

MÓDULO DIDÁCTICO DE ENVASADO, TAPADO Y ETIQUETADO CONTROLADO POR DAQ PARA EL LABORATORIO DE MECATRÓNICA DE LA UTN.

Subía Estévez Gilmar Alejandro.
gilmarsuba@yahoo.com
Universidad Técnica del Norte

Resumen—se presenta un módulo didáctico compacto y funcional de envasado de líquidos, tapado y etiquetado controlado por DAQ (Tarjeta de Adquisición de Datos), se lo ha dividido en tres etapas o sistemas: 1) Etapa de Dosificado, 2) Etapa de Tapado, 3) Etapa de etiquetado; por medio de una banda transportadora el envase de vidrio será conducido por cada una de las etapas hasta finalizar el proceso, las etapas además cuentan con sensores y actuadores que cumplen funciones específicas. Los sensores foto eléctricos detectan el paso del envase y lo posicionan en el sitio exacto para realizar las diferentes acciones que demanda el proceso. En la etapa de tapado intervienen dos cilindros neumáticos, antes de esto se procede a poner las tapas sobre el envase mediante la activación de un motor eléctrico el cual empuja las tapas hacia el envase. La etapa de etiquetado consta de un motor y ejes de tensado de la etiqueta, con el paso del envase el sensor foto eléctrico da la señal para que el motor gire manteniendo la etiqueta tensada y permitiendo que esta se adhiera al envase. El módulo también cuenta con un HMI, para el monitoreo, supervisión y control de los procesos con la ayuda del software Labview. Además de contar con un tablero de control el cual cuenta con elementos de control manual como pulsadores de START, STOP y paro de emergencia.

Índice de Términos—Modulo didáctico, DAQ (Tarjeta de Adquisición de Datos). HMI (Interfaz Hombre Máquina)

I. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

En la actualidad los módulos didácticos que simulen procesos industriales ayudan a los estudiantes a realizar prácticas de automatización industrial, instrumentación y control permitiendo un mayor aprendizaje y generando nuevas destrezas en el manejo de los elementos que intervienen en el módulo. Con la implementación de este módulo didáctico para prácticas de automatización industrial el aprendizaje de los estudiantes será mucho más efectivo ya que el conocimiento adquirido se complementara con la parte práctica.

Se lo ha dividido en tres etapas o sistemas: 1) Etapa de Dosificado, 2) Etapa de Tapado, 3) Etapa de etiquetado; por medio de una banda transportadora el envase de vidrio será

conducido por cada una de las etapas hasta finalizar el proceso, las etapas además cuentan con sensores y actuadores que cumplen funciones específicas. La etapa de dosificado consta principalmente de una bomba dosificadora de líquidos que tiene una capacidad de dosificado de 7 onzas Líquidas por ciclo, traducidas a litros equivale a 0,2070147, que se depositan en el envase de vidrio. Los sensores foto eléctricos detectan el paso del envase y lo posicionan en el sitio exacto para realizar las diferentes acciones que demanda el proceso. En la etapa de tapado intervienen dos cilindros neumáticos A y B. El cilindro B realiza la operación de bloqueo del envase para dejarlo en posición para que el cilindro A se active y proceda a tapar el envase, antes de esto se procede a poner las tapas sobre el envase mediante la activación de un motor eléctrico el cual empuja las tapas hacia el envase. La etapa de etiquetado consta de un motor pequeño y ejes de tensado de la etiqueta, con el paso del envase el sensor foto eléctrico da la señal para que el motor gire manteniendo la etiqueta tensada y permitiendo que esta se adhiera al envase. El control de las etapas antes señaladas se lo realiza con la utilización de la placa Arduino Mega como tarjeta de adquisición de datos, la cual procesa las señales tanto de entrada como de salida. El módulo también cuenta con un HMI, para el monitoreo, supervisión y control de los procesos con la ayuda del software Labview. Además de contar con un tablero de control el cual cuenta con elementos de control manual como pulsadores de START, STOP y paro de emergencia.

II. DESARROLLO DE CONTENIDOS

A. Selección de elementos constitutivos

1) *banda transportadora*: sirve como soporte de todos los elementos que intervienen en el módulo didáctico. Se debe tomar en cuenta que la estructura debe soportar cargas tanto del material que en este caso viene a ser el líquido, rodillos, tensores, elementos de sujeción, elementos eléctricos, electrónicos, electro neumáticos y demás. El perfil de acero es el más utilizado en la construcción de la estructura de una banda transportadora que es unida rígidamente a patas elaboradas del mismo material, además de los diferentes bastidores para la sujeción del resto de elementos. El perfil permite la colocación los apoyos para los rodamientos de los rodillos, elementos tensores de los mismos. Esta estructura es el soporte es donde se van a adaptar los demás elementos para completar la cadena cinemática la cual va a ser la encargada

de transportar los envases por los diferentes sistemas del módulo.

Para la estructura de la banda transportadora se ha seleccionado un tubo estructural rectangular galvanizado NTE 2415 de 2.0 mm de espesor.

Las características mecánicas que este tipo de tubería son:

- Límite de fluencia mínima: 270 MPa.
- Resistencia a la tracción mínima: 310 MPa.
- Elongación máxima: 25^A.

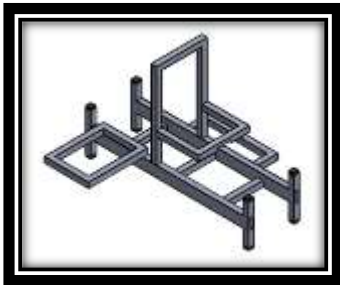


Figura 1: Estructura banda transportadora

2) *rodillos*: Los rodillos son los encargados de transmitir el movimiento del motor permitiendo que la cinta transportadora gire. Para ello se requiere de dos rodillos un motriz que transmite el movimiento y un rodillo tensor que se encuentra al otro extremo de la estructura y sirve para el tensado de la cinta. La resistencia a la tracción de los rodillos según el material es de “83 N/mm²”, y tiene una masa de 332.88 gramos:

Los rodillos deben deben resistir al agua y una buena superficie de contacto para una mejor tracción.



Figura 2: Rodillo con recubrimiento de caucho

3) *cinta transportadora*: En vista de que el material o elemento a transportar es un envase de vidrio de 6,5cm de diámetro, pero para dar una mayor superficie de contacto y así una mejor tracción, se toma las medidas del rodillo para que la cinta quede alineada con el borde del tambor de los rodillos. Las dimensiones de la cinta transportadora son de 11 cm de ancho por 1.70m de largo; está fabricado de una lona doble vulcanizada lo que aumenta su resistencia a la tensión, este es un material fácil de conseguir tanto por su costo que bordea aproximadamente los \$7,00 por metro, así como por los lugares donde lo expenden y el envase se ajusta bien a la superficie de contacto para su correcto transporte. El Duraflex o lona ofrece una “resistencia a la tracción en trama de 36

kg/cm y en urdimbre de 40 kg/cm bajo Norma ASTM D5035-95 (Kg/Cm).

3) *rodamientos*: Los rodamientos se seleccionan directamente según el tamaño del eje de los rodillos, también se considera los esfuerzos radiales, así también se toma en cuenta la fuerza que ejercen los rodillos de la banda transportadora, el tiempo de uso medido en horas y además de la disponibilidad en el mercado, que son los factores a considerar para la selección de un rodamiento.

$$\begin{aligned} \text{Peso rodillo} &= 0.333 \text{ [Kg]} * 9.8 \text{ [m/s}^2\text{]} \\ \text{Peso rodillo} &= 3.26 \text{ [N]} \end{aligned}$$

Se toma el valor de la vida nominal según la ilustración tomada de SKF el valor de h=3000, que son las horas de uso.

$$L_d = (h) * (rpm) * \left(60 \frac{\text{min}}{h}\right)$$

$$L_d = (3000) * (1800) * \left(60 \frac{\text{min}}{h}\right) = 324 \times 10^6 \text{ [rev]}$$

Para rodamientos de bolas el valor de k=3.

$$C = 3.26 * \left(\frac{324 \times 10^6}{10^6}\right)^{1/3} = 6,86 \text{ [N]}$$

Esto muestra que es una carga radial pura y al obtener la capacidad de carga [C] que es la misma para los dos rodillos que dispone la banda transportadora; se verifica en los catálogos skf para rodamientos de bolas rígidos de una hilera, los rodamientos que se ajustan a los ejes de los rodillos usados tienen el código W619/8-2RS1 y además que estos pueden soportan cargas dinámicas de 1,9kN

4) *Bomba dosificadora*: Bombas dosificadoras Serie VPA, son autocebantes, bombas de desplazamiento positivo accionadas por aire diseñadas para cantidades precisas en metros de líquidos. La precisión de la repetitividad de descarga es de aproximadamente 1/2 de 1%. Los cuatro tamaños de bombas disponibles tienen una capacidad de entrega de carrera máxima de 7 onzas líquidas.

La fuerza que requiere la bomba dosificadora se obtiene con la siguiente fórmula:

$$F = 10 * P * \pi \left(\frac{(d)^2}{4}\right) * n$$

Se establece el factor de fricción en 0.8, debido a las condiciones de trabajo a las que va a estar sometida.

$$F = 10 * 6 * \pi \left(\frac{(6)^2}{4} \right) * 0.8$$

$$F = 1358 \text{ N}$$



Figura 3: Bomba dosificadora Vpa

PUMP SPECIFICATIONS & PART NUMBERS															
Nominal Stroke Capacity	Inlet Dia. Pipe Size	Nominal Pumping Capacity	Minimum Operating Pressure	Maximum Operating Pressure	Air Cylinder Construction**				Cylinder Wall Material	Series "VPA" Part Numbers					
Ounces	CM ³	(GPM)	PSI	Bar	40 psi	60 psi	80 psi	100 psi		Base N	FKM				
7	207.0	1.2	55	34.7	28	1.38	100	6.90	55	77	99	1.21	PVC	VPA7P-B	VPA7P-U
7	207.0	1.2	55	34.7	28	1.38	100	6.90	55	77	99	1.21	Stainless	VPA7S-B	VPA7S-U

Figura 4: Características de la Bomba dosificadora

5) cilindros de tapado A y B: Se requiere de un cilindro el cual presiona la botella con la tapa efectuando el tapado. El tipo de envase cuenta con su respectiva tapa a presión.

Para ver cuanta fuerza se requiere para tapar el envase se lo realizó de manera manual con la ayuda de una balanza y se obtuvo como resultado que se necesita de 13kg para tapar el envase lo que aproximadamente será necesario aplicar una fuerza de 130 N. La tapa queda ubicada sobre el envase esperando ser presionada por el cilindro A, al ser la tapa de un material plástico muy flexible en los bordes, brinda la ventaja de un fácil tapado mediante el accionamiento del cilindro neumático y de esta manera el envase quedará tapado. La carrera es recomendable que sea una de 50mm o superior, debido a las condiciones de montaje sobre la estructura.

Tabla 1: Características de cilindro tapado

TIPO	EMC-IAS20X50S
Fluido	Aire comprimido
Función	Micro cilindro de doble efecto

Marca	E-MC
Conexión [rosca]	M5
Presión de funcionamiento máximo	0.1-0.9 [Mpa]
Temperatura de funcionamiento	de -2 hasta 80 grados centígrados
Material	Camisa: acero inoxidable Culatas: Aluminio inyectado
Anillo magnético	Estándar
Diámetro del embolo o camisa	20 mm
Diámetro del vástago	8 mm
Carrera	50 mm
Montaje	Compacto Rígido

En vista que el cilindro B del sistema de tapado tiene por función, impedir el avance del envase sin realizar cálculos de fuerzas por ser despreciables, se considera la utilización de un cilindro neumático de las mismas características antes mencionadas en la **Tabla 1**.

B. Diseño electrónico y automatización

1) Circuito Neumático: El esquema neumático de control de la bomba dosificadora y de los cilindros se presenta de la siguiente manera. Tanto los cilindros neumáticos, así como la bomba dosificadora son comandados por electroválvulas 5/2(cinco vías, dos posiciones), que son activadas por sus respectivos solenoides. La rapidez con la que se desplaza el vástago se establece a través de los reguladores de caudal.

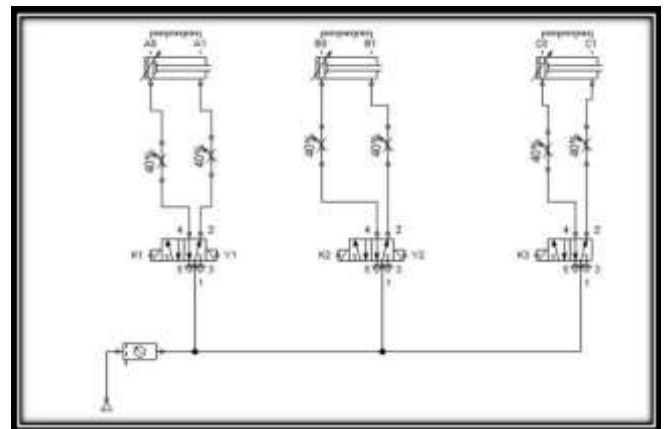


Figura 3: Esquema neumático de mando

2) Entradas y salidas del Sistema: Para una correcta selección de la tarjeta de adquisición de datos es necesario conocer cuántas entradas y salidas se requiere, que tipos de señales se va a manejar y que procesos se va a realizar. Además esto es imprescindible para realizar la programación de una manera ordenada y realizar una correcta conexión hacia la tarjeta de adquisición de datos que es la cual va a controlar todo el sistema de envasado, tapado y etiquetado.

Entradas: Las señales de entrada son de los sensores de presencia (fotoeléctricos), así como también de los sensores magnéticos (REED), los cuales dan las señales requeridas para que la DAQ realice el control, así como también los pulsadores y el selector manual. Todas estas señales son de tipo digital.

Tabla 2: Descripción de entradas

ENTRA DA	TIPO	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN
A0	D.	PULSADOR NA	INICIO
A1	D.	PULSADOR NC	PARO
A2	D.	PULSADOR NC	PARO DE EMERG
A3	D.	SELECTOR MANUAL/AUTO	
A4	D.	SENSOR DE PRESENCIA DOSIFICACIÓN	PRESENCIA=1 AUSENCIA=0
A5	D.	SENSOR DE PRESENCIA TAPA	PRESENCIA=1 AUSENCIA=0
A8	A	SENSOR DE NIVEL	LLENO=3,5V VACIO=0V
D1	D.	SENSOR DE PRESENCIA TAPADO	PRESENCIA=1 AUSENCIA=0
D2	D.	SENSOR DE PRESENCIA ETIQUETADO	PRESENCIA=1 AUSENCIA=0
D3	D.	SENSOR REED A0	PRESENCIA=1 AUSENCIA=0
D4	D.	SENSOR REED A1	PRESENCIA=1 AUSENCIA=0
D5	D.	SENSOR REED B0	PRESENCIA=1 AUSENCIA=0
D6	SR4	SENSOR REED B1	PRESENCIA=1 AUSENCIA=0

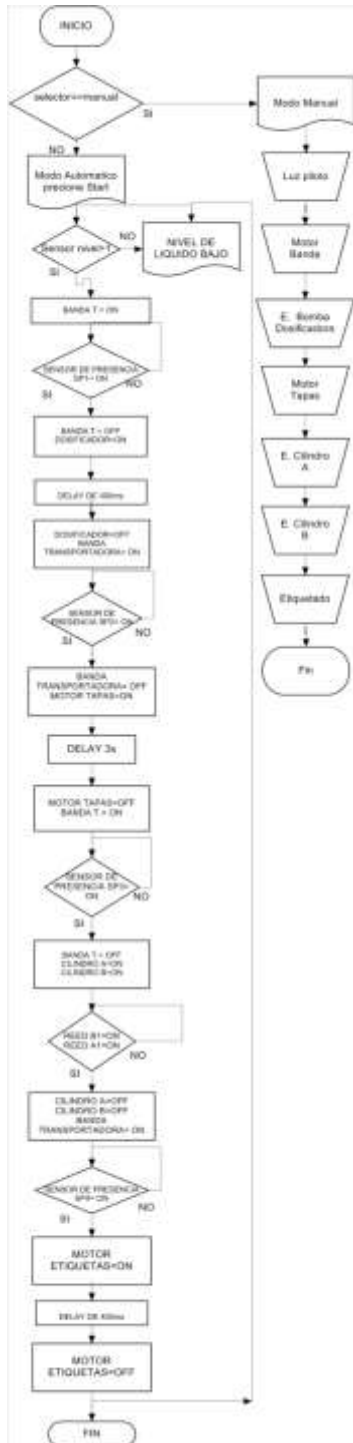


Figura 6: Diagrama de flujo

Salidas: Son las que dan acción a los actuadores tanto

neumáticos como eléctricos y son digitales tipo relé.

Tabla 3: Descripción de salidas

SALIDA	Tipo	DESCRIPCIÓN
QA0	D.	ELECTROVALVULA DOSIFICADOR
QA1	D.	ELECTROVALVULA CILINDRO A
QA2	D.	ELECTROVALVULA CILINDRO B
QA3	D.	MOTOR BANDAS TRANSPORTADORA
QA4	D.	MOTOR TAPAS
QA5	D.	MOTOR ETIQUETAS
QA6	D.	LUZ PILOTO VERDE
QA7	D.	LUZ PILOTO ROJA

3) *Arduino Mega*: Es una placa que consta de un micro controlador, creada con el fin de facilitar los usos de la electrónica. El módulo *Arduino Mega* consta de 54 entradas/salidas (de las cuales 15 se pueden utilizar como salidas a PWM), 16 como entradas análogas, para que el arduino funcione como una DAQ requiere del complemento *LVIFA_Base* que se carga en el microcontrolador con el software *Arduino*. Se debe seleccionar el puerto serie (COM) con el que se va a comunicar el *Arduino* con el computador sea el mismo, por defecto la mayoría de veces el sistema utiliza el COM15, luego se procede a cargar el código al finalizar el programa desplegara un mensaje de que se ha cargado satisfactoriamente, como se muestra en la siguiente ilustración:



Figura 7: Arduino Mega

Tabla 4: Características Arduino Mega

Micro controlador	Atmega2560
Voltaje de operación	5V

Voltaje de entrada (Recomendado)	7 – 12V
Voltaje de entrada (Límite)	6 – 20V
Pines para entrada- salida digital.	54 (15 pueden usarse como salida de PWM)
Pines de entrada analógica.	16
Corriente continua por pin IO	40 mA
Corriente continua en el pin 3.3V	50 mA
Memoria Flash	256 KB (8 KB ocupados por el bootloader)
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Frecuencia de reloj	16 MHz

4) *HMI*: El proceso en el cual el usuario entra en contacto con la máquina se denomina interfaz. La interfaz hombre máquina (*HMI*) se debe adaptar a las capacidades del módulo, para que esta sea útil y significativa. La *HMI* para este caso se realiza mediante la ayuda del software *Labview*, que ofrece un entorno gráfico permitiendo el monitoreo, supervisión y control de procesos en este caso para el módulo didáctico de envasado, tapado y etiquetado, dándole una mayor funcionalidad y aprovechando al máximo los elementos que constituyen el módulo. El *HMI* debe tener un entorno visual ordenado siguiendo la secuencia del proceso a realizar en tiempo real.



Figura 8: Diseño del HMI

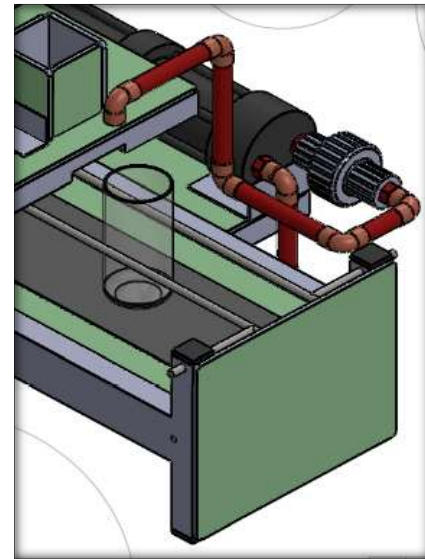


Figura 5: Dosificador de líquidos

5) *Diagrama de conexión eléctrica:* Se muestra como se encuentran las conexiones de entradas/salidas de la tarjeta de adquisición de datos:

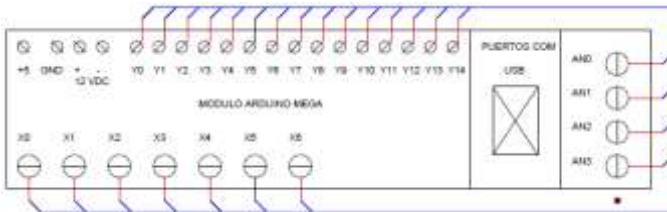


Figura 4: Conexionado eléctrico

III. IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA

A continuación se describe cada una de las etapas o sistemas que intervienen en el módulo didáctico explicando su funcionamiento y elementos que intervienen en cada una de ellas.

- Los sistemas del módulo son los siguientes:
- Dosificación de Líquido.
 - Tapado del envase.
 - Etiquetado.

1) *Etapas de dosificación:* Este proceso inicia una vez que el sensor de presencia detecta el paso del envase por la banda transportadora, esta se detiene en la ubicación exacta en la cual se va a envasar el líquido que en este caso es agua. Una vez que la bomba dosificadora termine el ciclo de dosificación la banda transportadora inicia su marcha hasta el siguiente sistema, la bomba dosificadora inicia la descarga al recibir la señal del sensor de presencia, se establece un tiempo para la descarga del líquido luego se envía una señal al controlador (DAQ) para indicar el fin del ciclo e ingrese el líquido a la cavidad para realizar la siguiente descarga.

2) *Etapas de tapado:* Al igual que en el anterior sistema el sensor de presencia es quien da la orden para iniciar con la etapa de tapado, al ser detectado el envase ya lleno de líquido por el segundo sensor antes nombrado la banda transportadora se detiene donde un pequeño motor de dc se activa empujando una tapa hacia el envase, posterior a esto la banda debe seguir su marcha hasta el siguiente punto donde se activa un cilindro de doble efecto haciendo que su avance del vástago presione la tapa dejando el envase tapado. Un segundo cilindro neumático de doble efecto se activa, su función es la de posicionar el envase en el lugar correcto para un tapado perfecto.

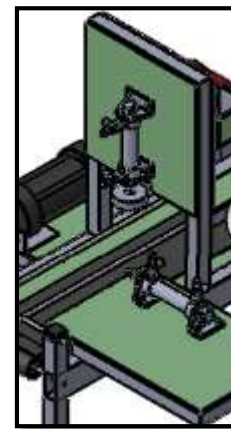


Figura 6: Etapas de tapado

3) *Etapas de etiquetado:* Como en los anteriores sistemas o etapas esta inicia cuando recibe la señal del sensor de presencia el cual detecta el envase esta vez ya tapado, entonces el motor gira los grados necesarios para que al paso del envase la etiqueta sea adherida automáticamente en este dando por terminado todo el proceso que comprende el módulo didáctico.



Figura 7: Etapa etiquetado

4) *Banda transportadora:* Es la encardada de transportar el envase desde que está vacío por las etapas del módulo, hasta obtener un envase lleno de líquido, tapado y etiquetado.



Figura 8: Banda trasportadora

A continuación se muestra el conjunto total del módulo didáctico de envasado de líquidos, tapado y etiquetado:

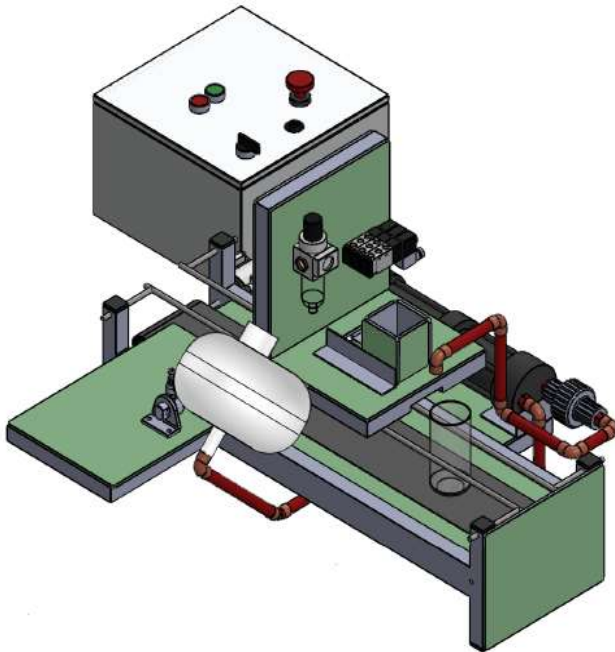


Figura 9: Conjunto total de modulo didáctico

IV. PRUEBAS Y AJUSTES

Se debe garantizar el correcto funcionamiento de los elementos que constituyen el módulo didáctico de envasado de líquidos, tapado y etiquetado, una vez que estos han sido

implementados, para lo cual se procede a la realización de pruebas y ajustes.

A. Pruebas de funcionamiento de los sensores.

Para la realización de esta prueba, se verifica continuidad a través de la utilización de un multímetro, en los sensores que intervienen en el módulo, de existir continuidad significa que la señal del sensor se enviara sin ningún problema hacia la tarjeta de adquisición de datos. Para el caso de los switches magnéticos REED que se ubican como finales de carrera en los extremos de los actuadores neumáticos, que al ser activados se verificara si los sensores son accionados o no. Para el caso de los sensores fotoeléctricos es mucho más sencilla la verificación ya que este dispone de un led el cual indica si se detecta la presencia en este caso del envase, aunque para mayor seguridad de su funcionamiento se puede probar continuidad.

Tabla 1: Pruebas sensores.

Sensor	Condición	Continuidad	Ajuste	Continuidad
REED A.0	Cil. A retraído	SI	Ninguno	SI
REED A.1	Cil. A avanzado	SI	Ninguno	SI
REED B.0	Cil. B retraído	SI	Ninguno	SI
REED B.1	Cil. B avanzado	SI	Ninguno	SI
S. P. 1	Dosificación	SI	Ninguno	SI
S.P.2	Tapas	SI	Ninguno	SI
S.P.3	Tapado	SI	Ninguno	SI
S.P.4	Etiquetado	SI	Ninguno	SI

B. Pruebas de funcionamiento de los actuadores neumáticos.

La velocidad de avance y retroceso de los actuadores neumáticos se establece a través de los reguladores de caudal con estos se regula la velocidad ya sea del avance como del retorno. La bomba dosificadora requiere un caudal moderado para proceder al envasado de líquidos y un retorno rápido para la carga de líquido. Para el cilindro A se precisa de un avance normal ya que este cilindro cumple la función de impedir el avance del envase, de igual forma para su retroceso. El cilindro B demanda de una velocidad media-baja, para el proceso de tapado, en vista de que el envase es de vidrio y si la velocidad es excesivamente rápida se podría dañar el envase.

El proceso que hay que seguir para la calibración es la siguiente: El regulador debe girarse totalmente hasta su posición de paso que es el 100%, luego hasta la otra posición que es la de cerrado que es el 0% del flujo de aire, se va contando las vueltas que el regulador ejecuta y de esta manera regular la velocidad según corresponda a cada acción ya sea de avance o retroceso.

Tabla 2: Regulación de velocidad de actuadores

Actuador	Velocidad %		Vueltas de tornillo	Avance/retroceso
	Avance	Retroceso	# vueltas	
Dosificador	35 %	80 %	6	SI
			2	
A	50 %	50 %	2,4	
			2,4	SI
B	45 %	45 %	3	
			3	SI

V. CONCLUSIONES

- Mediante el uso del módulo didáctico de envasado tapado y etiquetado de líquidos controlado por DAQ, se complementara los conocimientos y fundamentos teóricos vistos en el aula, para un aprendizaje más didáctico.
- Se ha realizado una comparación, selección y dimensionamiento de los elementos principales del módulo didáctico como son actuadores neumáticos, motores, dispositivo de control, estructura y demás elementos complementarios para un funcionamiento correcto del módulo y pueda ser usado como una herramienta didáctica para los estudiantes de la carrera en ingeniería mecatrónica de la UTN.
- Se ha realizado el control de un proceso industrial en este caso específico de una ...ensasadora y etiquetadora.... usando recursos tanto en software y hardware para tener un interfaz hombre máquina y poder controlar o monitorear los principales parámetros del modulo didáctico.
- Se desarrollo 5 prácticas para el uso del modulo didáctico, las cuales permiten al estudiante comprender de una mejor manera y con mucha más versatilidad a la

adaptación, ya que el módulo se encuentra abierto a modificaciones tanto en su programación, como en dispositivos.

VI. RECOMENDACIONES

- Para garantizar el aprendizaje y una correcta utilización del módulo, se sugiere regirse a la guía de prácticas que se presenta.
- Para la conexión de los dispositivos neumáticos es indispensable la verificación del apriete de los mismos, con la finalidad de evitar fugas de aire y por ende caídas de presión.
- Para operaciones de calibración de todos los dispositivos que intervienen del módulo compacto, es recomendable la suspensión de todas las fuentes de suministro de energía tanto eléctrica como neumática.
- Como paso previo a la iniciación para el control automático del módulo, se debe garantizar que la cavidad de la bomba dosificadora este llena y libre de aire, para garantizar la repetitividad de dosificado, en lo que se refiere a volumen de líquido.
- Es recomendable un mantenimiento periódico de la banda transportadora, para evitar posibles variaciones tanto de velocidad lineal, como de capacidad de carga.
- Verificar que la presión de trabajo sea se mantenga entre los 5-6 bares, antes de arrancar el proceso, ya que esto puede producir que los actuadores sufran caídas de presión, fuerza o velocidad lo que puede incidir de manera perjudicial con el proceso.
- Evitar rigurosamente la presencia de objetos que no correspondan en la banda transportadora y regirse únicamente a la utilización de los elementos para los cuales este módulo fue diseñado, utilizar únicamente la fuente de energía que proporciona el propio módulo, para evitar desbalanceo de carga y posibles averías de los elementos constitutivos.
- Este módulo es funcional y versátil de manera que se podría incrementar varias etapas, como la de control de calidad mediante visión artificial. Para un completo aprendizaje y dominio de destrezas por parte del usuario.

REFERENCIAS

[1] Bolton, W. (2006). *Sistemas de control electrónico en la ingeniería*. México: Alfaomega.

[2] Creus, A. (1997). *Instrumentación Industrial*. España: Alfaomega.

[3] Depper, W. (2009). *Dispositivos Neumáticos*. España: Marcombo.

- [4] Hard, D. (1997). *Electrónica de Potencia*. España: Pearson.
- [5] Hibbeler, R. (2001). *Mecánica de Materiales*. España: Prentice Hall.
- [6] Ogata, K. (1998). *Ingeniería de Control Moderna*. México: Pesaron.
- [7] Hesse E. (2000). *99 ejemplos prácticos de aplicaciones neumáticas*. FESTO.
- [8] Croser P. y Ebel F. (10/ 2002) *Pneumatic Basic Level by FESTO*: Denkendorf.
- [9] Prede G., y Scholz D. (01/ 2002). *Electropneumatics Basic Level by FESTO*: Denkendorf.
- [10] Ailén. ((2009)). *Industrias Ailén*. Recuperado el 10 de 05 de 2014, de <http://www.vescovoweb.com/tiposDosificadores.html>
- [11] ADQUISICIÓN DE DATOS. (2014). National Instruments.com Recuperado el 09 ,2014 de <http://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/>
- [12] SENSORES, MONOGRAFÍAS.COM .Recuperado el 09, 2014 de <http://isavillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2009/05/neumatica.pdf>
- [13] Neumática. Scribd.com; Carlos Antonio Sánchez. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/214841090/Neumatica>.
- [14] Castellanos Luis, QuiñonezAisman, TocaronteMiguel. *Fundamentos de neumática y electro neumática*. Recuperado de <http://es.scribd.com/doc/81138713/mec-9>
- [15] Bombas dosificadoras de químicos neumáticas. *PLASTOMATIC.com* .Recuperado el 09, 2014 de <http://corporacionabl.com/plast-o-matic/bombas-dosificadoras-de-quimicos-neumaticas-plastomatic>.
- [16] Automatización Industrial. <http://industrial-automatica.blogspot.com/>, Recuperado 01,09,2010 de <http://industrial-automatica.blogspot.com/2010/09/tratamiento-del-aire-comprimido.html>
- [17]Automatización Industrial. <http://industrial-automatica.blogspot.com/> , Recuperado 01,09,2010 de <http://industrial-automatica.blogspot.com/2010/09/tratamiento-del-aire-comprimido.html>
- [18] Cilindros neumáticos. <http://www.chanto.com.tw/>. Recuperado de <http://www.chanto.com.tw/product/102813.html>
- [19]CINTAS TRANSPORTADORAS EN AUTOMATIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN; Fabio Gómez-Estern. Recuperado el 11 ,2012 de www.esi2.us.es/~fabio/cintas.pdf.

Autor

GILMAR ALEJANDRO SUBÍA ESTÉVEZ.
 Nació en la ciudad de Atuntaqui –Imbabura- Ecuador, el 16 de diciembre de 1988.
 Estudios Universitarios realizados en la Universidad Técnica del Norte, Carrera de ingeniería Mecatrónica.