_in);
filas = filas + 2;

% Nombre del color
nombre = char(inputdlg('Nombre del color:'));
% datos = {c, m, y, k, nombre};
datos = {nombre,c, m, y, kf,TC, TM, TY, TK, Mezcla, Descarga, Lavado};
% datos = {c, m, y, k, minutos};
% sheet = 1;
hoja = 1;
% xlRange = strcat('A',num2str(filas))
Celda = strcat('A',num2str(filas));
% xlswrite(filename,datos,sheet,xlRange)
xlswrite(filename,datos,hoja,Celda)

```

Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

ANEXO D. PRENDAS UTILIZADAS PARA EL RECONOCIMIENTO DEL COLOR



Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

ANEXO E. DATOS ALMACENADOS EN EXCEL DURANTE EL PROCESO

NOMBRE DEL COLOR	% CYAN	% MAGENTA	% YELLOW	% KEY	T CYAN	T MAGENTA	T YELLOW	T KEY	MEZCLADO	DESCARGA	LAVADO
TOMA1	0	50	74	24	0	3877	5760	1853	0:00:10	0:00:10	0:00:03
TOMA2	0	53	77	25	0	4111	5997	1930	0:00:10	0:00:10	0:00:03
TOMA3	0	52	77	26	0	4033	5997	2008	0:00:10	0:00:10	0:00:03
TOMA4	0	49	73	22	0	3799	5681	1698	0:00:10	0:00:10	0:00:03
TOMA5	0	51	76	26	0	3955	5918	2008	0:00:10	0:00:10	0:00:03
TOMA6	0	55	81	29	0	4268	6312	2241	0:00:10	0:00:10	0:00:03
TOMA7	0	50	73	23	0	3877	5681	1775	0:00:10	0:00:10	0:00:03
TOMA8	0	51	76	25	0	3955	5918	1930	0:00:10	0:00:10	0:00:03
TOMA9	0	51	76	25	0	3955	5918	1930	0:00:10	0:00:10	0:00:03
TOMA10	0	49	73	23	0	3799	5681	1775	0:00:10	0:00:10	0:00:03
TOMATE_FINALI	0	53	75	12	0	4111	5839	924	0:00:10	0:00:10	0:00:03
VERDE_TOMA1	16	0	35	38	1234	0	2707	2941	0:00:10	0:00:10	0:00:03
VERDE_TOMA2	16	0	37	39	1234	0	2863	3018	0:00:10	0:00:10	0:00:03
VERDE_TOMA3	16	0	38	40	1234	0	2941	3096	0:00:10	0:00:10	0:00:03
VERDE_TOMA4	16	0	39	40	1234	0	3018	3096	0:00:10	0:00:10	0:00:03
VERDE_TOMA5	16	0	38	40	1234	0	2941	3096	0:00:10	0:00:10	0:00:03
VERDE_TOMA6	16	0	38	40	1234	0	2941	3096	0:00:10	0:00:10	0:00:03
VERDE_TOMA7	17	0	37	39	1311	0	2863	3018	0:00:10	0:00:10	0:00:03
VERDE_TOMA8	16	0	37	38	1234	0	2863	2941	0:00:10	0:00:10	0:00:03
VERDE_TOMA9	16	0	37	40	1234	0	2863	3096	0:00:10	0:00:10	0:00:03
VERDE_TOMA10	16	0	38	40	1234	0	2941	3096	0:00:10	0:00:10	0:00:03
VERDE_FINALI	36	0	43	17	2785	0	3330	1311	0:00:10	0:00:10	0:00:03
AMARILLO_TOMA1	0	13	60	36	0	1002	4660	2785	0:00:10	0:00:10	0:00:03
AMARILLO_TOMA2	0	13	64	42	0	1002	4974	3252	0:00:10	0:00:10	0:00:03
AMARILLO_TOMA3	0	14	66	42	0	1079	5131	3252	0:00:10	0:00:10	0:00:03
AMARILLO_TOMA4	0	14	64	39	0	1079	4974	3018	0:00:10	0:00:10	0:00:03

AMARIL LO_TO MA6	0	14	60	36	0	1079	4660	2785	0:00:10	0:00:10	0:00:03
AMARIL LO_TO MA7	0	14	59	33	0	1079	4581	2552	0:00:10	0:00:10	0:00:03
AMARIL LO_TO MA8	0	15	62	36	0	1156	4817	2785	0:00:10	0:00:10	0:00:03
AMARIL LO_TO MA9	0	16	71	44	0	1234	5524	3408	0:00:10	0:00:10	0:00:03
AMARIL LO_TO MA10	0	14	62	38	0	1079	4817	2941	0:00:10	0:00:10	0:00:03
AMARIL LO_FIN AL1	0	6	65	24	0	462	5052	1853	0:00:10	0:00:10	0:00:03
TURQU ESA_TO MA1	99	0	16	16	773 8	0	1234	1234	0:00:10	0:00:10	0:00:03
TURQU ESA_TO MA2	99	0	15	18	773 8	0	1156	1388	0:00:10	0:00:10	0:00:03
TURQU ESA_TO MA3	99	0	16	18	773 8	0	1234	1388	0:00:10	0:00:10	0:00:03
TURQU ESA_TO MA4	99	0	16	18	773 8	0	1234	1388	0:00:10	0:00:10	0:00:03
TURQU ESA_TO MA5	100	0	16	18	781 7	0	1234	1388	0:00:10	0:00:10	0:00:03
TURQU ESA_TO MA6	99	0	15	18	773 8	0	1156	1388	0:00:10	0:00:10	0:00:03
TURQU ESA_TO MA7	99	0	16	18	773 8	0	1234	1388	0:00:10	0:00:10	0:00:03
TURQU ESA_TO MA8	99	0	16	18	773 8	0	1234	1388	0:00:10	0:00:10	0:00:03
TURQU ESA_TO MA9	99	0	16	18	773 8	0	1234	1388	0:00:10	0:00:10	0:00:03
TURQU ESA_TO MA10	99	0	16	18	773 8	0	1234	1388	0:00:10	0:00:10	0:00:03
TURQU ESA_FIN AL1	98	0	27	15	765 9	0	2086	1156	0:00:10	0:00:10	0:00:03
AZUL_T OMA1	100	41	15	0	781 7	3174	1156	0	0:00:10	0:00:10	0:00:03
AZUL_T OMA2	99	41	15	0	773 8	3174	1156	0	0:00:10	0:00:10	0:00:03
AZUL_T OMA3	99	40	15	0	773 8	3096	1156	0	0:00:10	0:00:10	0:00:03
AZUL_T OMA4	99	40	15	0	773 8	3096	1156	0	0:00:10	0:00:10	0:00:03

AZUL_T OMA5	99	40	15	0	773 8	3096	1156	0	0:00:10	0:00:10	0:00:03
AZUL_T OMA6	98	40	15	0	765 9	3096	1156	0	0:00:10	0:00:10	0:00:03
AZUL_T OMA7	98	40	15	0	765 9	3096	1156	0	0:00:10	0:00:10	0:00:03
AZUL_T OMA8	100	41	15	0	781 7	3174	1156	0	0:00:10	0:00:10	0:00:03
AZUL_T OMA9	100	41	15	0	781 7	3174	1156	0	0:00:10	0:00:10	0:00:03
AZUL_T OMA10	99	41	15	0	773 8	3174	1156	0	0:00:10	0:00:10	0:00:03
AZUL_F INAL1	85	33	15	3	513 1	2008	1156	230	0:00:10	0:00:10	0:00:03

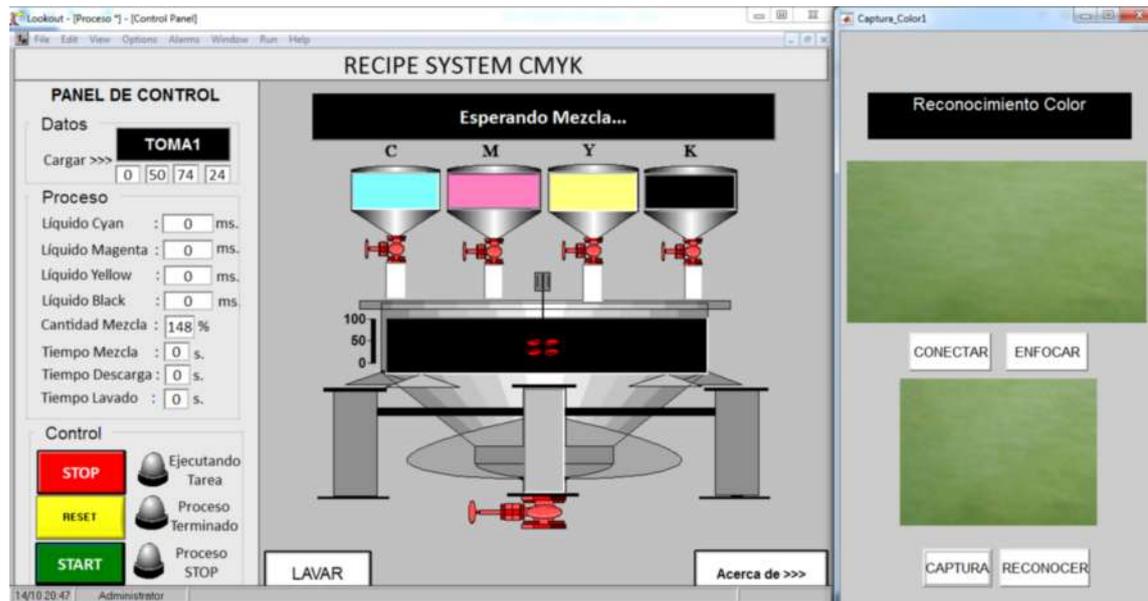
Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

ANEXO F. PANTALLA HMI DURANTE EL PROCESO DE MEZCLA DEL COLOR
TOMATE



Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

ANEXO G. PANTALLA HMI DURANTE EL PROCESO DE MEZCLA DEL COLOR VERDE



Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

ANEXO H. PANTALLA HMI DURANTE EL PROCESO DE MEZCLA DEL COLOR MOSTAZA



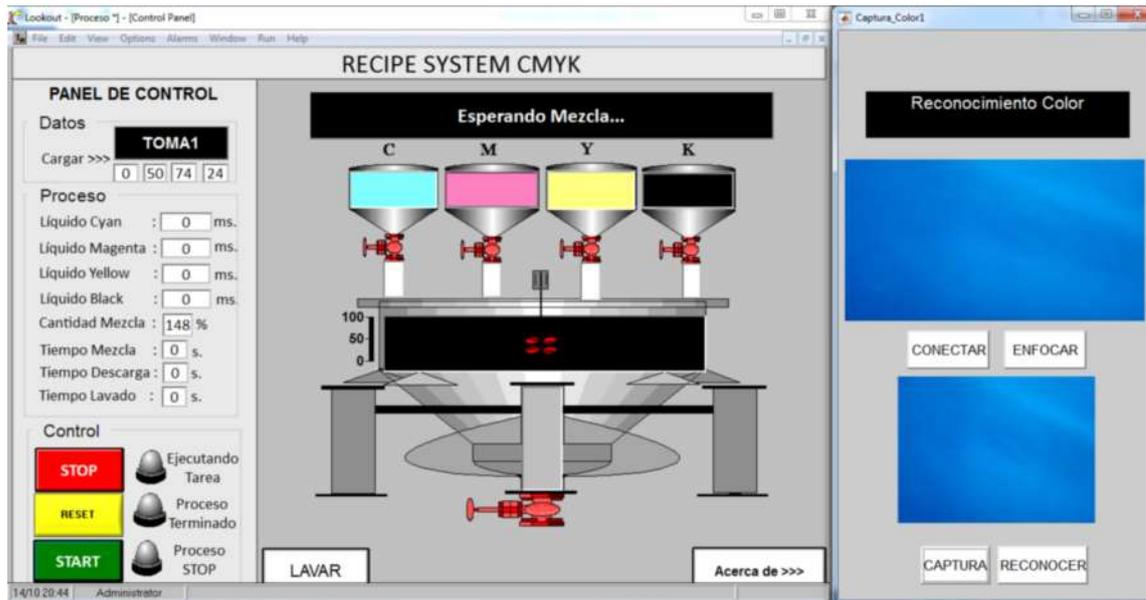
Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

ANEXO I. PANTALLA HMI DURANTE EL PROCESO DE MEZCLA DEL COLOR TURQUESA



Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017

ANEXO J. PANTALLA HMI DURANTE EL PROCESO DE MEZCLA DEL COLOR AZUL



Realizado por: JIMÉNEZ, Diego; JIMÉNEZ, Geovanny, 2017%

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO



FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN
CONTROL Y REDES INDUSTRIALES

PLANIMETRIA SISTEMA AUTOMÁTICO DE COLORIMETRÍA CMYK CON
VISIÓN ARTIFICIAL

REALIZADO POR: DIEGO JIMENEZ

GEOVANNY JIMENEZ

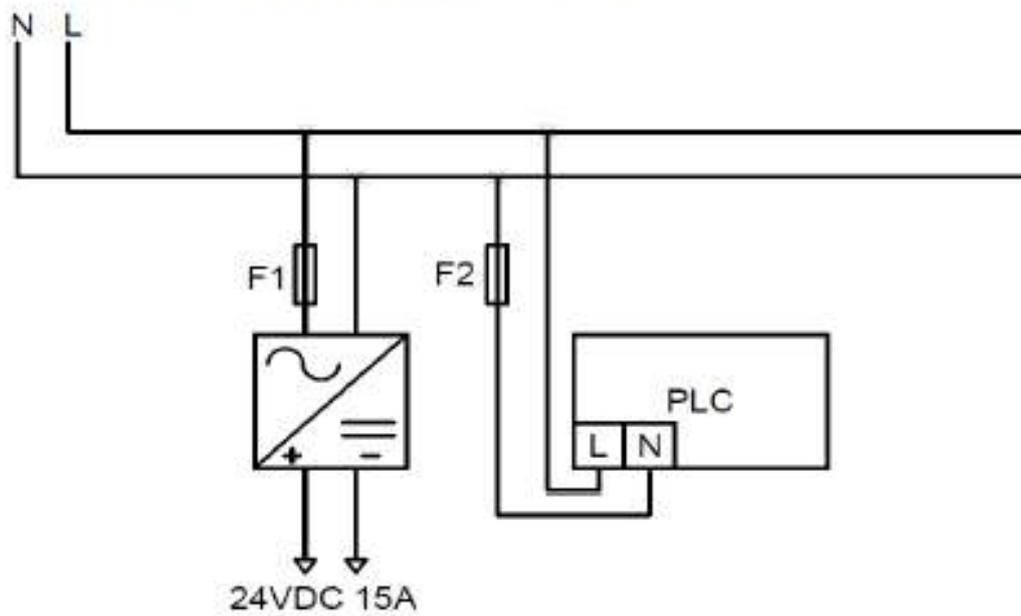
FECHA: 23 DE OCTUBRE DEL 2017

ÍNDICE

1.0 ACOMETIDA	3
2.0 COMUNICACIÓN	3
3.0 ENTRADAS Y SALIDAS DIGITALES	4
3.1 Entradas Digitales	4
3.2 Salidas digitales	4

1.0 ACOMETIDA

A continuación se muestra la alimentación de la fuente y el PLC



2.0 COMUNICACIÓN

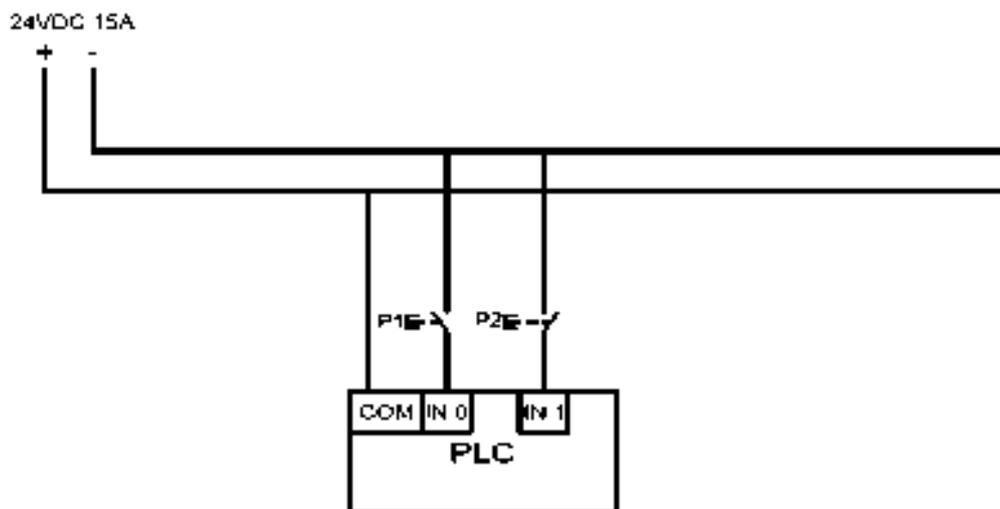


3.0 ENTRADAS Y SALIDAS DIGITALES

3.1 Entradas Digitales

Se muestran los pulsadores, estos son las únicas entradas digitales.

ENTRADA	DESCRIPCIÓN
IN 0	P1: Pulsador de Inicio
IN 1	P2: Pulsador de Paro

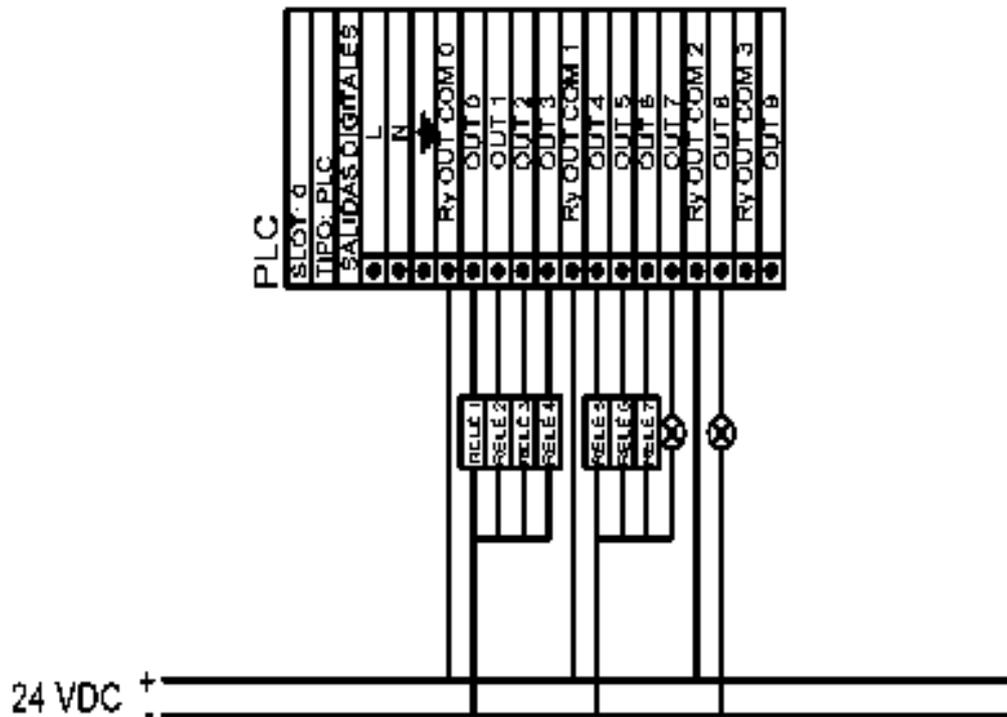


3.2 Salidas digitales

Las salidas del PLC llegan a los relés para la activación de las electroválvulas, el motor con reductora y la bomba de agua.

SALIDAS	DESCRIPCIÓN
OUT 0	R1: RELÉ 1
OUT 1	R2: RELÉ 2
OUT 2	R3: RELÉ 3
OUT 3	R4: RELÉ 4
OUT 4	R5: RELÉ 5

OUT 5	R6: RELÉ 6
OUT 6	R7: RELÉ 7
OUT 7	Luz piloto verde
OUT 8	Luz piloto rojo
RELÉ 1	EV1: Electroválvula color Cyan
RELÉ 2	EV2: Electroválvula color Magenta
RELÉ 3	EV3: Electroválvula color Yellow
RELÉ 4	EV4: Electroválvula color Key
RELÉ 5	EV5: Electroválvula de descarga
RELÉ 6	M: Motor DC con reductora para el mezdado
RELÉ 7	Bomba de agua para el lavado



Además tenemos las salidas de los relés

