

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**“AUTOMATIZACIÓN DE LA LÍNEA DE ENVASADO DE
PRODUCTOS COSMÉTICOS DE LABORATORIOS WINDSOR S.A.”**

DIANA ELIZABETH ÁLVAREZ REVELO

SANGOLQUÍ – ECUADOR

2005

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente proyecto de grado titulado “**Automatización de la Línea de Envasado de productos cosméticos de Laboratorios Windsor S.A.**” ha sido desarrollado en su totalidad por Diana Elizabeth Álvarez Revelo bajo nuestra dirección.

Ingeniero Rodolfo Gordillo
DIRECTOR

Ingeniero Hugo Ortiz
CODIRECTOR

AGRADECIMIENTO

A mis Padres, por su confianza y fe depositadas en mí, por darme la fuerza para cruzar cada obstáculo en mi vida; este proyecto es una pequeña muestra de mi reconocimiento.

A mi esposo, por su apoyo y comprensión al momento de desempeñarme en mi vida estudiantil.

A mi hermana que aunque es la primera vez que no está a mi lado, le agradezco su apoyo moral e incondicional en los momentos más difíciles.

A mi familia, por su cariño y por estar pendiente de lo que ha ocurrido en mi vida.

A mi Director y Codirector, por su ayuda para la culminación de este proyecto y por todos los conocimientos impartidos como maestros.

A mis profesores, por sus enseñanzas que me son y me serán de mucho provecho en mi vida profesional.

A mis amigos porque gracias a su comprensión me han apoyado por muchas ocasiones en este tiempo en la universidad.

A todos muchas gracias de todo corazón.

DEDICATORIA

Este proyecto está dedicado a los seres que gracias a Dios me dieron la vida, Mis Padres, por su apoyo incondicional y por ser el pilar fundamental de mi existencia, por ellos he podido alcanzar mis sueños, metas y objetivos. No puedo olvidarme de mi esposo y mi familia, a quienes dejo constancia de que lo propuesto es un logro, después de responder con esfuerzo y responsabilidad.

PROLOGO

El presente proyecto titulado “**Automatización de la línea de envasado de productos cosméticos de Laboratorios Windsor S.A.**”, tiene como objetivo principal, optimizar el tiempo del proceso para obtener mayor productividad y mejorar la calidad de los productos.

El diseño y la simulación del proceso se basan en aplicaciones reales de producción, lo que permite tener una fácil manipulación de las variables del proceso y de esta manera emplearlas en forma conveniente para la empresa y sus operarios. Además la redacción de este proyecto es un medio de consulta que permitirá un rápido entendimiento sobre el proceso.

La realización de una Interfaz Humano Máquina (HMI) es de gran ayuda, ya que es el medio de comunicación entre los operarios y las máquinas que participan en el proceso, además de proporcionar la supervisión y control.

En consecuencia, este proyecto se enfoca en la disminución de tiempos muertos, en incrementar la calidad de los productos y en hacer funcional el proceso.

ÍNDICE

CAPÍTULO I.....	1
GENERALIDADES.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	4
1.2.1 General	4
1.2.2 Específicos.....	4
1.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	5
1.3.1 Esquema Gráfico	5
1.3.2 Diagrama de Bloques.....	6
1.3.2.1 Calibración de los Equipos.....	8
1.3.2.2 Posicionamiento y Producción	9
1.3.2.3 Finalización del Proceso.....	9
CAPÍTULO II	10
INGENIERÍA BÁSICA	10
2.1 PROCESO DE ENVASADO	10
2.2 BANDAS TRANSPORTADORAS	11
2.2.1 Generalidades	11
2.2.2 Utilidades.....	11
2.2.3 Industria Ligera	12
2.2.3.1 Características y Beneficios.....	12
2.3 LLENADORAS	12
2.3.1 Generalidades	12
2.3.2 Llenadora de semisólidos	13
2.4 SENSORES DE PROXIMIDAD.....	13
2.4.1 Generalidades	13
2.4.2 Sensores Capacitivos	14
2.4.3 Auxiliares de Mando	15
2.4.3.1 Contactores	16
2.4.3.2 Pulsadores.....	16
2.4.3.3 Selectores de mando.....	17
2.4.3.4 Interruptores mecánicos de posición.....	17
2.5 CILINDROS NEUMÁTICOS	18
2.5.1 Generalidades	18
2.5.2 Clasificación	19
2.5.3 Fuerza del Cilindro	20
2.5.4 Consumo de Aire.....	20
2.5.5 Velocidad del Émbolo	21
2.6 SERVOMORES	21
2.6.1 Generalidades	21
2.6.2 Funcionamiento del Servomotor	22
2.7 GATO HIDRÁULICO	24

2.7.1 Generalidades	24
2.8 PLC	25
2.8.1 Generalidades	25
2.8.2 Principales partes.....	26
2.8.2.1 Fuente de alimentación.....	26
2.8.2.2 CPU	26
2.8.2.3 Entradas y Salidas.....	27
2.8.3 Características.....	27
2.9 INTERFAZ HUMANO MÁQUINA (HMI)	28
2.9.1 Generalidades	28
2.9.2 Panel de Operador	28
2.9.3 Software para la HMI	29
 <i>CAPÍTULO III.....</i>	 30
HARDWARE DE CONTROL	30
3.1 DISEÑO	30
3.1.1 Elevar Llenadora	30
3.1.1.1 Clasificación de los envases respecto a cada llenadora.....	31
a) Llenadora 1.....	34
b) Llenadora 2.....	35
3.1.1.2 Elevador Manual	36
3.1.1.3 Elevador Automático.....	39
3.1.2 Calibración Llenadora	44
3.1.3 Transporte de Envases Vacíos.....	47
3.1.4 Alimentación de Envases.....	49
3.1.5 Detección de Envases.....	49
3.1.6 Posicionamiento	50
3.1.7 Llenado	51
3.1.8 Transporte de Envases Llenos	51
3.2 SELECCIÓN DEL PLC	52
3.2.1 Variables de Entrada.....	52
3.2.2 Variables de Salida.....	52
 <i>CAPÍTULO IV</i>	 56
SOFTWARE DE CONTROL	56
4.1 GENERALIDADES	56
4.2 VARIABLES DE ENTRADA Y SALIDA	56
4.2.1 Variables de entrada	56
4.2.2 Variables de salida.....	57
4.2.3 Lógica de Control	58
4.2.3.1 Cantidad del lote.....	59
4.2.3.2 Botón Llenadora Lista	59
4.2.3.3 Botón Calibración.....	60
4.2.3.4 Sensor	60
4.2.3.5 Comparación entre Contador de Productos y Cantidad de lote.....	60
4.3 INTERFAZ HUMANO-MÁQUINA (HMI)	60
4.4 DISEÑO DE LA HMI.....	61
4.4.1 Gráficos	61

4.4.2 Batch Process.....	62
4.4.3 Sequencer Object.....	65
4.4.4 Requerimientos.....	67
4.4.5 Reporte	68
4.4.6 Bajar Llenadora	70
4.5 VARIABLES DE LA HMI.....	70
4.6 PANTALLAS DE LA APLICACIÓN	72
4.6.1 Barra de Estado.....	73
4.6.2 Proceso	73
4.6.3 Barra de Navegación	74
<i>CAPÍTULO V.....</i>	<i>76</i>
PRUEBAS Y RESULTADOS.....	76
5.1 GENERALIDADES	76
5.2 DISEÑO DE PRUEBAS	76
5.2.1 Conectividad.....	77
5.2.1.1 Simulación.....	79
5.2.1.2 Excel (DDE)	81
5.2.1.3 PLC.....	82
Conexión de señales de prueba.....	84
5.2.2 Selección y verificación de productos.....	85
5.3 RESULTADOS.....	86
<i>CAPÍTULO VI</i>	<i>87</i>
ANÁLISIS ECONÓMICO.....	87
6.1 GENERALIDADES	87
6.2 COSTO DE LA INVERSIÓN	87
6.3 RENTABILIDAD DEL PROYECTO	89
6.3.1 VAN (Valor Actual Neto)	90
6.3.2 TIR (Tasa Interna de Retorno).....	93
6.3.3 PRI (Período de Recuperación de la Inversión)	94
<i>CAPÍTULO VII.....</i>	<i>95</i>
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	95
7.1 CONCLUSIONES	95
7.2 RECOMENDACIONES.....	96
 <i>BIBLIOGRAFÍA</i>	
 <i>ANEXOS</i>	
 ANEXO 1 PLANOS DE DISEÑO DEL SISTEMA	

ANEXO 2 PLANOS DE INTERCONEXIONES

ANEXO 3 PROGRAMACIÓN DEL ZELIO LOGIC

**ANEXO 4 DISTRIBUCIÓN Y ACTIVACIÓN DE ENTRADAS/SALIDAS DEL
PLC**

ANEXO 5 TABLA DE PRODUCCIÓN DE GEL NÁTALY EN 1 AÑO

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

Laboratorios Windsor S.A. es una empresa ecuatoriana que produce artículos de aseo personal y cuidados corporales con calidad internacional, por lo tanto la demanda de sus productos es alta.

Para cumplir con la demanda, la línea de envasado funciona en forma continua. Además existen temporadas de alta demanda de productos, por lo que la empresa se ve en la obligación de pagar horas extras al personal. Éste factor hace necesaria la implementación de un Sistema de Control en el Proceso de Envasado; ya sea para optimizar el modelo actual de la empresa en relación a la parte operativa, así como también para mejorar el desempeño financiero de ésta. La influencia de dicha implementación se direcciona en la reducción de costos y mejora en la calidad de producción.

Los costos que serán reducidos gracias a la instauración del sistema de control en el proceso de envasado son: costo por mano de obra, disminución en tiempos de producción y ahorro en tiempo de entrega de mercadería; los cuales a su vez determinan el mejoramiento operacional de la empresa y por ende las utilidades que ésta perciba a mediano y largo plazo. De igual manera se mejorará de forma determinante la calidad final del producto; ésta calidad esperada se avizora basándose en que el desempeño óptimo del sistema podrá ofrecer un producto

más puro del que se percibe hoy en día, ya que la manipulación directa de los obreros genera ciertas impurezas que afectan la calidad de los productos.

El avance constante de la tecnología y la mejora en los estándares de calidad de los productos en el mercado, han creado la necesidad en Laboratorios Windsor S.A. de automatizar la línea de envasado, con nuevas políticas para la producción como: flexibilidad del producto y procesos, y calidad del producto; por lo que se implementarán nuevos elementos de monitoreo, lo que permitirá diseñar una HMI que facilite la operación del proceso por obreros e ingenieros.

Para tener versatilidad en la elaboración de productos, es necesario mejorar el tiempo de producción, haciendo que los gastos disminuyan proporcional y progresivamente, además de que el producto se elabore con mayor precisión. La automatización ayudará a reducir los tiempos muertos en el proceso, que a su vez representa mayor producción en menos tiempo, haciendo de la empresa competitiva y rentable.

En la actualidad, el proceso de envasado de Laboratorios Windsor S.A. es manual, teniendo algunos puntos críticos con la posibilidad de automatización, como se detalla a continuación:

- a) En la empresa existen dos llenadoras electro-neumáticas que son operadas en forma manual por los obreros de la planta, también hay dos bandas transportadoras que están sin uso; al automatizarlas se fusiona el desempeño de las llenadoras y las bandas.
- b) El proceso de envasado inicia cuando los obreros cargan el producto en forma manual a la tolva de la llenadora mostrada en la Figura 1.1.
- c) A continuación se acciona la llenadora en forma manual para purgar el producto del cilindro, evitando que exista aire en el mismo y se cargue menos producto en el envase.

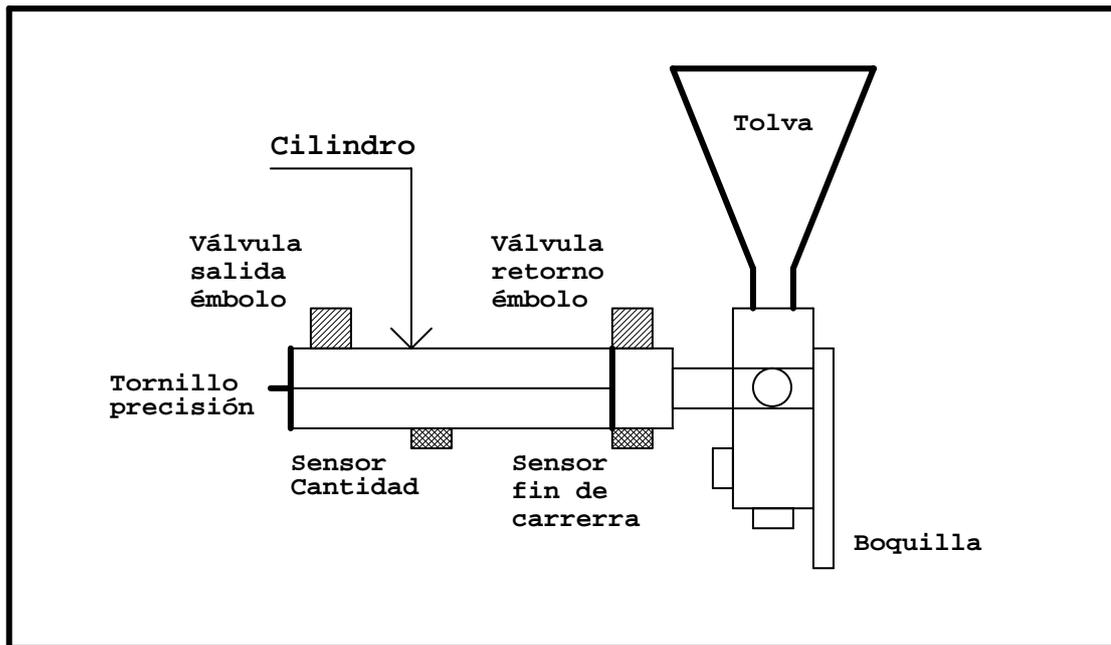


Figura 1.1. Llenadora electro-neumática.

- d) El siguiente paso es la calibración del cilindro que se realiza por medio de un sensor móvil (fuera del cilindro), que capta la posición del émbolo para regular la cantidad de producto a envasar y un tornillo que regula la precisión en la cantidad; al no existir ninguna regla de capacidad versus distancia que recorre el émbolo en el cilindro, se debe regular hasta acercarse a la medida deseada de producto lo cual no es exacto y crea tiempos muertos en el proceso.
- e) Al mismo tiempo, la velocidad de llenado se regula mediante la válvula que controla la salida del émbolo. El tiempo entre llenado de los tarros, se regula por medio una válvula que controla el retorno del émbolo; por lo que éste tiempo se calibra de acuerdo a la velocidad del obrero, más no de las características del producto.
- f) A continuación el obrero toma los tarros desde una cubeta y coloca uno a uno debajo de la boquilla; llena el tarro y lo pasa a una mesa, donde otro obrero se encarga de tapar y organizar el producto envasado para que no se acumule, esto sin llevar la cuenta del producto envasado.

- g) El momento en que se termina el producto de la tolva, se detiene el proceso; se la llena nuevamente y se cambia las cubetas vacías, acrecentando los tiempos muertos; de esta manera disminuye la productividad.

Por lo tanto, la productividad puede ser incrementada al utilizar Sistemas de Automatización dentro del Proceso de Envasado. Esto se consigue incorporando las bandas transportadoras al proceso y a la vez instaurando un sistema de control y monitoreo modernos, con un diseño efectivo de una interfaz humano máquina que permita monitorear el proceso.

El monitoreo se realizará a través de un panel de operador o una computadora, transmitiendo los datos desde y hacia un PLC, para con ello acceder a la visualización y manipulación de los datos del proceso (alarmas, tiempo y cantidad de productos), creando un histórico de éstos lo que es de mucha utilidad para la empresa.

Al mismo tiempo todo este entorno se traduce en obtener mayor producción de alta calidad para satisfacer a los clientes actuales y potenciales de la empresa, haciendo de ésta una marca reconocida a nivel nacional e internacional.

1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.2.1 General

Automatizar la línea de envasado de productos cosméticos de Laboratorios Windsor S.A., buscando así optimizar tiempo de producción y calidad de sus productos.

1.2.2 Específicos

Analizar las condiciones y requerimientos del proceso de envasado.

Incorporar al sistema la operación de dos bandas transportadoras.

Diseñar el sistema de control automático.

Especificar los sensores y dispositivos de control necesarios para el sistema.

Realizar los planos y diagramas de control e instrumentación correspondientes.

Programar la lógica de control automático.

Desarrollar el software de interfaz humano máquina (HMI), que permita al operador monitorear el proceso.

Simular el sistema de control automático para el proceso, permitiendo representar y verificar en forma gráfica que el sistema cumpla con los requerimientos.

Efectuar un estudio económico del proyecto.

Documentar el proyecto.

1.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

1.3.1 Esquema Gráfico

En la Figura 1.2. se presenta un gráfico descriptivo que integra los elementos que existen en la empresa y los que se adicionarán, con la ubicación de cada uno dentro del proceso de envasado para una comprensión fácil y clara del proceso ya automatizado.

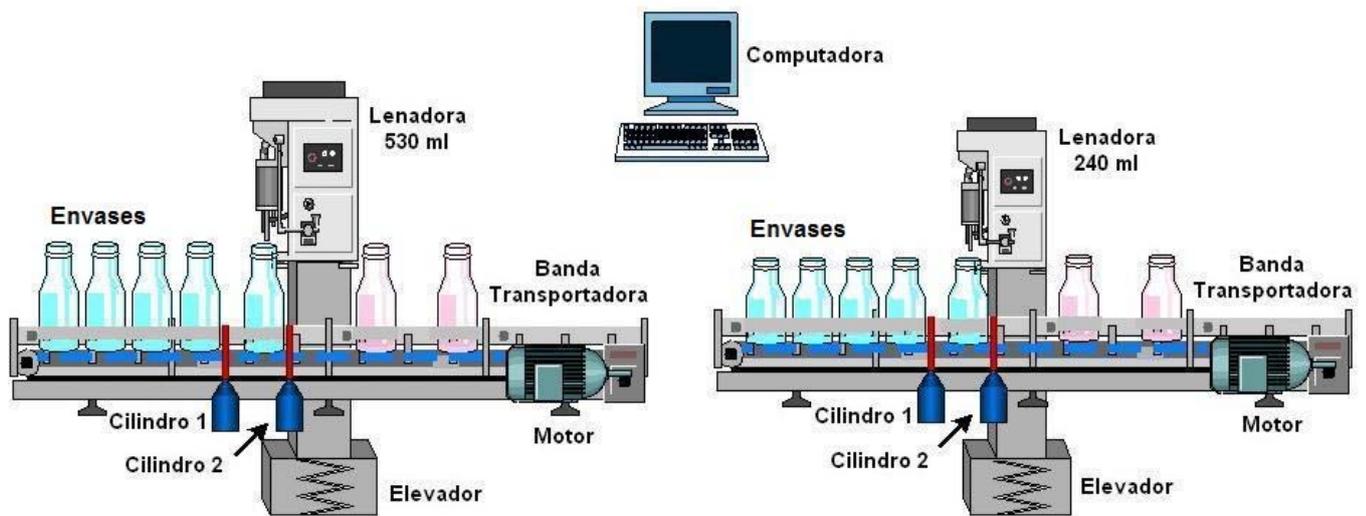


Figura 1.2. Visualización del Proceso de Envasado Automatizado.

Después de observar la figura que ilustra la organización de los elementos en el proceso, a continuación se describe cada parte del diseño de la automatización.

1.3.2 Diagrama de Bloques

Para realizar la automatización del proceso de envasado se agregarán elementos y se optimizarán las funciones de los existentes, además se creará una Interfaz Humano Máquina (HMI), que se fundamentará en un monitoreo en tiempo real, donde el operador supervisará el proceso de envasado para las dos bandas y las dos llenadoras, de esta manera el proceso se hará seguro y confiable, permitiendo visualizar por completo el procedimiento.

En la Figura 1.3. se ilustra el Diagrama de Bloques del Proceso, compuesto por tres etapas fundamentales del proceso:

- Calibración de los Equipos
- Posicionamiento de envases y Producción
- Finalización del Proceso.

DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO

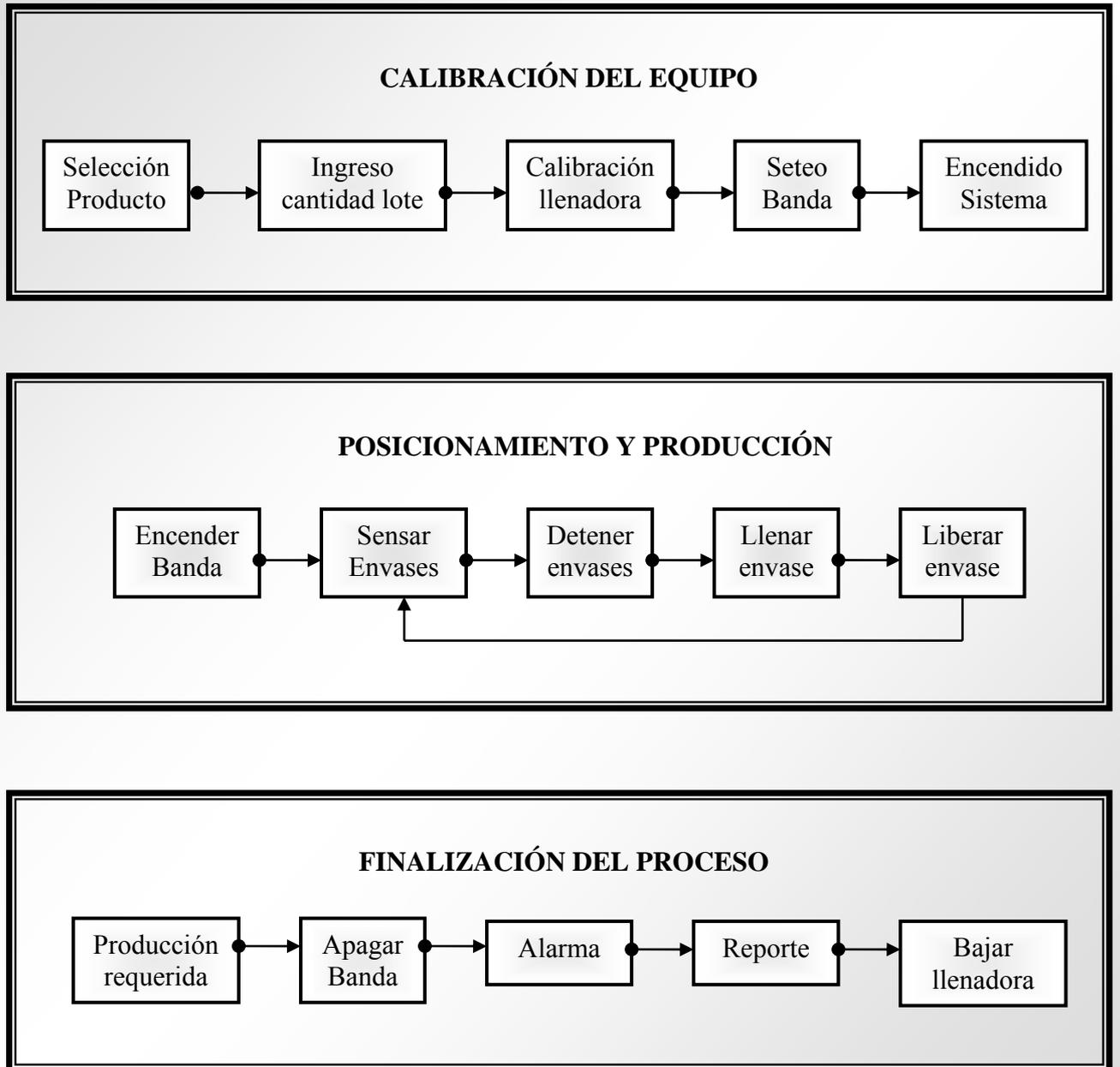


Figura 1.3. Diagrama de Bloques del Proceso.

1.3.2.1 Calibración de los Equipos

Por medio de una Interfaz Humano Máquina (HMI), se programará una lista de productos preclasificados de acuerdo a la capacidad de cada llenadora, el operador seleccionará el producto a envasar para cada una, e ingresará la cantidad del lote que se necesite producir, éste dato es necesario para determinar cuando se acercará el proceso a su finalización.

Se calibrarán las llenadoras de la siguiente manera:

A cada llenadora se le adaptará un elevador para posicionarla según la altura del frasco a envasar respecto a la altura de la banda. Al encender el proceso, el software tomará el dato preestablecido para elevar la llenadora.

Se calibrará el cilindro de la llenadora en forma manual a través del sensor de cantidad, por lo que se adicionará una regleta en acetato fuera del cilindro para ubicar con facilidad la cantidad necesaria.

La calibración o seteo de las bandas se las hará en forma manual de acuerdo al envase seleccionado; por lo que se les acondicionará barras laterales regulables para evitar la caída de los envases durante el proceso.

Conjuntamente se incorporarán dos cilindros en la barra donde irá ubicada la llenadora, uno móvil y el otro estático; el cilindro móvil se regulará según el ancho del envase y detendrá la fila de envases, en cambio el estático detendrá el envase debajo de la boquilla de la llenadora como se muestra en la Figura 1.2.

Una vez terminada la calibración se considerará inicializado el proceso, con lo cuál se dará paso al encendido del Sistema de Control.

1.3.2.2 Posicionamiento y Producción

En esta etapa se encenderá la banda y el proceso entrará en operación, se empezará a alimentar los envases en la banda y por medio de un sensor de proximidad capacitivo se detectará la presencia de cada envase hasta que la cantidad del lote sea igual a los envases detectados por el sensor. Una vez que el sensor emita la señal de que encontró un envase, se accionarán los cilindros posicionando el primer envase bajo la boquilla de la llenadora y deteniendo los siguientes para que se mantengan en espera.

Inmediatamente se accionará la llenadora hasta que finalice y el envase se haya llenado, a continuación los cilindros volverán a su posición inicial, liberando los envases hasta que el sensor detecte otro.

1.3.2.3 Finalización del Proceso

Cuando se haya cumplido con el envasado de la cantidad del lote ingresada, finalizará el proceso y se detendrá la banda transportadora; continuando se activará una Alarma visual como sonora y se creará un reporte del proceso; la llenadora bajará a su posición inicial y el equipo queda listo hasta que el operador inicie con otro lote de producción.

CAPÍTULO II

INGENIERÍA BÁSICA

2.1 PROCESO DE ENVASADO

Para ser incorporados al mercado los productos necesitan de algún tipo de envasado que facilite un mejor transporte para así poder ser trasladados, sobre todo los que se van a comercializar en grandes cantidades para reducir posibles daños durante su manejo o manipulación.

El envasado debe ser lo más económico y práctico posible; por ello las empresas de hoy en día toman en cuenta la automatización de este proceso.

Además los envases plásticos se encuentran muy frecuentados en los hogares por el estilo de vida que actualmente presentan los países. Para el envasado de productos se debe cumplir una serie de requisitos marcados a continuación:

- Los envases deben presentar una resistencia mecánica lo suficientemente buena como para proteger al contenido durante su apilamiento o transporte.
- El envase debe adecuarse a la exigencia del mercado, en cuanto a su forma, tamaño y peso.
- El material de que está construido el envase debe estar exento de productos químicos que puedan transferirse al producto o al hombre.

- El envase debe prevenir pérdidas por rezumado o vertido.
- Debe resistir las condiciones térmicas a las que se someta tanto en su preparación como posteriormente.

El sistema de envasado es el que permite un llenado completo del producto en el envase de manera que no rebose. La cantidad de producto viene marcada por el propio envase que ya está normalizado el tamaño.¹

Para el envasado se requiere: transportar los envases, posicionarlos, detenerlos, dosificarlos y liberarlos, por lo que a continuación se detalla cada elemento necesario para el proceso.

2.2 BANDAS TRANSPORTADORAS

2.2.1 Generalidades

Es un sistema mecánico que se usa para transportar materiales de un lugar a otro, sobre todo en la industria. Entre estos sistemas se encuentran las deslizadoras (las cintas de rodillos sin motor utilizadas para transportar o descargar materiales de los camiones a los almacenes) y una amplia gama de sistemas con motor en los que los materiales se transportan mediante bandas, palas, carros y otros dispositivos.

2.2.2 Utilidades

Se las utiliza para satisfacer cualquier necesidad en la industria pesada o ligera: Industrias del cemento, fundiciones, minas, farmacéutica, alimenticia, química, etc. facilitando y haciendo funcional el trabajo en la industria.

¹ www.anierac.com, Proceso de envasado

2.2.3 Industria Ligera

En la industria ligera una banda es de alta funcionalidad, porque requiere poco mantenimiento y se ha creado para satisfacer los requerimientos más exigentes, para las siguientes funciones.

- Procesadoras de comida
- Agricultura
- Empaque
- Salud
- Producción cosmética
- Industria general

2.2.3.1 Características y Beneficios

Las bandas transportadoras que existen en Laboratorios Windsor S.A. ofrecen una resistencia moderada al aceite con una excelente abrasión deslizante. Ideal para transportar envases, productos aceitosos, productos de madera, alimento para animales, agricultura y producción en general. Lo que ventajosamente proporciona una fácil reposición y mantenimiento.²

2.3 LLENADORAS

2.3.1 Generalidades

Las llenadoras, sirven para introducir productos líquidos, gaseosos y sólidos dentro de envases diseñados para el propósito. También se las conoce como envasadoras y son de distintos tipos según la necesidad del proceso.

² www.bandas.com.mx, Bandas Transportadoras

2.3.2 Llenadora de semisólidos



Figura 2.1. Llenadora de semisólidos

Trabajan con jeringa de acero inoxidable, con empaques de teflón y válvula para semisólidos. Consta de una leva giratoria graduable para controlar el volumen a dosificar. El mecanismo de estas máquinas está montado sobre un armazón horizontal que le da una sólida construcción. Tiene un variador de velocidad que permite controlar el rango de producción. La máquina está construida en acero inoxidable.

A esta máquina se le puede acondicionar una banda transportadora de cadena de plástico y un controlador, con lo cual se convierte en una máquina totalmente automática.³

2.4 SENSORES DE PROXIMIDAD

2.4.1 Generalidades

En el mercado existen variedad de sensores acordes a las necesidades de cada proceso; en este caso, al tener frascos de plástico duro, plástico blando, transparente y de color blanco, son de mayor utilidad los sensores de proximidad capacitivos.

³ www.devecchi.com.mx, Llenadoras de semisólidos

2.4.2 Sensores Capacitivos



Figura 2.2. Sensor capacitivo de proximidad

Los sensores de proximidad capacitivos han sido diseñados para trabajar generando un campo electrostático y detectando cambios en dicho campo a causa de un objeto que se aproxima a la superficie de detección. Los elementos de trabajo del sensor son: una sonda capacitiva de detección, un oscilador, un rectificador de señal, un circuito de filtraje y el correspondiente circuito de salida como se observa en la Figura 2.2.⁴

En ausencia de objetos, el oscilador se encuentra inactivo; cuando se aproxima un objeto, éste aumenta la capacitancia de la sonda de detección y se activa el oscilador, el cual dispara el circuito de salida para que cambie entre “on” (encendido) y “off” (apagado).

La capacitancia de la sonda de detección viene condicionada por el tamaño del objeto a detectar, por la constante dieléctrica y por la distancia de éste al sensor. A mayor tamaño y mayor constante dieléctrica de un objeto, mayor incremento de capacitancia. A menor distancia entre objeto y sensor, mayor incremento de capacitancia de la sonda por parte del objeto.

Los sensores capacitivos tienen diseño blindado o no blindado.

Los sensores blindados que se muestran en la Figura 2.3. tienen una banda metálica alrededor de la sonda. Esto ayuda a dirigir el campo electrostático al frente del sensor y resulta en un campo más concentrado.

⁴ www.ab.com, Sensores Capacitivos de Proximidad

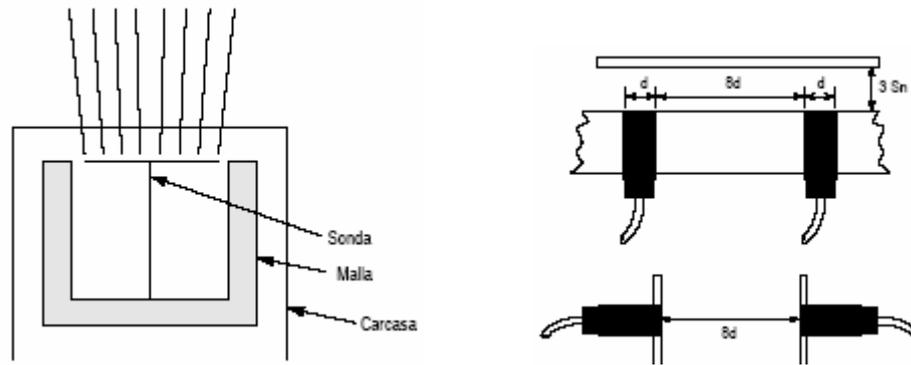


Figura 2.3. Sonda con blindaje y sensores montados al ras

La construcción blindada permite la posibilidad de montaje del sensor al ras en piezas de material que los rodean sin que se produzcan falsas detecciones.

Los sensores capacitivos blindados son más adecuados para detectar materiales de baja constante dieléctrica (difíciles de detectar) debido a la alta concentración de campos electrostáticos. Esto les permite detectar objetos que con sensores no blindados sería imposible.

2.4.3 Auxiliares de Mando ⁵



Figura 2.4. Auxiliares de Mando

⁵ www.ermec.com, Auxiliares de mando

Los auxiliares de mando normalmente van asociados a los contactores y a otras piezas principales de maniobra que actúan como partes auxiliares de mando en la instalación.

Las categorías que se usan según las normas VDE e IEC son: para corriente alterna la AC11 y para corriente continua la DC11 para el accionamiento de electroimanes, bobinas de contactores y relés.

2.4.3.1 Contactores

Los contactores electrónicos están diseñados para aplicaciones que demandan switcheos rápidos y precisos.

Los contactores son de encendido instantáneo para reducir la emisión electromagnética, tienen leds indicadores de estado y acepta tensiones de control universales.

Las unidades son para montaje en riel, incluyen disipador de calor y no requieren componentes adicionales.

2.4.3.2 Pulsadores.



Figura 2.5. Pulsadores

Son aparatos de maniobra clasificados como interruptores, se accionan manualmente y se emplean para el mando de pequeñas potencias. Se usan en la operación de contactores y en el mando de motores eléctricos.

Se compone de un botón actuador y la cámara de contactos, que está constituida por dos contactos, uno de cierre (NA) y otro de apertura (NC), pero es posible unir dos o tres cámaras de contactos para conseguir mayor flexibilidad en el mando.

2.4.3.3 Selectores de mando.

Son elementos de mando similares a los pulsantes pero sin retroceso, su acción es instantánea; se construyen de dos y de tres posiciones, con accionamientos por palanca, botón, llave, etc. Se utilizan en circuitos de control para seleccionar entre manual, automático o apagado, en sentidos de movimiento y velocidad.



Figura 2.6. Selectores de Mando

Se los designa por el número de posiciones y el número de polos, el número de polos se refiere al número de vías de corriente disponibles en cada posición.

2.4.3.4 Interruptores mecánicos de posición.

Un interruptor de límite es una pieza de control que convierte un movimiento mecánico en una señal de control eléctrica. Su función primordial es limitar el movimiento de una maquinaria, puertas, aparatos, etc. Esto se logra abriendo un circuito de control cuando el límite del viaje es alcanzado.

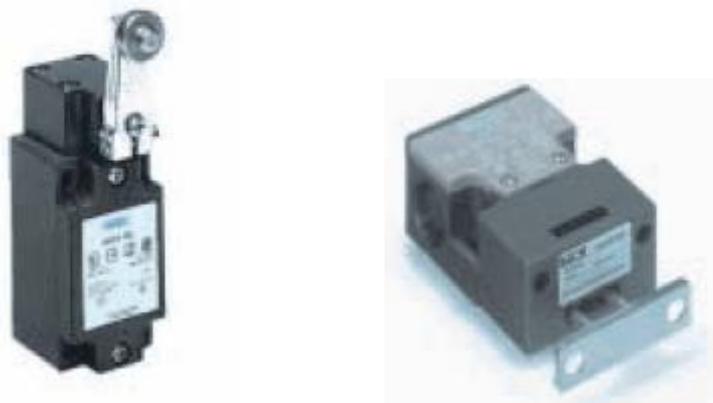


Figura 2.7. Interruptores mecánicos de Posición

Existen de tipo: abierto, en caja plástica moldeada o con cubierta metálica, con un adecuado grado de protección. El espacio disponible en la instalación, es determinante en la dimensión del interruptor de posición.

Un dato muy importante constituye la velocidad admisible de los elementos que accionan los interruptores de posición en dependencia de la dirección de accionamiento.

Los interruptores de límite estándares, generalmente traen dos contactos de salida, uno de cierre (NA) y otro de apertura (NC) y que pueden ser de acción instantánea a de acción lenta.

2.5 CILINDROS NEUMÁTICOS

2.5.1 Generalidades

Su función es la de transformar la energía neumática en trabajo mecánico de movimiento rectilíneo, que consta de carrera de avance y carrera de retroceso.

Generalmente, el cilindro neumático está constituido por un tubo circular cerrado en los extremos mediante dos tapas, entre las cuales se desliza un émbolo que separa dos cámaras. El émbolo va unido a un vástago que saliendo

a través de una o ambas tapas, permite utilizar la fuerza desarrollada por el cilindro en virtud de la presión del fluido al actuar sobre las superficies del émbolo.⁶

2.5.2 Clasificación

Existen diferentes tipos de cilindros neumáticos. Según la forma en la que se realiza el retroceso del vástago, los cilindros se dividen en dos grupos:

- Cilindros de simple efecto
- Cilindros de doble efecto

Cilindros de simple efecto ⁷

Estos cilindros tienen una sola conexión de aire comprimido. No pueden realizar trabajos más que en un sentido. Se necesita aire sólo para un movimiento de traslación como se indica en la Tabla 2.1. El vástago retorna por el efecto de un muelle incorporado o de una fuerza externa.

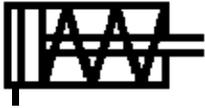
El resorte incorporado se calcula de modo que haga regresar el émbolo a su posición inicial a una velocidad suficientemente grande. En los cilindros de simple efecto con muelle incorporado, la longitud de éste limita la carrera. Por eso, estos cilindros no sobrepasan una carrera de unos 10 cm.

Por razones prácticas, son de diámetro pequeño y la única ventaja de estos cilindros es su reducido consumo de aire, por lo que suelen aplicarse como elementos auxiliares en las automatizaciones. Se utilizan principalmente para sujetar, expulsar, apretar, levantar, alimentar, etc.

⁶ www.olmo.pntic.mec.es, Cilindros neumáticos

⁷ www.reea.com, Cilindros de Simple efecto

Tabla 2.1. Cilindros de Simple Efecto

Símbolo	Descripción
	De simple efecto. Retorno por muelle.
	De simple efecto. Retorno por fuerza externa.
	De simple efecto telescópico.
	Lineal sin vástago.

2.5.3 Fuerza del Cilindro

La transmisión de potencia mediante aire comprimido se basa en el *principio de pascal*: “toda presión ejercida sobre un fluido se transmite íntegramente en todas direcciones”.

Por tanto la fuerza ejercida por un émbolo es igual a producto de la presión por la superficie.

2.5.4 Consumo de Aire

Otra característica importante es la cantidad de aire a presión necesario para el funcionamiento de un cilindro.

La energía de aire comprimido que alimenta los cilindros se consume transformándose en trabajo y una vez utilizado se expulsa a la atmósfera por el escape durante la carrera de retroceso.

2.5.5 Velocidad del Émbolo

La velocidad media del émbolo en los cilindros estándar comprende entre 0.1 y 1.5 m/s. En los cilindros especiales la velocidad puede ser mayor. Nunca deben utilizarse los cilindros sin amortiguación para trabajar a grandes velocidades o bajo condiciones de choque.

2.6 SERVOMORES

2.6.1 Generalidades

Los servomotores son un tipo especial de motor que se caracterizan por su capacidad para ubicarse de forma inmediata en cualquier posición dentro de su rango de operación. Para ello, el servo espera un tren de pulsos que correspondan con el movimiento a realizar.

Un servo generalmente está formado por un amplificador, un motor, la reducción de engranaje y la realimentación, todo en una misma caja. El resultado es un servo de posición con un margen de operación de 180° aproximadamente.⁸



Figura 2.8. Servomotor

⁸ www.melcsa.com , Servomotores y centrales de mando

Disponen de tres conexiones eléctricas: Vcc (rojo), GND (negro) y entrada de control de pulsos (blanco o amarillo). Los colores de identificación y el orden de las conexiones dependen del fabricante del servo. Es importante identificar las conexiones ya que un voltaje de polaridad contraria podría dañar el servo.

2.6.2 Funcionamiento del Servomotor

El control de un servo se limita a indicar en que posición se debe situar por medio de una serie de pulsos. La duración del pulso indica el ángulo de giro del motor.

Cada servo tiene sus márgenes de operación, que corresponden con el ancho del pulso máximo y mínimo que el servo entiende. Los valores más generales corresponden entre 1 ms y 2 ms, que dejarían al motor en ambos extremos. El valor 1,5 ms indicaría la posición central, mientras que otros valores del pulso lo dejan en posiciones intermedias como se mira en la Figura 2.9.⁹

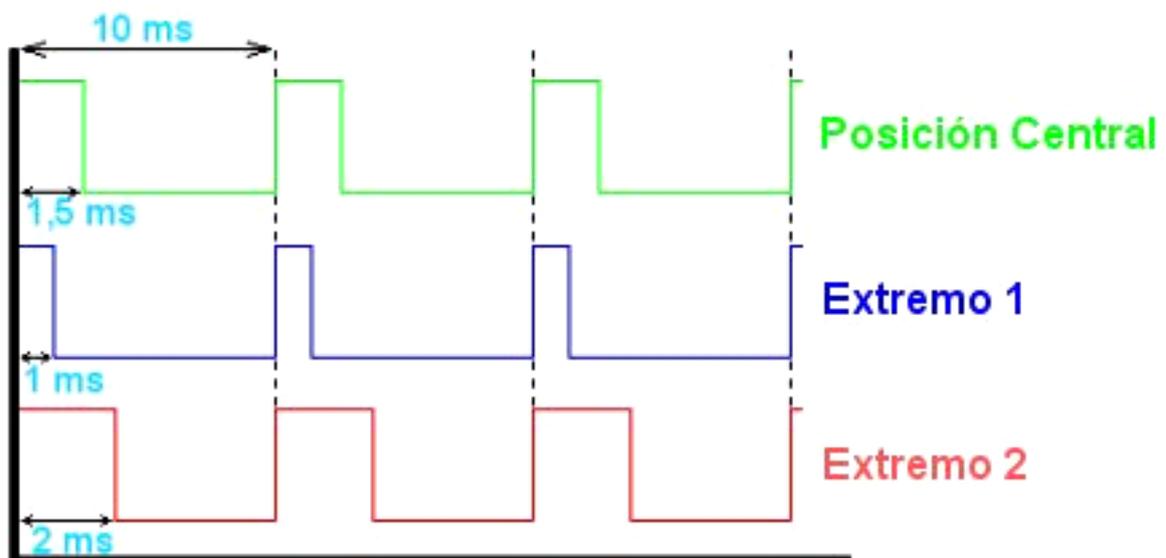


Figura 2.9. Período de funcionamiento de un Servomotor

Sin embargo, es posible emplear pulsos menores de 1 ms o mayores de 2 ms, pudiéndose conseguir ángulos mayores de 180°. Si se sobrepasan los límites de

⁹ www.autric.com, Servomotores

movimiento del servo, éste comenzará a emitir un zumbido, indicando que se debe cambiar la longitud del pulso.

El periodo entre pulso y pulso no es crítico, e incluso puede ser distinto entre uno y otro pulso, se suelen emplear valores entre 10 ms y 30 ms.

Si el intervalo entre pulso y pulso es inferior al mínimo, puede interferir con la temporización interna del servo, causando un zumbido, y la vibración del brazo de salida. Si es mayor que el máximo, entonces el servo pasará a estado dormido, entre pulsos; esto provoca que se mueva con intervalos pequeños.

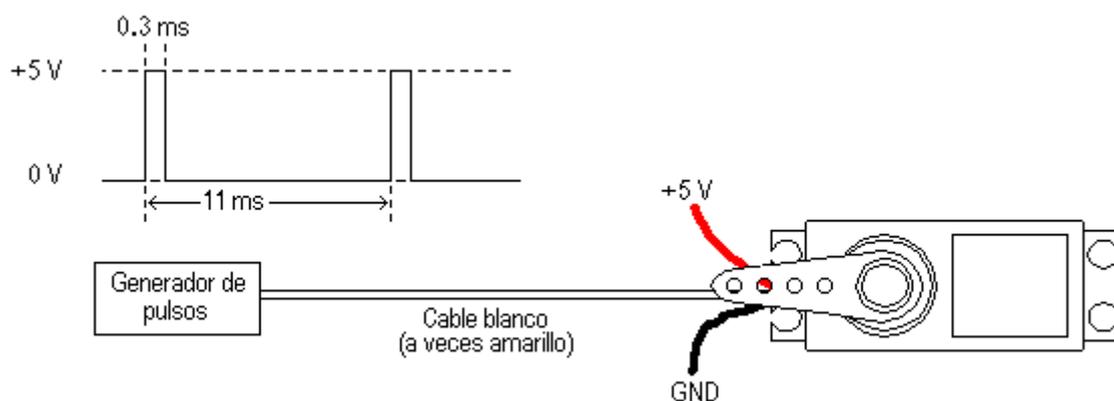


Figura 2.10. Funcionamiento y conexiones del Servomotor

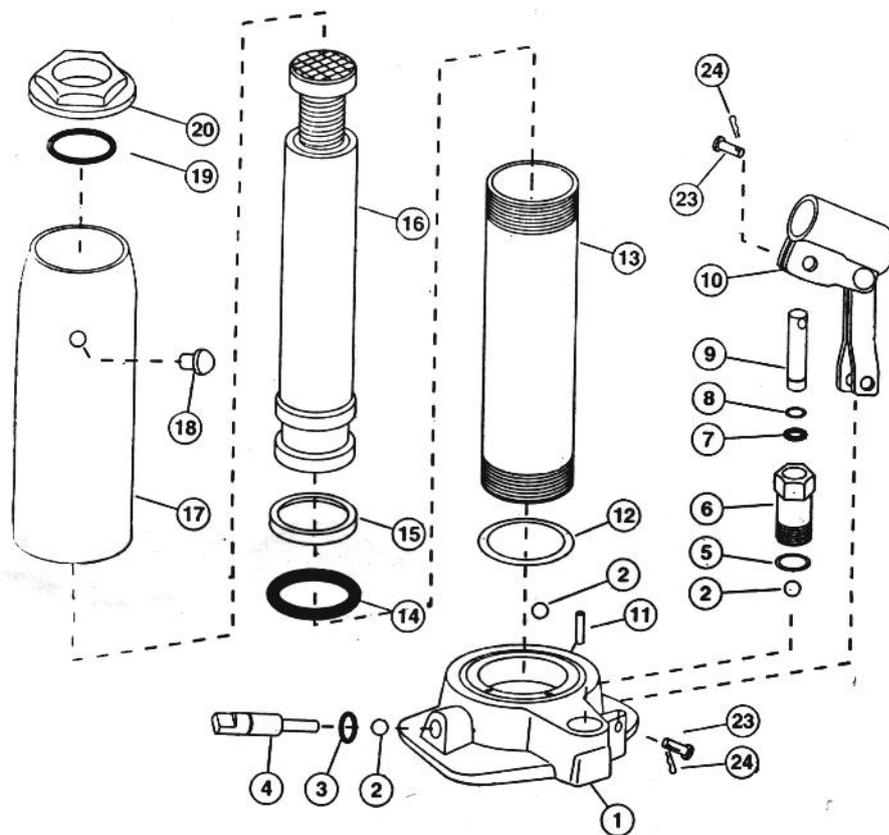
Es importante destacar que para que un servo se mantenga en la misma posición durante un cierto tiempo, es necesario enviarle continuamente el pulso correspondiente. De este modo, si existe alguna fuerza que le obligue a abandonar esta posición, intentará resistirse.

Si se deja de enviar pulsos (o el intervalo entre pulsos es mayor del máximo) entonces el servo perderá fuerza y dejará de intentar mantener su posición, de modo que cualquier fuerza externa podría desplazarlo.

2.7 GATO HIDRÁULICO

2.7.1 Generalidades

Es un dispositivo mecánico que se utiliza para levantar o mover objetos pesados. El más común es el gato del automóvil, que se utiliza para elevar una parte del mismo; está compuesto por un sistema de trinquetes, engranajes y tornillos como se mira en la Figura 2.11.



Pieza #	Descripción
1	Carter de la unidad hidráulica
2	Bola de 6 mm, acero
3	Arandela toroidal, válvula seguridad
4	Válvula de seguridad
5	Arandela plana
6	Cilindro de la bomba
7	Arandela toroidal, pistón de la bomba
8	Anillo salvaguardia, pistón de bomba
9	Pistón de la bomba
10	Conjunto cubo de la manija

Pieza #	Descripción
11	Criba del filtro
12	Sello del cilindro
13	Cilindro
14	Arandela toroidal
15	Arandela toroidal de retención
16	Conjunto de pistón con tornillo
17	Depósito
18	Tapón de relleno para aceite
19	Arandela toroidal
20	Tuerca superior

Figura 2.11. Partes del Gato hidráulico tipo botella.

El gato hidráulico utiliza pistones y fluidos para levantar los pesos. Son gatos autónomos de construcción resistente que ofrecen potencia hidráulica portátil en una unidad ligera y confiable. Muchos modelos están equipados con extensiones de tornillo. Los capuchones dentados ayudan a estabilizar la carga para un levantamiento más seguro.

La fuga de aceite se reduce mucho al soldar el cilindro de presión del gato, el depósito de aceite, la caja de la bomba y la base en una sola unidad integrada. Se pueden usar en posición vertical, inclinada y horizontal. Su sistema de derivación de aceite limita la carrera del gato al dirigir el aceite de regreso al depósito.

La manivela de la bomba y la válvula de seguridad, operan de forma paralela a la base del gato; ideal para aplicaciones horizontales.

2.8 PLC

2.8.1 Generalidades

Hoy en día las empresas deben estar automatizadas para proporcionar a sus sistemas alta confiabilidad, eficiencia y flexibilidad. Una de las bases principales de tales fábricas es un dispositivo electrónico llamado Controlador Lógico Programable (PLC).

Los PLC son diseñados usando lo último en microprocesadores y circuitería electrónica lo cual proporciona una mayor confiabilidad en su operación en aplicaciones industriales donde existen peligro debido al medio ambiente, alta repetibilidad, altas temperaturas, ruido ambiente o eléctrico, suministro de potencia eléctrica no confiable, vibraciones mecánicas etc.

La NEMA (Nacional Electrical Manufacturers Association), ha dado un concepto claro sobre PLC, explicada así:

“EL PLC es un aparato electrónico operado digitalmente que usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones las cuales implementan funciones específicas tales como lógicas, secuenciales, temporización, conteo y aritméticas, para controlar a través de módulos de entrada /salida digitales y analógicas, varios tipos de maquinas o procesos. Una computadora digital que es usada para ejecutar las funciones de un controlador programable, se puede considerar bajo este rubro. Se excluyen los controles secuenciales mecánicos. De una manera general se define al controlador lógico programable a toda maquina electrónica, diseñada para controlar en tiempo real y en medio industrial procesos secuenciales de control. Su programación y manejo puede ser realizado por personal con conocimientos electrónicos sin previos conocimientos sobre informática”.

2.8.2 Principales partes

2.8.2.1 Fuente de alimentación

Es la encargada de proveer la tensión y corriente a la CPU, módulos y tarjetas del PLC.

2.8.2.2 CPU

La CPU es el cerebro del PLC, se encuentra formado por uno o varios microprocesadores, que operan con lógica de 0 y 1, normalmente trabajan con bases de 16 bits o 32 bits y se programan mediante un software propio.

La capacidad de procesar y operar datos es muy elevada, pueden trabajar con números reales y flotantes a velocidades de procesamiento mejoradas.

El programa almacenado en la CPU va escrito en un lenguaje propio, se ejecuta en una secuencia programable; la ejecución correcta del programa desde el inicio hasta el fin es vigilada por un temporizador interno ("perro guardián" o

"watchdog"). Si el watchdog finaliza y el programa no ha ejecutado la instrucción END , el PLC pasará a estado de STOP.

La forma de programación varía según el fabricante, así se tiene (lenguaje de contactos, lenguaje nemónico o instrucciones, lenguaje de funciones, grafcet, etc).

2.8.2.3 Entradas y Salidas

Estas pueden ser digitales o analógicas. A través de las entradas y salidas digitales se transmiten los estados de 0 y 1 del proceso (presostatos, finales de carrera, detectores, conmutadores, etc).

Por medio de las entradas y salidas analógicas se leen valores analógicos que internamente son convertidos en valores digitales para su procesamiento en la CPU; esta conversión es realizada por convertidores análogo-digitales internos, que pueden ser uno para cada canal de entrada o salida; o una para todos los canales.

2.8.3 Características

- El dispositivo de control es programable de forma fácil y rápida por el usuario.
- El sistema es de menor espacio que los sistemas de relés y consume menor potencia.
- El PLC es capaz de comunicarse con un sistemas central de datos para propósitos de monitoreo.
- Los Voltajes de alimentación pueden ser: 12 V DC, 24 V AC y DC, y de 100 a 240 V AC; en el último caso son capaces de manejar arranques de motores y válvulas solenoides.

- Sus entradas y salidas son expandibles por medio de módulos.

2.9 INTERFAZ HUMANO MÁQUINA (HMI)

2.9.1 Generalidades

Una HMI es un vínculo de unión entre el operador y la máquina. Este vínculo puede ser un panel de operador o una computadora (PC), cuya función es comunicar y transmitir datos hacia y desde un dispositivo de control.

Además se caracteriza por ser de arquitectura abierta gracias a que es posible modificarla y adaptarla según las necesidades de los procesos.

2.9.2 Panel de Operador

La interfaz se compone de una pantalla, la cual puede ser monocromática o a color, tener resolución de gráficos o ser una pantalla táctil, además se encuentra formada por teclas numéricas y de función.

Esta pantalla indica el estado de los diferentes valores del proceso, con gráficos complejos, figuras sencillas, valores, letras, etc; a la vez permite introducir valores para ajustar los parámetros de regulación del proceso o consignas del mismo.

El panel de operador se programa con un software propio, la comunicación con el PLC se realiza a través de un puerto de comunicación, el más común es el RS232.

Normalmente tienen un grado de protección elevado en la parte frontal ya que va a estar expuesto a ambientes hostiles en el entorno industrial.

Algunas de las funciones que realizan los paneles de operador son:

- Visualización del proceso y sus datos.
- Lectura y escritura de variables.
- Gestión de alarmas.
- Histórico de datos.

2.9.3 Software para la HMI

Lookout es un software de National Instruments que permite trabajar con HMI y sistemas SCADA (Control supervisado y Adquisición de datos) para la supervisión, control y adquisición de datos.

Lookout puede correr sobre distintas plataformas como Windows 2000/NT/XP con óptima estabilidad, con hardware de control como tarjetas de adquisición de datos o PLCs.

Las aplicaciones típicas de Lookout incluyen:

- Monitoreo continuo de procesos
- Supervisión y control de procesos
- Manufactura discreta
- Procesos por lotes
- Comunicación con terminales remotas

Debido a que todas estas aplicaciones cumplen con los requerimientos del proceso de envasado, éste programa es el indicado para programar.

CAPÍTULO III

HARDWARE DE CONTROL

Una de las mejores formas de mostrar la representación secuencial para la fabricación de un producto es un diagrama de proceso; donde se visualiza la continuidad del proceso de envasado.

Por lo tanto para tener una concepción clara sobre el hardware de control involucrado en el proceso, en la Figura 3.1. se representa el diagrama de proceso y a continuación la descripción de cada paso y sus implicaciones.

3.1 DISEÑO

3.1.1 Elevar Llenadora

Debido a que hay 11 envases de distintos tamaños y formas como se detalla en la Tabla 3.1, es necesario clasificar los productos que se envasarán en cada llenadora, y a continuación escoger la manera más adecuada de elevar cada llenadora, proporcionalmente al tamaño del envase en el que se va a dosificar el producto.

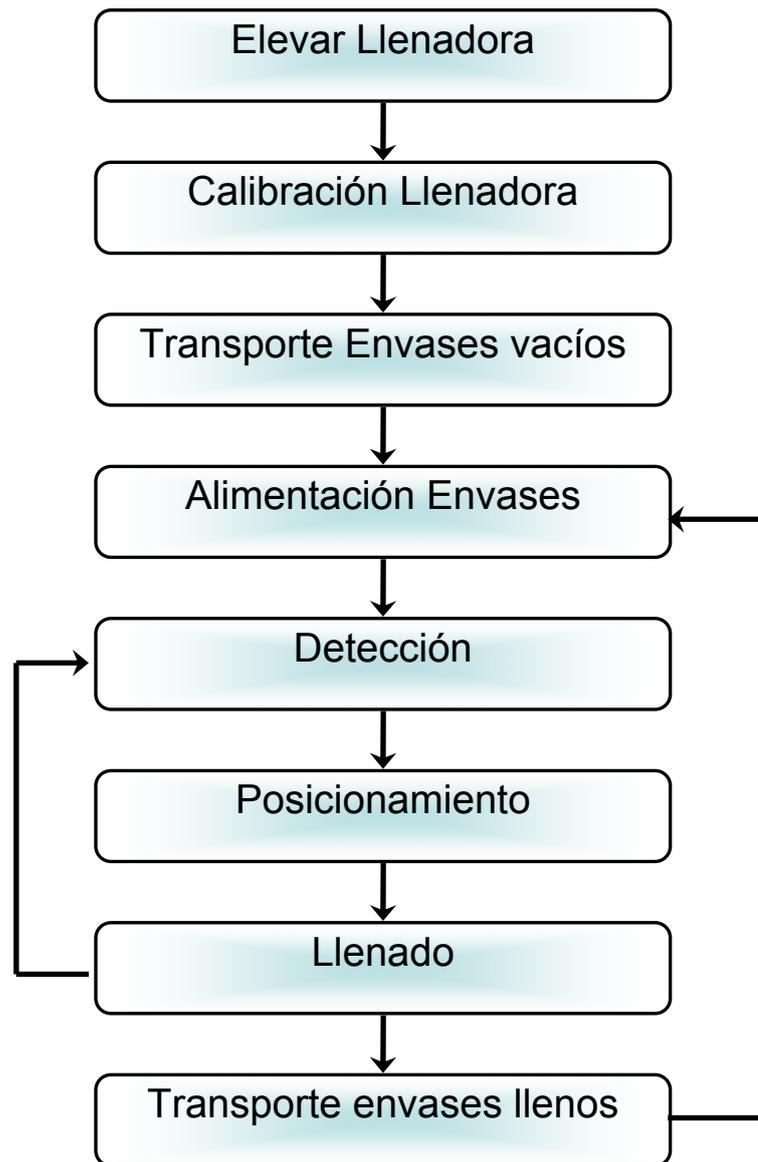


Figura 3.1. Diagrama de Proceso para el Hardware de Control

3.1.1.1 Clasificación de los envases respecto a cada llenadora

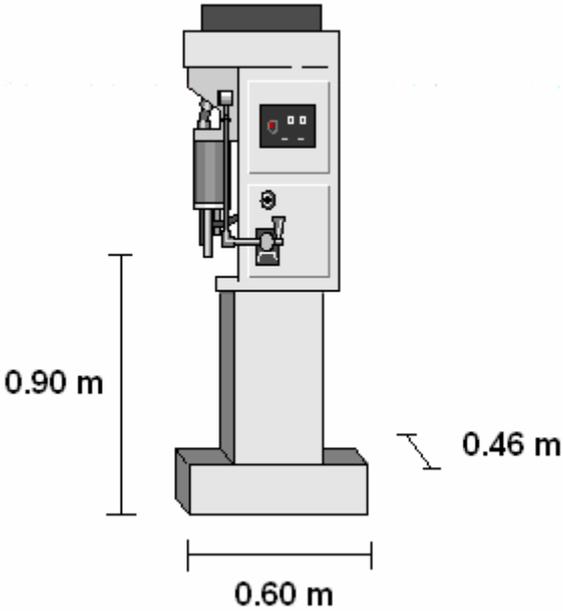
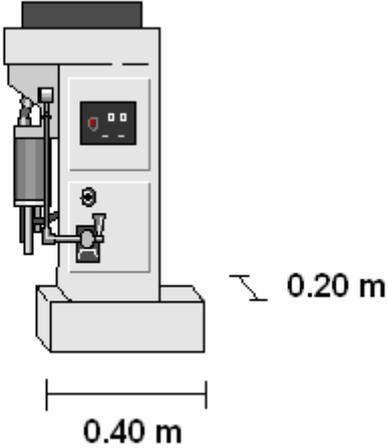
De acuerdo a la capacidad de las llenadoras como se observa en la Tabla 3.2, se clasifican los envases para especificar la elevación máxima y mínima que debe alcanzar cada llenadora respecto a la altura de la banda que le corresponda.

Tabla 3.1. Tamaños de los envases para productos cosméticos.

Producto	Capacidad (gr)	Altura (cm)	Ancho (cm)	Diámetro boca (cm)
 <p>Silkening 4 Seasons</p>	200	16	6.2 4.8	2
 <p>Gel 4 Seasons</p>	240	17	5 3	2
 <p>Glitter envase</p>	130	15	4 3	1.1
 <p>Gel Nataly pote</p>	140	6	6	6
 <p>Gel Nataly pote</p>	530	9	9	9

	Gel Nataly bomba	360	18	7.5 3	2.5
	Tratamiento Capilar pote	350	8	6	6
	Shampoo Melody	200	16	9 3.5	2
	Shampoo	530	21	7.5 3	3
	Repelente	250	14	6	2
	Loción en crema	240	17.5	5 3	2

Tabla 3.2. Características de la llenadora electro-neumática

 <p>Diagrama de la Llenadora 1. Muestra un dispositivo vertical con un pedestal. Las dimensiones indicadas son: altura total de 0.90 m, ancho de la base de 0.60 m y profundidad de la base de 0.46 m.</p>	<p>Llenadora 1:</p> <p><i>Capacidad del cilindro:</i> Capacidad máxima: 530 ml Capacidad mínima: 250 ml</p> <p>Capacidad tolva: 40 kilos</p> <p><i>Medidas de la base:</i> Ancho: 60 cm Alto: 46 cm</p> <p>Peso: 40 kilos</p> <p>Altura hasta la boquilla: 90 cm</p>
 <p>Diagrama de la Llenadora 2. Muestra un dispositivo vertical similar al anterior pero más compacto. Las dimensiones indicadas son: ancho de la base de 0.40 m y profundidad de la base de 0.20 m.</p>	<p>Llenadora 2:</p> <p><i>Capacidad del cilindro:</i> Capacidad máxima: 240 ml Capacidad mínima: 65 ml</p> <p>Capacidad tolva: 28 kilos</p> <p><i>Medidas de la base:</i> Ancho: 40 cm Alto: 20 cm</p> <p>Peso: 20 kilos</p> <p>Altura hasta la boquilla: depende de la mesa en la que se ubique</p>

a) Llenadora 1

Esta llenadora es electro-neumática, posee un pedestal y es la que tiene más capacidad con un máximo 530 ml, en ella se envasarán los productos que se observan en la Tabla 3.3 a continuación.

Tabla 3.3. Productos que se envasan en la llenadora de 530 ml

	Producto	Capacidad (gr)	Altura (cm)
	Gel Nataly pote	530	9
	Gel Nataly bomba	360	18
	Tratamiento capilar	350	8
	Shampoo	530	21
	Repelente	250	14

Por lo tanto el envase de mayor tamaño es el de shampoo de 21 cm y el de menor tamaño el de tratamiento capilar pote de 8 cm, existiendo una diferencia en la elevación los envases de 13 cm.

b) Llenadora 2

Esta llenadora también es electro-neumática, es más pequeña, no posee pedestal, tiene una capacidad máxima de 240 ml, envasándose en ella los productos de la Tabla 3.4.

El envase de mayor tamaño es el de loción en crema de 17.5 cm y el más pequeño el de gel en pote con 6 cm, con una diferencia entre éstos de 11.5 cm.

Después de analizar las particularidades de los envases, se debe considerar las características de las llenadoras como se indica en la Tabla 3.2, para escoger la forma de elevarlas.

Tabla 3.4. Productos que se envasan en la llenadora de 240 ml

	Producto	Capacidad (gr)	Altura (cm)
	Silkening 4 Seasons	200	16
	Gel 4 Seasons	240	17
	Glitter envase	130	15
	Gel Nataly pote	140	6
	Shampoo Melody	200	16
	Loción en crema	240	17.5

Debido que la elevación de las llenadoras es un procedimiento que solo se ejecuta al inicio del proceso de envasado, se pueden considerar dos posibilidades de elevación: Manual y Automática.

3.1.1.2 Elevador Manual

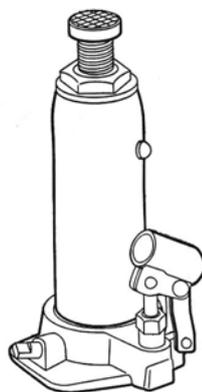


Figura 3.2. Gato hidráulico tipo botella

Un diseño sencillo, es acoplar un gato hidráulico tipo botella como el de la Figura 3.2, a una mesa de acero inoxidable que servirá como base de éste.

Sobre el gato hidráulico está el soporte de la llenadora, el cual se mantiene estable gracias a cuatro guías tipo columna que atraviesa la plataforma donde se encuentra acoplado el gato como se ve en la Figura 3.3. De esta forma operando la manivela de la bomba, se elevará la llenadora en forma proporcional para cada medida de los envases.

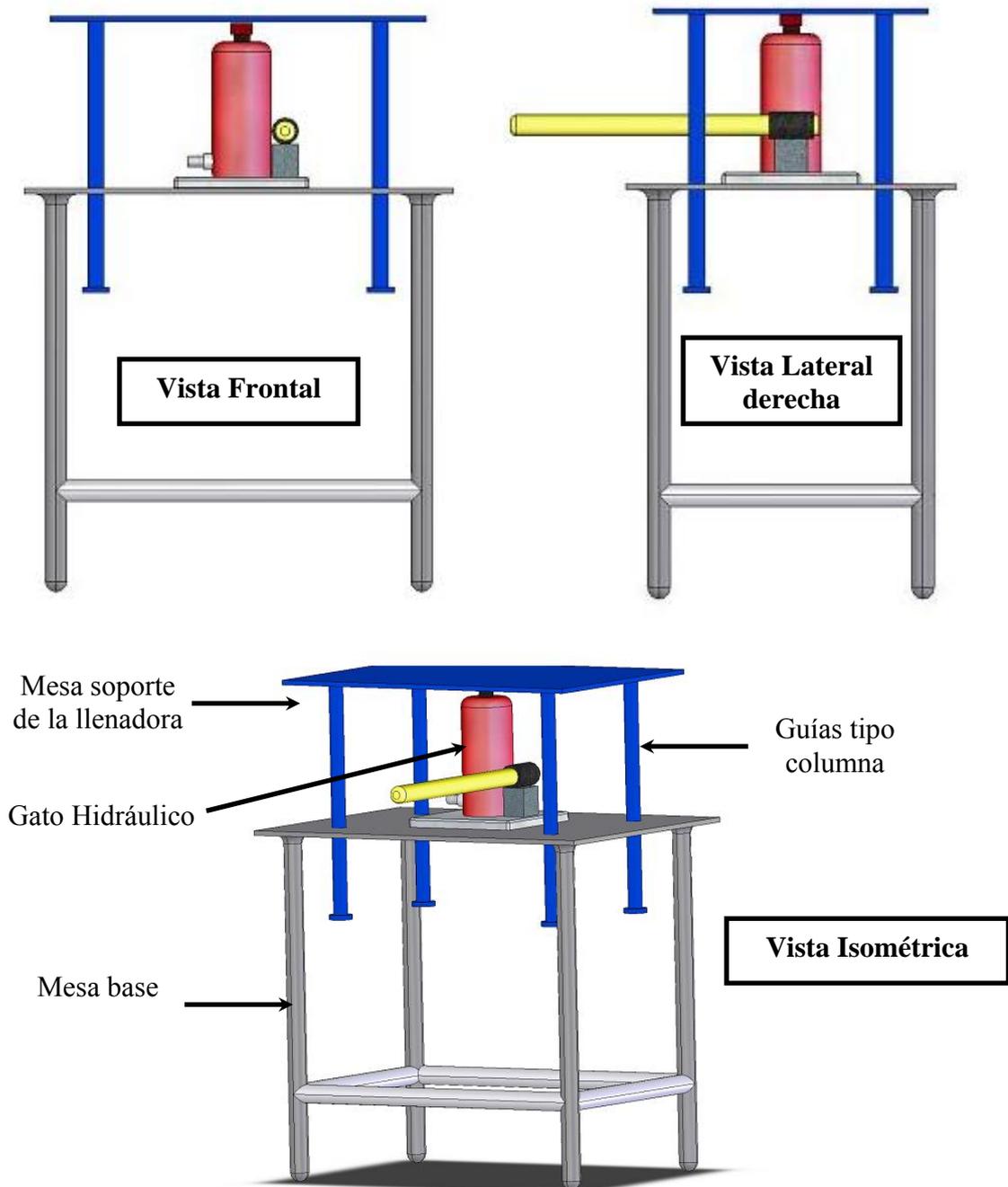


Figura 3.3. Vistas del diseño del Elevador Manual

Las dimensiones y detalles del diseño se encuentran en el Anexo 1.

El gato debe levantar el peso de la llenadora y del soporte, además de la tolva llena; este peso es de aproximadamente 60 kilos, por lo tanto se necesita un gato hidráulico de las siguientes características:

Tabla 3.5. Características del gato hidráulico

Características del Gato Hidráulico	Proceso 1 (llenadora 1)	Proceso 2 (llenadora 2)
Capacidad (toneladas)	1	1
Carrera (milímetros)	130	115
Diámetro del asiento (milímetros)	≥40	≥40
Largo manivela de la bomba (milímetros)	>400	>400
Asa de transporte	No	No

La carrera puede ser de unos 50 mm más que las indicadas en la tabla superior; pero nunca de menor dimensión, porque estas son las alturas máximas de los envases para cada llenadora.

El diámetro del asiento del gato hidráulico debe ser ≥40 mm ya que es más fácil soldar a esta base una placa metálica que oscile entre un centímetro y un centímetro y medio de espesor; para que así la llenadora no tenga problemas de inestabilidad.

El largo de la manivela puede variar, pero no puede ser menor a 400 mm ya que es más factible manipular el gato hidráulico fuera de la mesa y no dentro de ésta. Además esta medida también se toma en consideración por motivos de seguridad.

No necesita asa de transporte porque el gato se encuentra estático en la mesa evitando perder el punto de equilibrio y para que las columnas guías soporten igual presión.

El gato hidráulico que mas se acerca a las características es un:

Marca y referencia: Mega MG-3A

Fuerza: 3 Toneladas

Altura mínima: 210 mm

Recorrido hidráulico: 150 mm

Recorrido extensible: 65 mm

Altura total: 425 mm

Peso: 4,2 kg

Se escoge un gato hidráulico de 3 Toneladas, no por el peso que tiene que soportar sobre el gato sino porque a partir de éste modelo el recorrido hidráulico máximo es de 150 mm en adelante.

Aplicando este diseño de elevador se obtiene un proceso semiautomático.

3.1.1.3 Elevador Automático

Otra alternativa es adaptar un diseño electro-mecánico, donde está incorporado: un servomotor, una cremallera, una canaleta, un piñón y un fin de carrera como se ve en la Figura 3.4; de esta manera se puede elevar la llenadora en forma automática y proporcional al tamaño del envase del producto a dosificar.

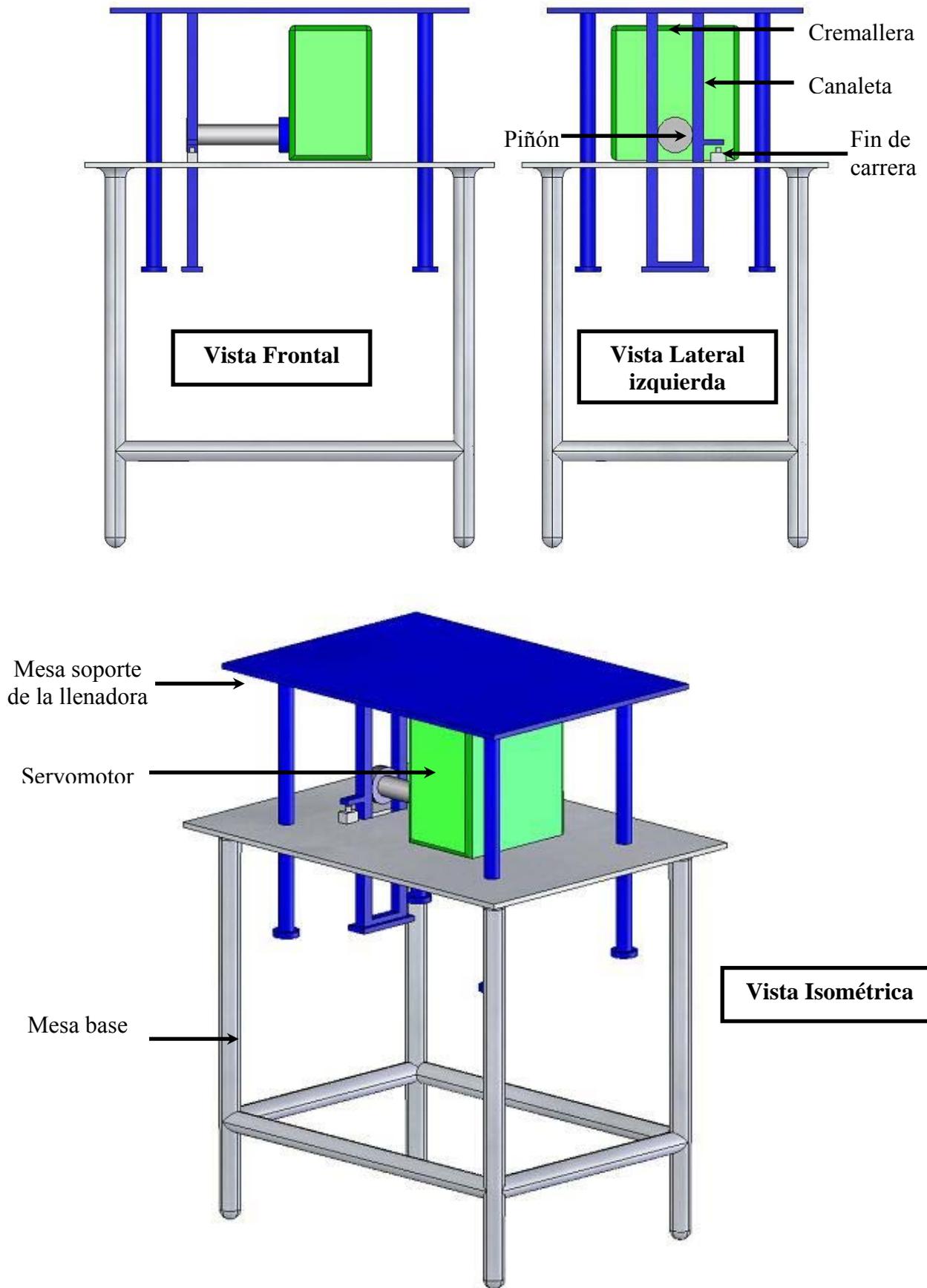


Figura 3.4. Vistas del diseño del Elevador Automático

Para mayores detalles del diseño, los diagramas y planos con especificaciones se encuentran en el Anexo 1.

Para controlar la distancia que se eleva la llenadora, se lo hace por medio de períodos de tiempo preestablecidos en el software de control, además el fin de carrera se encarga de que nunca pase del límite mínimo permitido por seguridad; la llenadora mantiene esta posición hasta que termine el proceso y regresa a su posición inicial.

Las especificaciones y características del interruptor de seguridad o fin de carrera son:



Figura 3.5. Interruptor de Seguridad tipo botón

Modelo:	MJ-7101 MOUJEN
Corriente máxima:	10 A
Corriente de Suministro:	4 mA
Tensión de trabajo:	125 o 300 VAC
Envoltente:	Cuerpo de acero inoxidable
Dimensión:	1/2"

Temperatura de operación: +5°F a +175°F

Salida: Normalmente abierta o cerrada

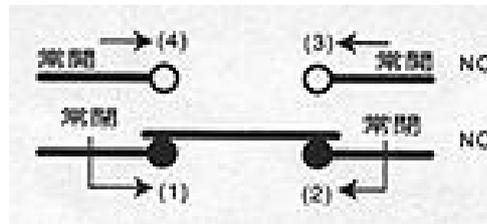


Figura 3.6. Conexión del Sensor Fin de carrera

El servomotor que se utiliza es un DEIMOS BT, presenta versatilidad y máxima seguridad como se aprecia en la Figura 3.7, este equipo es utilizado comúnmente para la apertura y cierre de puertas de garaje debido a que son fuertes y poseen una tarjeta de control para el mando, por lo que no es necesario hacer una programación específica para la elevación, basta con enviar una señal temporizada para que suba y otra señal para que baje.

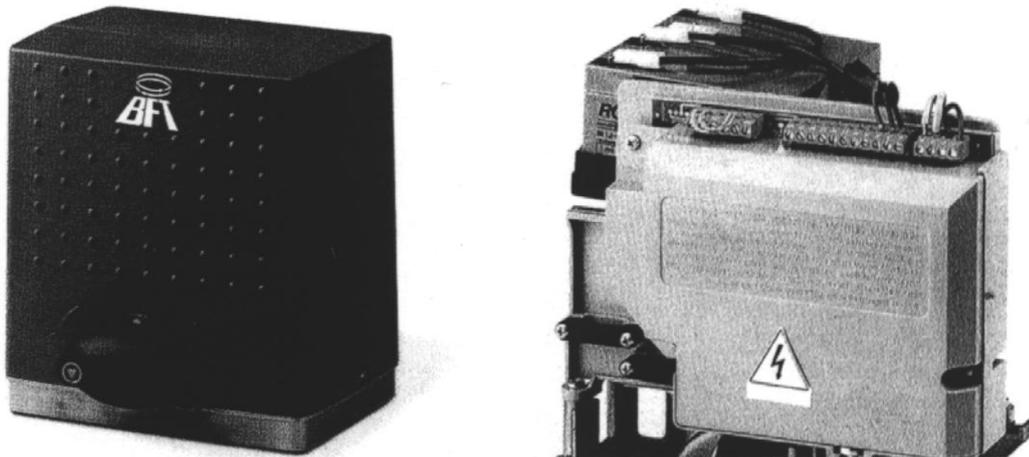


Figura 3.7. Servomotor DEIMOS BT

Las características del servomotor son:

Alimentación de la tarjeta de mando monofásica:	110 V, 60 Hz
Alimentación motor:	24 Vdc
Potencia Absorbida:	70 W
Peso máximo:	450 kg
Revoluciones de salida:	79 por minuto
Módulo piñón:	4 mm (14 dientes)
Maniobras en 24 horas:	100
Condiciones atmosféricas:	de -15°C a +60°C
Peso del servomotor:	7 kg

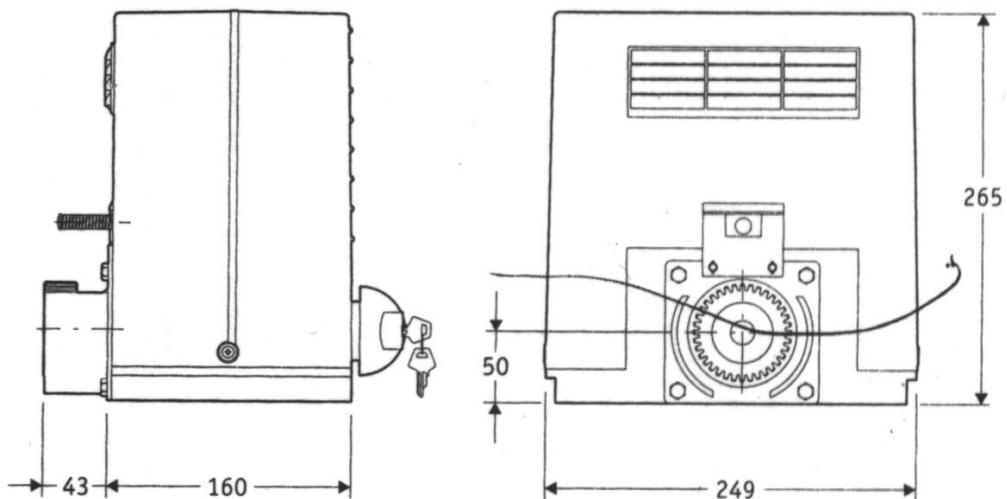


Figura 3.8. Dimensiones del servomotor DEIMOS BT

3.1.2 Calibración Llenadora

En la empresa existen 3 compresores de aire con las características que se detallan a continuación en la Tabla 3.6; los mismos que alimentan las llenadoras y otros equipos en la planta.

Tabla 3.6. Características de los compresores de aire

Marca	Características
<p>DOUAT</p> <p>Modelo CD 566</p> <p># 5529</p>	<p>Cilindrada: 1010 cm³</p> <p>Presión máxima: 10.5 ATM</p> <p>150 lbs</p> <p>Descocamiento: 566 lts/min</p> <p>Velocidad: 555 rev/min</p> <p>Potencia: 5 CV</p>
<p>ATLAS COPCO</p> <p>Tipo KT6 A5</p> <p>Serie B705767</p>	<p>Presión máxima: 14 kg/cm²</p> <p>200 lbs/sq</p> <p>950 r/m</p>
<p>ATLAS COPCO</p> <p>Tipo 6A 209 PACK</p> <p>Serie ARP 705955</p>	<p>Potencia máxima: 8.8 BAR</p> <p>V / Hz: 440/460 60</p> <p>Velocidad: 3500 rev/min</p> <p>Motor serie: 3021810101/1</p> <p>Separador Oil: ARP 2892-1</p> <p>Separador Agua ARP 2892-1</p>

Al iniciar el proceso, se calibra las llenadoras en forma manual respecto al tipo de producto y a la cantidad a envasar, éste procedimiento se hace una sola vez regulando las válvulas de salida y retorno del émbolo del cilindro, donde se alojará el producto antes de ser expulsado por la boquilla, como se indica en la Figura 3.9.

Este procedimiento se realiza con el objetivo de regular la velocidad de salida del producto con relación a las características del mismo (líquido, cremoso, viscoso, gel), y para regular el tiempo entre llenado.

El cilindro tiene un sensor móvil en el exterior, como se indica en la Figura 3.9, con el cual se calibra la cantidad de producto a envasar, ya que es un sensor que detecta la presencia del émbolo y envían una señal para que se detenga, limitando la cantidad que se requiera.

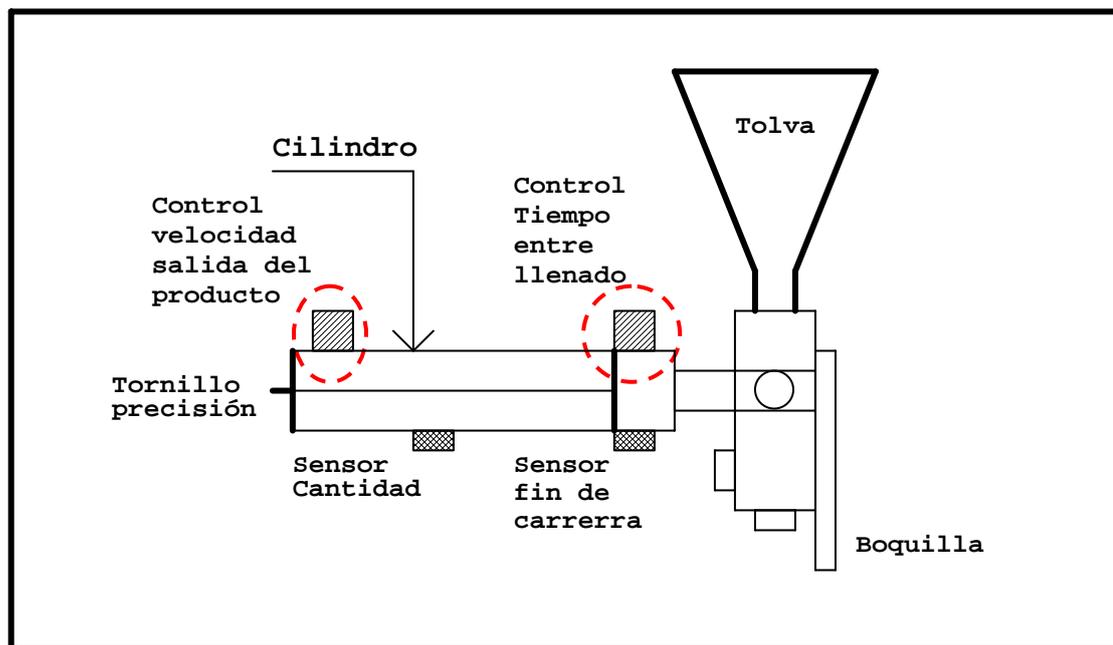


Figura 3.9. Cilindro de la llenadora electro-neumática

Con la ayuda de una regleta impresa en acetato como se observa en la Figura 3.10, las medidas son más fáciles de ubicar en el cilindro reduciendo tiempos muertos en el proceso.

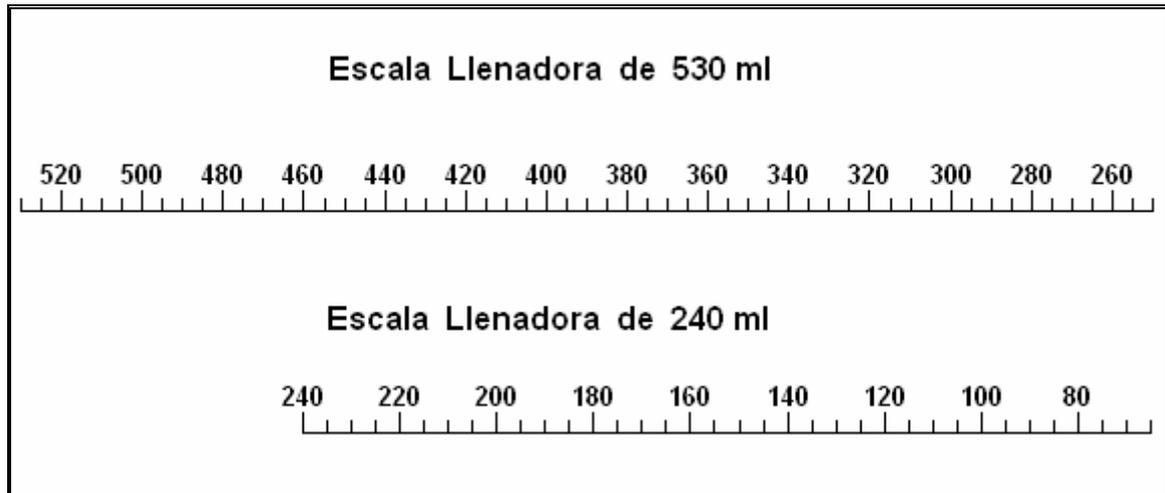


Figura 3.10. Regletas de medida para las dos llenadoras en ml

Además existe un tornillo de precisión, el cual permite corregir errores mínimos en la cantidad como se observa en la Figura 3.11.

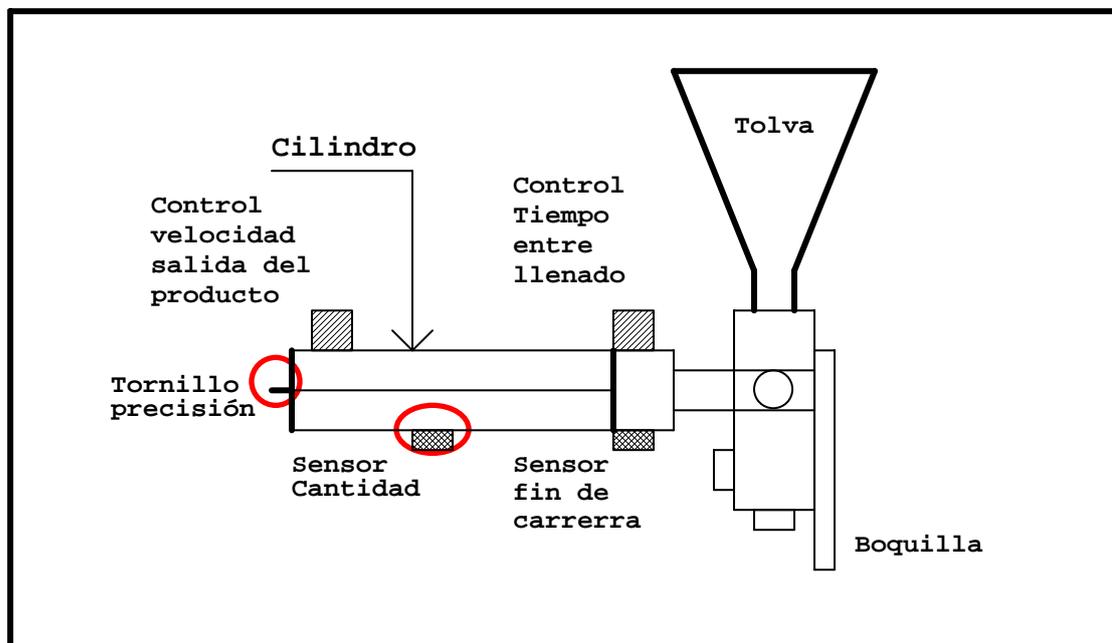


Figura 3.11. Sensores de cantidad de producto y tornillo

Al finalizar con este procedimiento se concluye con la calibración de la llenadora por lo tanto se encuentra lista para operar dentro del proceso.

3.1.3 Transporte de Envases Vacíos

A cada banda, primero se le adapta barras de aluminio a los costados para evitar que se caigan los envases.

Como requerimiento del sistema, en el lado que está la llenadora, la barra será fija y estará ubicada a cinco centímetros de la banda; y la otra barra será móvil en el eje x adaptándose al ancho de los envases.

En la Figura 3.12. se ilustra un gráfico que representa el diseño de las barras laterales acopladas a las bandas transportadoras; las barras son de aluminio para evitar la corrosión y la limpieza es fácil en caso de derrames del producto, los diagramas mecánicos con sus especificaciones se encuentran en el Anexo 1.



Figura 3.12. Barras laterales

Cada banda tiene diferentes características de tamaño como de forma y distintos motores; la banda de la Figura 3.13, tiene un motor monofásico de 110 - 220 V, de 1 HP, a 1700 rev con reducción a 60 rev; la velocidad de este motor se regula mediante una palanca de tornillo. A esta banda se le adaptará la llenadora 2 que es la de menor capacidad (240 ml), por la facilidad que proporciona al variar la velocidad evitando caigan los envases al ser mas pequeños.

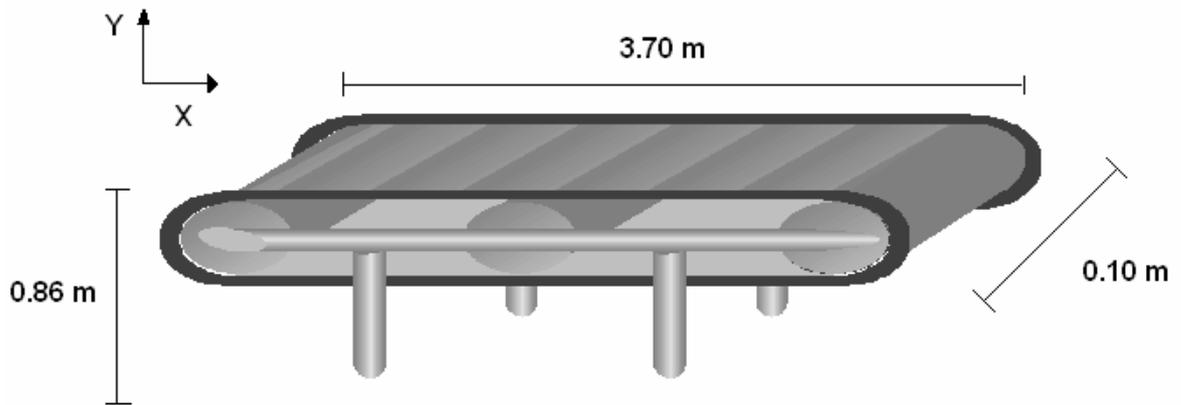


Figura 3.13. Banda sin mesa

La banda de la Figura 3.14, tiene un motor trifásico, de 1.5 HP, a 1700 rev con reducción a 60 rev. Esta banda se adapta mejor a la llenadora 1 que es la de más capacidad (530 ml), porque al envasar productos de mayor cantidad no es indispensable un regulador de velocidad de la banda para evitar su caída.

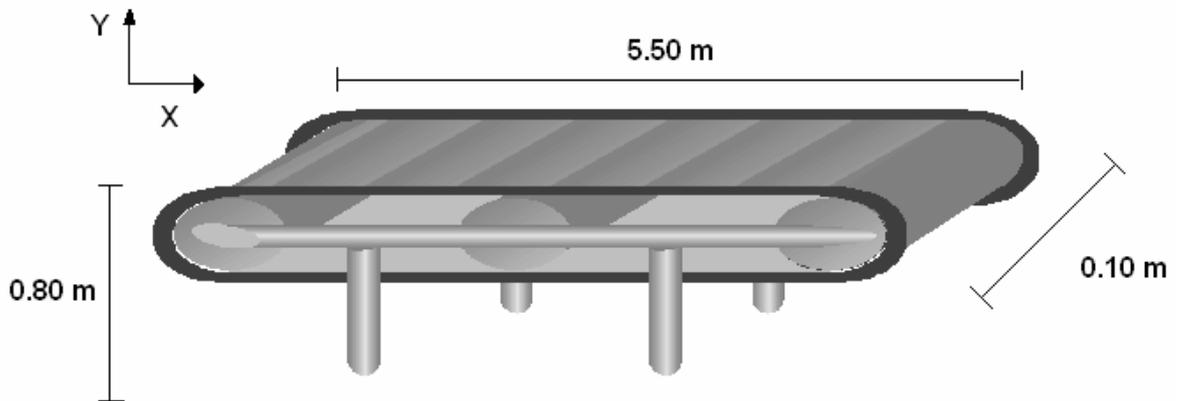


Figura 3.14. Banda con mesa

El motor de las bandas se enciende al iniciar el proceso y se apagan al finalizar el mismo, cuando se a cumplido con la cantidad del lote a producir.

3.1.4 Alimentación de Envases

Para alimentar los envases a la banda ya adecuada con las barras, se debe tomar en consideración que los envases se insertan vacíos y limpios. Este es un procedimiento manual, el operador inserta los envases evitando la parada del proceso porque no se han detectado los envases.

3.1.5 Detección de Envases

Al ser los envases de Polietileno procesado, para su detección, se utiliza un sensor de proximidad capacitivo, con las siguientes especificaciones y características:



Figura 3.15. Sensor de Proximidad Capacitivo E53KAL18A2

Modelo:	E53KAL18A2 de 2 Hilos Cutler Hammer
Corriente de carga:	300 mA
Corriente de Fuga:	2.5 mA
Tensión de trabajo:	20 - 250 VAC
Repetibilidad:	15 operaciones por segundo
Indicador Led:	Encendido en ON
Temperatura de operación:	-25°C a +70°C (-13°F a 158°F)
Sensibilidad ajustable:	Incluida
Distancia de detección:	8 mm

Diámetro: 18 mm

Este sensor al estar en constante manipulación es mas factible que sea tipo cable, para evitar que por cualquier circunstancia se desconecte e introduzca fallas en el proceso; Es de envoltorio plástica resistente al agua, de rosca para una manipulación mas fácil; su alimentación representa mayor facilidad de conexión ya que en la fábrica se trabaja con tensiones de 110 y 220 VAC.

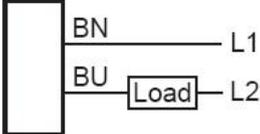
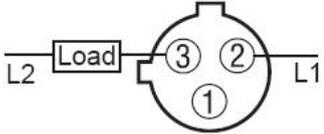
Operating Voltage	Output	Cable Models	Micro Connector Models (Face View Male Shown)
2-Wire Sensors			
20 – 250V AC	N.O. & N.C.		

Figura 3.16. Diagrama de Conexión del Sensor Capacitivo E53KAL18A2

3.1.6 Posicionamiento

Para ubicar los envases bajo la boquilla de la llenadora, se utiliza dos cilindros neumáticos con un vástago de 0.05 x 10 cm, activados por una electro-válvula.

El cilindro 1 se sujeta a la barra de aluminio de la banda y su función es detener la fila de envases vacíos; además es móvil para adaptarse al ancho de cada envase.

El cilindro 2 se encuentra estático y sujeto a la barra de aluminio de la banda; su función es detener el envase bajo la boquilla de la llenadora como se muestra en la Figura 3.17 a continuación.

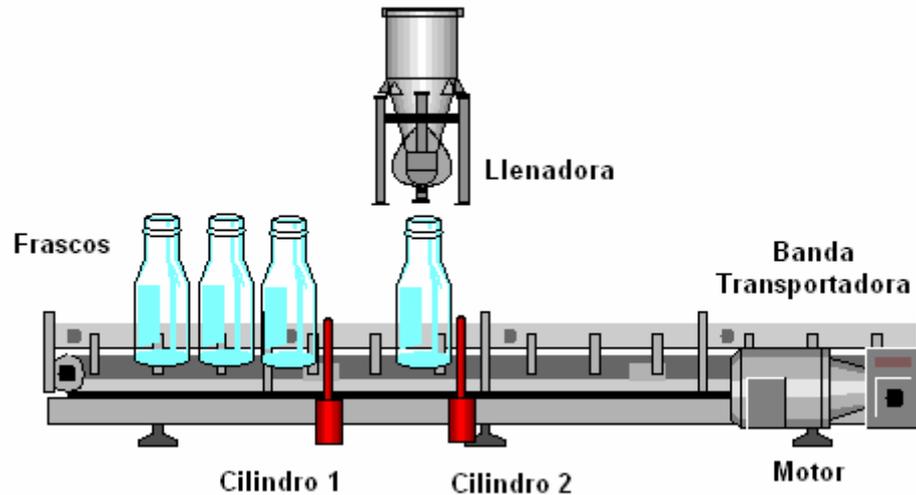


Figura 3.17. Función de los cilindros en la banda

El control para la salida y retorno de los cilindros se realiza por medio del software.

3.1.7 Llenado

Una vez posicionado el envase se verifica si la llenadora está lista y por medio de software se le ordena dosificar el producto.

3.1.8 Transporte de Envases Llenos

Después de tener los envases llenos, los cilindros regresan a su posición inicial hasta detectar otro envase. Caso contrario el operario debe alimentar la línea.

Cuando el proceso finaliza, la banda se detiene y se espera una nueva orden del operador.

3.2 SELECCIÓN DEL PLC

Siendo solo entradas y salidas lo que manejará el PLC, no se requiere que disponga de funciones de programación avanzadas, por lo tanto una solución que se ajusta a estos requerimientos es un *Smart Rele Zelio Logic modular* que se observa en la Figura 3.18. Para escoger el Smart Rele adecuado para ejecutar la secuencia del proceso de envasado se analiza a continuación las variables de entrada y salida:

3.2.1 Variables de Entrada

- 1) Sensor fin de carrera: detiene el motor del elevador por seguridad (sistema automático) o Pulsador llenadora lista, para indicar que la llenadora ha sido elevada (sistema semiautomático).
- 2) Pulsador cilindro listo: se presiona cuando ya se calibra la cantidad de producto a envasar.
- 3) Sensor fin de carrera del cilindro: detecta cuando el cilindro está vacío.
- 4) Sensor de presencia del cilindro: detecta el émbolo del cilindro para regular la cantidad de producto y se activa cuando está lleno.
- 5) Sensor capacitivo de proximidad: detecta la llegada de los envases bajo la boquilla de la llenadora.
- 6) Botón de seguridad, se presionará en caso de emergencia.

3.2.2 Variables de Salida

- 1) Accionamiento del servomotor para elevar la llenadora.

- 2) Accionamiento de la boquilla de la llenadora.
- 3) Encendido y apagado del motor que mueve a la banda.
- 4) Salida y retorno de los cilindros para posicionar el envase.
- 5) Alarma sonora para el final del proceso.
- 6) Accionamiento del servomotor para bajar la llenadora.

Al ser dos procesos de envasado de iguales condiciones, es necesario duplicar las mismas entradas y salidas, teniendo un total de:

Entradas lógicas: 12

Salidas lógicas: 12

El Smart Rele es un Relé Programable que tiene algunas funciones básicas como las de un PLC y sin ser tan costoso, por lo que es el instrumento más adecuado. Debido a que hacen falta salidas, se inserta un módulo extra de entradas salidas y un módulo de comunicación SR3MBU01BD tipo Modbus.

A continuación se detalla las características:

Información del Smart Rele:

Modelo:	Zelio Logic Modular SR3B261BD
Voltaje de alimentación:	24 VDC
Número de I/O:	26
Entradas digitales:	16
Salidas:	10 de relé
Reloj:	SI
Expansión:	Uno módulo de comunicación y uno de I/O
Lenguaje:	LADDER y FBD



Figura 3.18. PLC Zelio Logic SR3B261BD

Información del Módulo de I/O:

Modelo: SR3XT61BD

V. de Alimentación: 24 VDC

Número de I/O: 6

Entradas digitales: 4

Salidas: 2 de relé

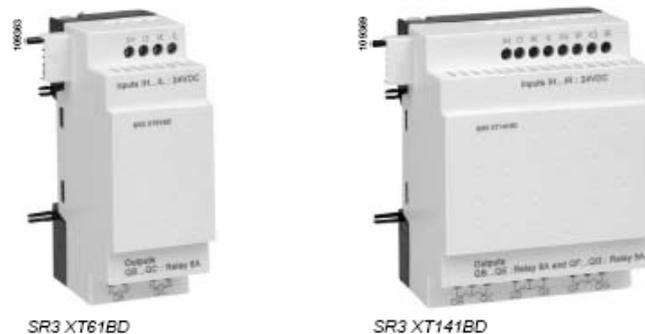


Figura 3.19. Módulo de comunicación SR3MBU01BD y de expansión SR3XT61BD

Las entradas que sobran pueden ser utilizadas en el futuro si se necesita ampliar las funciones del sistema. Este Smart Rele presenta muchos beneficios entre ellos, es flexible, sencillo de ampliar, montar e integrar.

La fuente de alimentación ABL7RM2401, necesita un voltaje de suministro de 100 a 240 V (47 a 63 Hz), entregando un voltaje nominal de salida de 24 VDC y una corriente nominal de 1,4 A.

La programación se hace por medio del software Zelio Soft que permite programar en lenguaje BDF (diagrama de bloques de funciones) o en Ladder (diagrama de contactos). Para programar mediante el software, es necesario que se haya establecido una conexión con el PC; dicha conexión se debe realizar por el puerto serial del PC por medio de un cable SR2CBL01 (Ver Anexo 2).

Para las entradas de 220 VAC se implementan relés RXN41G11P7 a la entrada del Zelio Logic.

A continuación se visualiza en la Figura 3.20 las conexiones de la fuente y de las entradas al PLC.

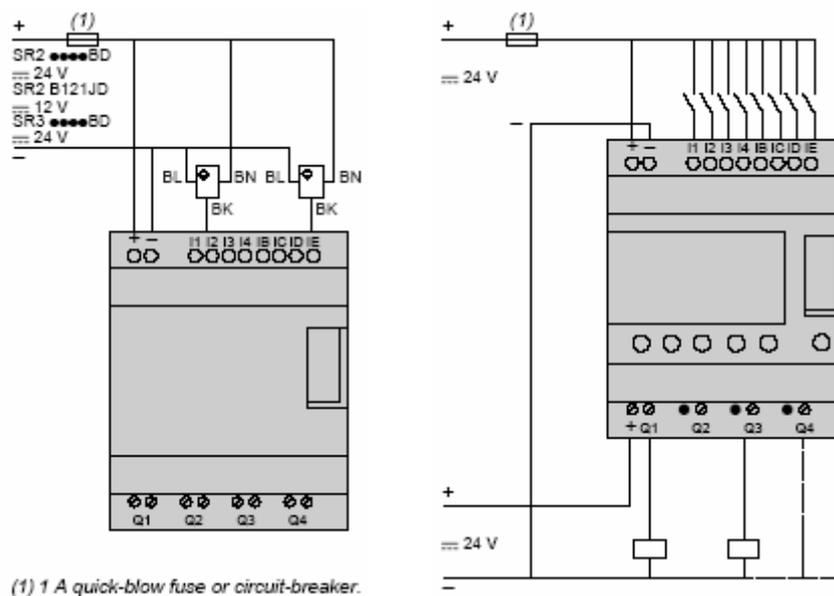


Figura 3.20. Conexiones de las entradas y la fuente del PLC

Los planos de interconexiones de las entradas y salidas al PLC se encuentran ilustradas en el Anexo 2.

CAPÍTULO IV

SOFTWARE DE CONTROL

4.1 GENERALIDADES

Después de acoplar el hardware necesario para automatizar el proceso de envasado, se requiere analizar las condiciones de programación para el control y monitoreo del proceso. Siendo las dos líneas de envasado de características similares, se aplica la misma automatización para las dos bandas y las dos llenadoras.

4.2 VARIABLES DE ENTRADA Y SALIDA

En el desarrollo del software de control es importante tomar en cuenta los parámetros involucrados en el proceso, por lo que encontramos:

- ✧ Variables de entrada y

- ✧ Variables de salida.

4.2.1 Variables de entrada

- Sensor fin de carrera del cilindro, detecta cuando el cilindro de la llenadora está vacío.

- Sensor de presencia del cilindro, detecta el émbolo del cilindro para regular la cantidad de producto.
- Sensor de proximidad, detecta los dientes de la cremallera para elevar la llenadora (sistema automático)
- Sensor de proximidad, detecta la llegada de los envases.
- Selección del producto.
- Cantidad de lote a producir.
- Switch de Manual/Automático para elevar la llenadora.
- Botón Llenadora lista, se presiona después de elevarla (en caso de ser el proceso semiautomático).
- Botón Calibración, se presiona después de calibrar la cantidad de producto y posicionar las barras laterales de las bandas.
- Reset contador de frascos llenos.

4.2.2 Variables de salida

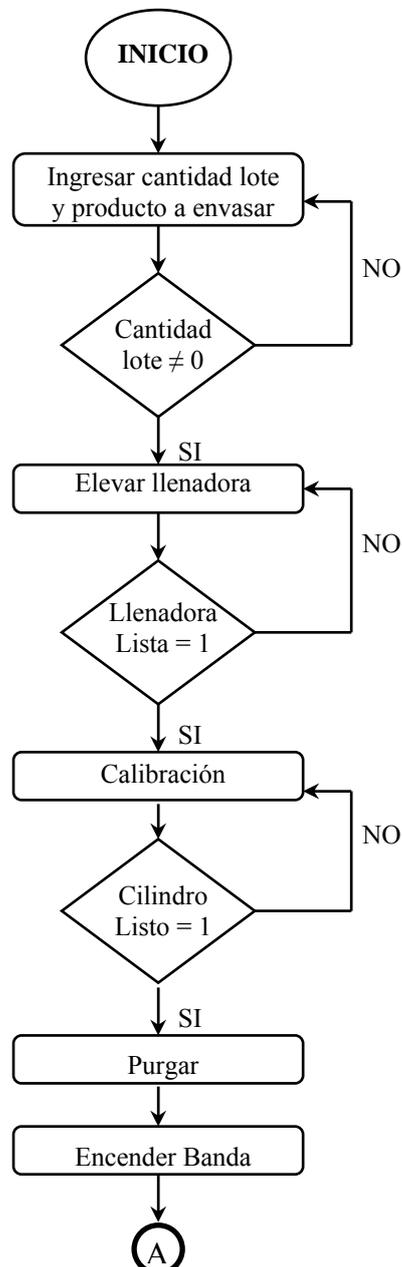
- Encendido y apagado del servomotor para elevar la llenadora (en caso de ser un sistema automático).
- Encendido y apagado del motor que mueve a la banda.
- Accionamiento de la boquilla.
- Salida y retorno de los cilindros para posicionar el frasco.
- Contador de frascos llenos.
- Alarma visual y sonora para el final del proceso.

- Reporte.
- Bajar llenadora.

Después de detallar los parámetros de entrada y salida, se diseña la lógica de control para el proceso.

4.2.3 Lógica de Control

Dentro del proceso se establecen 5 subrutinas como se observa en el diagrama de flujo de la Figura 4.1 y a continuación se detalla cada una:



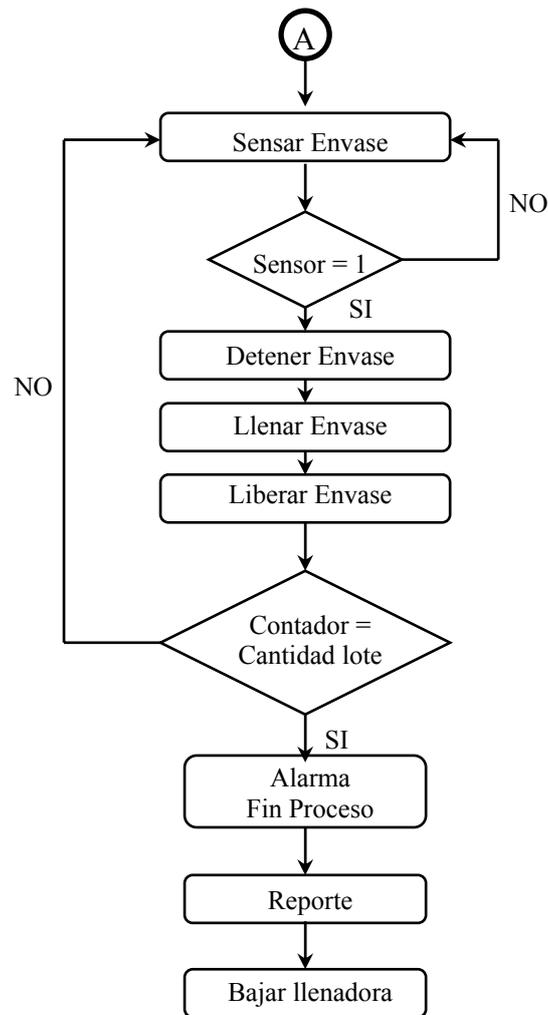


Figura 4.1. Diagrama de Flujo del Software de Control

4.2.3.1 Cantidad del lote

Después de elegir el producto a envasar es estrictamente necesario el ingreso de la cantidad del lote, ya que este dato es útil para llevar un registro de la producción y posteriormente presentar una alarma de fin del proceso.

4.2.3.2 Botón Llenadora Lista

Tiene una función de acuerdo a si se aplica la elevación de la llenadora en forma semiautomática o automática. En el primer caso éste botón se debe activar para continuar con el proceso y en el segundo caso queda excluido.

4.2.3.3 Botón Calibración

La calibración de la cantidad del producto de la llenadora se efectúa en forma manual y al mismo tiempo se coloca un envase bajo la boquilla, se posicionan las barras laterales de la banda y los cilindros de acuerdo al ancho del envase; una vez terminado éste procedimiento, se presiona el botón de calibración para continuar con el proceso.

4.2.3.4 Sensar

Si el sensor detecta un frasco bajo la boquilla, emite una señal para continuar con el proceso, de lo contrario el sistema espera detectar uno para seguir con el flujo del proceso.

4.2.3.5 Comparación entre Contador de Productos y Cantidad de lote

Tomando como referencia a la cantidad de lote que se ingresó al iniciar el proceso, se compara este dato con el contador de envases que ha detectado el sensor y mientras éste no sea igual a la cantidad del lote se repite el proceso, caso contrario se presenta una alarma visual y sonora, indicando que terminó el proceso.

A continuación se procede con el diseño de la Interfaz Humano Máquina (HMI).

4.3 INTERFAZ HUMANO-MÁQUINA (HMI)

Una HMI se fundamenta en un monitoreo en tiempo real a través de la cual los usuarios controlan y reciben la información de un sistema o proceso.

Para el Proceso de Envasado la Interfaz Humano Máquina se programó en Lookout, un software de National Instruments que proporciona herramientas como:

- ✓ Trabajar con PLCs
- ✓ Interactuar con objetos y sus parámetros.
- ✓ Varias pantallas (panel de Operador y panel de Ingeniería).
- ✓ Gráficas de los parámetros.
- ✓ Control de seguridad.
- ✓ Indicadores.
- ✓ Acumuladores.
- ✓ Estaciones remotas.
- ✓ Procesos por lotes (Batch Process).
- ✓ Eventos de secuencia (Sequencer Object).
- ✓ Recetas (Recipe).

4.4 DISEÑO DE LA HMI

En primer lugar se crean dos pantallas, una para cada proceso en las que se encuentran las características de los productos a envasar respectivamente. El proceso de control es el mismo para las dos pantallas, lo que cambian son los parámetros de entrada y salida, por lo que se detalla el diseño de uno solo.

4.4.1 Gráficos

Para hacer interactiva la HMI, se insertan gráficos como: la llenadora con su elevador, la banda y su motor, los cilindros, los envases y el sensor con su pulsador para simular la entrada del mismo como se observa en la Figura 4.2.

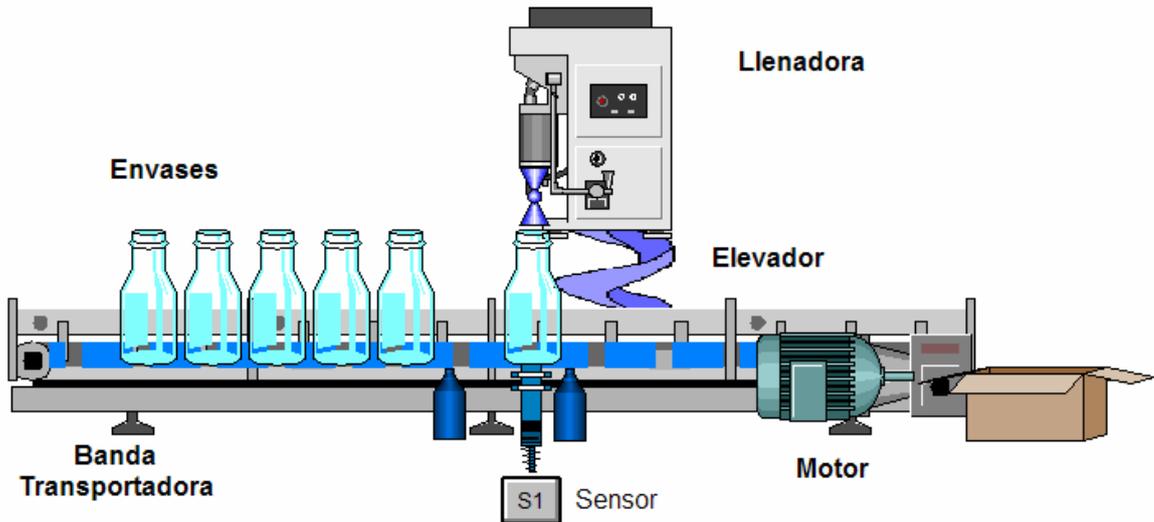


Figura 4.2. Diagrama del Hardware de la HMI

4.4.2 Batch Process

Al ser una de las características del proceso de envasado el trabajar por lotes de producción, se propone utilizar el Batch Process de Lookout, porque esta herramienta permite pre-programar las cantidades y tamaños de los frascos para cada producto a envasarse y la secuencia correcta (Sequencer Object) como una receta, de la siguiente manera:

- Escogiendo el producto, tamaño del frasco y cantidad a envasar.
- Verificando si el sistema está listo.
- Generando un reporte en Excel mediante spreadsheet (hoja de cálculo).

Los pasos a seguir para crear el Batch Process son:

- a) Hacer un archivo de Excel para cada llenadora con la información detallada a continuación, grabarlo como **.xls** y de tipo Microsoft Excel 4.0.

Para la llenadora 1:

Tabla 4.1. Información para Excel Llenadora 1

	A	B	C	D	E
1		Cantidad	Altura	Televar	Tllenado
2	Gel Nataly (Pote) 530	530	0	00:00:00	00:00:08
3	Gel Nataly (Bomba) 360	360	9	00:00:18	00:00:05
4	Tratamiento capilar 350	350	0	00:00:00	00:00:05
5	Shampoo 530	530	12	00:00:24	00:00:08
6	Repelente 250	250	5	00:00:10	00:00:04

Para la Llenadora 2:

Tabla 4.2. Información para Excel Llenadora 2

	A	B	C	D	E
1		Cantidad	Altura	Televar	Tllenado
2	Silkening 4 Seasons 200	200	10	00:00:20	00:00:03
3	Gel 4 Seasons 240	240	11	00:00:22	00:00:04
4	Glitter frasco 130	130	7	00:00:14	00:00:02
5	Gel Nataly (Pote) 140	140	0	00:00:00	00:00:02
6	Shampoo Melody 200	200	10	00:00:20	00:00:03
7	Loción en crema 240	240	11	00:00:22	00:00:04

Cantidad: Es la cantidad en gramos que contiene cada envase.

Altura: Es la distancia en centímetros que debe subir la llenadora respecto a la banda.

Televar: Es el tiempo en segundos para elevar la llenadora. De manera que en 1 segundo la llenadora sube $\frac{1}{2}$ centímetro. Estos casilleros deben tener el formato de hora.

Tllenado: Es el tiempo en segundos para activar la boquilla de la llenadora. Este tiempo se ha establecido bajo un muestreo de evaluación del período real de llenado. Estos casilleros deben tener el formato de hora.

- b) Ir a Lookout y crear un objeto **Recipe** donde se recibe la información de la hoja de cálculo con sus características como una receta, la configuración se indica en la Figura 4.3. A continuación se abre una ventana de Explorer, se busca y selecciona la hoja de cálculo de la cual se recibirá los datos.

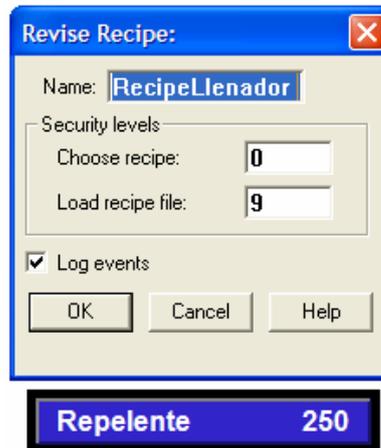


Figura 4.3. Cuadro de diálogo Recipe y su botón

Se ejecuta el proceso y al presionar el botón para escoger la receta, se abre una pantalla como se observa en la Figura 4.4. Hay que seleccionar el producto para que los valores queden seteados. Cada vez que hay variaciones en el archivo, es necesario volverlo a cargar.



Figura 4.4. Panel de parámetros para escoger Receta

4.4.3 Sequencer Object

El Sequencer Object es una herramienta versátil de Lookout, que permite especificar cuando algo pasa en el proceso. Normalmente, cuando se está supervisando un proceso, todo debe estar trabajando simultáneamente, paso a paso, el Sequencer puede asegurar que los pasos ocurren en orden.

El Sequencer trabaja por ciclos especificando el número de veces que las salidas están en ON/OFF. Cada conjunto de salidas en ON/OFF es un estado en la sucesión. Se puede tener 26 salidas ON/OFF para cada ciclo y hasta 100 ciclos por proceso.

Tomando en cuenta las características del Sequencer, y siendo el Proceso de envasado repetitivo y secuencial, ésta herramienta es de mucha utilidad para realizar la automatización, ya que simplificará la programación individual de los pasos, tiempos y estados del proceso.

Para crear un objeto Sequencer se sigue los siguientes pasos:

- a) Agregar el objeto Sequencer e ingresar los siguientes parámetros: Nombre; Estados, de 1 a 100; Etiqueta, donde se indica las tareas del proceso; límite de tiempos y las salidas o acciones, como se muestra en la Figura 4.5.

State No.	Label	Time Limit (HH:MM:SS)	Outputs																									
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
1																												
2																												
3																												
4																												
5																												
6																												
7																												

Figura 4.5. Panel de Programación del Sequencer

Los datos a ingresar en el panel de parámetros del sequencer según el proceso de envasado se observan en la Tabla 4.3:

Tabla 4.3. Datos para ingresar en Sequencer

Nombre: <input type="text" value="SeqEnvasado_1"/>		Estados: <input type="text" value="14"/>									
Estado No.	Etiqueta	Límite de Tiempo	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Espera Inicio										
2	Alarma Inicio	00:00:05							✓		
3	Elevar Llenadora		✓								
4	Calibrar				✓						
5	Purgar	RecipeLlenadora1.Tllenado		✓							
6	Encender Banda	00:00:01				✓					
7	Sensar					✓	✓				
8	Detener Envase	00:00:01				✓	✓	✓			
9	Llenar Producto	RecipeLlenadora1.Tllenado		✓		✓	✓	✓			
10	Liberar Envase	00:00:01				✓	✓				
11	Repetir proceso					✓					
12	Alarma	00:00:10				✓			✓		
13	Reporte	00:00:02								✓	
14	Bajar llenadora										✓

A	Elevar llenadora		F	Detener Envase
B	Llenar		G	Alarma
C	Calibrar Cilindro		H	Reporte
D	Encender Banda		I	Bajar llenadora
E	Sensar			

El Sequencer después de terminar con el último estado, regresa al primero, en este caso genera el reporte (Estado 14) y vuelve a esperar el inicio del proceso (Estado 1).

- b) El Sequencer tiene dos funciones para la configuración de conexiones: GOTO y JUMP. GOTO, para forzar la ubicación en cierto estado. Y

JUMP para hacer subrutinas; la única condición para que funcionen es no colocar ningún parámetro en la ventana de límite de tiempo, desde la que se hará el salto.

En el proceso se ingresa los siguientes parámetros:

- **Goto1** \.\\$Keyboard.ctrl.f1
- **Jump1.2** if(PotCantLote1<>0 and Cont_prod1=0,PBInicio1,0)
- **Jump3.4** (!Timer1 and Switch_llena1) or (Exp_PBllena1 and !Switch_llena1)
- **Jump4.5** Exp_PBcilindro1
- **Jump7.8** Exp_sensor1
- **Jump8.9** Exp_inilllenado1
- **Jump11.12** Cont_prod1=PotCantLote1.value
- **Jump11.7** Cont_prod1<PotCantLote1.value
- **Jump14.1** (!Timer_baja1 and Switch_llena1) or (Exp_PBllena1 and !Switch_llena1)

c) Para crear una visualización de la etiqueta del proceso se arrastra desde el explorador de objetos hasta el panel de control, el nombre de la secuencia creada. En este momento aparece un cuadro informativo, en el que se observa el primer estado de la secuencia.

4.4.4 Requerimientos

Es necesario introducir algunas exigencias precisas para el proceso y son las siguientes:

Cantidad del lote: Crear un potenciómetro para ingresar cuanto se va a producir.

Elevador de la Llenadora Automático: Switch ON/OFF, para el caso en que la llenadora sea elevada en forma semiautomática o automática.

Llenadora y Calibración: Insertar un botón para cada función; estos se presionan cuando se ha terminado de calibrar la elevación de la llenadora (semiautomática) y después de calibrar la cantidad en el cilindro de la llenadora.

Contador de productos: Introducir el objeto Contador e ingresar en la entrada la señal del sensor de envases.

Reset contador: Insertar botón.

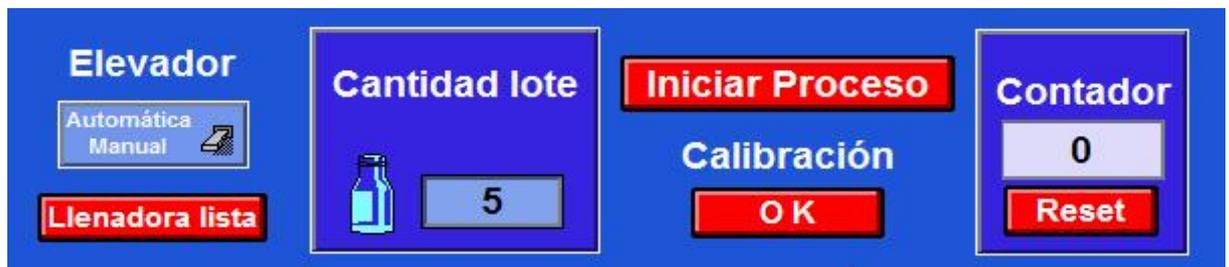


Figura 4.6. Requerimientos para la HMI

4.4.5 Reporte

La fase final del Batch Process es generar un informe, Lookout tiene un registro histórico de los datos, para grabarlos directamente en una base de datos.

Si se prefiere se puede usar una Hoja de cálculo para guardar los datos permanentemente.

Lookout generalmente soporta la variable separada por una coma, de tipo (.csv), hoja de cálculo o base de datos, incluyendo Excel.

Lookout puede anotar los datos a una velocidad de 10 veces por segundo. Sin embargo, la impresión en la primera columna se redondeará al segundo más cercano.

Se puede anotar cualquier número de datos para archivar. El único límite de tamaño, es el de la unidad de disco duro.

La hoja de cálculo se archiva por fecha, a menos que se especifique de otra forma. Lookout crea directorios que guardan los archivos en carpetas por año, mes, o día automáticamente.

```
Year c:\Lookout\2005\data.csv  
Month c:\Lookout\2005\jan\data.csv  
Day c:\Lookout\2005\jan\01\data.csv
```

Para crear un informe o reporte:

- a) Se inserta un objeto *Spreadsheet* y se ingresan los parámetros que se observan en la Figura 4.7.
- b) Se necesita registrar los datos de la cantidad de lote ingresada para producir y con que frecuencia se detectan los envases para ser dosificados.
- c) Los datos como nombre del archivo y el intervalo de adquisición de los datos puede variar de acuerdo a las necesidades.

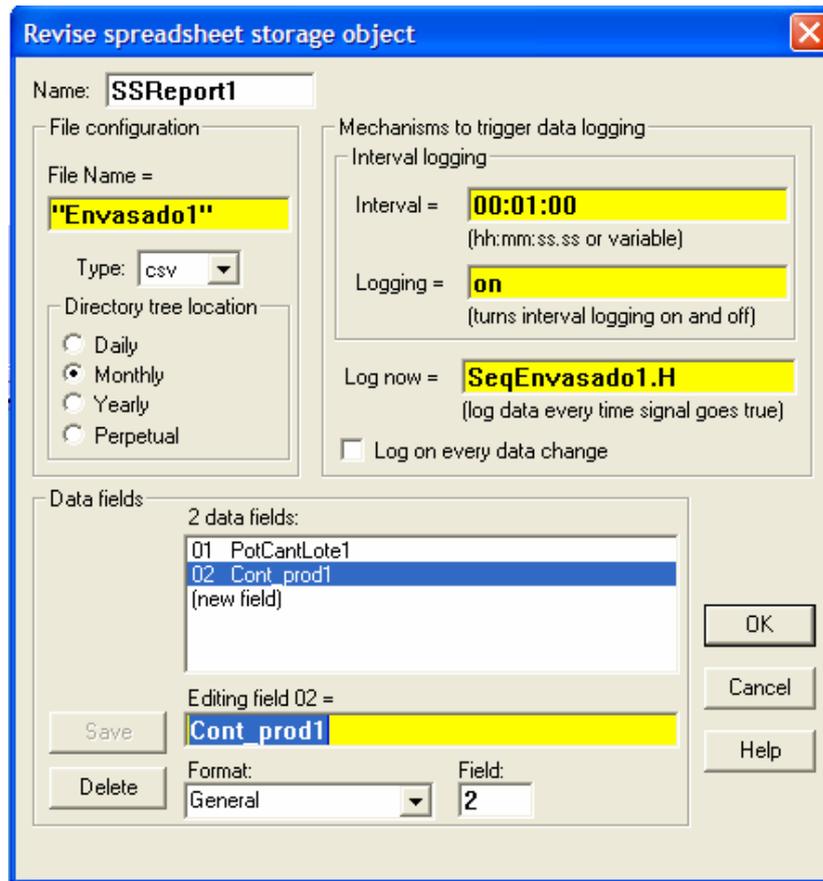


Figura 4.7. Panel de parámetros del Spreadsheet

4.4.6 Bajar Llenadora

En el caso de que la elevación de la llenadora ha sido automática, se activa el motor del elevador en reversa; de lo contrario si es semiautomática se espera a que el operador baje la llenadora y presione el botón.

4.5 VARIABLES DE LA HMI

Las variables que se utilizan para la elaboración de la HMI se registran a continuación:

- **Timer_sensor:** Simula el sensor de proximidad que detecta la llegada de los envases de acuerdo a los valores tomados como referencia en el proceso.

- **Recipellenadora:** Es la función para adquirir los datos de los productos con su respectiva receta, se lo puede visualizar por medio de un botón para seleccionar el producto a envasar.
- **SeqEnvasado:** Función para crear la secuencia del proceso.
- **Cont_prod:** Es el contador de productos que han sido envasados, opera cuando el sensor detecta un envase.
- **PBreset_cont:** Pulsador para resetear el contador de productos.
- **PBinicio:** Es el botón con el que inicia el proceso; tiene efecto solamente si el contador de producto está en cero.
- **PotCantLote:** Potenciómetro en el que se ingresa la cantidad de lote a producir.
- **Switch_Ilena:** En ON la llenadora se eleva automáticamente y en OFF se eleva en forma manual.
- **PB_Volver:** Cambia de panel.
- **PBllenadora_lista:** Pulsador que se presiona después de elevar la llenadora en forma manual.
- **PBcilindro_listo:** Pulsador que se presiona después de calibrar la cantidad de producto en el cilindro y arreglar las barras como los cilindros a la medida del envase.
- **SSReport:** Función para crear reportes del proceso.

Las siguientes variables solo se utilizan para simulación:

- **Timer:** Se inserta para determinar el tiempo de elevación en automático o para presionar el botón de llenadora lista si es semiautomático el elevador de la llenadora.
- **Timer_llena:** Se activa para tomar el tiempo estimado de llenado.
- **Timer_baja:** Se inserta para determinar el tiempo de bajada de la llenadora en automático o para presionar el botón de llenadora lista si es semiautomático.

4.6 PANTALLAS DE LA APLICACIÓN

La topología que se aplicó para navegar entre los paneles es la Topología Mesh o Malla.

Se basa en que todos los paneles tienen botones para comunicarse entre ellos como se muestra en la Figura 4.8. Debido a que no se necesita más de dos paneles para el proyecto, esta es la topología que más se adapta por el acceso.

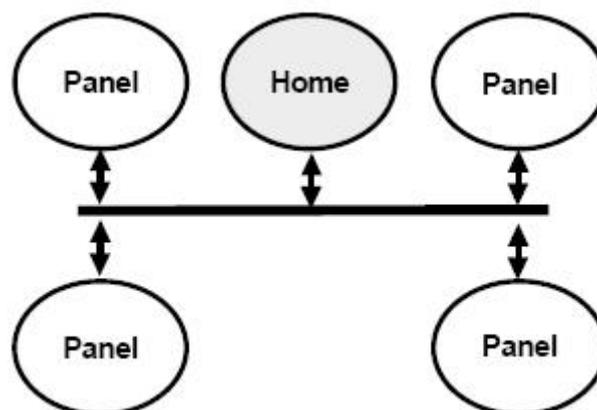


Figura 4.8. Topología Malla

La desventaja es que al aumentar paneles, esto debe afectar a todos. Este no es el caso por lo que no tiene relevancia.

Las pantallas tienen tres partes fundamentales:

- ✧ Barra de Estado
- ✧ Proceso
- ✧ Barra de Navegación

4.6.1 Barra de Estado

Esta barra se ubica en la parte superior de las pantallas, como se muestra en la Figura 4.9 y es la que proporciona la información general del estado del proceso como los comandos de funcionamiento y la secuencia.

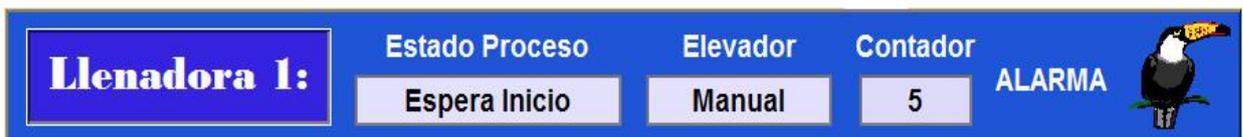


Figura 4.9. Barra de Estado

4.6.2 Proceso

Incluye toda la información necesaria para que el operador pueda controlar y supervisar el proceso como se ilustra en la Figura 4.10. La información es gráfica y en ella se visualiza mediante simulación la forma en que actúan los componentes del proceso, de acuerdo a como va siguiendo la secuencia estado por estado.

Todas las visualizaciones se muestran en tiempo real.

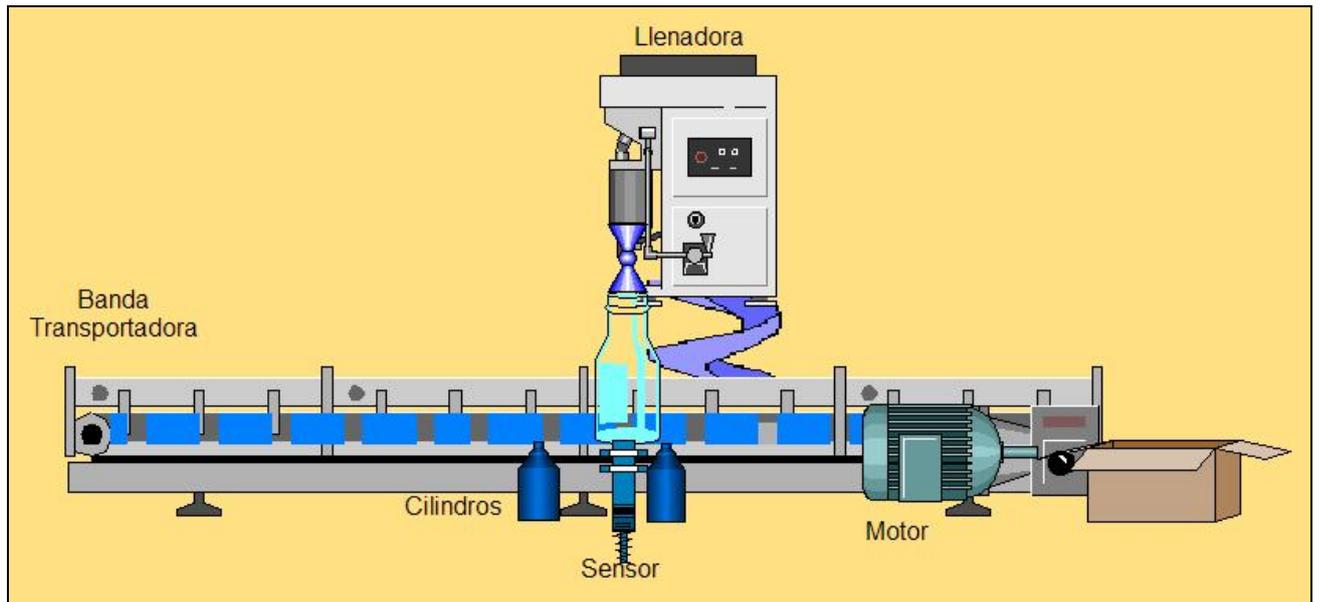


Figura 4.10. Proceso de Envasado

4.6.3 Barra de Navegación

Son botones que se encuentran ubicados en la parte inferior de las pantallas; en la Figura 4.11 se puede observar la disposición de los requerimientos del proceso, ya que cada botón tiene el nombre de la acción que ejecuta.

En esta barra también se encuentra el botón que permite ir al otro proceso.



Figura 4.11. Barra de Navegación

Las pantallas completas del proceso se visualizan a continuación en las Figuras 4.12 y 4.13.

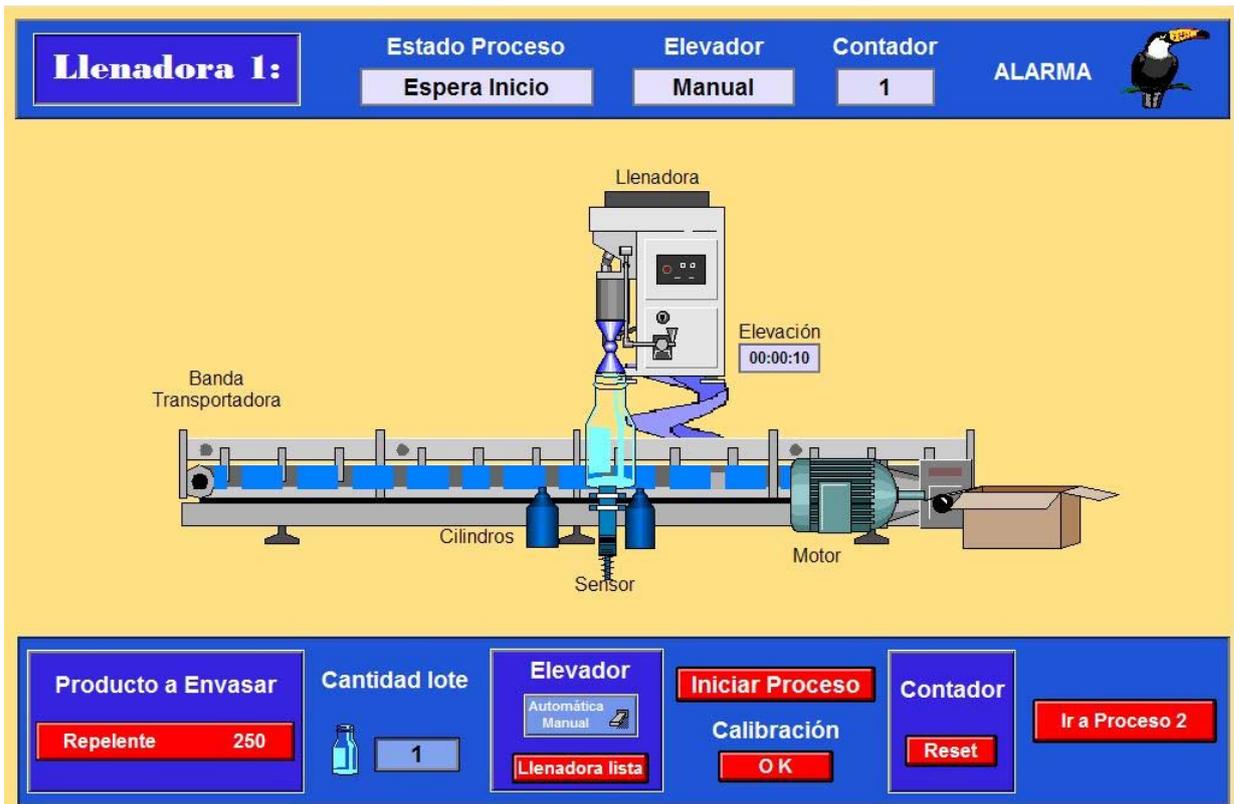


Figura 4.12. Pantalla de Operación Proceso 1

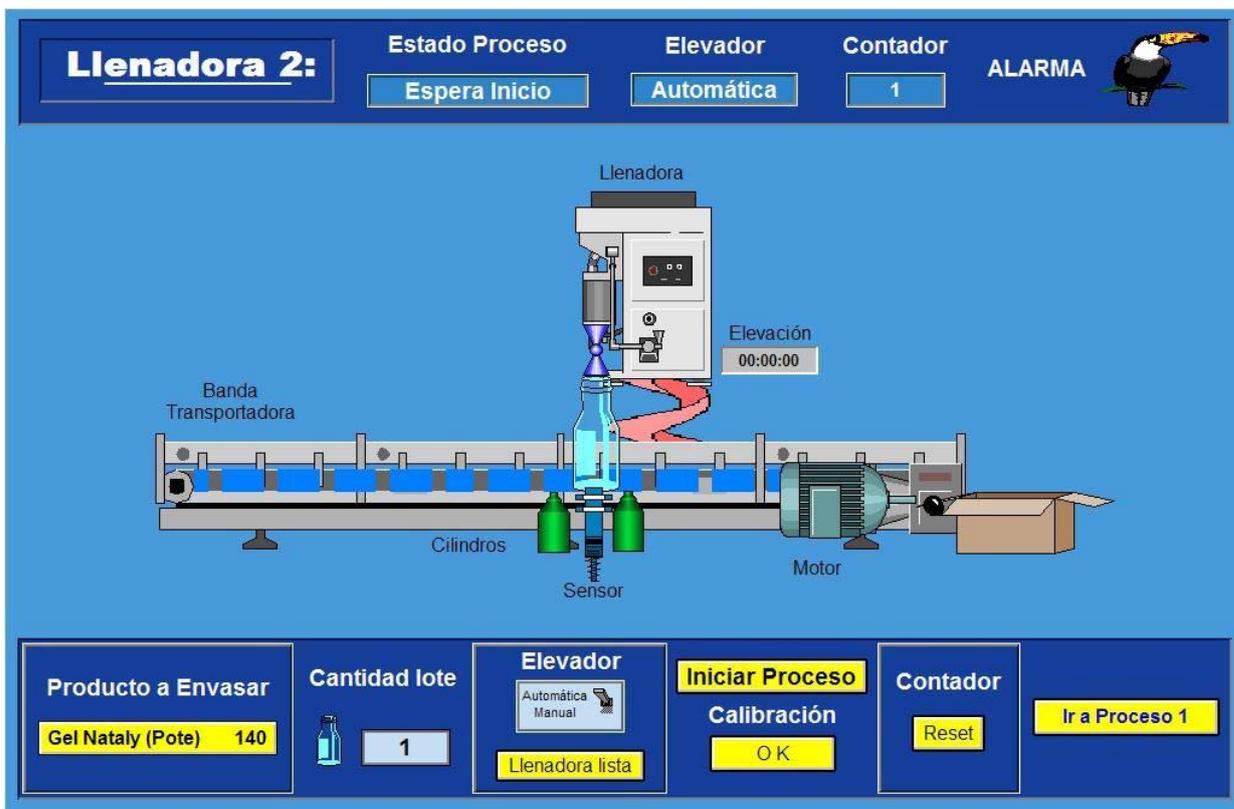


Figura 4.13. Pantalla de Operación Proceso 2

CAPÍTULO V

PRUEBAS Y RESULTADOS

5.1 GENERALIDADES

El siguiente paso después de finalizar con el diseño del Hardware y Software de control, consiste en evaluar el Sistema de Control empleado y la HMI mediante una simulación del proceso.

Para la simulación es necesario hacer un diseño de pruebas, y una vez que se obtengan los resultados de esta evaluación se establece un análisis de los resultados.

5.2 DISEÑO DE PRUEBAS

Para el diseño de pruebas se consideraron 3 factores:

- ✧ Conectividad.

- ✧ Selección y verificación de productos.

Cada uno de los factores anteriores, permite verificar el funcionamiento de la automatización del proceso de envasado.

5.2.1 Conectividad

Para comprobar la conectividad con diferentes tipos de pruebas, en la HMI se declararon como Expresiones las entradas del proceso.

A continuación se indica cada expresión con su respectiva modificación de acuerdo a si se realiza la prueba de:

☞ Simulación con el software de la HMI, donde los tiempos y las cantidades se encuentran preingresadas para que el programa tome estos datos y actúe.

☞ Adquiriendo los datos de entrada desde una hoja de cálculo activada como por ejemplo de Excel, utilizando DDE.

☞ Haciendo conexiones desde y hacia un PLC con botones de mando y luces indicadoras del proceso interactuando con la HMI.

Las expresiones son:

Exp_PBcilindro1: El botón que se presiona después de calibrar el cilindro y las barras laterales de las bandas.

<i>Simulación</i>	<i>Excel</i>		<i>PLC</i>
PBcilindro1_listo.value	DDE: c2f2	Sw10002	Modbus.10002

Exp_PBcilindro2:

<i>Simulación</i>	<i>Excel</i>		<i>PLC</i>
PBcilindro2_listo.value	DDE: c2f7	Sw10007	Modbus.10007

Exp_PBIlena1: Si el proceso es semiautomático.

<i>Simulación</i>	<i>Excel</i>		<i>PLC</i>
PBIlenadora1_lista.value	DDE: c2f1	Sw10001	Modbus.10001

Exp_PBIlena2:

<i>Simulación</i>	<i>Excel</i>		<i>PLC</i>
PBIlenadora2_lista.value	DDE: c2f6	Sw10006	Modbus.10006

Exp_Ilenado1: Da la orden para que continúe el proceso, después de esperar a que acabe de dosificar el producto la llenadora (Sensor fin de carrera).

<i>Simulación</i>	<i>Excel</i>		<i>PLC</i>
!Timer_Ilena1	DDE: c2f4	Sw10004	Modbus.10004

Exp_Ilenado2:

<i>Simulación</i>	<i>Excel</i>		<i>PLC</i>
!Timer_Ilena2	DDE: c2f9	Sw10009	Modbus.10009

Exp_inilllenado1: Se detiene el envase y espera a que la llenadora esté lista para dosificar el producto (Sensor de cantidad).

<i>Simulación</i>	<i>Excel</i>		<i>PLC</i>
00:00:01	DDE: c2f3	Sw10003	Modbus.10003

Exp_inilllenado2:

<i>Simulación</i>	<i>Excel</i>		<i>PLC</i>
00:00:01	DDE: c2f8	Sw10008	Modbus.10008

Exp_sensor1: Sensor que detecta la llegada de los envases bajo la boquilla.

<i>Simulación</i>	<i>Excel</i>		<i>PLC</i>
!Timer_sensor1	DDE: c2f5	Sw10005	Modbus.10005

Exp_sensor2:

<i>Simulación</i>	<i>Excel</i>		<i>PLC</i>
!Timer_sensor2	DDE: c2f10	Sw10010	Modbus.10010

5.2.1.1 Simulación

Para probar la conectividad por medio de la simulación, se ingresan los factores como se indicó y se hicieron pruebas del funcionamiento del sistema.

Los pasos para la simulación son:

- 1) Presionar el botón *Producto a envasar*, donde se abre un cuadro de diálogo que contiene la lista de los productos que se envasan en cada llenadora; se escoge el tipo de producto y todos los valores quedan predeterminados.
- 2) Posteriormente se debe introducir la *Cantidad del Lote* que se tiene planeado producir.
- 3) El proceso no inicia mientras el *Contador* no esté en 0 (cero); si este es el caso se presiona el botón *Reset* del contador.
- 4) Presionar el botón *Iniciar Proceso*.
- 5) Dependiendo si elevador de la llenadora es automático o manual, se presentan dos formas de operación:

- a) Si el elevador es manual, se eleva la llenadora a la altura del envase del producto escogido y después se presiona el botón *Llenadora lista*.
 - b) Si el elevador es automático, el proceso continúa al siguiente paso.
- 6) En el indicador del estado del proceso se visualiza *Calibrar*; en este paso se calibra la cantidad de producto en la llenadora y se regula la banda al tamaño del envase, terminado esto se presiona el botón *Calibración OK*.

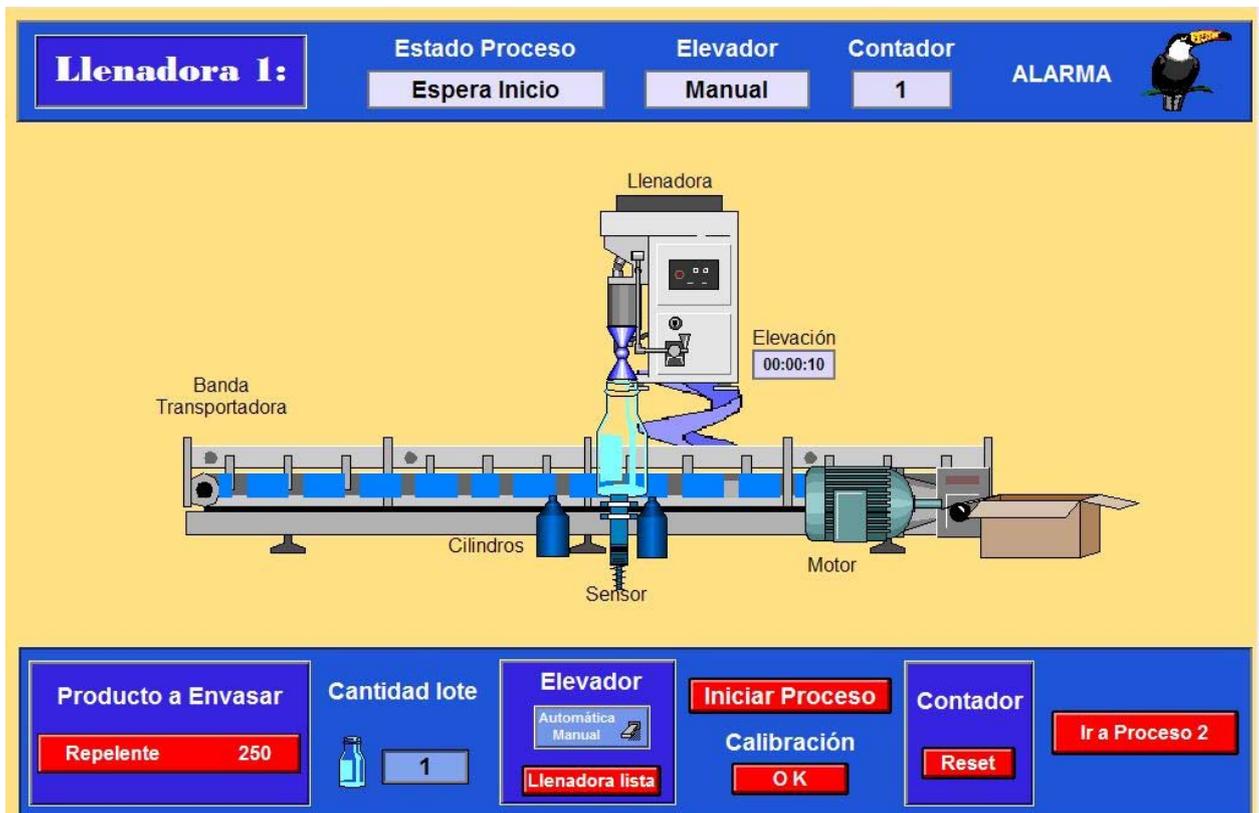


Figura 5.1. Panel de Operación

Una vez seguidos los pasos antes mencionados, inicia la producción hasta que el contador de productos llegue a ser igual que la cantidad del lote ingresada. Finalizada la producción, el sistema emite una señal sonora y visual indicando que terminó el proceso y suministrando un reporte de los resultados.

En varias interacciones entre el proceso de la llenadora 1 y 2 se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 5.1. Tabla de Verificación

Secuencia	OK	FALLAS
Escoger el producto	✓	
Ingreso Cantidad Lote	✓	
Encerar Contador	✓	
Inicio Proceso	✓	
Llenadora Automática	✓	
Llenadora Semiautomática	✓	
Calibración Cilindro Llenadora	✓	
Funcionamiento Bandas	✓	
Funcionamiento Cilindros	✓	
Funcionamiento Sensor envases	✓	
Estado del Proceso	✓	
Alarmas	✓	
Reporte	✓	

Con estos resultados, se verificó que el funcionamiento del Software con la simulación no tiene error, por lo que se puede dar paso a la siguiente prueba de conectividad.

5.2.1.2 Excel (DDE)

La siguiente prueba de conectividad se obtuvo ingresando señales simuladas por medio de **DDE (Dynamic Data Exchange)**. Este protocolo sirve para tomar datos de otras aplicaciones en forma dinámica, como por ejemplo de una base de datos como un archivo de Microsoft Excel. Cuando los datos de la aplicación

fuentes cambian, el protocolo cambia los datos en tiempo real. Los datos se reconocen por celdas, por lo que se necesita ingresar la fila y columna.

La información del Archivo de Microsoft Excel es la siguiente:

Tabla 5.2. Archivo de Excel

	<i>Switch</i>	<i>Pruebas lógicas</i>
	A	B
1	Sw10001	0
2	Sw10002	0
3	Sw10003	0
4	Sw10004	0
5	Sw10005	0
6	Sw10006	0
7	Sw10007	0
8	Sw10008	0
9	Sw10009	0
10	Sw10010	0

Los valores de prueba se cambiaron de acuerdo a la secuencia del proceso, ya que estas señales como se indicó antes son las entradas de las variables del proceso.

Una vez que se hizo las pruebas, se obtuvo como resultado que el sistema funciona sin errores, con lo cual queda confirmado que la lógica de programación y los indicadores de estado de la HMI, funciona correctamente.

5.2.1.3 PLC

En este paso se empleó el PLC para probar que la HMI responde en forma correcta. Lo primero fue hacer pruebas de comunicación, para esto fue necesario utilizar un PLC que se ajuste al diseño propuesto; sin embargo el PLC que se utiliza es un Zelio Logic por lo que la forma de programación se detalla en el Anexo 3 y su distribución de entradas y salidas en el Anexo 4.

El PLC que se empleó para la simulación fue un Modicon AEG 984 Compact que trabaja a 24 V DC con sus módulos de entradas DEP 216 y salidas DAP 216, por las facilidades de encontrarse a disposición en los laboratorios de la ESPE.

En la HMI se inserta un objeto Modbus para controlar el hardware del proceso y se editan las conexiones de entrada como se indicó al inicio y las salidas así:

Tabla 5.3. Conexiones del Modbus en la HMI

Modbus.1 = SeqEnvasado1.A	Elevar llenadora 1
Modbus.2 = SeqEnvasado1.B	Activar llenadora 1
Modbus.3 = SeqEnvasado1.D	Encender la Banda 1
Modbus.4 = SeqEnvasado1.F	Activar cilindros proceso 1
Modbus.5 = SeqEnvasado1.G	Activar Alarma 1
Modbus.6 = SeqEnvasado1.I	Bajar llenadora 1
Modbus.7 = SeqEnvasado2.A	Elevar llenadora 2
Modbus.8 = SeqEnvasado2.B	Activar llenadora 2
Modbus.9 = SeqEnvasado2.D	Encender la Banda 2
Modbus.10 = SeqEnvasado2.F	Activar cilindros proceso 2
Modbus.11 = SeqEnvasado2.G	Activar Alarma 2
Modbus.12 = SeqEnvasado2.I	Bajar llenadora 2

Conexión de señales de prueba

Para las señales de entrada discretas, se utilizaron pulsadores alimentados con una fuente de 24 VDC que ingresan respectivamente al módulo del PLC como se indica en la Figura 5.2.

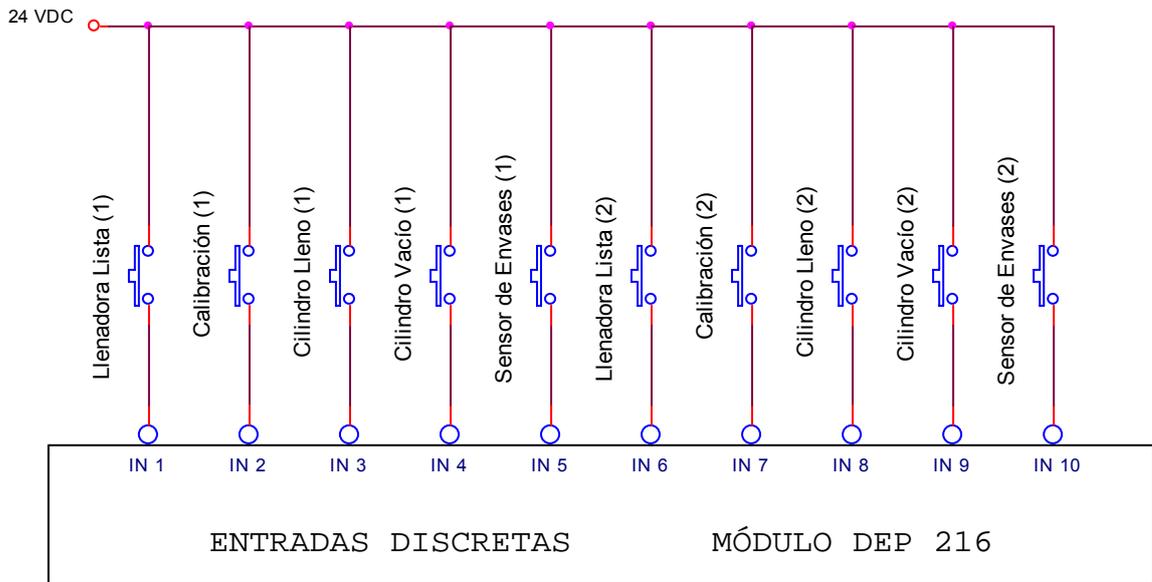


Figura 5.2. Diagrama de Conexión de Entradas Discretas

Para cada salida discreta del sistema se utilizó luces piloto como se muestra en la Figura 5.3.

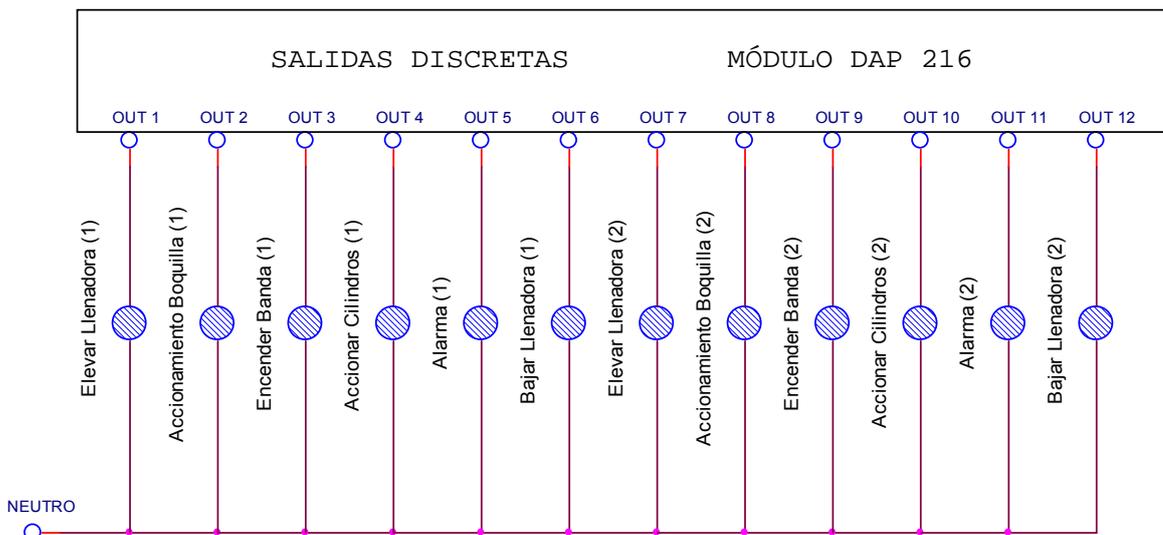


Figura 5.3. Diagrama de Conexión de Salidas Discretas

Al interactuar con la HMI se obtuvo como resultado que el Software responde correctamente respecto a las señales físicas de entrada, por lo tanto las salidas son correctas.

5.2.2 Selección y verificación de productos

Al hacer pruebas de selección de productos para los dos procesos de envasado, se verifica que cumple con todas las características predeterminadas para cada producto.



Figura 5.4. Menú de productos llenadora 1

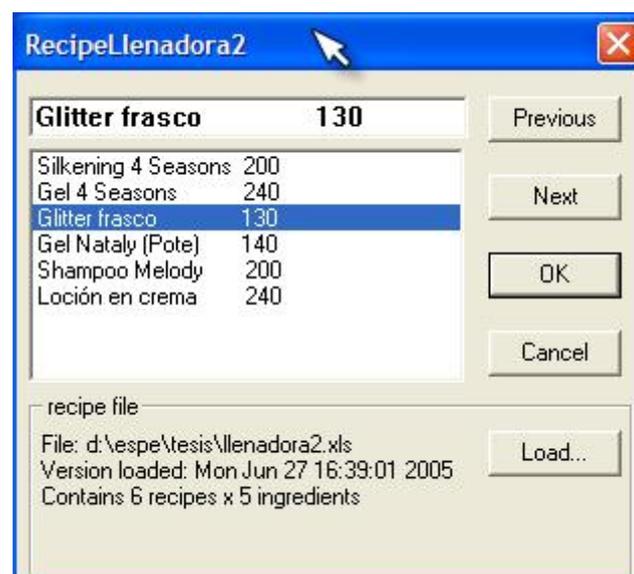


Figura 5.5. Menú de productos llenadora 2

5.3 RESULTADOS

Los resultados muestran que tanto las pruebas de simulación como las pruebas físicas conectando las señales al PLC, garantizan que el sistema real funcione correctamente, por lo tanto se encuentra listo para ser puesto en ejecución.

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS ECONÓMICO

6.1 GENERALIDADES

Una vez que se han determinado las condiciones técnicas para que pueda ejecutarse el proyecto, en este capítulo se plasma un detalle de la inversión para llevar a cabo los cambios en la línea de envasado de Laboratorios Windsor S.A. Por lo que después de conocer el costo para la implementación, se hace un análisis de la relación costo-beneficio del proyecto.

6.2 COSTO DE LA INVERSIÓN

“Invertir es renunciar a unas satisfacciones inmediatas y ciertas a cambio de expectativas, es decir de esperanzas de beneficios futuros” ¹

Si se renuncia a estas satisfacciones, es verdad que este proceso implica pagos, pero a su vez también cobros a futuro, mejorando la productividad de la empresa.

Para esto son muy importantes dos datos: egresos e ingresos de dinero, por lo que a continuación se detalla la inversión del proyecto, especificando las partes y sus costos respectivos de los elementos para la implementación de la automatización:

¹ Tomado de COMPANYYS, Ramón, *Planificación y Rentabilidad de Proyectos Industriales*, 17, 1999, Alfaomega S.A., Santa fé de Bogotá 1999, 31-51

Tabla 6.1. Inversión del proceso semiautomático

Cantidad	Detalle	C. Unitario	Costo Total
2	Sensores fin de carrera MJ 7101	31,54	63,08
2	Sensores capacitivos	189,74	379,48
2	Gatos hidráulicos MG-3A	63,84	127,68
4	Cilindros Neumáticos 10 cm	116,00	463,99
2	Válvulas direccionales	52,47	104,94
18	Conectores neumáticos	0,84	15,12
8	Metros de manguera neumática	0,84	6,72
1	Pack Zelio SR3PACK2BD	231,00	231,00
1	Módulo de comunicación SR3MBU01BD	81,39	81,39
1	Módulo I/O SR3MBU01BD	42,35	42,35
1	Fuente 24 VDC ABL7RM2401	74,17	74,17
6	Relé 240 VAC RXN41G11P7	6,19	37,14
1	Software	750,00	750,00
20	Cable 18 AWC	1,00	20,00
2	Pulsadores rojos	10,00	20,00
2	Pulsadores verdes	10,00	20,00
2	Acondicionadores Bandas	124,00	248,00
2	Mesas con soporte	700,00	1.400,00
	Implementación proyecto		3.000,00
		TOTAL	7.083,07

Tabla 6.2. Inversión del proceso Automático

Cantidad	Detalle	C. Unitario	Costo Total
2	Sensores fin de carrera MJ 7101	31,54	63,08
2	Sensores capacitivos	189,74	379,48
2	Motores DEIMOS veloz	462,03	924,07
2	Cremallera Zinc 30x12x1mm	17,16	34,32

1	Riel "Directo" 3m	37,11	37,11
4	Cilindros Neumáticos 10 cm	116,00	463,99
2	Válvulas direccionales	52,47	104,94
18	Conectores neumáticos	0,84	15,12
8	Metros de manguera neumática	0,84	6,72
1	Pack Zelio SR3PACK2BD	231,00	231,00
1	Módulo de comunicación SR3MBU01BD	81,39	81,39
1	Módulo I/O SR3MBU01BD	42,35	42,35
1	Fuente 24 VDC ABL7RM2401	74,17	74,17
6	Relé 240 VAC RXN41G11P7	6,19	37,14
1	Software	750,00	750,00
20	Cable 10 AWC	1,00	20,00
2	Pulsadores rojos	10,00	20,00
2	Pulsadores verdes	10,00	20,00
2	Acondicionadores Bandas	124,00	248,00
2	Mesas con soporte	700,00	1.400,00
	Implementación proyecto		3.000,00
		TOTAL	7.941,88

Una vez que se tiene los montos de la inversión, se procede con el análisis de rentabilidad del proyecto o análisis costo-beneficio.

6.3 RENTABILIDAD DEL PROYECTO²

El primer paso es estipular un plazo máximo u horizonte económico de la inversión; ya que nuestro país posee una incertidumbre económica bastante grande, el tiempo que se estima es de 5 años.

$$n = 5$$

² Tomado de Curso de Ahorro de Energía en Sistemas de Suministro Eléctrico Industrial y Comercial, CIEEPI

El siguiente paso es seleccionar una forma de analizar la rentabilidad del proyecto, considerando los criterios de evaluación de proyectos de inversión, como por ejemplo: flujos de caja, beneficios, tasa, tiempo de demora en la recuperación de la inversión, etc.

No es posible tomar en cuenta los flujos de caja porque no es la forma óptima, ya que al analizar la fabricación del producto más vendido en 1 año como se muestra en el Anexo 5 no tienen una tendencia fija de pedidos. Además el interés de la empresa a corto plazo es reducir costos de producción por mano de obra y no tanto incrementar el volumen de producción.

Por lo tanto los criterios a analizar son:

- ✧ VAN (Valor Actual Neto) o VPN (Valor presente Neto)
- ✧ TIR (Tasa Interna de Rentabilidad)
- ✧ PRI (Período de recuperación de la Inversión)

6.3.1 VAN (Valor Actual Neto)

Es la suma de los flujos netos de caja actualizados o los beneficios, incluyendo la inversión inicial. El proyecto de inversión, según este criterio, se acepta cuando el valor presente neto es positivo, dado que agrega capital a la empresa, por lo tanto el proyecto es rentable. Si es igual a cero significa que la rentabilidad del proyecto es la misma que la de colocar los fondos al interés del mercado.

El Valor Actual Neto se determina como:

$$VAN = -K_0 + \sum_{i=1}^n \frac{Beneficio_i}{(1+D)^i}$$

Donde:

n = Período de evaluación del proyecto

K₀ = Inversión o capital inicial

Beneficio = [(Ahorro – Depreciación) x (1-TAX)+Depreciación]

D = Tasa de descuento real utilizada.

Para calcular el **Ahorro** se lo hace en función de lo que economiza la empresa en mano de obra; con el proceso sin automatizar se requerían 2 operarios por llenadora, ahora se necesita solo 1, por lo que se ahorra 1 sueldo mínimo (considerando que funciona 1 llenadora a la vez). También por temporada alta 5 meses al año se contrata de 8 a 10 operarios extra, con el proceso automatizado haciendo un supuesto mínimo de lo que se ahorraría en operarios, se estima como 3 operarios, por lo tanto:

Ahorro = Sueldo 1 operario en 12 meses + Sueldo 3 operarios en 5 meses

Ahorro = (1 x \$ 137,70 x 12) + (3 x \$ 137,70 x 5)

Ahorro = \$ 3.717,90

La **Depreciación** se calcula de la siguiente manera:

$$Depreciación = \frac{Inversión}{n}$$

Por lo tanto:

$$\text{Depreciación} = \frac{7.778,78}{5}$$

$$\text{Depreciación} = \$ 1.555,76$$

El **TAX** es el impuesto a la renta que pagan las empresas.

$$\text{TAX} = 25\%$$

Consecuentemente el beneficio anual del proyecto es:

$$\text{Beneficio} = [(\text{Ahorro} - \text{Depreciación}) \times (1 - \text{TAX}) + \text{Depreciación}]$$

$$\text{Beneficio} = [(\$ 3.717,90 - \$ 1.555,76) \times (1 - 25\%) + \$ 1.555,76]$$

$$\text{Beneficio} = \$ 3.177,36$$

La **tasa de descuento real utilizada**, es la tasa de rentabilidad esperada por el inversionista y en algunos proyectos industriales del estado que han sido analizados está tipificada.

$$\text{D} = 15\%$$

Ahora se puede calcular el Valor Actual neto:

$$\text{VAN} = -K_0 + \sum_{i=1}^n \frac{\text{Beneficio}_i}{(1 + D)^i}$$

$$\text{VAN} = -\$7.778,78 + \sum_{i=1}^5 \frac{\$3.177,36_i}{(1 + 15\%)^i}$$

$$\text{VAN} = \$ 2.872,24$$

Por lo tanto el proyecto es rentable a pesar de que se toma como datos las condiciones mínimas de ahorro y la inversión más alta, aportando \$ 2.872,24 al capital de la empresa.

6.3.2 TIR (Tasa Interna de Retorno)

Es la tasa que hace que el valor presente neto sea igual a cero, o la tasa que iguala la inversión inicial con la suma de los flujos netos actualizados o beneficios.

Según la TIR, el proyecto es rentable cuando ésta es mayor que la tasa de costo de capital, dado que la empresa ganará más ejecutando el proyecto porque además de solventarlo suministra al empresario una utilidad, por lo tanto el proyecto es rentable. Analíticamente la TIR se determina como:

$$0 = -K_0 + \sum_{i=1}^n \frac{\text{Beneficios}_i}{(1 + \text{TIR})^i}$$

Como se observa, esta ecuación no se puede resolver directamente sino requiere de un análisis interactivo, por lo que es de mayor facilidad ingresar los datos en Excel utilizando las fórmulas financieras, por lo que se ingresan los datos como a continuación se indica:

TIR (- Inversión; Beneficios 1^{er} año; Beneficios 2^{do} año; Beneficios 3^{er} año; Beneficios 4^{to} año; Beneficios 5^{to} año; Tasa de descuento)

TIR (-\$7.778,78; \$3.177,36; \$3.177,36; \$3.177,36; \$3.177,36; \$3.177,36; 15%)

$$\text{TIR} = 30\%$$

Con este resultado el proyecto es rentable ya que la TIR es mayor que la tasa de costo de capital. De la misma manera queda comprobado que la TIR es la tasa que hace que el valor presente neto sea igual a cero. Es decir, si la tasa de descuento utilizada es igual a 30%, el VAN = 0.

6.3.3 PRI (Período de Recuperación de la Inversión)

Es el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial. Según este criterio, el proyecto es conveniente cuando el período de recuperación es menor que el horizonte económico de la inversión, dado que se recupera la inversión inicial antes de finalizado el plazo total. Se calcula mediante la siguiente expresión.

$$0 = -K_0 + \sum_{i=1}^{PRI} \frac{Beneficios_i}{(1+D)^i}$$

Esta ecuación no puede resolverse directamente por lo que se ingresa los valores necesarios en Excel y se obtiene el siguiente resultado.

NPER (Tasa de descuento/12; - Beneficios; - VAN; Inversión)

NPER (15%/12; \$ -3.177,36; \$ -2.872,24; \$ 7.778,78)

PRI = 1,5 años

El tiempo estimado inicialmente para la recuperación de la inversión fue de 5 años, si el PRI es 1,5 años, la inversión del proyecto se recupera en menor tiempo por lo que es rentable.

Después de analizar los factores financieros que determinan la factibilidad de un proyecto, de forma definitiva se concluye que éste es 100 % rentable ya que presenta índices como: TIR, VAN y PRI positivos para la inversión.

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- ✓ Se consiguió desarrollar un diseño para controlar la línea de envasado después de analizar las condiciones y requerimientos actuales del proceso, automatizando tanto Hardware como Software e incorporando al proceso las 2 bandas transportadoras y haciendo más versátil el proceso.
- ✓ Dado que en la actualidad existen muchos recursos para optimizar las técnicas en la automatización de un proceso, la instrumentación requerida se la seleccionó después de un estudio previo de las posibilidades acordes con el sistema, estudiando sus configuraciones, características y costos.
- ✓ Para el desarrollo del sistema de control se optó por concentrar la programación en el software de la HMI, debido a que existen 11 productos con iguales secuencias de envasado tipo receta y con posibilidades de pre-programar las cantidades y tamaños de los frascos para cada producto a envasarse. Si la programación se la asignaba al PLC, se necesitaba una programación repetitiva para cada producto, por lo que el sistema incrementaría el costo sin optimizar los recursos.
- ✓ Una vez automatizada la línea, los obreros tendrán menor contacto con el producto por lo que la calidad se ve incrementada.

- ✓ La automatización del proceso elimina tiempos muertos dentro del proceso, al evitar que los operarios determinen la activación de la llenadora, ya que ahora los valores están predeterminados de acuerdo a las características del producto.
- ✓ La Interfaz Humano Máquina es sencilla y clara, representando en forma gráfica los estados del proceso con la intención de que tanto obreros como ingenieros puedan operarla sin complicaciones.
- ✓ El diseño es de fácil implementación a futuro cumpliendo con los objetivos planteados para la optimización del proceso.
- ✓ Una vez establecidos los planos y diagramas de control e instrumentación; se ofrece la seguridad de que las conexiones serán llevadas a cabo con exactitud.

7.2 RECOMENDACIONES

- ✓ El proyecto se puede aplicar a cualquier proceso repetitivo en varias industrias como: alimenticia, farmacéutica, automotriz, etc.
- ✓ La amplia variedad de recursos para automatización hace que se tome en cuenta varias posibilidades para la implementación de proyectos, por lo que es recomendable analizar técnica y económicamente los recursos.
- ✓ Analizar el entorno socio-económico en el que se intenta implantar el proyecto; tomando en cuenta de forma definitiva el análisis de factibilidad el cual indicará si el proyecto es viable desde el punto de vista financiero.
- ✓ Este tipo de automatización no solo debe analizarse como incentivo al desempleo, sino como mejoras a las condiciones de trabajo para los obreros.

BIBLIOGRAFÍA

☞ CHASE, Richard, *Administración de Producción y Operaciones, Manufactura y Servicios*, 8ª, 2000, Mc Graw-Hill interamericana S.A., Santa Fe de Bogotá 2000, 81 - 234.

☞ ROSS, Stephen, *Fundamentos de finanzas corporativas*, 5ª, 2000, Mc Graw-Hill interamericana S.A., Santa Fe de Bogotá 2000, 135 - 138, 276 - 279, 281 - 291.

☞ COMPANYS, Ramón, *Planificación y Rentabilidad de Proyectos Industriales*, 17ª, 1999, Alfaomega S.A., Santa fé de Bogotá 1999, 31 - 51.

☞ Curso de Ahorro de Energía en Sistemas de Suministro Eléctrico Industrial y Comercial, CIEEPI, 2004.

☞ NATIONAL INSTRUMENTS, *Lookout Basics Course Manual*, Abril 2001, 153 - 213.

☞ SCHNEIDER ELECTRIC, *Smart Relays Zelio Logic*, Noviembre 2003, 3 - 20.

☞ www.anierac.com, Proceso de Envasado

☞ www.bandas.com.mx, Bandas Transportadoras

☞ www.devecchi.com.mx, Llenadoras de semisólidos

☞ www.ab.com, Sensores Capacitivos de proximidad y fin de carrera

☞ www.ermec.com, Auxiliares de Mando

☞ www.olmo.pntic.mec.es, Cilindros neumáticos

☞ www.reea.com, Cilindros de simple efecto

☞ www.melcsa.com, Servomotores y centrales de mando

☞ www.autric.com, Servomotores

☞ www.schneider-electric.com.co, Smart Relé Zelio Logic

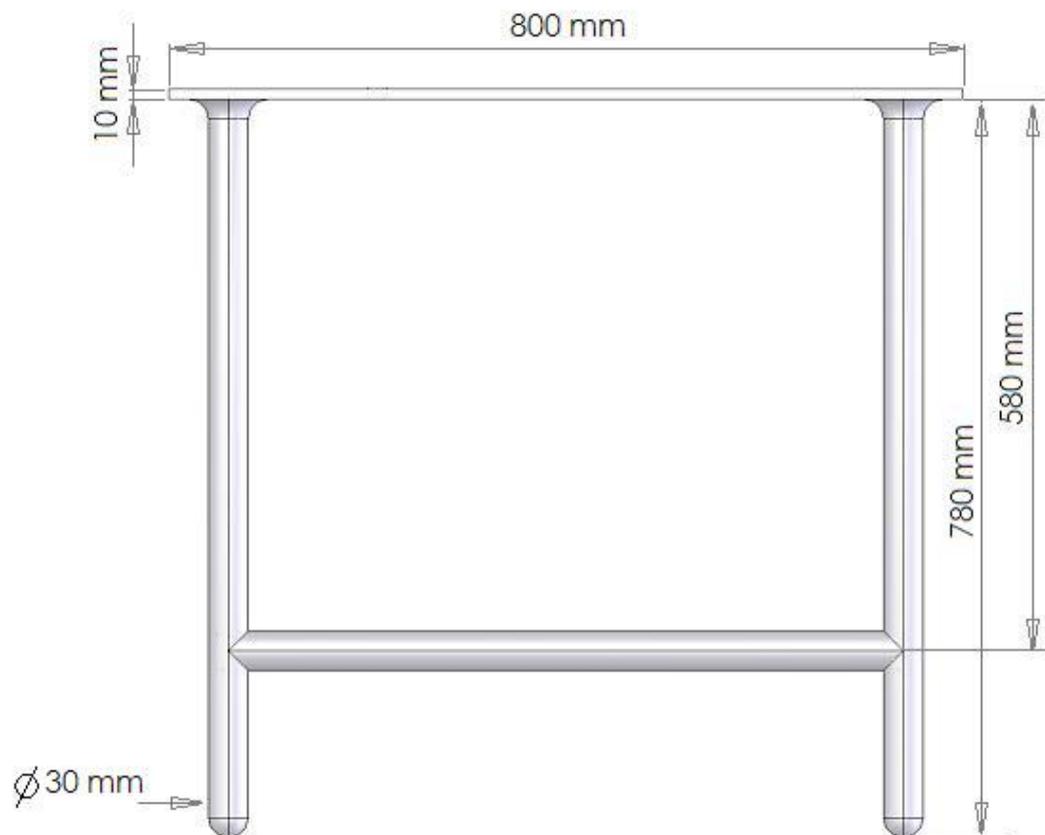
ANEXOS

ANEXO 1

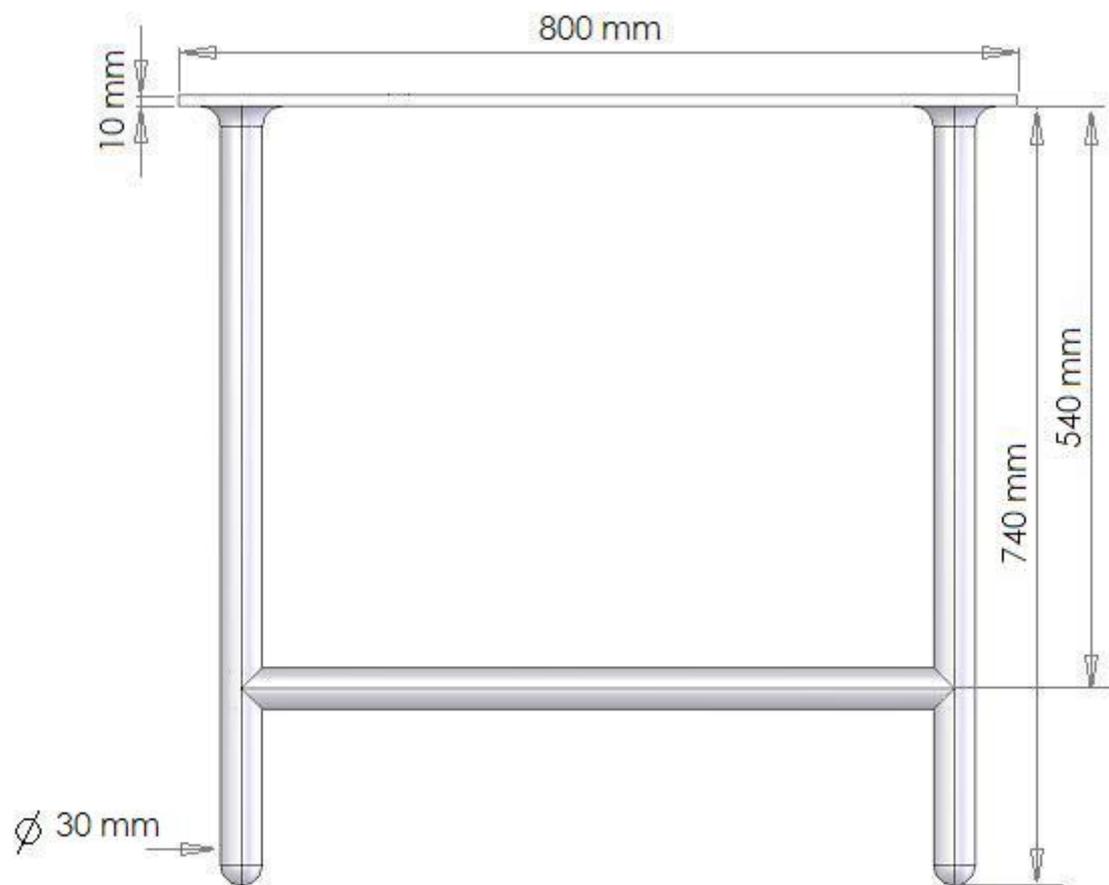
PLANOS DE DISEÑO DEL SISTEMA

PLANOS DE LAS MESAS PARA LOS ELEVADORES MANUAL Y AUTOMÁTICO

VISTA FRONTAL DE LA MESA BASE PARA EL ELEVADOR DE LA LLENADORA 1

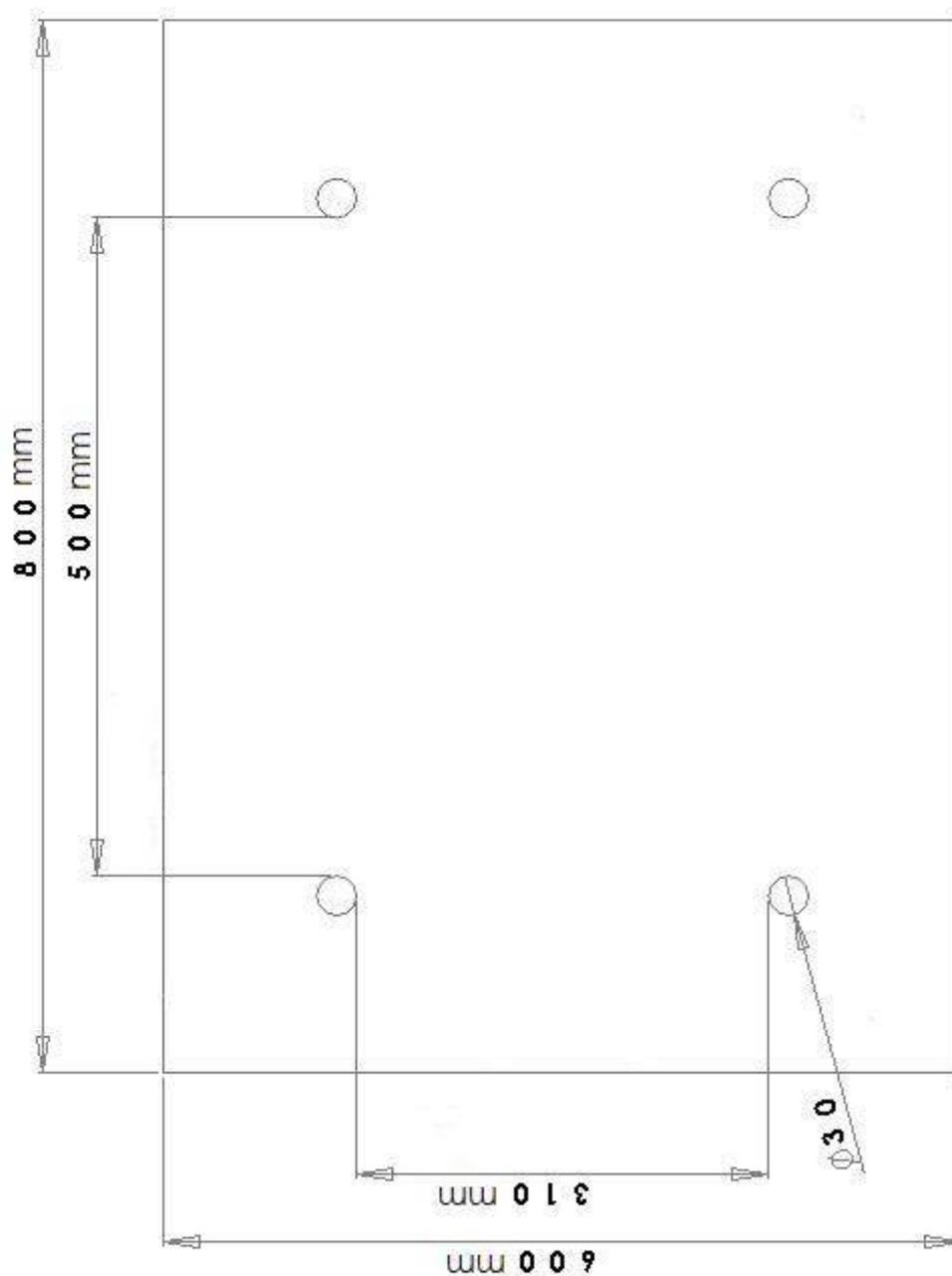


**VISTA FRONTAL DE LA MESA BASE PARA EL ELEVADOR DE LA
LLENADORA 2**

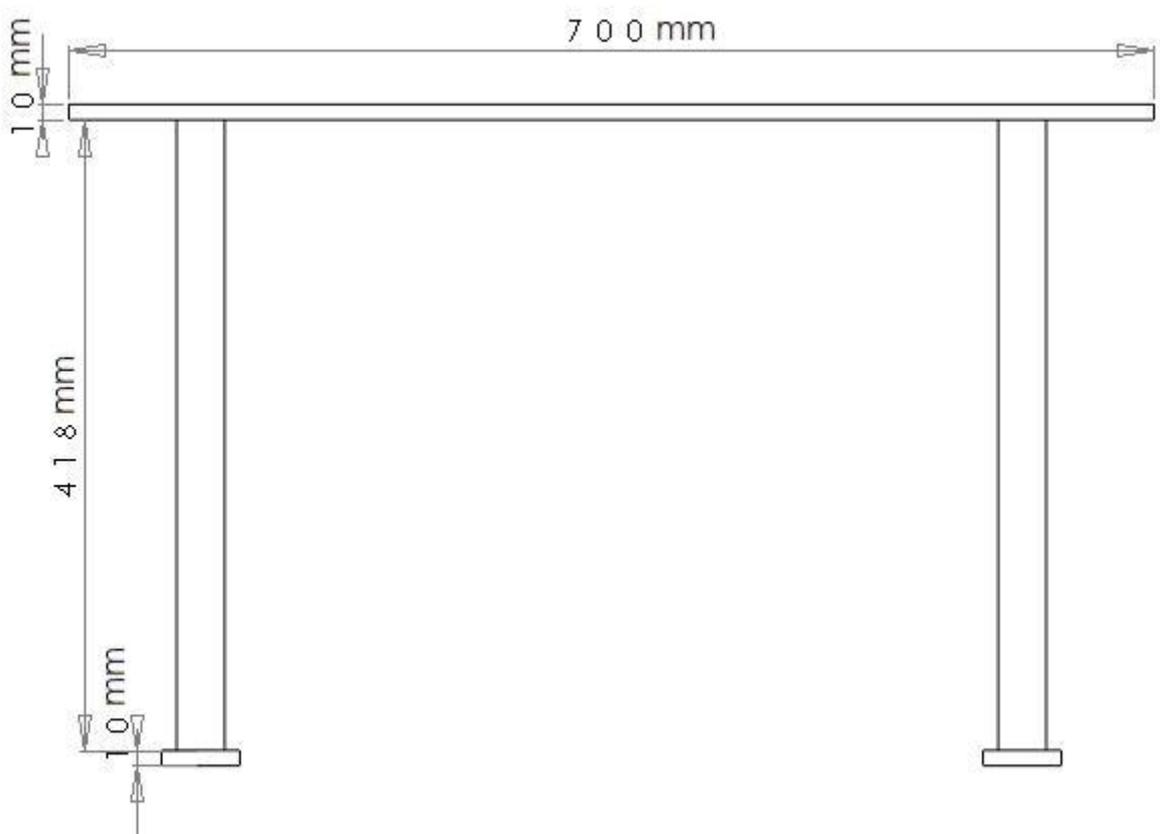


PLANO DE LA MESA PARA EL ELEVADOR MANUAL

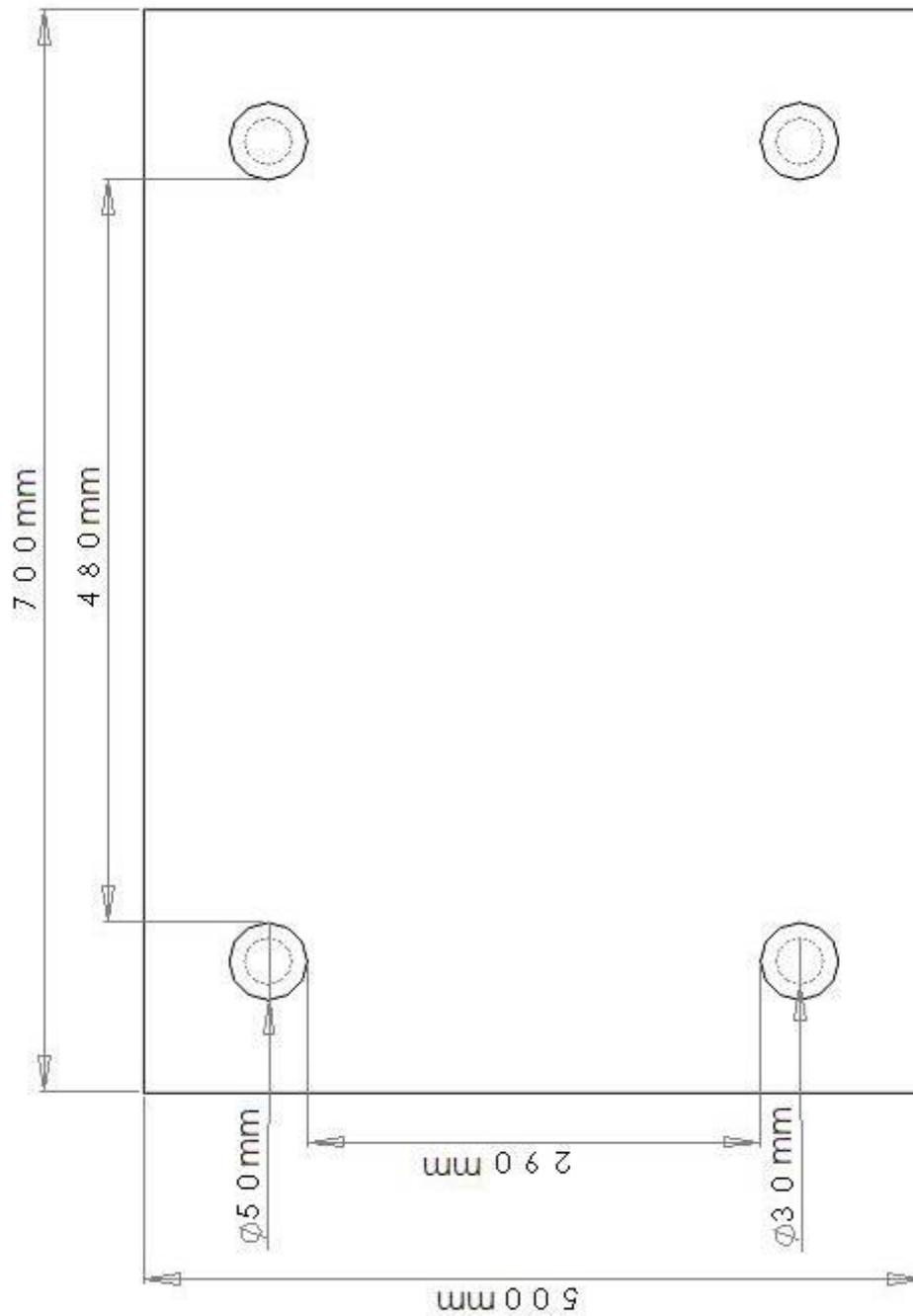
VISTA SUPERIOR DE LA MESA BASE PARA EL ELEVADOR DE LAS LLENADORAS 1 Y 2



**VISTA FRONTAL DE LA MESA SOPORTE DE LAS LLENADORAS
1 Y 2**



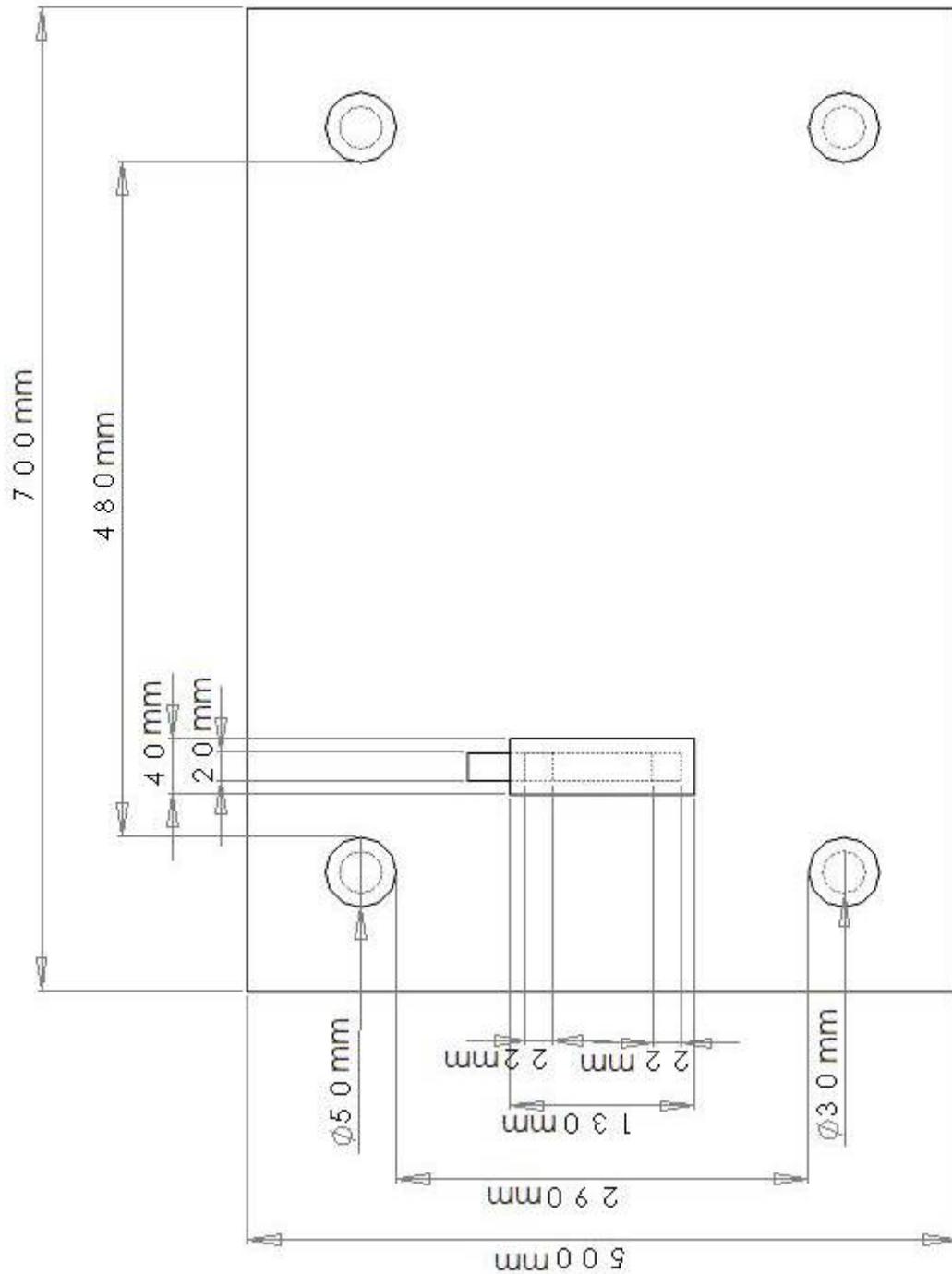
**VISTA INFERIOR DE LA MESA SOPORTE DE LAS LLENADORAS
1 Y 2**



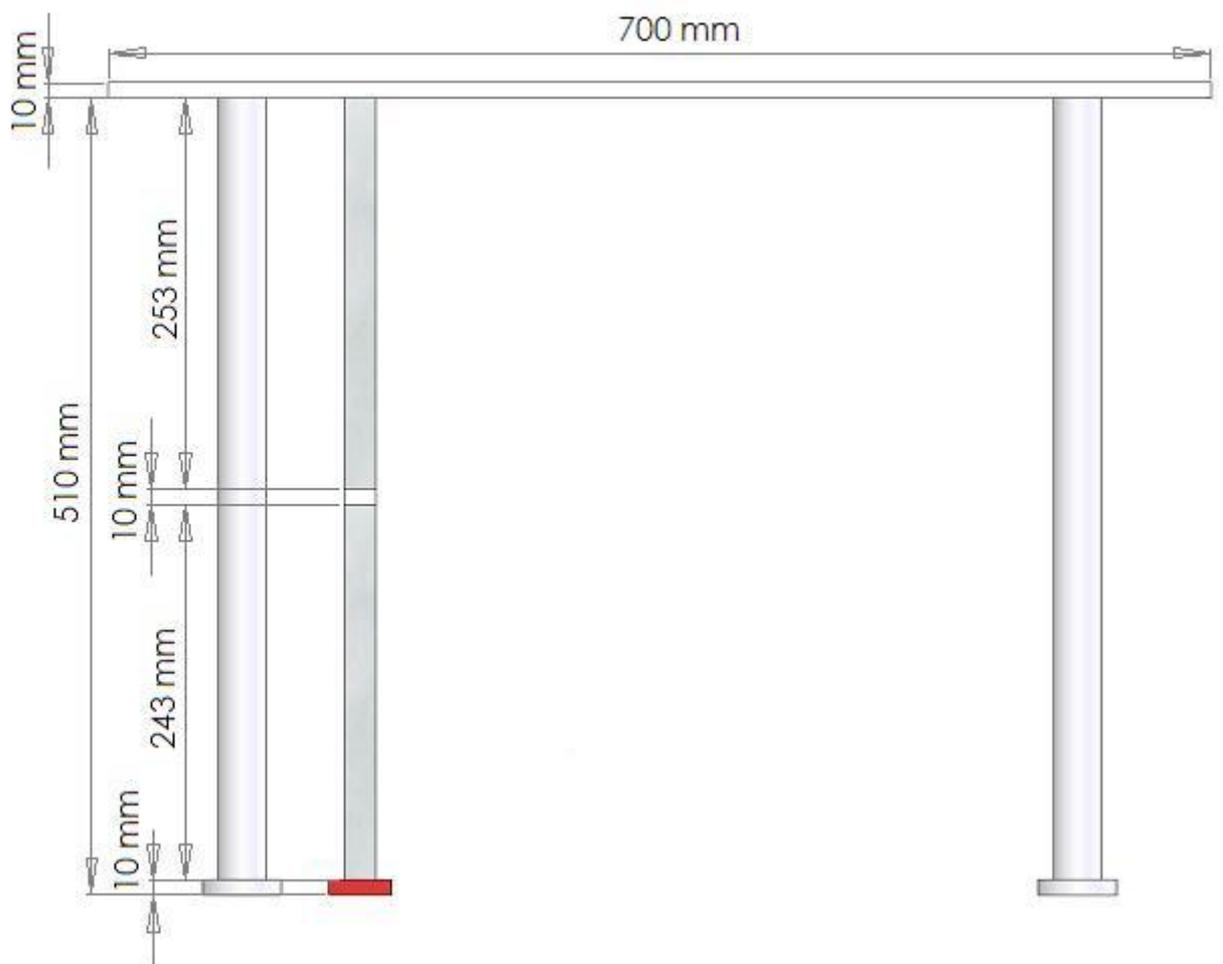
PLANO DE LA MESA PARA EL ELEVADOR AUTOMÁTICO

VISTA INFERIOR DE LA MESA SOPORTE DE LAS LLENADORAS

1 Y 2

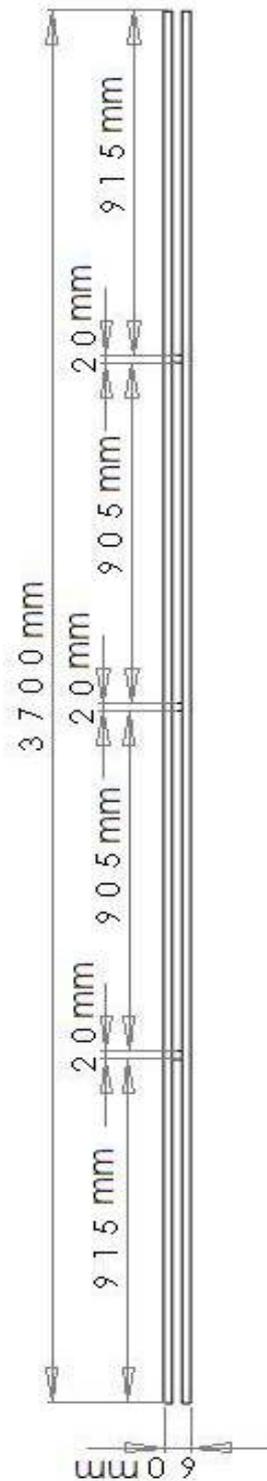


VISTA FRONTAL DE LA MESA SOPORTE DE LAS LLENADORAS
1 Y 2

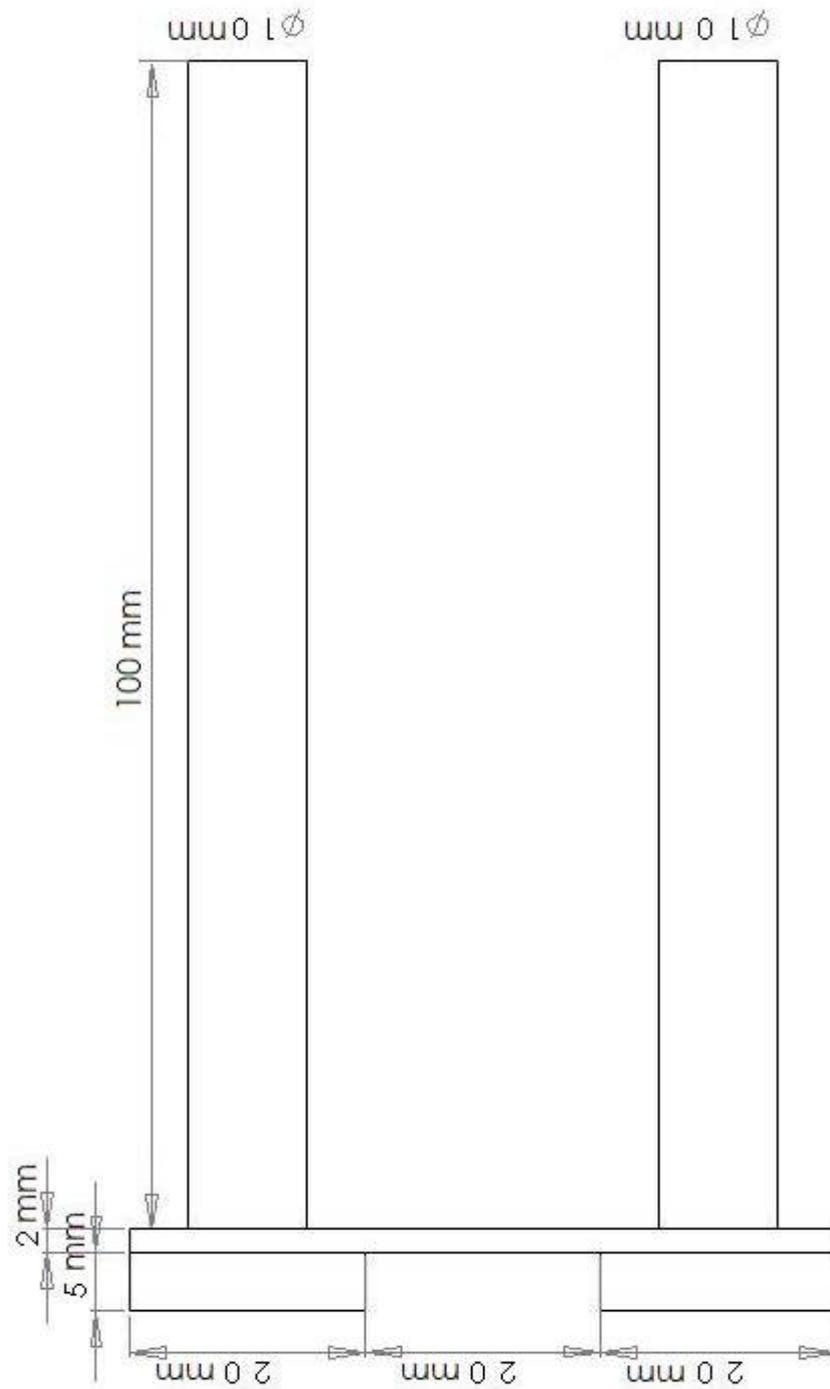


PLANO DE LAS BARRAS LATERALES PARA LAS BANDAS

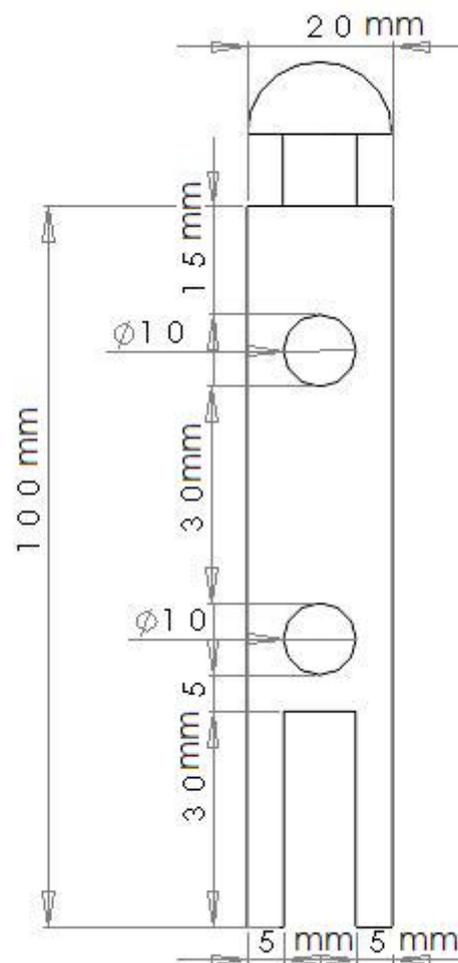
VISTA FRONTAL DE LAS BARRAS LATERALES



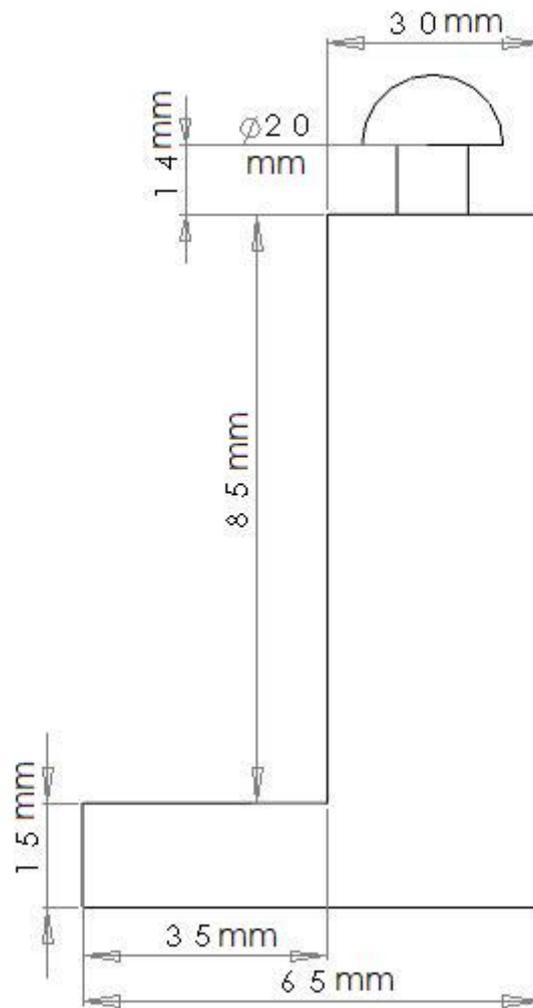
VISTA LATERAL IZQUIERDA DE LAS BARRAS LATERALES



VISTA FRONTAL DEL SOPORTE PARA LAS BARRAS LATERALES



**VISTA LATERAL IZQUIERDA DEL SOPORTE PARA LAS BARRAS
LATERALES**



ANEXO 2

PLANOS DE INTERCONEXIONES

DIAGRAMA DE INTERCONEXIÓN

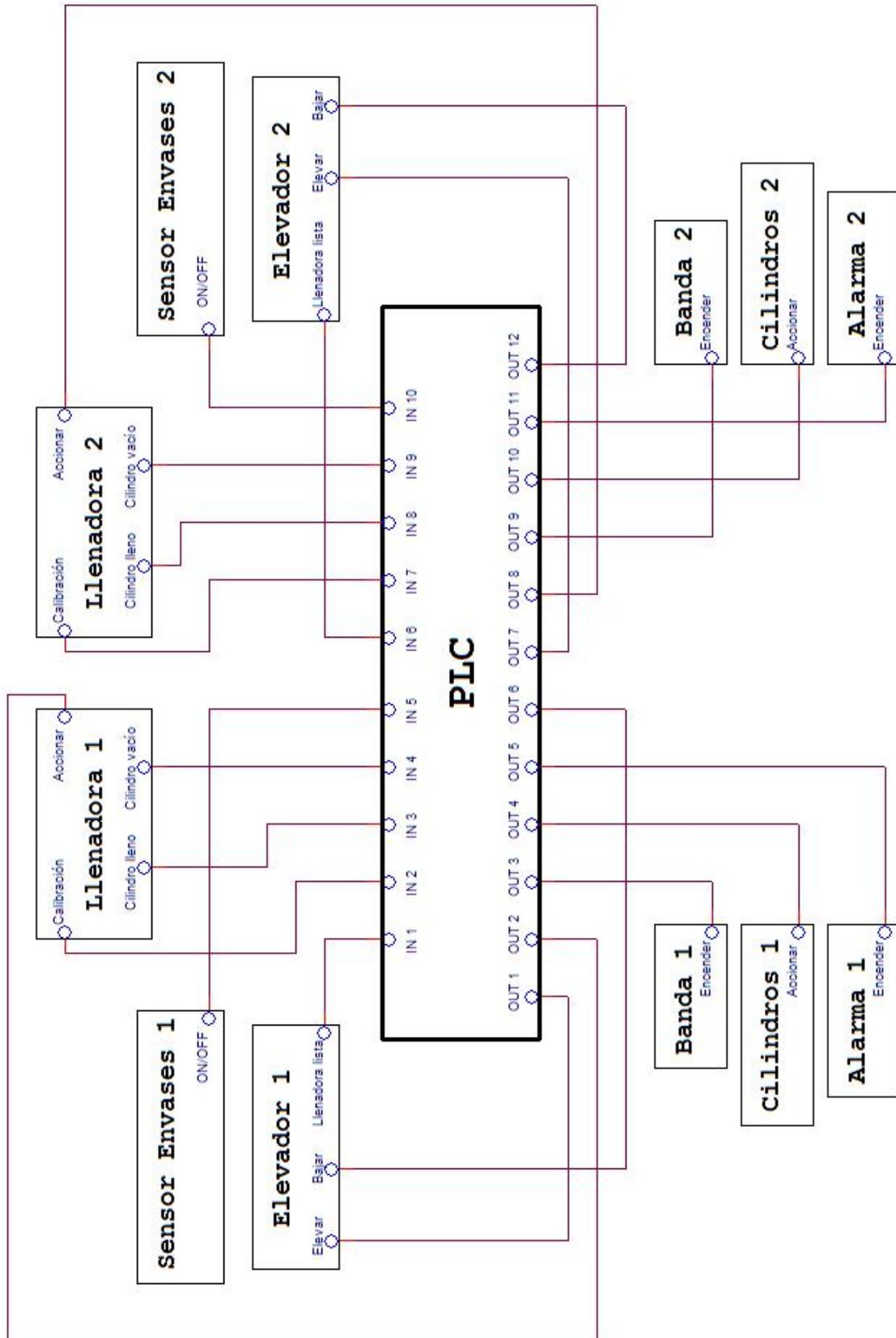


DIAGRAMA DE CONEXIONES DEL PLC

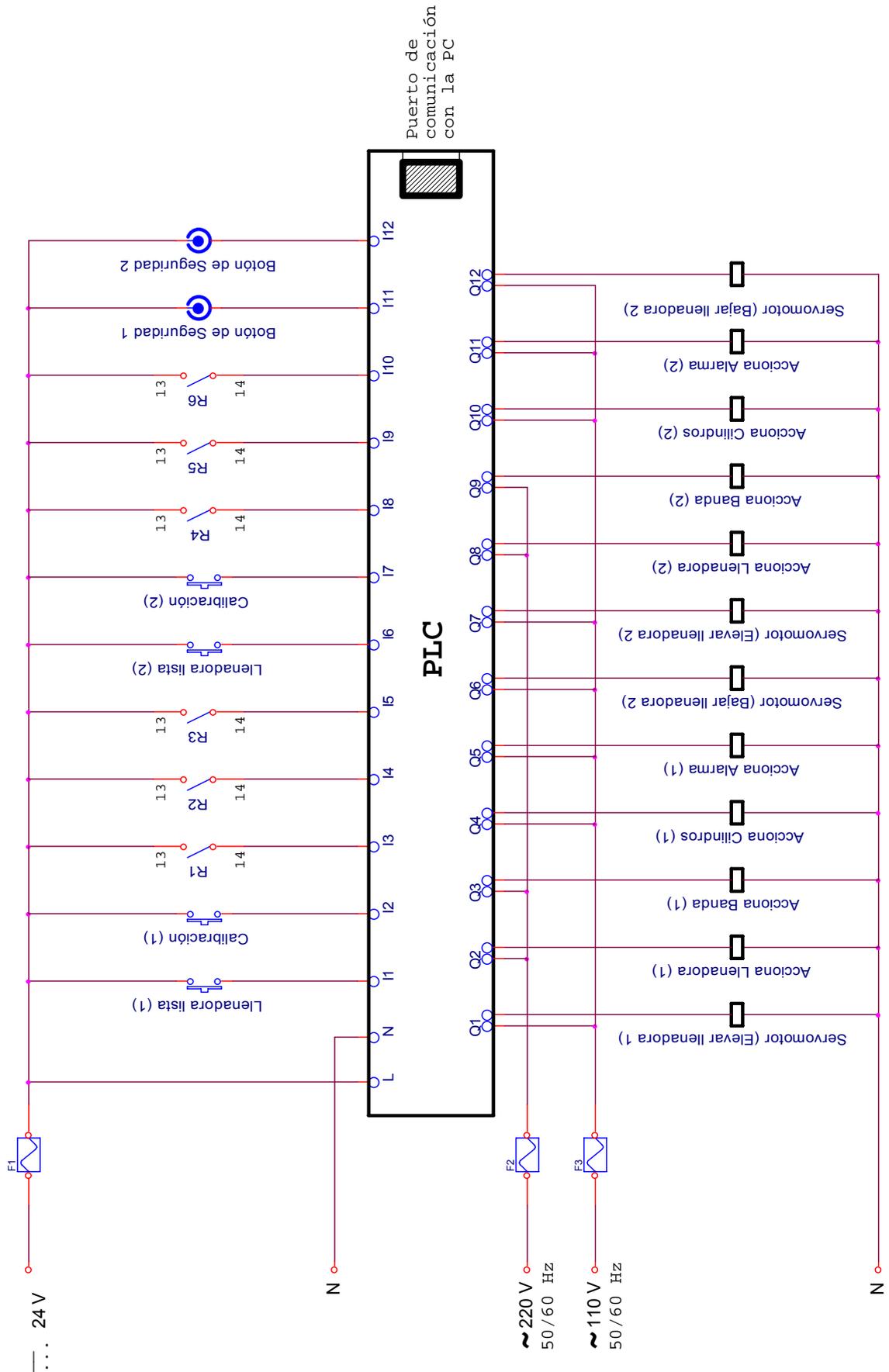
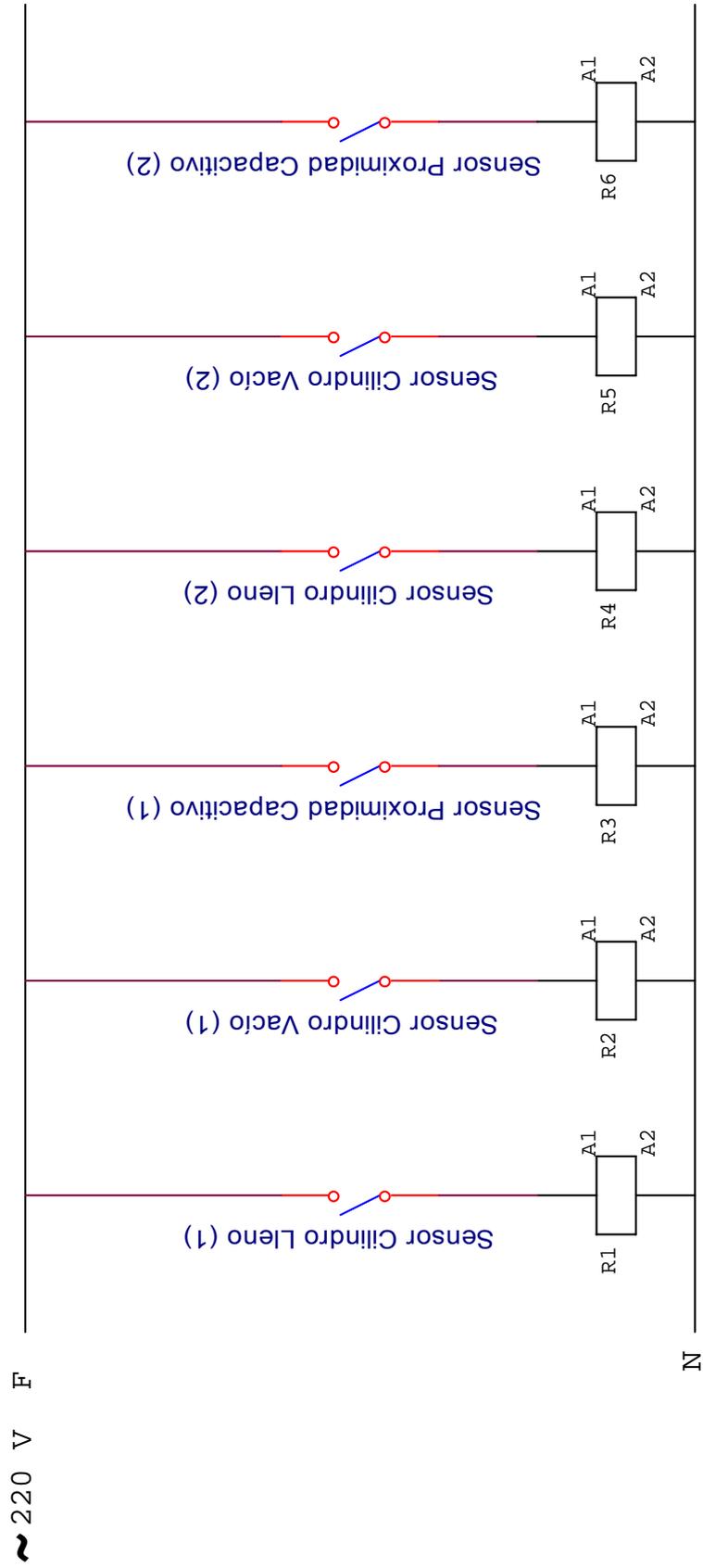


DIAGRAMA DE CONTROL



ANEXO 3
PROGRAMACIÓN DEL ZELIO LOGIC

Formación autodidacta en Zelio logic

1 Productos

Le damos la enhorabuena por haber escogido uno de los siguientes productos Zelio 2:



2 Entorno

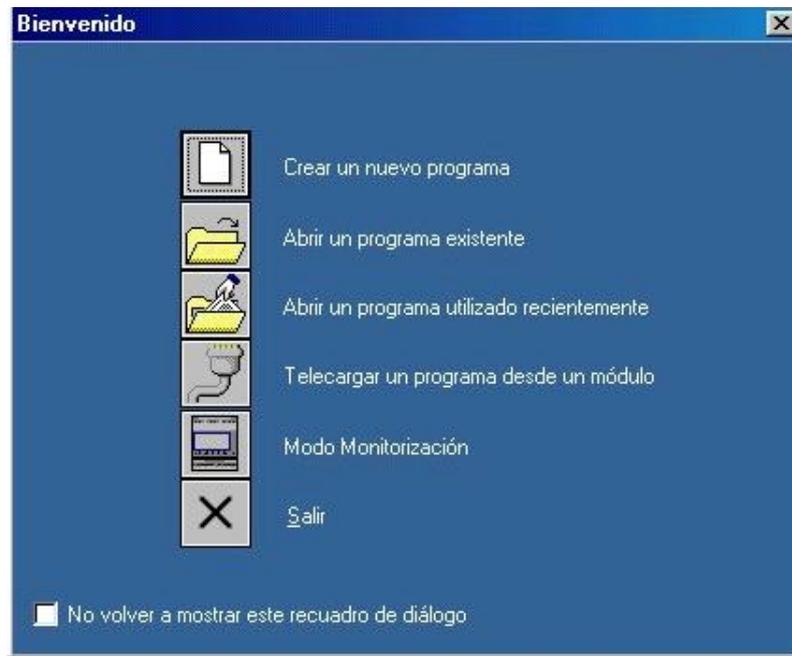
Zelio Logic se puede programar con el software **Zelio Soft** o mediante la **introducción directa** (lenguaje de contactos). Zelio Soft le permite programar la aplicación en **lenguaje BDF** o en **lenguaje de contactos** (Ladder). Para programar mediante el software, es necesario que se haya establecido una conexión con el PC.

Dicha conexión se debe realizar en el puerto serie del PC por medio de un cable **SR2CBL01**.

3 Realización de una aplicación elemental con Zelio Soft

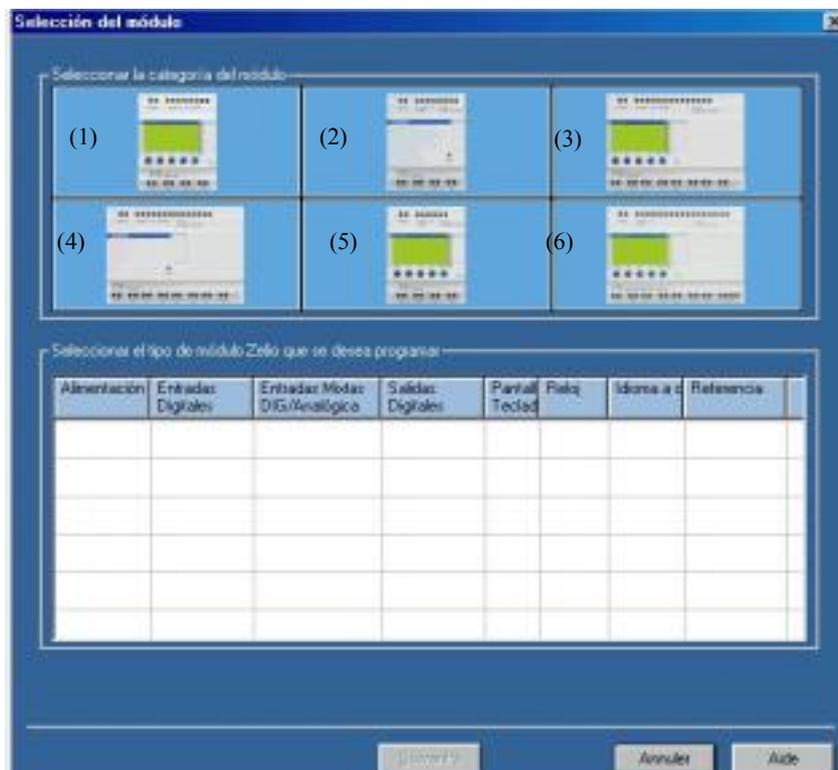
3.1 INICIO DE LA APLICACIÓN

Durante el arranque del software Zelio Soft, se abrirá la siguiente ventana de presentación:



Haga clic en **Crear un nuevo programa** para arrancar o seleccione **Nuevo** en el menú **Archivo** si ya ha arrancado el software.

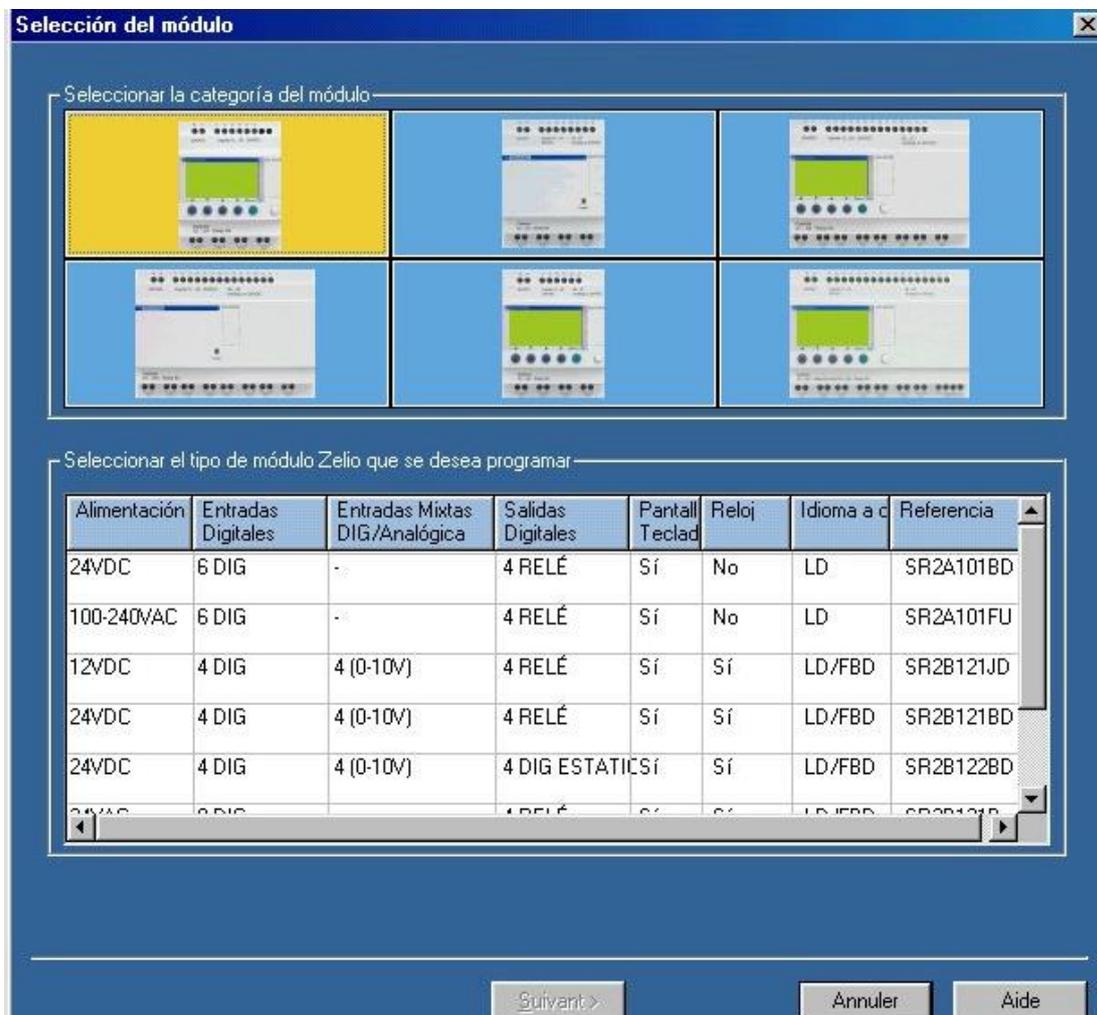
La ventana de selección del módulo lógico aparecerá del siguiente modo:



En el siguiente ejemplo nos referimos al módulo **SR2 B121 BD**:

Haga clic en la categoría **(1)** 10/12 ENTRADAS/SALIDAS SIN EXTENSIÓN.

La categoría seleccionada aparece sobre fondo amarillo y la lista de los módulos correspondientes a esta categoría se muestra más abajo:

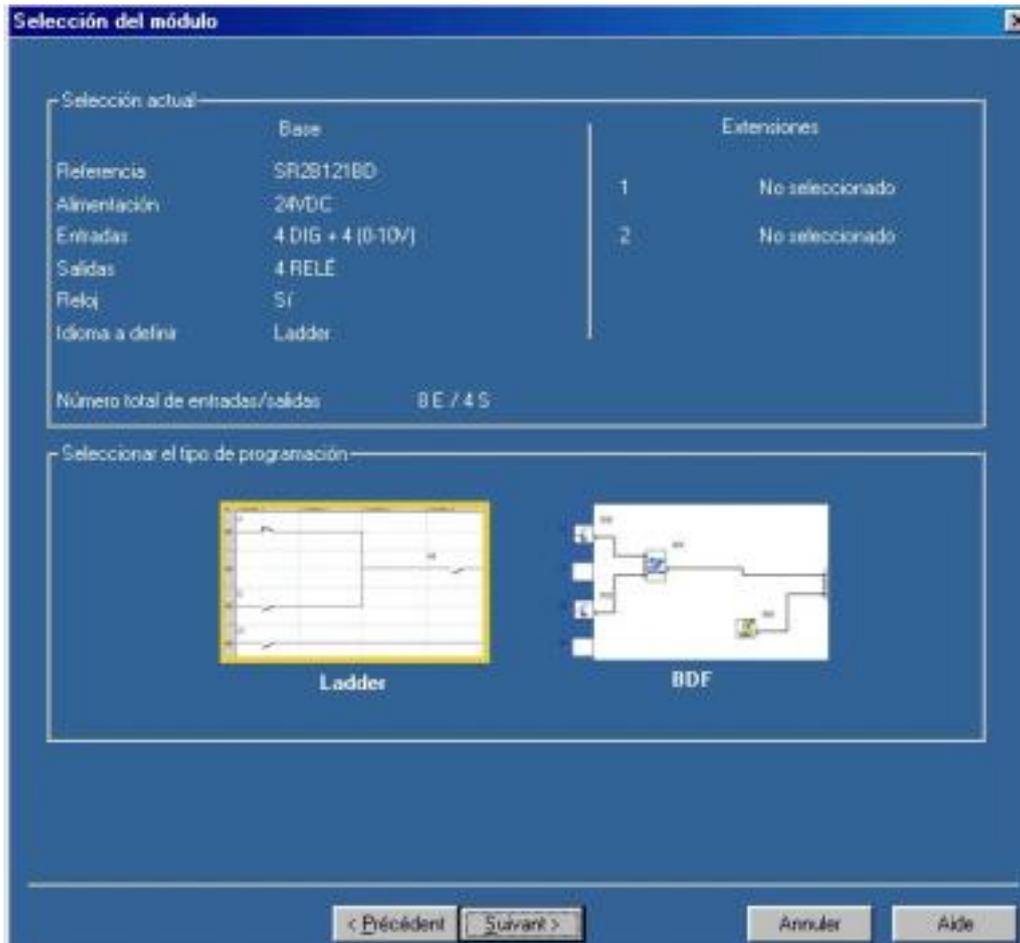


Seleccione el módulo **SR2 B121 BD** mediante un clic en la fila correspondiente:



A continuación, haga clic en **Siguiente**.

Aparecerá la pantalla de selección del tipo de programación:



El lenguaje de contactos (Ladder) está seleccionado de forma predeterminada (enmarcado en amarillo). Haga clic en **Siguiente** para programar en lenguaje Ladder. Haga clic en el icono BDF y, a continuación, en **Siguiente** para programar en BDF. Consulte las secciones 3.2 (lenguaje de contactos) o 3.3 (BDF) para introducir un ejemplo.

3.2 EJEMPLO CON LENGUAJE DE CONTACTOS (LADDER)

3.2.1 Edición del programa

Utilizaremos el siguiente ejemplo:

I1 ——— Q1

La entrada **I1** está conectada a la salida **Q1**, que estará activa en el estado (bobina conector).

Reproduzca este ejemplo en la hoja de cableado del siguiente modo:

- Sitúe el puntero del ratón en el icono **Entradas DIG**  de la esquina inferior izquierda:

No		Comentario
01	I1	
02	I2	
03	I3	
04	I4	
05	IB	
06	IC	
07	ID	
08	IE	



Aparecerá una tabla con los distintos contactos posibles (I1 à IE).

- Seleccione el contacto **I1** en la tabla manteniendo pulsado el botón del ratón y desplace el contacto hasta la primera casilla de la esquina superior izquierda de la hoja de cableado. Suelte el botón: el contacto **I1** se ha colocado.



- Sitúe, a continuación, el puntero del ratón en el icono **Salidas DIG**  situado en la parte inferior:
Aparecerá una tabla con los distintos contactos o bobinas posibles.

- Seleccione la bobina **Q1** en la primera fila de la tabla manteniendo pulsado el botón del ratón y desplácela hasta la bobina de la casilla de la primera fila de la hoja de cableado. Suelte el botón: la bobina **Q1** se ha colocado.



- Lleve a cabo el cableado del contacto con la bobina haciendo clic en los punteados correspondientes:



3.2.2 Simulación del programa

Simule el programa introducido mediante un clic en el icono de simulación en la esquina superior derecha:



El programa introducido se compila y aparece la pantalla de simulación. Haga clic, a continuación, en el icono **RUN** para simular la ejecución del módulo:



Los contactos o bobinas aparecen en azul si están inactivos (0) y en rojo si están activos (1).

El forzado de todas las entradas se realiza haciendo clic con el botón izquierdo del ratón. Haga clic en el contacto **I1** para activarlo; la bobina **Q1** se activará. Si vuelve a hacer clic en **I1** para desactivarlo, **Q1** también se desactivará.



3.2.3 Transferencia del programa

Una vez que haya conectado el módulo a la alimentación y al ordenador, ya puede transferir el programa:

- Vuelva al **modo Edición** mediante un clic en el icono correspondiente:



- En el menú **Transferencia**, seleccione **Transferir programa** y haga clic en **PC>MÓDULO**.

Nota 1: Es imposible escribir en el módulo cuando se encuentra en funcionamiento.

*Puede detenerlo haciendo clic en **STOP Módulo** en el menú **Transferencia**.*

*Nota 2: Si el módulo conectado al ordenador no se corresponde con el módulo seleccionado al arrancar la aplicación, puede seleccionar otro modelo mediante un clic en **Selección del módulo/programación** en el menú **Módulo**.*

Nota 3: Si ha cargado anteriormente un programa en BDF en el módulo (o cuando lo utiliza por primera vez), el software deberá actualizar el firmware del módulo. Durante la transferencia, se le propondrá llevar a cabo dicha actualización.

Una vez confirmada, el programa se transferirá al módulo.

Desde este momento podrá ejecutar el programa del módulo para comprobarlo (desde el software: haga clic en **RUN Módulo** en el menú **Transferencia**).

Al igual que en la simulación, **Q1** estará activa o inactiva mientras la entrada **I1** de Zelio Logic también lo esté.

3.2.4 Modo Monitorización

Cuando el módulo está conectado al PC, es posible controlarlo en tiempo real mediante el software.

Nota: El modo de monitorización sólo es posible cuando el programa del módulo es idéntico al del software.

Para pasar al modo Monitorización, haga clic en el icono correspondiente:



Ejecute el módulo mediante un clic en **RUN**. Del mismo modo que en la simulación, puede activar los contactos haciendo clic arriba (en el botón izquierdo del ratón para forzar el estado de una entrada), activándolos así en el módulo en tiempo real.

Por ejemplo, si hace clic en **I1**, la bobina **Q1** se activará en la pantalla (color rojo) y en el módulo.

3.2.5 Navegación en el módulo

Puede explorar los distintos menús del módulo por medio de los botones  y . La función seleccionada comienza a parpadear. Para entrar en la función, pulse **Menú/Aceptar**. Para volver a subir al menú anterior, pulse . Al pulsar la tecla **Mayús**

(tecla blanca), aparecen funciones suplementarias, sobre todo durante la programación en el panel frontal.

Por ejemplo, busque el programa transferido en la pantalla del módulo mientras que se encuentre detenido (STOP Módulo): desde el menú principal, sitúese en **PROGRAMACIÓN** por medio de las teclas  y  (la palabra seleccionada parpadeará). Confirme mediante **Menú/Aceptar**. Podrá visualizar entonces el programa introducido. Para volver al menú principal, pulse dos veces **Menú/Aceptar**.

3.3 EJEMPLO CON BDF

3.3.1 Edición del programa

Si ha introducido previamente el ejemplo en lenguaje Ladder (3.2), seleccione **Nuevo** en el menú **Archivo** para arrancar la aplicación en BDF.

Utilizaremos el siguiente ejemplo:

I1———Q1

La entrada **I1** está conectada a la salida DIG (digital) **Q1** (Relé).

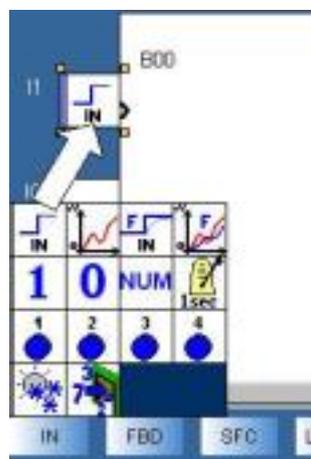
Reproduzca este ejemplo en la hoja de cableado del siguiente modo:

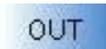
- Sitúe el puntero del ratón en el icono **IN**  de la esquina inferior izquierda:



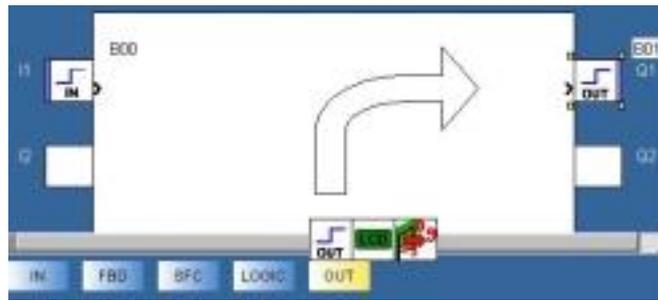
Aparecerá una tabla con los distintos tipos de entradas posibles.

- Seleccione el icono **entrada DIG** en la tabla manteniendo pulsado el botón del ratón y desplace el icono hasta la primera casilla de la esquina superior izquierda de la hoja de cableado:

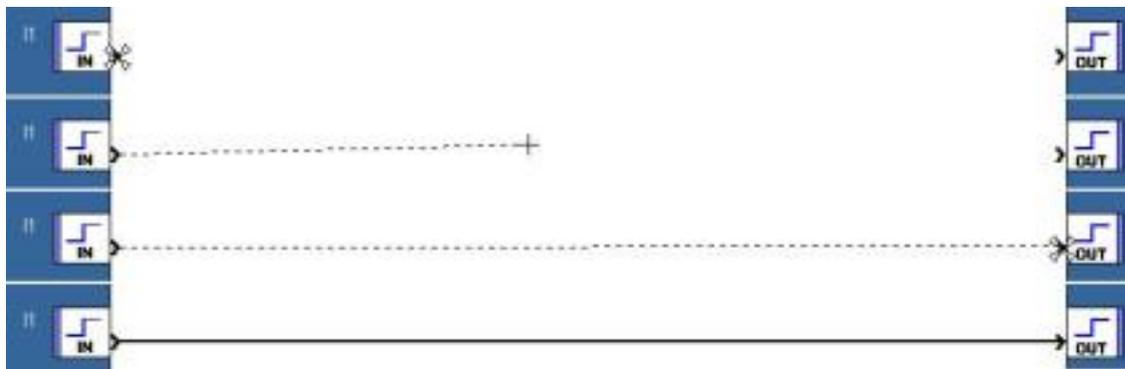


- Coloque, a continuación, el puntero del ratón en el icono **SAL**  situado en la parte inferior.
Aparecerá una tabla con los distintos tipos de salidas posibles.

- Seleccione el icono **salida DIG** en la tabla manteniendo pulsado el botón del ratón y desplace el icono hasta la casilla **Q1** de la esquina superior derecha de la hoja de cableado. Suelte el botón: la salida **Q1** se ha colocado.



- Lleve a cabo el cableado de **I1** con **Q1**: sitúese en la salida **>** de **I1**: el puntero tendrá forma de cruz. A continuación, haga clic y desplácese con el botón presionado hasta la entrada **>** de **Q1**; suelte el botón cuando vuelva a aparecer un puntero en forma de cruz:



3.3.2 Simulación del programa

Simule el programa introducido mediante un clic en el icono de simulación en la esquina superior derecha:



El programa introducido se compila y aparece la pantalla de simulación. Haga clic a continuación en el icono **RUN** para simular la ejecución del módulo:



Las entradas o salidas en **OFF (0)** aparecerán en azul y aquellas que estén en **ON (1)**, aparecerán en rojo.

El forzado de todas las entradas se realiza haciendo clic con el botón izquierdo del ratón. Haga clic en la entrada **I1**, la salida **Q1** estará en **ON**. Si vuelve a hacer clic en **I1**, **Q1** se pondrá en **OFF**.



3.3.3 Transferencia del programa

Una vez que haya conectado el módulo a la alimentación y al ordenador, ya puede transferir el programa:

- Vuelva al **modo Edición** haciendo clic en el icono correspondiente:



- En el menú **Transferencia**, seleccione **Transferir programa** y haga clic en **PC>MÓDULO**.

*Nota 1: Es imposible escribir en el módulo cuando se encuentra en funcionamiento. Puede detenerlo haciendo clic en **STOP Módulo** en el menú **Transferencia**.*

*Nota 2: Si el módulo conectado al ordenador no se corresponde con el módulo seleccionado al arrancar la aplicación, puede seleccionar otro modelo haciendo clic en **Selección del módulo/programación** en el menú **Módulo**.*

Nota 3: Si ha cargado un programa en lenguaje Ladder en el módulo anteriormente (o cuando lo utiliza por primera vez), el software deberá actualizar el firmware del módulo. Durante la transferencia, se le propondrá llevar a cabo dicha actualización.

Una vez confirmada, el programa se transferirá al módulo.

Desde este momento podrá ejecutar el programa del módulo para comprobarlo (desde el software: haga clic en **RUN Módulo** en el menú **Transferencia**).

Al igual que en la simulación, **Q1** estará en **ON** o en **OFF** si la entrada **I1** de Zelio Logic también lo está.

3.3.4 Modo Monitorización

Cuando el módulo está conectado al PC, es posible controlarlo en tiempo real desde el software.

Nota: El modo de monitorización sólo es posible cuando el programa del módulo es idéntico al del software.

Para pasar al modo Monitorización, haga clic en el icono correspondiente:



Ejecute el módulo haciendo clic en **RUN**. Del mismo modo que en la simulación, puede activar las entradas haciendo clic arriba, activándolas así en el módulo en tiempo real. El forzado de todas las entradas se realiza mediante un clic con el botón izquierdo del ratón. Por ejemplo, si hace clic en **I1**, la salida **Q1** se pondrá en **ON** en la pantalla (color rojo) y en el módulo.

3.3.5 Navegación en el módulo

Puede explorar los distintos menús del módulo por medio de los botones  y . La función seleccionada comienza a parpadear. Para entrar en la función, pulse **Menú/Aceptar**. Para volver a subir al menú anterior, pulse . La tecla **Mayús** (tecla blanca) hará que aparezcan las funciones suplementarias.

Por ejemplo, cambie el idioma del módulo introducido: desde el menú principal, sitúese en **IDIOMA** por medio de las teclas  y  (la palabra seleccionada parpadeará). Confirme pulsando **Menú/Aceptar**. Seleccione un idioma por medio de las teclas  y ; a continuación, confírmelo pulsando **Menú/Aceptar** y vuelva al menú principal, que aparecerá traducido al idioma que haya seleccionado.

ANEXO 4

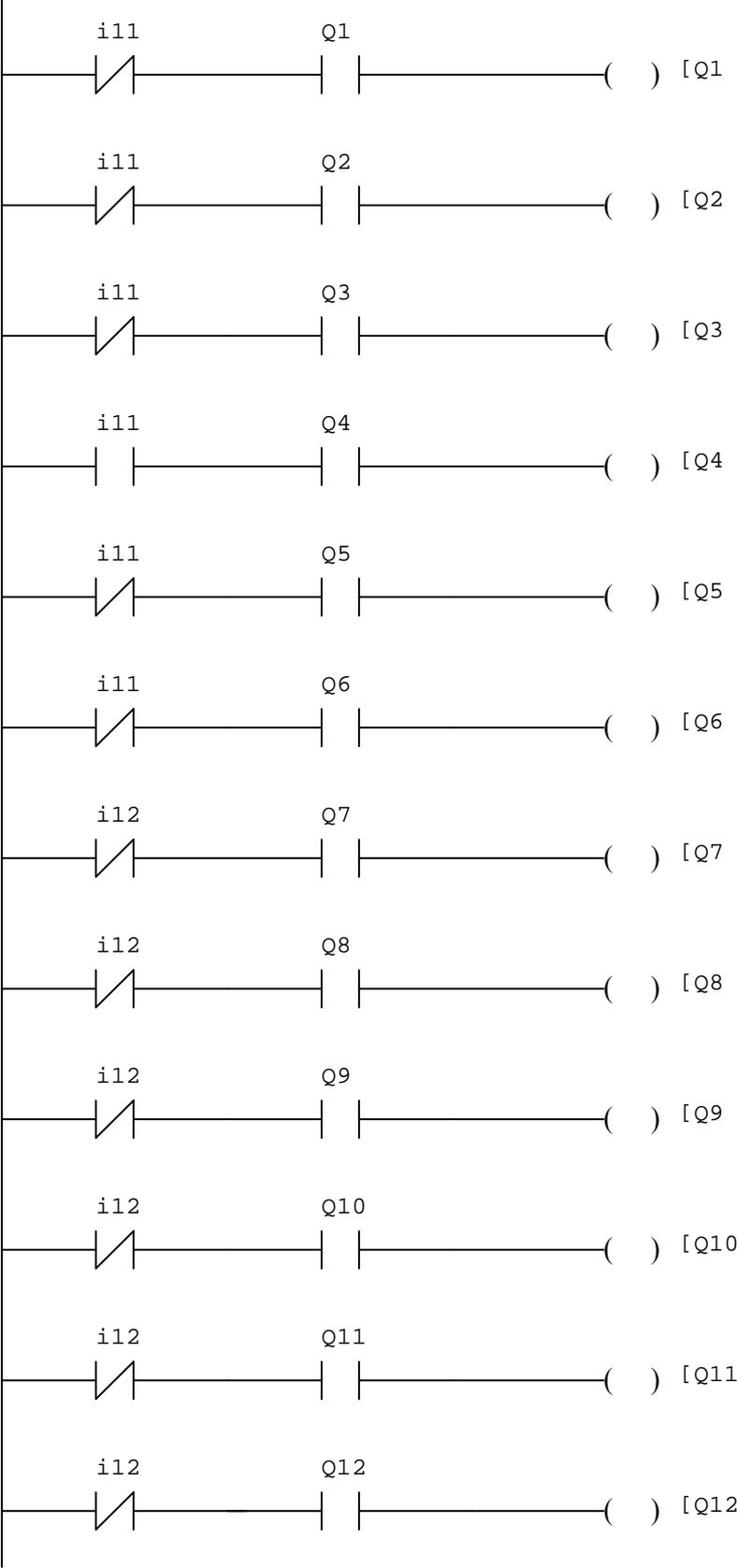
DISTRIBUCIÓN Y ACTIVACIÓN DE

ENTRADAS/SALIDAS DEL PLC

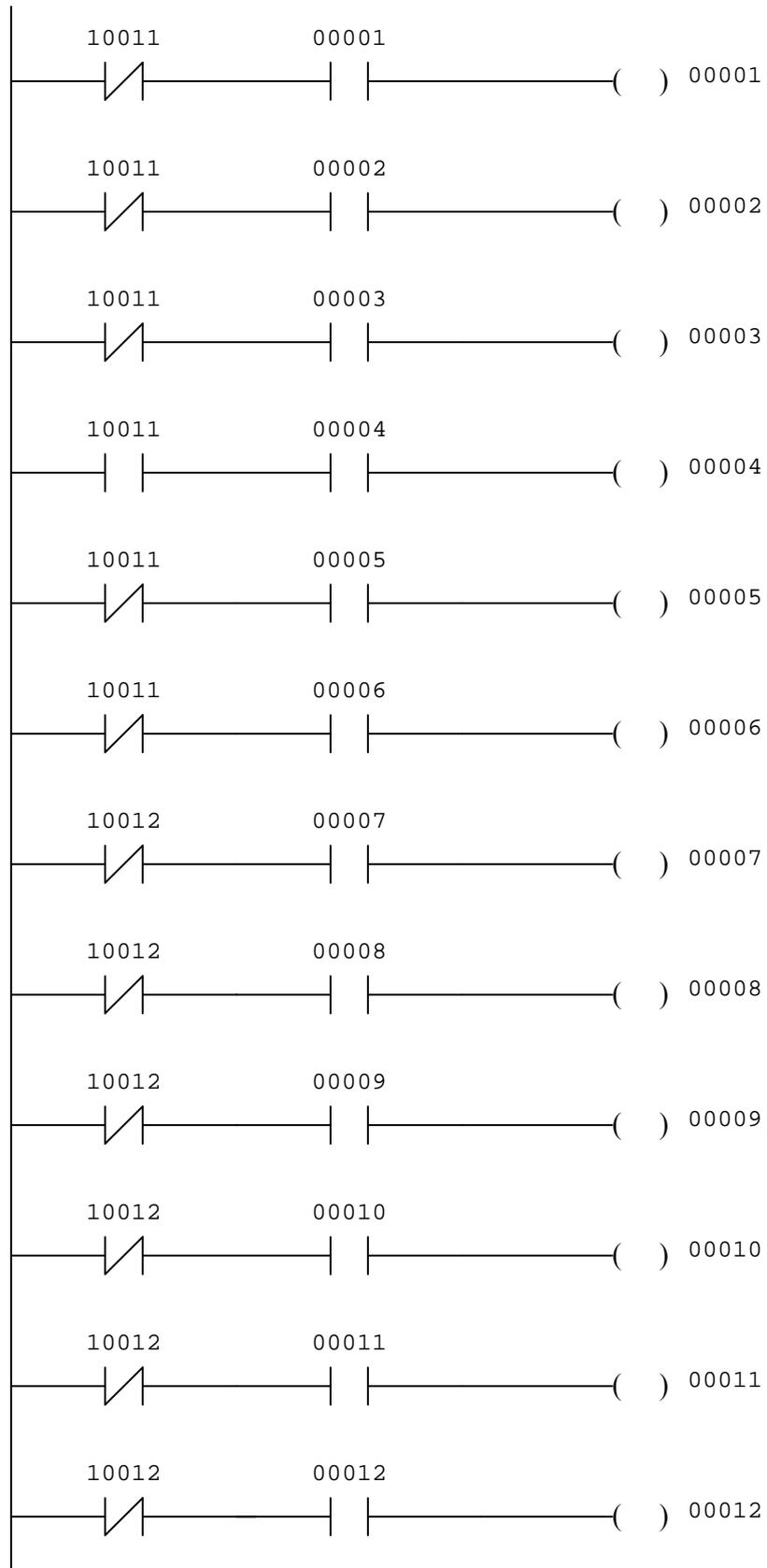
DISTRIBUCIÓN DE ENTRADAS Y SALIDAS DEL PLC

ENTRADAS	
I 1	Botón Llenadora 1 lista
I 2	Botón Calibración 1 OK
I 3	Sensor Cilindro lleno 1
I 4	Sensor Cilindro vacío 1
I 5	Sensor de Proximidad, detecta Envases 1
I 6	Botón Llenadora 2 lista
I 7	Botón Calibración 2 OK
I 8	Sensor Cilindro lleno 2
I 9	Sensor Cilindro vacío 2
I 10	Sensor de Proximidad, detecta Envases 2
I 11	Botón STOP de Seguridad de Emergencia 1
I 12	Botón STOP de Seguridad de Emergencia 2
SALIDAS	
Q 1	Servomotor, Elevar llenadora 1
Q 2	Accionar llenadora 1
Q 3	Encender la Banda 1
Q 4	Accionar cilindros proceso 1
Q 5	Activar Alarma 1
Q 6	Servomotor, Bajar llenadora 1
Q 7	Servomotor, Elevar llenadora 2
Q 8	Accionar llenadora 2
Q 9	Encender la Banda 2
Q 10	Accionar cilindros proceso 2
Q 11	Activar Alarma 2
Q 12	Servomotor, Bajar llenadora 2

LÓGICA DE ACTIVACIÓN DE ENTRADAS/SALIDAS DEL PLC PARA EL ZELIO LOGIC



LÓGICA DE ACTIVACIÓN DE ENTRADAS/SALIDAS DEL PLC PARA LA SIMULACIÓN



ANEXO 5
TABLA DE PRODUCCIÓN DE GEL
NÁTALY EN 1 AÑO

PRODUCCIÓN DE GEL NÁTALY EN 1 AÑO

Fecha	Cantidad		
	140 gr.	530 gr.	360 gr.
03/08/2004	613	209	60
06/08/2004			671
10/08/2004	41		
12/08/2004	509	58	
24/08/2004	720		
25/08/2004	490	93	
06/09/2004		203	
07/09/2004		180	
08/09/2004		225	
09/09/2004	789		
28/09/2004	432		
29/09/2004	1139	410	
30/09/2004		412	
01/10/2004			594
15/10/2004		401	
19/10/2004	768	206	
20/10/2004		417	292
22/10/2004	773		
10/11/2004		201	
15/11/2004		203	
16/11/2004	432		84
17/11/2004	369		208
23/11/2004	763	503	
29/11/2004			291

30/11/2004		407	
01/12/2004	730		
02/12/2004		212	
07/12/2004		204	
08/12/2004	797	205	
13/12/2004	764		
14/12/2004			580
17/12/2004		396	
21/12/2004		413	
24/12/2004			595
18/01/2005	1569	382	
10/02/2005		760	
11/02/2005	2998		
25/02/2005			96
01/03/2005		276	
02/03/2005		1631	
29/03/2005	288		252
05/04/2005	1026		
06/04/2005			1758
08/04/2005	865	1586	
17/05/2005	3925	785	
29/06/2005		144	
04/07/2005		636	
06/07/2005		1090	
TOTALES	20800	12848	5481

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. <i>Llenadora electro-neumática</i>	3
Figura 1.2. <i>Visualización del Proceso de Envasado Automatizado</i>	6
Figura 1.3. <i>Diagrama de Bloques del Proceso</i>	7
Figura 2.1. <i>Llenadora de semisólidos</i>	13
Figura 2.2. <i>Sensor capacitivo de proximidad</i>	14
Figura 2.3. <i>Sonda con blindaje y sensores montados al ras</i>	15
Figura 2.4. <i>Auxiliares de Mando</i>	15
Figura 2.5. <i>Pulsadores</i>	16
Figura 2.6. <i>Selectores de Mando</i>	17
Figura 2.7. <i>Interruptores mecánicos de Posición</i>	18
Figura 2.8. <i>Servomotor</i>	21
Figura 2.9. <i>Período de funcionamiento de un Servomotor</i>	22
Figura 2.10. <i>Funcionamiento y conexiones del Servomotor</i>	23
Figura 2.11. <i>Partes del Gato hidráulico tipo botella</i>	24
Figura 3.1. <i>Diagrama de Proceso para el Hardware de Control</i>	31
Figura 3.2. <i>Gato hidráulico tipo botella</i>	36
Figura 3.3. <i>Vistas del diseño del Elevador Manual</i>	37

Figura 3.4. <i>Vistas del diseño del Elevador Automático</i>	40
Figura 3.5. <i>Interruptor de Seguridad tipo botón</i>	41
Figura 3.6. <i>Conexión del Sensor Fin de carrera</i>	42
Figura 3.7. <i>Servomotor DEIMOS BT</i>	42
Figura 3.8. <i>Dimensiones del servomotor DEIMOS BT</i>	43
Figura 3.9. <i>Cilindro de la llenadora electro-neumática</i>	45
Figura 3.10. <i>Regletas de medida para las dos llenadoras en ml</i>	46
Figura 3.11. <i>Sensores de cantidad de producto y tornillo</i>	46
Figura 3.12. <i>Barras laterales</i>	47
Figura 3.13. <i>Banda sin mesa</i>	48
Figura 3.14. <i>Banda con mesa</i>	48
Figura 3.15. <i>Sensor de Proximidad Capacitivo E53KAL18A2</i>	49
Figura 3.16. <i>Diagrama de Conexión del Sensor Capacitivo E53KAL18A2</i>	50
Figura 3.17. <i>Función de los cilindros en la banda</i>	51
Figura 3.18. <i>PLC Zelio Logic SR3B261BD</i>	54
Figura 3.19. <i>Módulo de comunicación SR3MBU01BD y de expansión SR3XT61BD</i>	54
Figura 3.20. <i>Conexiones de las entradas y la fuente del PLC</i>	55
Figura 4.1. <i>Diagrama de Flujo del Software de Control</i>	58-59
Figura 4.2. <i>Diagrama del Hardware de la HMI</i>	62
Figura 4.3. <i>Cuadro de diálogo Recipe y su botón</i>	64

Figura 4.4. <i>Panel de parámetros para escoger Receta</i>	64
Figura 4.5. <i>Panel de Programación del Sequencer</i>	65
Figura 4.6. <i>Requerimientos para la HMI</i>	68
Figura 4.7. <i>Panel de parámetros del Spreadsheet</i>	70
Figura 4.8. <i>Topología Malla</i>	72
Figura 4.9. <i>Barra de Estado</i>	73
Figura 4.10. <i>Proceso de Envasado</i>	74
Figura 4.11. <i>Barra de Navegación</i>	74
Figura 4.12. <i>Pantalla de Operación Proceso 1</i>	75
Figura 4.13. <i>Pantalla de Operación Proceso 2</i>	75
Figura 5.1. <i>Panel de Operación</i>	80
Figura 5.2. <i>Diagrama de Conexión de Entradas Discretas</i>	84
Figura 5.3. <i>Diagrama de Conexión de Salidas Discretas</i>	84
Figura 5.4. <i>Menú de productos llenadora 1</i>	85
Figura 5.5. <i>Menú de productos llenadora 2</i>	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. <i>Cilindros de Simple Efecto</i>	20
Tabla 3.1. <i>Tamaños de los envases para productos cosméticos</i>	32-33
Tabla 3.2. <i>Características de las llenadoras electro-neumáticas</i>	34
Tabla 3.3. <i>Productos que se envasan en la llenadora de 530 ml</i>	35
Tabla 3.4. <i>Productos que se envasan en la llenadora de 240 ml</i>	36
Tabla 3.5. <i>Características del gato hidráulico</i>	38
Tabla 3.6. <i>Características de los compresores de aire</i>	44
Tabla 4.1. <i>Información para Excel Llenadora 1</i>	63
Tabla 4.2. <i>Información para Excel Llenadora 2</i>	63
Tabla 4.3. <i>Datos para ingresar en Sequencer</i>	66
Tabla 5.1. <i>Tabla de Verificación</i>	81
Tabla 5.2. <i>Archivo de Excel</i>	82
Tabla 5.3. <i>Conexiones del Modbus en la HMI</i>	83
Tabla 6.1. <i>Inversión del proceso semiautomático</i>	88
Tabla 6.2. <i>Inversión del proceso Automático</i>	88-89

GLOSARIO DE TERMINOS

Purgar

Sacar el aire u otro fluido en un circuito de un aparato o máquina para su buen funcionamiento.

Diana

Objeto que activa el sensor.

Distancia de detección

La distancia a la cual una diana que se está aproximando activa (cambia de estado de) la salida de proximidad.

Distancia nominal de operación (Sn)

La distancia de operación especificada por el fabricante y usada como valor de referencia. También se denomina distancia nominal de detección.

Corriente de Fuga

Corriente que fluye a través de la salida cuando la salida está en condición desactivada o desenergizada. Esta corriente es necesaria para suministrar alimentación a los circuitos electrónicos del sensor.

Corriente máxima

El máximo nivel de corriente al cual el sensor de proximidad puede funcionar por un período corto de tiempo.

Corriente máxima de carga

El nivel de corriente máximo al cual el sensor de proximidad puede funcionar continuamente.

Corriente mínima de carga

La cantidad mínima de corriente requerida por el sensor para mantener una operación confiable.

Corriente Nominal

El valor de la corriente nominal es la cantidad de corriente que se consumirá en condiciones normales de operación.

Cremallera

Barra metálica con dientes en uno de sus cantos, para engranar con un piñón y convertir un movimiento circular en rectilíneo o viceversa.

HOJA DE LEGALIZACIÓN

ELABORADO POR:

Diana Elizabeth Álvarez Revelo

AUTORIDADES:

Sr. Tcn. E. M. Ing. Xavier Martínez
Decano de la Facultad de Ingeniería Electrónica

Sr. Dr. Jorge Carvajal
Secretario Académico de la Facultad de Ingeniería Electrónica