



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

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PIEZAS PRODUCIDAS MEDIANTE LA
VERIFICACIÓN DE PARÁMETROS PREESTABLECIDOS EN UNA LÍNEA
AUTOMATIZADA”.

TESIS DE GRADO.

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES INDUSTRIALES.

Presentado por:

LUIS OMAR VILLACRÉS TÚQUERES.

ANDRÉS FERNANDO MOROCHO CAIZA.

Riobamba – Ecuador.

2014

Nuestros más sinceros agradecimientos están dirigidos a todas las personas que han sido participes en la elaboración de este trabajo de tesis, en especial queremos agradecer a nuestro director de tesis Ing. Marco Antonio Viteri Barrera y señor docente Ing. Jorge Luis Paucar Samaniego también queremos hacer llegar nuestro agradecimiento a la Ing. Mariela Ramos, quienes con sus valiosos consejos y observaciones, las que siempre fueron brindadas con total humildad y vocación por la enseñanza, han servido de guía indispensable para llegar a feliz término en la realización de este proyecto.

Dedico este proyecto de tesis a Dios y a mis padres. A Dios porque siempre ha estado a mi lado en cada paso que he dado, cuidándome y dándome la fortaleza necesaria para continuar y no desmayar en los momentos más difíciles, también quiero hacer una dedicación muy especial a mis padres, quienes a lo largo de mi existencia han velado en todo momento por mi bienestar y educación siendo los pilares fundamentales para mi crecimiento personal y estudiantil. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad, por el apoyo incondicional, el que se convirtió en una gran ayuda para superar todos los obstáculos que se presentaron en el camino. Es por ellos, que soy lo que soy ahora. Los amo con todo el inmenso amor que puede brotar de un corazón lleno de gratitud y felicidad.

Luis Villacrés.

Como todo evento en mi vida siempre he dado gracias a Dios y esta ocasión no va hacer la excepción, es por esa razón que el presente trabajo va dedicado a él. Y también como no mencionar a mi madre y a mis dos madrinas que han sabido ser como mis madres y que gracias a ellas he podido llegar hasta aquí.

También quiero dedicarles a todos los amigos que han estado conmigo y a mi compañero de tesis, con quien hemos podido salir adelante en este proyecto. Por último quiero agradecer al equipo M.R. Electrosistem que han sabido prestarnos su apoyo incondicional.

Andrés Morocho.

FIRMAS DE RESPONSABLES Y NOTA.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Iván Menes.		
DECANO DE LA FACULTAD
DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA.		
Ing. Alberto Arellano.		
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE
INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN		
CONTROL Y REDES INDUSTRIALES.		
Ing. Marco Viteri.		
DIRECTOR DE TESIS.
Ing. Jorge Paucar.		
MIEMBRO DEL TRIBUNAL.
Ing. Eduardo Tenelanda.		
DIRECTOR DPTO.
DE DOCUMENTACIÓN.		
NOTA DE LA TESIS:	

TEXTO DE RESPONSABILIDAD.

“Nosotros **LUIS OMAR VILLACRÉS TÚQUERES** y **ANDRÉS FERNANDO MOROCHO CAIZA**, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis, y el patrimonio intelectual de la misma pertenece a la **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**”.

.....
LUIS OMAR VILLACRÉS TÚQUERES

.....
ANDRÉS FERNANDO MOROCHO CAIZA

ÍNDICE DE ABREVIATURAS.

Ar	Área en retroceso.
As	Área en avance.
AVR	Microcontroladores del fabricante Atmel.
CAD	Computer Aided Design.
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory.
E/S	Entradas y Salidas.
GND	Tierra o masa.
GPIO	General Purpose Input/Output.
HMI	Human Machine Interface.
Hz	Hercio, unidad de frecuencia del SI.
IDE	Integrated Development Environment.
ICSP	In Circuit Serial Programming.
IP	Internet Protocol.
ISP	In System Programmer.
KB	Kilobytes.
LCD	Liquid Crystal Display.
LED	Light Emitting Diode.
mA	Mili-amperio.
MAC	Media Access Control.
mm	Mili-metro.
ms	Mili-segundos.
MTU	Unidad Terminal Maestra o central de procesamiento.

NA	Normalmente Abierto.
NC	Normalmente Cerrado.
NPN	En semiconductores Negativo-Positivo-Negativo.
OPC	OLE for Process Control.
PC	Personal Computer.
PIC	Programmable Integrated Circuit.
PLC	Programmable Logic Controller.
PNP	En semiconductores Positivo-Negativo-Positivo.
PWM	Pulse Width Modulation.
RC	Oscilador Resistencia-Capacitor.
RTU	Unidad Remota de Procesamiento.
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition.
SPI	Serial Peripheral Interface.
SRAM	Static Random Access Memory.
TCP	Transmission Control Protocol.
TTL	Transistor–transistor logic.
UART	Universal Asynchronous Receiver-Transmitter.
UDP	User Datagram Protocol.
USB	Universal Serial Bus.
V	Voltaje-voltímetro.
Vcc o Vcd	Tensión en corriente continua.
XT	Oscilador de cristal de cuarzo.
° C	Grados Centígrados.

ÍNDICE GENERAL.

INTRODUCCIÓN.....	19
CAPÍTULO I.....	21
1. MARCO REFERENCIAL.....	21
1.1. ANTECEDENTES.....	21
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS.....	22
1.3. OBJETIVOS.....	24
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	24
1.3.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	24
1.4. HIPÓTESIS.....	24
CAPÍTULO II.....	25
2. MARCO TEÓRICO.....	25
2.1. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN Y MANUFACTURA ESBELTA.....	25
2.1.1. INTRODUCCIÓN A LA MANUFACTURA ESBELTA.....	25
2.1.2. ¿QUÉ ES LEAN MANUFACTURING?.....	26
2.1.3. INTRODUCCIÓN A LA TEORÍA DE LOS SIETE DESPERDICIOS.....	28
2.2. NEUMÁTICA.....	30
2.2.1 INTRODUCCIÓN A LA NEUMÁTICA.....	30

2.2.2. APLICACIONES DE LA NEUMÁTICA.	32
2.2.3. VENTAJAS DE LA NEUMÁTICA.	32
2.2.4. DESVENTAJAS DE LA NEUMÁTICA.....	34
2.2.5. PROPIEDADES DEL AIRE COMPRIMIDO.	34
2.3. EL SISTEMA NEUMÁTICO BÁSICO.....	36
2.3.1.SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE AIRE.....	38
2.3.2.SISTEMA DE UTILIZACIÓN.....	40
2.4. ELECTRONEUMÁTICA.....	42
2.4.1 INTRODUCCIÓN A LA ELECTRONEUMÁTICA.	42
2.4.2. ESTRUCTURA DE UN SISTEMA ELECTRONEUMÁTICO BÁSICO.....	43
2.5. ACTUADORES, ELEMENTOS DE MANDO Y SENSORES.....	45
2.5.1. ACTUADORES NEUMÁTICOS.	45
2.5.2. ELEMENTOS DE CONTROL NEUMÁTICO.....	49
2.5.3. SENSORES.....	56
2.5.4. ARDUINO MEGA 2560 R3.	64
2.5.5. SHIELD ETHERNET.....	65
2.6. SISTEMAS SCADA.	68
2.6.1. INTRODUCCIÓN INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA.	68
2.6.2. DEFINICIÓN DE UN SISTEMA SCADA.	69

2.6.3. ESQUEMA Y COMPONENTES DE UN SISTEMA SCADA.....	71
2.6.4. OPC.....	75
2.6.5. APLICACIONES DE LOS SISTEMAS SCADA.....	77
2.6.6. OBJETIVOS DE LOS SISTEMAS SCADA.....	78
2.6.7. VENTAJAS DE LOS SISTEMAS SCADA.....	79
2.6.8. SOFTWARE PARA DESARROLLO DE INTERFAZ GRÁFICA LOOKOUT.	80
2.6.9. DESARROLLO DEL HMI PARA LA ESTACIÓN DE VERIFICACIÓN. ...	89
2.6.10. INTRODUCCIÓN AL PROTOCOLO MODBUS.....	97
CAPÍTULO III.....	113
3. DISEÑO ELÉCTRICO Y NEUMÁTICO DEL MÓDULO.....	113
3.1. DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO.....	113
3.1.1. DIAGRAMA UNIFILAR DE LA CONEXIÓN DE LOS SENSORES.	113
3.1.2. DIAGRAMA UNIFILAR DE LA CONEXIÓN DE LAS ELECTROVÁLVULAS.....	114
3.2. DISEÑO DEL SISTEMA NEUMÁTICO.....	114
3.2.1. DISEÑO DEL DIAGRAMA ELECTRONEUMÁTICO.....	114
3.3. DISEÑO DEL TABLERO DE CONTROL.....	115
3.3.1. CONSIDERACIONES PREVIAS PARA EL DISEÑO DEL TABLERO DE CONTROL.....	115

3.3.2. CONTENIDO DE ELEMENTOS EN EL TABLERO DE CONTROL.....	116
3.3.3. DIAGRAMA DEL TABLERO DE CONTROL.....	117
3.4. ANÁLISIS, DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE LOS ACTUADORES LINEALES.....	117
3.4.1. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES PARA LA SELECCIÓN DE LOS ACTUADORES NEUMÁTICOS.....	118
3.4.2. ANÁLISIS DEL DIMENSIONAMIENTO DEL CILINDRO SIN VÁSTAGO.....	123
CAPÍTULO IV.....	131
4. PLC Y PROGRAMACIÓN GENERAL DEL MÓDULO.....	131
4.1. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC).....	131
4.1.1. INTRODUCCIÓN.....	131
4.1.2. FUNCIONES BÁSICAS DEL PLC.....	133
4.1.3. ESTRUCTURA EXTERNA DEL PLC.....	134
4.1.4. ESTRUCTURA INTERNA DEL PLC.....	135
4.1.5. PLC TELEMECANIQUE TWD-CDA24DRF.....	136
4.1.6. SOFTWARE TWIDOSUITE.....	137
4.2. PROGRAMACIÓN DEL PLC.....	138
4.2.1. SEÑALES E/S.....	138
4.2.2. GRAFCET.....	139

4.2.3. LADDER.	142
4.3. PROGRAMACIÓN DEL ARDUINO.....	142
4.4. CONFIGURACIÓN DEL BLUETOOTH HC05.....	146
4.5. PROGRAMACIÓN EN APP INVENTOR.....	154
4.6. PROGRAMACIÓN HTML.	161
CAPÍTULO V.....	163
5. IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTACIÓN DE VERIFICACIÓN.....	163
5.1. FUNCIONAMIENTO.	163
5.1.1. DATOS TÉCNICOS.	164
5.2. MÓDULOS QUE CONFORMAN LA ESTACIÓN DE VERIFICACIÓN.....	165
5.2.1. MÓDULO DE DETECCIÓN.	165
5.2.2. MÓDULO DE MEDICIÓN.	166
5.2.3. MÓDULO DE RAMPA SUPERIOR E INFERIOR.	168
5.2.4. MÓDULO ELEVADOR.....	168
CAPÍTULO VI.....	170
6. COSTOS, PRUEBAS Y RESULTADOS.	170
6.1. COSTO DE LOS MATERIALES.	170
6.2. PRUEBAS Y RESULTADOS.	171
6.2.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	171

6.2.2. RESULTADO DE LA HIPÓTESIS.....	¡Error! Marcador no definido.
CAPÍTULO VII.....	176
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	176
7.1. CONCLUSIONES.....	176
7.2. RECOMENDACIONES.....	179

RESÚMEN.

ABSTRACT.

ANEXOS.

BIBLIOGRAFÍA.

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura II-1: Siete tipos de desperdicios.	28
Figura II-10: Accionamiento neumático.	53
Figura II-11: Accionamiento eléctrico.	54
Figura II-12: Representación de válvulas en cuadros.	54
Figura II-13: Cantidad de posiciones.	54
Figura II-14: Representación del sentido del aire.	55
Figura II-15: Representación de corte de flujo de aire.	55
Figura II-16: Unión de canalizaciones.	55
Figura II-17: Válvula de dos posiciones.	56
Figura II-18: Imagen sensor capacitivo.	58
Figura II-19: Imagen de sensor magnético.	60
Figura II-2: Sistema básico neumático.	37
Figura II-20: Imagen de sensor inductivo.	61
Figura II-21: Imagen de sensor cromático.	61
Figura II-22: Imagen de sensor ultrasónico.	63
Figura II-23: Arduino Mega 2560 R3.	64
Figura II-24: Shield Ethernet para Arduino Mega.	66
Figura II-25: Pirámide de Automatización Industrial.	70
Figura II-26: Esquema básico de un sistema SCADA.	72
Figura II-27: Logotipo del software LOOKOUT de National Instruments.	80
Figura II-28: Miembros de datos, parámetros y funcionalidad.	84
Figura II-29: Cuadro de parámetros del objeto potenciómetro.	85
Figura II-3: Cadena de mando de un sistema automatizado.	44
Figura II-30: Pantalla principal del Software Lookout 6.6.	89
Figura II-31: Pantalla de creación de un nuevo proceso.	89
Figura II-32: Pantalla para nombrar el panel de control.	90
Figura II-33: Árbol del explorador.	91
Figura II-34: Creación de un objeto PushButton.	91
Figura II-35: Campos del objeto PushButton.	92
Figura II-36: Propiedades del objeto PushButton.	93
Figura II-37: Creación de una nueva expresión.	94
Figura II-38: Cuadro de diálogo Insert Expression.	95
Figura II-39: Cuadro Contents (Miembros de datos de Modbus).	96
Figura II-4: Cilindro de simple efecto.	46
Figura II-40: Dirección de la memoria a la que se refiere la expresión.	96
Figura II-41: Cuadro de diálogo <i>Display Logical Signal</i>.	97
Figura II-42: Creación del objeto Modbus.	98
Figura II-43: Configuración de parámetros en el objeto Modbus.	99
Figura II-44: Edición de la conexiones del objeto Modbus.	103
Figura II-45: Direcciones Modbus en Lookout.	104
Figura II-46: Enlace mediante Modbus del objeto Pushbutton.	105
Figura II-47: Creación de una animación.	106
Figura II-48: Selección del tipo de animación.	107

Figura II-49: Características de color de la animación.	108
Figura II-5: Cilindro de doble efecto.	47
Figura II-50: Característica de visibilidad del objeto animación.	108
Figura II-51: Creación del objeto <i>Counter</i>.	110
Figura II-52: Ventana de parámetros del objeto <i>Counter</i>.	111
Figura II-53: Añadir el objeto <i>Counter</i> al panel de control.	112
Figura II-54: Creación de la expresión totalizadora de piezas.	112
Figura II-6: Cilindro sin vástago.	48
Figura II-7: Imagen de válvula electromagnética.	50
Figura II-8: Accionamientos manuales.	52
Figura II-9: Accionamientos mecánicos.	52
Figura III-1: Conexión de los sensores.	113
Figura III-2: Conexión de las electroválvulas.	114
Figura III-3: Diagrama Electroneumático.	114
Figura III-4: Diagrama del tablero de control.	117
Figura III-5: Rendimiento interno de cilindros estándares.	120
Figura III-6: Fuerza teórica de los cilindros.	122
Figura III-6: Momentos Laterales.	124
Figura III-7: Cargas admisibles.	125
Figura III-8: Factor G.	126
Figura IV-1: Imagen del PLC TWDLCA24DRF.	136
Figura IV-10: Ver nombre del HC 05.	149
Figura IV-11: Cambiar nombre del HC 05.	150
Figura IV-12: Confirmación nombre del HC 05.	150
Figura IV-13: Preguntar baudios del HC 05.	151
Figura IV-14: Respuesta baudios del HC 05.	151
Figura IV-15: Preguntar clave del Bluetooth.	152
Figura IV-16: Respuesta clave del Bluetooth.	152
Figura IV-17: Preguntar si es esclavo el HC 05.	153
Figura IV-18: Preguntar la Mac del Bluetooth.	153
Figura IV-19: Entorno de programación de APP Inventor.	154
Figura IV-2: Graficet de la estación de verificación.	141
Figura IV-20: Ventana de la aplicación para el sistema Android.	155
Figura IV-21: Variable con la Mac del HC 05.	156
Figura IV-22: Pantalla de inicialización de la aplicación móvil.	157
Figura IV-23: Configuración para conectar la aplicación móvil.	157
Figura IV-24: Configuración para desconectar la aplicación móvil.	158
Figura IV-25: Botón reset de la aplicación móvil.	158
Figura IV-26: Botón salir de la aplicación móvil.	159
Figura IV-27: Enviar datos desde la aplicación móvil al Arduino.	159
Figura IV-28: Recibir datos desde el Arduino en el dispositivo móvil.	160
Figura IV-29: Programación completa de la aplicación móvil.	160
Figura IV-3: Imagen del software de programación para Arduino.	143
Figura IV-4: Controllino Mini.	145
Figura IV-5: Controllino Maxi.	145

Figura IV-6: Controllino Mega.	146
Figura IV-7: Bluetooth HC 05.	147
Figura IV-8: Diagrama de conexión para el HC 05.	147
Figura IV-9: Monitor Serial.	149
Figura V-1: Imagen sensor óptico MHT15-P2347.	165
Figura V-2: Imagen sensor capacitivo CM18-12NPP-KW1.	165
Figura V-3: Placa electrónica del módulo de medición.	167
Figura V-4: Imagen de sensor ultrasónico Ping Parallax.	167
Figura V-5: Imagen módulo de rampa superior e inferior.	168
Figura V-6: Imagen del Módulo de Elevación.	169
Figura VI-1: Datos muestrales Módulo vs Persona.	172
Figura VI-2: Barras de comparación Módulo vs Persona.	175

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla II-1: Símbolos de las partes de una válvula.	56
Tabla II-2. Características del sensor magnético.	60
Tabla II-3: Miembros de Datos tipo Switch.	87
Tabla II-4: Configuraciones en el objeto Modbus.	100
Tabla II-5: Miembro de datos del protocolo MODBUS.	101
Tabla II-6: Dirección de memorias utilizadas en el programador TwidoSuite.	101
Tabla II-7: Características y propiedades del objeto Animación.	107
Tabla II-8: Miembro de datos y parámetros del objeto <i>Counter</i>.	109
Tabla III-1 Características del cilindro de doble efecto.	123
Tabla III-2: Características del cilindro sin vástago.	130
Tabla IV-1: Entradas conectadas al PLC.	138
Tabla IV-2: Salidas del PLC.	139
Tabla VI-1: Listado de precios.	170
Tabla VI-2: Tabulación de datos muestrales.	172
Tabla VI-3: Comparación de observaciones.	173
Tabla VI-4: Distribución t de Student.	174

INTRODUCCIÓN.

La estación de verificación forma parte de una línea automatizada y es una réplica de los módulos de la empresa FESTO, el mismo que será ocupado en el aprendizaje de los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Electrónica, Control y Redes Industriales de la ESPOCH.

La máquina consta de elementos mecánicos, eléctricos y neumáticos, los cuales al actuar conjuntamente permiten verificar los parámetros preestablecidos de altura y color de las piezas, las mismas que son utilizadas para la manufactura de manómetros.

La medición de altura se realiza a través de un sensor ultrasónico Ping Parallax que se encuentra conectado a una placa Arduino Mega 2560, el cual es el encargado de enviar una señal a la entrada del PLC TWD-CDA24DRF. Para la detección del color se utilizó un sensor monocromático, el mismo que se

encuentra conectado directamente a una entrada del controlador lógico programable.

Los parámetros de verificación para evaluar las piezas, pueden ser ingresados mediante tres formas diferentes: Ethernet, un dispositivo móvil con sistema Android y un teclado incorporado en la placa electrónica.

Todo el sistema de control está a cargo del PLC; además el proceso puede ser monitoreado por el sistema SCADA realizado en el software Lookout 6.6.

El sistema eléctrico es alimentado con 120Vac para la fuente del autómeta y 5Vcd para el Arduino Mega 2560. El sistema neumático utiliza un compresor, capaz de suministrar la presión necesaria para el correcto funcionamiento de los cilindros.

Los métodos utilizados son el inductivo y el experimental, ya que permitieron la construcción de la máquina y el análisis de los resultados.

Se comprobó que el análisis comparativo de las piezas producidas mediante la verificación de parámetros preestablecidos optimizó la producción dentro de una línea automatizada llegando a satisfacer los objetivos planteados.

CAPÍTULO I.

1. MARCO REFERENCIAL.

1.1. ANTECEDENTES.

Con el avance de la tecnología, los procesos industriales han presentado grandes cambios y quienes están involucrados de una u otra forma con el tema, deben estar actualizados acerca de los nuevos productos, métodos de procesos, solución de fallas, sistemas de control, verificación de calidad, etc.

Prácticamente todas las industrias alrededor del mundo poseen al menos un pequeño sistema automático lo que significa que la automatización en la industria es una área que debe estar permanentemente en contacto con el hombre y en evolución.

En el concepto de Manufactura Esbelta tenemos que la eliminación total del desperdicio es la clave de dicha metodología. Si queremos de alguna manera iniciar la aplicación de este sistema de producción, lo primero que tenemos que entender es cuales son estos desperdicios, como identificarlos fácilmente y una vez identificados trabajar en ellos para reducirlos o eliminarlos de ser posible.

En un sistema automático se busca principalmente aumentar la eficiencia del proceso, siendo la verificación individual de cada uno de los elementos que conforman el producto terminado, una recomendación muy importante dentro de cada empresa ya que si este elemento no cumple con las normas, estándares o el requerimiento propuesto por el usuario, la empresa se ve obligada a volver a fabricar dicho producto lo que involucra grandes pérdidas en tiempo y recursos económicos.

1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS.

En la actualidad la automatización y el control de procesos que permitan agilizar la producción al eliminar desperdicios de material o materia prima en la fabricación de un bien tanto en la industria grande y pequeña es una necesidad que viene creciendo de forma acelerada por lo que es imperioso la construcción de un mecanismo utilizado para detectar la presencia de errores, los cuales se determinan conociendo las especificaciones establecidas por la ingeniería del producto y de esta manera se puede proporcionar asistencia al departamento de

fabricación, para que la producción alcance estas especificaciones o estándares. Es así que los diferentes departamentos involucrados en la fabricación de una determinada pieza que no cumpla con las características óptimas podrán iniciar una acción correctiva adecuada.

La búsqueda de una solución automatizada para llevar a cabo la verificación del cumplimiento de los requisitos mínimos de una pieza específica utilizada en la construcción de un producto solo puede ser desarrollada mediante la implementación de un módulo específico para este propósito en el cual intervengan áreas multi-disciplinarias que hagan uso de tecnologías híbridas tales como mecatrónica, neumática, electro-neumática y sensórica, apoyadas por sistemas de hardware y software de control.

1.3. OBJETIVOS.

1.3.1. OBJETIVO GENERAL.

- Analizar las piezas producidas mediante la verificación de parámetros preestablecidos en una línea automatizada.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Establecer las características, dimensionamiento y componentes de una estación de control de la calidad.
- Estudiar y seleccionar los dispositivos necesarios en la implementación de la estación de control de la calidad.
- Implementar la estación de control de la calidad
- Diseñar un sistema de visualización HMI

1.4. HIPÓTESIS.

“El análisis de las piezas producidas mediante la verificación de parámetros preestablecidos optimizará la producción en una línea automatizada”.

CAPÍTULO II.

2. MARCO TEÓRICO.

2.1. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN Y MANUFACTURA ESBELTA.

2.1.1. INTRODUCCIÓN A LA MANUFACTURA ESBELTA.

En la actualidad las empresas, principalmente las industrias dedicadas a la fabricación de bienes o productos, deben tomar medidas para no quedar rezagadas con respecto a sus competidores directos, es así que se toma como guía la filosofía de gestión que sigue la implementación de la manufactura esbelta.

La implementación de un modelo de gestión que regularice, mejore la calidad, reduzca el tiempo de producción y el costo, permite optimizar la utilización al máximo de los recursos necesarios en cuanto al tiempo de producción y de materia prima que se emplea en la elaboración del bien, evitando principalmente el

despilfarro de material, horas de uso de maquinaria que produce la depreciación de la misma y las horas de trabajo hombre, lo cual no brinda un valor agregado al bien o producto final, al contrario esto produce pérdidas y baja la rentabilidad afectando de gran manera a la industria.

Por lo tanto la manufactura esbelta es básicamente todo lo concerniente a obtener las cosas correctas en el lugar correcto, en el momento correcto, en la cantidad correcta, minimizando el despilfarro, siendo flexible y estando abierto al cambio.

2.1.2. ¿QUÉ ES LEAN MANUFACTURING?.

La Manufactura Esbelta es la compilación de varias herramientas que ayudan a eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto o a los procesos, por lo que la implementación de la manufactura esbelta (Lean Manufacturing) tiene como finalidad mejorar continuamente las actividades que agregan un valor al bien terminado, suprimir procesos innecesarios buscando optimizar el tiempo de producción, eliminar desperdicios, mejorar las operaciones y mantener el margen de utilidad. La Manufactura Esbelta nació en Japón y fue concebida por los grandes gurús del Sistema de Producción Toyota: William Edward Deming, Taiichi Ohno, Shigeo Shingo, Eijy Toyota entre algunos (1).

(1)http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m4/manufactura%20esbelta.pdf

El sistema de Manufactura Esbelta está basada en: la supresión planificada de cualquier clase de desperdicio, ayudando a mejorar continuamente y aumentar la productividad.

Lean Manufacturing (un término de producción esbelta acuñado por el investigador del IMVP Jhon Krafcik) utiliza menos de todo y cuando es comparada con la manufactura tradicional en masa, usa la mitad del espacio de manufactura, la mitad de inversión en herramientas, la mitad de horas en ingeniería para desarrollar un nuevo producto. Además, requiere mantener menos de la mitad del inventario necesitado en planta, lo cual resulta en mucho menos defectos, y se produce una más grande y creciente variedad de productos (2).

(2) Womack, Jones and Ross, "The machine that changed the World", Harper Perennial, New York, 1991.

2.1.3. INTRODUCCIÓN A LA TEORÍA DE LOS SIETE DESPERDICIOS.

En todo proceso de producción aparecen los desperdicios, por lo que es necesario mejorar continuamente y centrar nuestra dedicación a la eliminación de cualquier tipo de desperdicio que se puede presentar dentro de los procesos de producción.

¿Qué son los desperdicios?.

Podemos definir el concepto de desperdicio como:

- Un desperdicio **NO AGREGA VALOR** al producto, al contrario se incrementa su costo, consume tiempo de producción y recursos.
- Desperdicio es todo lo que el consumidor **NO ESTA DISPUESTO A PAGAR.**

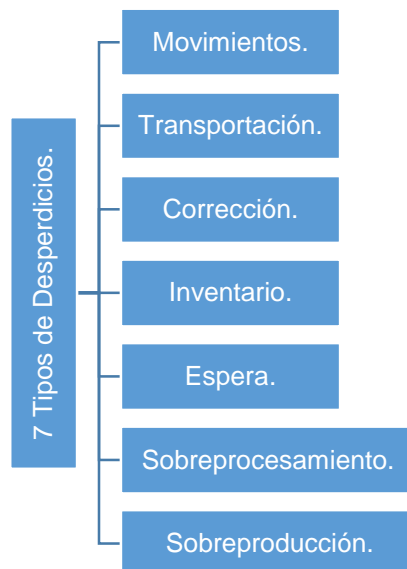


Figura II-1: Siete tipos de desperdicios.

Fuente: Los Autores.

- **Desperdicios por movimientos.**

Se debe a la excesiva movilización por parte de los operarios al momento de tomar herramientas o partes productivas, o cuando la maquinaria excede en sus movimientos para posicionarse y llevar a cabo los procesos productivos.

- **Desperdicios por transportación.**

Excesivos movimientos, lo que se traduce en desperdicio de tiempo al momento de transportar material entre las diferentes estaciones de trabajo, áreas de producción, bodegas, depósitos de materia prima, etc.

- **Desperdicios por corrección.**

Es todo aquel trabajo en reparación o corrección realizada a partes defectuosas, las mismas que no han pasado la inspección o el control de calidad, así mismo la sobre inspección de problemas en lugar de su eliminación.

- **Desperdicio por inventario.**

Exceso en materiales de producción y materiales utilizados en la industria para la fabricación del bien o producto.

- **Desperdicio por espera.**

Son todos los retardos que se originan durante el proceso de producción dentro de una industria, especialmente en la planta.

- **Desperdicio por sobreprocesamiento.**

Cuando se reitera en procesos de producción que se han llevado a cabo, o la repetición innecesaria de especificaciones del producto que ya se han cumplido.

- **Desperdicio por sobreproducción.**

Se localiza en la cadena de producción cuando determinado proceso alcanza su totalidad o cumplimiento, antes de que la siguiente estación de trabajo esté lista para recibir el producto y esta pueda continuar con el siguiente proceso de producción.

2.2. NEUMÁTICA.

2.2.1 INTRODUCCIÓN A LA NEUMÁTICA.

El aire comprimido es una de las energías más antiguas que el hombre conoce y que ha utilizado y utiliza con el propósito de encontrar diversas aplicaciones en los diferentes campos de la práctica como por ejemplo: en la industria de alimentos, en la elaboración de fármacos y cosméticos, industria textil, etc.

En la antigüedad, los griegos, en su búsqueda de la verdad fueron cautivados por cuatro elementos que eran: el agua, el aire, el fuego y la tierra. En griego, la expresión "PNEUMA" designa el viento, y en consecuencia la técnica que utiliza el aire como vehículo para transmitir energía se la conoce como NEUMÁTICA.

El aire desde las primeras épocas se utilizó de diferentes maneras. En algunos casos al encontrarlo en abundancia en la naturaleza, o sea en movimiento continuo, convirtiendo quizás a la navegación en la más antigua forma de aprovechamiento de la energía eólica. También se utilizó la energía del viento en los molinos de viento, permitiendo transformar la energía eólica en energía mecánica, la cual se empleó para mover molindas y en otros casos para bombear grandes caudales de agua.

El aire presenta connotaciones muy importantes en su utilización, desde la necesidad para el desarrollo de la vida, el ser humano sin saberlo llena sus pulmones, capaces de bombear 100 litros de aire por minuto con una presión de 0,02 y 0,08 bar.

El desarrollo de la teoría del aire comprimido y sus aplicaciones no fueron tomadas en serio para el estudio sino a partir del siglo XVII, cuando el estudio de los gases es objetivo de científicos como: Torricelli, Pascal, Mariotte, Boyle, Gay Lussac, etc.

2.2.2. APLICACIONES DE LA NEUMÁTICA.

Las investigaciones en el campo de las aplicaciones de la neumática todavía continúan. Los robots, los autómatas programables y otras diversas prestaciones, no han hecho perder el atractivo al estudio del aire comprimido en la utilización de nuevas tecnologías.

Utilizando la electrónica para el mando y añadido a esto elevados ciclos de trabajo con una vida larga de los componentes, se ofrecen soluciones prácticas y eficaces para los problemas de automatización industrial.

Sectores industriales como: alimentación, ensamblaje y manipulación, sistemas robotizados o industrias con procesos en serie, son automatizados, en su gran mayoría neumáticamente gracias a las bondades que ofrece esta tecnología.

2.2.3. VENTAJAS DE LA NEUMÁTICA.

Para comprender el amplio uso de esta tecnología, se explicará brevemente, algunas de sus principales ventajas, que son:

- El aire es de fácil captación y abunda en la tierra.

- Es un tipo de energía limpia, por lo que su aplicación no produce contaminación alrededor del medio en el que se emplea.
- Elasticidad, puesto que puede ser almacenado en recipientes destinados para este propósito una vez comprimido.
- No posee características explosivas, aun estando comprimido, por lo que no existen riesgos con las chispas.
- El costo de la implementación en las diferentes industrias es bajo.
- Permite cambios instantáneos en el sentido de actuación de los componentes.
- Las velocidades de trabajo de los actuadores neumáticos son elevadas (1 m/s) y presentan relativa facilidad en su regulación.
- Los cambios de temperatura no alteran sus prestaciones.
- Simplifica enormemente la mecánica.
- El trabajo con aire no provoca efectos de golpe de ariete, lo que no daña los componentes de un circuito o sistema neumático.
- Se puede añadir a las ventajas de los actuadores neumáticos que su accionamiento no produce calor

Por lo tanto la NEUMÁTICA se convierte en una interface imprescindible entre la electrónica de mando y el trabajo a desarrollar.

2.2.4. DESVENTAJAS DE LA NEUMÁTICA.

Habiendo mencionado todas las ventajas anteriores las mismas que son de gran importancia, no olvidemos que, como todas las tecnologías, también tiene algunos inconvenientes. Enseguida enumeraremos sus desventajas más notables:

- En circuitos muy extensos se producen pérdidas de cargas considerables.
- Se requiere de instalaciones especiales para recuperar el aire previamente empleado.
- Las presiones a las que trabajan normalmente, no permiten aplicar grandes fuerzas.
- Genera altos niveles de ruido debido a la descarga del aire hacia la atmósfera.

2.2.5. PROPIEDADES DEL AIRE COMPRIMIDO.

- **Disponibilidad.**

La mayoría de las industrias cuentan con suministros de aire comprimido en las áreas de trabajo y con compresores portátiles los cuales son fáciles de transportar.

- **Almacenamiento.**

El almacenamiento del aire en grandes cantidades es fácil, se lo realiza en el interior de depósitos especialmente diseñados para ello.

- **Simplicidad de diseño y control.**

Los elementos y componentes neumáticos presentan una configuración sencilla y se pueden montar de manera fácil en sistemas automatizados con un control relativamente sencillo.

- **Elección del movimiento.**

Permite la elección entre un movimiento lineal o de rotación angular con velocidades de funcionamiento fijas y continuamente variables, presentando posibles regulaciones de las velocidades antes mencionadas.

- **Economía.**

La instalación de un sistema neumático tiene un costo relativamente bajo debido al poco costo de los componentes y elementos. El mantenimiento también es poco costoso debido a la larga duración de los componentes sin presentar averías.

- **Fiabilidad.**

Gracias a que los componentes tienen una larga vida útil tiene como consecuencia la elevada fiabilidad del sistema.

- **Resistencia al entorno.**

A este tipo de sistemas no les afectan las altas temperaturas, el polvo, o ambientes altamente corrosivos en los que otros sistemas sí se pueden ver afectados.

- **Limpieza del entorno.**

El aire es limpio, y con un correcto tratamiento de aire al escape, se puede decir que la neumática es una de las tecnologías más limpias que se utilizan en la industria, contribuyendo así a mantener limpio el medio ambiente en el que se lleva a cabo las operaciones de las diferentes industrias en las que se halla su aplicación.

- **Seguridad.**

No presenta peligro de incendio, ya que el aire no tiene propiedades explosivas, además el sistema no está afectado por la sobrecarga, puesto que los actuadores se detienen o se sueltan simplemente.

2.3. EL SISTEMA NEUMÁTICO BÁSICO.

Los cilindros neumáticos, los actuadores de giro y los motores suministran la fuerza y el movimiento a la mayoría de los sistemas automatizados para realizar las acciones de: sujetar, mover, formar y procesar material.

Para accionar y controlar estos actuadores, se requieren otros componentes neumáticos, por ejemplo unidades de acondicionamiento de aire y válvulas para controlar la presión, el caudal y la dirección de los actuadores.

Un sistema neumático básico (ver Figura II-2), se compone de dos partes principales:

1. El sistema de producción y distribución del aire.
2. El sistema de utilización del aire.

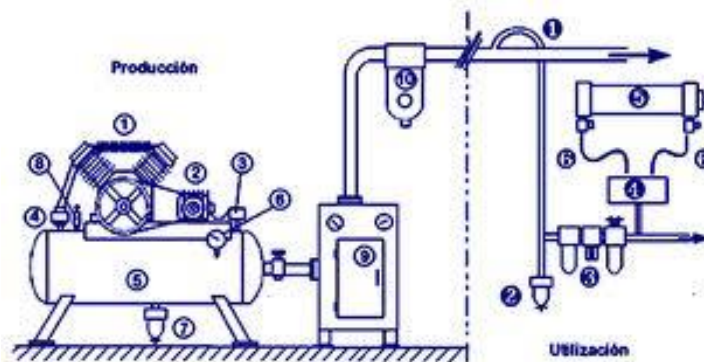


Figura II-2: Sistema básico neumático.

Fuente: <http://ingenierosuptindustrial.blogspot.com/2009/10/sistema-neumatico-basico.html>

2.3.1. SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE AIRE.

Las partes componentes y sus funciones principales son:

1. Compresor.

Es el encargado de transformar la energía mecánica en energía neumática, al aspirar el aire del entorno y depositarlo en un recipiente destinado para ello, de esta forma es que se entrega presión más elevada al sistema neumático.

2. Motor eléctrico.

Suministra la energía mecánica al compresor. Transforma la energía eléctrica en energía mecánica.

3. Presostato.

Controla el encendido y apagado del motor eléctrico al detectar la presión en el depósito de aire. Se puede regular la presión máxima a la que se apaga el motor y la presión mínima a la que se enciende el motor para mantener el sistema continuamente alimentado.

4. Válvula anti-retorno.

Permite el paso del aire comprimido del compresor al depósito y bloquea su retorno cuando el compresor está detenido.

5. Depósito.

Su función es la de almacenar el aire comprimido. La relación del tamaño está definido por la capacidad del compresor. Cuanto más grande sea su volumen, más largos son los intervalos de arranque del motor del compresor.

6. Manómetro.

Su función es la de indicar la presión en el interior del depósito.

7. Purga manual o automática.

Purga toda el agua que se condensa en el depósito, su accionamiento puede ser manual o automático con lo que no necesita supervisión.

8. Válvula de seguridad.

Expulsa el aire comprimido si la presión excede a la permitida.

9. Secador de aire refrigerado.

Enfría el aire comprimido hasta pocos grados por encima del punto de congelación y condensa la mayor parte de la humedad del aire, evitando así tener humedad o agua en el resto del sistema.

10. Filtro de línea.

Al encontrarse en la tubería principal, este filtro debe tener una pérdida o caída de presión mínima, sirve para mantener la línea libre de polvo, agua y aceite.

2.3.2. SISTEMA DE UTILIZACIÓN.

1. Purga del aire.

El aire en un sistema neumático se lo debe tomar de la parte superior de la tubería principal para permitir que la condensación que se pueda presentar ocasionalmente permanezca en la tubería principal y no afecte al resto del sistema.

2. Purga automática.

Cada tubo descendiente debe tener una purga automática en su extremo inferior impidiendo así que el agua se quede almacenada en el tubo en el caso en que se descuide la purga manual.

3. Unidad de acondicionamiento del aire.

Acondiciona el aire comprimido para suministrar aire limpio a una presión estable y ocasionalmente añade lubricante para alargar la vida útil de los componentes neumáticos que son parte del sistema y que necesitan lubricación.

4. Válvula direccional.

Proporciona la presión e intercambia de manera alternada el escape de las dos conexiones del cilindro para controlar el sentido del movimiento del actuador.

5. Actuador.

Convierte la energía potencial del aire, al estar comprimido en el depósito, en trabajo mecánico.

En la Figura II-2 se ilustra un cilindro lineal, pero este puede ser reemplazado por un actuador de giro o una herramienta neumática como un martillo, destornillador, etc.

6. Controladores de velocidad.

Su función es la de permitir una fácil regulación de la velocidad de movimiento del actuador.

2.4. ELECTRONEUMÁTICA.

2.4.1 INTRODUCCIÓN A LA ELECTRONEUMÁTICA.

Se puede considerar a la electroneumática como la rama en la que se combina dos importantes materias dentro de la automatización: la neumática (manejo del aire comprimido) y la electrónica.

En electroneumática, la energía eléctrica substituye a la energía neumática como el elemento natural para la generación y transmisión de las señales de control que se ubican en los sistemas de mando.

Es de vital importancia en la electroneumática la manipulación y el acondicionamiento de las señales de voltaje y corriente que deberán de ser transmitidas a dispositivos de conversión de energía eléctrica a energía neumática para lograr la activación de los actuadores neumáticos.

De esta manera esta tecnología se está convirtiendo en una de las técnicas de automatización que está cobrando mayor importancia en la optimización de los procesos industriales, al resultar más compactos y óptimos a diferencia de los sistemas puramente neumáticos, en los cuales su etapa de control constituye un sistema neumático aparte del sistema de fuerza, el mismo que se emplea en el accionamiento de los diferentes actuadores involucrados en los más variados procesos industriales automatizados.

2.4.2. ESTRUCTURA DE UN SISTEMA ELECTRONEUMÁTICO BÁSICO.

Dentro de los elementos de un sistema electroneumático es importante reconocer la cadena de mando para elaborar un correcto esquema de conexiones. Cada uno de los elementos de la cadena de mando cumple una tarea determinada en el procesamiento y la transmisión de señales. La eficacia de esta estructuración de un sistema en bloques de funciones se ha comprobado en las siguientes tareas:

- Disposición de los elementos en el esquema de conexionado.
- Especificación del tamaño nominal, la corriente nominal y la tensión nominal de los componentes eléctricos (bobinas, etc.).
- Estructura y puesta en marcha del mando.
- Identificación de los componentes al efectuar trabajos de mantenimiento.

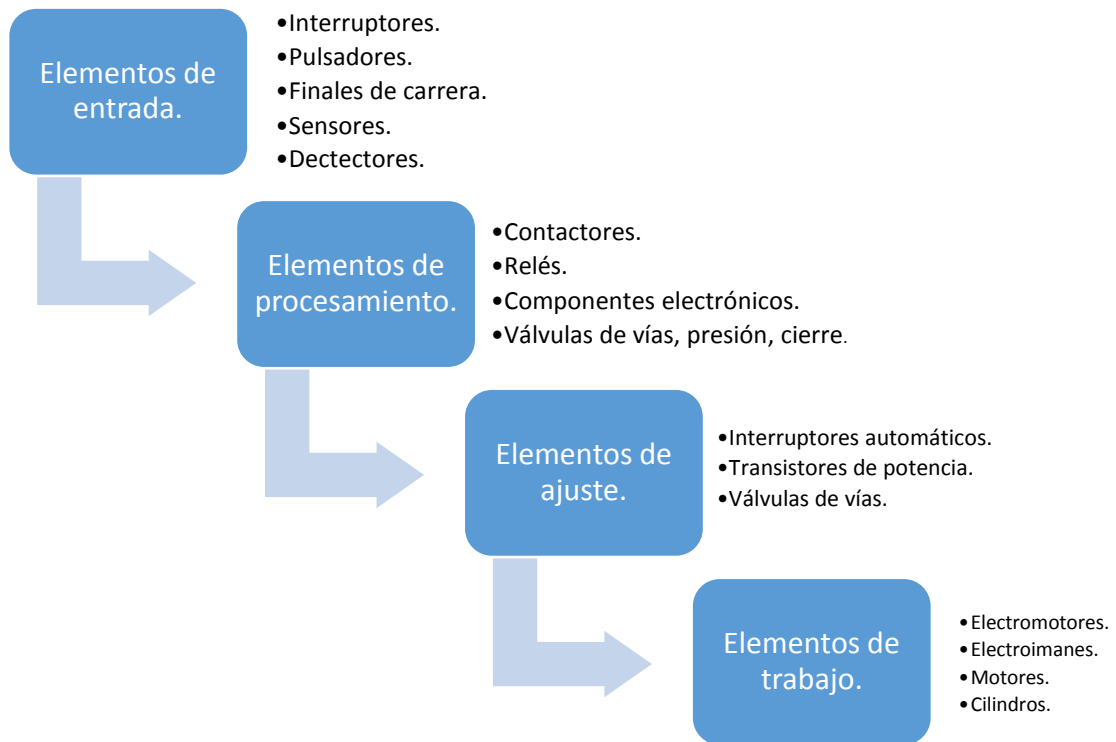


Figura II-3: Cadena de mando de un sistema automatizado.

Fuente: Los Autores.

Dispositivos que participan en un sistema electropneumático básico:

- Contactos eléctricos normalmente abiertos (NA) y normalmente cerrados (NC).
- Sensores (inductivos, capacitivos, magnéticos, ultrasónicos).
- Pulsadores e interruptores normalmente abiertos (NA) y normalmente cerrados (NC).
- Electroválvulas 3/2, 5/2, 4/2, 5/3 (vías/posiciones).
- Cilindros de simple efecto (monoestable).
- Cilindros de doble efecto (biestable).

- Válvulas direccionales, lógicas y de secuencia.
- Temporizadores.
- Relés.
- Controlador lógico programable (PLC).
- Fuente de energía (eléctrica y neumática).

2.5. ACTUADORES, ELEMENTOS DE MANDO Y SENSORES.

2.5.1. ACTUADORES NEUMÁTICOS.

Un actuador neumático tiene la capacidad de transformar energía neumática en movimiento para generar un efecto sobre un proceso automatizado.

El tipo de trabajo que realizan los actuadores neumáticos pueden ser: lineal o rotativo. El movimiento lineal se produce con la utilización de cilindros de émbolo; aunque éstos también proporcionan un movimiento rotativo mediante actuadores del tipo de paleta y motores neumáticos.

ACTUADORES LINEALES.

Dentro de esta clasificación encontramos los cilindros, que son los más comunes en la Neumática, de los cuales se derivan construcciones especiales como:

- Cilindros de simple efecto.
- Cilindros de doble efecto.

CILINDROS DE SIMPLE EFECTO.

Como su nombre lo dice, realiza un trabajo en un solo sentido; por lo que encontramos cilindros en los que sale el vástago y su retorno lo hace mediante un resorte interno o por algún otro medio externo como carga o movimiento mecánico.



Figura II-4: Cilindro de simple efecto.

Fuente:<http://wikitecnotarraga.wikispaces.com/TEMA+3+CIRCUITOS+NEUM%C3%81TICOS+E+HIDR%C3%81ULICOS>).

CILINDROS DE DOBLE EFECTO.

Este tipo de cilindro es lo contrario del anterior, por esa razón en este actuador tiene un trabajo de dos carreras, una de salida y otra de entrada; en otras palabras el aire se puede aplicar alternativamente a los lados opuestos del émbolo.

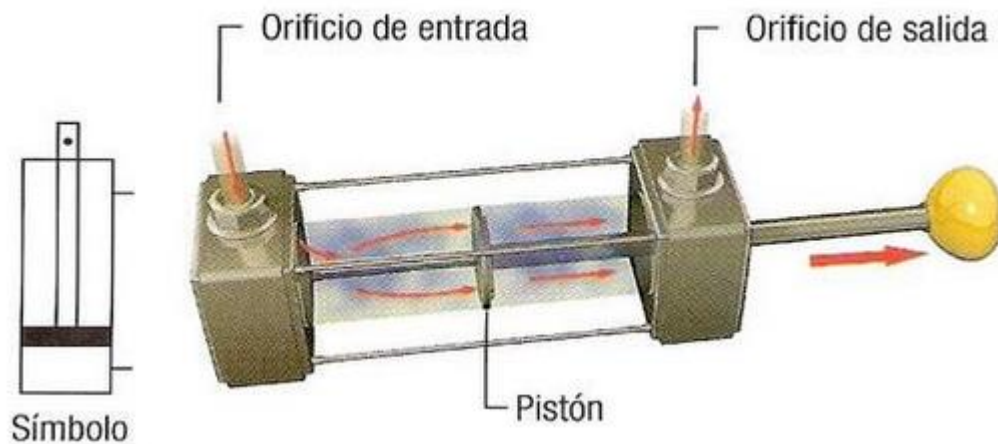


Figura II-5: Cilindro de doble efecto.

Fuente:<http://wikitecnotarraga.wikispaces.com/TEMA+3+CIRCUITOS+NEUM%C3%81TICOS+E+HIDR%C3%81ULICOS>).

Los cilindros lineales poseen las siguientes características:

- El rozamiento interno es lo más bajo posible.
- La instalación es lo más simple y rápida.
- Tiene una vida útil más larga.
- Se puede utilizar con o sin lubricación.
- Tiene gran capacidad de amortiguación.
- Se puede detectar la posición del cilindro.

ACTUADORES ESPECIALES.

Existen diferentes estructuras, internas y externas, de los cilindros de acuerdo a las necesidades del usuario y del proceso a realizar; pero en esta ocasión se

hablará únicamente del cilindro sin vástago ya que fue el utilizado en la presente tesis.

CILINDRO SIN VÁSTAGO.

En este tipo de cilindro, el pistón realiza la carrera en el tubo perfilado y ranurado. El pistón está unido a su construcción, anexa mediante la ranura en el tubo perfilado. La guía lineal del carro que se desplaza sobre el tubo perfilado, debe satisfacer las aceleraciones y las velocidades que pueden alcanzar con cilindros neumáticos.



Figura II-6: Cilindro sin vástago.

Fuente: Los Autores.

Los cilindros sin vástago tienen una gran ventaja sobre los cilindros con vástago, ya que ocupan menor espacio y pueden ser instalados en un espacio mucho más reducido; además son muy convenientes utilizarlos cuando se desea trabajar con distancias largas ya que no presentan problemas de pandeo.

Existen varios tipos de cilindros sin vástago, pero se hablará únicamente de los dos tipos más utilizados:

- Transmisión magnética.
- Transmisión mecánica.

La fuerza realizable por un cilindro sin vástago con acoplamiento magnético, está limitada por la fuerza de retención magnética.

En cambio, en un cilindro sin vástago con acoplamiento mecánico ofrece una mayor capacidad de fuerza; pero no está totalmente exento de fugas como los del tipo de acoplamiento magnético.

2.5.2. ELEMENTOS DE CONTROL NEUMÁTICO.

Para poder controlar los actuadores neumáticos mencionados anteriormente, es preciso emplear otros elementos que desarrollan funciones de mando, a estos elementos se les llama válvulas. Las válvulas distribuidoras son las encargadas de distribuir el aire para gobernar el avance y retroceso de los cilindros; aunque también hay válvulas de regulación y control.

Una válvula de control direccional determina el paso de aire entre sus vías abriendo, cerrando o cambiando sus conexiones internas. También las válvulas se definen en términos de número de vías, número de posiciones y método de activación.

A una válvula se la puede nombrar de la siguiente manera: 3/2, 5/2, 5/3, etc. Donde la primera cifra representa el número de vías (que son los orificios de la válvula excepto los de piloto), y la segunda cifra se refiere al número de posiciones.

Al igual que los cilindros neumáticos, las válvulas tienen sus símbolos ISO que se puede observar más a continuación.

VÁLVULAS ELECTROMAGNÉTICAS.

Las electroválvulas sirven para controlar el flujo del aire y lo realiza mediante la aplicación de corriente eléctrica a la bobina solenoidal (solenoides). Este tipo de válvula se utilizó en la presente tesis.



Figura II-7: Imagen de válvula electromagnética.

Fuente: Los Autores.

Las válvulas electromagnéticas se pueden clasificar al igual que las demás válvulas en:

- Monoestable.
- Biestable.

Las válvulas monoestables tiene solo un estado para controlar; esto quiere decir que el solenoide debe estar activado y consumiendo energía, mientras la válvula deba estar abierta.

En cambio, la válvula biestable tiene dos estados para controlar; esto quiere decir que usa un solenoide para abrir la válvula y otro para cerrar, o bien un solo solenoide que abre con un pulso y cierra con el siguiente.

TIPOS DE ACCIONAMIENTO DE LAS VÁLVULAS.

La clasificación más utilizada para los mandos se establece según la fuente de energía que activa los componentes de mando. Los mandos pueden ser:

- Manuales
- Mecánicos
- Neumáticos
- Eléctricos

Mando manual.

Depende de la acción voluntaria del operador. No se suele usar mucho porque uno de los objetivos de la neumática es el incremento de automatización de los procesos industriales, lo que se logra reduciendo la participación del ser humano. Suelen ser muy utilizados cuando existe un riesgo grande de peligro en las operaciones del usuario con máquinas-herramientas como prensas, cortadoras, etc.



Figura II-8: Accionamientos manuales.

Fuente: <http://quantum.cucei.udg.mx/~gramirez/menu/elementos/valvulas.html>

Mando mecánico.

Se activan por un mecanismo en movimiento, como un árbol de levas, o por el émbolo de los cilindros. Se suelen usar como captadores de señal, por lo que acostumbran a ser pequeñas.

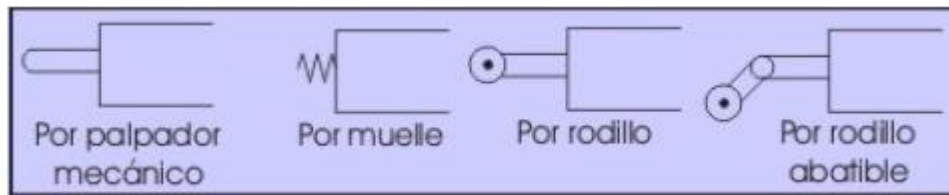


Figura II-9: Accionamientos mecánicos.

Fuente: <http://quantum.cucei.udg.mx/~gramirez/menu/elementos/valvulas.html>

Mando neumático.

La fuerza necesaria para conmutar la válvula se obtienen del aire a presión, ya sea utilizándolo directamente o por depresión. Debe considerarse que el desplazamiento de la corredora solo es posible si se desaloja el aire del lado opuesto.

Existe un caso especial como son las válvulas con accionamiento neumático en ambos lados, pero que emplean el principio de presión diferencial. Esto es, las secciones de la corredora que al aire empuja son diferentes en cada lado, por lo que existe una mayor fuerza en un sentido que en otro.

Si la válvula conmuta con un impulso de presión se llama pilotaje positivo o si el cambio lo hace por una reducción de presión recibe el nombre pilotaje negativo.

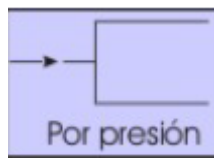


Figura II-10: Accionamiento neumático.

Fuente: <http://quantum.cucei.udg.mx/~gramirez/menus/elementos/valvulas.html>

Accionamiento eléctrico.

En estos casos se utiliza generalmente un electroimán o conocido como solenoide, el cual es el encargado de proporcionar la fuerza necesaria para conmutar el estado interno de la válvula.

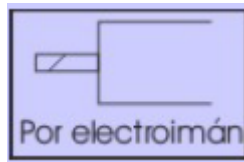


Figura II-11: Accionamiento eléctrico.

Fuente: <http://quantum.cucei.udg.mx/~gramirez/menus/elementos/valvulas.html>

REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE VÁLVULAS.

Para realizar un circuito neumático es necesario conocer el símbolo de las válvulas y como se debe interpretar su funcionamiento. Para identificar la función que cumple cada válvula es necesario seguir los siguientes pasos:

- a. Las válvulas se representan con cuadrados.

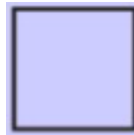


Figura II-12: Representación de válvulas en cuadros.

Fuente: Los Autores.

- b. El número de cuadros, especifica el número posiciones que tiene la válvula.

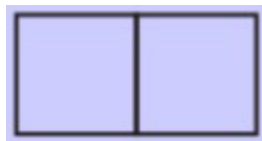


Figura II-13: Cantidad de posiciones.

Fuente: Los Autores.

- c. Las flechas en el interior de los cuadros representan el sentido de circulación del aire a presión.

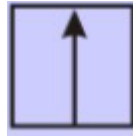


Figura II-14: Representación del sentido del aire.

Fuente: Los Autores.

- d. Las líneas transversales representan que no hay flujo de aire.

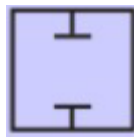


Figura II-15: Representación de corte de flujo de aire.

Fuente: Los Autores.

- e. La unión de las canalizaciones es representada por un punto.

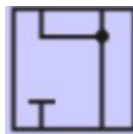


Figura II-16: Unión de canalizaciones.

Fuente: Los Autores.

- f. El cuadro que se grafica a la izquierda representa la siguiente posición que adopta la válvula (al ser accionada) y que coinciden con las conexiones del cuadro de la derecha.

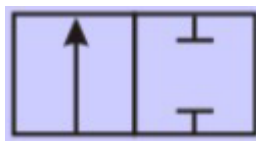


Figura II-17: Válvula de dos posiciones.

Fuente: Los Autores.

g. Las posiciones pueden ser diferenciadas por números o letras.

ORIFICIOS	LETRAS	NÚMEROS
Alimentación de presión.	P	1
Conductos de trabajo.	A, B, C...	2, 4, 6...
Escapes.	R, S, T...	3, 5, 7...
Fuga.	L	9
Tubería o conductos de pilotaje.	Z, Y, X...	12, 14, 16

Tabla II-1: Símbolos de las partes de una válvula.

Fuente: <http://quantum.cucei.udg.mx/~gramirez/menus/elementos/valvulas.html>.

2.5.3. SENSORES.

DEFINICIÓN.

Como sabemos un sensor es un transductor, porque es capaz de transformar una variable de instrumentación a variable eléctrica. Entendiéndose a variable de

instrumentación como: temperatura, presión, distancia, color, etc. En cambio una variable eléctrica es un voltaje, corriente o resistencia.

SIMBOLOGÍA ESTÁNDAR.

La simbología utilizada para los sensores se encuentra en los anexos.

CLASIFICACIÓN DE SENSORES DE ACUERDO A SUS HILOS.

➤ De dos hilos.

Este tipo de sensor tiene dos cables uno de color azul y otro café. Donde el de color azul se debe conectar a la entrada del autómata, mientras que el otro cable se debe conectar a positivo.

➤ De tres hilos.

Para estos sensores los colores de los cables son: café, azul y negro. De igual manera el café se debe conectar al positivo, el azul a negativo de la fuente y el de color negro es la señal que va a la entrada del PLC.

➤ De cuatro hilos.

Los colores de los cables de este tipo de sensores son: café, azul, negro y blanco. Donde el color café se debe conectar a positivo, el azul a negativo de la fuente, el negro que es la señal normalmente abierta va a la entrada del autómata y el

blanco es el contacto cerrado que también puede ser utilizada para la entrada del PLC.

SENSOR CAPACITIVO.

Este sensor permite reconocer objetos de cualquier material sólido o líquido; su funcionamiento se basa en que este transductor crea un campo eléctrico que al ser interrumpido detecta esta variación; por lo que mide el cambio en la capacitancia y que puede ser regulada con un potenciómetro, que se encuentra realimentando al oscilador que tiene en su interior, el tipo de oscilador es RC.



Figura II-18: Imagen sensor capacitivo.

Fuente: Los Autores.

La marca del sensor utilizado en la tesis es SICK, la cual es una marca muy reconocida a nivel industrial debido a la protección y eficiencia que presentan todos los sensores de esta línea. La protección que traen es IP67 como mínima; lo que quiere decir que trae una protección internacional (IP), y el número seis (muy

alta) representa la protección contra el ingreso de elementos sólidos y el siete (alta) quiere decir la protección contra el ingreso de agua.

Características del sensor capacitivo.

- M30 - carcasa cilíndrica.
- Alta protección electromagnética.
- Protección contra corto circuitos.
- Rango de detección ajustable de 4 a 25 mm sin blindaje.
- Posee LED indicador de estado.
- Control de sensibilidad mediante potenciómetro.
- Grado de protección IP 67.
- Frecuencia de conmutación: 50 Hz.
- Salida de conmutación: PNP.
- Conexión eléctrica: 4 hilos.
- Tensión de alimentación: 10 Vcd... 40 Vcd.
- Rizado: $\leq 10\%$.
- La caída de voltaje: $\leq 2,5$ Vcd.
- Consumo de corriente: ≤ 10 mA.
- Tiempo para alcanzar la accesibilidad: ≤ 100 ms.
- Histéresis: 4%... 20%.
- Temperatura ambiente de funcionamiento: -25 °C... 80 °C.

SENSOR MAGNÉTICO.

Tiene una característica peculiar ya que detectan objetos magnéticos como imanes generalmente permanentes. Este tipo de sensor se utilizó para detectar la posición del cilindro neumático ya que en el émbolo posee un imán que puede ser detectado por este sensor.



Figura II-19: Imagen de sensor magnético.

Fuente: Los Autores.

Características del sensor magnético.

Modelo:	Cs1-s
Voltaje de funcionamiento:	DC/5-240Vca.
Corriente de funcionamiento:	100mA.
Longitud del cable:	2m.
Peso:	24g.
Color:	Negro.

Tabla II-2. Características del sensor magnético.

Fuente: Los Autores.

SENSOR INDUCTIVO.

Este transductor sirve para detectar materiales metálicos ferrosos y son de gran utilización en el campo industrial, ya que permiten verificar la presencia o ausencia

de metales. Se decidió comprar de la marca SICK ya que proporcionan una precisión y fiabilidad óptimas gracias al uso de la tecnología ASIC más moderna.



Figura II-20: Imagen de sensor inductivo.

Fuente: Los Autores.

SENSOR MONOCROMÁTICO.



Figura II-21: Imagen de sensor cromático.

Fuente: Los Autores.

Este tipo de sensor tiene un parecido con los sensores instalados en los robots seguidores de línea, ya que tienen el mismo funcionamiento; poseen un diodo

emisor y un diodo receptor para detectar si la pieza es negra o no negra; además tiene un potenciómetro para calibrar la distancia a la que va a detectar.

Al igual que los anteriores sensores es de tipo industrial y su señal de salida es digital entregando un uno lógico o 24Vcd cuando el objeto no es negro, pero cuando la pieza es negra manda 0V que representa un cero lógico.

También posee una seguridad internacional para trabajar en ambientes hostiles sin verse muy afectado, vienen con la normativa IP67. Todo sensor del tipo industrial debe tener mínimo estas características de seguridad o protecciones.

SENSOR ULTRASÓNICO PING PARALLAX.

Este sensor emite una frecuencia de sonido, que cuando choca con algún obstáculo esta onda regresa y es leída por el sensor; se puede medir el tiempo que tarda en retornar la onda, que junto con la velocidad del sonido de 343 m/s, se puede determinar la distancia del objeto al sensor.

La ventaja de este sensor es que puede medir una distancia de hasta tres metros y tiene un solo pin por donde se emite la onda y se lee por ahí mismo; por esta razón posee tres pines: dos para alimentación y el tercero para enviar la señal .

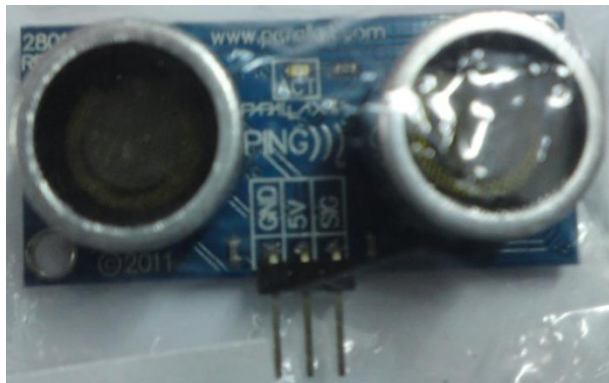


Figura II-22: Imagen de sensor ultrasónico.

Fuente: Los Autores.

Existen varios sensores con estas características como el HSR04, HSR05, etc. El utilizado para la tesis es conocido como sensor ultrasónico Ping de Parallax.

Especificaciones técnicas:

- Rango de medición: 2 cm a 3 metros.
- Tensión de alimentación: 5V (Min: 4.5V, Max: 6V).
- Consumo: 30 mA típico, (35 mA máx.).
- Interfaz: 3 pines (Vcd, GND, SIGNAL).
- Comunicación "pulse in / pulse out".
- LED indicador de medición en curso.
- Pulso TTL, mínimo 2 μ s (5 μ s típico).
- Pulso echo: Pulso TTL positivo, 115 μ s a 18.5 ms.
- Tamaño: 22 mm x 46 mm x 16 mm.

2.5.4. ARDUINO MEGA 2560 R3.

Es una placa de microcontrolador basada en el ATMEGA 1280. Tiene 54 entradas/salidas digitales (de las cuales 14 proporcionan salida PWM), 16 entradas digitales, 4 UARTS (puertos serie por hardware), un cristal oscilador de 16MHz, conexión USB, conector ICSP y un botón de Reset.

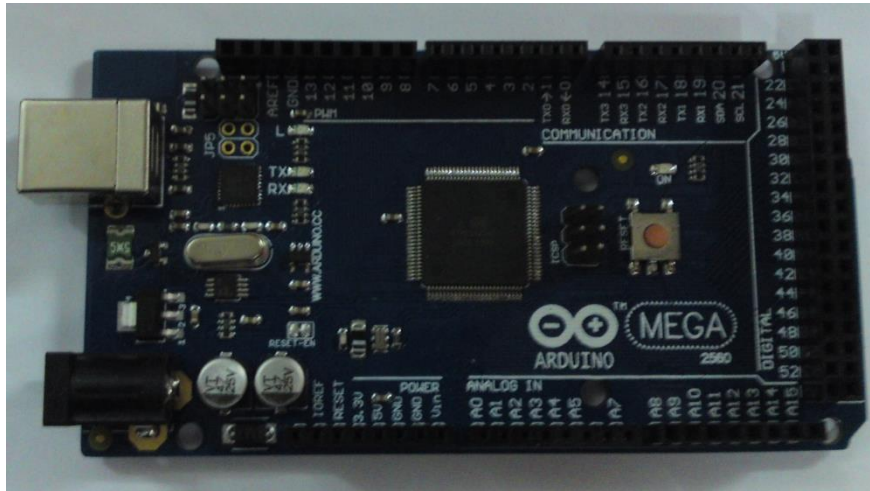


Figura II-23: Arduino Mega 2560 R3.

Fuente: Los Autores.

Se puede conectar al ordenador con el cable USB o alimentarlo con un transformador o batería de 12Vcd. El Arduino Mega es compatible con todos los Shield diseñados para el Arduino uno.

CARACTERÍSTICAS:

- Microcontrolador ATmega1280.
- Voltaje de funcionamiento 5Vcd.

- Voltaje de entrada (recomendado) 7-12Vcd.
- Voltaje de entrada (limite) 6-20Vcd.
- Pines E/S digitales 54 (14 proporcionan salida PWM).
- Pines de entrada analógica 16.
- Intensidad por pin 40 mA.
- Intensidad en pin 3.3Vcd (50 mA).
- Memoria Flash 128 KB de las cuales 4 KB las usa el gestor de arranque (bootloader).
- SRAM 8 KB.
- EEPROM 4 KB.
- Velocidad de reloj 16 MHz.

PROTECCIONES DE LA PLACA ARDUINO MEGA.

El Arduino Mega tiene un multifusible reinicializable que protege la conexión USB de tu ordenador de cortocircuitos y sobretensiones. A parte que la mayoría de ordenadores proporcionan su propia protección interna, el fusible proporciona una capa extra de protección. Si más de 500mA son detectados en el puerto USB, el fusible automáticamente corta la conexión hasta que el cortocircuito o la sobretensión desaparecen.

2.5.5. SHIELD ETHERNET.

Permite a una placa Arduino conectarse a internet. Está basada en el chip Ethernet Wiznet W5100. El Wiznet W5100 provee de una pila de red IP capaz de

TCP y UDP. Soporta hasta cuatro conexiones de sockets simultáneas. Usa la librería Ethernet para escribir programas que se conecten a internet usando la Shield.

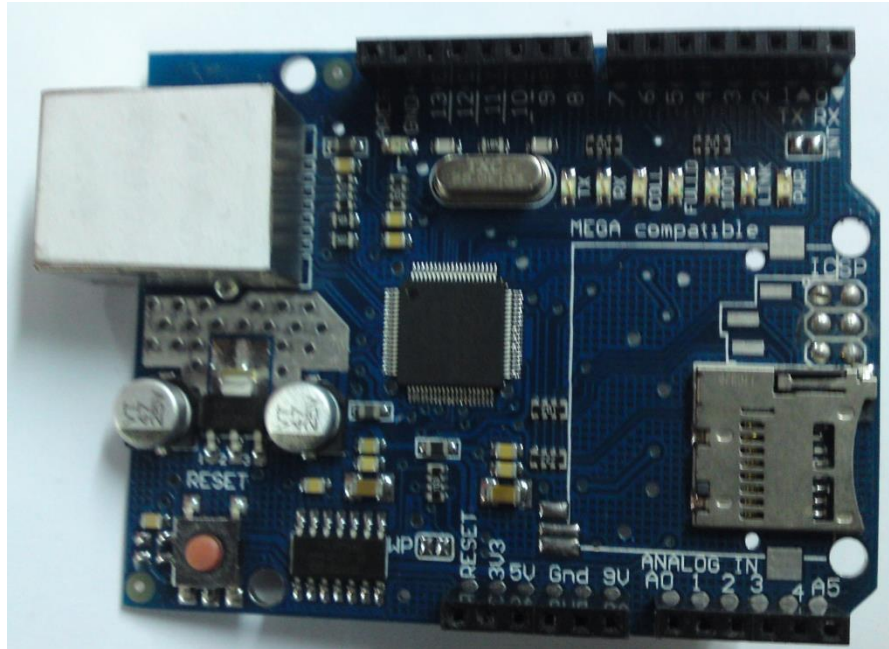


Figura II-24: Shield Ethernet para Arduino Mega.

Fuente: Los Autores.

La Ethernet Shield dispone de unos conectores que permiten conectar a su vez otras placas encima y apilarlas sobre la placa Arduino.

Arduino usa los pines digitales 10, 11, 12, y 13 (SPI) para comunicarse con el W5100 en la placa; estos pines no pueden ser usados para E/S genéricas. La Shield provee un conector Ethernet estándar RJ45.

El botón de Reset en la Shield resetea ambos, el W5100 y la placa Arduino. La Shield contiene un número de Leds para información:

- **PWR:** indica que la placa y la Shield están alimentadas.
- **LINK:** indica la presencia de un enlace de red y parpadea cuando la Shield envía o recibe datos.
- **FULLD:** indica que la conexión de red es full dúplex.
- **100M:** indica la presencia de una conexión de red de 100 Mb/s (de forma opuesta a una de 10Mb/s).
- **RX:** parpadea cuando la Shield recibe datos.
- **TX:** parpadea cuando la Shield envía datos.
- **COLL:** parpadea cuando se detectan colisiones en la red.

El jumper soldado marcado como "INT" puede ser conectado para permitir a la placa Arduino recibir notificaciones de eventos por interrupción desde el W5100, pero esto no está soportado por la librería Ethernet. El jumper conecta el pin INT del W5100 al pin digital 2 de Arduino. El slot SD en la Shield no está soportado por el software Arduino.

2.6. SISTEMAS SCADA.

2.6.1. INTRODUCCIÓN INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA.

La interacción del hombre con las máquinas que se encuentran bajo su responsabilidad es muy importante dentro de la ejecución de los procesos productivos en la industria, en la actualidad este tipo de interfaces se las realizan a través de medios computacionales, permitiendo al usuario u operador tener el control y supervisión de los diferentes sistemas, además brinda la posibilidad de interactuar con varios procesos implementados en una fábrica.

Una adecuada interfaz hombre – máquina (en adelante HMI) tiene como uno de sus principales objetivos obtener el estado del proceso de un solo vistazo. Se persigue entonces:

- Asegurar que el operador o persona responsable de determinado proceso comprenda de manera rápida y precisa la situación que se representa en la pantalla de un ordenador.
- Permitir al operador evaluar la situación en un determinado tiempo y crear condiciones que permitan la toma de decisiones correctas de manera oportuna que aseguren la finalización del proceso de manera óptima.

- La utilización de los diferentes equipos debe ser de una forma segura y efectiva.
- Se debe garantizar la confiabilidad del HMI al máximo, ya que de este depende la ejecución sistemática de los procesos involucrados en la producción de un bien o producto.
- Permitir de manera fácil la interacción del operador o usuario con los diferentes actuadores implementados en la planta, utilizados para llevar a cabo las actividades de manufactura.

2.6.2. DEFINICIÓN DE UN SISTEMA SCADA.

SCADA es el acrónimo de las palabras en inglés Supervisory, Control and Data Acquisition (Supervisión, Control y Adquisición de Datos), este sistema está basado en ordenadores que permiten supervisar y controlar a distancia las diferentes variables que se presentan en los procesos industriales, estas operaciones se las realizan mediante el establecimiento de la comunicación con los varios dispositivos de campo (controladores lógicos programables), y controlando el proceso automáticamente mediante un software especializado.



Figura II-25: Pirámide de Automatización Industrial.

Fuente: http://www.upb.edu.co/portal/page?_pageid=1134,32665677&_dad=portal

El sistema SCADA provee toda la información necesaria que se genera durante el proceso productivo a los diversos departamentos involucrados dentro del proceso de producción (control de calidad, departamento de mantenimiento, control de producción, bodega, gerencia etc.). Según la pirámide de automatización se genera información de utilidad que puede ser comunicada entre los diferentes usuarios del mismo nivel, así como con otros usuarios de niveles superiores dentro de la misma empresa.

2.6.3. ESQUEMA Y COMPONENTES DE UN SISTEMA SCADA.

El sistema SCADA consta de componentes que aportan funciones específicas tales como:

- Control del sistema.
- Monitoreo y visualización del proceso.
- Recopilación de datos.

Para llevar a cabo todas sus funciones, por lo cual su implementación dentro de la industria es bien acogida, el sistema SCADA se encuentra conformado por dos grandes grupos: Hardware y Software.

Hardware de los sistemas SCADA.

La estructura que permite que un sistema SCADA realice la operación de recopilar la información del proceso en ejecución desde un PLC, y que a su vez estos datos sean enviados a una unidad central (PC) por medio de algún tipo de sistema de comunicación, en donde sea posible la visualización del proceso que se lleva a cabo a través de un HMI está formado por las siguientes partes:

1. UNIDAD CENTRAL DE PROCESAMIENTO (MTU).
2. UNIDAD REMOTA DE PROCESAMIENTO (RTU).
3. SISTEMA DE COMUNICACIÓN.

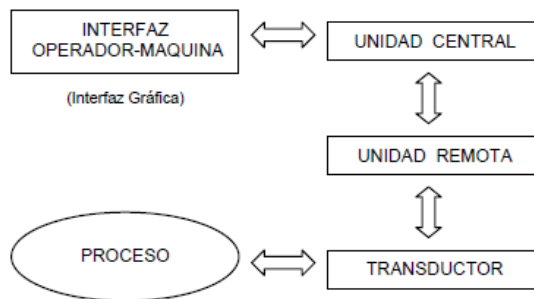


Figura II-26: Esquema básico de un sistema SCADA.

Fuente:<http://antisecc-security.blogspot.com/2012/10/sistemas-scada-parte-i-bueno-antes-de.html>

UNIDAD CENTRAL DE PROCESAMIENTO (MTU).- encargada de centralizar el control del sistema, puede estar conformada por uno o varios ordenadores dependiendo de la aplicación o del sistema, teniendo como responsabilidad la comunicación entre la unidad remota de control y los diferentes dispositivos de campo.

Entre las principales funciones que posee la MTU citamos las siguientes:

- Configuración del entorno de trabajo del SCADA permitiendo una mejor adaptación a la realidad de la aplicación en ejecución.
- Visualización de datos y estados del proceso mediante la utilización de diagramas mímicos (pulsadores, botones, leds, mensajes de texto, flechas,

etc.) facilitando de esta manera la interpretación de la información al operador o usuario.

- Monitoreo de variables de gran importancia dentro del proceso productivo, de las cuales depende la correcta ejecución de la operación, mediante la emisión de alarmas visuales de fácil comprensión e identificación.
- Control y mando del proceso mediante programación según varias necesidades de la aplicación.
- Gestión y almacenamiento de los datos recopilados durante el proceso.

UNIDAD REMOTA DE PROCESAMIENTO (RTU).- son sistemas con características como la robustez, que les brinda la posibilidad de trabajar en ambientes agresivos y hostiles, incluso en malas condiciones eléctricas, con variaciones de tensión, transitorios de red, interferencias electromagnéticas, y demás intromisiones que puedan afectar al correcto funcionamiento de estos dispositivos de control, entre los cuales tenemos al PLC.

SISTEMA DE COMUNICACIONES.- la forma en que la información será transmitida y recibida por parte del sistema SCADA, el medio físico o inalámbrico por el cual se realiza el transporte de los datos, y el lenguaje que se utilice

formarán parte del sistema de comunicaciones. Los servidores de datos interrogan de manera periódica a los diversos dispositivos de campo, registrando todo el tiempo cambio de valores en las variables del proceso y modificando las variables de control ingresadas por el operador desde el panel de control.

Las comunicaciones dentro de un sistema de control deben establecerse mediante un protocolo de comunicaciones estandarizado para evitar así la incompatibilidad con los diversos dispositivos, esto puede representar una ventaja al momento de la ampliación del sistema al tener la posibilidad de ser integrado con cualquier otro sistema estándar.

Software de los sistemas SCADA.

El software necesario para el desarrollo e implementación del sistema SCADA, deberá estar instalado en el ordenador, el cual se comportará como una MTU, y será el encargado de las comunicaciones entre los niveles inferiores (dispositivos de campo) y superiores (unidades de gestión de datos) dentro de la pirámide de automatización.

Una de las capacidades fundamentales que deberá tener este software es la posibilidad de manejar diferentes protocolos de comunicación ya que dentro de la red se podría tener diferentes dispositivos que probablemente se comuniquen en distintos lenguajes.

En el programa de desarrollo SCADA se tienen bien identificados dos partes, el programa de desarrollo y el programa Run-Time.

- El programa de desarrollo es en donde se realizará la programación de la aplicación: el diseño de las pantallas que serán visualizadas por los usuarios del HMI, la sentencias utilizadas para la visualización de alarmas, la posibilidad de cambiar de modo de control (de manual a automático y viceversa), etc. En esta parte el desarrollador de la aplicación tendrá la posibilidad de efectuar las modificaciones que crea conveniente según las necesidades que se presenten a la hora de implementar la interfaz gráfica.
- En el programa Run-Time será en donde se ejecutará la programación creada con el programa de desarrollo para interfaces gráficas.

2.6.4. OPC.

OLE para el control de procesos, también conocido como OPC, es una herramienta creada por varias compañías especializadas en el desarrollo de sistemas para el control de procesos que conjuntamente con Microsoft han desarrollado un sistema de comunicación estándar que tiene como objetivo resolver los problemas de compatibilidad de los diferentes dispositivos de automatización existentes en el mercado.

El estándar OPC permite el intercambio de información en tiempo real, lo cual posibilita la utilización de estos datos actualizados en la visualización del estado de los procesos productivos dentro de la aplicación para clientes de PC que cuentan con sistemas operativos de Microsoft como es el caso de Windows 8 en el cual se realizó el HMI para el proyecto de tesis que se describe en el presente documento.

- **OPC Server.-** esta es una aplicación que permite la adquisición de datos de los diferentes dispositivos de campo, estos datos son utilizados por varias aplicaciones que requieren esta información actualizada para realizar consultas y revisiones.
- **OPC Client.-** esta aplicación utiliza los datos adquiridos en la ejecución de cualquier proceso por parte del servidor OPC que se comunique indistintamente del lenguaje que maneje, ya que los clientes OPC se comunican directamente con el servidor OPC para conocer el estado de las variables que cada aplicación utiliza en las diferentes operaciones programadas por el desarrollador del sistema, siempre y cuando el servidor y el cliente manejen el mismo lenguaje.

2.6.5. APLICACIONES DE LOS SISTEMAS SCADA.

Un sistema SCADA es una herramienta encaminada a proporcionar información lo más clara, oportuna, precisa, actualizada y segura tanto como le sea posible, a continuación se describen algunas de las más importantes aplicaciones y prestaciones para las cuales se diseñan e implementan estos sistemas en el campo industrial:

1. Permiten el monitoreo del estado de los diversos procesos involucrados en la producción en tiempo real.
2. Se puede realizar la supervisión de las diversas variables existentes en los diferentes procesos de una planta industrial, permitiendo tomar decisiones en los cambios del proceso para evitar la presencia en todo momento de un supervisor, optimizando de manera eficaz los procesos de producción.
3. Posibilidad de habilitar el mando manual o automático de una determinada estación para poder operar determinados actuadores del proceso de manera remota, o permitir la modificación de parámetros desde la pantalla de un ordenador.

4. El lenguaje de programación es de alto nivel por lo que podemos realizar todo tipo de operaciones (lógicas, aritméticas, de comparación, etc.) para optimizar de esta manera las utilidades del sistema.

2.6.6. OBJETIVOS DE LOS SISTEMAS SCADA.

Entre los principales objetivos de los sistemas SCADA podemos mencionar los siguientes:

1. Evitar pérdidas innecesarias de tiempo al realizar revisiones físicas de parámetros que sumado a todo esto implica un gasto de dinero en operaciones.
2. Maximizar en lo posible el proceso de producción en cuanto al control y supervisión de parámetros con la incorporación de variables que permitan tomar decisiones de manera óptima precautelando mantener estable la productividad.
3. Lograr tener a disposición de manera ágil, oportuna y actualizada la información del proceso, para que los diferentes usuarios de los diversos departamentos tengan a la mano todos los datos de su interés ayudando a optimizar y convertir en efectivas las operaciones de la industria.

4. Incrementar la productividad de cada una de las estaciones encargadas de un proceso específico al realizar informes o reportes estadísticos, gráficos, tablas, etc.
5. Facilidad en el cambio o modificación del sistema de visualización, puesto que para realizar esta acción no se necesita ningún cambio de hardware para el incremento o disminución de gráficos, variables en la pantalla del ordenador.

2.6.7. VENTAJAS DE LOS SISTEMAS SCADA.

Entre las varias ventajas que presenta un sistema automatizado conjuntamente con la implementación de un SCADA tenemos las siguientes:

1. Los autómatas presentan flexibilidad en el control de los procesos porque permiten la ampliación del sistema según las necesidades.
2. Los sensores y actuadores dentro de un sistema automatizado poseen un alto porcentaje de compatibilidad, lo que hace posible la adquisición y manejo de datos de una manera ágil y eficaz.
3. Los ambientes con condiciones adversas y agresivas en los que operan los autómatas programables, no son excusa para presentar fallos en su

funcionamiento, ya que estos dispositivos están diseñados para ser robustos y confiables en este tipo de sistemas.

4. Los datos adquiridos del proceso pueden ser documentados para facilitar a los operarios la interpretación de esta información, y además con la ayuda del manual de operación de determinada estación de trabajo se puede llegar a tener una idea clara del funcionamiento del sistema en general.
5. Los sistemas de comunicación que se utilizan son estandarizados, por lo que se tiene como característica una posible integración de los diferentes procesos involucrados en la producción.

2.6.8. SOFTWARE PARA DESARROLLO DE INTERFAZ GRÁFICA LOOKOUT.

Lookout es una interface de operador (HMI o interfaz humano máquina) poderoso pero al mismo tiempo fácil de usar y un paquete de software de supervisión de control y de adquisición de datos (SCADA) para automatización industrial.



Figura II-27: Logotipo del software LOOKOUT de National Instruments.

Fuente: http://www.sagedesignsinc.com/products/SCADA_software/lookout.htm

Lookout se utiliza para que un usuario opere un determinado proceso desde la comodidad de su ordenador o computadora personal (PC) que puede estar conectada a uno o varios PLC's siendo estos dispositivos de campo los que realmente ponen en marcha los procesos de producción, las conexiones también se pueden realizar entre: su ordenador y varios transductores de entrada, entre su PC y otros dispositivos informáticos.

Este programa brinda varias funciones, entre las cuales destacamos las siguientes:

- Comandos para el encendido y apagado de actuadores desde el interfaz del ordenador.
- Visualización y programación de alarmas de los diferentes procesos dentro de los sistemas de control.
- Recopilación de datos y visualización de valores.
- Supervisión de las operaciones por parte de usuarios con diversos niveles de autorización.
- Registro de datos históricos mediante la utilización de gráficos, mejorando la interpretación de este tipo de información.
- Recolección de datos para archivo y posibilitando el historial de procesos.

Los proyectos típicos que se realizan en Lookout incluyen supervisión y control de procesos continuos, fabricación discreta, aplicaciones en plantas industriales y sistemas remotos de telemetría.

Lookout funciona con el sistema operativo Windows8 y se comunica con entradas y salidas de campo, como los controladores lógicos programables (PLC's) o unidades terminales remotas (RTU's).

Lookout se compone de objetos con sus miembros de datos y parámetros, conexiones entre los objetos y servicios, este software permite configurar los objetos y eventos de las diferentes aplicaciones sin requerir ninguna programación. En vez de eso, usted usa Lookout para crear representaciones gráficas reales tales como: interruptores, registros, botones, perillas, potenciómetros, medidores y después le permite conectar sus imágenes a aparatos utilizados en los diversos procesos de producción como PLC's o RTU's conectados físicamente a un equipo que ejecuta Lookout.

Para desarrollar un proceso de Lookout, se debe crear, configurar y conectar objetos, además Lookout es completamente orientado a eventos, cada objeto permanece inactivo hasta que se produce un evento.

Se puede definir un evento como un cambio de estado en un objeto producido por señal de entrada, y el mismo procesa el valor. Y cuando el resultado del

procesamiento del objeto cambia, envía señales. De esta manera, un evento se propaga a través de su sistema, creando una reacción en cadena que afecta sólo a los objetos que necesitan ser involucrados.

Definición y características de los Objetos en Lookout.

El objeto es una unidad de información que utiliza el software para identificar el estado del proceso, además el programador de la interfaz utiliza estos datos en el diseño del HMI con la finalidad de cumplir con algún tipo de operación específica dentro de la aplicación o sistema de control.

Un objeto puede ser utilizado para cumplir diferentes funciones dentro de una aplicación, dependiendo de los parámetros que maneja, además se debe tomar en cuenta las propiedades que definen y configuran el objeto, así como los miembros de datos, los cuales actúan como entradas y salidas, estos elementos pueden utilizarse en la implementación de una base de datos para la supervisión del proceso de control.

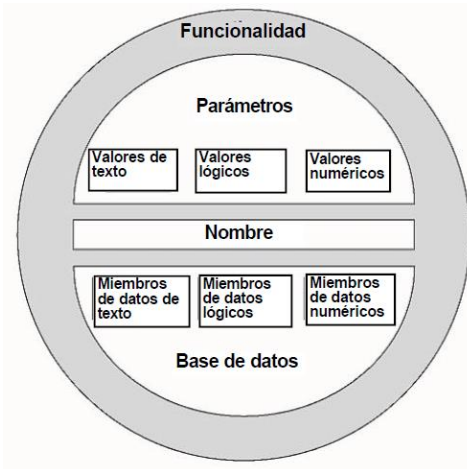


Figura II-28: Miembros de datos, parámetros y funcionalidad.

Fuente: Manual de como comenzar en Lookout.

Los *parámetros* definen los límites de la funcionalidad del objeto. Por ejemplo, los parámetros definen los valores mínimos y máximos de algún tipo de dispositivo real, así como el tamaño del intervalo más pequeño de configuración.

Los *miembros de datos* del objeto contienen información sobre el estado actual del objeto, tal como el valor, si el control es visible para el operador o que no se lo pueda visualizar desde el panel de control, etc.

Parámetros de objetos:

Los parámetros de un objeto definen sus características. Lookout usa parámetros de objetos para completar la definición de la funcionalidad del objeto. Por ejemplo, **Data Rate** (frecuencia de datos), **Parity bits** (bits de paridad), y **STOP bits** (Bits de parada)

son algunos de los parámetros que definen cómo trabaja un objeto de Modbus. Otros ejemplos incluyen **Control security level** (nivel de seguridad del control) de un objeto interruptor; **Minimum** (Mínimo), **Maximum** (máximo), y **Resolution** (resolución) de un objeto potenciómetro y **Data** (datos) de un objeto Average (promedio) (3).

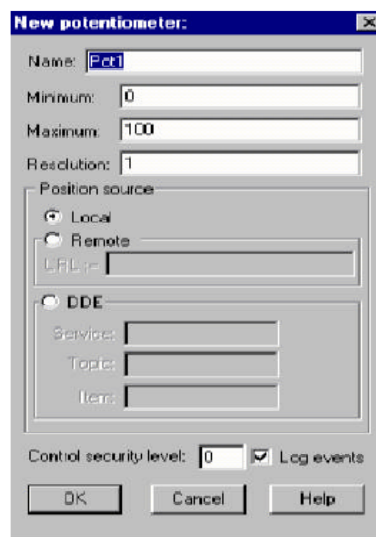


Figura II-29: Cuadro de parámetros del objeto potenciómetro.

Fuente: Manual de como comenzar en Lookout.

(3) <https://www.automationdirect.com/static/manuals/lkdgsgmsp/lkdgsgmsp.pdf>

Miembros de datos y base de datos de objetos.

Cada objeto tiene su propia base de datos incorporada. Las partes individuales de esta base de datos autónoma se llaman los miembros de datos. Algunas clases de objetos tienen una base de datos muy limitada, mientras que otras tienen bases de datos extensas. La base de datos de un objeto que representa un PLC podría tener centenares de miembros de datos; pero una base de datos del objeto Switch (interruptor) tiene solamente seis miembros de datos. Usted no tiene que construir la base de datos; los miembros de datos están automáticamente disponibles cuando usted crea el objeto. En el caso de un Switch (interruptor), el valor implícito del objeto es una parte de la base de datos autónoma. Los miembros de datos pueden ya sea generar (escribir) señales, recibir (leer) señales, o hacer ambas acciones (4).

(4) <https://www.automationdirect.com/static/manuals/lkdgsgmsp/lkdgsgmsp.pdf>

Miembros de datos.	Tipo.	Leer.	Escribir.	Descripción.
(implícito)	lógico	si	no	Estado del switch.
Permiso (Enable)	lógico	no	si	Si es TRUE (por defecto), permite DDE. Si es FALSO, DDE se desactiva. El valor original de fábrica es ON. Esta entrada no hace caso para objetos de switch que no sean DDE
Reset	lógico	no	si	Mientras este valor sea igual a TRUE, el control será colocado en el valor de <i>resetvalue</i> .
resetvalue	numérico	si	si	Configura el valor que un control tomará cuando el miembro de datos de <i>reset</i> haga la transición de FALSO a TRUE.
value	numérico	si	si	El valor actual del control. Si usted tiene este control remotamente, <i>value</i> es el valor corriente del estado de la fuente.
visible	lógico	no	si	Cuando es FALSO, el objeto interruptor no se puede ver en el panel de exhibición. Cuando es TRUE, el interruptor se puede ver y controlar.

Tabla II-3: Miembros de Datos tipo Switch.

Fuente: <https://www.automationdirect.com/static/manuals/lkdgsgmsp/lkdgsgmsp.pdf>

Miembros de datos lógicos.

Los miembros lógicos de datos contienen un valor que representa un estado binario u ON/OFF. Los miembros lógicos de datos son usados típicamente para controlar aparatos que pueden ser activados o

desactivados. El objeto Switch (interruptor) genera una señal lógica que está ON cuando el interruptor está cerrado y OFF cuando el interruptor está abierto. Lookout reconoce las siguientes constantes lógicas como expresiones: constantes lógicas que representan un estado ON: yes, true, on y constantes lógicas que representan un estado OFF: no, false, off (5).

Miembros de datos (implícitos).

Muchas clases de objeto tienen un miembro (implícito) de datos. Este valor implícito puede ser lógico, numérico, o texto, dependiendo de la clase del objeto. Implícito representa lo que considera Lookout es el miembro más comúnmente usado de datos de esa clase de objeto. En muchos casos, es el único miembro de datos de una clase. Al escoger el miembro implícito usted podrá ahorrar tiempo y reducir la cantidad de mecanografía requerida para designar a un miembro de datos (6).

(5) <https://www.automationdirect.com/static/manuals/lkdgsgmsp/lkdgsgmsp.pdf>

(6) <https://www.automationdirect.com/static/manuals/lkdgsgmsp/lkdgsgmsp.pdf>

2.6.9. DESARROLLO DEL HMI PARA LA ESTACIÓN DE VERIFICACIÓN.

Creación de un nuevo Proceso.

1. Abrir el software Lookout 6.6 instalado en la computadora en la que se va a desarrollar la aplicación para el proceso.

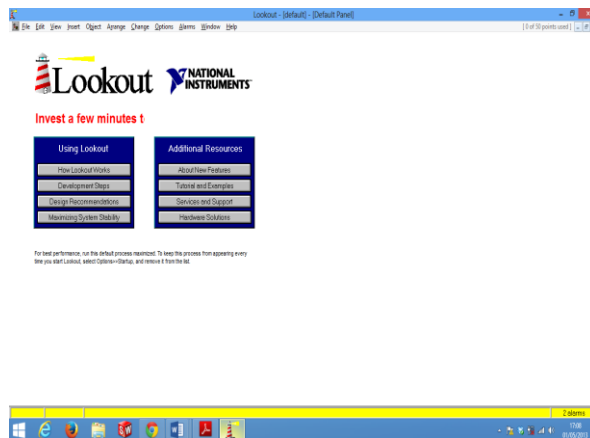


Figura II-30: Pantalla principal del Software Lookout 6.6.

Fuente: Los Autores.

2. Seleccione File > New o las teclas de acceso rápido Ctrl+N, y luego haga clic en OK.

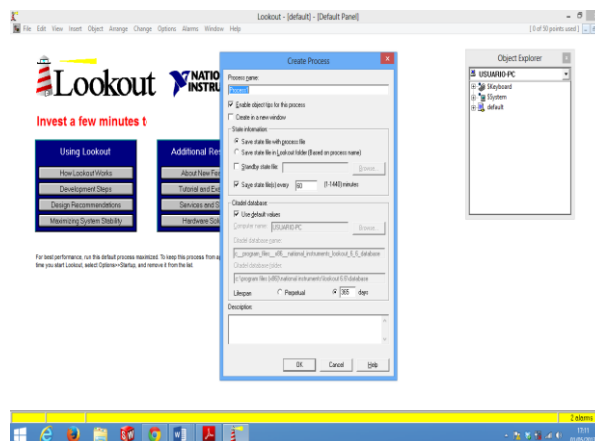


Figura II-31: Pantalla de creación de un nuevo proceso.

Fuente: Los Autores.

En el espacio *Process name* puede ingresar el nombre del proceso que va a desarrollar.

3. Aparece el cuadro *New Control Panel* donde podemos ingresar el nombre, y además permite elegir el color del lienzo en el que se va a trabajar, y luego haga clic en OK.

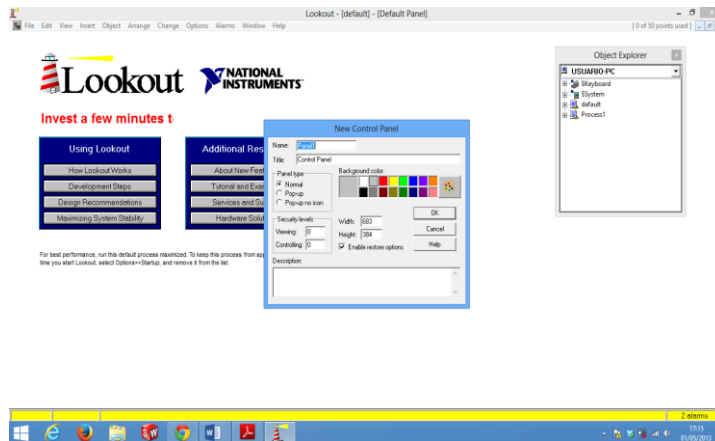


Figura II-32: Pantalla para nombrar el panel de control.

Fuente: Los Autores.

Insertando un objeto (PushButton).

1. Seleccione el proceso en el que se diseñará la aplicación, ubicado en el árbol del explorador (*Object Explorer*), haga clic derecho sobre el nombre del proceso y seleccione *New Object*.

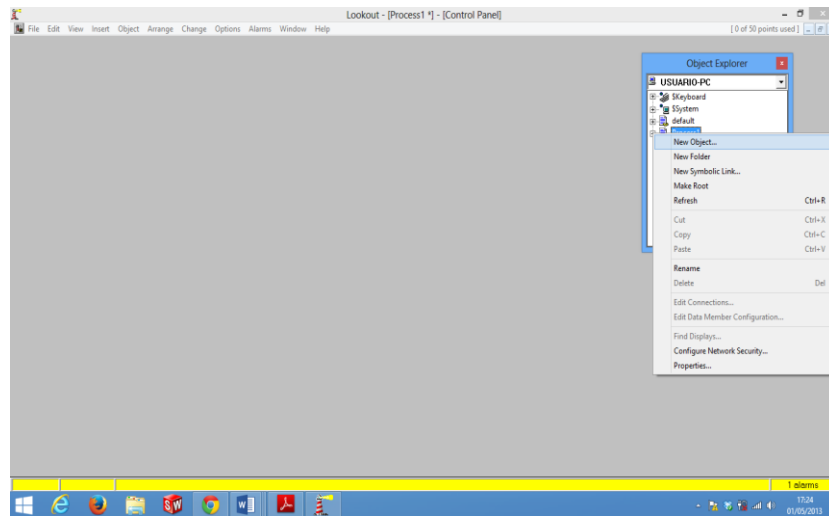


Figura II-33: Árbol del explorador.

Fuente: Los Autores.

2. Aparece un cuadro de diálogo *Select Object*. Si usted desea ver las características o propiedades de un determinado objeto, se debe marcar el objeto, por ejemplo *PushButton*, luego se puede visualizar la información del objeto a la derecha de la ventana *Select Object*, y seleccione OK.

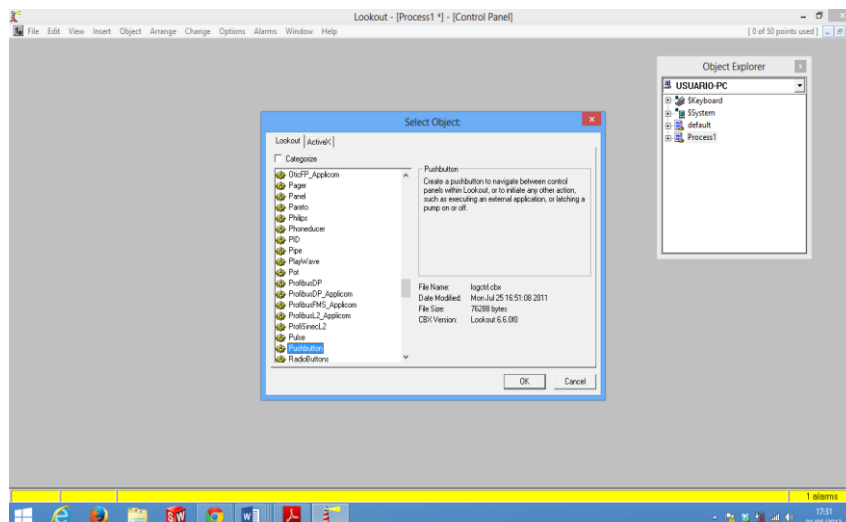


Figura II-34: Creación de un objeto PushButton.

Fuente: Los Autores.

3. Aparece el cuadro de diálogo *Create PushButton*, llene los campos: *Name:* y *Button text:* con el texto que se requiera en el diseño de la aplicación, y puede dejar los campos restantes del cuadro de diálogo sin llenar y a continuación haga clic en *OK*.

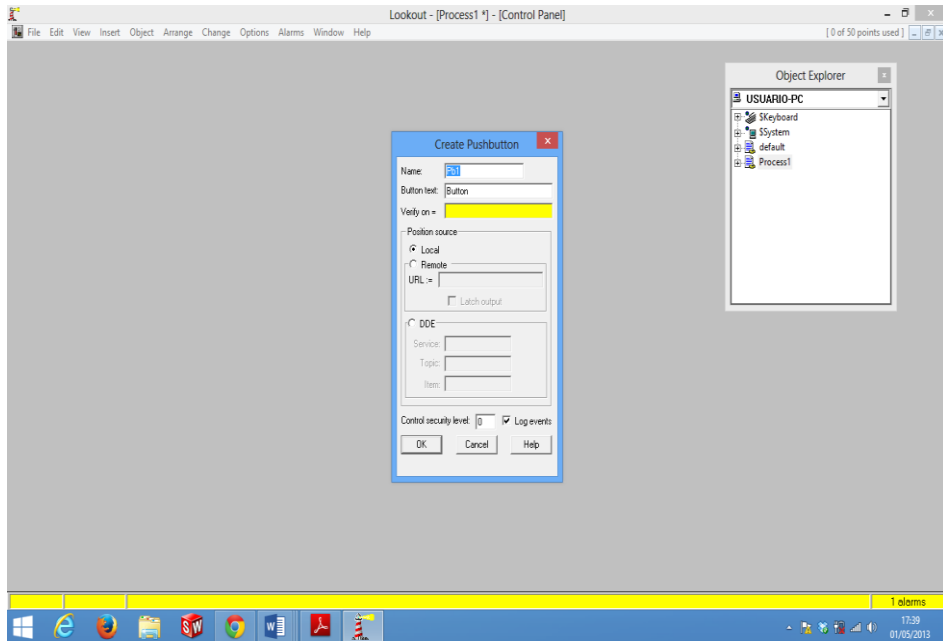


Figura II-35: Campos del objeto PushButton.

Fuente: Los Autores.

4. Seleccione el nuevo objeto PushButton de la ventana *Object Explorer*, para ubicar el botón en el panel principal, arrastre el objeto y suéltelo en su ubicación dentro de la aplicación que se está diseñando.

Aparece un cuadro de diálogo *Display Pushbutton: Pb1* en el cual podemos configurar el color del texto y del botón que se visualizarán en el panel, así como

podemos modificar el estilo del botón (*Button, Transparent*), la fuente y el tamaño del texto. Luego haga clic en *OK*.

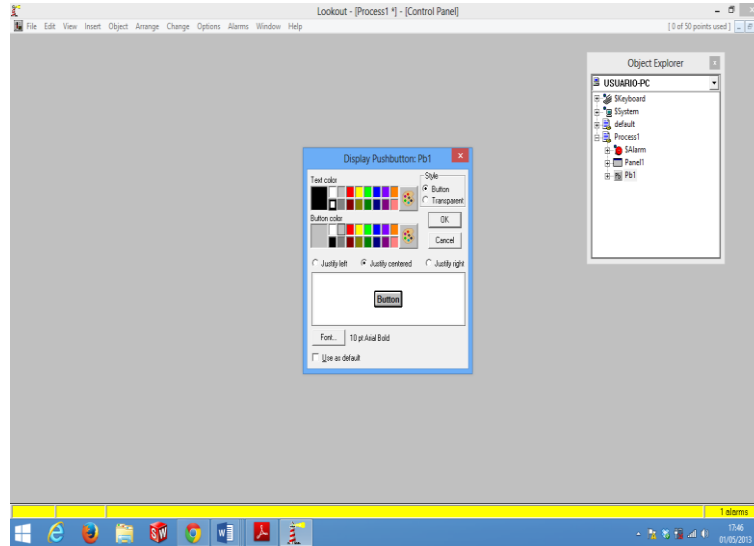


Figura II-36: Propiedades del objeto PushButton.

Fuente: Los Autores.

El nuevo objeto PushButton aparece en el Panel de Control, puede probar el botón nuevo con las teclas de acceso rápido *Ctrl+Space* para salir o entrar del *modo Edit* (modo editor) y luego haga clic con el puntero del mouse sobre botón para activarlo o desactivarlo según la necesidad de la aplicación.

Insertando expresiones en el panel de control.

Lo que se hará a continuación es la visualización del estado de las memorias que se programaron en el PLC TwidoCDA24DRF, estas memorias son utilizadas para la selección de las piezas e identificar entre piezas negras y no negras, así como en el control manual que se lleva a cabo por parte del operador. Para realizar este

procedimiento se insertaron en el panel de control *expresiones*, las cuales se asociaron con la dirección de memoria específica, y para la representación gráfica de la memoria (activa o desactivada) dentro del panel de control se utilizó un led, el mismo que permite observar algún cambio de su estado (ON/OFF), indicando de esta manera la activación o desactivación de la memoria seleccionada se realice correctamente según el requerimiento del usuario, es así que desde el panel de control desarrollado en Lookout se modifica la ejecución del programa cargado en el controlador lógico programable (PLC).

1. Una vez seleccionado el panel de control del proceso en el cual insertará la expresión, haga clic en *Insert>Expression*, ubicado en la barra de menú. Otra opción que tiene son las teclas de acceso rápido *Ctrl+E*. Aparece el cuadro de diálogo *Insert Expression*.

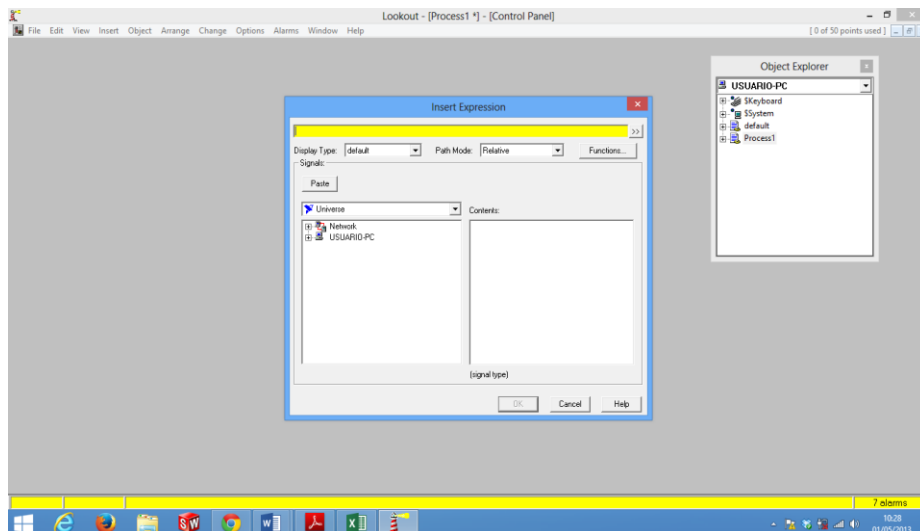


Figura II-37: Creación de una nueva expresión.

Fuente: Los Autores.

2. Si desea desplegar el árbol del directorio lo puede realizar haciendo clic en el símbolo + en el icono de red de su PC ubicado al lado derecho del archivo *Proceso_Estacion_Verificacion* hasta que la lista de objetos en el proceso *Proceso_Estacion_Verificacion* sea revelado y luego seleccione *Modbus_Estacion_Verificacion*.

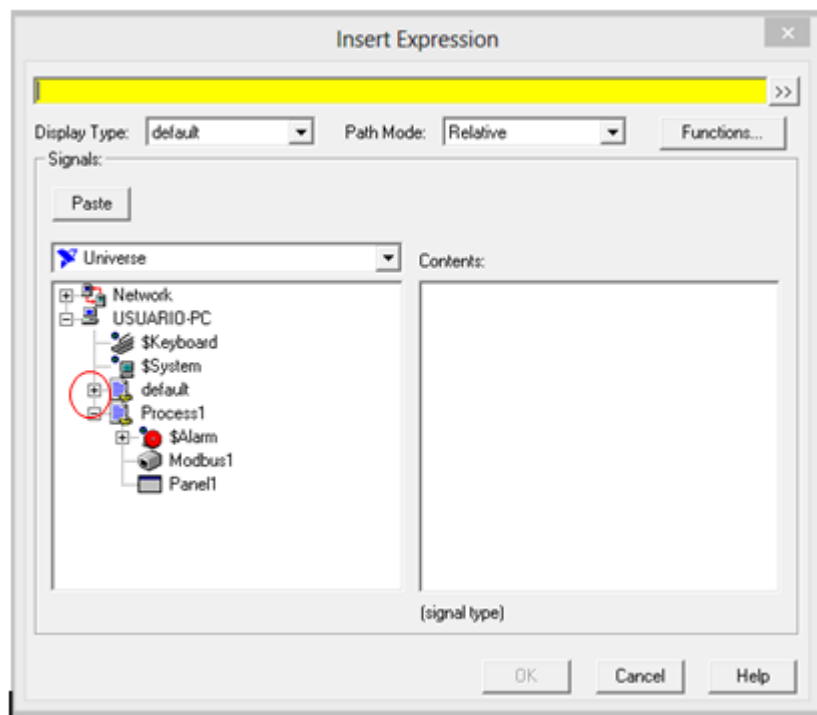


Figura II-38: Cuadro de diálogo Insert Expression.

Fuente: Los Autores.

A continuación usted deberá elegir entre la lista que se despliega en la parte de *Contents:* la dirección de la memoria a la que se va a referir la expresión, además tendrá que tener en claro si se trata de una lectura o escritura de la memoria

(revise la Tabla II-5 Miembros de datos del protocolo Modbus), copie la dirección de memoria en el cuadro amarillo y luego haga clic en *OK*.

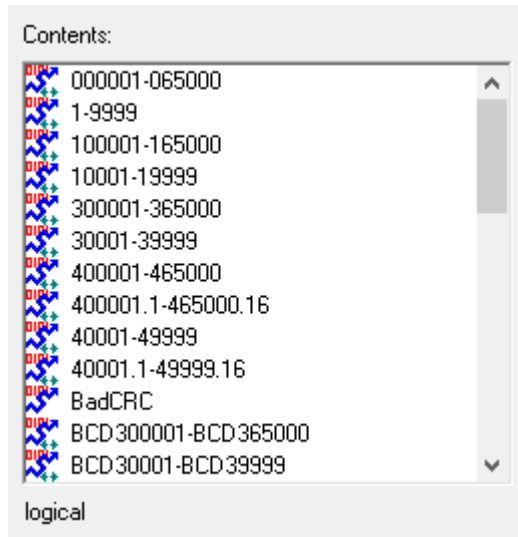


Figura II-39: Cuadro Contents (Miembros de datos de Modbus).

Fuente: Los Autores.

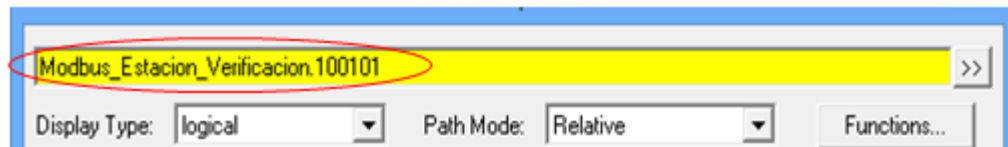


Figura II-40: Dirección de la memoria a la que se refiere la expresión.

Fuente: Los Autores.

3. Aparece el cuadro de diálogo *Display Logical Signal*, seleccione la opción *Standard*, y deje los demás campos de la ventana tal como están, haga clic en *OK*. El gráfico de la expresión aparece automáticamente en el panel de control del proceso.

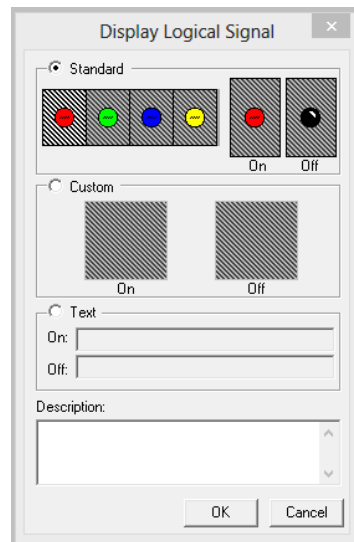


Figura II-41: Cuadro de diálogo *Display Logical Signal*.

Fuente: Autores.

Conectando el PLC TwidoCDA24DRF con el software Lookout mediante el protocolo Modbus.

2.6.10. INTRODUCCIÓN AL PROTOCOLO MODBUS.

El protocolo de comunicaciones industriales MODBUS fue desarrollado en 1979 por la empresa norteamericana MODICON y debido a que es público, relativamente sencillo de implementar y flexible se ha convertido en uno de los protocolos de comunicaciones más populares en sistemas de automatización y control. A parte de que muchos fabricantes utilizan este protocolo en sus dispositivos.

MODBUS especifica el procedimiento que el controlador y el esclavo utilizan para intercambiar datos, el formato de estos datos, y como se tratan los errores. No especifica estrictamente el tipo de red de comunicaciones a utilizar, por lo que se puede implementar sobre redes basadas en Ethernet, RS-485, RS-232, etc.

Creación del enlace entre el PLC y Lookout mediante la creación del objeto Modbus en el Object Explorer.

1. Clic derecho sobre el proceso en el cual implementaremos el protocolo Modbus, elegir *New Object*, en el cuadro de diálogo *Select Object* escoja el objeto *Modbus* y haga clic en *OK*.

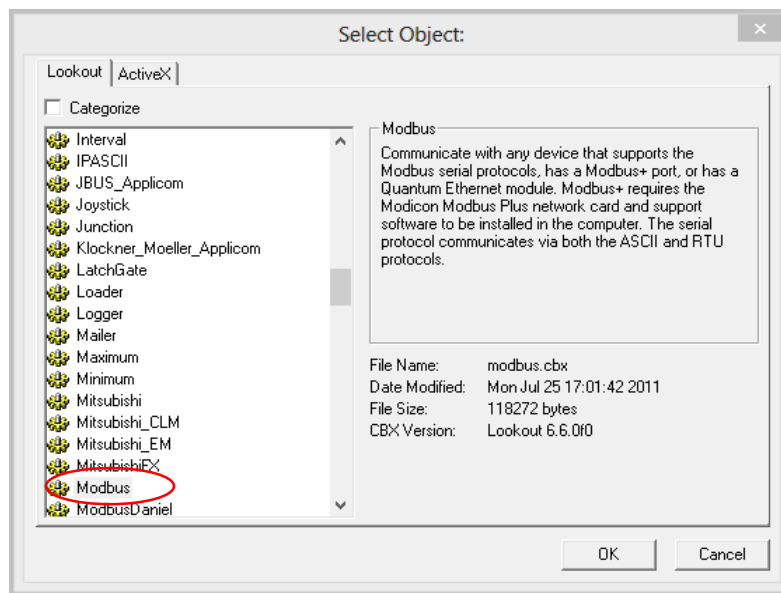


Figura II-42: Creación del objeto Modbus.

Fuente: Los Autores.

Configuración de las características del enlace Modbus.

En la siguiente figura se detallan las configuraciones que se realizaron para lograr la comunicación entre el PLC y el software Lookout en el cual se diseñó el interfaz humano máquina (HMI) para la estación de verificación, permitiendo la supervisión y control del proceso mediante la visualización del estado o cambio de las variables dentro de la aplicación.

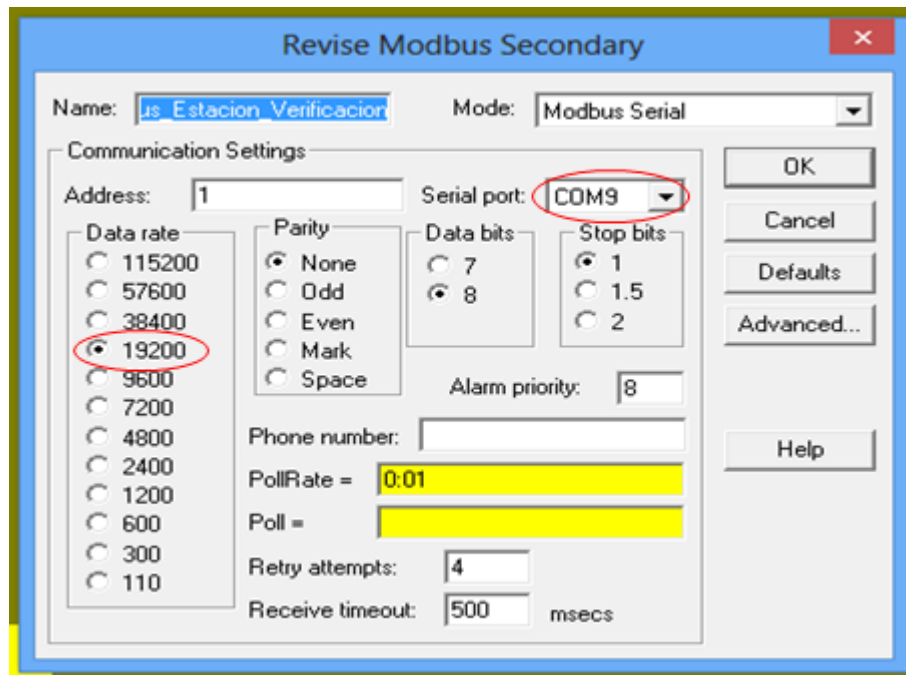


Figura II-43: Configuración de parámetros en el objeto Modbus.

Fuente: Los Autores.

NOMBRE DEL CAMPO.	VALOR O ASIGNACIÓN.
Name:	Modbus_Estacion_Verificacion
Mode:	Modbus Serial
Address:	1
Serial Port:	COM9
Data rate	19200
Parity	None
Data bits	8
Stop bits	1
Alarm Priority	8
Poll rate=	0:01
Retry attempts:	4
Receive timeout:	500 msec

Tabla II-4: Configuraciones en el objeto Modbus.

Fuente: Los Autores.

Luego de haber realizado los cambios respectivos en las propiedades del objeto Modbus, haga clic en *OK*. El nuevo objeto creado aparecerá en el árbol de exploraciones de la ventana *Object Explorer*.

MODBUS (Miembros de datos).				
Miembro de dato.	Tipo.	Lectura.	Escritura.	Descripción.
000001 – 065000	lógico	si	si	Direcciones de 6 dígitos de las bobinas de un solo bit.
1 – 9999	lógico	si	si	Bobinas de un solo bit.
100001 – 165000	lógico	si	no	Direcciones de 6 dígitos de entradas discretas de un solo bit.
10001 – 19999	lógico	si	no	Entradas discretas de un solo bit.
300001 – 365000	numérico	si	no	Direcciones de 6 dígitos de los registros de entrada de 16 bits codificados como enteros binarios sin signo.
30001 – 39999	numérico	si	no	Registros de entrada de 16 bits codificados como enteros binarios sin signo.
400001 – 465000	numérico	si	si	Direcciones de 6 dígitos de los registros de entrada de 16 bits codificados como enteros binarios sin signo.

Tabla II-5: Miembro de datos del protocolo MODBUS.

Fuente: Los Autores.

Tabla II-6: Dirección de memorias utilizadas en el programador TwidoSuite.

DIRECCIONAMIENTO DE LAS MEMORIAS PARA LA VISUALIZACIÓN Y CONTROL DE LAS VARIABLES DESDE LA PANTALLA DEL ORDENADOR (HMI).		
SÍMBOLO.	TWIDO.	LOOKOUT.
ML_INICIO	%M90	000091
ML_PARO	%M91	000092
ML_SUB	%M92	000093
ML_BAJ	%M93	000094
ML_EXP	%M94	000095
ML_RESET	%M95	000096

ML_PNEGRA	%M96	000097
ML_PROJA	%M97	000098
ML_LVERDE	%M98	100099
ML_LROJA	%M99	100100
ML_LPNEGRA	%M100	100101
ML_LPROJA	%M101	100102
ML_VSUB	%M102	100103
ML_VBAJ	%M103	100104
ML_VEXP	%M104	100105
ML_SBAJ	%M120	100121
ML_SARR	%M121	100122
ML_SCAP	%M122	100123
ML_SOPT	%M123	100124
ML_SALT	%M124	100125
ML_SUBIENDO	%M125	100126
ML_BAJANDO	%M126	100127
ML_SMAG	%M127	100128
ML_CPIEZAS	%M128	100129

Tabla II-6: Dirección de memorias utilizadas en el programador TwidoSuite

(Continuación).

Fuente: Los Autores.

Edición de las conexiones del objeto Modbus.

La acción que permite modificar el estado de las variables al presionar un botón desde la pantalla del ordenador y visualizar la ejecución de una cada uno de los pasos necesarios para completar el proceso de la estación de verificación, se realiza a través de la edición de las conexiones del objeto Modbus.

A continuación se indican los pasos a seguir para leer o escribir las memorias utilizadas en la programación del PLC, dependiendo del caso, es importante tener bien clara la acción de lectura o escritura que se va a realizar para el correcto direccionamiento en el software Lookout y no tener errores al momento de ejecutar la aplicación por parte del programador.

1. Encontrar dentro del árbol de exploración el objeto Modbus, y hacer clic derecho sobre el objeto, a continuación se desplegará una pestaña, elegir la opción *Edit Connections*.

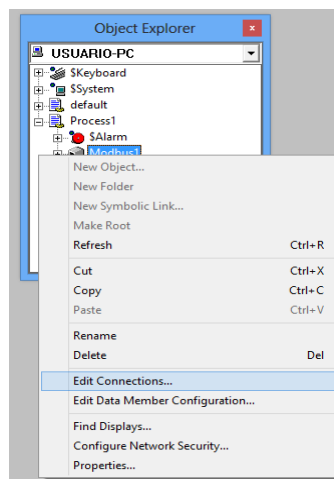


Figura II-44: Edición de las conexiones del objeto Modbus.

Fuente: Los Autores.

2. Aparecerá el cuadro de diálogo *Connections* perteneciente al proceso en desarrollo, dentro del diálogo encontramos el cuadro *Select members*;, el mismo que contiene *Writable members* (tabla de los datos miembros destinados a la escritura) y *Existing connections* (conexiones existentes realizadas por el programador durante el diseño del HMI). En la figura II-46 se muestra la conexión realizada para el botón inicio (PBINICIO) para lo cual se direccionó la memoria 000091(de lectura y escritura), esta acción se realiza tras elegir en el cuadro *Writable members* las direcciones que empiezan con 000001-065000.

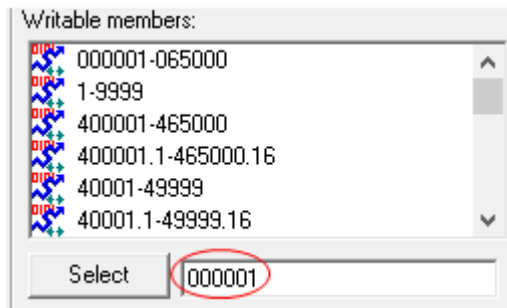


Figura II-45: Direcciones Modbus en Lookout.

Fuente: Los Autores.

Nota: La dirección 000001 debe ser reemplazada por 000091, y luego haga clic en *Select*.

3. Para poder enlazar el cambio de estado del *Pushbutton* (PBINICIO), al momento de presionar con el puntero del mouse desde el panel de control en el Modo Ejecución desde Lookout, debe desplegar el árbol de exploración en el cuadro *Signals*, y seleccionar el objeto *Modbus* que se creó anteriormente,

entonces en ese momento el cuadro *Contents (readable)* cargará diferentes opciones: (implicit), graphic, snapDelay y value.

Para nuestro caso solo necesitamos pegar en el cuadro amarillo el nombre del *Pushbutton* al cual deseamos referirnos, en este caso *PBINICIO*. Luego haga clic en *Accept* para realizar con éxito el enlace y después clic en *Quit* para cerrar la ventana de diálogo.

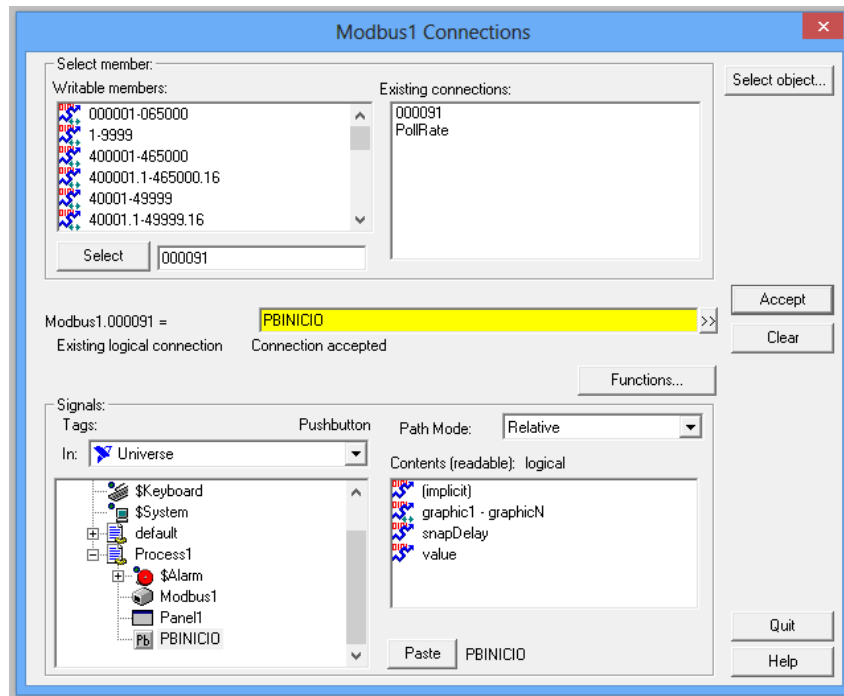


Figura II-46: Enlace mediante Modbus del objeto Pushbutton.

Fuente: Los Autores.

Para verificar que el enlace está correctamente establecido, podemos pasar al Modo Ejecución (*Ctrl+Space*) y presionar el botón *PBINICIO* del panel de control, lo cual activará la memoria específica programada en el controlador y activará la

luz piloto color verde indicando el estado de encendido de la estación de verificación.

Creando una animación en el panel de control (Animator).

El objeto Animador ofrece animación gráfica completa, incluyendo el movimiento horizontal y vertical, cambio de tamaño dinámico, visibilidad y los cambios de color programables. Para crear una animación, las que son muy útiles al momento de visualizar el estado de los sensores, actuadores o luces piloto de la estación de verificación, siga los siguientes pasos:

1. Hacer clic derecho sobre el proceso ubicado en el cuadro de diálogo *Object explorer*, en la ventana que se despliega escoja la opción *New object*, en la siguiente ventana elija *Animator* y luego haga clic en *OK*.

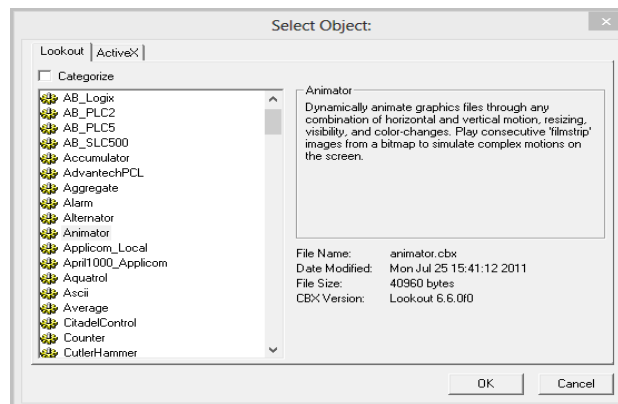


Figura II-47: Creación de una animación.

Fuente: Los Autores.

2. Aparece la ventana *Select Graphic*, donde se puede elegir diferentes gráficas entre las que tenemos: leds, luces piloto, cilindros neumáticos ,tanques,

válvulas, interruptores, tuberías, indicadores luminosos, motores, flechas direccionales, etc. Combinando adecuadamente todos los elementos se puede llegar a construir una muy buena pantalla de visualización para la aplicación.

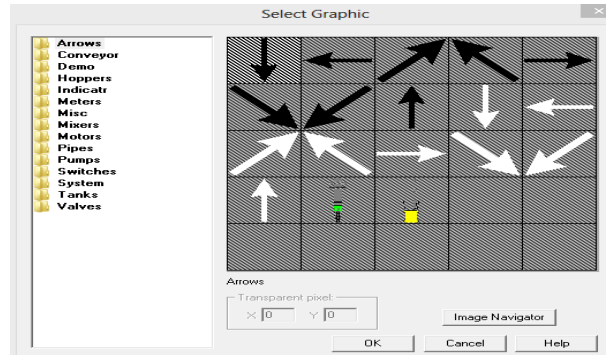


Figura II-48: Selección del tipo de animación.

Fuente: Los Autores.

3. A continuación aparece la ventana *Create Animator Object*, donde se puede establecer las principales características del objeto animación, revise la Tabla II-7.

CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DEL OBJETO ANIMACIÓN (ANIMATOR).		
CAMPO.	TIPO.	DESCRIPCIÓN.
Visible	LogVar, LogCnst or NULL	Gráfico visible o no.
Rows	NumVar or NULL	Filas de tira de película en mapa de bits.
Columns	NumVar or NULL	Columnas de tira de película en mapa de bits.
Cell or Rate	LogCnst or NULL	Tasa de mapa de bits (celdas por segundo = sí, celda actual seleccionada = no).
Cell/Rate	NumCnst, NumVar or NULL	Cualquier tipo de celda(celda por segundo) o celda real que se mostrará.
"If" condition	LogVar, LogCnst or NULL	Condición para el primer tono de color.
"Else if" condition	LogVar, LogCnst or NULL	Segunda condición para el cambio del tono de color.
"Else if" condition	LogVar, LogCnst or NULL	Tercera condición para el cambio del tono de color.
"Else if" condition	LogVar, LogCnst or NULL	Cuarta condición para el cambio del tono de color.
"Else if" condition	LogVar, LogCnst or NULL	Quinta condición para el cambio del tono de color.

Tabla II-7: Características y propiedades del objeto Animación.

Fuente: Los Autores.

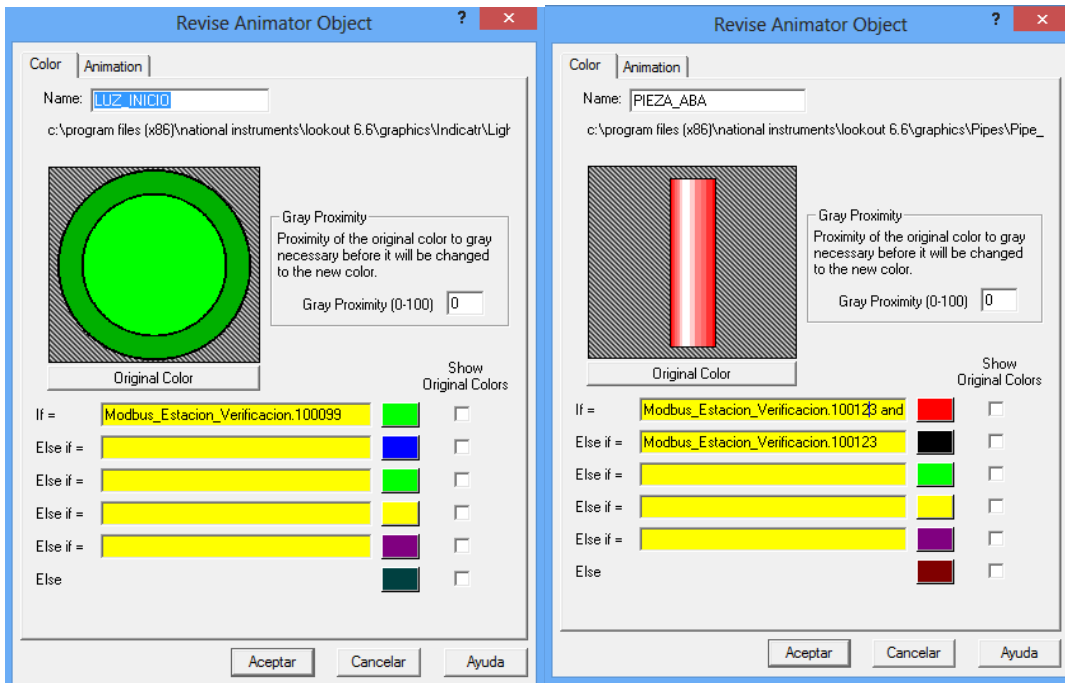


Figura II-49: Características de color de la animación.

Fuente: Los Autores.

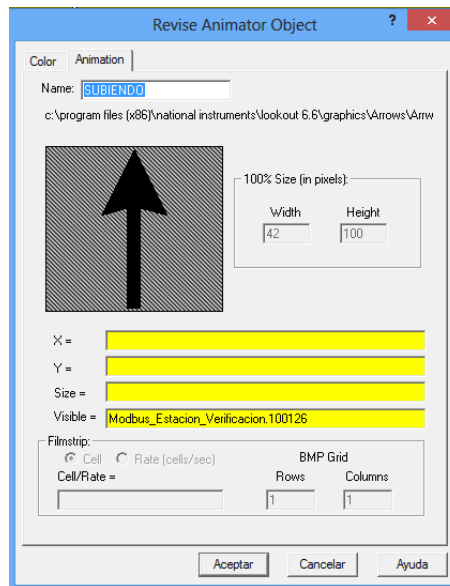


Figura II-50: Característica de visibilidad del objeto animación.

Fuente: Los Autores.

Nótese la existencia de los campos amarillos, estos se utilizan para modificar las características de los objetos *Animator*, las operaciones que se pueden realizar son muy variadas y van desde la utilización de operadores lógicos, de comparación o aritméticos, esto depende de la necesidad del programador en el diseño de la aplicación.

Implementación del contador de Piezas (correctas, incorrectas y suma total).

El objeto *Contador* cuenta el número de veces que las transiciones de expresión cambian de OFF a ON. La pantalla digital muestra el número de pulsos contados, y se actualiza aproximadamente una vez por segundo, cuando la transición de expresión de *Reset* cambia de OFF a ON, el contador se restaura a cero.

Se recomienda no utilizar contadores para contar señales de impulsos externos con una frecuencia mayor a una vez por segundo.

CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DEL OBJETO CONTADOR.				
MIEMBRO DE DATOS.	TIPO.	LEER.	ESCRITURA.	DESCRIPCIÓN.
(implicit)	numérico	si	no	Contador numérico total de pulsos.
NOMBRE DE PARÁMETROS.		TIPO.	DESCRIPCIÓN.	
Count	LogVar	Expresión lógica para la entrada de disparo o cuenta, como Timer1.		
Reset	LogVar or NULL	Expresión lógica para borrar todos los valores contados, como Pb2.		

Tabla II-8: Miembro de datos y parámetros del objeto *Counter*.

Fuente: Los Autores.

Para crear un objeto contador, siga los siguientes pasos:

1. Inserte un nuevo objeto, haciendo clic derecho sobre el proceso donde desea ingresar el contador digital. Se desplegará el cuadro de diálogo *Select Object:*, busque el objeto *Counter* en la lista de elementos ubicada a la izquierda de la ventana, luego haga clic en *OK*.

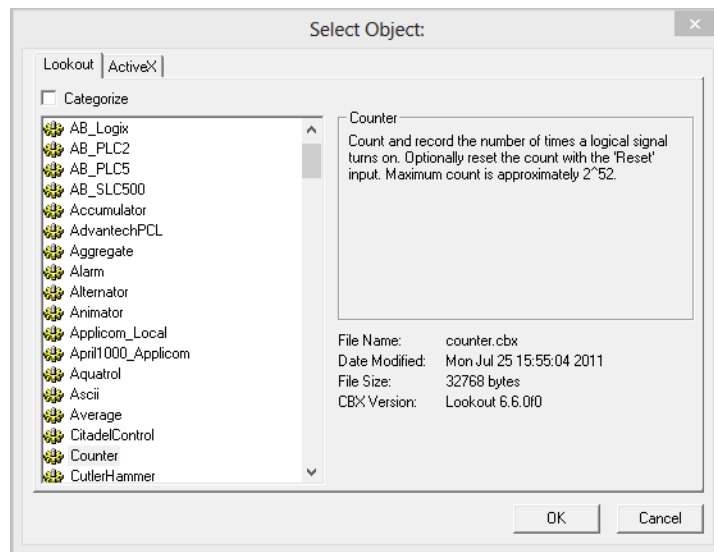


Figura II-51: Creación del objeto *Counter*.

Fuente: Los Autores.

2. Aparece el cuadro de diálogo *Create Counter:*, donde debe ingresar los parámetros *Count* y *Reset*. Haga clic derecho en los campos amarillos para añadir las expresiones responsables de realizar la cuenta y para restaurar a cero el contador.

Se despliega la ventana *Expression Editor*, en este cuadro puede elegir las direcciones de memoria utilizadas en el controlador programable, que están destinadas a realizar la cuenta de las piezas correctas e incorrectas.

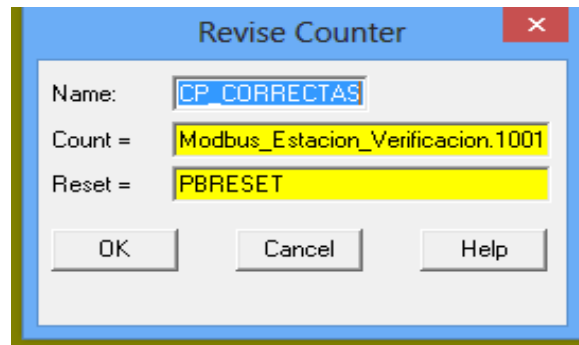


Figura II-52: Ventana de parámetros del objeto *Counter*.

Fuente: Los Autores.

Nótese que para el campo *Reset* de los parámetros del objeto contador se utilizó el *Pushbutton PBRESET*. Luego teclee en *OK*, para ingresar los parámetros seleccionados.

3. Para añadir los contadores al panel de control, despliegue el árbol de exploración en la ventana *Object Explorer*, encuentre en la lista los nuevos objetos creados, a continuación arrastre y suelte los objetos en el panel del proceso, automáticamente aparecerán los contadores digitales.

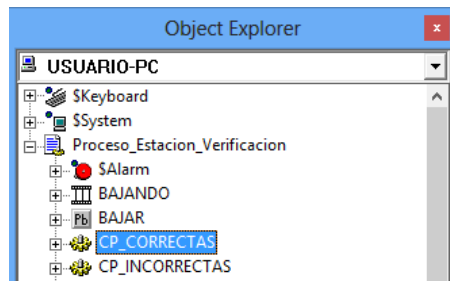


Figura II-53: Añadir el objeto *Counter* al panel de control.

Fuente: Los Autores.

Si desea puede ingresar una expresión como un nuevo objeto, lo que le permitirá totalizar la cuenta de las piezas correctas e incorrectas.

El proceso de añadir este totalizador de piezas es el mismo de cualquier otro objeto, en la figura II-54 se puede observar que se ha seleccionado para el campo amarillo *Expression* los contadores de piezas creados anteriormente y se ha utilizado el operador aritmético de adición (+).

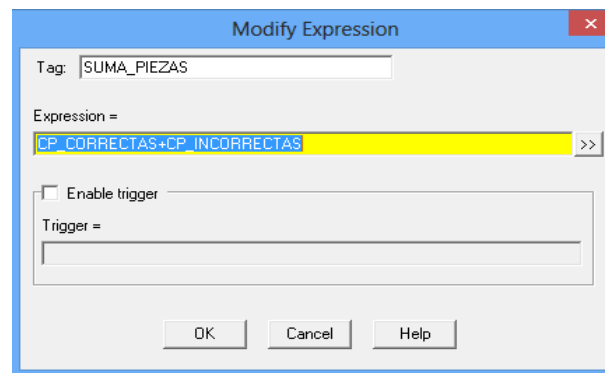


Figura II-54: Creación de la expresión totalizadora de piezas.

Fuente: Los Autores.

CAPÍTULO III.

3. DISEÑO ELÉCTRICO Y NEUMÁTICO DEL MÓDULO.

3.1. DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO.

3.1.1. DIAGRAMA UNIFILAR DE LA CONEXIÓN DE LOS SENSORES.

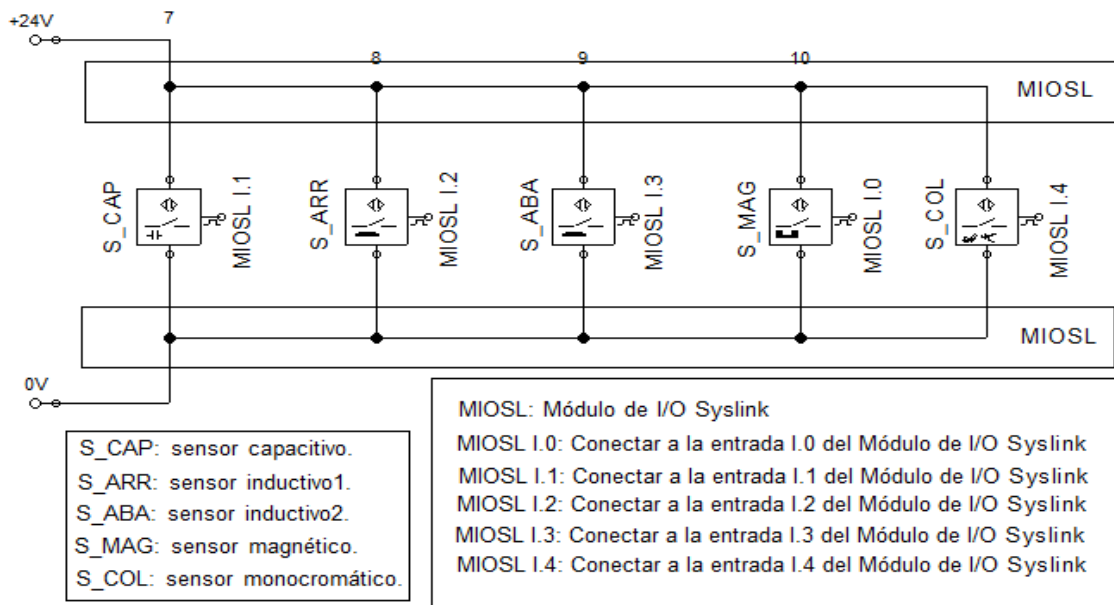


Figura III-1: Conexión de los sensores.

Fuente: Los Autores.

3.1.2. DIAGRAMA UNIFILAR DE LA CONEXIÓN DE LAS ELECTROVÁLVULAS.

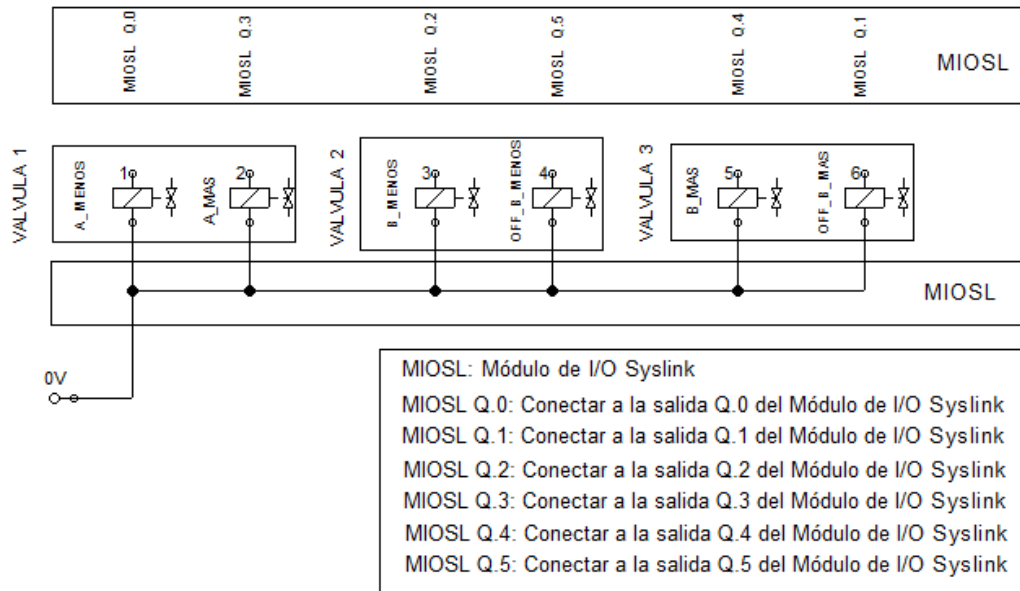


Figura III-2: Conexión de las electroválvulas.

Fuente: Los Autores.

3.2. DISEÑO DEL SISTEMA NEUMÁTICO.

3.2.1. DISEÑO DEL DIAGRAMA ELECTRONEUMÁTICO.

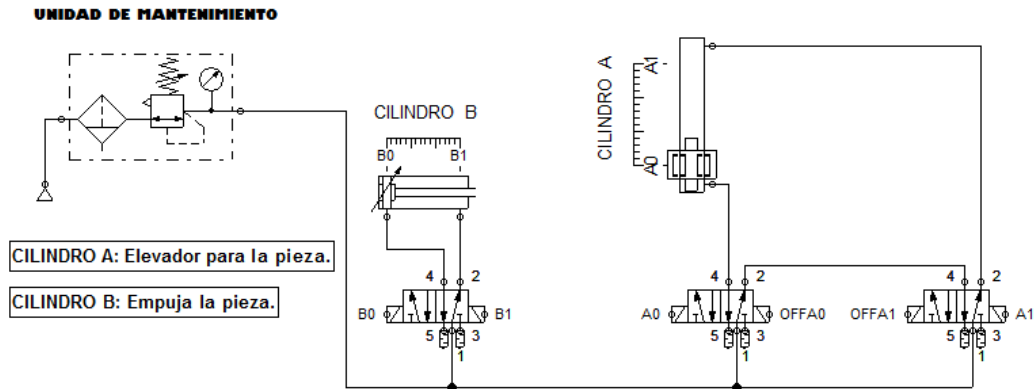


Figura III-3: Diagrama Electroneumático.

Fuente: Los Autores.

3.3. DISEÑO DEL TABLERO DE CONTROL.

3.3.1. CONSIDERACIONES PREVIAS PARA EL DISEÑO DEL TABLERO DE CONTROL.

Primero es necesario saber que elementos vamos a poner y cuantos, para poder realizar las perforaciones; para que estas perforaciones sean bien realizadas lo recomendable es hacerlo con un sacabocado.

Para la colocación de las lámparas y de los pulsadores es bueno conocer cómo se debe desarmar cada uno de estos elementos, caso contrario podemos dañar estos dispositivos eléctricos.

Otra cosa muy importante es también que las lámparas funcionan a 110Vca y es por esta razón que se debe desarmar hasta llegar al circuito de este componente, para desoldar los capacitores de entrada de corriente y la resistencia, porque si no la lámpara no se puede encender con 24 Vcd que viene del PLC.

Para evitar tantos cables que van al controlador lógico programable, se recomienda utilizar una base o terminal de I/O SYSLINK, y realizar las conexiones mediante un cable de puerto paralelo. Esto se realiza para una mejor estética en la conexión del cableado.

Hay que tener muy en cuenta que las borneras que se utilizan para este nuevo módulo de conexión, son de un piso, así evitaremos una confusión con el módulo principal que posee bornes de dos y tres pisos en la parte superior de la estación.

3.3.2. CONTENIDO DE ELEMENTOS EN EL TABLERO DE CONTROL.

Para tener un buen control acerca del módulo se ha colocado dos lámparas que indican el estado del modular, con esto se puede visualizar cuando está en operación y cuando no.

En cuanto a comandos se tiene un switch que se activa con una llave para que solo el operario asignado de la estación pueda poner en ejecución el módulo. Para el arranque del modular se tiene un pulsador normalmente abierto que sirve de inicio; también hay un botón de Reset para poder reiniciar la máquina, y que esta comience desde la posición inicial.

Por último, posee otro pulsador normalmente cerrado que sirve de paro, éste debe ser presionado cuando se pueda producir un accidente con algún operario y así evitar problemas. El pulsador funciona instantáneamente para que la estación se quede completamente estática.

3.3.3. DIAGRAMA DEL TABLERO DE CONTROL.

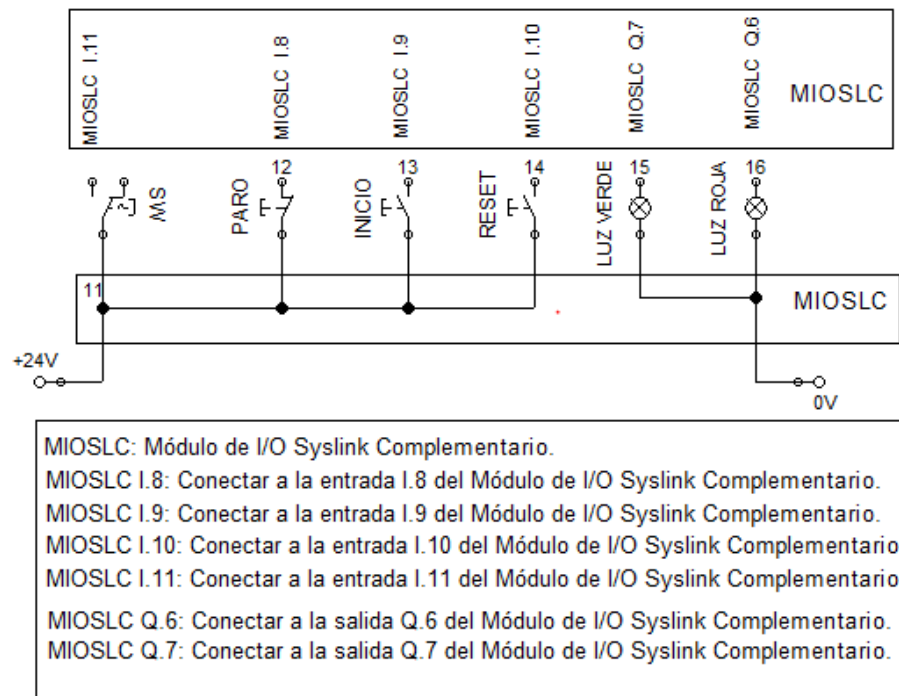


Figura III-4: Diagrama del tablero de control.

Fuente: Los Autores.

3.4. ANÁLISIS, DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE LOS ACTUADORES LINEALES.

En la implementación de la Estación de Verificación se utilizaron dos tipos de actuadores lineales.

- **Cilindro de doble efecto.**- es el encargado de realizar el desplazamiento horizontal de la pieza evaluada, esta acción permite evacuar la pieza hacia

la rampa superior, determinando de esta manera que piezas continúan los siguientes procesos productivos, tras cumplir con el requerimiento de altura establecido por parte del usuario de la estación, o realizar la evacuación de la pieza a través de la rampa de piezas desechadas al no cumplir con la altura previamente establecida por el operador.

- **Cilindro sin vástago.**- este actuador tiene la responsabilidad de realizar el desplazamiento vertical del módulo elevador, esta acción se realiza con el objetivo de evaluar la altura de la pieza a ser procesada, la evaluación de la altura de todas las piezas se realiza en la parte superior del cilindro sin vástago, ya que en esta posición se encuentra el módulo de medición, quien es el encargado de aprobar o rechazar la pieza.

3.4.1. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES PARA LA SELECCIÓN DE LOS ACTUADORES NEUMÁTICOS.

A continuación nombraremos algunas de las características principales que definen un buen actuador neumático lineal:

- Es importante que el rozamiento interno entre las juntas y la camisa del cilindro sea lo más baja posible.

- Observar que la instalación del actuador según la aplicación sea lo más rápida y ágil posible.
- Elegir un actuador de acuerdo a las características del trabajo al que será sometido, para que su vida útil sea lo más larga posible dentro del proceso.
- Determinar si la utilización del actuador es con o sin lubricación, para de esta manera establecer el periodo en el cual el actuador será sometido a algún tipo de mantenimiento preventivo.
- Establecer la resistencia del actuador a los esfuerzos de tracción, compresión, cambios de temperatura , con el fin de evitar cualquier tipo de deformación durante su trabajo.
- Que presente la posibilidad de detectar su posición durante el largo de toda su carrera.

Cálculo de la fuerza en el actuador.

Para el cálculo de la fuerza desarrollada por un determinado actuador hay que tomar en cuenta: el diámetro del émbolo, la presión del aire de alimentación y la resistencia producida por el rozamiento.

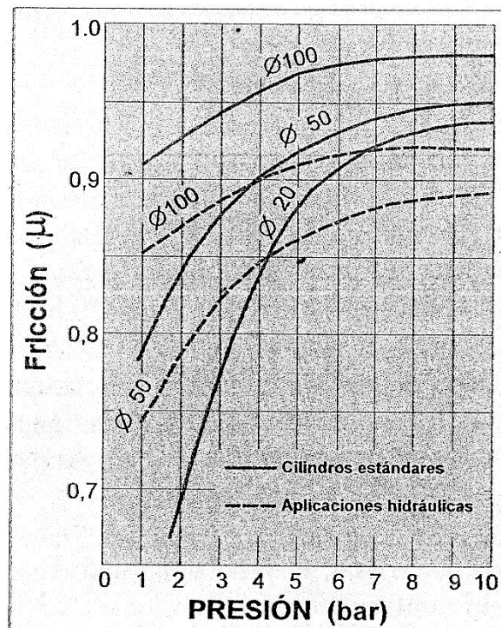


Figura III-5: Rendimiento interno de cilindros estándares.

Fuente: Libro de Neumática, Tomson, Paraninfo, segunda edición.

Entonces tenemos:

- F_1 = Fuerza necesaria para realizar el trabajo (Kgf).
- F_2 = Fuerza real necesaria en el cilindro (Kgf).
- F_T = Fuerza teórica del cilindro (Kgf).
- Λ = Factor de carga para producir la aceleración (Vel. Normales 0.7).
- μ = Eficacia o rendimiento interno.
- D = diámetro efectivo del émbolo (mm).
- d = diámetro del vástago (mm).
- P = presión de trabajo (bar).

Cálculos para un cilindro de doble efecto:

$F_2 = F_1 / \Lambda$ (fuerza real necesaria en el cilindro); $F_T = F_2 / \mu$ (fuerza teórica).

Siendo el área:

$A_s = (\pi \cdot D^2) / (4 \cdot 100) \text{ cm}^2$ en avance.

$A_r = \pi \cdot (D^2 - d^2) / (4 \cdot 100) \text{ cm}^2$ en retroceso.

Entonces:

$F_1 = \mu_r \cdot \text{peso}$; $\mu_r = 0.4$, $\text{masa} = 200 \text{ gr}$.

$\text{Peso} = 1.962 \text{ Newton} \approx 2 \text{ Newton}$; $2 \text{ N} = 0.2039 \text{ Kgf}$.

$F_1 = 0.4 \cdot 0.2039 \text{ Kgf} = 0.08156 \text{ Kgf}$.

$F_2 = F_1 / \Lambda = 0.08156 \text{ Kgf} / 0.7 = 0.11651 \text{ Kgf}$.

$F_T = F_2 / \mu = 0.11651 \text{ Kgf} / 0.92 = 0.12665 \text{ Kgf} = 1.2425 \text{ Newton}$.

Cálculo del área de avance y retroceso del cilindro:

$A_s = (\pi \cdot 20^2) / (4 \cdot 100) \text{ cm}^2 = 3.14 \text{ cm}^2$ área en avance.

$A_r = \pi \cdot (20^2 - 8^2) / (4 \cdot 100) \text{ cm}^2 = 2.63 \text{ cm}^2$ área en retroceso.

Cálculo de fuerza de avance y de retroceso para el cilindro de doble efecto:

$F_{\text{avance}} = (\pi \cdot D^2 \cdot P) / 4 \cdot 10 \text{ [N]} = (\pi \cdot 20^2 \cdot 6) / 4 \cdot 10 = 188.49 \text{ N}$.

$F_{\text{retroceso}} = [\pi \cdot (D^2 - d^2) \cdot P] / 4 \cdot 10 \text{ [N]} = [\pi \cdot (20^2 - 8^2) \cdot 6] / 4 \cdot 10 = 158.33 \text{ N}$.

Nótese que la fuerza de avance es superior a la de retroceso, debido a que el área efectiva posterior del émbolo o área de avance (A_s) es mayor que el área de

retroceso (Ar), la razón de la disminución del área en la parte anterior del émbolo se debe a la presencia del vástago.

Otra forma más práctica de elegir el tamaño del cilindro, es utilizar un diagrama análogo al de la figura III-6 que nos indica las fuerzas teóricas para 5, 7 y 10 bar, o guiarse en la información técnica entregada por los fabricantes de los actuadores neumáticos.

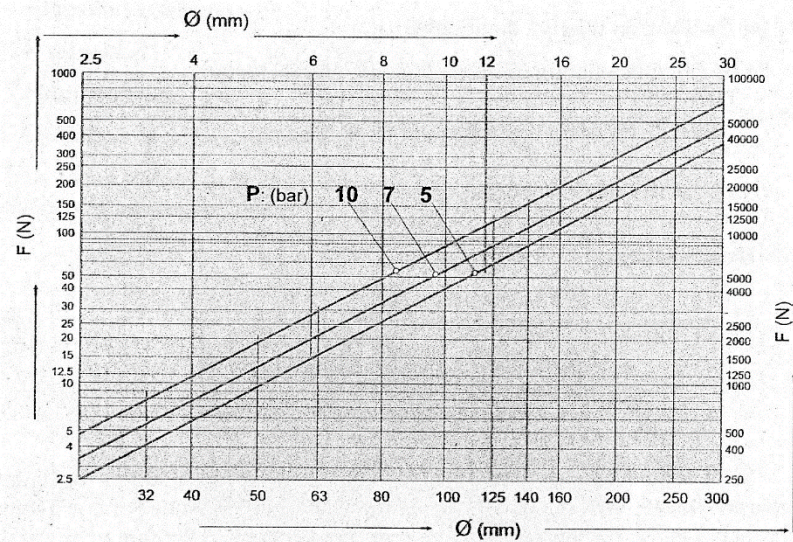


Figura III-6: Fuerza teórica de los cilindros.

Fuente: Libro de Neumática, Tomson, Paraninfo, segunda edición.

Características del cilindro de DOBLE EFECTO.	
Tipo de actuación:	doble efecto
Tamaño del émbolo:	20 mm
Presión de operación:	1 - 10 bar
Presión de prueba:	15 bar
Temperatura °C:	-20° a 70°
Tamaño de alimentación:	1/8 "
Rango de velocidad:	30 a 800 mm/s
Distancia de carrera:	50 mm

Tabla III-1 Características del cilindro de doble efecto.

Fuente: Los Autores.

3.4.2. ANÁLISIS DEL DIMENSIONAMIENTO DEL CILINDRO SIN VÁSTAGO.

Debido a la construcción de los cilindros sin vástago, todas las cargas son excéntricas en mayor o menor grado. Dependiendo de la aplicación, estas cargas excéntricas pueden llegar a ser determinantes y condicionar total o parcialmente el buen funcionamiento del cilindro y su vida útil de trabajo. Por tal motivo la implementación de los cilindros sin vástago, requieren un análisis cuidadoso de los

factores involucrados en la aplicación, con el único objetivo de optimizar los resultados. Algunos de los factores a considerar, son:

- Los momentos laterales.
- El peso total.
- La velocidad.
- La fuerza resistente.
- La desaceleración.

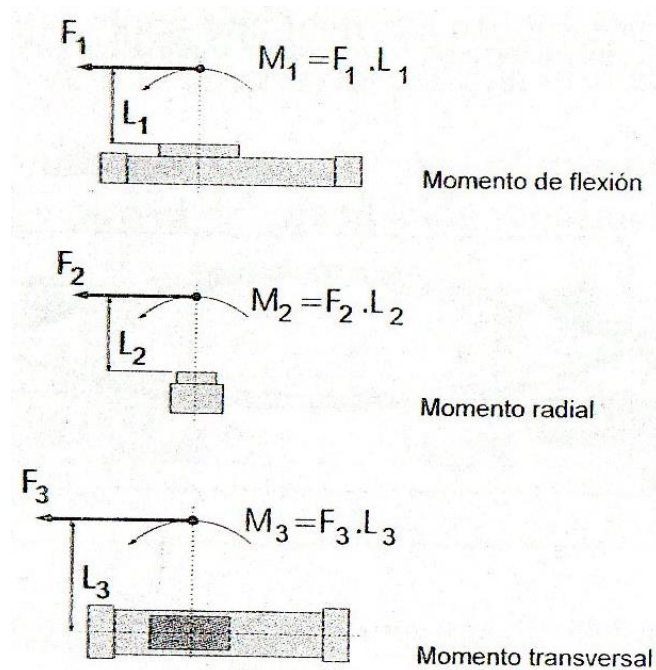


Figura III-7: Momentos Laterales.

Fuente: Libro de Neumática, Tomson, Paraninfo, segunda edición.

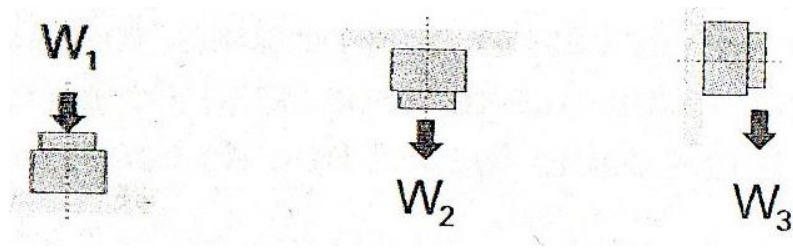


Figura III-8: Cargas admisibles.

Fuente: Libro de Neumática, Tomson, Paraninfo, segunda edición.

Para calcular el factor de carga utilizaremos la expresión: $\alpha_n = \frac{W_n}{W_{nm\acute{a}x}}$

Siendo:

- W_n = carga sobre el cilindro.
- $W_{nm\acute{a}x}$ = carga recomendada por el fabricante.

Actuaremos de igual forma con los momentos:

$$\alpha_{Mn} = \frac{M_n}{M_{nm\acute{a}x}}$$

Además, hay que considerar las condiciones del momento de impacto al producirse la desaceleración del carro del cilindro, para esto se debe calcular la carga equivalente (W_e). La carga equivalente depende de factores como:

- La masa en movimiento.
- La velocidad del impacto.
- La carrera y el tipo de amortiguación.

Por lo tanto: $W_e = W \cdot \delta G$

Donde: G= factor dependiente de la velocidad de impacto.

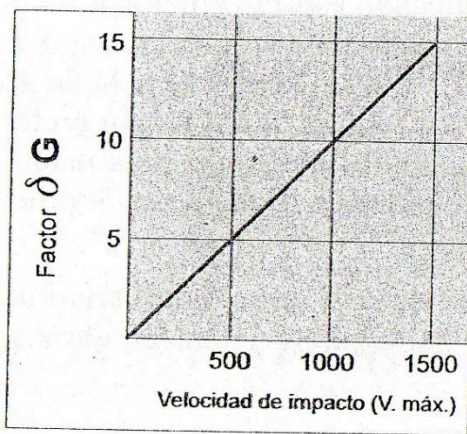


Figura III-9: Factor G.

Fuente: Libro de Neumática, Tomson, Paraninfo, segunda edición.

También tenemos que:

$$V_{m\acute{a}x} = 1.4 * V \frac{mm}{s}$$

- $V_{m\acute{a}x}$ = velocidad del impacto.
- V =velocidad de trabajo.

La carga equivalente W_e surge en el momento de impacto, aplicada en el centro de gravedad de la carga y en la dirección en la que se realiza el desplazamiento provocando un momento M_{vn} .

Luego:
$$M_{vn} = \frac{1}{3} * W_e * L_n$$

- M_{vn} = momento provocado por W_e al momento del impacto.
- W_e = carga equivalente.
- L_n = desplazamiento del centro de gravedad de la carga.

El momento generado será comparado con los datos entregados en las tablas por parte de los fabricantes de los actuadores, según:

$$\alpha_{vn} = \frac{M_{vn}}{M_{vnm\acute{a}x}}$$

Para poder aceptar como correcta la implementación de un determinado cilindro sin vástago, sumaremos todos los factores obtenidos y comprobaremos que su suma no sea superior a la unidad.

$$\sum \alpha_n \leq 1$$

Se puede concluir que a la hora de seleccionar este tipo de actuador neumático se debe: establecer correctamente los ejes de carga y tener en cuenta las condiciones diámicas involucradas en la traslación.

Cálculos del dimensionamiento del cilindro sin vástago.

Datos:

$$W = m * g = 0.9072 \text{ Kg} * 9.81 \text{ m/s}^2 = 8.89 \text{ [N]}$$

$$V = 500 \text{ mm/s} \quad \text{velocidad media.}$$

$$D = 16 \text{ mm} \quad \text{diámetro efectivo del émbolo.}$$

$$W_{\text{máx}} = 121 \text{ [N]} \quad \text{carga recomendada por el fabricante.}$$

Paso 1:

Establecemos el estado de cargas y momentos:

- Carga estática: solamente tenemos el peso del módulo de elevación.
- Momentos estáticos: existen dos momentos en la dirección M1 y M3.

Paso 2:

$$\text{Calculamos el factor de carga: } \alpha_n = \frac{W_n}{W_{n\text{máx}}} = \frac{8.89}{121} = 0.0735$$

Paso 3:

Examinamos los momentos estáticos M1 y M3.

$$M1 = W * L1 = 8.89 \text{ N} * 0.025 \text{ m} = 0.2223 \text{ [N.m]}$$

$$M3 = W * L3 = 8.89 \text{ N} * 0.24 \text{ m} = 2.1336 \text{ [N.m]}$$

Por lo tanto el factor de carga será:

$$\alpha_{M1} = \frac{M_1}{M_{1\text{máx}}} = \frac{0.2223}{88} = 0.0025$$

$$\alpha_{M3} = \frac{M_3}{M_{3m\acute{a}x}} = \frac{2.1336}{50} = 0.0427$$

Paso 4:

Calcularemos W_e (carga equivalente): $W_e = W \cdot \delta G$

Ahora, para conocer el valor de δG , necesitamos conocer con anticipación la velocidad máxima, para lo cual:

$$V_{m\acute{a}x} = 1.4 * V \frac{mm}{s} = 1.4 * 500 \frac{mm}{s} = 700 \frac{mm}{s}$$

El valor de factor que tratamos de localizar es: $\delta G = 7$, ver en la figura ###.

Entonces utilizando la fórmula de la carga equivalente tenemos:

$$W_e = W \cdot \delta G = 9.81 * 0.9072 * 7 = 62.2974 [N]$$

Paso 5:

Cálculo de los momentos dinámicos durante el impacto, M1 y M3.

$$M_{v1} = \frac{1}{3} * W_e * L_1 = \frac{1}{3} * 62.2974 * 0.025 = 0.5191 [N.m]$$

$$M_{v3} = \frac{1}{3} * W_e * L_3 = \frac{1}{3} * 62.2974 * 0.24 = 4.9838 [N.m]$$

Ahora calcularemos los factores de carga de M1 y M3.

$$\alpha_{MV1} = \frac{M_{V1}}{M_{Vnm\acute{a}x}} = \frac{0.5191}{20} = 0.026$$

$$\alpha_{MV3} = \frac{M_{V3}}{M_{Vnm\acute{a}x}} = \frac{4.9838}{20} = 0.25$$

Paso 6:

Calculamos la suamtoria de todos los factores de carga obtenidos:

$$\sum\alpha = \alpha_n + \alpha_{M1} + \alpha_{M3} + \alpha_{MV1} + \alpha_{MV3}$$

$$\sum\alpha = 0.0735 + 0.0025 + 0.0427 + 0.026 + 0.25$$

$$\sum\alpha = 0.3947$$

$$0.3947 < 1 \quad (\text{VÁLIDO}).$$

Características cilindro SIN VÁSTAGO.	
Tipo de actuación:	doble efecto
Tamaño del émbolo:	16 mm
Presión de operación:	1.5 - 7 bar
Presión de prueba:	10.5 bar
Temperatura °C:	-10° a 60°
Tamaño de alimentación:	1/8 "
Rango de velocidad:	50 a 400 mm/s
Distancia de carrera:	500 mm

Tabla III-2: Características del cilindro sin vástago.

Fuente: Los Autores.

CAPÍTULO IV.

4. PLC Y PROGRAMACIÓN GENERAL DEL MÓDULO.

4.1. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC).

4.1.1. INTRODUCCIÓN.

Más conocido como PLC es un computador muy utilizado en el campo industrial debido a su robustez y eficiencia; la construcción de este dispositivo electrónico fue hecho para trabajar en lugares hostiles, donde un microcontrolador no puede aplicarse a causa de su vulnerabilidad a lugares húmedos, con polvo y ruido. Este elemento se compone de entradas y salidas junto con una serie de módulos complementarios que hacen que este dispositivo se vuelva más eficaz dentro de la industria; además posee diferentes tipos de lenguajes de programación:

- Programación con diagrama de escalera.
- Programación con bloques funcionales.
- Programación con lógica booleana.

De igual manera que los sensores, los controladores lógicos programables existen de diferentes marcas que podemos encontrar en el mercado tales como: Omron, Siemens, Telemecanique, Hitech, etc. También cada marca de PLC viene con un programa diferente para utilizar en la programación de estos dispositivos, pero lo más importante es tener una lógica de programación porque el usar cualquier software se vuelve un poco más fácil.

A continuación se presentará algunas ventajas en la utilización de un controlador lógico programable.

- Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos.
- Gran capacidad de memoria para almacenamiento.
- Posibilidad de modificar sin cambiar el cableado.
- Mínimo espacio de ocupación.
- Menor costo en la instalación y mantenimiento.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómatas.
- Mejoramiento para el control de algún proceso.
- Aumento del grado de seguridad de las instalaciones que controla.

Y como único inconveniente que se puede encontrar en este autómatas es el costo debido a sus funcionalidades y seguridades que trae consigo.

4.1.2. FUNCIONES BÁSICAS DEL PLC.

Tiene la capacidad de leer entradas que vienen directamente de los sensores y que por lo general su voltaje corresponde a 24 Vcd. Con relación a sus salidas puede activar algunos actuadores como electroválvulas u otros dispositivos terminales.

Lo que más nos interesa es que se puede tener una relación hombre máquina para tener un mejor tipo de control sobre un proceso automatizado, este elemento permite facilitar el trabajo al operario para que no tenga riesgos laborales.

Para que realice un correcto control este elemento necesita de la mano del hombre para ser programado y así poder operar de forma automática los procesos deseados.

Hoy en día se puede ver que la mayoría de los PLC vienen con una gama de comunicaciones, con el objetivo de realizar un trabajo más óptimo y productivo para la empresa, las más comunes son: Ethernet, Serial, Bluetooth, teniendo también otro tipo de redes industriales como Can Open, Radios, Asibus, Profibus, etc.

Además de dedicarse al control de sistemas de eventos discretos los autómatas llevan incorporadas funciones que permiten el control de procesos continuos. Disponen de módulos de entrada y salida analógicas, y la posibilidad de ejecutar reguladores PID que están programados en el autómata.

4.1.3. ESTRUCTURA EXTERNA DEL PLC.

El controlador lógico programable es considerado como una unidad electrónica que reemplaza a los elementos auxiliares de automatización; donde éste contiene toda la lógica del proceso.

El PLC utilizado para el presente proyecto está compuesto por:

- 14 entradas y 10 salidas digitales.
- Carcasa.
- Control de Operario.
- Interfaz de programación.
- Módulos de expansión.
- Leds indicadores.
- Potencial de referencia tanto para entradas como para salidas.

ENTRADAS Y SALIDAS DIGITALES.

Cada entrada del PLC se puede conectar directamente a los sensores, al igual que las salidas pueden ser utilizadas para la activación de los actuadores dentro de una aplicación específica.

Para la conexión de las entradas es necesario tener muy en cuenta si los sensores a utilizar son del tipo NPN o PNP. En el presente proyecto se utilizó sensores

PNP, por lo que fue necesario conectar el común de la sección de entradas a negativo y la señal que viene de los sensores directo a las entradas del autómata; si los sensores hubiesen sido NPN la conexión es inversa.

En cuanto a las salidas, el común de esta sección se conectó a positivo y las salidas que proporciona el PLC van directo al actuador, en este caso a los solenoides de las electroválvulas.

4.1.4. ESTRUCTURA INTERNA DEL PLC.

Como elementos principales de un autómata funcional se puede mencionar al CPU, entradas, salidas, fuente de alimentación, interfaces, la consola de programación y los periféricos.

CPU.

Es el elemento inteligente del PLC, debido a la programación ingresada por el usuario permite la activación de las salidas; además éste para realizar todas las operaciones indicadas posee un procesador, una memoria y circuitos auxiliares.

FUENTE DE ALIMENTACIÓN.

Proporciona voltajes necesarios para los dispositivos electrónicos internos del autómata; éstos valores pueden ser, según las características del controlador lógico programable, de 24 Vcd o también de 110/200 Vca.

INTERFACES.

Permite la comunicación entre la máquina y el ser humano, al igual que otro diálogo entre la máquina y el autómata. Otro tipo de interfaz es entre el voltaje y corriente de los circuitos con las tensiones de los sensores para que sean adaptados y pueda comunicarse con el PLC.

UNIDAD DE PROGRAMACIÓN.

Es el conjunto de hardware y software mediante los cuales el programador introduce y depura sobre las secuencias de instrucciones (en uno u otro lenguaje) que constituyen el programa a ejecutar.

4.1.5. PLC TELEMECANIQUE TWD-CDA24DRF.

Ésta es la marca del autómata utilizado para este proyecto de tesis. La empresa Schneider Electric produce esta línea, para procesos industriales y que son muy reconocidos a nivel mundial; éste elemento se lo puede programar con un software propio llamado TwidoSuite y que al igual de los demás programas en muy sencillo y sobre todo intuitivo para la programación.



Figura IV-1: Imagen del PLC TWDLCDA24DRF.

Fuente: Los Autores.

El modelo utilizado es el TWDLCDA24DRF, que posee 14 entradas en cd y 10 salidas de relé; las demás características se puede observar en la parte de anexos al consultar el DataSheet de este elemento.

La gama de controladores programables compactos Twido ofrece una solución "todo en uno" con unas dimensiones reducidas, lo que permite reducir el tamaño de las consolas o de los cofres en las aplicaciones donde el espacio ocupado resulta primordial.

Los controladores de tipo compacto tiene integradas en el mismo cuerpo las entradas y salidas, este dependerá del modelo, pudiendo elegir: 10 E/S, 16 E/S, 24 E/S y 40 E/S. Los controladores de 24 E/S y 40 E/S admiten módulos de ampliación que nos confieren una mayor flexibilidad a la hora de elegir el tipo de controlador.

4.1.6. SOFTWARE TWIDOSUITE.

Es un entorno de desarrollo gráfico para crear, configurar y gestionar aplicaciones para controladores programables Twido de Schneider Electric.

Este lenguaje de programación presenta las siguientes características:

- Programación en lista de instrucciones o lenguaje Ladder, reversible, Grafcet.

- Compatible con Windows 2000, XP, Vista, 7 y 8.
- Navegador de la aplicación con varias vistas de ventana para asistir la configuración del software.
- Duplicación de programas de aplicación.
- Compatible con PL7-07 a través de importación ASCII.

4.2. PROGRAMACIÓN DEL PLC.

4.2.1. SEÑALES E/S.

Descripción de entradas del PLC en el programa TwidoSuite.

ENTRADAS	
%I0.0	S_COL
%I0.1	S_CAP
%I0.2	S_ARR
%I0.3	S_ABA
%I0.4	S_MAG
%I0.5	S_ALT
%I0.8	PARO
%I0.9	INICIO
%I0.10	RESET
%I0.11	SW

Tabla IV-1: Entradas conectadas al PLC.

Fuente: Los Autores.

Descripción de salidas del controlador lógico programable en el software TwidoSuite.

SALIDAS	
%Q0.0	A_MENOS
%Q0.1	OFF_B_MAS
%Q0.2	B_MENOS
%Q0.3	A_MAS
%Q0.4	B_MAS
%Q0.5	OFF_B_MENOS
%Q0.6	ROJO
%Q0.7	VERDE

Tabla IV-2: Salidas del PLC.

Fuente: Los Autores.

4.2.2. GRAFCET.

Anteriormente se utilizaba un método intuitivo basado en la experiencia de cada persona dentro del campo de la programación de PLC's. Hoy en día se puede plantear un formato que obedece a un estándar para mayor facilidad, como lo es el Grafcet que se lo describe como un diagrama funcional para los procesos que se pretende automatizar, teniendo en cuenta las transiciones a realizar, y los

Figura IV-2: Graficet de la estación de verificación.

Fuente: Los Autores.

DIVERGENCIA Y CONVERGENCIA EN “O”.

La divergencia y convergencia en “o”, a las que llamaremos conjuntamente bifurcación en “o”, forman una estructura en la que existen los siguientes elementos:

- Una divergencia en “o” en la que se inician varios caminos o subprocesos alternativos posibles.
- Una serie de caminos alternativos con una macro estructura lineal, aunque pueden tener otras estructuras más complejas.
- Una o más convergencias en “o” de dichos caminos alternativos, de tal forma que la macro estructura debe ser globalmente cerrada.

DIVERGENCIA Y CONVERGENCIA EN “Y”.

La divergencia y convergencia en “y”, a la que llamaremos conjuntamente bifurcación en “y”, forman una estructura en la que existen las siguientes propiedades:

- A partir del punto de divergencia el proceso evolucionará por varios caminos a la vez ejecutando varias tareas simultáneamente.
- La condición de transición para iniciar las tareas simultáneas es única y común para todas ellas.

- La convergencia en “y” impone de por sí una condición de transición:
Todas las tareas que confluyan deben haber terminado para que el proceso pueda continuar.

4.2.3. LADDER.

También denominado lenguaje de contactos o en escalera, es un lenguaje de programación gráfico muy popular dentro de los autómatas programables debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos.

Luego de realizar el Grafcet de una programación para un proceso de automatización es necesario traducirlo a un lenguaje de contactos como es conocido el Ladder, donde se puede encontrar contactos, bobinas, contadores, timers, memorias, etc. Además dependiendo del software de programación se puede encontrar bobinas Set y Reset como es el caso del software TwidoSuite.

La programación del PLC para la estación de verificación se encuentra en los anexos debido a su extenso contenido.

4.3. PROGRAMACIÓN DEL ARDUINO.

Al nombre del programa se le conoce como ID Arduino y utiliza programación en lenguaje C, esta plataforma es libre al igual que el hardware. Se compone este dispositivo de un microcontrolador Atmel AVR, este PIC en la placa Arduino se programa mediante el lenguaje de programación Arduino (basado en Wiring) y el entorno de desarrollo Arduino (basado en Processing).

A continuación se presentará una imagen del entorno de programación y más adelante se podrá ver el Hardware utilizado.

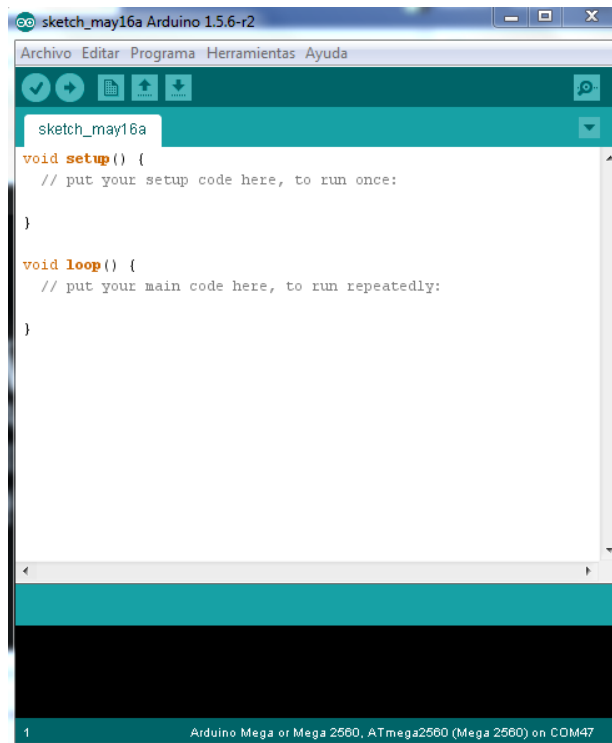


Figura IV-3: Imagen del software de programación para Arduino.

Fuente: Los Autores.

Para enviar los datos a las diferentes placas Arduino únicamente se debe conectar un cable usb al ordenador y la transmisión de datos se realiza serialmente.

Existen varias versiones del Hardware entre ellos tenemos los más conocidos:

- Arduino Uno.


- Arduino Mega 2560.
- Arduino Mega 2560 ADK.
- Arduino Nano.
- Arduino Leonardo.
- Los de Intel.

Actualmente podemos encontrar PLC's Arduino, conocidos como controllino, estos dispositivos vienen con las mismas características y protecciones que traen los controladores lógicos programables convencionales, con la diferencia que son software libre y por ende son más económicos y se pueden abaratar enormemente los trabajos de automatización; además que trae muchas compatibilidades con cada uno de los módulos de comunicación. Vienen en tres versiones:

- Controllino Mini.
- Controllino Maxi.
- Controllino Mega.

Características del Controllino Mini:

CONTROLLINO MINI




- Microcontroller: ATmega328
- 6x Relay Outputs (250V / 5A)
- 8x Digital Outputs (12-24V / 2A) of which 6 can be used as PWM outputs
- 8x Analog/Digital Inputs (12-24V)
- Clock Speed: 16 MHz
- LED indication for ALL 14 digital Ports

Figura IV-4: Controllino Mini.

Fuente:<https://www.facebook.com/photo.php?fbid=205608186317196&set=pcb.205608292983852&type=1&theater>

Características del Controllino Maxi:

CONTROLLINO MAXI



- Microcontroller: ATmega328
- 10x Relay Outputs (250V / 5A)
- 14x Digital Outputs (12-24V / 2A) of which 6 can be used as PWM outputs
- 8x Analog/Digital Inputs (12-24V)
- 8 Digital Inputs (24V) - parallel to Outputs
- Clock Speed: 16 MHz
- LED indication for ALL 14 digital Ports

Figura IV-5: Controllino Maxi.

Fuente:<https://www.facebook.com/photo.php?fbid=205608239650524&set=pcb.205608292983852&type=1&theater>

Características del Controllino Mega:

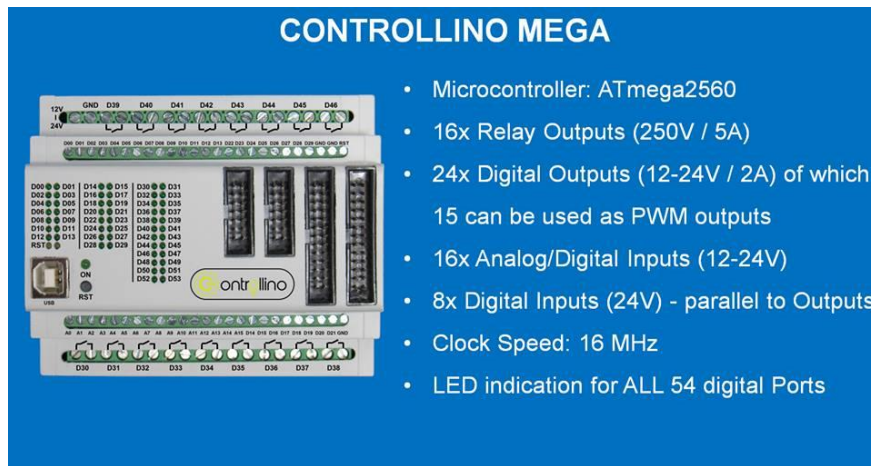


Figura IV-6: Controllino Mega.

Fuente:<https://www.facebook.com/photo.php?fbid=205608239650524&set=pcb.205608292983852&type=1&theater>

La programación del Arduino se lo puede encontrar en los anexos debido a su tamaño muy extenso.

4.4. CONFIGURACIÓN DEL BLUETOOTH HC05.

Este módulo permite una comunicación inalámbrica más económica que el puerto Ethernet con una limitación de distancia muy considerable. Su uso depende de las necesidades del operario. Este elemento se lo puede utilizar como esclavo o como

master todo depende de como se lo configure y el tipo de proyecto que necesite realizar el programador.

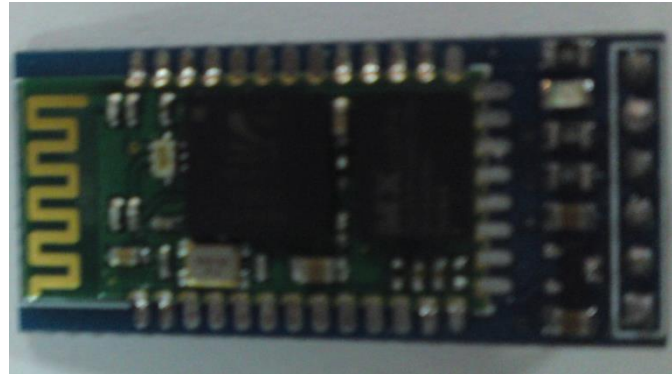


Figura IV-7: Bluetooth HC 05.

Fuente: Los Autores.

Para comenzar con la configuración del módulo Bluetooth como esclavo, primero debemos armar el siguiente circuito:

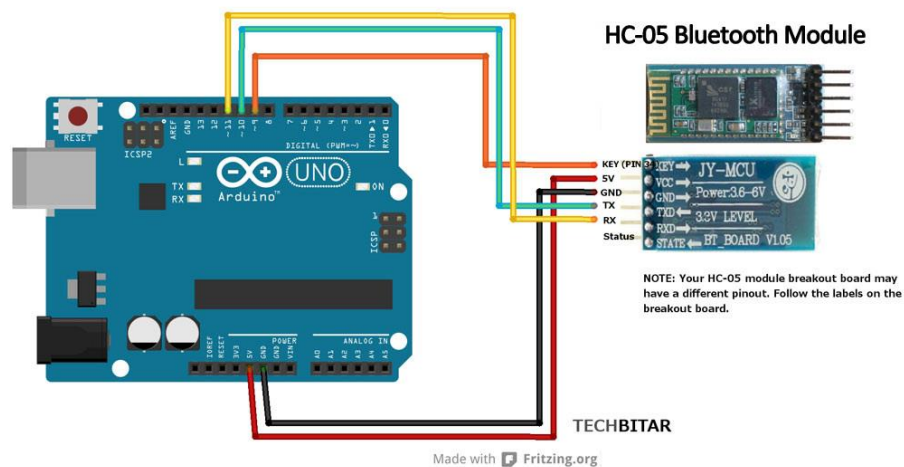


Figura IV-8: Diagrama de conexión para el HC 05.

Fuente:<http://blog.theinventorhouse.org/wp-content/uploads/2014/02/Conexion-HC-05-a-Arduino.jpg>

Luego vamos a grabar el siguiente programa en la placa Arduino:

```
#include <SoftwareSerial.h>                                Serial.println("Enter AT
                                                           commands:");

#define RxD 10                                           BTSerial.print("AT\r\n");

#define TxD 11                                           delay(100);

#define KEY 9                                           }

SoftwareSerial BTSerial(RxD, TxD);                       void loop()

                                                         {

void setup()

{                                                         if (BTSerial.available())

                                                         Serial.write(BTSerial.read());

pinMode(KEY, OUTPUT);

digitalWrite(KEY, HIGH);                                if (Serial.available())

digitalWrite(RST, HIGH);                                BTSerial.write(Serial.read());

delay(500);                                           }

BTSerial.flush();

BTSerial.begin(38400);

Serial.begin(9600);
```

Luego abrimos el Monitor Serie del ID Arduino para programar el módulo HC 05 mediante comandos AT; si se desea realizar otras configuraciones, se recomienda revisar en los anexos.

Al momento de abrir el Monitor Serie debemos poner los mismos parámetros que se puede ver en la parte resaltada:

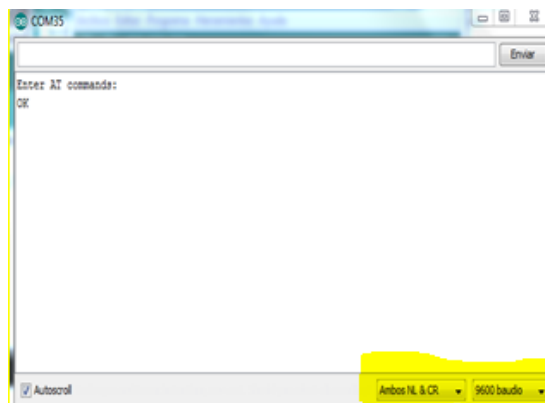


Figura IV-9: Monitor Serial.

Fuente: Los Autores.

Luego se escribe AT+NAME?, después se presiona *ENTER*; esto se realiza para conocer con que nombre se encuentra:

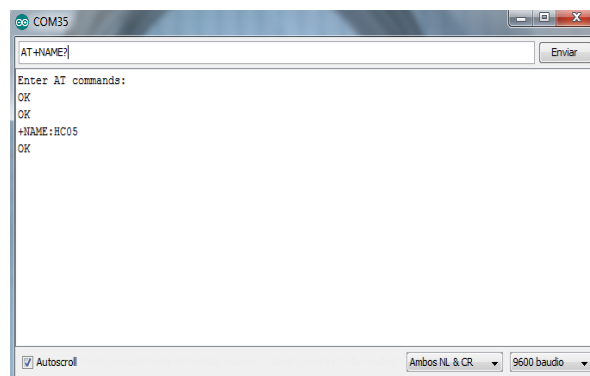


Figura IV-10: Ver nombre del HC 05.

Fuente: Los Autores.

A continuación se procede a cambiar de nombre en caso que se necesite, en esta ocasión se le cambiará de nombre y se le pondrá TESIS; para ello se debe digitar el comando AT+NAME: TESIS

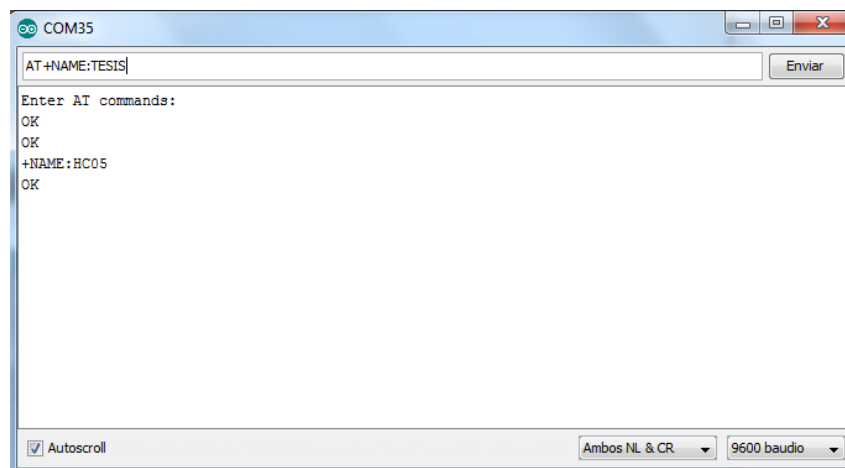


Figura IV-11: Cambiar nombre del HC 05.

Fuente: Los Autores.

Luego se presiona la tecla *ENTER* y para saber que esta bien ingresado sale un mensaje donde se confirma el nombre ingresado, seguido de la palabra OK.

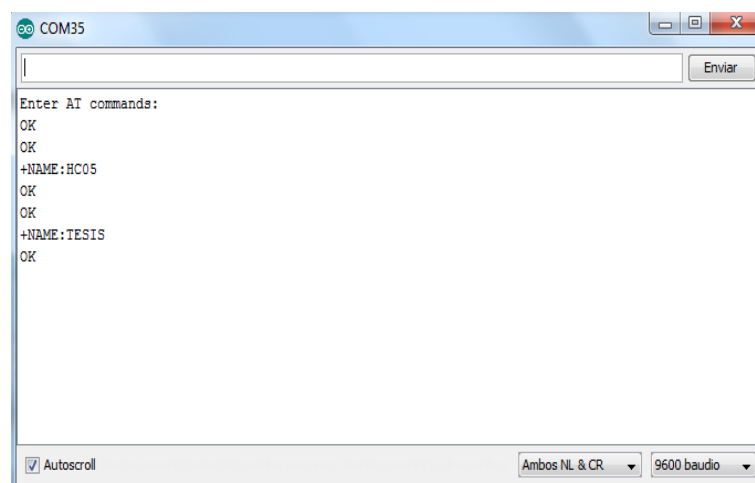


Figura IV-12: Confirmación nombre del HC 05.

Fuente: Los Autores.

A continuación se averiguará los baudios de la comunicación, para ello se debe ingresar el código AT+UART?

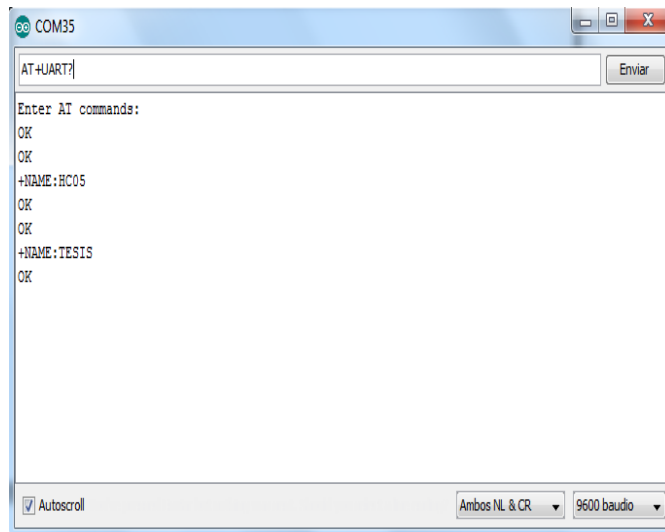


Figura IV-13: Preguntar baudios del HC 05.

Fuente: Los Autores.

Después se presiona la tecla *ENTER* y nos responde con los baudios que esta configurado el dispositivo bluetooth por default.

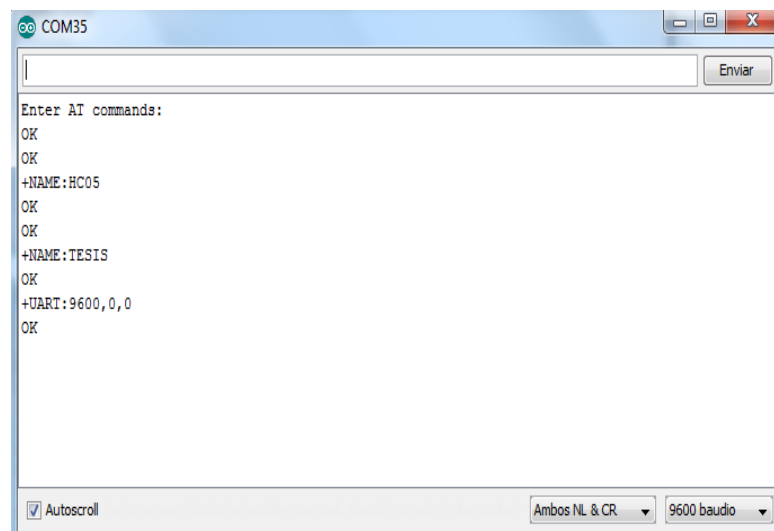


Figura IV-14: Respuesta baudios del HC 05.

Fuente: Los Autores.

También es necesario conocer la clave que viene para emparejarse con algún otro dispositivo; entonces se debe ingresar el código AT+PSWD?

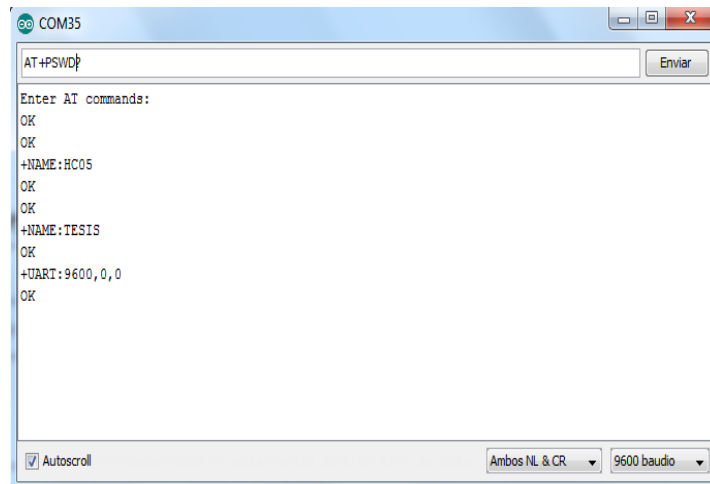


Figura IV-15: Preguntar clave del Bluetooth.

Fuente: Los Autores.

En seguida se presiona la tecla *ENTER* y responde mostrando la clave:

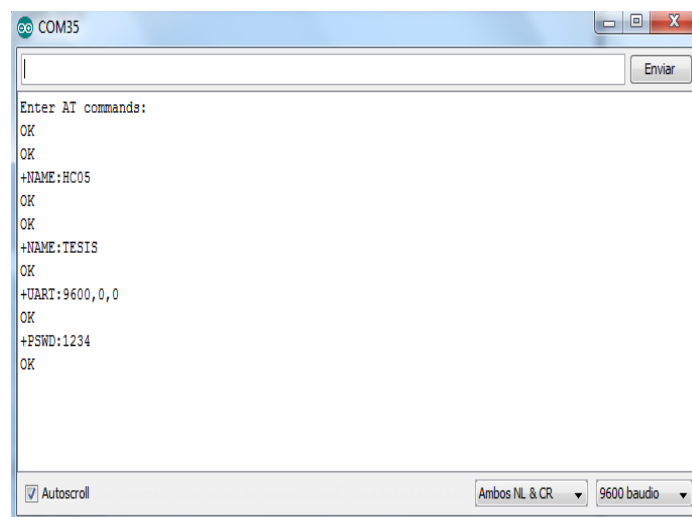


Figura IV-16: Respuesta clave del Bluetooth.

Fuente: Los Autores.

Luego se debe configurar para que en esta ocasión el módulo bluetooth sea esclavo, pero antes preguntaremos como se encuentra por default y para ello se debe ingresar AT+ROLE? y luego presionamos ENTER.

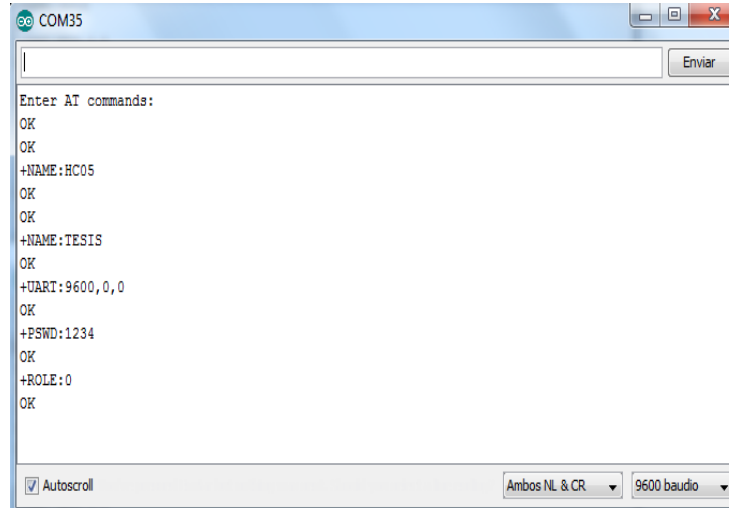


Figura IV-17: Preguntar si es esclavo el HC 05.

Fuente: Los Autores.

Por último para realizar un emparejamiento también es necesario conocer la MAC que trae consigo el HC 05; para ello se debe poner AT+ADDR? y presionar la tecla *ENTER*.

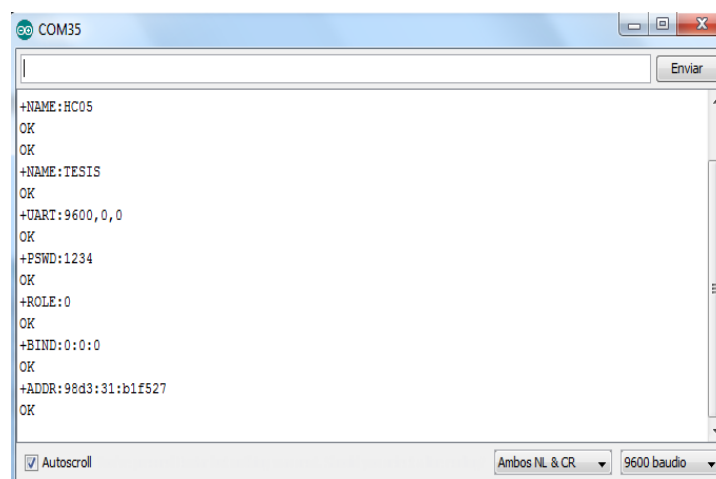


Figura IV-18: Preguntar la Mac del Bluetooth.

Fuente: Los Autores.

Con esto ya se tiene configurado el módulo Bluetooth HC 05 como esclavo con los baudios necesarios, la contraseña y la MAC para poder emparejar a cualquier dispositivo. Luego se desconecta de la computadora el Arduino y como ya tenemos la programación grabada en la placa y configurado el módulo, se procede a diseñar la aplicación para un dispositivo Android.

4.5. PROGRAMACIÓN EN APP INVENTOR.

Primero para poder acceder al entorno de programación de App inventor, ya se debe tener una cuenta en Gmail porque es un requisito de Google para poder acceder a este software. Algo muy importante de conocer es que este software solo es online así que es necesario tener acceso a internet.

A continuación se presenta el entorno de programación:

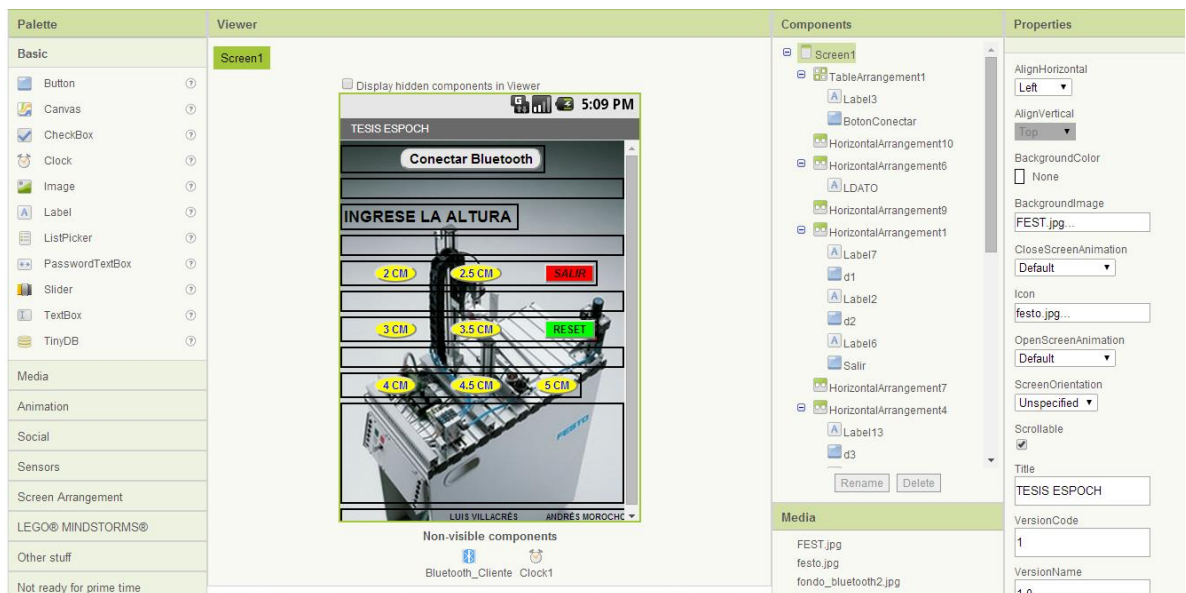


Figura IV-19: Entorno de programación de APP Inventor.

Fuente: Los Autores.

Luego como se puede ver en la parte izquierda están todos los objetos como button, label, bluetooth, etc. Se debe crear una aplicación como la siguiente o de acuerdo a las necesidades de cada persona. La opción del bluetooth client sirve para comunicarse con el HC 05.

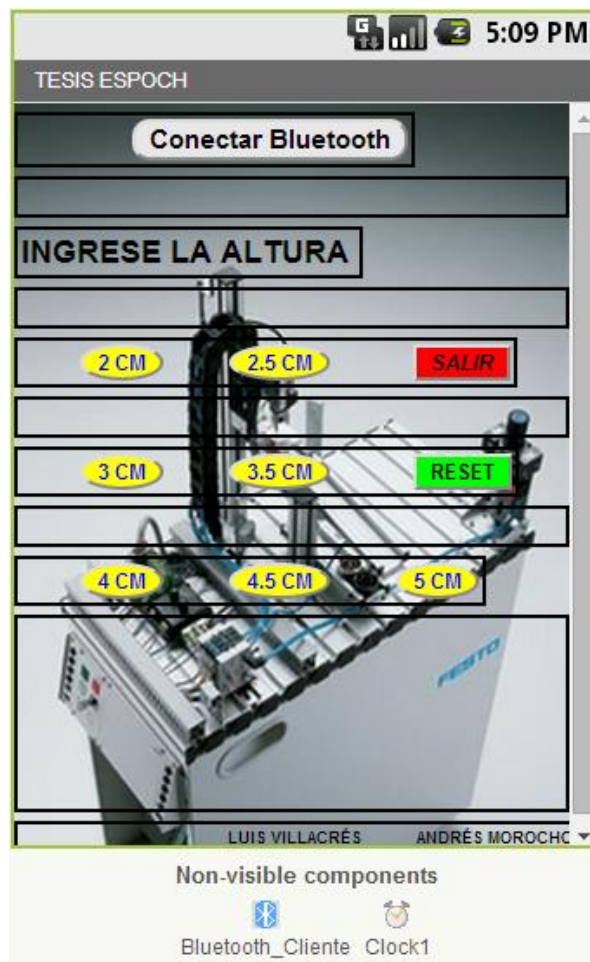


Figura IV-20: Ventana de la aplicación para el sistema Android.

Fuente: Los Autores.

Luego se da clic en el bloque para abrir la ventana de programación que es en java por eso es necesario tener una actualización de java en el computador, caso contrario no se puede abrir este entorno. Cuando se pulsa en el bloque

siempre se descarga un programa y éste es el que permite programar la aplicación para Android.

Como se presenta en la imagen la programación es con bloques y no con líneas de códigos como era en el Arduino, aquí ya se encuentran todos los objetos sacados en la ventana principal de la aplicación.

Primero se debe crear una variable donde se va almacenar la MAC del bluetooth HC 05, así como se presenta a continuación:



Figura IV-21: Variable con la Mac del HC 05.

Fuente: Los Autores.

Después se puede programar la inicialización de la pantalla, para ello es necesario tener en cuenta que si todavía no se ha podido establecer una conexión con el bluetooth HC 05 se debe desactivar el resto de botones para que la aplicación no se cuelgue y evitar así futuros inconvenientes.

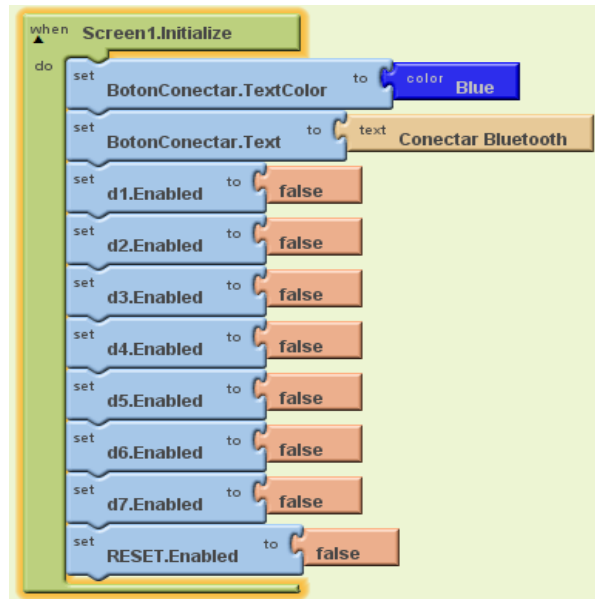


Figura IV-22: Pantalla de inicialización de la aplicación móvil.

Fuente: Los Autores.

Enseguida se recomienda programar el botón conectar y es aquí donde se puede ya activar los demás botones.

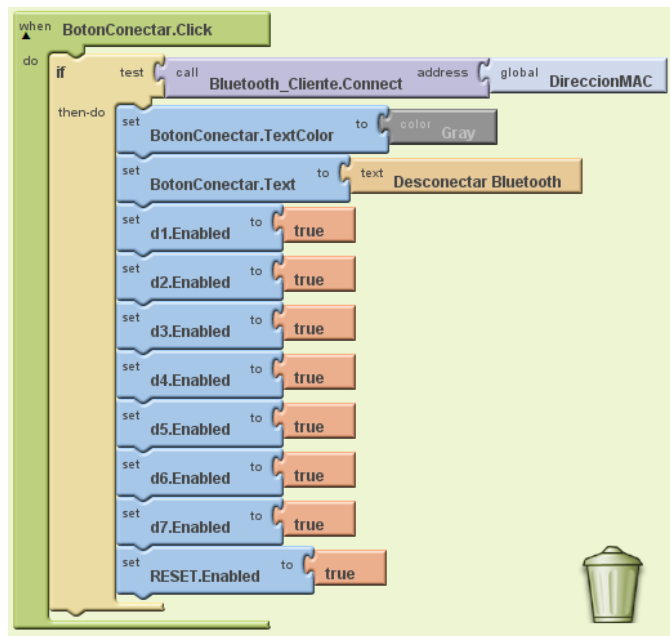


Figura IV-23: Configuración para conectar la aplicación móvil.

Fuente: Los Autores.

También se necesita saber como desconectar algún dispositivo con el HC 05 y para esto se programa con el mismo botón con la diferencia que se debe tener pulsado por un cierto tiempo.

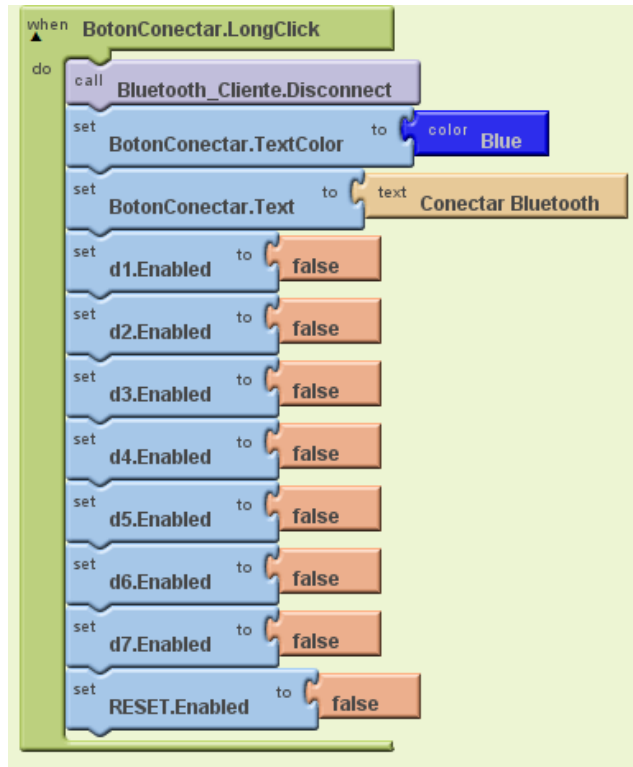


Figura IV-24: Configuración para desconectar la aplicación móvil.

Fuente: Los Autores.

Se procede también a programar el botón reset.

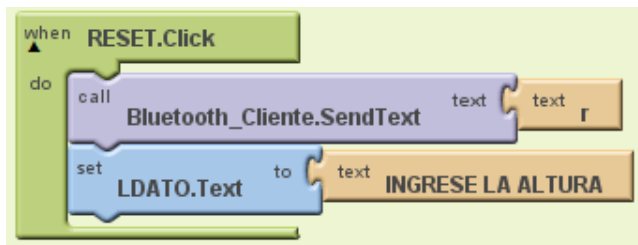


Figura IV-25: Botón reset de la aplicación móvil.

Fuente: Los Autores.

Luego se configurará el botón salir para cuando se desee cerrar la aplicación.



Figura IV-26: Botón salir de la aplicación móvil.

Fuente: Los Autores.

Para enviar los datos desde el dispositivo Android hacia el Arduino, se debe programar los botones de la siguiente manera.

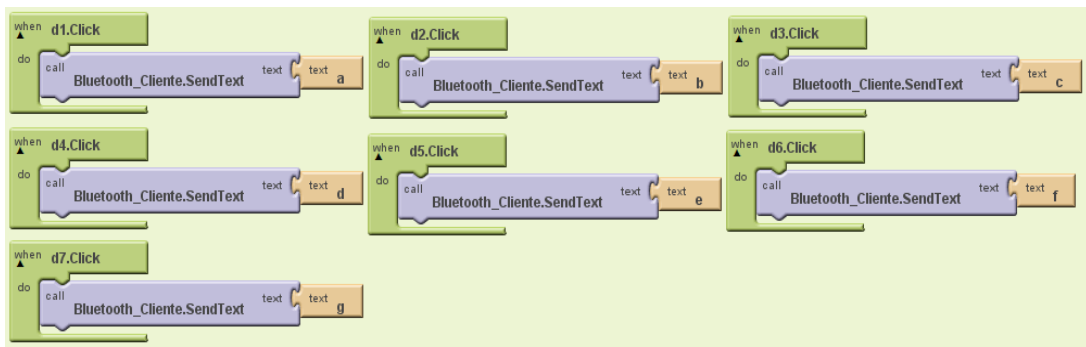


Figura IV-27: Enviar datos desde la aplicación móvil al Arduino.

Fuente: Los Autores.

Para recibir los datos que envía el Arduino al dispositivo Android se debe programar de la siguiente manera con un clock que va a estar leyendo cada cierto tiempo automáticamente si llega algún dato desde la placa.

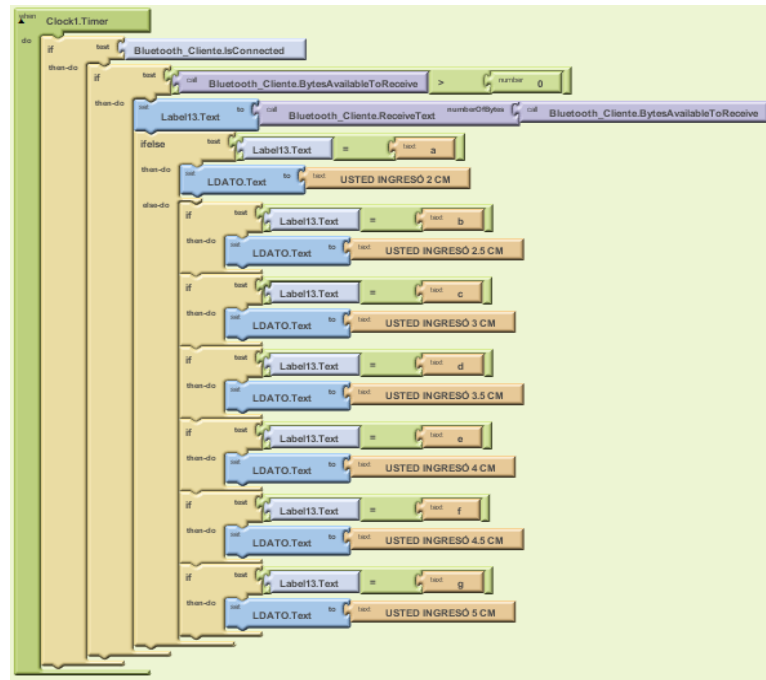


Figura IV-28: Recibir datos desde el Arduino en el dispositivo móvil.

Fuente: Los Autores.

Por último, una vez programado todos los botones deben quedar de la siguiente manera:

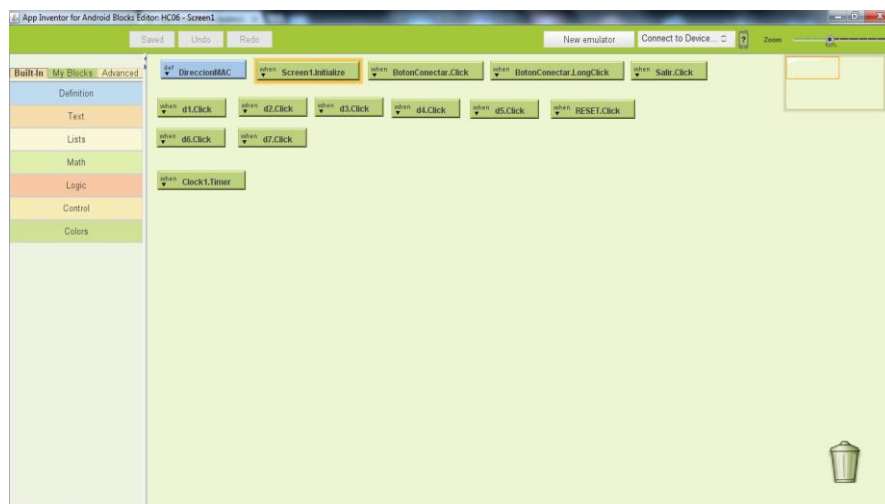


Figura IV-29: Programación completa de la aplicación móvil.

Fuente: Los Autores.

Para instalar en algún dispositivo Android, se necesita ir a la pantalla principal para descargar el archivo **.apk** en el computador y es este archivo el que permite instalar la aplicación en cualquier celular o tableta que funcione con el sistema operativo Android.

4.6. PROGRAMACIÓN HTML.

Para el diseño de la página web es necesario tener un breve conocimiento de la programación HTML, ya que éste es su lenguaje de programación. Por esta razón se realizará una pequeña explicación acerca de lo mencionado.

1. Se inicia un programa de la siguiente manera: `<html>`
`<body>....</body></html>`

2. Para un color de fondo: `<body bgcolor=#0000ff>`. Los colores que se pueden elegir son los siguientes:

- **Red** rgb=#FF0000
- **Green** rgb=#00FF00
- **Blue** rgb=#0000FF
- **Magenta** rgb=#FF00FF
- **Cyan** rgb=#00FFFF
- **Yellow** rgb=#FFFF00
- **Black** rgb=#000000
- **Aquamarine** rgb=#70DB93
- **Baker's Chocolate** rgb=#5C3317

3. Para poner títulos, centrarlos y cambiar el tamaño, y color de las letras se pone de la siguiente manera: `<h2 align='center'>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE`

`CHIMBORAZO</h2>`. Donde h1 es la letra más grande y h7 es la más pequeña.

4. Para poner una imagen en el centro de la página y modificar su tamaño se debe insertar el siguiente código: `<p align= 'center'></p>`. La URL pertenece a la dirección en donde se encuentra dicha imagen en la web.

5. Para crear un botón, insertar un texto y determinar que realice alguna acción se debe poner siguiente código: `<button onClick= location.href= './?LED=a\' style= 'margin:auto;background-color: #84B1FF;color: snow;padding: 10px;border: 1px solid #3F7CFF;width:65px;'>`. Además como se puede ver también se modifica el tamaño del botón, el color de fondo del botón y el color de las letras del botón.

Con estos cinco puntos se puede realizar la programación para una página web sencilla pero muy funcional. Ahora es muy importante que cada línea de código para ser escrita en el entorno de programación del Arduino se debe primero ingresar mediante la siguiente impresión: `client.println ("</html>");` mediante esta línea de código podemos insertar los textos, botones, colores e imágenes para el diseño de la página web.

CAPÍTULO V.

5. IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTACIÓN DE VERIFICACIÓN.

5.1. FUNCIONAMIENTO.

La función de la estación de verificación es identificar el color de la pieza, entre los colores a distinguir están el rojo y el negro, para lo cual utiliza un sensor óptico, previamente se determina la presencia y ausencia de la pieza en la plataforma de elevación mediante la utilización de un sensor capacitivo.

Si el color de la pieza es del parámetro que se estableció previamente, el proceso que se debe ejecutar a continuación es la medición de la altura, la medición de altura de la pieza está a cargo del módulo de medición, el mismo que consiste de un sensor ultrasónico, un microcontrolador (PIC), un display el cual permite visualizar la programación de la variable altura que se requiere y que al momento de la ejecución o puesta en marcha de la estación de verificación permite

observar un mensaje que advierte si la pieza cumple o no con la altura necesaria para que continúe a la siguiente estación de trabajo.

El módulo de medición envía una señal de 24Vcd a una entrada del PLC (TWD CDA24DRF), el cual debe accionar la válvula del cilindro B que permite que se eleve la plataforma, al encontrarse la plataforma a la altura máxima el módulo de medición es el encargado de determinar si altura de la pieza es la correcta. Si la altura de la pieza es la correcta, el siguiente paso a seguir consiste en expulsar la pieza a través de la rampa superior, para lo cual se acciona un cilindro lineal de doble efecto, después de un tiempo el vástago del cilindro lineal regresa a su posición retraída y la plataforma desciende regresando a su estado original a la espera de que se alimente el proceso con otra pieza a la que se le verificará sus parámetros de color y altura.

Al contrario si se ha evaluado la pieza y esta tiene una altura incorrecta a la preestablecida, la plataforma debe descender tras la activación de la válvula correspondiente para esta acción, una vez que ha llegado a la parte inferior del cilindro sin vástago, se procede a expulsar la pieza defectuosa a través de la rampa inferior.

5.1.1. DATOS TÉCNICOS.

- Presión de funcionamiento: 600 kPa (6 bar).
- Tensión de Alimentación: 24 Vcd.
- 10 entradas digitales.
- 8 salidas digitales.

5.2. MÓDULOS QUE CONFORMAN LA ESTACIÓN DE VERIFICACIÓN.

5.2.1. MÓDULO DE DETECCIÓN.

El módulo de detección es el encargado de determinar la presencia, ausencia y el color de la pieza en la plataforma de elevación, por lo que comprende de dos sensores diferentes.

1. Sensor óptico (MHT15-P2347).



Figura V-1: Imagen sensor óptico MHT15-P2347.

Fuente: Los Autores.

2. Sensor capacitivo (CM18-12NPP-KW1).



Figura V-2: Imagen sensor capacitivo CM18-12NPP-KW1.

Fuente: Los Autores.

Datos técnicos del módulo de detección:

- Alimentación: 24Vcd.
- Salidas: sensores PNP, normalmente abiertos.
- Cable de conexión: sensor capacitivo 5 hilos, sensor óptico 3 hilos.

Distancia nominal de conmutación de los sensores del módulo de detección:

Sensor capacitivo: 2 – 12 mm (ajustable).

Sensor óptico: 10 – 350 mm (ajustable).

5.2.2. MÓDULO DE MEDICIÓN.

El módulo de medición consiste en un sensor ultrasónico que se alimenta con 5Vcd desde la placa electrónica ubicada en el panel principal, además a esta placa llega desde el sensor un cable de color negro, este cable lleva la lectura del sensor, señal que es procesada por el PIC, la placa electrónica consta de: un display (16x2), un microcontrolador PIC, regulador de voltaje (LM7805), resistencias, borneras de conexión, condensadores, cristal de cuarzo (4 MHz), pulsadores que permiten la programación del parámetro altura, y también se ha utilizado un relé electromecánico como interfaz entre el microcontrolador y el PLC, ya que es este último admite en sus puertos de entrada un voltaje de 24 Vcd como señal de activación.

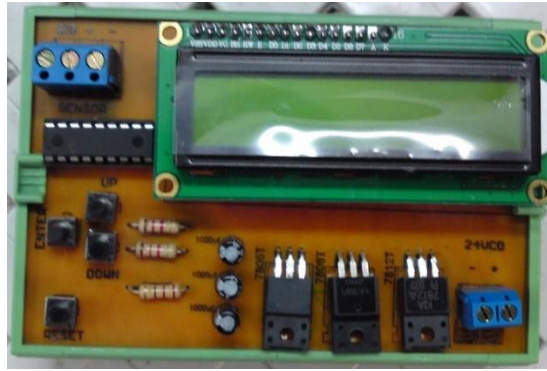


Figura V-3: Placa electrónica del módulo de medición.

Fuente: Los Autores



Figura V-4: Imagen de sensor ultrasónico Ping Parallax.

Fuente: http://mec-s1-p.mlstatic.com/modulo-sensor-ultrasonico-hc-sr04-arduino-pic-etc-564-MEC3319541821_102012-F.jpg

Datos técnicos del módulo de medición:

- Voltaje de alimentación: 5Vcd.
- Microcontrolador 16F628A con oscilador de cristal externo (4 MHz).
- Distancia nominal de conmutación: 2 – 300cm.
- Precisión de medición: 5mm.
- Margen de medición: 30mm.
- Entrada: señal analógica 0 – 5Vcd.
- Salida: 1 hilo, 24Vcd, contacto normalmente abierto.

5.2.3. MÓDULO DE RAMPA SUPERIOR E INFERIOR.

El módulo que se describe a continuación está conformado por dos rampas de aluminio sostenidas por una platina con forma de L, la rampa superior es utilizada para dirigir las piezas que cumplen con los parámetros pre-establecidos en cuanto a color y altura hacia las siguientes estaciones que conforman la línea automatizada, la rampa inferior sirve como depósito para las piezas desechadas, al no haber cumplido con los parámetros ingresados por el operario o usuario de la estación.



Figura V-5: Imagen módulo de rampa superior e inferior.

Fuente: Los Autores.

Datos técnicos del módulo de rampa superior e inferior:

- Longitud de la rampa superior: 220 mm.
- Longitud de la rampa inferior: 185 mm.

5.2.4. MÓDULO ELEVADOR.

Su función es la de ascender y descender de acuerdo a los parámetros que previamente se han establecido, este proceso se realiza para poder disponer

de la pieza que ha sido evaluada, si las características de la pieza son correctas debe proceder a la siguiente estación de procesamiento a través de la rampa superior, mientras que si alguna de las características de la pieza es incorrecta, es decir, no cumple con las especificaciones, se debe desechar a través de la rampa inferior.

El módulo elevador está constituido de: un cilindro sin vástago (16x500mm), un cilindro de doble efecto (16x50mm), se utilizó el material Vitralbond (dos láminas de aluminio y un núcleo de polietileno con un espesor de 4mm) como soporte entre el cuerpo del cilindro sin vástago y la plataforma construida en material de aluminio.

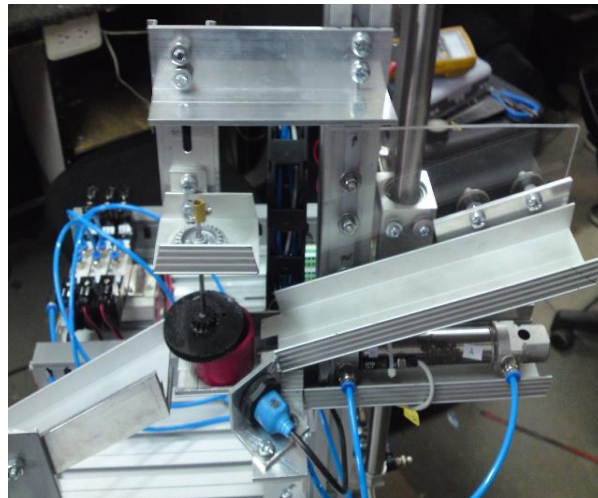


Figura V-6: Imagen del Módulo de Elevación.

Fuente: Los Autores.

Datos técnicos del módulo elevador:

- Altura del soporte: 700mm.
- Ancho de la plataforma: 240mm.
- Distancia de recorrido: 200mm.

CAPÍTULO VI.

6. COSTOS, PRUEBAS Y RESULTADOS.

6.1. COSTO DE LOS MATERIALES.

Tabla VI-1: Listado de precios.

LISTA DE PRECIOS ESTACIÓN DE VERIFICACIÓN			
MATERIALES	CANT.	P.U.	TOTAL
Trole	1	350	350
Tablero	1	100	100
Filtro regulador	1	90	90
Válvulas biestable	3	90	270
Base	1	87	87
Racores	10	1	10
Cilindro de 16x500	1	190	190
Cilindro de 12x50	1	98	98

Sensor magnético	1	68	68
Sensor monocromático	1	150	150
Sensor inductivo	2	100	200
Sensor capacitivo	1	160	160
Ultrasónico Ping Parallax	1	33	33
Cadena	1	130	130
Pulsadores	3	5	15
Lámparas	2	5	10
PLC TWDLCDA24DRF	1	400	400
Fuente de 24Vcd.	1	200	200
Accesorios	1	500	500
TOTAL			3061

Tabla VI-1: Listado de precios (continuación).

Fuente: Los Autores.

6.2. PRUEBAS Y RESULTADOS.

6.2.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Los resultados del módulo se deben comparar con el trabajador o trabajadora ya que no existe otra máquina para cotejar. En la demostración de la hipótesis se recogió los datos de un día laborable, que representan 8 horas reloj. Como se puede ver en la tabla, conforme pasan las horas la persona se cansa y reduce su ritmo de trabajo mientras que la máquina mantiene su eficiencia.

A continuación se tabularán los datos recolectados:

El análisis comparativo de las piezas producidas mediante parámetros preestablecidos optimizará la producción										
	TIPO DE PROCESO	Primera	Segunda	Tercera	Cuarta	Quinta	Sexta	Séptima	Octava	Final del día
		9:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	TOTAL
Día 1	Trabajo Máquina	361	361	362	362	363	361	360	360	2890
	Trabajo Hombre	375	300	240	200	367	290	212	180	2164

Tabla VI-2: Tabulación de datos muestrales.

Fuente: Los Autores.

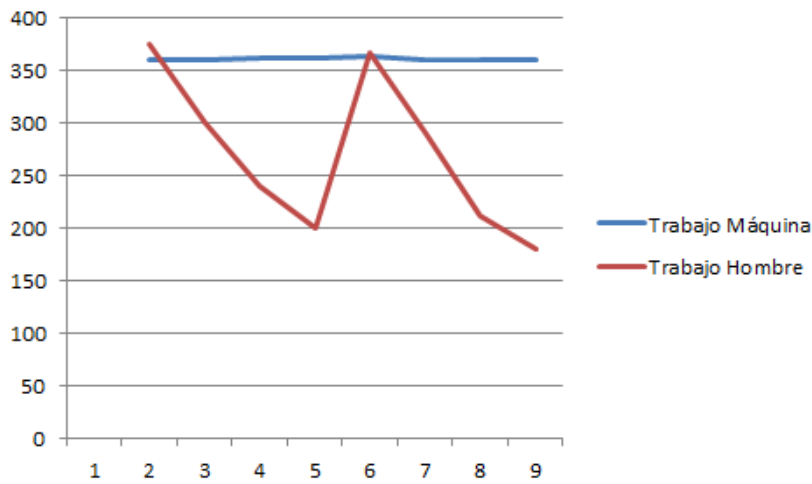


Figura VI-1: Datos muestrales Módulo vs Persona.

Fuente: Los Autores.

Con los datos ya tabulados se procedió a demostrar la hipótesis, se aplicó la distribución t de Student. Para ello se debe emplear la siguiente fórmula:

$$t = \frac{\bar{X} - \mu_{\bar{D}}}{S_{\bar{a}}}$$

Dónde:

- \bar{X} : es la media de las diferencias entre las observaciones relacionadas.
- $S_{\bar{a}}$: es el error estándar de la media.
- $\mu_{\bar{D}}$: es la media muestral.

Para calcular el error estándar de la media se emplea la siguiente fórmula:

$$S_{\bar{a}} = \frac{S_d}{\sqrt{n-1}}$$

Dónde:

- S_d : es la desviación estándar.
- n : es el número de observaciones.

Antes de realizar los cálculos definidos, se debe tener establecido la hipótesis nula y alternativa. Para el presente caso, es necesario tomar una hipótesis alternativa a una cola porque tenemos un proceso continuo y con un nivel de confianza del $\alpha=0,05$ que corresponde al 95%.

H_0 : El módulo de verificación evalúa el mismo número de piezas que la persona.

H_1 : El módulo de verificación evalúa más piezas que la persona.

A continuación se detallará en la tabla la diferencia entre la máquina y el ser humano.

No. Pruebas (n)	Humano (A)	Máquina (B)	D=B-A	$\mu_D = D_i - \bar{X}$	$(D - \bar{X})^2$
1	375	361	-14	-104,75	10972,56
2	300	361	61	-29,75	885,06
3	240	362	122	31,25	976,56
4	200	362	162	71,25	5076,56
5	367	363	-4	-94,75	8977,56
6	290	361	71	-19,75	390,06
7	212	360	148	57,25	3277,56
8	180	360	180	89,25	7965,56
SUMA			726	0	38521,5

Tabla VI-3: Comparación de observaciones.

Fuente: Los Autores.

Como se tiene 8 muestras, resulta $n=8$ y los grados de libertad serían $GL=n-1=7$.

Para conocer el valor crítico de la distribución de Student se toma la intersección de los grados de libertad y el nivel de confianza a una cola dentro de la tabla. Por lo que se obtiene un valor crítico de 1,895.

Regla de decisión:

Se aceptaría el H_0 , es decir que el módulo y la persona evalúan la misma cantidad, si el valor de t a calcularse es menor que 1,895.

Para mayor facilidad los cálculos se realizaron en Excel y sólo se presenta en una tabla los valores obtenidos.

Media	$\bar{X} = \frac{\sum D}{n} =$	90,75
Desviación Estandar	$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{X})^2}{n - 1}} =$	74,18
Grados de libertad	$GL=n-1=$	7
Error estándar de la media	$S_{\bar{d}} = \frac{S_d}{\sqrt{n - 1}} =$	28,04
Nivel de significancia	$\alpha=0,05$	de una cola $t_{\alpha} = 1,895$
Estadístico de la prueba	$t = \frac{\bar{X} - \mu_D}{S_{\bar{d}}} =$	3,24

Tabla VI-4: Distribución t de Student.

Fuente: Los Autores.

Como el valor del estadígrafo t calculado es de 3,24 superior al 1,895 se desecha la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, la cual es que el módulo de verificación optimiza la producción evaluando más piezas que la persona.

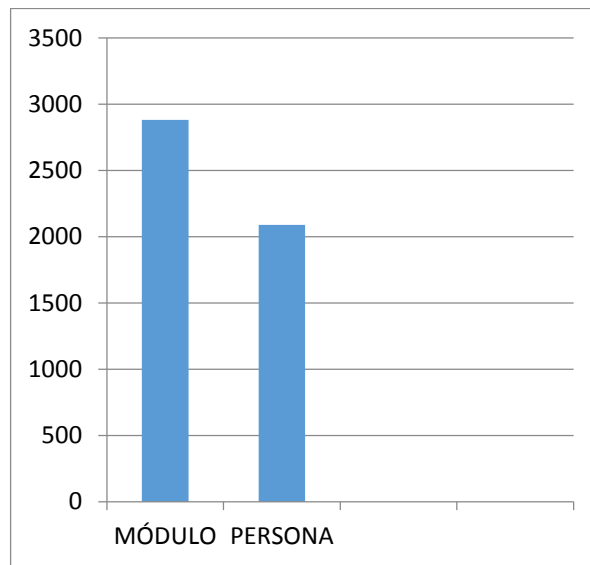


Figura VI-2: Barras de comparación Módulo vs Persona.

Fuente: Los Autores.

Como se puede observar el módulo realiza 726 piezas más que la persona en un día laborable. Lo que equivale a una eficiencia del 25,12%.

Concluyéndose que la hipótesis establecida durante este proyecto de tesis satisface el objetivo del mismo.

CAPÍTULO VII.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

7.1. CONCLUSIONES.

1. La estación de verificación permite a las personas interesadas en realizar prácticas en este módulo, observar el funcionamiento y la correcta conexión eléctrica de varios tipos de sensores, los mismos que pueden tener aplicaciones prácticas en los diferentes tipos de industrias.

2. La implementación de la estación de verificación se convierte en un gran aporte al estudio de la automatización industrial para las personas que realizaron algún tipo de práctica en este módulo, porque permite el desarrollo de conocimientos, habilidades y destrezas, mejorando su competitividad en el campo laboral.

3. El diseño de un HMI (interfaz humano máquina) que se apegue lo más posible a la realidad del proceso, especialmente cuando se encuentra en ejecución, permite al operario o responsable de la estación, el monitoreo y control de las diferentes acciones que se deben cumplir para llegar a la correcta finalización del proceso, en este caso la verificación de parámetros de la pieza.

4. Para la designación de la unidad de control se optó por escoger un controlador lógico programable (TWCA24DRF), ya que las características eléctricas y de funcionamiento cumplían con los requerimientos necesarios para ser utilizado en la estación de verificación, además el PLC permite tener un eficiente control sobre las acciones que son de su responsabilidad y también brinda un entorno de programación fácil y amigable para el programador.

5. La utilización de un sensor ultrasónico y de la respectiva electrónica para acondicionar la señal de voltaje necesario en la entrada del PLC, forman en conjunto el módulo de medición, el mismo que no ha tenido ningún inconveniente al momento de su funcionamiento y al instante de la activación de la entrada del PLC, la comparación se lleva a cabo mediante previa programación del microcontrolador, los valores a comparar son la señal que entrega el sensor ultrasónico a un puerto de entrada del microcontrolador y el valor de la altura programada como parámetro preestablecido.

6. La verificación de los parámetros altura y color de las piezas producidas necesarias para continuar con el proceso de producción, en las siguientes estaciones de trabajo dentro de una línea automatizada, ha disminuido el desperdicio de materiales de producción y de uso de horas máquina en casi su totalidad, al desechar las piezas que no han cumplido con los requerimientos que se han establecido con anterioridad para la fabricación del producto.

7. La selección y dimensionamiento de las partes que conforman la estructura de la estación de verificación, así como de los componentes, elementos y dispositivos, tanto eléctricos como neumáticos, se debe dar previa obtención de información y estudio de las características mecánicas, eléctricas y neumáticas, de cada una de las partes y elementos requeridos en la implementación de la estación de verificación, también es necesario elaborar un análisis del aspecto económico para optimizar el uso de los recursos materiales y de efectivo con los que se cuenta para la realización del proyecto.

7.2. RECOMENDACIONES.

1. Identificar de manera clara los pasos que debe seguir o realizar la estación de verificación facilitará el diseño del GRACET y construcción del LADDER, para su posterior programación en el software TwidoSuite de Telemecanique.

2. La utilización de un software CAD (diseño asistido por computadora) especializado que permita obtener un diseño conforme a las necesidades del proceso a ejecutarse, facilite el modelado de la piezas, brinde la posibilidad de realizar ensambles de la piezas construidas para tener una visión a futuro del conjunto, posibilite la extracción de planos técnicos como información necesaria para la producción de la estación, convierte la ejecución del proyecto en más rentable y optimiza el tiempo en su implementación.

3. La presión de aire recomendada para el correcto desempeño de los componentes neumáticos de la estación de verificación es de 6 bar, de esta manera se logra proteger la integridad y alargar la vida útil de los elementos del sistema neumático.

4. La ejecución de un mantenimiento preventivo cada cierto intervalo de tiempo que puede ser de 3 meses, ayudará a mantener en perfectas condiciones el sistema eléctrico y neumático, evitando posibles fallas en la ejecución del proceso, y cuidando la integridad tanto de la estación como de los estudiantes que realizan prácticas de laboratorio.

5. El sistema neumático es de vital importancia para el correcto desempeño de la estación de verificación, ya que de este sistema depende casi la totalidad del proceso, por lo que es trascendental el buen estado de la unidad de mantenimiento cuya función es la de proveer de aire libre de impurezas (polvo, agua, aceite, etc.) al circuito neumático, pudiendo así prevenir posibles desperfectos en los varios componentes neumáticos.

6. Para poder seleccionar, dimensionar e implementar los diferentes elementos que forman parte del sistema eléctrico o neumático, es necesario conocer sus características tanto eléctricas como mecánicas, para ello se convierte en parte importante del proyecto el trabajo de recopilación de información, la que es de gran ayuda al momento de realizar las conexiones eléctricas o neumáticas de manera correcta, evitando causar posibles daños a los diferentes elementos, lo que puede implicar gastos innecesarios.

7. Antes de realizar cualquier práctica por parte de los estudiantes, se recomienda que revisen el manual de usuario y el manual técnico (de errores y averías), en los cuales encontrarán respuestas a diferentes interrogantes acerca del funcionamiento y además se ha recopilado soluciones a posibles averías que se puedan presentar en la estación de verificación, convirtiendo a estos documentos en parte indispensable para llevar a cabo satisfactoriamente prácticas de laboratorio por quienes se encuentren interesados en ampliar sus conocimientos y habilidades dentro del campo de la automatización.

RESÚMEN.

Se diseñó y construyó un equipo didáctico para contribuir en el aprendizaje de estudiantes de la Escuela de Ingeniería en Electrónica, Control y Redes Industriales, ESPOCH.

Este equipo se utiliza para verificar parámetros de altura y color de piezas que sirven para fabricar manómetros. Se utilizó el método inductivo para: el conocimiento de los programas Solidworks y Fluidsim y para la operación de los sensores monocromático y ultrasónico, que permiten identificar color y altura de piezas a evaluar, el método experimental se aplicó para verificar el funcionamiento del equipo. La estructura de la máquina es de aluminio; la comunicación entre los actuadores y sensores se logra con las placas electrónicas de I/O y es monitoreada por el sistema SCADA realizado en Lookout 6.6; los parámetros de color y altura de las piezas pueden ser ingresadas desde Ethernet, desde un dispositivo Android o por teclado.

Se comparó el proceso del equipo con el trabajo humano, donde la máquina se demoró 10 segundos en evaluar una pieza y en 8 horas laborables logró evaluar 2880 piezas, mientras que, una persona en el mismo tiempo, analiza 2096 piezas. Observándose una eficiencia de 25.12% trabajo-máquina respecto al trabajo del ser humano.

Por la eficiencia lograda en el módulo podría proyectarse a un proceso industrial, recomendándose la utilización del mismo en el aprendizaje de los estudiantes de la escuela.

ABSTRACT.

It was built and designed didactic equipment for teaching students of the school of Electronic Engineering, Control and Industrial Networking, ESPOCH.

This equipment is used to check parameters of height and color of parts used to manufacture manometers. The inductive method was used for: knowledge of SolidWorks and FluidSim programs and the operation of the monochromatic and ultrasonic sensors, which identify color and height of pieces to evaluate; the experimental method was used to verify the performance of the equipment. The machine structure is made of aluminum; communication between sensors and actuators is accomplished with I/O electronic boards and is monitored by SCADA system in Lookout 6.6; parameters of color and height of pieces can be entered from Ethernet, from an Android device or by keypad.

Equipment process was compared with human labor, where the machine took 10 seconds to evaluate a pieces and 8 working hours manages to evaluate 2880 pieces, while a person at the same time, analyzed 2096 pieces.

Observing an efficiency of 25.12% working-machine compared to human labor.

For the efficiency achieved in the module, it could be projected to an industrial process recommending the use of it, in student learning of the school.

ANEXOS.

ANEXO 1.
MANUAL DE USUARIO.

ANEXO 2.
MANUAL DE ERRORES Y AVERÍAS.

ANEXO 3.

**Diseño de la estructura de la estación de verificación en
SolidWorks.**

ANEXO 4.

**Especificaciones técnicas de los dispositivos que componen la
estación de verificación.**

ANEXO 5.

Diseño de placas de circuito impreso.

ANEXO 6.

Programación del PLC en lenguaje LADDER.

ANEXO 7.

Tabla de la distribución t de Student.

BIBLIOGRAFÍA.

1. ARDUINO MEGA 2560.

Dirección URL:

<<http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega2560>>.

[Consulta: 28 Abril 2014].

2. BLUETOOTH MODBUS ADAPTER VW3A8114.

Dirección URL:

< http://download.schneider-electric.com/files?p_File_Id=27613586&p_File_Name=USB_Bluetooth_Adapter_1629225_06.pdf>.

[Consulta: 28 Marzo 2014].

3. CILINDRO DE DOBLE EFECTO.

Dirección URL:

<http://es.airtac.com/pro_det.aspx?c_kind=4&c_kind2=19&c_kind3=41&c_kind4=52&c_kind5=111&id=50>.

[Consulta: 17 Marzo 2014].

4. CILINDRO SIN VÁSTAGO.

Dirección URL:

<http://es.airtac.com/pro_det.aspx?c_kind=4&c_kind2=19&c_kind3=41&c_kind4=54&c_kind5=144&id=7>.

[Consulta: 17 Marzo 2014].

5. DIMENSIONAMIENTO DE ACTUADORES NEUMÁTICOS.

Dirección URL:

<http://www.ehu.es/manufacturing/docencia/361_ca.pdf>.

[Consulta: 17 Marzo 2014].

6. ELECTRONEUMÁTICA.

Dirección URL:

<<http://fundamentacionneumatica.wikispaces.com/Electroneumatica>>.

[Consulta: 25 Marzo 2014].

7. ESTACIÓN DE VERIFICACIÓN.

Dirección URL:

<<http://www.festo-didactic.com/mx-es/learning-systems/mps-sistema-de-produccion-modular/estaciones/estacion-de-verificacion-enfocada-a-sensores.htm?fbid=bXguZXMuNTY0LjE0LjE4LjYwNi4zOTQ0>>.

[Consulta: 05 Marzo 2014].

8. INTERFAZ HUMANO- MÁQUINA.

Dirección URL:

<<https://www.automationdirect.com/static/manuals/lkdgsgmsp/lkdgsgmsp.pdf>>.

[Consulta: 17 Abril 2014].

9. MANUFACTURA ESBELTA.

Dirección URL:

<http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/manufacturaesbelta/default.asp>.

[Consulta: 11 Marzo 2014].

Dirección URL:

<http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m4/manufactura%20esbelta.pdf>.

[Consulta: 11 Marzo 2014].

10. MÓDULO ARDUINO SHIELD ETHERNET.

Dirección URL:

<<http://arduino.cc/en/Main/ArduinoEthernetShield>>.

[Consulta: 02 Mayo 2014].

11. MÓDULO BLUETOOTH HC-05.

Dirección URL:

<<http://es.scribd.com/doc/216477860/More-Powerful-Serial-Port-Bluetooth-Module-MasterSlave>>.

[Consulta: 03 Mayo 2014].

12. PAZMAY, G., Guía práctica para la elaboración de tesis y trabajos de investigación. Primera ed., Riobamba-Ecuador., Pedagógica Freire., s.f., 108 p.

13. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC).

Dirección URL:

<<http://www.schneider-electric.com/products/es/es/3900-pac-plc-y-otros-controladores/3920-controladores--plc--para-maquinas-comerciales/533-twido/>>.

[Consulta: 27 Marzo 2014].

14. SENSOR CAPACITIVO.

Dirección URL:

<<http://www.sickautomation.ru/images/File/pdf/DIV01/cm18.pdf>>.

[Consulta: 28 Marzo 2014].

Dirección URL:

<<https://www.mysick.com/saqqara/im0007059.pdf>>.

[Consulta: 28 Marzo 2014].

15. SENSOR ÓPTICO.

Dirección URL:

<<http://www.sickautomation.ru/images/File/pdf/MHT15.pdf>>.

[Consulta: 04 Marzo 2014].

16. SOCIEDAD THOMSON-PARANINFO., Neumática., 2da. ed., Madrid-España., SMC España., 2003, pp. 1- 135.

17. TERMINAL I/O SYSLINK.

Dirección URL:

<http://kksfns.ru/public/Festo_Disc/ENGLISH/09_SORTING/DATA_SHEETS/034035_IO_TERMINAL.PDF>.

[Consulta: 04 Marzo 2014].

18. UNIDAD DE MANTENIMIENTO.

Dirección URL:

<<http://es.airtac.com/upload/201403310907244876.PDF>>.

[Consulta: 21 Marzo 2014].

19. URQUIZO, A., Cómo realizar la tesis o una investigación., Primera ed., Riobamba-Ecuador., Gráficas Riobamba., 2005, pp. 20-40.

20. VÁLVULAS NEUMÁTICAS.

Dirección URL:

<<http://es.airtac.com/upload/201403250243043536.PDF>>.

[Consulta: 22 Marzo 2014].