

## TRABAJO PRACTICO DE AUTOMATIZACION INDUSTRIAL

En el presente trabajo se realizará el estudio de la automatización de un sistema para confeccionar, fraccionar y envasar bolsas de polietileno.

A continuación se describirá el proceso mencionado anteriormente con el fin de:

- Establecer el funcionamiento del sistema y las características principales del mismo.
- Identificar los componentes del sistema que se automatizarán.

### DESCRIPCION DEL PROCESO

El sistema consiste en la producción continua de bobinas de bolsas de polietileno.

El equipo tiene como entrada o alimentación el polietileno en forma continua sin ninguna acción, ( este material es recibido con la forma de un tubo) y la salida del proceso son las bolsas bobinadas, de largos y anchos variables, donde la cantidad de bolsas es programada por bobina y envasadas de manera individual.

La bobina obtenida no llevará el cono que usualmente es la base para dar forma a la mencionada bobina.

El proceso está compuesto por los siguientes equipos:

- EQUIPO PRINCIPAL
- ENVASADORA

Y, el equipo principal está compuesto por los siguientes sistemas:

- CONFECCIONADOR
- COMPENSADOR
- BOBINADORA

La función de cada sistema es la siguiente:

#### CONFECCIONADOR:

Es el primer bloque del proceso, y tiene la función de producir las bolsas realizándole un precorte o puntillado y una soldadura al material de entrada. Este sistema es del tipo rotativo.

#### COMPENSADOR:

Este se encuentra ubicado entre el confeccionador y la bobinadora. Tiene por función establecer el equilibrio entre la constante entrega de bolsas que salen del confeccionador y el trabajo alternativo de la bobinadora.

#### BOBINADORA:

Tiene la función de formar los rollos de bolsas, a una cantidad programable y con la ventaja de no utilizar los conos de cartón; que algunos sistemas los utilizan para formar la bobina.

La ventaja de no utilizar estos conos radica en la disminución del diámetro de la bobina en forma considerable, además este sistema es de menor complejidad comparado a los sistemas que trabajan con los

conos de cartón.

## ENVASADORA:

Se encuentra ubicada en la parte inferior de la bobinadora. Es una envasadora del tipo horizontal, que se encarga de envasar individualmente las bobinas evitando que se desenrollen, quedando listas para que un operario las agrupe para su embalaje.

En el esquema 1 se tiene la vista lateral del sistema y en el esquema 2 un diagrama de recorrido del material desde la entrada del mismo hasta que llega a la envasadora. También se pueden apreciar los distintos subsistemas que mencionamos con anterioridad.

## DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS

A continuación se realizará una descripción del funcionamiento, prestaciones y características de cada subsistema; destacando en cada uno de ellos los componentes que se automatizarán.

### SISTEMA CONFECCIONADOR

Este sistema efectúa en el material de entrada (tubo de polietileno continuo), dos operaciones principales para la conformación de la bolsa de manera continua a la salida.

- Precorte o Puntillado (para que el consumidor desprenda la bolsa de la bobina)
- Soldadura (para el fondo de la bolsa, y se realiza con calor a través de resistencias)

En el esquema 3 se tiene el sistema con los componentes que producen el confeccionado, entre los cuales son de destacar:

- El cilindro confeccionador
- La paleta soldadora

Por cada vuelta del cilindro confeccionador se obtiene una bolsa.

En el cilindro esta montada una cuchilla que es la encargada de realizar el precorte; el accionamiento de la misma se realiza por una leva que se encuentra vinculada al bastidor y que se puede calibrar para determinar cuanto se asomará la cuchilla para realizar el precorte.

Sobre la superficie del cilindro y, a pocos milímetros de la cuchilla se encuentra alojada una resistencia que será la superficie de contacto de la resistencia que porta la paleta soldadora, que, dará origen a la soldadura de la bolsa.

Estas resistencias son de nicromo y se encuentran una vez por cada vuelta del cilindro, esto por que la paleta tiene idéntica velocidad angular (pero sentido contrario) que el cilindro como así también el mismo radio.

La ventaja del sistema radica en la sencillez del principio de funcionamiento, pero como defecto podemos citar lo impráctico que resulta cambiar la longitud de la bolsa, puesto que está directamente relacionada con el diámetro del cilindro confeccionador. Esto significa que para cambiar la longitud de la bolsa se necesita cambiar el cilindro ya que el perímetro de éste define la longitud de la misma.

En el ejemplo de aplicación que estamos analizando solo trabajaremos con dos longitudes diferentes por lo que utilizaremos dos cilindros de confección, los que se pueden intercambiar fácilmente y sin tener pérdidas apreciables de tiempo.

Cabe mencionar que aún así es un proceso con limitaciones, pero que se encuentran en el mercado sistemas que permiten regular la longitud de la bolsa sin el cambio del cilindro pero solo entre ciertos rangos; estos sistemas son más versátiles pero con mayor complejidad y de un más alto costo.

#### Puntos a considerar para automatizar el sistema del confeccionador:

- Circuito del motor eléctrico:

Este motor es el que impulsa el sistema y es del tipo de C.A. asíncrono y trifásico. Se lo controlará por la variación de la frecuencia.

- Circuito de las resistencias para soldar el material:

La carga de este circuito eléctrico son dos resistencias de nicromo que producen el calor necesario para lograr la soldadura del tubo de polietileno en el momento en que la resistencia de la paleta y la del cilindro coincidan.

#### Prestaciones especificadas

Las prestaciones del confeccionador a tener en cuenta son las siguientes:

- Material a utilizar
- Alimentación del confeccionador
- Medidas a producir
- Producción

a) Material a utilizar: puede ser polietileno de alta o de baja densidad, de colores claros, transparente o el utilizado para residuos que es negro.

b) Alimentación del confeccionador: puede ser realizada de dos formas, ya sea a tiro directo de la extrusora o alimentado por una bobina de polietileno continua.

c) Medidas a producir: como el largo de las bolsas depende del diámetro del módulo confeccionador se deberá disponer de un módulo diferente para cada largo deseado, teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- Largos:

Largo 1 = 550 mm

Largo 2 = 1000 mm

- Anchos:

Mínimo = 90 mm

Máximo = 350 mm

d) Producción: para analizar la producción de la máquina partimos del motor eléctrico.

El motor tiene una velocidad nominal de:  $n = 1400 - 1450$  r.p.m.

La alimentación es de:  $U = 220 - 380$  V con  $f = 50$  Hz.

Está vinculado a un reductor de velocidad con una relación de: 20 a 1.

Por lo tanto, a la salida del reductor se tendrá una velocidad de:  $n = 75$  r.p.m.

Desde el reductor el movimiento es transmitido a los ejes del módulo confeccionador por un sistema de engranajes que tienen una relación de transmisión de 1 a 1 de tal forma que el confeccionador gira a una velocidad de:  $n = 75$  r.p.m.

El cilindro que estudiaremos en este ejemplo es de un diámetro  $D = 175$  mm

El largo de la bolsa será igual al perímetro del cilindro:

$$\text{Largo} = \pi * 175 \text{ mm} = 550 \text{ mm}$$

Si el cilindro gira a una velocidad de 75 r.p.m., al cabo de un minuto la producción de nuestro confeccionador será:

$$\text{Producción} = 75 \text{ r.p.m.} * 550 \text{ mm} = 41250 \text{ mm / min.} = 41 \text{ m / min.}$$

### Conclusión

Podemos decir que el sistema es muy básico y con la limitación de no poder regular la longitud de las bolsas sin tener que cambiar el cilindro confeccionador.

Pero tiene la ventaja de ser fácil y económico de construir, tiene una óptima producción, entrega un buen confeccionado del producto y al ser un sistema de construcción robusto funciona constantemente sin necesitar un continuo mantenimiento.

### SISTEMA COMPENSADOR

Este sistema absorbe la constante entrega de bolsas confeccionadas en el primer sistema en el momento que el tercer sistema (bobinadora), detiene su marcha para entregar una bobina y comenzar a bobinar la siguiente.

Para tener esta compensación se trabaja con dos planos de cilindros, entendemos por planos de cilindros a los conjuntos de cilindros que observamos en el esquema 4, donde:

El plano de cilindros fijos (4) es el superior y el plano de cilindros móviles (5) es el inferior.

Se puede observar que al entregar el confeccionador material al plano móvil, éste se mantendrá sostenido y suspendido por el propio material siempre que tengamos una recuperación del material por la bobinadora. Es decir que el material al estar sujeto desde los dos extremos mantiene al plano de cilindros móviles suspendidos, los cuales pueden realizar un desplazamiento vertical.

Es importante remarcar que el compensador tendrá dos posiciones extremas, y éstas son:

- Inferior (7): cuando el confeccionador entrega más de lo que puede recoger la bobinadora o cuando ésta se bloquee. Es decir: velocidad del confeccionador > velocidad de la bobinadora.
- Superior (8): cuando la bobinadora toma más material del que entrega el confeccionador o cuando se produce una falla en éste último. Es decir: velocidad del confeccionador < velocidad de la bobinadora.

La máquina funcionando en régimen no debe alcanzar tales extremos de compensación, y en tales casos se

detendrá el proceso porque éste tiene una falla.

En régimen el sistema compensador larga desde una posición más elevada que la inferior, luego sube aceleradamente por la demanda de la bobinadora hasta que se produce la detención de la misma para entregar una bobina terminada.

En la detención de la bobinadora, el compensador nuevamente desciende sin alcanzar su límite inferior; al reanudarse el trabajo de la bobinadora el compensador nuevamente sube repitiendo su ciclo de trabajo.

Una especificación técnica de funcionamiento es que la bobinadora deberá girar a una mayor velocidad que el confeccionador.

#### Puntos a considerar para automatizar el sistema compensador:

- Final de carrera para seguridad inferior:

Este actúa sobre el sistema confeccionador produciendo la parada del mismo cuando el sistema compensador alcanza el límite inferior (7).

- Final de carrera para seguridad superior:

Este actúa sobre el sistema bobinadora produciendo la parada de éste cuando el sistema compensador alcanza el límite superior (8).

- Control de velocidad de la bobinadora:

La tarea de este circuito será controlar la velocidad de la bobinadora de tal manera que el compensador se mantenga suspendido entre los límites superior (8) e inferior (7).

Esto lo conseguimos con el control de velocidad CV1, en el esquema 4 podemos ver la ubicación del mismo.

El detalle del mismo lo vemos en el esquema 5.

#### Prestaciones especificadas

Se analizarán dos puntos importantes:

- Tiempo de recambio de las bobinas
- Material de rechazo o perdido

a)Tiempo de recambio: del gráfico del compensador esquema 4 se obtiene el largo aproximado del producto en la zona del sistema compensador.

Esto se logra tomando como extremo inicial la última bolsa confeccionada y como extremo final la bolsa que ingresará a la bobinadora antes de comenzar una nueva bobina.

El largo del material con el plano de los cilindros móviles ubicado en la posición del límite inferior (7) es:

$$L_i = 17600 \text{ mm} = 17.6 \text{ m}$$

El largo del material con el plano de los cilindros móviles ubicado en la posición del límite superior (8) es:

$$L_s = 12000 \text{ mm} = 12 \text{ m}$$

La diferencia de las dos posiciones límites resulta:

$$L = L_i - L_s = 5.6 \text{ m}$$

Lo interesante del valor anterior radica, en que nos permitirá calcular el tiempo permitido para realizar el cambio de bobina en el próximo sistema, sin detener el funcionamiento del sistema confeccionador.

Para el cálculo de éste tiempo recordaremos que el confeccionador entrega alrededor de 41 m / min. de material confeccionado, es decir que produce 5.6 m en un tiempo de:

$$T = (5.6 \text{ m} * 60 \text{ s}) / 41 \text{ m} = 8.19 \text{ s}$$

Por lo tanto, éste es el tiempo que tardará el plano inferior perteneciente al compensador en bajar hasta la posición de corte inferior cuando la bobinadora detenga su marcha.

Como consecuencia el cambio de la bobina quedará acotado por este tiempo, ya que no podemos detener la marcha del sistema confeccionador.

b) Material de rechazo o perdido: El compensador como vimos anteriormente absorbe gran cantidad de material, y esto es un defecto que no podemos evitar pero que debe destacarse.

El problema surge cuando el precorte producido por el confeccionador no es el adecuado y el precorte resulta muy profundo, esto origina que en el sistema compensador, el propio peso de los cilindros del plano móvil corte el material.

Cuando esto sucede el plano móvil llega al límite inferior deteniendo el sistema confeccionador. Además de la pérdida de tiempo y como consecuencia de la producción se pierde el material que se encontraba en el sistema compensador en ese momento.

Debemos mencionar que éste problema no es muy frecuente durante la marcha del proceso, pero suele ocurrir en la puesta a punto del sistema. Este problema se corrige de inmediato regulando profundidad del precorte en el confeccionador.

### Conclusión

Se puede decir que éste sistema es fundamental en la máquina, debido a que mantiene el equilibrio entre los otros sistemas que funcionan en formas diferentes, ya que uno actúa de manera continua y el otro lo hace en ciclos; permitiendo que tengamos un proceso de acciones combinadas.

La forma de lograr el equilibrio es sencilla y económica, esto lo hace un sistema óptimo, además, una vez que se regula y no se producen cortes en el material no se observan otras fallas de importancia.

### SISTEMA BOBINADORA

La función del tercer sistema es formar las bobinas con las bolsas que llegan del confeccionador previo paso por el compensador.

La cantidad de cada bobina es programable, además, el ancho de las bobinas se puede regular sin tener que hacer muchos cambios.

Una ventaja de la bobinadora es que no utiliza conos de cartón como base para formar las bobinas, debido a esto tendremos bobinas de diámetro considerablemente menor con el mismo número de bolsas. También disminuirá de manera considerable el peso de las bobinas.

Se describirá el ciclo que debe cumplir el sistema para conformar la bobina observando las figuras en el esquema 6 donde se tienen los siguientes pasos:

- Sujetar el material en los conos bobinadores
- Puesta en marcha del proceso
- Actuación de las pinzas sujetando el material
- Detención de los conos bobinadores y desplazamiento de las pinzas hacia atrás
- Salida de los conos, giro de la bobinadora y comienzo del ciclo

a) Sujetar el material en los conos esquema 6a: éste paso solo se hace en el comienzo del ciclo con una nueva bobina. Luego no habrá que realizar esta operación hasta que se termine la bobina de alimentación.

Este proceso lo realiza un operario sujetando el material (2) y pasándolo entre las ranuras que tienen los conos bobinadores (4), luego se giran los conos por medio del sistema motriz propio de la bobinadora. De ésta manera al darle dos o tres vueltas el material queda sostenido en los conos y se puede dar marcha al proceso que ya funcionará automáticamente.

b) Puesta en marcha del proceso esquema 6b: en este momento comienzan a girar el sistema confeccionador y la bobinadora. Cuando la bobina tiene el número de bolsas determinado, se detiene y se sujeta el material por las pinzas de empalme (3).

c) Actuación de las pinzas sujetando el material esquema 6c: al terminar la bobina inmediatamente actúan las pinzas (3), que previamente se encuentran abiertas rodeando la bobina y listas para actuar.

Cuando se cierran (5) sostendrán y detendrán el ingreso del material, en este momento comienza a bajar el plano móvil del sistema compensador.

Los conos giran un instante más, luego de que las piezas sujetaron (5) el ingreso del material. De ésta manera se produce la separación (6) de la bobina por el tiro que se produce en el momento de giro de la bobina.

d) Detención de los conos bobinadores esquema 6d: al momento de la separación de la bobina se detiene el giro de los conos de la bobinadora. Una vez detenidos los conos se alejarán entre ellos para producir la liberación de la bobina por el peso propio de ésta.

Al momento de retirarse los conos se entrega la bobina al sistema envasador, y las pinzas que sostienen el material de alimentación deberán desplazarse hacia fuera. Cuando las mismas lleguen hasta el fondo (7) deben seguir sosteniendo el material para dar inicio a otro ciclo.

e) Salida de los conos, giro de la bobinadora y comienzo del ciclo esquema 6e: finalmente deben ingresar los conos, con la particularidad de que deben estar posicionados ambos de la misma manera, con sus ranuras en dirección horizontal, coincidentes con el material tensado por las pinzas, asegurando así el solapado de la nueva bobina.

Seguidamente comienza el giro de los conos dando lugar a un nuevo ciclo, donde las pinzas se ingresarán abiertas posicionándose sobre la nueva bobina.

Puntos a considerar para automatizar el sistema de la bobinadora

- Circuito del motor eléctrico:

El motor de C.A. asíncrono y trifásico que origina el movimiento del eje motriz del sistema será controlado por la variación de la frecuencia.

- Contador de bolsas:

Tendrá por función contar las bolsas que formarán la bobina.

- Accionamiento neumático con sus sensores:

Controlará las electro válvulas de los cilindros neumáticos. También tenemos los sensores de posición de los cilindros neumáticos.

- Posicionamiento de los conos bobinadores:

Ya se describió que los conos deben quedar posicionados ambos de la misma manera, con la ranura en posición horizontal.

- Actuadores neumáticos:

Los elementos neumáticos que se instalan en éste sistema son:

- Los cilindros CN1–CN1' que producen el movimiento de los conos esquema 7; tienen una carrera de 150 mm y la condición inicial es con los cilindros abiertos.
- El cilindro CN2 que produce el movimiento del carro porta pinzas esquema 8; tiene una carrera de 150 mm y la condición inicial es con el cilindro cerrado.
- Los cilindros CN3–CN3' que producen el movimiento de las pinzas esquema 8; tienen una carrera de 50 mm y la condición inicial es con los cilindros cerrados.

### Prestaciones especificadas

- Medidas y cantidades a producir
- Producción

a) Medidas y cantidades a producir: se debe destacar que la variable en este sistema es el número de bolsas que tendrá la bobina, ya que las otras dimensiones del producto ya fueron definidas.

b) Producción: ésta se controla en función de lo que produce el confeccionador, que se había mencionado que entregaba 41 m / min. Lo que indica que la bobinadora debe tener una capacidad para bobinar 41 m / min., o más de lo producido por el confeccionador.

Como se requiere un tiempo para el recambio de la bobina, la bobinadora tendrá que girar más rápido que el confeccionador.

Además, el número de bolsas por bobina puede ser variable, por lo que se prestará mayor atención a los programas de bobinas con menor cantidad de bolsas, puesto que se tendrá una mayor cantidad de cambios de bobinas por minuto.

### Conclusión

Este sistema tiene un funcionamiento óptimo con las ventajas de ser un mecanismo simple y económico de



construir, como el sistema de construcción es robusta funciona constantemente sin necesitar un mantenimiento estricto.

### EQUIPO ENVASADOR

La función del éste equipo es envasar las bolsas que produce la bobinadora. Es un equipo independiente de los mencionados anteriormente con un chasis y comando individual.

La envasadora funciona como una cama horizontal que se encuentra debajo del sistema de la bobinadora, y su ciclo de trabajo da inicio cuando la bobina terminada cae desde los conos bobinadores directamente sobre ésta.

El ciclo de trabajo se explicará a continuación y en los esquemas 9a y 9b se pueden ver la secuencia de pasos que son las siguientes:

- Ingreso de la bobina
- Conformado del envase
- Sellado y corte

a) Ingreso de la bobina: esto ocurre en el extremo inicial de la cama envasadora, se define como el lugar de carga (5) de la envasadora, donde el material de envase (lamina de polietileno) tiene la forma de una media caña, de manera que la bobina se aloje en ésta.

El material de envase está tensado de un extremo por la bobina de alimentación (1) del material de envase, y del otro extremo lo tira el propio sistema motriz (7) de la envasadora.

b) Conformado del envase: al ubicarse la bobina en el lugar de carga (5) ésta avanza sobre la cama de rodillos (11) que se extiende a lo largo de todo el proceso de envasado.

Se le da un conformado (6) al material de envase de manera que envuelva a la bobina, y se cierra la media caña lográndose un tubo continuo con el material de envase que aloja a la bobina.

c) Sellado y corte: esto ocurre en el extremo final de la cama horizontal donde se desarrolla el envasado. Es el proceso en el cual se le aplica calor al envase que ya está conformado de manera que no se desarme.

Se tendrán dos direcciones de aplicación de calor, la longitudinal (es decir en la dirección de avance del proceso) y la dirección transversal a la dirección de avance del proceso.

Con esto obtenemos las bobinas envasadas y evitando que ante el manipuleo de embalaje final éstas se desarmen.

Los elementos de la envasadora se observan en el esquema 10.

### Puntos a considerar para automatizar el sistema envasador

- Motor del porta bobina:

Se necesita mover el eje de la bobina de alimentación y por lo tanto se pondrá un motor eléctrico, que será una carga a controlar.

- Sensores de posición:

Será otro componente del equipo ya que debemos controlar el avance y la posición del producto.

- Motores del sistema motriz:

Al igual que en el eje porta bobina necesitamos tracción en este mecanismo y por lo tanto es otra carga a tener en cuenta para controlar.

- Circuitos de resistencias para sellar las bobinas envasadas:

La carga de este circuito son dos resistencias de nicromo que producen el calor necesario para lograr el sellado.

- Sensores y accionamientos neumáticos:

Tenemos que producir el sellado con calor, y para mover los actuadores trabajamos con un sistema neumático controlado por electro válvulas que son otra carga eléctrica del sistema a controlar, lo mismo ocurre con los sensores de posición.

- Actuadores neumáticos:

Los elementos a instalar son:

El cilindro CN4 que produce el movimiento del sellador en la dirección longitudinal, que tiene una carrera de 100 mm y la condición inicial es con el cilindro cerrado.

El cilindro CN5 que produce el movimiento del sellador en la dirección transversal, que tiene una carrera de 100 mm y la condición inicial es con el cilindro cerrado.

## COMPONENTES DE AUTOMATIZACION

- PARTES OPERATIVAS DE LOS EQUIPOS

A continuación describiremos las partes operativas de los equipos.

Se determinaran, los elementos necesarios para la automatización del proceso y se realizara una descripción de las funciones de los motores, sensores y electroválvulas.

Con los ítems enumerados anteriormente designaremos los componentes de cada sub-sistema y luego se los agrupara según sean motores, sensores, electroválvulas, etc.; dándoles a cada elemento una referencia par identificarlos.

- Sub-sistema Confeccionador:
  - Motor de C.A. del Sistema Motriz del Confeccionador y como controlarlo.
  - Sistema para soldar polietileno.
  - Sub-sistema Compensador:
    - Final de carrera para seguridad superior.
    - Final de carrera para seguridad inferior.
    - Control de velocidad de la Bobinadora.
  - Sub-sistema Bobinadora:

- Motor de C.A. de la Bobinadora y como controlarlo.
- Contador de bolsas bobinadas.
- Accionamientos neumáticos y sus sensores.
- Posicionamiento de los conos bobinadores.
- Actuadores neumáticos.
- Sub-sistema Envasadora:

- Motor del porta bobina.
- Sensores de posición.
- Motores del sistema motriz.
- Sistema para sellar polietileno.
- Sensores y accionamientos neumáticos.
- Actuadores neumáticos.
- FUNCIONES DE LOS MOTORES

- Motor del Confeccionador M1:

Motor para el giro del reductor montado a la placa del sistema motriz del Confeccionador .

Deberá funcionar constantemente mientras el equipo esta en marcha automaticamente.

Se debe accionar de manera automática y manual.

- Motor de la Bobinadora M2:

Motor para el giro del eje motriz de la bobinadora .

Se debe accionar de manera automática y manual.

- Motor del cilindro porta bobina de la Envasadora M3(esquema 10):

Motor para el giro del porta bobina que provee el material de envase .

Funciona en conjunto con el sistema motriz de la envasadora. Se debe accionar de manera automática y manual.

- Motores del sistema motriz de la Envasadora M4 y M5:

Motores para el giro de las ruedas del sistema motriz que provoca el avance del producto en la envasadora .Se debe accionar de manera automática y manual.

- FUNCIONES DE LOS CILINDROS NEUMATICOS

- Cilindros neumáticos CN1 y CN1':

Cilindros para mover los conos bobinadores (ESQUEMA 7).

- Cilindros neumáticos CN2:

Cilindro par desplazar el carro porta pinzas de empalme (ESQUEMA 8).

- Cilindros neumáticos CN3 y CN3':

Cilindros neumáticos par abrir y cerrar las pinzas de empalme (ESQUEMA 8).

- Cilindro neumática CN4:

Cilindro neumático para mover el sellador longitudinal.

- Cilindro neumático CN5:

Cilindro neumático para mover el sellador transversal.

- FUNCIONES DE LOS SENSORES

- Contador CB1:

Sensor para contar el numero de bolsas que se van bobinando.

- Control de velocidad CV1:

Sensor de posición del Compensador para el control en la velocidad de la Bobinadora (ESQUEMA 5).

- Final LF1:

Limite de carrera superior del Compensador (ESQUEMA 4).Interruptor de funcionamiento del confeccionador.

- Final LF2:

Limite de carrera inferior del Compensador (ESQUEMA 4).Interruptor de funcionamiento del Confeccionador.

- Final LC1:

Limite de carrera del cilindro que acciona el cono bobinador CN1, se ubica en el extremo mas lejano al vástago, sobre el cilindro. Indica que los conos están adentro del conjunto bobeando.

f) Final LC2:

Limite de carrera del cilindro que acciona el cono bobinador CN1, se ubica en la parte mas cercana al vástago, sobre el cilindro. Indica que los conos están afuera del conjunto bobinador (condición inicial).

g) Final LC3:

Limite de carrera del cilindro que mueve el carro CN2, se ubica sobre el cilindro en el extremo mas lejano al vastago. Indicara que el carro esta adentro (condición inicial).

h) Final LC4:

Limite de carrera del cilindro que mueve el carro CN2, se ubica sobre el cilindro en el extremo mas próximo al vastago. Indicara que el carro esta afuera.

i) Final LC5:

Limite de carrera del cilindro que acciona las pinzas CN3, se ubica sobre el cilindro en el extremo mas lejano al vastago. Indicara cuando las pinzas están abiertas (condición inicial).

j) Final LC6:

Limite de carrera del cilindro que acciona las pinzas CN3, se ubica sobre el cilindro en el extremo mas próximo al vastago. Indicara cuando las pinzas están cerradas.

k) Final LC7:

Limite de carrera del cilindro que acciona el elemento sellador longitudinal de la Envasadora CN4, se ubica sobre el cilindro en el extremo mas próximo al vastago. Indicara cuando el elemento sellador este en la posición de sellado.

l) Final LC8:

Limite de carrera del cilindro que acciona el elemento sellador longitudinal de la Envasadora CN4, se ubica sobre el cilindro en el extremo mas lejano al vastago. Indicara cuando el elemento sellador este en la posición de espera, alejado de la bobina. (condición inicial).

m) Final LC9:

Limite de carrera del cilindro que acciona el elemento sellador transversal de la Envasadora CN5, se ubica sobre el cilindro en el extremo mas próximo al vástago. Indicara cuando el elemento sellador este en la posición de sellado y fraccionamiento de las bobinas.

n) Final LC10:

Limite de carrera del cilindro que acciona el elemento sellador transversal de la Envasadora CN5, se ubica sobre el cilindro en el extremo mas lejano al vastago. Indicara cuando el elemento sellador este en la posición de espera, alejado de la bobina. (condición inicial).

o) Final LP1:

Limite de posición de los conos bobinadores (ESQUEMA 7).Posiciona los conos, par que sus ranuras queden en posición horizontal, cuando se provoca la detención del giro de Los mismos.

p) Final LP2:

Detecta que hay una bobina en el sector de carga de la Envasadora (ESQUEMA 10).Tendrá la función de activar la marcha de la envasadora.

q) Final LP3:

Detecta que hay una bobina en el sector de sellado de la Envasadora (ESQUEMA 10).Tendrá la función de parar el avance de la envasadora, par que actúe el sellador transversal que fracciona bobinas.

r) Final LP4:

Limite de posición que acciona la marcha del cilindro porta bobina (ESQUEMA 10).Es accionado por un cilindro que pivotea cuando se produce el avance del material de envase.

- FUNCIONES DE LAS ELECTROVALVULAS

- Electrovalvula EV1:

Comanda los cilindros neumáticos que mueven los conos bobinadores hacia adentro y hacia afuera CN1 y CN1'.

- Electrovalvula EV2:

Comanda el cilindro neumático que mueve el carro porta pinzas hacia afuera y luego hacia adentro CN2.

- Electrovalvula EV3:

Comanda Los cilindros neumáticos que accionan las pinzas, cerrándolas y abriéndolas CN3 y CN3'.

- Electrovalvula EV4:

Electrovalvula auxiliar por cualquier necesidad.

- Electrovalvula EV5:

Comanda el cilindro de sellado longitudinal aplicándolo sobre la bobina y retirándolo CN4.

- Electrovalvula EV6:

Comanda el cilindro de sellado y fraccionado transversal aplicándolo sobre la bobina y retirándolo CN5.

- FUNCIONES DE LOS SELLADORES O SOLDADORES DE PLASTICO

- Soldador S1:

Produce el sellado de las bolsas en el confeccionador.

- Soldador S2:

Produce el sellado longitudinal del envase de las bobinas.

- Soldador S3:

Produce el sellado transversal durante el envasado, produciendo el fraccionamiento de cada una de las bobinas envasadas.

- TABLA RESUMEN

<u>ELEMENTOS</u>	<u>IDENTIFICACION</u>
<i>Motor del confeccionador</i>	<i>M1</i>
<i>Motor de la bobinadora</i>	<i>M2</i>
<i>Motor del porta bobina</i>	<i>M3</i>
<i>Motores Sist. Motriz envasadora</i>	<i>M4 y M5</i>
<i>Cilindros neumáticos conos bobinadores</i>	<i>CN1 y CN1'</i>
<i>Cilindro neumático carro porta pinzas</i>	<i>CN2</i>

<i>Cilindros neumáticos pinzas de empalme</i>	<b>CN3 y CN3'</b>
<i>Cilindro neumático sellador longitudinal</i>	<b>CN4</b>
<i>Cilindro neumático sellador transversal</i>	<b>CN5</b>
<i>Contador de bolsas bobinadas</i>	<b>CB1</b>
<i>Control de velocidad de la bobinadora</i>	<b>CV1</b>
<i>Conos bobinadores adentro</i>	<b>LC1</b>
<i>Conos bobinadores afuera</i>	<b>LC2</b>
<i>Carro porta pinzas adentro</i>	<b>LC3</b>
<i>Carro porta pinzas afuera</i>	<b>LC4</b>
<i>Pinzas de empalme abiertas</i>	<b>LC5</b>
<i>Pinzas de empalme cerradas</i>	<b>LC6</b>
<i>Sellador longitudinal accionado</i>	<b>LC7</b>
<i>Sellador longitudinal no accionado</i>	<b>LC8</b>
<i>Sellador transversal accionado</i>	<b>LC9</b>
<i>Sellador transversal no accionado</i>	<b>LC10</b>
<i>Posicionado de Los conos bobinadores</i>	<b>LP1</b>
<i>Bobina en zona de carga – envasadora</i>	<b>LP2</b>
<i>Bobina en sector sellado – envasadora</i>	<b>LP3</b>
<i>Accionamiento motor del porta bobina</i>	<b>LP4</b>
<i>Electrovalvula para CN1 y CN1'</i>	<b>EV1</b>
<i>Electrovalvula para CN2</i>	<b>EV2</b>
<i>Electrovalvula para CN3 y CN3'</i>	<b>EV3</b>
<i>Electrovalvula auxiliar</i>	<b>EV4</b>
<i>Electrovalvula para CN4</i>	<b>EV5</b>
<i>Electrovalvula para CN5</i>	<b>EV6</b>
<i>Soldador del confeccionador</i>	<b>S1</b>
<i>Soldador de la envasadora longitudinal</i>	<b>S2</b>
<i>Soldador de la envasadora transversal</i>	<b>S3</b>

En los esquemas 11 y 12 observamos la ubicación de los componentes descriptos.

#### • CIRCUITOS DE CONTROL Y DE POTENCIA

En un proceso automatizado generalmente se tendrán dos circuitos separados claramente diferenciados, estos son:

##### **2-1) CIRCUITO DE POTENCIA:**

Esta es la que corresponde a la tensión de alimentación de la maquina. Es la tensión de red y alimentación al sistema, será para la alimentación de los motores de C.A. o para cualquier otra aplicación presente que necesite tensión de red, esta puede ser alimentación trifasica o monofasica.

##### **2-2) CIRCUITO DE CONTROL:**

Es el circuito utilizado par la alimentación de los elementos de comando, su valor comúnmente es de 24 Vcc, pero también puede variar en 12 o 48 volt de C.A. o C.C. y algunos casos especiales 110 Vca.

Estos valores son para la alimentación de los sensores, bobinas de relé auxiliares, electrovalvulas neumáticas, contactores de potencia, etc., en general son los niveles de tensión que maneja el P.L.C. para sus entradas y sus salidas.

Los circuitos eléctricos de alimentación del **EQUIPO PRINCIPAL** (Sub–sistema Confeccionador, Compensador y Bobinadora) son:

- Alimentación del P.L.C.
- Alimentación del transformador y rectificador de 24 Vcc.
- Alimentación del sistema sellador.
- Alimentación de Los variadores de velocidad.
- CIRCUITOS DE CONTROL
- SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL CIRCUITO NEUMATICO

Las principales características de los circuitos neumáticos son los siguientes:

- El aire de retorno, el que no ejecuta la maniobra, se libera a la atmósfera y se pierde.
- El aire que empuja al embolo puede permanecer en situación de empuje todo el tiempo que sea necesario sin problemas.
- Las tomas de aire a presión se realizan de la red general de la planta, alimentada por un compresor que puede suministrar aire a una red muy extensa de elementos neumáticos.
- El l circuito neumático necesita ser lubricado y filtrado antes de Los actuadores neumáticos, para evitar que se oxiden Los elementos fijos y móviles del circuito y para facilitar Los movimientos.
- CILINDROS NEUMATICOS:

Son Los elementos actuadores que efectuaran los movimientos que describimos anteriormente.

<i><b>Identificación</b></i>	<i><b>Accionan</b></i>
<i><b>CN1 y CN1'</b></i>	<i><b>Conos bobinadores</b></i>
<i><b>CN2</b></i>	<i><b>Carro porta pinza</b></i>
<i><b>CN3 y CN3'</b></i>	<i><b>Pinzas de empalme</b></i>
<i><b>CN4 y CN5</b></i>	<i><b>Selladores Envasadora</b></i>

#### • ACOMETIDA:

Es el inicio de la instalación ajeno de la maquina, para la conexión a la Red de aire comprimido es común en una planta industrial.

Normalmente se utiliza una manguera especial con una conexión rápida o coalizante.

#### • VALVULA DE AISLAMIENTO MANUAL:

Se utiliza par aislar el circuito de una maquina cuando sea necesario, cerrando el paso del aire de la red.

Es útil en el caso de tener que realizar una reparación o un cambio de algún componente de la maquina, se ubica antes del filtro de esta ultima.

#### • EQUIPO F.R.L.:



Es el conjunto filtro, regulador y lubricador que se coloca al inicio del circuito, sus funciones son:

- **FILTRO:** eliminar las impurezas que lleva el aire y la humedad presente en el mismo que provienen de la red general y que arruinarían Los actuadores de la maquina.
- **REGULADOR:** es par regular la presión a la que trabajara el circuito, este valor de regulación se puede ver en un manómetro incorporado al regulador. Definimos la presión nominal de trabajo  $P=6$  bar.
- **LUBRICADOR:** Tiene la función de lubricar los componentes neumáticos

para evitar el desgaste y disminuir los rozamientos.

### 3-1-5) SELECCIÓN DE LAS ELECTROVALVULAS:

Las electrovalvulas son aquellos elementos que en un circuito distribuyen o direccionan el aire comprimido hacia los elementos de trabajo, constituyéndose en órganos de mando en un circuito par gobernar el movimiento de los cilindros neumáticos.

Par la selección de las electrovalvulas de distribución en un circuito neumático debe considerarse:

- El numero de vías necesarias, para los cilindros de DOBLE EFECTO elegidos anteriormente se necesitaran: 2 bocas de salida par comandar el cilindro, 2 bocas de descarga lo que permite controlar individualmente Los escapes y obtener velocidades diferentes en ambos sentidos del movimiento del vástago y por ultimo una boca de alimentación. Para la electrovalvula auxiliar que planteamos (EV4) fijamos tres vías.
- El numero de posiciones de la válvula que queda determinado por las condiciones operativas de los cilindros.

En base a esto se seleccionaron:

Cinco válvulas de 5/2 (EV1, EV2, EV3, EV5 y EV6)

Donde: 5: Cantidad de conexiones

2: Cantidad de posiciones

Una válvula de 3/2 (EV4)

Donde: 3: Cantidad de conexiones

2: Cantidad de posiciones

NOTA: Los ejemplos de funcionamiento de las electrovalvulas se pueden ver en los esquemas 13 y 14.

Esquema 13 es el ejemplo del accionamiento de una electrovalvula 5/2.

Esquema 14 es el ejemplo del accionamiento de una electrovalvula 3/2.

### 3-1-6) VALVULAS REGULADORAS DE CAUDAL Y ANTIRRETORNO:

Se ubican en las entradas de los cilindros neumáticos para poder regular en forma individual el movimiento del vástago en ambos sentidos, con diferentes velocidades.

Estos se colocan uno por cada entrada de los cilindros aplicados y fueron entregados directamente con cada cilindro.

Los cilindros seleccionados son de diferentes series:

CN1 y CN1' son cilindros neumáticos que no requieren válvulas reguladores de caudal y antirretorno, ya que los mismos son amortiguados.

CN2, CN3–CN3', CN4 y CN5 son cilindros neumáticos que no son amortiguados por lo que llevarán válvulas reguladoras de caudal y antirretorno.

### 3–1–7) ACCESORIOS:

Entre los accesorios que por lo general comprende todo circuito neumático, tenemos:

- Colector para alimentar y montar las electroválvulas.
- Escuadras de montaje.
- Racord rápidos (conectores de manguera rápidos).
- Silenciadores para las bocas de escape de las electroválvulas.
- Tubo para realizar las conexiones.

Los circuitos neumáticos están indicados en los esquemas 15 y 16.

### 3–2)SELECCIÓN DE SENSORES:

Actualmente los detectores electrónicos (inductivos, capacitivos, de presión, magnéticos y fotoeléctricos) son dispositivos mas utilizados que los interruptores de accionamiento mecánico, debido a que poseen una mejor performance.

Basándose en los distintos tipos de sensores existentes se hizo una selección de los mismos para la aplicación, describiendo las principales características de los mismos:

- No hay contacto ni reacción física sobre el objeto detectado por lo tanto no abra desgaste.
- Pueden realizar un numero ilimitado de maniobras asegurando su durabilidad.
- Receptan grandes velocidades de ataque en los movimientos detectados.
- Pueden tomar informaciones de corta duración.
- Emiten una señal limpia y rápida con salida electrónica sin rebote.
- Son robustos por estar encapsulados en resina.
- Son estáticos por no tener piezas móviles en su interior.
- Poseen escaso o nulo mantenimiento.
- Su cuerpo roscado exterior facilita su instalación y ajuste, en caso de los sensores inductivos o capacitivos.
- Están equipados con visualización de la detección por medio de led.
- Son de intercambiabilidad directa y rápida.

### 3–2–1)CONTADOR CB1:

La función de este es sensar el número de bolsas que se van bobinando. A la entrada de la bobinadora colocamos un sensor de presión de aire. Este se ubica entre el rodillo número 16 y el 18 (ESQUEMA 2) antes que el material ingrese a la bobinadora.

De un lado del material que va pasando en forma continua se coloca el sensor y del otro lado un chorro de aire comprimido sin lubricar (aprovechamos la ev4 auxiliar). Las bolsas confeccionadas hacen de barrera entre el chorro de aire y el sensor. Como las bolsas ya confeccionadas tienen un precorte o puntillado, esta variación es la que permite actuar al sensor. Por lo tanto, a cada precorte, el chorro de aire actúa sobre el sensor y cuenta una bolsa. De esta manera se obtiene un contador muy versátil, que es independiente del color del material que se está procesando.

Para sujetar el sensor y para lograr un óptimo funcionamiento se utiliza una boquilla de aluminio que tiene la característica de conducir el chorro de aire para evitar errores y presionar el polietileno de forma suave de manera que no trabase el avance del material que lo atraviesa a gran velocidad evitando desvío del chorro de aire. A esta boquilla se le conecta de un lado de la manguera de aire y del otro el sensor. Este tiene un display para calibrar el rango de presión al que uno quiere que actúe a la salida y botones para su calibrado.

### 3-2-2) CONTROL DE VELOCIDAD CV1:

Tiene la función de sensar la posición del compensador actuando directamente sobre el control del motor de C.A. de la bobinadora.

El mismo es accionado de manera mecánica por el plano de rodillos móviles del compensador y esto se traslada a un circuito eléctrico que es un potenciómetro óptico acoplado y que controla la bobinadora (esquema 4 Y 5).

Potenciómetro óptico acoplado:

La función de este circuito es variar la velocidad de manera gradual al motor de la bobinadora cuando el plano de cilindros comienza a aproximarse al punto superior del compensador (esquema 4).

Esto se logra con una chapita de desplazamiento vertical que tiene la particularidad de tener perforaciones de diferentes diámetros una al lado de otra en la dirección de su desplazamiento y que van variando su diámetro en aumento de arriba hacia abajo. La chapita se encuentra en una corredera, donde se desliza hacia arriba cuando la arrastra el plano de rodillos del compensador (esquema 5). En su posición que no es accionada, la chapita es una barrera entre un diodo emisor y un foto diodo, que son la parte electrónica del potenciómetro óptico acoplado. Estos se encuentran enfrentados en la corredera y sensan el desplazamiento vertical de la chapita. A medida que la chapita comienza a subir la luz emitida por el diodo comenzará a llegarle al foto diodo con mayor intensidad debido que las perforaciones van creciendo. En la posición superior de la chapita, la luz emitida pasa al máximo y en esta posición el motor funcionará a su velocidad mínima. Al contrario, en la posición inferior de la chapita, cuando no es accionada por el plano móvil del rodillo, la luz emitida no le llega al foto diodo y el motor funcionará a su velocidad máxima programada.

En el instante en que la bobinadora comienza su frenado, controlado por el potenciómetro óptico acoplado, se están bobinando las últimas bolsas de la bobina en cuestión.

Cuando comienza un nuevo ciclo en la bobinadora, el plano móvil ya descendió debido a que la entrega del confeccionador no merma nunca el régimen. Debido a esto tenemos el potenciómetro óptico acoplado de nuevo en posición inferior y por lo tanto el variador está en su velocidad programada máxima y la bobinadora entonces comienza el ciclo a toda marcha.

### 3-2-3) Final LC1 y LC2:

La función de estos dos es para sensar la posición del cilindro neumático cn1, que desplazan a los conos bobinadores.

Se utilizan interruptores magnéticos, detectores estos que se componen de un interruptor inyectado en un bloque de resina sintética que detecta la ubicación del embolo, el cual posee un imán permanente para permitir su sensado. Están formados por un cuerpo plástico en cuyo interior se aloja el detector con la característica de ir directamente ubicados en el cuerpo del cilindro neumático.

### 3-2-4) Posición de giro de los conos LP1:

Seleccionamos un sensor inductivo para el posicionamiento de los cabezales que mencionamos que debían parar en un determinado punto de manera que los conos bobinadores queden con sus ranuras en posición horizontal (esquema 7). Este tipo de sensor lo posicionó en la periferia de uno de los cabezales del conjunto motriz de la bobinadora que es de plástico.

Al cabezal de arrastre de los conos bobinadores que son de material aislante se le atornillan dos chapas en su periferia quedando dos espacios simétricos con plástico que coinciden con la dirección de la ranura del cono.

En el proximo esquema vemos la ubicación del sensor.

Donde :

1- Son las chapitas de acero que se atornillaron al cabezal de arrastre.

2- Es el cabezal de arrastre en zona descubierta que coincide con la ranura de los conos bobinadores y es de material aislante.

3- Sentido de giro del cabezal de arrastre.

4- Cono bobinador.

5- Sensor inductivo (detecta metales).

6- Conexión del sensor.

Cuando el cabezal gira el sensor inductivo va sensando la periferia y ve plástico y metal, cuando el motor corta su marcha, girara hasta que el sensor quede enfrenteado a la zona de la periferia que tenga plástico quedando los conos posicionados, cuando se produce la detención de la bobinadora.

### 3-2-5) Zona de Carga y Sector de sellado de la Envasadora LP2 y LP3:

Se usan sensores fotoeléctricos de fibra óptica. Tienen la ventaja de ser cómodos de instalar en lugares complicados debido a sus pequeñas dimensiones y que tiene el amplificador separado.

Otra alternativa es trabajar con el tiempo y el recorrido desde que se detecto una bobina en el sector de carga y comenzó el proceso. Así calculando cuando arranca el avance, puedo programar que se pare a un determinado tiempo, calculado de manera que la bobina quede en la posición del sellado. De esta manera frenara, actuaran los selladores y quedara parado.

Cuando entra otra bobina a la zona de carga comienza de nuevo el ciclo.

### 3-3) Selección de variadores de velocidad:

Los dos motores trifásicos del equipo para producir el giro del confeccionador y de la bobinadora que ya han sido definidos como M1 y M2 son de corriente alterna, asíncronos, y trifásicos, controlados con variadores de frecuencia.

Los variadores de velocidad electrónicos permiten variar la velocidad y la cupla de los motores asíncronos trifásicos convirtiendo las magnitudes fijas de frecuencia y tensión de red en magnitudes variables.

Se utilizan estos equipos cuándo las necesidades de aplicación son:

- Dominio del par y la velocidad.
- Regulación sin golpes mecánicos.
- Movimientos complejos.
- Mecánica delicada.

En función de necesitar un control de las velocidades de los dos motores desde valores casi nulos ósea de frenado hasta un rango de velocidad nominal de las maquinas y a valores mayores que la velocidad nominal, sin tener perdida en el par mecánico, se utilizaron variadores de frecuencia para el control de los motores de corriente alterna trifásicos.

### Consideraciones economicas

El costo es la suma de todos los gastos incurridos en la producción de un bien o servicio.

En otras palabras, el costo industrial surge de la acumulación de todos los gastos ocasionados en la elaboración del producto.

En el estudio de los costos industriales se considera la variable independiente Q que simboliza el numero de unidades producidas en un periodo.

El primer aspecto que se observa en el análisis de costos es el comportamiento de sus componentes respecto a la variable Q, destacándose :

- Componentes cuyo monto gastado crece proporcionalmente con Q. Son los que forman el costo variable.
- Componentes en los cuales el importe gastado es independiente de Q. Son los que forman el costo fijo.

De manera que el costo total para producir Q unidades en un periodo es :

$$CT=CV+CF$$

1)el costo variable esta formado por :

- Mano de obra directa.
- Materiales directos.
- Costos variables de fabricación.

2)el costo fijo esta formado por:

- Amortizaciones de maquinas y equipos.

- Remuneración de directivos, empleados administrativos y de limpieza.
- Alquileres.
- Impuestos.
- Seguros.
- Capacitación, vigilancia, etc.

A continuación realizaremos un análisis para determinar en cuanto tiempo amortizamos la inversión realizada para la automatización del sistema.

Anteriormente a la automatización del sistema el equipo contaba solo con los sistemas de confeccionado, compensado y bobinado como una sola unidad operativa, donde el trabajo estaba a cargo de dos operarios; y el equipo envasador se encontraba separado del equipo principal y la tarea requería de un operador más.

El equipo original tenía un costo estimado de \$10000, y como inconvenientes destacamos la pérdida de tiempo ocasionada por el traslado de la bobina terminada del sector principal de trabajo hacia el sector de embolsado y empaque.

La producción estimada era de 1500 bobinas semanales y 6000 mensuales.

Si el costo unitario por bobina era de 3.8 y el precio de venta 4\$ entonces tenemos:

Ingresos =  $6000 * 4 = 24000\$$  Costo total =  $6000 * 3.8 = 22800\$$

Beneficio =  $24000 - 22800 = 1200 \$$

El costo aproximado de la inversión es de \$ 2500, en la cual se incluyen todos los elementos que forman parte de la automatización, el traslado del equipo envasador al sector de la bobinadora y los ajustes realizados al mismo para que todo el sistema funcione como una sola unidad operativa automatizada.

Considerando que la producción del confeccionador es de 41 m/min. (0.68 m/seg.), y que la cantidad de bolsitas por bobina es de 100 unidades, determinaremos el tiempo de producción de una bobina :

Realizaremos el análisis solo de las bolsitas de 550 mm de longitud.

Longitud de una bobina completa =  $100 * 550 \text{ mm} = 55000 \text{ mm} = 55 \text{ m}$

Donde 550mm es la longitud de cada bolsita.

Tiempo de producción de una bobina =  $( 55 \text{ m} / 0.68 \text{ m/seg.} ) + 8.2 \text{ seg.} = 89 \text{ seg.}$

Donde 8.2 seg. es el tiempo empleado por el sistema entre el final de una bobina y el inicio de otra.

El trabajo se realiza de lunes a viernes con una jornada laboral de 8 hs por día, y los sábados solo se trabajarán 5 hs.

Por semana el tiempo de trabajo es de 45 horas. En ese tiempo producimos 1820 bobinas.

Cada bobina tiene un costo de \$3.4 aproximadamente. De este valor el 80% corresponde a costo variable y el restante 20% al costo fijo.

Si consideramos un beneficio de 15%, obtenemos un precio de venta de 4\$.

Considerando que toda la producción de un mes(7280 bobinas) es vendida tenemos:

Ingresos= $7280 * 4 = 29120\$$  Costo total =  $7280 * 3.4 = 24752\$$

Entonces el beneficio será de  $29120 - 24752 = 4368\$$

Si obtenemos un beneficio de 4368\$ mensualmente y la inversión para automatizar fue de 2500\$,esta se recupera en:

$24 \text{ días de trabajo} * 2500 / 4368 = 13.7 \text{ días de trabajo.}$

En ese tiempo yo recupero la inversión realizada.

Como consecuencia de este análisis , determinamos que la automatización era conveniente.

1

ENTRADA

TUBO DE POLIETILENO CONTINUO

PROCESO

AUTOMATIZADO

SALIDA

BOBINA DE BOLSAS EN CANTIDAD PROGRAMABLE