

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**



**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA VIBRADOR NEUMÁTICO  
PARA TOLVA DE BALANCEADO”

**EXAMEN DE GRADO (COMPLEXIVO)**

Previa a la obtención del grado de:

**INGENIERA EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACIÓN  
ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

ELENA JOHANNA DELGADO VELEZ

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2015

## **AGRADECIMIENTO**

Mi profundo agradecimiento a mi familia y a Ecuainsetec, que me dieron su apoyo para lograr la culminación de este trabajo.

## DEDICATORIA

A mis padres por su amor, sacrificio y apoyo

A mi abuelita Melida por su amor incondicional

A mi esposo, Daniel, mi amor, mi fortaleza siempre

A mis hijos, David, Matías y Paula, mi razón de vida

## TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

---

**Mg. Alberto Larco G.**

PROFESOR DELEGADO

POR LA SUBDECANA DE LA FIEC

---

**Dr. Wilton Agila G.**

PROFESOR DELEGADO

POR LA SUBDECANA DE LA FIEC

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en este Informe me corresponde exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

---

Elena Johanna Delgado Vélez

## RESUMEN

Este informe detalla el sistema diseñado para solucionar el problema persistente que se presentaba en una empresa alimenticia ubicada en el cantón Duran para el ensacado del balanceado, el cual se quedaba compactado en la parte inferior de la tolva por las características del mismo (polvo aceitoso) y no permitía el flujo continuo de descarga ocasionando retrasos en el ensacado y posterior despacho, consecuentemente esto representaba pérdidas económicas para la empresa, para solucionar el problema se diseñó un sistema totalmente neumático de vibración que golpee por intervalos de tiempo a la tolva mientras realizaban la descarga evitando que el producto se compacte.

Se escogió un sistema neumático debido a que en esa área de la planta había disponibilidad de líneas de aire comprimido. El sistema neumático consiste en un circuito vibrador donde un actuador neumático oscila su vástago y este golpea la tolva en un intervalo de tiempo de 10 segundos y se detiene durante 10 segundos más para evitar el ruido innecesario, estos tiempos fueron determinados de forma experimental una vez instalados todos los elementos.

Luego de implementado el sistema fue resuelto el inconveniente que se presentaba, la descarga se realizó de manera continua, desaparecieron los tiempos de parada del proceso, logrando el objetivo: maximizar la producción.

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN .....	iv
DECLARACIÓN EXPRESA .....	v
RESUMEN.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
INTRODUCCIÓN .....	viii
CAPÍTULO 1 .....	1
1. SOLUCIÓN TECNOLÓGICA IMPLEMENTADA .....	1
<b>1.1 Sistemas Neumáticos</b> .....	1
<b>1.2 Diagrama de Bloques del Sistema Implementado</b> .....	3
<b>1.3 Descripción de los Elementos</b> .....	4
<b>1.4 Selección del Cilindro</b> .....	6
CAPÍTULO 2 .....	8
2. RESULTADOS OBTENIDOS.....	8
<b>2.1 Descripción de la solución y diagrama de fases</b> .....	8
<b>2.1.1 Posición normal</b> .....	9
<b>2.1.2 Primer intervalo de tiempo de 10 segundos</b> .....	9
<b>2.1.3 Segundo intervalo de tiempo de 10 segundos</b> .....	12
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	14
BIBLIOGRAFIA.....	17

## INTRODUCCIÓN

En las empresas de balanceado la etapa final del proceso es el ensacado del mismo, este proceso consiste en descargar el producto desde una tolva hacia los sacos para su posterior despacho y comercialización. Frecuentemente por las características del producto y el peso del mismo dentro de la tolva este se compacta en la parte inferior y angosta, obstruyendo la descarga, los operadores deben recurrir a métodos artesanales para hacer vibrar la tolva y evitar que se compacte (golpear con un combo) o dado el caso que no pudieron evitar que se compacte proceder a introducir objetos por la parte inferior y desbloquear el paso, provocando paradas en el proceso y disminución de la productividad que al final se reflejan en pérdidas económicas para la compañía. Esta situación se presentó en una industria local y requerían darle solución, en base a un sistema eficiente y eficaz, para ello la mejor opción es la automatización industrial.

En el capítulo 1 se presenta la solución tecnológica utilizada en la optimización del proceso, la automatización industrial mediante un sistema neumático, el diagrama de bloques, el circuito neumático implementado y la descripción de los elementos.

En el capítulo 2 se muestran los resultados, con los análisis respectivos del diagrama de tiempos del actuador y con simulaciones del funcionamiento del circuito.

Finalmente, se presentan las Conclusiones y Recomendaciones para la aplicación.

## **CAPÍTULO 1**

### **1. SOLUCIÓN TECNOLÓGICA IMPLEMENTADA**

El problema planteado en la planta de balanceado fue resuelto mediante la Automatización Industrial con un Sistema Neumático.

#### **1.1 Sistemas Neumáticos**

La automatización neumática en la industria consiste en utilizar aire comprimido para transmitir señales a todos los componentes del sistema, estos componentes actuarán dependiendo de la presencia o ausencia de presión neumática.

El aire comprimido se obtiene aspirando aire de la atmósfera por medio de un compresor, este lo comprime a una presión superior, luego el aire comprimido pasará por un secador para extraer la mayor cantidad de condensado; el aire

comprimido se almacena en un tanque para la posterior distribución a las líneas de servicio de la planta.

La automatización industrial, a través de componentes neumáticos, es una de las soluciones más rentables y con mayor futuro de aplicación en la industria. El aire comprimido es la mayor fuente de potencia en la industria con múltiples ventajas [1].

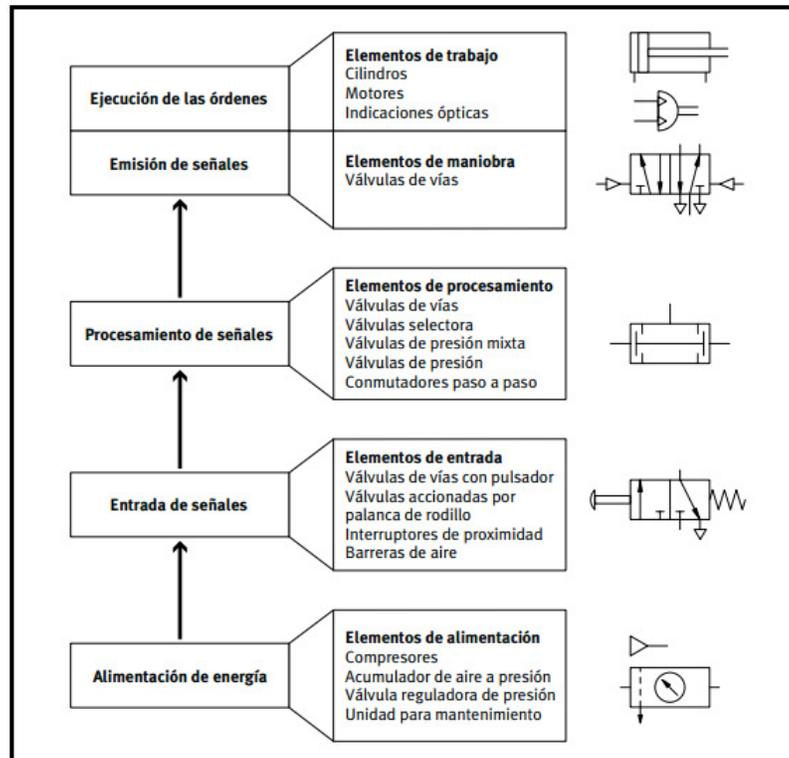
Un sistema de control neumático está compuesto de los siguientes grupos de elementos:

- Abastecimiento de energía
- Elementos de entrada (sensores)
- Elementos de procesamiento (procesadores)
- Órganos de maniobra y de accionamiento

Como se observa en la Figura 1.1, estos grupos de elementos conforman una vía para la transmisión de las señales de mando desde el lado de la emisión de las señales (entrada) hasta el lado de la ejecución del trabajo (salida). Los órganos de maniobra se encargan de controlar los elementos de trabajo o de accionamiento en función de las señales recibidas por los elementos procesadores.

Los elementos de un sistema son representados mediante símbolos que, por su diseño, explican la función que asume un elemento en un esquema de distribución.

Como caso especial, la válvula de vías puede ser utilizada como elemento de emisión de señales, como elemento procesador o como elemento actuador. El criterio que se aplique para atribuir un elemento a un grupo es el lugar de su inclusión en el sistema [2].



**Figura 1.1: Estructura de los sistemas neumáticos.**

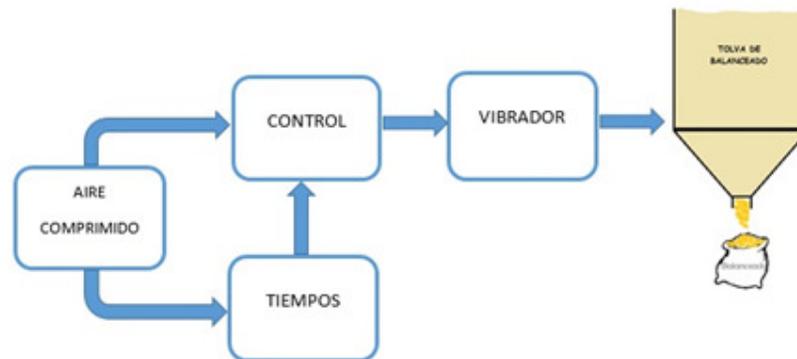
## 1.2 Diagrama de Bloques del Sistema Implementado

Básicamente el sistema consta de 4 bloques, Figura 1.2:

- Bloque de Aire Comprimido
- Bloque de Control
- Bloque de Tiempo

- Bloque Vibrador

Se abastece de aire comprimido a todo el bloque de Control y de Tiempos, el bloque de Control habilita al bloque Vibrador el cual estará activo o inactivo dependiendo de la señal que envíe el bloque de Tiempos.



**Figura 1.2: Diagrama de Bloques**

### 1.3 Descripción de los Elementos

De acuerdo al diagrama de bloques indicado anteriormente y revisando la Figura 1.3 del circuito neumático implementado, podemos realizar una descripción de los elementos componentes del sistema:

El sistema comienza a funcionar cuando se acciona la válvula Selectora (1.2).

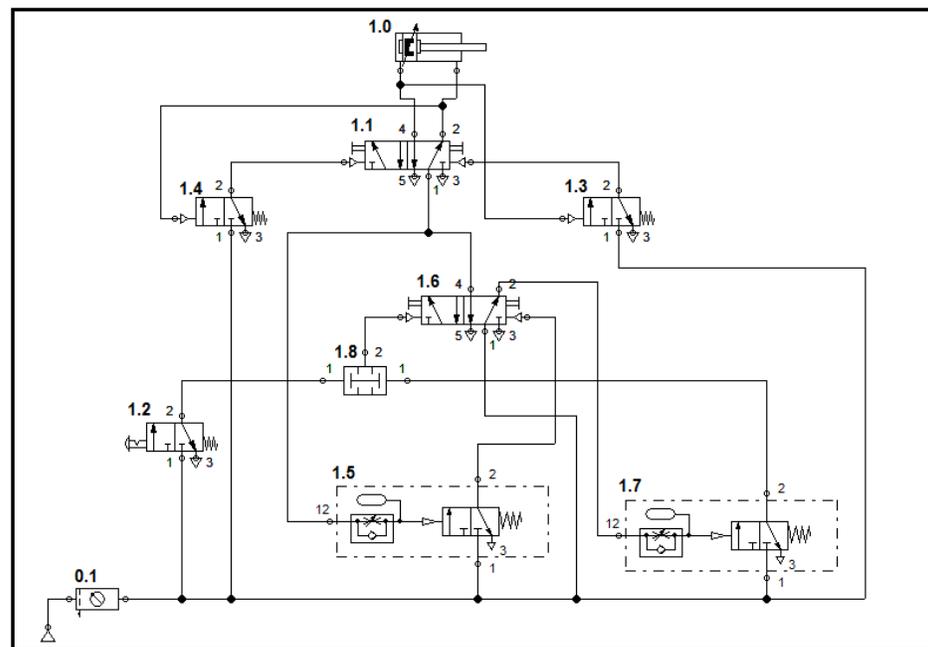
El bloque de Vibración está compuesto por un Cilindro Doble Efecto (1.0), de diámetro de émbolo 50mm y carrera 25 mm, una válvula Biestable 5/2 (1.1), y 2 válvulas monoestables 3/2 con reposición por muelle, la válvula (1.1) realiza el mando para el Cilindro y las válvulas (1.4) y (1.3) generan las señales que

se envían a las memorias de la válvula (1.1) para hacerla conmutar de una posición a otra y provocar la oscilación del cilindro.

El bloque de Control está conformado solo por la válvula Biestable 5/2 (1.6), que será la que permitirá o no la alimentación de aire del bloque Vibrador.

Finalmente en el bloque de Tiempos tenemos una válvula de Simultaneidad (1.8) y 2 válvulas Temporizadoras (1.5) y (1.7), las cuales permitirán determinar los tiempos que el bloque Vibrador está activo o inactivo.

En la Tabla 1.1, podemos revisar el detalle de los componentes neumáticos del sistema y los códigos de la marca Festo de la cual se adquirieron, con la respectiva numeración de identificación en el circuito, Figura 1.3.



**Figura 1.3: Esquema del circuito neumático implementado**

ELEMENTO	REFERENCIA MARCA FESTO	DESCRIPCION
0.1	FRC-1/4-D-MINI	Unidad de Mantenimiento
1.0	DNC-50-25-PPV-A	Cilindro doble efecto
1.1	JH-5-1/4	Válvula neumática biestable con accionamiento manual 5/2
1.2	SV-3-M5 y N-30-SW	Válvula de panel frontal 3/2 con selector
1.3	PPL-1/4	Generador de señal para cilindro
1.4	PPL-1/4	Generador de señal para cilindro
1.5	VZ-3-PK-3	Válvula temporizadora
1.6	JH-5-1/4	Válvula neumática biestable con accionamiento manual
1.7	VZ-3-PK-3	Válvula temporizadora
1.8	ZK-1/8-B	Válvula de simultaneidad
Accesorio	QS-1/4-6	Racor recto
Accesorio	QS-1/8-6	Racor recto
Accesorio	QSM-M5-6	Racor recto
Accesorio	UC-1/4	Silenciador
Accesorio	UC-M5	Silenciador
Accesorio	QS-6-4	Reducción
Accesorio	QST-6	Racor en T
Accesorio	PUN-4X0.75- BL	Manguera
Accesorio	PUN-6X1-BL	Manguera

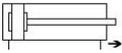
**Tabla 2.1: Elementos utilizados en el sistema implementado**

#### 1.4 Selección del Cilindro

Para seleccionar el tamaño de cilindro neumático que sea capaz de hacer vibrar toda la tolva junto al balanceado se utilizó el software GSED de la marca FESTO, se ingresaron las condiciones iniciales del proceso entregados por la empresa: presión: 6 bar, ángulo de instalación 0° porque se va instalar de forma horizontal, masa de la tolva y del balanceado: 500 Kg, se adjuntan la Figura 1.4 donde se visualizan los datos ingresados y la Figura 1.5 donde el programa sugiere 3 medidas de diámetro de émbolo: 40, 50 y 63 mm, por seguridad tomamos la sugerencia intermedia, es decir el DNC-50-25-PPV-A modelo con con amortiguación regulable.

1. Parámetros del sistema    2. Selección de los cilindros    3. Sistema    4. Simulación    5. Lista de piezas

### Los parámetros del sistema - base para la selección Continuar >



**tiempo de posicionamiento esperado** quiero alcanzar este tiempo de posicionamiento:  s

**Regulación básica del cilindro**

... Con válvula de estrangulación de retención

Longitud de carrera requerida  mm

Ángulo de instalación  deg

Dirección del movimiento

extender

retirar

**Alimentación de aire comprimido**

Presión de funcionamiento  bar

Largo del tubo flexible  m

Equipo de mantenimiento > Válvula > Válvula > Cilindro  m

**Regulaciones de la carga**

Masa en movimiento  kg

fuerza de impacto adicional  N

**Figura 1.4: Ingreso de datos para selección de cilindro**

Solo ajustable amortiguación de fin de carrera neumática (PPV) ONLY

Solo accionamiento sin vástago

Solo vástago pasante (modelo especial S2)

Solo asegurado contra rotación

solo en: Longitud de carrera requerida 25 [mm]

solo en: Carrera variable

Diámetro del émbolo elegido

Continuar >

---

Partes encontradas [109] Mostrar

	Tipo	Nº de art.	Conexión	Carrera [mm]
<input type="radio"/>	 ADN-40-25-I-PPS-A	572667	1/8	25
<input type="radio"/>	 ADN-50-25-I-PPS-A	572685	1/8	25
<input type="radio"/>	 ADN-63-25-I-PPS-A	572703	1/8	25
<input type="radio"/>	 ADN-80-25-I-PPS-A	572721	1/8	25
<input type="radio"/>	 DNC-40-25-PPV	163351	1/4	25
<input type="radio"/>	 DNC-40-25-PPV-A	163337	1/4	25
<input type="radio"/>	 DNC-50-25-PPV	163383	1/4	25
<input type="radio"/>	 DNC-50-25-PPV-A	163369	1/4	25
<input type="radio"/>	 DNC-63-25-PPV	163415	3/8	25
<input type="radio"/>	 DNC-63-25-PPV-A	163401	3/8	25

**Figura 1.5: Resultados de sugerencias de modelos**

## CAPÍTULO 2

### 2. RESULTADOS OBTENIDOS

Para poder observar los resultados de la implementación del sistema, revisaremos el diagrama de fases del Cilindro (1.0) Figura 2.1 y para cada intervalo de análisis las respectivas gráficas de las pantallas de simulación con el programa FluidSIM de la marca Festo.

#### 2.1 Descripción de la solución y diagrama de fases

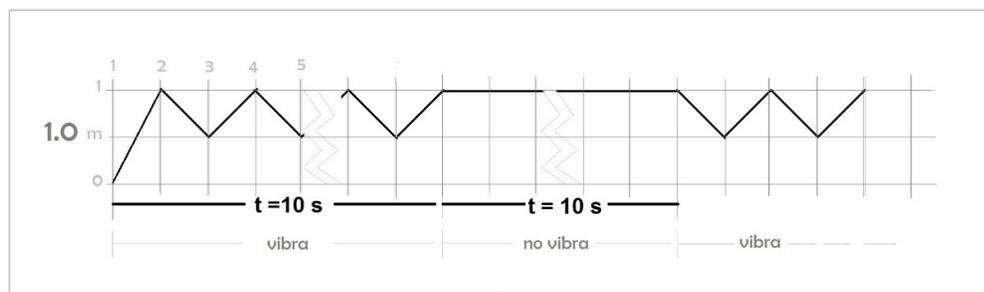


Figura 2.1: Diagrama de Fases de Tiempos del Cilindro 1.0

### 2.1.1 Posición normal

La válvula de maniobra (1.1) se encuentra en su posición derecha. El cilindro (1.0) se encuentra con el vástago en su posición posterior de final de carrera. La válvula (1.6) se encuentra en su posición derecha por lo tanto no permite la alimentación a la válvula de maniobra (1.1). La válvula temporizadora (1.7) tiene señal a la entrada de mando y está enviando señal a la válvula de simultaneidad (1.8), Figura 2.2.

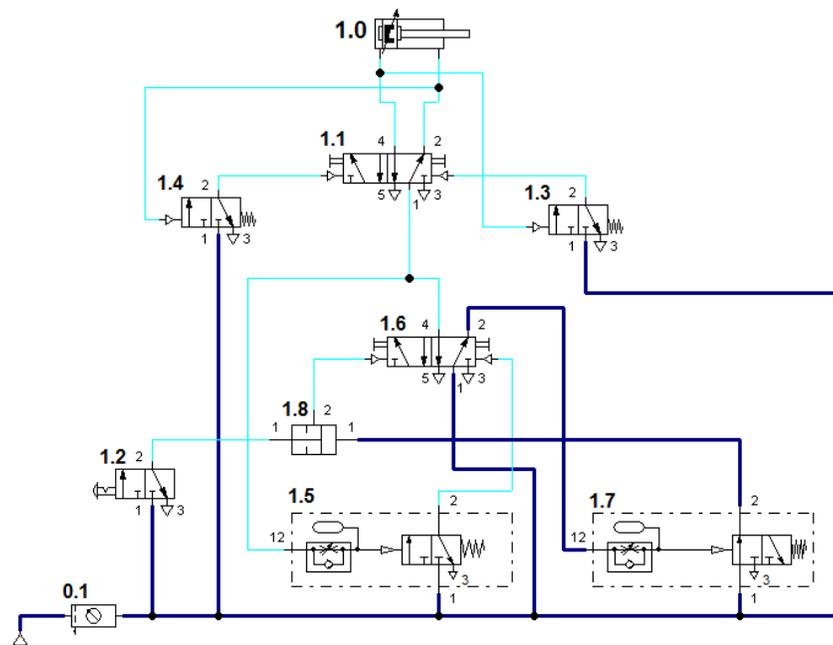


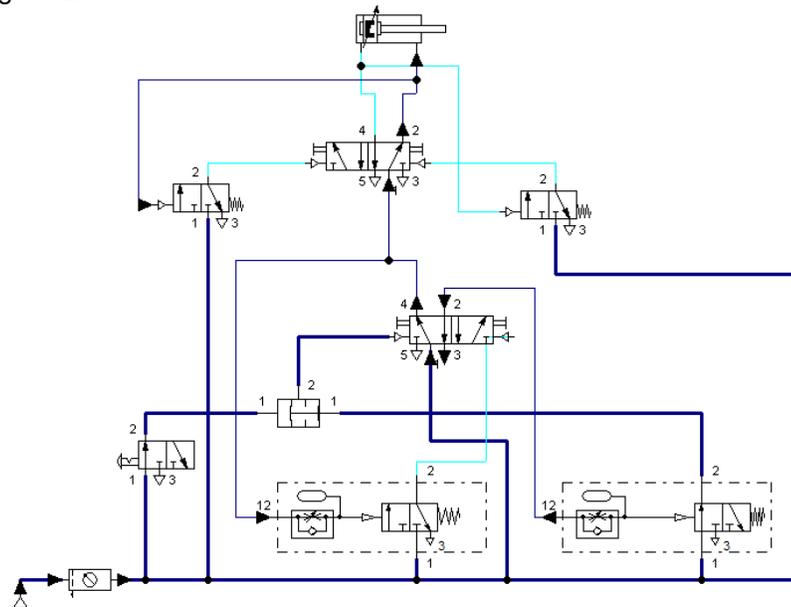
Figura 2.2: Simulación posición normal

### 2.1.2 Primer intervalo de tiempo de 10 segundos

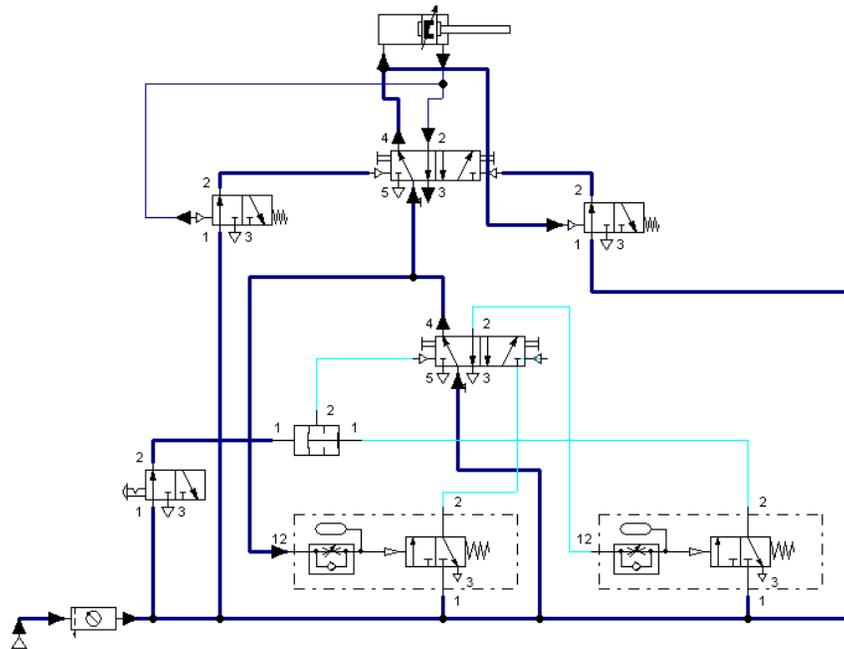
Al habilitar el circuito mediante el selector (1.2) se envía una señal a la válvula de simultaneidad (1.6) consecuentemente esta permite la

alimentación de la válvula de maniobra (1.1) y envía señal a la entrada de mando de la válvula temporizadora (1.5).

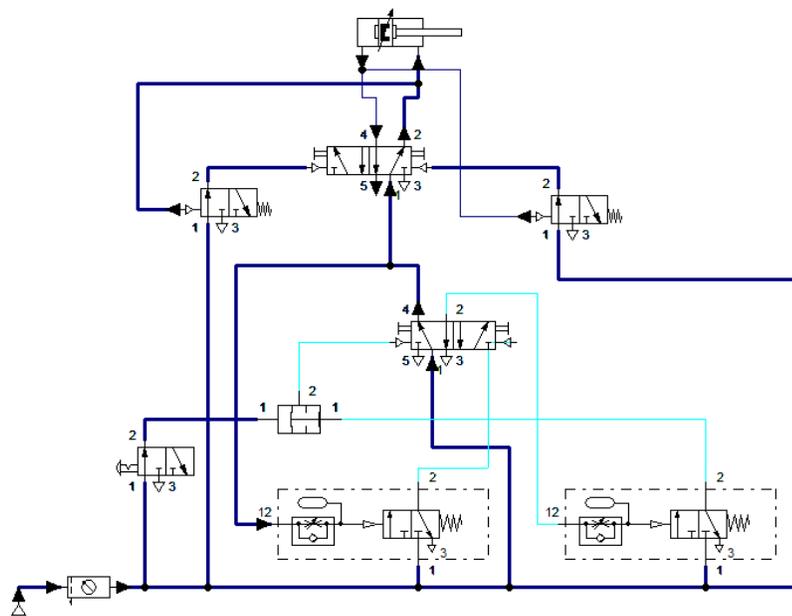
La válvula (1.1) envía señal a la memoria (1.4), esta conmuta permitiendo señal en la memoria de (1.1) provocando que el cilindro (1.0) su vástago tome la posición anterior de final de carrera, simultáneamente con la alimentación de la salida 4 de la válvula de maniobra (1.1) se envía señal a la memoria de (1.3) haciéndola conmutar y ahora envía señal a la memoria de (1.1) provocando cambio de posición, permitiendo alimentación en la cámara posterior del cilindro (1.0) haciéndolo retroceder, al mismo tiempo envía señal a la válvula (1.4) repitiéndose el ciclo, provocando un movimiento oscilatorio del vástago, este movimiento es el que provoca los golpes continuos del vástago sobre la tolva haciéndolo vibrar conjuntamente con el balanceado, Figura 2.3, Figura 2.4 y Figura 2.5.



**Figura 2.3: Simulación bloque vibrador activo 1**



**Figura 2.4: Simulación bloque vibrador activo 2**



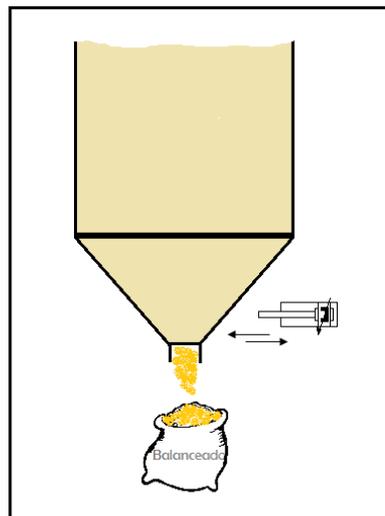
**Figura 2.5: Simulación bloque vibrador activo 3**



Consecutivamente tenemos un intervalo de 10 segundos con el vástago en movimiento oscilatorio provocando la vibración en la tolva y luego otro intervalo de 10 segundos de inactividad del vástago, mientras se mantenga habilitado el circuito por medio del selector (1.2).

Para el montaje del cilindro se acopló un mazo metálico el cual impacta sobre una platina recubierta de caucho que está adherida a la tolva, de esta manera evitamos la deformación de la pared de la tolva por los impactos continuos del mazo.

Luego de implementado el sistema de vibración el proceso no volvió a tener paradas, la vibración evitó que se compactara el producto facilitando la descarga continua para el ensacado, Figura 2.7, y posterior distribución, al final se logró el objetivo: optimizar el proceso y maximizar la producción, lo que se reflejó en una mayor rentabilidad para la empresa.



**Figura 2.7: Proceso de ensacado con implementación de sistema vibratorio neumático.**

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

1. Se escogió un sistema neumático para la solución porque se tenía líneas de alimentación de aire comprimido disponibles en el sitio.
2. Para el circuito vibrador de acuerdo a los cálculos en el programa GSED de Festo con los datos proporcionados por la empresa, el cilindro idóneo es uno de diámetro de émbolo 50mm, la carrera seleccionada es de 25mm, con esta medida nos aseguramos que la tolva no se deforme al ser golpeada constantemente por el vástago y el balanceado nunca se compacte en la parte inferior.
3. Los tiempos de vibración y de inactividad del mismo se determinaron de forma experimental en la implementación, concluyendo que el sistema funcionaba de forma óptima con intervalos de 10 segundos para ambos casos.
4. Luego de implementado el sistema no se volvió a presentar el problema, el proceso fue eficiente, maximizando la producción.

## Recomendaciones

1. Las industrias del país deberían invertir más en automatizar sus procesos, en la mayoría de los casos se paga la inversión a corto plazo con todos los beneficios obtenidos: sistemas eficientes, eficaces, precisos, seguridad para el personal, calidad en los productos, mayor productividad, mayor rentabilidad; ver a la automatización industrial no como un gasto sino como lo que realmente es: una inversión.
2. El problema presentado en este informe es una situación muy frecuente en las industrias que almacenan balanceados, polvos o granos, en la actualidad existen equipos neumáticos que realizan la vibración y se instalan directamente en la pared del silo o tolva, cuando se desarrolló esta solución no se conocía en el mercado ecuatoriano este tipo de equipos.
3. Los equipos neumáticos tienen rozamientos y desgastes internos por el paso del aire comprimido que muchas veces no es de buena calidad, es decir lleva condensado y suciedad del ambiente, es importante el mantenimiento periódico para limpiar o cambiar elementos desgastados, la frecuencia de estos mantenimientos dependerá de la buena o mala calidad de aire que se tenga en la planta, de esta forma alargamos la vida útil de los componentes neumáticos de nuestro sistema.
4. Importante revisar nuestros sistemas neumáticos para detectar fugas de aire comprimido, muchas veces nos acostumbramos al ruido en las plantas y estas fugas pasan desapercibidas, ocasionando varios problemas a la empresa como por ejemplo, caídas de presión que pueden terminar en paradas en la producción, el compresor debe trabajar más de lo que realmente debería para cubrir la alta

demanda de la planta dando como consecuencia mayor consumo eléctrico, todos estos inconvenientes al final se reflejan en pérdidas para la compañía.

## BIBLIOGRAFIA

[1] Universidad del Valle de Mexico, Ensayo: La Automatización Neumática en la Industria,  
[http://www.tlalpan.uvmnet.edu/oiid/download/La%20automatizaci%C3%B3n%20neum%C3%A1tica\\_04\\_ING\\_IMI\\_PIT\\_E.pdf](http://www.tlalpan.uvmnet.edu/oiid/download/La%20automatizaci%C3%B3n%20neum%C3%A1tica_04_ING_IMI_PIT_E.pdf), fecha de consulta enero 2015

[2] Festo Didactic, Fundamentos de Neumática  
<http://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/0598048001156321794.pdf>, fecha de consulta enero 2015