

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



EVALUACIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA EN EQUIPOS DE ENVASADO ASÉPTICO EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA DE BEBIDAS DE NÉCTARES

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR:

ALEXANDER HENRY CHERRES PALOMINO

**PROMOCIÓN
2007- I**

**LIMA – PERÚ
2011**

**EVALUACIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA EN
EQUIPOS DE ENVASADO ASÉPTICO EN LA INDUSTRIA
ALIMENTARIA DE BEBIDAS DE NECTARES**

Agradezco a mi familia por todo el apoyo brindado, y sobre todo a mis padres, quienes siempre estuvieron alentándome a hacer realidad mis sueños.

SUMARIO

El presente informe de suficiencia surge de la necesidad que al pasar el tiempo, la industria moderna comienza a contar con sistemas completos de instrumentación y control, por lo cual es de suma importancia conocer los principios básicos de funcionamiento y las características técnicas de los equipos involucrados en estos sistemas. Por ello se toma como planta a evaluar, el proceso de envasado aséptico en la industria de bebidas de néctares, debido a que la medición de los distintos parámetros que intervienen en el proceso de fabricación es básica para obtener un control directo sobre los productos, y así poder mejorar su calidad y competitividad en el mercado.

El conocimiento del funcionamiento de los instrumentos de medición y de control, y su papel dentro del proceso que intervienen, es básico para quienes desarrollan su actividad profesional dentro de este campo, como por ejemplo el jefe u operador del proceso, el proyectista, el técnico en instrumentos, el estudiante, etc.

La importancia de utilizar un sistema de instrumentación en este proceso es para mejorar la calidad del producto porque permite un monitoreo constante de los parámetros del proceso, sin la necesidad de tener una persona o un grupo de personas que realicen este tipo de labor, ello implicaría mejorar en la competitividad al realizarse operaciones rápidas y precisas, simplificando el mantenimiento de las instalaciones, y controlando procesos en tiempo real, por consecuencia se logra un ahorro de tiempo y dinero.

El presente informe se ha elaborado con el objetivo principal de mejorar los costos proceso productivo de la planta a través del estudio de la instrumentación eléctrica y electrónica en las distintas etapas del proceso de envasado aséptico, y estableciendo las principales consideraciones técnicas para la elección de otras alternativas en los distintos tipos de instrumentación estudiados, con el fin de garantizar la calidad del producto final.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I	
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1 Descripción del Problema.....	2
1.2 Objetivo.....	2
1.2.1 Objetivo general.....	2
1.2.2 Objetivos específicos.....	2
1.3 Alcances.....	3
CAPÍTULO II	
DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ENVASADO ASEPTICO EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA DE BEBIDAS DE NECTARES	
2.1 Definición de Proceso Aséptico.....	4
2.1.1 Tratamiento Térmico.....	4
2.1.2 Envasado Aséptico.....	5
2.2 Etapas del Proceso de Envasado Aséptico.....	5
2.2.1 Unidad de Alimentación.....	6
2.2.2 Baño de Peróxido de Hidrógeno.....	8
2.2.3 Cámara de Secado.....	9
2.2.4 Cámara Aséptica.....	10
2.2.5 Sistema de Mordazas.....	11
2.2.6 Sistema de Aire Estéril.....	15
CAPÍTULO III	
INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL	
3.1 Sensores de Proximidad.....	16
3.1.1 Interruptores de Posición.....	16
3.1.2 Sensores Capacitivos.....	16
3.1.3 Sensores Inductivos.....	17
3.1.4 Sensores Magnéticos.....	18

3.1.5	Sensores Fotoeléctricos.....	19
3.2	Medidores de Presión.....	21
3.2.1	Medidores con Elementos Mecánicos.....	22
3.2.2	Medidores con Elementos Electromecánicos.....	23
3.3	Medidores de Nivel.....	26
3.3.1	Instrumentos basados en características eléctricas del líquido.....	26
3.4	Medidores de Caudal.....	27
3.4.1	Medidores de Flujo Volumétrico.....	27
3.5	Sensores de Temperatura.....	27
3.5.1	Termopares.....	27
3.6	Encoders Angulares.....	29
3.7	Controladores.....	30
3.7.1	Controladores Digitales.....	30
3.7.2	Controladores Lógicos Programables.....	31
3.8	Elementos Finales de Control.....	31
3.8.1	Actuadores de Velocidad Variable.....	31
3.8.2	Electroválvulas.....	32

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE LA INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA EN EL PROCESO DE ENVASADO ASEPTICO

4.1	Unidad de Alimentación.....	36
4.2	Baño de Peróxido de Hidrógeno.....	44
4.3	Cámara de Secado.....	45
4.4	Cámara Aséptica.....	47
4.5	Sistema de Mordazas.....	51
4.6	Sistema de Aire Estéril.....	56
4.7	Análisis de Costos.....	58

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 61

ANEXO A

GLOSARIO DE TERMINOS.....	62
BIBLIOGRAFIA.....	67

INTRODUCCIÓN

El presente informe surge de la necesidad de contar con información exacta y organizada de la instrumentación electrónica existente en planta, se abarca el tema de la instrumentación electrónica utilizada en los procesos de envasado aséptico en las industrias que elaboran las bebidas de néctares; el propósito de ello es conocer de manera más detallada las características y principios de funcionamiento de esta instrumentación, con el fin de proponer otras alternativas y mejorar los costos de mantenimiento en estos tipos de procesos.

Para este propósito, este informe se divide en cuatro capítulos, cuyos contenidos son resumidos brevemente.

En el primer capítulo, se describe el planteamiento del problema, donde se establece los objetivos y alcances del trabajo realizado.

En el segundo capítulo, se describe el proceso de envasado aséptico en la industria de bebidas de néctares, donde se define conceptos básicos del proceso, y se explica las etapas existentes del mismo: unidad de alimentación, baño de peróxido de hidrógeno, cámara de secado, cámara aséptica, sistemas de mordazas y sistema de aire estéril.

En el tercer capítulo, se muestra el marco teórico de la instrumentación utilizada en el proceso de envasado aséptico, en donde se explica de manera detallada los tipos de instrumentación utilizados, y los principios de funcionamiento de los mismos.

En el cuarto capítulo, se muestra la instrumentación utilizada en el proceso de envasado aséptico, en donde se realiza el análisis de costos de la instrumentación, clasificándolas en las distintas etapas del proceso, se muestra sus características, se hace un seguimiento de las señales enviadas a las distintas etapas de control del proceso, y se establece las principales consideraciones que se deben tener para la elección de otras alternativas de instrumentación, a las utilizadas actualmente.

Finalmente, se presentan las conclusiones y los anexos que complementan el desarrollo del presente informe.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del Problema

En los diferentes procesos de manufactura referente a la elaboración de bebidas de néctares, es de suma importancia conocer al detalle la instrumentación utilizada, en la línea de producción, debido a que proveen la información esencial para poder controlar las variables del proceso, garantizando la calidad del producto final.

En este panorama, es de interés el conocimiento detallado de las características de la instrumentación utilizada en las distintas etapas del proceso en mención. La evaluación de la instrumentación electrónica de referida planta, permitirá conocer los principios de funcionamiento, características técnicas, seguimiento de las variables involucradas en las etapas del proceso, que incluye medición de la señal, el control de la misma y el elemento final de control.

A partir del análisis realizado de la evaluación de la instrumentación electrónica en el proceso de envasado aséptico de las bebidas de néctares, es posible proponer otras alternativas de instrumentación, con la finalidad de mejorar el proceso productivo de la planta.

1.2 Objetivos

La evaluación de la instrumentación utilizada en equipos de envasado aséptico en la industria alimentaria de bebidas de néctares tiene un objetivo general y tres objetivos específicos:

1.2.1 Objetivo general

- Mejorar los costos en el proceso productivo de la planta estudiada.

1.2.2 Objetivos específicos

- Estudiar la instrumentación electrónica en las distintas etapas del proceso de envasado aséptico.
- Establecer las principales consideraciones técnicas para la elección de otras alternativas en los distintos tipos de instrumentación estudiados.

- Comparar los costos actuales de la instrumentación estudiada con los costos en otras alternativas de instrumentación

1.3 Alcances

Los alcances del presente informe son los siguientes:

- Definir los principales conceptos, terminologías relacionadas con el proceso de envasado aséptico.
- Explicar cada etapa del proceso de envasado aséptico.
- Realizar la evaluación de la instrumentación utilizada en el proceso de envasado aséptico.
- Describir los aspectos teóricos de la instrumentación utilizada en los procesos de envasado aséptico.
- Explicar la importancia del uso de instrumentación electrónica en la medición y control de las variables del proceso de envasado aséptico.

CAPÍTULO II

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ENVASADO ASEPTICO EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA DE BEBIDAS DE NECTARES

En este capítulo se definirá conceptos básicos, y se describirá las etapas existentes en el proceso de envasado aséptico en la industria de bebidas de néctares.

2.1 Definición de Proceso Aséptico

Antes de definir el proceso aséptico, primero se ilustrará en la Figura 2.1 el diagrama de flujo del proceso de la planta de bebidas de néctares, en donde se inicia el proceso con la elaboración de bebidas de néctares hasta el proceso de distribución del producto final.

Para poder definir un proceso aséptico, se debe cumplir tres etapas: tratamiento térmico del producto, esterilización del material de envase y finalmente envasado en condiciones estériles [1].

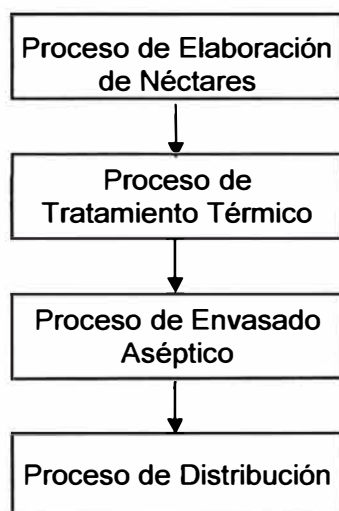


Figura 2.1 Diagrama de Flujo de la Planta de Bebidas de Néctares

2.1.1 Tratamiento Térmico

El tratamiento térmico utilizado en el proceso de bebidas de néctares es la pasteurización, la cual es un tratamiento de calor con el fin de eliminar microorganismos presentes en el producto, y para garantizar el tiempo de vida deseado para la bebida. El

proceso de pasteurización cuidadosamente diseñado salvaguarda los sabores y nutrientes en el producto.

Las condiciones de pasteurización son escogidas para cada bebida sobre la base de sus propiedades específicas. La temperatura varía desde 85°C para jugos hasta 138°C para té asiáticos, y los tiempos de retención varían entre 5 y 30 segundos [2].

2.1.2 Envasado Aséptico

En el proceso de envasado aséptico convergen 2 etapas del proceso aséptico, la esterilización del material de envase y el envasado en condiciones estériles. Este sistema trata el material de envase que viene en forma de rollo con un baño de peróxido de hidrógeno caliente. La concentración de peróxido al 30% se calienta hasta los 70 grados centígrados durante seis segundos, luego se elimina del material de envasado, aplicando sobre el mismo aire caliente a presión.

La zona donde se introduce el alimento líquido en el envase también debe estar libre de bacterias potencialmente contaminantes, esto significa que las máquinas de envasado deben ser asépticas (condiciones estériles). Esto se consigue utilizando aire caliente y vapor, o combinando el tratamiento de calor con una esterilización por medio de peróxido de hidrógeno [3], explicado más al detalle en el anexo A.2.

2.2 Etapas del Proceso de Envasado Aséptico

En esta sección se describirá el proceso de envasado aséptico (ver Figura 2.2), en el cual se detallará las distintas etapas involucradas [4] [5] [6]; tales como:

Unidad de Alimentación

Baño de Peróxido de Hidrógeno

Cámara de Secado

Cámara Aséptica

Sistema de Mordazas

Sistema de Aire Estéril

A continuación se describirá resumidamente los elementos del proceso de envasado aséptico:

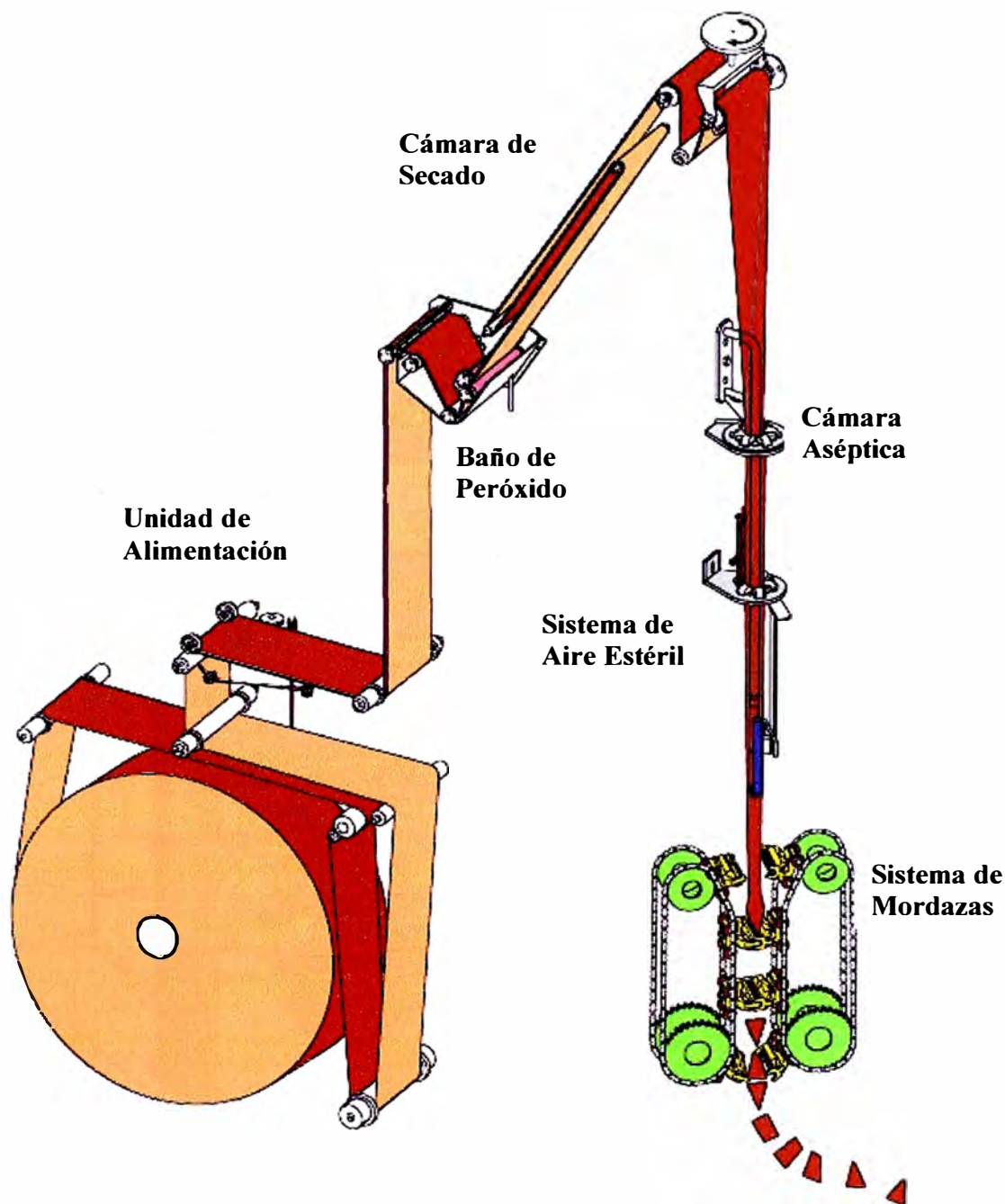


Figura 2.2 Etapas del Proceso de Envasado Aséptico

2.2.1 Unidad de Alimentación

En esta etapa se encuentra como primera sección la unidad de empalme, la cual como su nombre lo indica se encarga de empalmar los carretes del material de envasado; esto significa que la producción puede continuar sin interrupciones cuando se acaba uno de los carretes de material de envasado. No obstante, durante el empalme, el material de envasado

debe permanecer inmóvil en el cabezal de empalmes. En la Figura 2.3, se ilustra la unidad de alimentación que proporciona el suministro de material necesario, de modo que la máquina no se detenga.

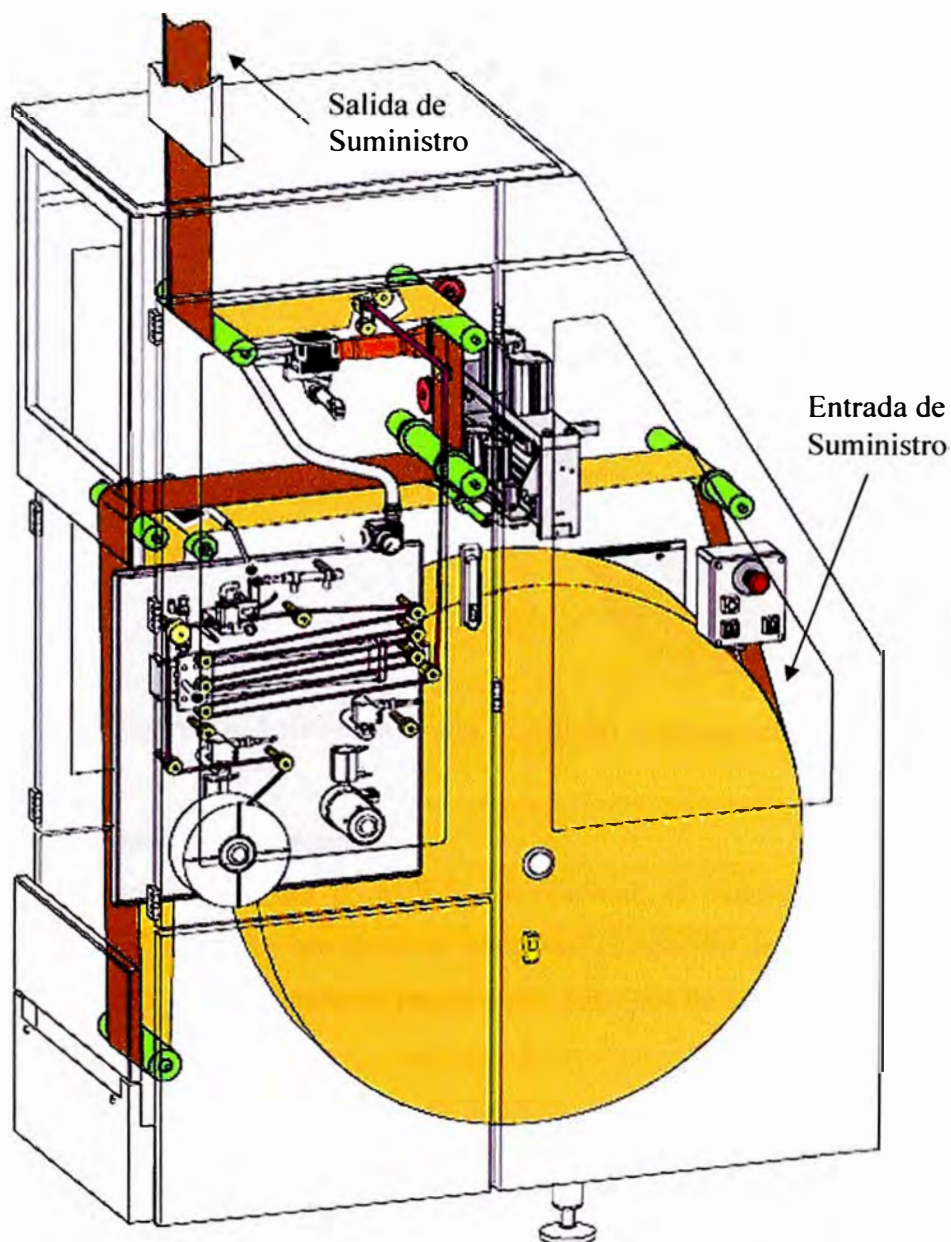


Figura 2.3 Unidad de Alimentación

El material de envasado, luego de pasar por la unidad de empalme, ingresa a la sección de la aplicación de tira SL (tira de sellado longitudinal) la cual se encargará de aplicar una tira de plástico, a lo largo de uno de los bordes del material de envasado. La tira SL se aplica en el interior del material de envasado, con la finalidad de evitar que el producto humedezca el borde de papel sin tratar, del sellado longitudinal. La tira SL también sirve

de soporte para el sellado, y solamente sella la mitad de la tira de SL a este borde del material de envasado; la otra mitad se sellará al otro borde posteriormente, cuando se dé forma de tubo al material de envasado, como se ilustra en la Figura 2.4.

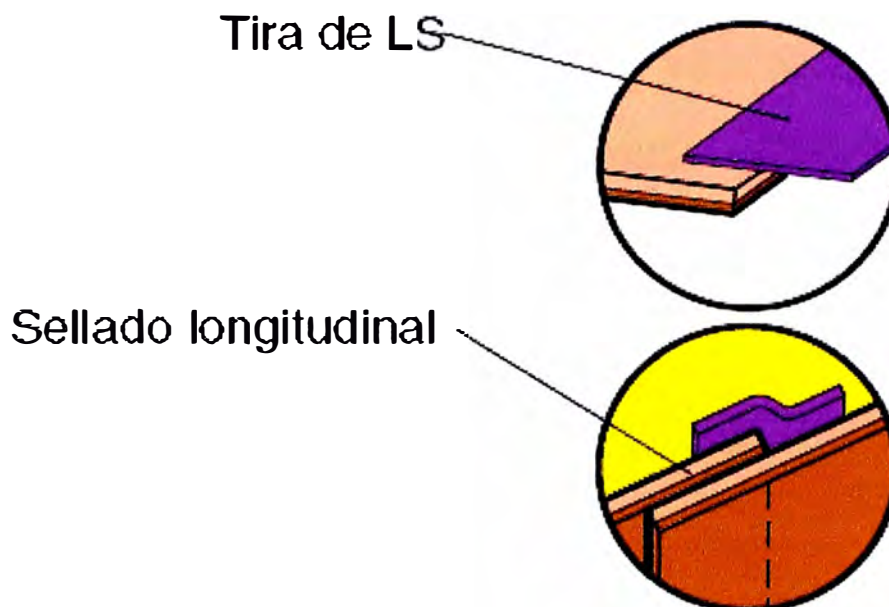


Figura 2.4 Aplicación de tira de sellado longitudinal

2.2.2 Baño de Peróxido de Hidrógeno

Luego de la aplicación de tira de sellado longitudinal, el material de envasado es sumergido en baño de peróxido, con el fin de esterilizar el material de envasado, como se ilustra en la Figura 2.5. En esta etapa se puede tener dos tipos de baños, el profundo y el poco profundo.

En las máquinas con baños profundos, el material de envasado se cubre por los dos lados con peróxido caliente y con este procedimiento se pone fin a la esterilización.

En los baños poco profundos, el material de envasado sólo se cubre por el interior con peróxido frío, y la esterilización se finaliza en la cámara de secado; en este caso los rodillos de goma recogen peróxido del baño y lo aplican al interior del material de envasado, y ajustando la presión entre los rodillos de goma es posible ajustar la cantidad de peróxido que va a aplicar al material de envasado. Adicionalmente el peróxido se mezcla con un agente humectante, con el fin de permitir que el peróxido cubra la superficie con una película uniforme y no se divida debido a la tensión superficial.

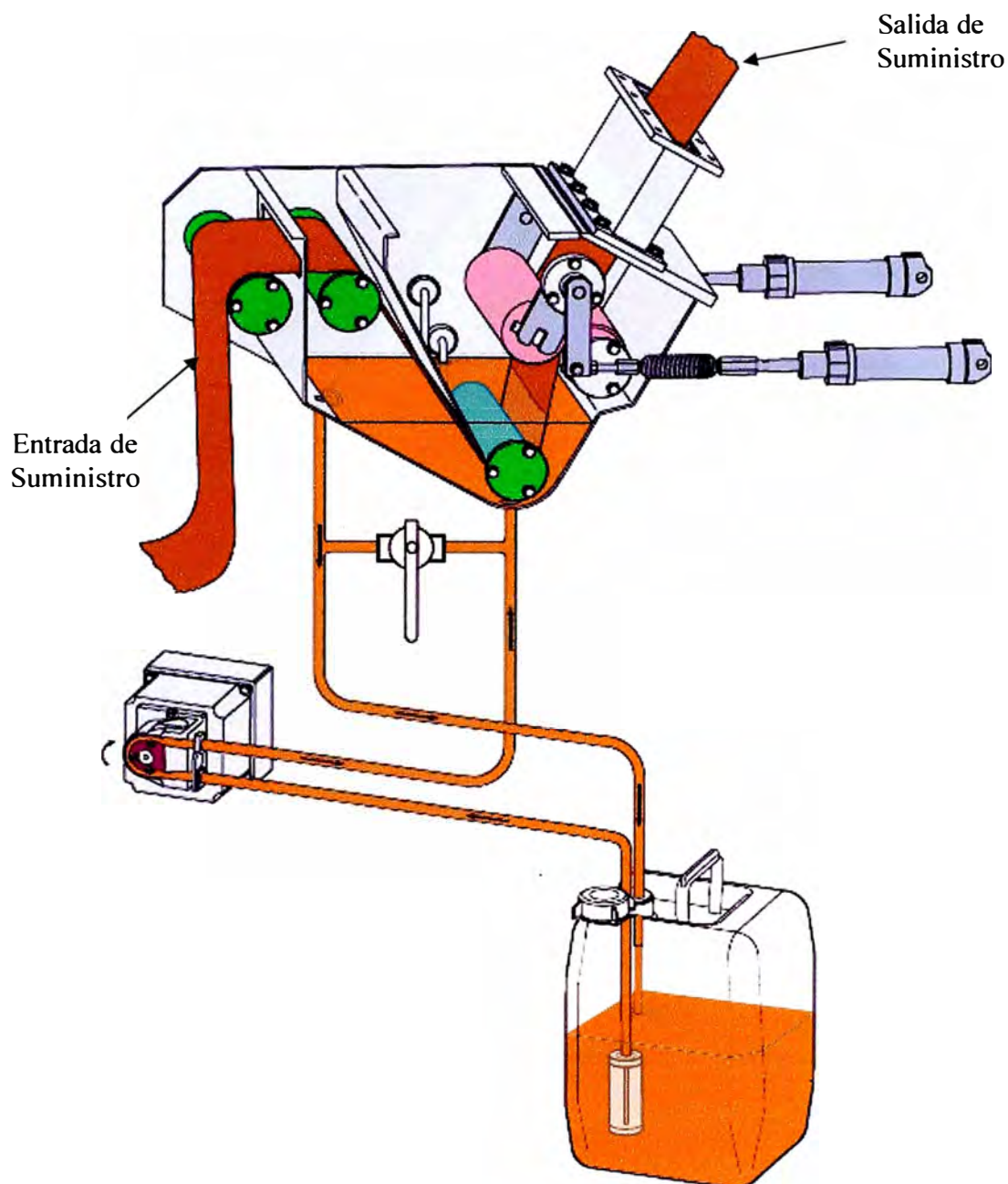


Figura 2.5 Baño de Peróxido

2.2.3 Cámara de Secado

Luego que el material de envasado ha sido sumergido en el baño de peróxido, ingresa a la cámara de secado, en la cual el material es sometido a altas temperaturas con el fin de esterilizar el material de envasado, y retirar los rastros de peróxido adheridos en el proceso del baño. Este calentamiento se hace a través de tres capas de resistencias, las cuales se encargan de elevar la temperatura de la cámara de secado, como se ilustra en la Figura 2.6.

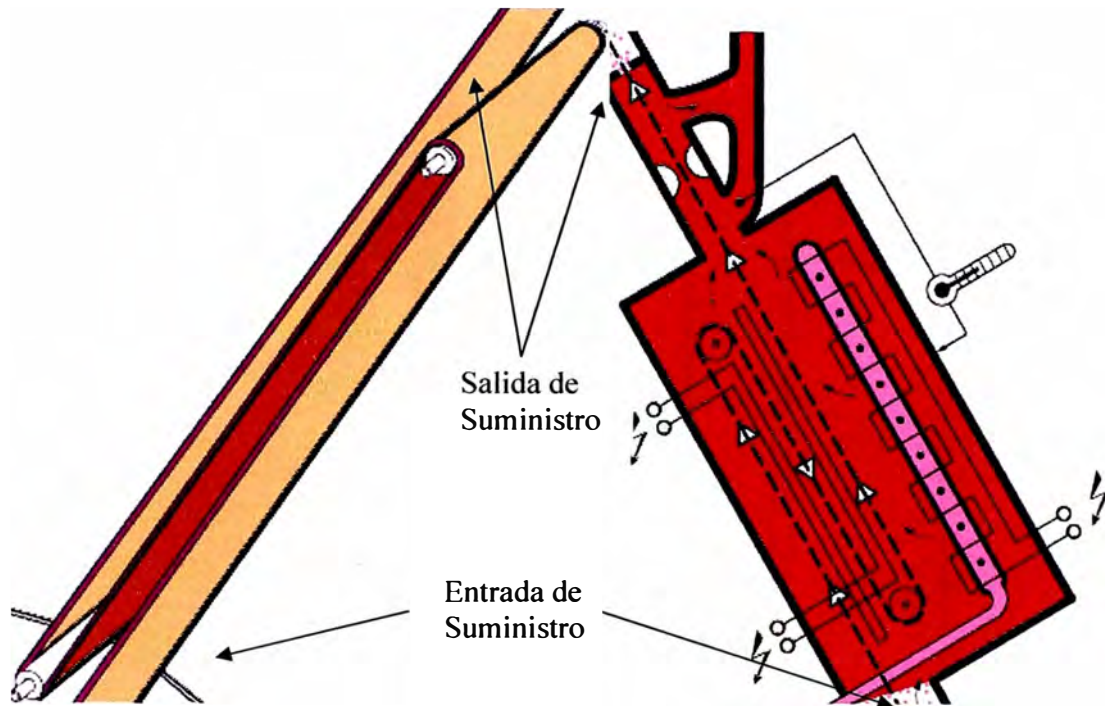


Figura 2.6 Cámara de Secado

2.2.4 Cámara Aséptica

Luego de haber esterilizado el material de envasado, éste ingresa a la cámara aséptica, sección donde se encuentran los anillos formadores cuya función es dar la forma de tubo al envase, para luego poder realizar el sellado longitudinal, a través de una tobera de aire caliente, y con ayuda de un rodillo de sellado longitudinal se sella el material de envasado en forma longitudinal; una vez hecho esto se hace el llenado del producto (Ver Figura 2.7)

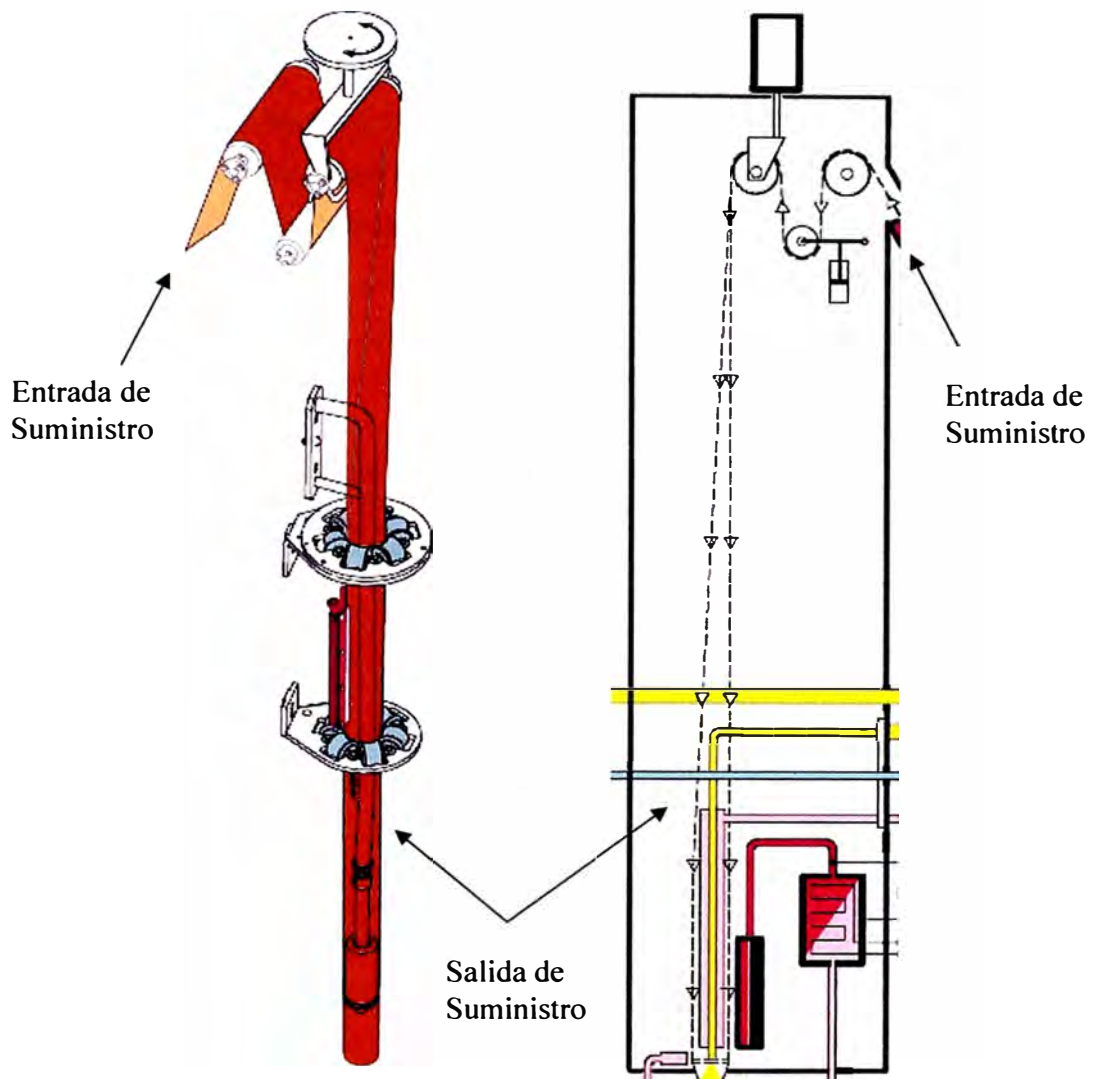


Figura 2.7 Cámara Aséptica

2.2.5 Sistema de Mordazas

Una vez que se llena el tubo con producto, el material de envasado ingresa al sistema de mordazas, donde se sella el tubo transversalmente, y se corta en envases individuales. El sellado se efectúa mediante calentamiento por inducción, utilizando el aluminio del material de envasado para fundir el plástico.

Este sistema consta de las siguientes secciones: Lubricación central, unidad de control de diseño, unidad de grupo de calentamiento por inducción, mordazas de calentamiento y mordazas de presión o corte.

a) Lubricación Central

El sistema de lubricación central proporciona lubricación a la máquina. La lubricación reduce el desgaste y prolonga la vida de los componentes de las máquinas.

Durante una carrera de presión se alimenta el aceite desde una bomba de lubricación a través de la línea principal a las válvulas de dosificación. Desde las válvulas de dosificación el aceite se dosifica a los cojinetes, casquillos, piezas deslizantes, etc. que deben ser lubricadas. La cantidad de aceite de lubricación a cada punto de lubricación depende del tamaño de la válvula de dosificación, comparar los niveles de altura de A y B en la Figura 2.8.

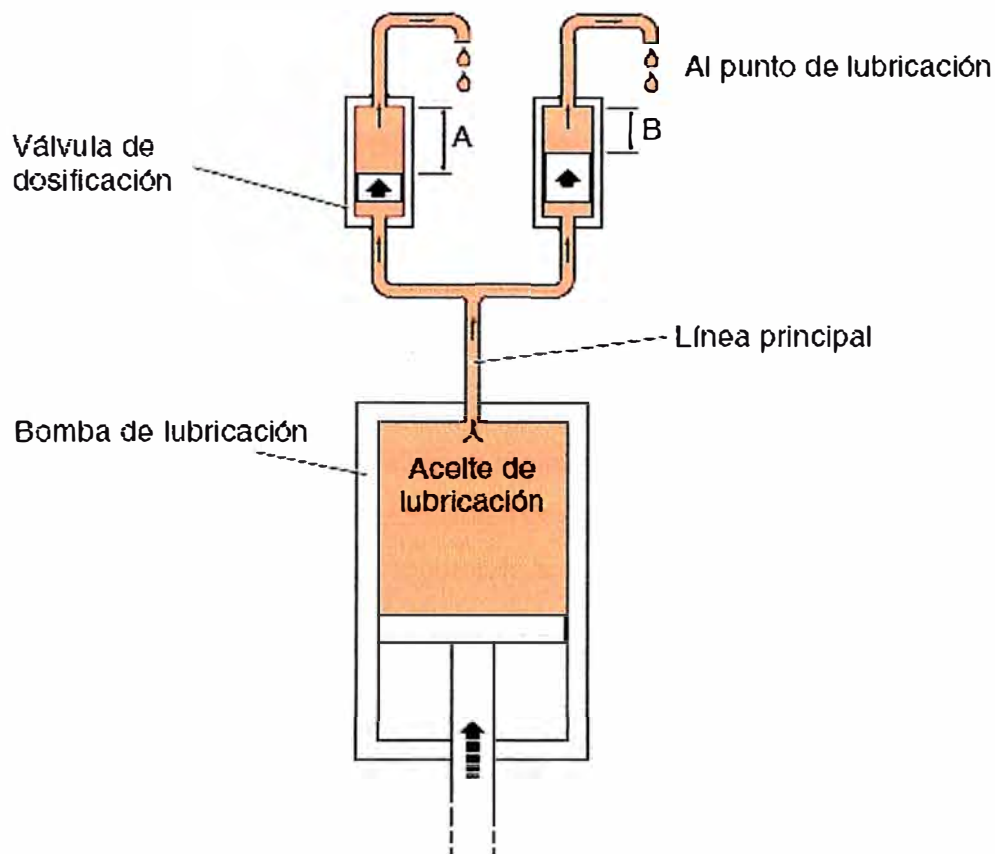


Figura 2.8 Función básica del sistema de lubricación

b) Unidad de Control de Diseño

La unidad de control de diseño se encarga de regular la posición del corte del envase en forma transversal, con el fin que el diseño del envase concuerde con el corte realizado, y esto se va realizar a través de la lectura de las señales que envíen el potenciómetro, este procedimiento se realiza a través de la lectura de las señales que envíen el potenciómetro, el encoder angular y el sensor al controlador lógico programable, y éste a su vez enviará las señales respectivas para activar las electroválvulas de la unidad de control, como se ilustra en la Figura 2.9.

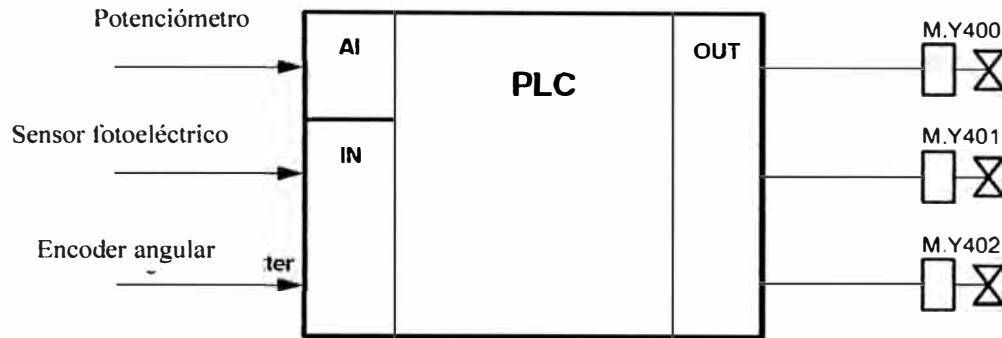


Figura 2.9 Unidad de Control de Diseño

c) Unidad de Grupo de Calentamiento por Inducción (IH)

La unidad de Grupo IH está conformada por un generador IH, quien se encarga de convertir el voltaje principal en un voltaje de alta frecuencia. La magnitud del voltaje de alta frecuencia es ajustada por medio del potenciómetro como un porcentaje del voltaje máximo.

Luego este voltaje de alta frecuencia es conducido a través de un cable coaxial hacia un transformador de impedancia, el cual se encargará de reducir el voltaje e incrementar la corriente, esto con el fin de evitar la formación de chispas y tener una mayor seguridad.

La última sección de la unidad es el paso de la corriente hacia el inductor a través de un riel de corriente. En el riel de corriente se presenta una pérdida de potencia, y por esta razón, el riel es lo más corto posible. Luego el inductor funciona como una bobina que genera un campo eléctrico que induce la corriente en el material de envasado, en la hoja de aluminio, esto conduce a la fusión de las capas de polietileno (PE), de manera que éstas se puedan sellar.

En la Figura 2.10, se ilustra el sistema de la unidad de grupo IH

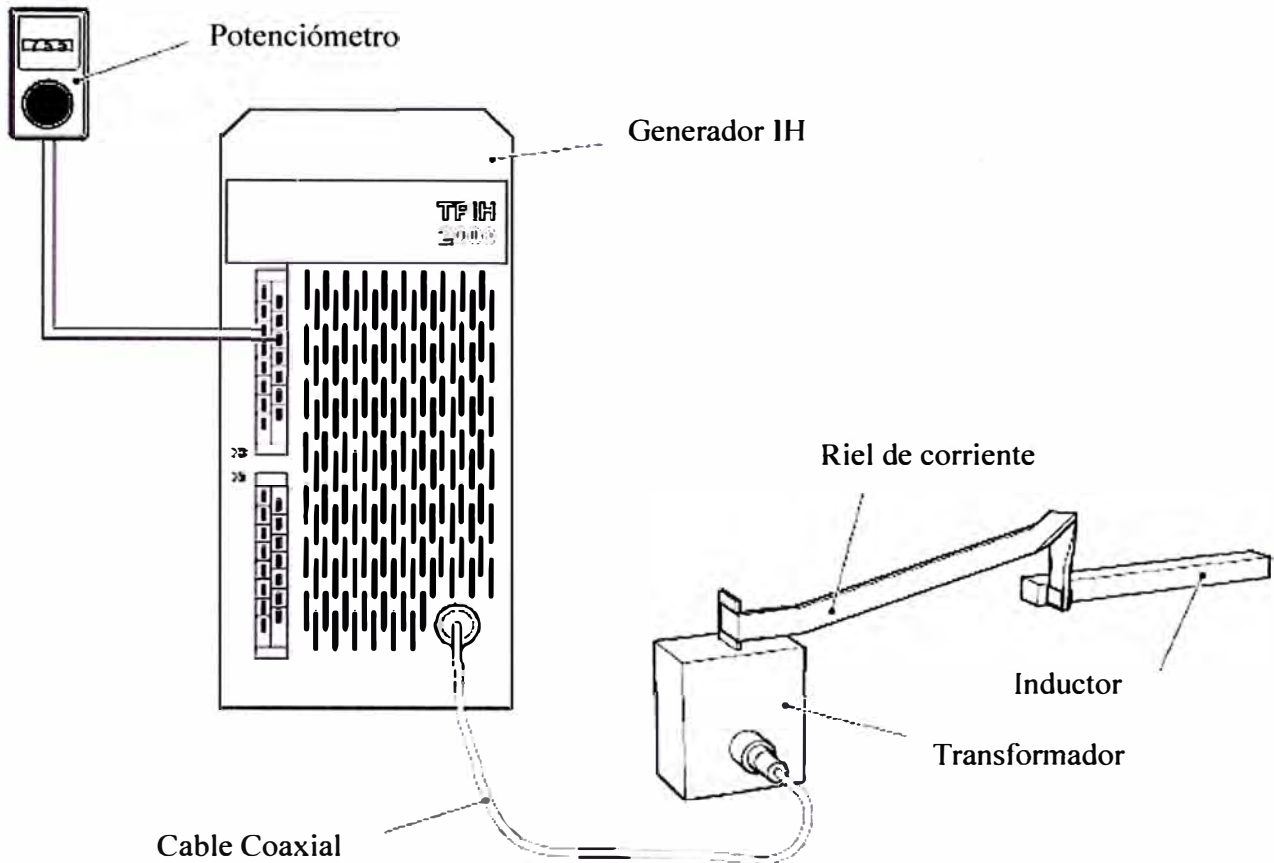


Figura 2.10 Unidad de Grupo IH

d) Mordazas de Calentamiento y Presión

Las mordazas de calentamiento, las cuales se encargan de realizar el sellado transversal de los envases, a través del calentamiento por inducción.

Las mordazas de presión o también llamadas de corte, se encargan de realizar el corte de los envases individualmente, al mismo tiempo que realiza el sellado transversal; adicionalmente se encargan de darle la forma al envase y el correcto diseño del mismo.

En la Figura 2.11 se puede observar en el lado izquierdo un bloque de las mordazas de presión y al lado derecho el bloque de las mordazas de calentamiento.

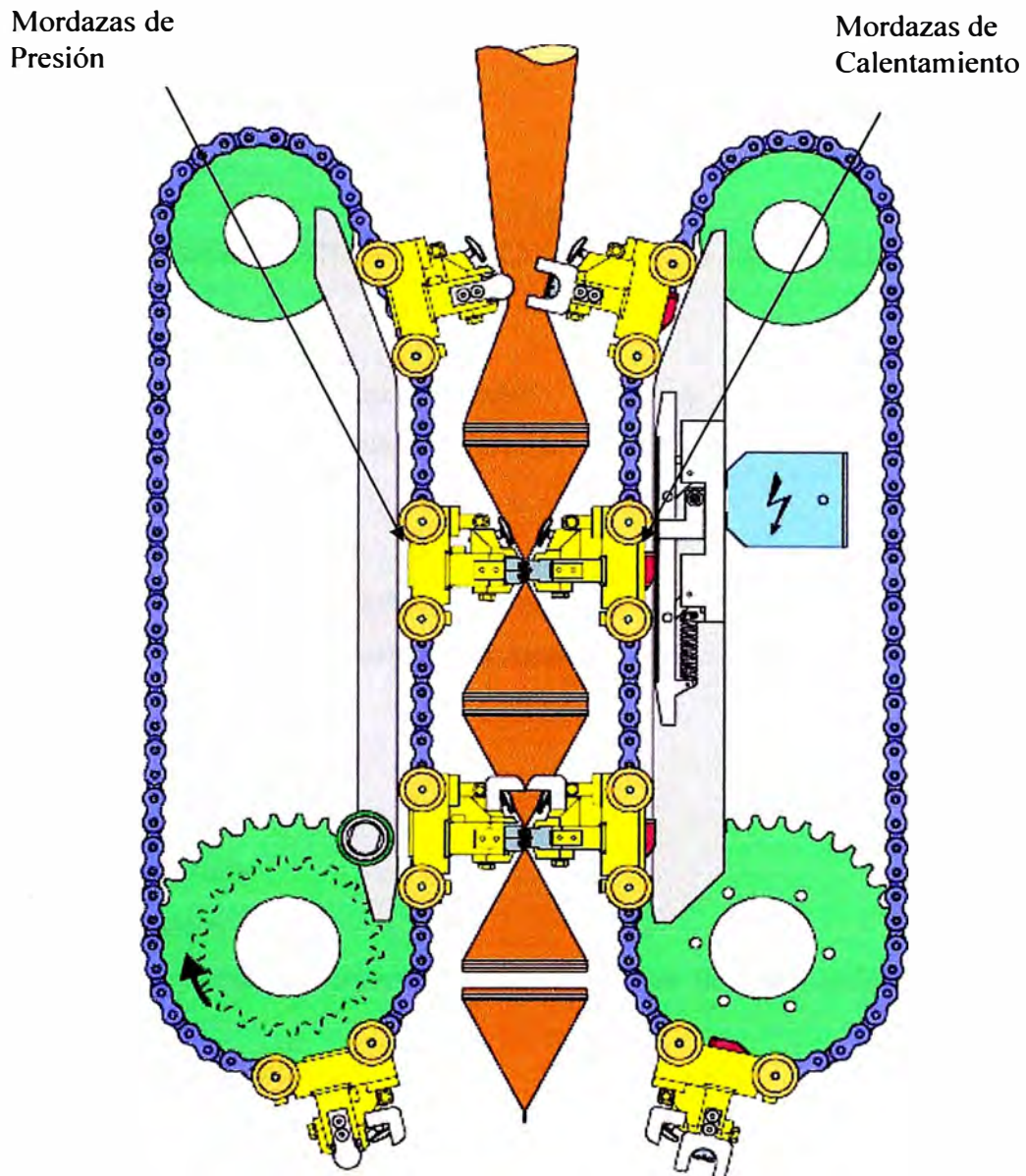


Figura 2.11 Mordazas de Calentamiento y Presión

2.2.6 Sistema de Aire Estéril

Este sistema se encarga de suministrar el flujo de aire en condiciones estériles, esto con el fin de mantener el sistema en condiciones asépticas. El funcionamiento de este sistema es a través del ingreso de aire, el cual pasa por tres filtros microbiológicos, los cuales se encargan de retirar la distintas partículas de aceite, agua o suciedad del aire, luego de ello el aire pasa por un super calentador (intercambiador de calor) quien se encarga de elevar la temperatura del aire con el fin de obtener el aire en condición estéril. En seguida el aire es distribuido a las distintas etapas del proceso.

CAPÍTULO III INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

En este Capítulo se definirá conceptos básicos y principios de funcionamiento correspondiente a la instrumentación electrónica utilizada en el proceso de envasado aséptico.

3.1 Sensores de Proximidad

Este tipo de sensores son transductores que detectan objetos o señales que se encuentran cerca del elemento sensor [7], entre ellos se tiene:

- Interruptores de posición
- Sensores capacitivos
- Sensores inductivos
- Sensores magnéticos
- Sensores fotoeléctricos

A seguir, son descritos brevemente los elementos de interrupción y los sensores mencionados.

3.1.1 Interruptores de Posición

Los interruptores de posición también denominados finales de carrera, son dispositivos eléctricos, neumáticos o mecánicos que se ubican al final del recorrido de un elemento móvil, con el fin de enviar señales que puedan modificar el estado de un circuito. Internamente pueden contener interruptores normalmente abiertos (NA), cerrados (NC) o conmutadores dependiendo de la operación que vayan a cumplir, al ser accionados [7].

3.1.2 Sensores Capacitivos

Este tipo de sensores trabajan con un campo electrostático, el cual al aproximarse un objeto, conductor o no conductor se produce un cambio en el campo electrostático alrededor del elemento sensor, y este cambio es detectado y enviado al sistema de detección [7] [8].

Para este tipo de sensores, el sistema de detección típico está formado por una sonda, un oscilador, un rectificador, un filtro y un circuito de salida.

Generalmente este tipo de sensores funcionan como interruptores abiertos o cerrados, y se utiliza comúnmente para detectar material no metálico: papel, plástico, madera, etc.

3.1.3 Sensores Inductivos

Los sensores inductivos son una clase especial de sensores que sirven para detectar materiales metálicos ferrosos. Estos son utilizados muy frecuentemente en la industria, tanto para aplicaciones de posicionamiento, como para detectar la presencia o ausencia de objetos metálicos en una determinada aplicación.

Los sensores de proximidad inductivos contienen un devanado interno y que cuando una corriente circula por el mismo, un campo magnético es generado, las cuales establecen direcciones de flujo magnético, como se ilustra en la Figura 3.1. Cuando un metal se encuentra próximo al campo magnético generado por el sensor de proximidad, éste es detectado. El circuito sensor reconoce entonces un cambio específico de amplitud y genera una señal que conmuta la posición "ON" y "OFF".

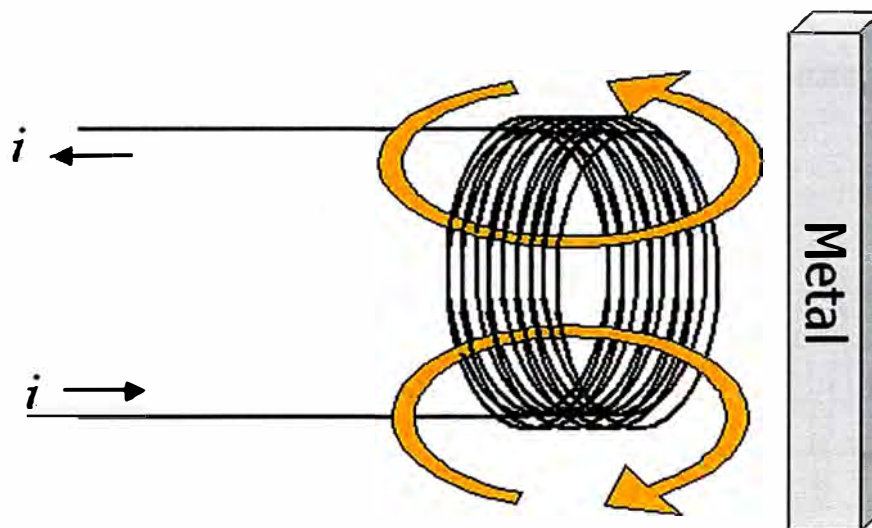


Figura 3.1 Campo magnético generado por una corriente en un devanado interno

Las corrientes de Foucault son inducidas por la bobina, o devanado, del sensor inductivo, en el material a detectar, definición conceptualizada en el anexo A.2. Estas, a su vez, generan un campo magnético que se opone al de la bobina del sensor, causando una reducción en la inductancia de la misma. Esta reducción en la inductancia de la bobina del sensor, implica una disminución en la impedancia de ésta.

Si el sensor tiene una configuración "Normalmente Abierta", este accionará la salida cuando el metal a detectar ingrese en la zona de detección, lo contrario ocurre cuando el sensor tiene una configuración "Normalmente Cerrada" [7] [8].

Para observar mejor el funcionamiento de este tipo de sensor se muestra los estados del mismo en la Figura 3.2; en función de la distancia entre el sensor y el objeto, el primero mantendrá una señal de salida, según se explica a continuación:

a) Objeto a detectar ausente:

- La amplitud de oscilación está al máximo, sobre el nivel de operación
- La salida se mantiene en forma inactiva (OFF)

b) Objeto a detectar acercándose a la zona de detección:

- Se producen corrientes de Foucault, por tanto hay una “transferencia de energía”
- El circuito de detección detecta una disminución de la amplitud, la cual cae por debajo del nivel de operación;
- La salida se mantiene activada (ON)

c) Objeto a detectar se retira de la zona de detección:

- Eliminación de corrientes de Foucault
- El circuito de detección detecta el incremento de la amplitud de oscilación
- Como la salida alcanza el nivel de operación, la misma se desactiva (OFF)

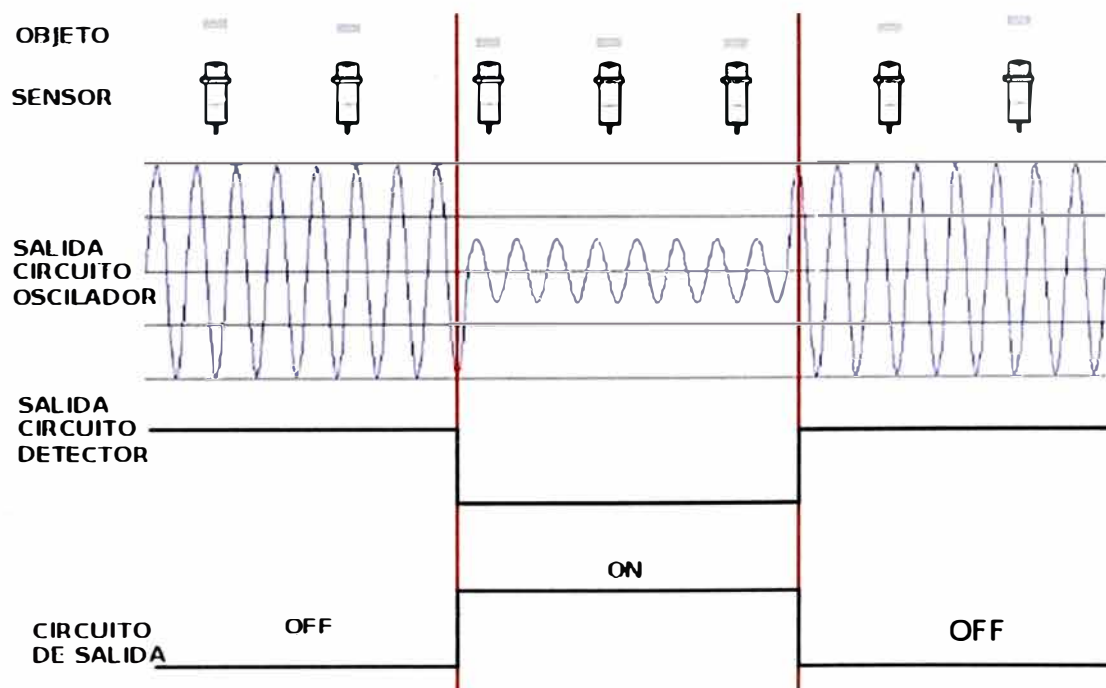


Figura 3.2 Estados de un sensor inductivo

3.1.4 Sensores Magnéticos

Los sensores de proximidad magnéticos tienen como función principal detectar objetos magnéticos, es decir imanes, los cuales se utilizan para accionar procesos de conmutación.

Entre sus características principales está la posibilidad de trabajar a distancias grandes de la conmutación, trabajo a altas temperaturas de funcionamiento, y condiciones de trabajo críticas.

3.1.5 Sensores Fotoeléctricos

Los sensores fotoeléctricos son dispositivos electrónicos que usan propiedades físicas de elementos sensibles a la luz, los cuales van cambiando sus características eléctricas según la intensidad de la luz emitida al objeto sujeto a detección [10].

Las señales de salida de estos sensores dependerá de la variación de la intensidad de luz que llega al elemento receptor, la cual variará según la presencia o ausencia del objeto a ser detectado, y de la superficie, contraste, color y características físicas del entorno, en el que se encuentre el elemento a detectar.

Un sensor de luz está formado por un transductor fotoeléctrico para convertir la luz a una señal eléctrica y puede incluir electrónica para condicionamiento de la señal, compensación y formateo de la señal de salida [10] [12].

Los sensores fotoeléctricos están básicamente divididos en 3 grupos, siendo éstos:

- a) Sensores de detección de barrera, también conocidos como paso de rayo.
- b) Sensores de detección difusa o también conocidos como de detección directa. Entre la gama de sensores que basan su principio en este tipo de sensores se encuentran:
 - Sensores Difusos con supresión de fondo BGS y FGS
 - Sensores Difusos de detección convergente
 - Sensores Difusos detectores de color RGB
 - Sensores Difusos con dispositivo de detección posicional PSD
 - Sensores Difusos para detección de contrastes
 - Sensores Difusos con emisión láser, etc.
- c) Sensores de detección retro reflectiva, la cual se subdivide actualmente en otra gama de sensores que basan su principio en este tipo de sensor:
 - Sensores retro reflectivos polarizados.

A seguir, son descritos brevemente los sensores tipo barrera, y los sensores difusos detectores de color RGB

Los sensores tipo barrera están dentro de la clasificación de sensores fotoeléctricos y su funcionamiento se basa en la interrupción de un haz de luz, causado por el objeto a detectar emitido desde el transmisor y normalmente dirigido hacia el receptor por un sistema óptico. Una de las características de estos sensores es que se encuentran dispuestos

en componentes separados, el cual consta de un elemento emisor y un elemento receptor. Este tipo de sensores son aplicados en procesos en los que se requiere detectar un objeto a grandes distancias, del margen de los 10 hasta los 200 metros dependiendo del modelo y uso, como se ilustra en la Figura 3.3.

Estos tipos de sensores no se ven afectados por el color, el fondo, la forma, la textura, el contraste, excepto cuando el objeto que se desea detectar es transparente o semi-transparente. Otra característica es que su haz de detección es de forma cónica y por consecuencia este haz de luz se va ampliando a medida que la distancia entre el emisor y el receptor es mayor [10].

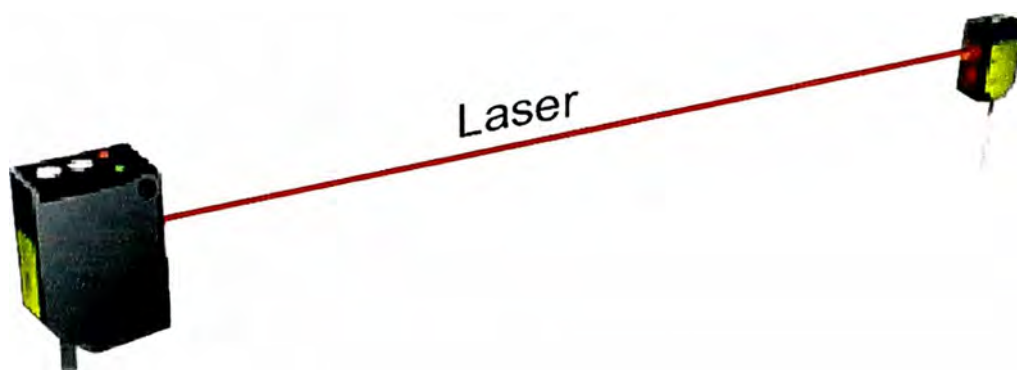


Figura 3.3 Sensor tipo barrera

Los sensores de detección directa es el segundo grupo de sensores en el que se clasifican los sensores fotoeléctricos, y su funcionamiento se basa en que un haz de luz que es enviado por el elemento transmisor hacia el objeto a detectar, es reflejada al elemento receptor, es decir ambos elementos se encuentran en una misma ubicación.

Una característica de estos sensores difusos es su corto alcance, en comparación con el alcance que puede obtenerse con los sensores tipo barrera, o retro reflectivo [11].

Dentro de la variedad de sensores de tipo difuso se explicará un poco más al detalle el funcionamiento de los **sensores detectores de marcas** (sensores RGB), debido a la aplicación que se tiene dentro del proceso estudiado. Este tipo de sensores permiten leer los diversos colores de marcas o comúnmente llamados tacas, los cuales sirven como referencia para el punto de sellado o de corte de envases de diversos productos. El principio de funcionamiento de este sensor es monitorear el contraste entre el fondo y el objetivo, y es capaz de sensar la diferencia entre los colores que usualmente son dificultosos de detectar por sensores convencionales. Para seleccionar el color específico,

se usa como elemento principal un led láser de 3 colores tipo RGB, el sensor computa el ratio de control entre los tres colores de emisión, y con ello se asegura la detección del color aún con productos en movimiento, como se ilustra en la Figura 3.4 [11].

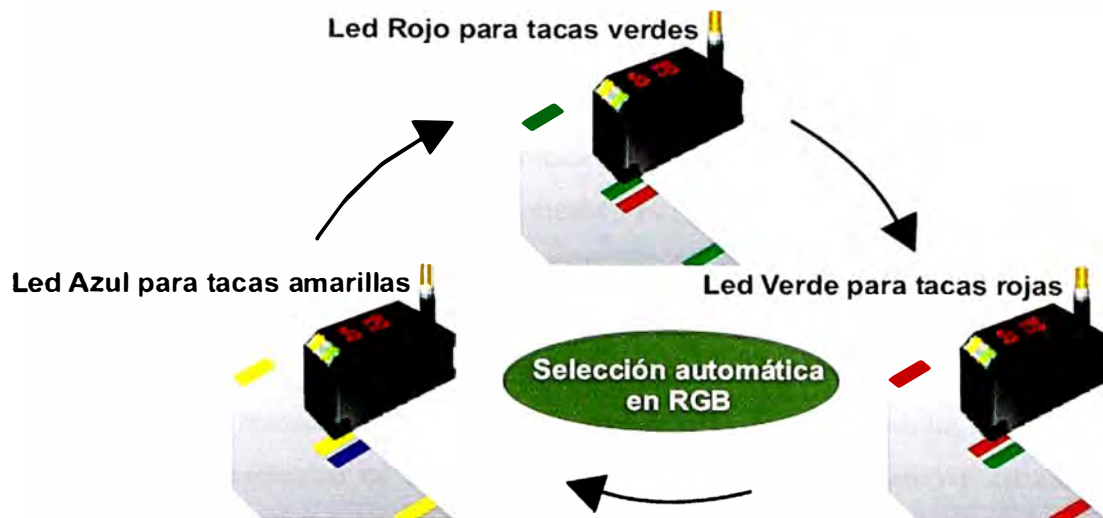


Figura 3.4 Sensor detector de marcas

3.2 Medidores de Presión

La presión puede medirse en valores absolutos, manométricos o diferenciales. En la Figura 3.5 se indican las clases de presión que los instrumentos miden comúnmente en la industria.

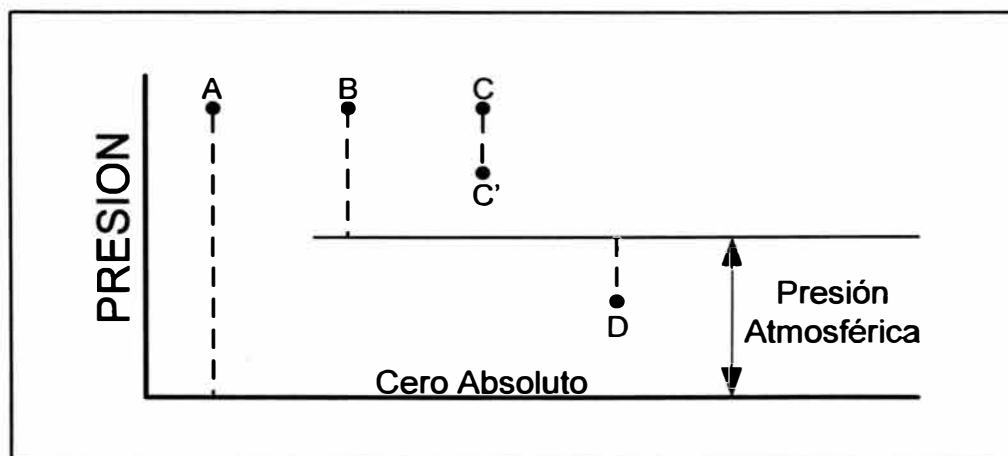


Figura 3.5 Clases de presión

La presión absoluta se mide con relación al cero absoluto de presión (punto A). La presión relativa o manométrica es la determinada por un elemento que mide la diferencia

entre la presión absoluta y la atmosférica del lugar donde se efectúa la medición (punto B). La presión diferencial es la diferencia entre dos presiones (puntos C y C'). El vacío es la diferencia de presiones entre la presión atmosférica existente y la presión absoluta, es decir, es la presión medida por debajo de la atmosférica (punto D) [7]

Entre los sensores medidores de presión, se tiene:

- Medidores con elementos mecánicos
- Medidores con elementos electromecánicos

A seguir, son descritos brevemente los medidores antes mencionados:

3.2.1 Medidores con Elementos Mecánicos

Es posible realizar la división en elementos primarios de medida directa, que miden la presión comparándola con la ejercida por un líquido de densidad y altura conocidas (barómetro cubeta, manómetro de tubo en U, manómetro de toro pendular, manómetro de tubo inclinado, manómetro de toro pendular, manómetro de campana) y en elementos primarios elásticos que se deforman con la presión interna del fluido que contienen [7].

Los medidores de presión absoluta consisten en un conjunto de fuelle y muelle opuesto a un fuelle sellado al vacío absoluto. El movimiento resultante de la unión de los dos fuelles equivale a la presión absoluta del fluido. Se utilizan para la medida exacta y el control preciso de bajas presiones, a las que puedan afectar las variaciones en la presión atmosférica.

Los elementos primarios elásticos más empleados son el tubo de Bourdon, el elemento en espiral, el helicoidal, el diafragma y el fuelle.

El tubo Bourdon es un elemento primario elástico que consiste en un tubo de sección elíptica, el cual forma un anillo casi completo, y que está cerrado por un extremo. El funcionamiento de este elemento consiste que al aumentar la presión en el interior del tubo, éste tiende a enderezarse, y este movimiento es transmitido a la aguja indicadora, por un sector dentado y un piñón.

El elemento en espiral consiste en enrollar el tubo Bourdon en forma de espiral alrededor de un eje común, y el helicoidal de igual forma pero más de una espira en forma de hélice.

El diafragma consiste en una o varias capsulas de forma circular que se encuentran conectadas rígidamente entre sí soldadas, con el fin que al aplicar una presión, cada cápsula se deforma, y la suma de los pequeños desplazamientos es amplificada por un juego de palancas. Se utiliza para pequeñas presiones.

El fuelle es otro elemento primario similar al diafragma, pero de una sola pieza flexible axialmente, y que puede dilatarse o contraerse con un desplazamiento considerable. Cabe señalar que los elementos de fuelle se caracterizan por su larga duración.

La Tabla 3.1 contiene el resumen de los distintos elementos mecánicos de presión.

Tabla 3.1 Elementos Mecánicos de Presión

Elementos Mecánicos de Presión	Campo de Medida	Precisión en % de toda escala	Temperatura Máxima de Servicio	Presión Estática Máxima
Barómetro cubeta	0.1 - 3 m cda	0.5 - 1 %	Ambiente	6 bar
Tubo en U	0.2 - 1.2 m cda	0.5 - 1 %	↓	10 bar
Tubo inclinado	0.01 - 1.2 m cda	↓		↓
Toro pendular	0.5 - 10 m cda			100 - 600 bar
Manómetro campana	0.005 - 1 m cda			Atmosférica
Tubo Bourdon	0.5 - 6000 bar		↓	90°C
Espiral	0.5 - 2500 bar	2500 bar		
Helicoidal	0.5 - 5000 bar	5000 bar		
Diafragma	50 mm cda - 2 bar	2 bar		
Fuelle	100 mm cda - 2 bar	↓	↓	↓
Presión absoluta	6 - 760 mm Hg abs			1%
Sello volumétrico	3 - 6000 bar	0.5 - 1 %	400°C	600 bar

3.2.2 Medidores con Elementos Electromecánicos

Los elementos electromecánicos de presión utilizan un elemento mecánico elástico combinado con un transductor eléctrico que genera la señal eléctrica correspondiente [7].

Los elementos electromecánicos de presión se clasifican según el principio de funcionamiento en los siguientes tipos:

- Elementos resistivos
- Elementos magnéticos
- Elementos capacitivos
- Elementos extensométricos
- Elementos piezoeléctricos

A seguir, son descritos brevemente los elementos antes mencionados:

Los elementos resistivos consisten en un elemento primario elástico (tubo Bourdon o diafragma) que varia la resistencia óhmica de un potenciómetro en función de la presión. Existen varios tipos de potenciómetro dependiendo del elemento de resistencia: potenciómetros de grafito, de película metálica y de plástico moldeado.

Los elementos magnéticos se clasifican en dos grupos según el principio de funcionamiento: elementos de inductancia variable, que consiste en el desplazamiento de un núcleo móvil dentro de una bobina, la cual aumenta la inductancia de ésta en forma casi proporcional a la porción metálica del núcleo contenida dentro de la bobina, con el fin que la corriente presente en el circuito se vaya reduciendo por aumentar la fuerza electromotriz de autoinducción. Otro grupo son los elementos de reluctancia variable, que consisten en un imán permanente que crea un campo magnético, dentro del cual se mueve una armadura de material magnético, y que al cambiar la posición de la armadura hace que varíe la reluctancia y por lo tanto el flujo magnético; esta variación del flujo da lugar a una corriente inducida en la bobina que es proporcional al grado de desplazamiento de la armadura móvil.

Los elementos capacitivos se basan en la variación de capacidad que se produce en un condensador al desplazarse una de sus placas por la aplicación de presión. La placa móvil tiene forma de diafragma y se encuentra situada entre dos placas fijas. De este modo se tienen dos condensadores uno de capacidad fija o de referencia y el otro de capacidad variable, que pueden compararse en circuitos oscilantes.

Los elementos piezoeléctricos son materiales cristalinos que al deformarse físicamente por la acción de una presión, generan una señal eléctrica. Dos materiales típicos en los transductores piezoeléctricos son el cuarzo y el titanato de bario, capaces de soportar temperaturas del orden de 150° C en servicio continuo y de 230° C en servicio intermitente.

En la Tabla 3.2 pueden verse las características de los elementos electromecánicos descritos:

Tabla 3.2 Características de los Elementos Electromecánicos de Presión

Elementos Electromecánicos de Presión	Margen en bar	Precisión en % de toda la escala	Estabilidad en el tiempo	Sobrecarga	Temp. Max. de servicio °C	Nivel señal salida	Impedancia salida	Error de cero por influencia temp. ambiente	Sensibilidad a vibraciones
Resistivos	0 - 0.1 a 0 - 300	1	Mala	150%	80	Variacion Resistencia	0 - Res.total	0.7 - 3.0 %	Alta
Magnéticos Inductancia Variable	↓	0.5	Media	150%	↓	0 - 5 V	2 kΩ	0.9 - 2.3 %	↓
Magnéticos Reluctancia Variable	↓	1		150%	↓	0 - 5 V	2 kΩ	0.6 - 2.4 %	↓
Capacitivos	0.05 - 5 a 0.05 - 600	1	Media a buena	150%	150	↓	5 kΩ	0.5 - 1.9 %	Media
Galgas Extensométricas Cementadas	0 - 0.5 a 0 - 3000	0.5	Mala	↓	120	35 mV	350 Ω	0.5 - 2.4 %	Alta
Galgas Extensométricas sin cementar	0 - 0.1 a 0 - 600	1	Mala	200%	↓	↓	350 Ω	↓	↓
Galgas Extensométricas Silicio difundido	0.2 a 0 - 600	0.3	Muy buena	200%	107	2 - 10 V	600 Ω	0.4 - 1.0 %	Despreciable
Piezoelectrónicos	0.1 - 600	1	Mala	↓	90	600 mV / bar	1000 MΩ	1 - 4.8 %	Baja

3.3 Medidores de Nivel de líquidos

La forma de trabajo de los medidores de nivel de líquido es a través de la medición directamente de la altura del líquido sobre una línea referencial, la presión hidrostática, el desplazamiento producido en un flotador por el propio líquido contenido en el tanque del proceso, o aprovechando las características eléctricas del líquido.

Los instrumentos que utilizan características eléctricas del líquido se clasifican en: Medidores resistivos, conductivos, capacitivos, ultrasónicos, de radiación, de láser y de radar [7].

A seguir, son descritos brevemente los medidores antes mencionados:

3.3.1 Instrumentos basados en características eléctricas del líquido

El **medidor de nivel conductivo o resistivo** está conformado por uno o varios electrodos y un relé eléctrico dependiendo si es para líquidos con buena conductividad o un relé electrónico si es para líquidos con baja conductividad, que es excitado cuando el líquido está en contacto con dichos electrodos. El instrumento se emplea como alarma o control de nivel alto y bajo, como se muestra en la Figura 3.6.



Figura 3.6 Relé de Control de Nivel

El medidor de nivel conductivo es versátil sin partes móviles, y su campo de medida es grande, con la limitación física de la longitud de los electrodos. El líquido contenido en el tanque debe tener un mínimo de conductividad, y si su naturaleza lo exige, la corriente debe ser baja para evitar la deterioración del producto.

El medidor de capacidad mide la capacidad del condensador formado por el electrodo sumergido en el líquido y las paredes del tanque. La capacidad del conjunto depende linealmente del nivel del líquido.

3.4 Medidores de Caudal

Existen dos tipos de medidores, los volumétricos que determinan el caudal en volumen del fluido, y los de masa que determinan el caudal masa. Se reservan los medidores de volumétricos para la medida general de caudal y se destinan los medidores de caudal másico a aquellas aplicaciones en que la exactitud de la medida es importante.

3.4.1 Medidores de Flujo Volumétrico

Los medidores volumétricos determinan el caudal en volumen de fluido, bien sea directamente (desplazamiento), bien indirectamente por deducción o inferencia (presión diferencial, área variable, velocidad, fuerza, tensión inducida, torbellino)

3.5 Sensores de Temperatura

Existen diversos fenómenos que son influidos por la temperatura y que son utilizados para medirla:

- a) Variaciones en volumen o en estado de los cuerpos (sólidos, líquidos o gases)
- b) Variación de resistencia de un conductor (sondas de resistencia)
- c) Variación de resistencia de un semiconductor (termistores)
- d) F.e.m. creada en la unión de dos metales distintos (termopares)
- e) Intensidad de la radiación total emitida por el cuerpo (pirómetros de radiación)
- f) Otros fenómenos utilizados en laboratorio (velocidad del sonido de un gas, frecuencia de resonancia de un cristal, etc)

3.5.1 Termopares

Los termopares se basan en el efecto descubierto por Seebeck en 1821, de la circulación de una corriente en un circuito cerrado formado por dos metales diferentes cuyas uniones se mantienen a distinta temperatura. Esta circulación de corriente obedece a dos efectos termoeléctricos combinados, el efecto Peltier (año 1834) el cual consiste en provocar la liberación o absorción de calor en la unión de los metales distintos cuando una corriente circula a través de esta unión, y el efecto Thomson (año 1854) que consiste en la liberación o absorción de calor cuando una corriente circula a través de un metal homogéneo en el que existe un gradiente de temperatura.

Los termopares más comunes que se tienen son:

- a) Termopar tipo E, de cromel – constantán, puede usarse en vacío o en atmósfera inerte o medianamente oxidante o reductora. Este termopar posee la f.e.m. más alta por variación de temperatura. Es adecuado para temperatura entre -200 a 900°C
- b) Termopar tipo T, de cobre – constantán. Tiene una elevada resistencia a la corrosión por humedad atmosférica o condensación y puede utilizarse en atmósferas oxidantes o reductoras. Se prefiere generalmente para las medidas de temperatura entre -200 a 260°C.
- c) Termopar tipo J, de hierro – constantán, es adecuado en atmósferas con escaso oxígeno libre y para temperaturas entre -200 a 750°C. La oxidación del hilo de hierro aumenta rápidamente por encima de 550°C, siendo necesario un mayor diámetro del hilo hasta una temperatura límite de 750°C.
- d) Termopar tipo K, de cromel – alumel, se recomienda en atmósferas oxidantes y a temperaturas de trabajo entre 500°C y 1250°C. No debe ser utilizado en atmósferas reductoras ni sulfurosas a menos que esté protegido con un tubo de protección. Se utiliza para temperaturas entre -40°C a 1000°C.
- e) Termopar tipo R o S, de platino – platino rodio, se emplea en atmósferas oxidantes y temperaturas de trabajo hasta 1500°C. Si la atmósfera es reductora el termopar debe protegerse con un tubo cerámico estanco.

La Tabla 3.3 muestra las características de los termopares más comunes:

Tabla 3.3 Características de Termopares

Tipo	Composición	Rango de Temp. °C	Tolerancia Estandar	Tolerancia Especial	Sensibilidad $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
B	Platino -30% de rodio (+) / Platino -6% de rodio (-)	0 ÷ 1820	± 0.5%	-----	1 ÷ 5
E	Cromel (+) / Constantán (-) (Cromel = níquel - 10% cromo; constantán = cobre - níquel)	-270 ÷ 1000	± 1.7°C ó ± 0.5%	± 1°C ó ± 0.4%	70
J	Hierro (+) / Constantán (-)	-210 ÷ 760	± 2.2°C ó ± 0.75%	± 1.1°C ó ± 0.4%	30 ÷ 60
K	Cromel (+) / Alumel (-) (Alumel = Níquel - 5% Aluminio silicon)	-270 ÷ 1372	± 2.2°C ó ± 0.75%	± 1.1°C ó ± 0.4%	40
R	Platino - 13% Rodio (+) / Platino (-)	-50 ÷ 1768	± 1.5°C ó ± 0.25%	± 0.6°C ó ± 0.1%	5 ÷ 14
S	Platino - 10% Rodio (+) / Platino (-)	-50 ÷ 1768	± 1.5°C ó ± 0.25%	± 0.6°C ó ± 0.1%	5 ÷ 14
T	Cobre (+) / Constantán (-)	-270 ÷ 400	± 1°C ó ± 0.75%	± 0.5°C ó ± 0.4%	18 ÷ 62

3.6 Encoders Angulares

Un encoder es un dispositivo, circuito, transductor, software de programa o algoritmo que convierte información de un formato o código a otro, para los efectos de normalización.

Un encoder angular, también llamado codificador de eje o generador de pulsos, es un dispositivo electromecánico usado para convertir la posición angular de un eje a un código digital o análogo, lo que lo convierte en una clase de transductor, como se ilustra en la Figura 3.7.



Figura 3.7 Encoder angular

Dentro de la clasificación de encoders angulares se tiene 2 tipos encoders. Los encoders incrementales y los encoders absolutos.

Los encoders incrementales presentan un sistema de lectura que se basa en la rotación de un disco graduado con reticulado radial formado por líneas opacas, alternadas con espacios transparentes. Este conjunto está iluminado de modo perpendicular por una fuente de rayos infrarrojos, el disco proyecta de este modo su imagen sobre la superficie de varios receptores oportunamente enmascarados por otro reticulado que tiene el mismo paso del anterior. Los receptores tienen la tarea de detectar las variaciones de luz que se producen con el desplazamiento del disco, convirtiéndolas en las correspondientes variaciones eléctricas.

El principio de funcionamiento de un encoder absoluto es muy similar al de un encoder incremental, en el que un disco que gira, con zonas transparentes y opacas interrumpe un haz de luz captado por fotoreceptores, luego éstos transforman los impulsos luminosos en impulsos eléctricos los cuales son tratados y transmitidos por la electrónica de salida.

Respecto a los encoders incrementales, los encoders absolutos muestran importantes diferencias desde el punto de vista funcional. Mientras en los encoders incrementales la posición está determinada por el cómputo del número de impulsos con respecto a la marca

de cero, en los encoders absolutos la posición queda determinada mediante la lectura del código de salida, el cual es único para cada una de las posiciones dentro de la vuelta. Por consiguiente los encoders absolutos no pierden la posición real cuando se corta la alimentación (incluso en el caso de desplazamientos), hasta un nuevo encendido (gracias a una codificación directa en el disco), la posición está actualizada y disponible sin tener que efectuar, como en el caso de los encoders incrementales la búsqueda del punto de cero.

3.7 Controladores

Los controladores permiten al proceso cumplir su objetivo de transformación del material y realiza dos funciones esenciales:

- a) Compara la variable medida con la de referencia o deseada (punto de consigna) para determinar el error.
- b) Estabiliza el funcionamiento dinámico del lazo o bucle de control mediante circuitos especiales (acciones de control, o modos de control, o algoritmos de control) para reducir o eliminar el error.

3.7.1 Controladores Digitales

Los controladores digitales contienen un procesador o microprocesador (o CPU) y una memoria principal, comunicados entre sí y con los periféricos (teclado, monitor, unidad de discos, ratón, impresora, plotter y módem), a través de los canales de señales o buses: el bus de datos, el bus de direcciones y el bus de control.

El procesador o microprocesador contiene:

La unidad aritmética y lógica (ALU) que efectúa las operaciones aritméticas básicas de suma, resta, y que dispone de los operadores lógicos de comparación.

La unidad de control constituye el verdadero “cerebro” del ordenador y organiza el trabajo de la unidad aritmética y lógica, mediante los pulsos de frecuencia del reloj del microprocesador, que determina el tiempo de ejecución de las tareas confiadas al ordenador.

El bus de datos transfiere datos o instrucciones de modo bidireccional entre el microprocesador y la memoria principal.

El bus de direcciones parte del microprocesador indicando a la memoria principal la dirección exacta de la memoria donde están almacenados los datos.

El bus de control se encarga de transportar las señales de control que activan los componentes del ordenador en el momento adecuado, como si fueran estímulos nerviosos provocados y de corta duración.

La memoria principal del ordenador almacena los datos, instrucciones y resultados obtenidos en grupos de 8 bits. Fundamentalmente hay dos tipos de memoria: ROM (Read Only Memory) y RAM (Random Access Memory)

Existen controladores digitales individuales, en particular para procesos discontinuos, que llevan a cabo un control multifunción, actúan como instrumentos reguladores (para variables como la presión, el caudal, el nivel, la temperatura, etc) con control lógico y control secuencial, efectúan operaciones aritméticas, monitorizan entradas y salidas, y tienen capacidad gráfica con representación del balance de materias.

Los controladores digitales permiten el ajuste de sus acciones de control ante las perturbaciones periódicas del proceso, por este motivo pueden trabajar con varios algoritmos de control de P+I+D.

3.7.2 Controladores Lógicos Programables (PLC)

El PLC es un dispositivo electrónico digital con memoria programable para almacenar instrucciones que implementan funciones como: lógica secuencial, de tiempo y de cuenta, cálculos aritméticos, etc. usado para el control de máquinas y procesos [8].

Los PLC's fueron concebidos inicialmente como una alternativa más eficiente a la lógica de control en sistemas discretos; es decir, aquellos en los que las variables son variables discretas binarias (on/off); inclusive, de allí el origen del nombre "controlador lógico". Sin embargo, actualmente su campo de acción abarca el procesamiento, totalización o regulación de variables continuas y analógicas

3.8 Elementos Finales de Control

Un elemento final de control es un dispositivo que recibe una señal de control con el fin de alterar la variable manipulada. Entre los elementos finales de control se tiene como ejemplo variadores de frecuencia y motores eléctricos, una válvula de control, un relé o un amortiguador.

El elemento final de control se divide en dos partes: Un actuador que convierte la señal del controlador en un comando para el dispositivo manipulador, y un mecanismo para ajustar la variable manipulada.

3.8.1 Actuadores de Velocidad Variable

Los actuadores de velocidad variable gobiernan la velocidad de bombas centrífugas, compresores, motores, variando así el caudal de fluido o velocidad de la maquinaria.

Para lograr regular la velocidad de los motores, se emplea un controlador especial que recibe el nombre de variador de velocidad. Un variador de velocidad puede consistir en la

combinación de un motor eléctrico y el controlador que se emplea para regular la velocidad del mismo. La combinación de un motor de velocidad constante y de un dispositivo mecánico que permita cambiar la velocidad de forma continua, también puede ser designada como variador de velocidad.

Un variador de frecuencia (VFD) es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor, consiste generalmente en un motor de AC, un controlador y una interfaz operadora. Un variador de frecuencia es un caso especial de un variador de velocidad. Los variadores de frecuencia son también conocidos como unidad de frecuencia ajustable (AFD), unidades de AC, micro unidades o inversores, dado que el voltaje es variado a la vez que la frecuencia, a veces son llamados unidades VVVF (variador de voltaje variador de frecuencia).

El motor usado en un sistema VFD es normalmente un motor de inducción trifásico, algunos tipos de motores monofásicos pueden ser igualmente usados, pero los motores de tres fases son normalmente preferidos. Varios tipos de motores síncronos ofrecen ventajas en algunas situaciones, pero los motores de inducción son más apropiados para la mayoría de propósitos y son generalmente la elección más económica. Motores diseñados para trabajar a velocidad fija son usados habitualmente, pero la mejora de los diseños de motores estándar aumenta la fiabilidad y consigue mejor rendimiento del VFD.

El controlador de dispositivo de variación de frecuencia está formado por dispositivos de conversión electrónicos de estado sólido. El diseño habitual primero convierte la energía de entrada CA en CC usando un puente rectificador; la energía intermedia CC es convertida en una señal cuasi senoidal de CA usando un circuito inversor conmutado; el rectificador es usualmente un puente trifásico de diodos, pero también se usan rectificadores controlados. Debido a que la energía es convertida en continua, muchas unidades aceptan entradas tanto monofásicas como trifásicas (actuando como un *convertidor de fase*, un variador de velocidad) [9]

3.8.2 Electroválvulas

Una electroválvula es una válvula electromecánica, diseñada para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto como puede ser una tubería. La válvula está controlada por una corriente eléctrica a través de una bobina solenoidal.

Este tipo de válvulas son controladas variando la corriente que circula a través de un solenoide. Esta corriente, al circular por el solenoide, genera un campo magnético que

atrae un émbolo móvil, como se ilustra en las Figuras 3.8a y 3.8b. Por lo general estas válvulas operan de forma completamente abierta o completamente cerrada, aunque existen aplicaciones en las que se controla el flujo en forma lineal. Al finalizar el efecto del campo magnético, el émbolo vuelve a su posición por efecto de la gravedad, un resorte o por presión del fluido a controlar.

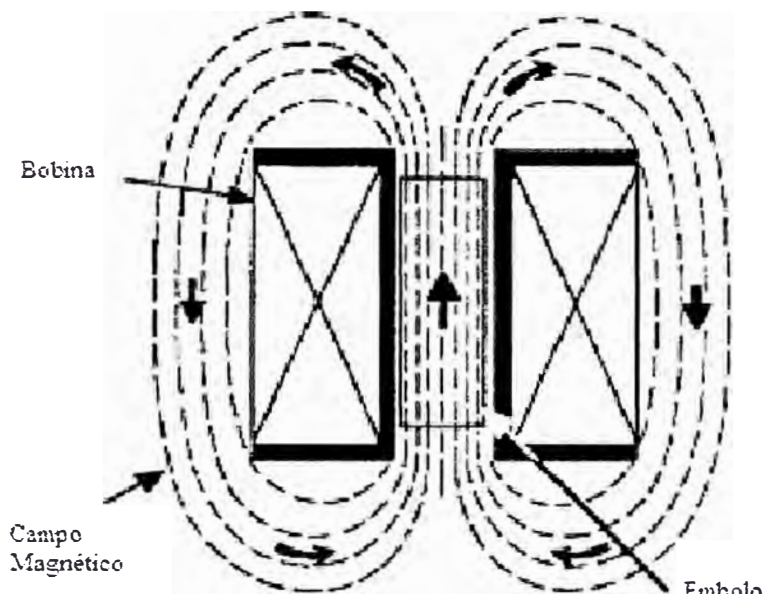


Figura 3.8a Campo producido por una bobina

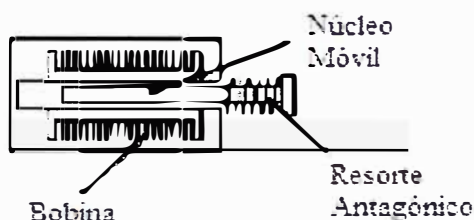


Figura 3.8b Movimiento del émbolo dentro de una bobina

Existen muchos tipos de válvulas de solenoide. Todas ellas trabajan con el principio físico antes descrito, sin embargo se pueden agrupar de acuerdo a su aplicación, construcción o forma:

Según su aplicación: Acción Directa u Operadas mediante piloto.

Según su construcción: Normalmente abierta o Normalmente cerrada.

Según su forma: De acuerdo al número de vías

En las **válvulas de acción directa**, el émbolo móvil controla el flujo debido al efecto de la fuerza de origen magnético directamente.

En las **válvulas operadas mediante piloto** se basan en una combinación de la bobina solenoide, descrita anteriormente, y la presión de la línea. En este tipo de válvulas, el émbolo está unido a un vástago de aguja, que a su vez cubre un orificio piloto en vez del puerto principal. Existen tres tipos básicos de válvulas operadas por piloto: pistón flotante, diafragma flotante y diafragma capturado.

Otra especificación de las válvulas de solenoide corresponde a agruparlas según su construcción, ya fuera como normalmente abierta o normalmente cerrada. Básicamente, para el caso de las válvulas solenoides la especificación dependerá del sentido en que actúe la fuerza de la bobina sobre el émbolo. Para las válvulas de acción directa, en los casos en que la aplicación de energía a la bobina abra el puerto principal se hablará de una situación normalmente cerrada, ya que este será el estado de la válvula desenergizada. En cuanto a las válvulas operadas por piloto, será normalmente abierta cuando el solenoide deba ser energizado de tal forma que produzca un desequilibrio de presiones para forzar el cerrado del pistón o diafragma. En algunos casos, la válvula estará normalmente abierta gracias a un resorte que forzará la apertura del pistón y ejercerá una fuerza opuesta a la del émbolo.

De acuerdo a su forma, las válvulas se pueden clasificar según la cantidad de entradas y/o salidas que ella posee. De esta manera, los tres tipos principales de válvulas son las de dos, tres y cuatro vías.

Las **válvulas de dos vías** son el tipo de válvulas solenoides más comunes, ya que poseen una conexión de entrada y una de salida, controlando el flujo del fluido en una sola línea.

Las **válvulas de tres vías** tienen una conexión de entrada que es común a dos conexiones de salida distintas. Las válvulas de tres vías son, básicamente, una combinación de la válvula de dos vías normalmente cerrada y de la válvula de dos vías normalmente abierta, en un solo cuerpo y con una sola bobina. La mayoría de estas válvulas son operadas por piloto.

Las **válvulas de cuatro vías** son conocidas comúnmente como válvulas reversibles. Estas poseen una entrada y tres salidas.

CAPÍTULO IV INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA EN EL PROCESO DE ENVASADO ASÉPTICO

En este capítulo se tratará acerca de la instrumentación electrónica utilizada en el proceso de envasado aséptico, y se hará el análisis de la evaluación realizada, presentando las principales consideraciones que se debe tener para la elección de la instrumentación a utilizar en las distintas etapas del proceso de envasado aséptico.

Una manera práctica de enfocar este trabajo es a través de las etapas del proceso en mención, como se describirá a continuación. En la Figura 4.1 se ilustra los elementos de la instrumentación utilizada en el proceso, tales como:

- Unidad de Alimentación
- Baño de Peróxido de Hidrógeno
- Cámara de Secado
- Cámara Aséptica
- Sistemas de Mordazas
- Sistema de Aire Estéril

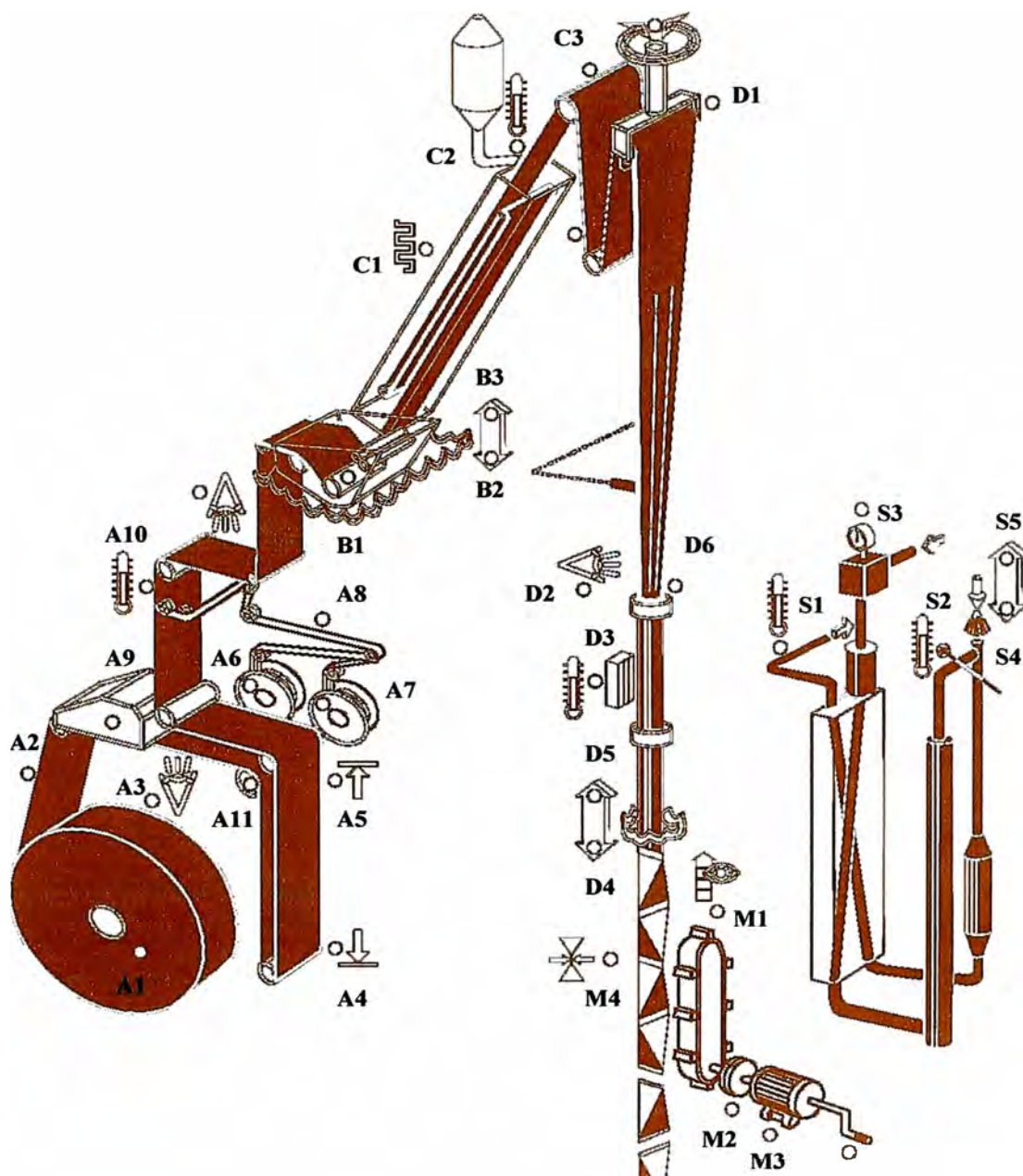


Figura 4.1 Identificación de la Instrumentación en el Proceso

4.1 Unidad de Alimentación

La unidad de alimentación proporciona el suministro de material necesario de modo que la máquina no se detenga, el cual considera la siguiente instrumentación, como se ilustra en la Figura 4.2:

- Sensores fotoeléctricos A1, A2, A3
- Sensores inductivos A4, A5, A6, A7, A8
- Interruptor de posición A9
- Termopar A10

- Variador de velocidad A11

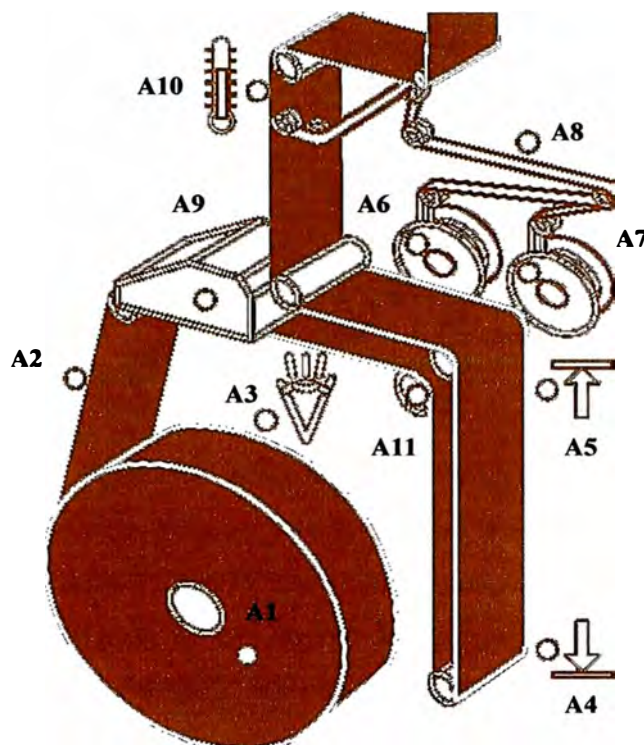


Figura 4.2 Identificación de la Instrumentación en la Unidad de Alimentación

4.1.1 Sensores Fotoeléctricos A1 / A2

Estos sensores son de tipo fotoeléctrico los cuales cuentan con dos sensores, un emisor y otro receptor, como se muestra en la Figura 4.3. En el caso del sensor A1, el receptor se encarga de enviar la señal al PLC cuando detecta el nivel bajo de material de envasado. En el caso del sensor A2 envía una señal al PLC cuando detecta que el material de envasado está roto.

Entre sus características técnicas se tiene lo siguiente:

- Marca / Modelo: OMRON / E3S-CT61-D
- Distancia de detección: 30 m
- Angulo direccional: Emisor y Receptor: 3° a 15°
- Fuente de luz: Led infrarrojo
- Tiempo de respuesta: 1 ms
- Suministro de Voltaje: 10 a 30 VDC
- Corriente de máxima de salida: 100 mA.
- Rango de Temperatura: -25°C a 55°C
- Dimensiones: 20 x 57 x 23 mm



Figura 4.3 Sensores Fotoeléctricos

Al conocer las características básicas de este tipo de sensores, se puede buscar otras alternativas en el mercado actual, para lo cual se debe tener a consideración los siguientes puntos: Distancia de detección del objeto, ángulo direccional, tiempo de respuesta, voltaje de alimentación que se tiene, corriente máxima de salida, el rango de la temperatura de operación, y las dimensiones del instrumento.

4.1.2 Sensor Fotoeléctrico A3

Este sensor es de tipo fotoeléctrico de detección difusa, como se ilustra en la Figura 4.4. Este se encarga de enviar la señal al PLC cuando detecta una lectura incorrecta del sensor de diseño de empalme en la banda del material, es decir cuando la banda del material se sale de la guía, el sensor lo detecta.

Entre sus características técnicas se tiene lo siguiente:

- Marca / Modelo: SICK / KT3W-P1116
- Distancia de sensibilidad: 12.5 mm
- Tolerancia a la distancia sensible: ± 2 mm
- Fuente de luz: Led rojo, verde, azul
- Suministro de Voltaje: 12 a 24 VDC
- Frecuencia de conmutación: 10 kHz
- Tiempo de respuesta: 50 μ s
- Corriente máxima de salida: 100 mA.
- Rango de Temperatura: -10°C a 55°C
- Dimensiones: 12 x 40 x 22 mm



Figura 4.4 Sensor Fotoeléctrico

Para la elección de este tipo de sensores fotoeléctricos se debe tener a consideración los siguientes puntos: Distancia de sensibilidad, tolerancia a la distancia de sensibilidad, voltaje de alimentación que se tiene, frecuencia de conmutación, tiempo de respuesta, corriente máxima de salida, el rango de la temperatura de operación, y las dimensiones del instrumento.

4.1.3 Sensores Inductivos A4 / A5

Los sensores A4 y A5 son de tipo inductivo, como se ilustran en la Figura 4.5, los cuales se encargan de enviar las señales al PLC, cuando están detectando el rodillo pulmón. El sensor A4 detecta que el rodillo pulmón se encuentra en el nivel inferior, es decir que cuenta con suficiente material de envase. El sensor A5 detecta que el rodillo se encuentra en el nivel superior, es decir que no hay suficiente material de envase, lo cual manda la señal al PLC para que pare el equipo debido a este problema.

Entre sus características técnicas se tiene lo siguiente:

- Marca / Modelo: OMRON / E2EG-X5MB1-5M
- Sensibilidad a distancia: 5 mm \pm 10%
- Objetos sensibles: Metales magnéticos
- Suministro de Voltaje: 12 a 24 VDC
- Respuesta de Frecuencia: 0.4 kHz
- Corriente máxima de salida: 200 mA
- Rango de Temperatura: -40°C a 70°C
- Dimensiones: 48 x 21 mm

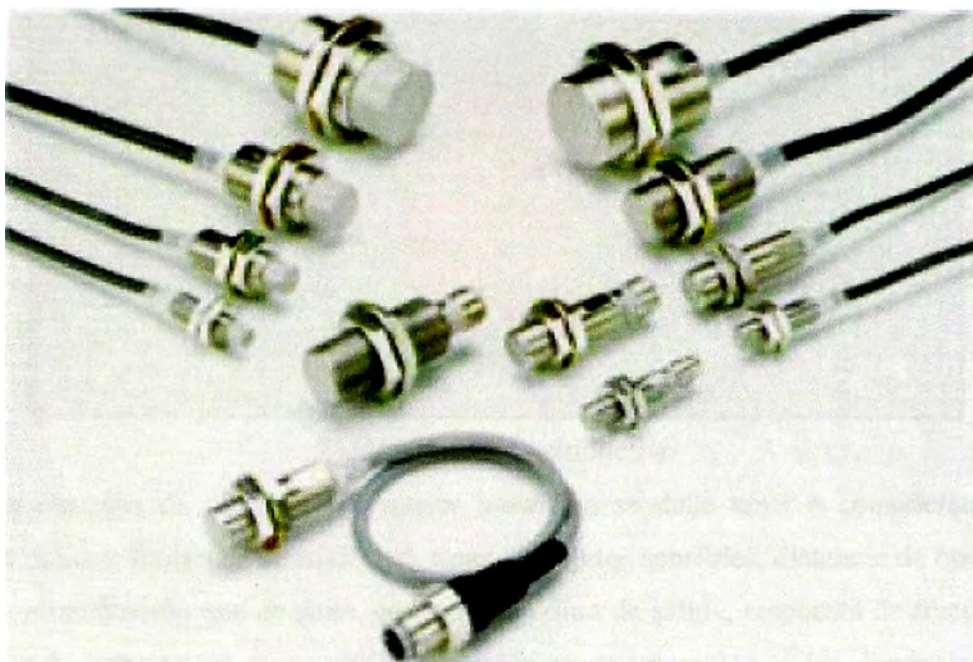


Figura 4.5 Sensores Inductivos

Para la elección de un tipo de sensor inductivo se debe tener a consideración los siguientes puntos: Rango de sensibilidad, tipos de objetos sensibles, distancia de operación, voltaje de alimentación que se tiene, corriente máxima de salida, respuesta de frecuencia a la cual puede trabajar, el rango de la temperatura de operación y las dimensiones del sensor.

4.1.4 Sensores Inductivos A6 / A7

Los sensores A6 y A7 son de tipo inductivo, como se ilustra en la Figura 4.6, los cuales se encargan de enviar las señales al PLC, cuando detectan que el carrete de tira SL está vacío. En este caso son dos sensores, divididos uno para cada carrete de tira.

Entre sus características técnicas se tiene lo siguiente:

- Marca / Modelo: ESSEN / IN5227-IN3002-BPKG
- Rango de Sensibilidad Real: 2 mm \pm 10%
- Distancia de Operación: 0...1.6
- Voltaje de Operación: 10 a 55 VDC
- Respuesta de Frecuencia: 1.4 kHz
- Corriente máxima de salida: 200 mA
- Rango de Temperatura: -25°C a 80°C
- Indicación de estado de salida: Led amarillo
- Dimensiones: 12 x 40 x 26 mm

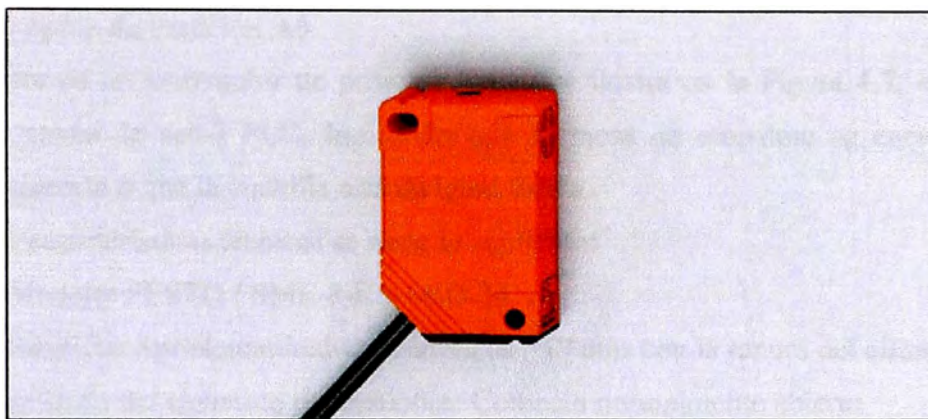


Figura 4.6 Sensor Inductivo

Para la elección de este tipo de sensor inductivo se debe tener a consideración los siguientes puntos: Rango de sensibilidad, tipos de objetos sensibles, distancia de operación, voltaje de alimentación que se tiene, corriente máxima de salida, respuesta de frecuencia a la cual puede trabajar, el rango de la temperatura de operación y las dimensiones del sensor.

4.1.5 Sensor Inductivo A8

Al igual que los sensores A6 y A7, este sensor A8 es de tipo inductivo, el cual se encarga de enviar la señal al PLC, cuando detecta que la tira de SL está rota.

Entre sus características técnicas se tiene lo siguiente:

- Marca / Modelo: ESSEN / IN5329-IN3002-BPKG
- Rango de Sensibilidad Real: 2 mm \pm 10%
- Distancia de Operación: 0...1.6
- Voltaje de Operación: 10 a 36 VDC
- Respuesta de Frecuencia: 1.4 kHz
- Corriente máxima de salida: 200 mA
- Rango de Temperatura: -25°C a 80°C
- Indicación de estado de salida: Led amarillo

Según lo observado, este sensor A8 mantiene casi las mismas características técnicas que los sensores A6 y A7, y se diferencia de éstos, en el voltaje de operación.

Por consiguiente para la elección de este tipo de sensor inductivo se debe tener a consideración los siguientes puntos: Rango de sensibilidad, tipos de objetos sensibles, distancia de operación, voltaje de alimentación que se tiene, corriente máxima de salida, respuesta de frecuencia a la cual puede trabajar, el rango de la temperatura de operación y las dimensiones del sensor.

4.1.6 Interruptor de Posición A9

Este sensor es un interruptor de posición, como se ilustra en la Figura 4.7, el cual se encarga de enviar la señal PLC, indicando que la mesa de empalme se encuentra en posición incorrecta o que la cuchilla está de igual forma.

Entre sus características técnicas se tiene lo siguiente:

- Marca / Modelo: FESTO / SME-8-K5-LED-24
- Tipo de Fijación: Aprisionamiento en ranura en “T” aras con la ranura del cilindro
- Funcionamiento del elemento de maniobra: Contacto normalmente abierto
- Voltaje de Operación: 12 a 30 VDC
- Voltaje de Operación: 12 a 30 VAC
- Corriente máxima de salida: 500 mA
- Potencia máxima de conmutación en DC: 10 W
- Rango de Temperatura: -20°C a 70°C
- Información sobre el material del cuerpo: PET
- Indicación de estado de salida: Led amarillo



Figura 4.7 Interruptor de Posición

Para la elección de un tipo de interruptor de posición se debe tener a consideración los siguientes puntos: Tipo de fijación, tipo de contacto en el cual se mantiene, voltaje de operación, corriente máxima de salida, potencia máxima de conmutación, información del material del instrumento, y el rango de la temperatura de operación.

4.1.7 Termopar A10

Este sensor es un termopar también llamado termocupla, el cual se encarga de monitorear la temperatura del aplicador de tira (AT); esta señal enviada en forma análoga es enviada a un controlador, quien a su vez al detectar una temperatura fuera de los límites establecidos envía una señal digital al PLC para que tome una acción.

Entre sus características principales está el tipo de termocupla que utiliza, que en este caso es de tipo K, material cromo – aluminio, y la longitud del cable que lleva la señal de medición al controlador con el cual trabaja, que en este caso es 10 metros.

4.1.8 Variador de Velocidad A11

Esta alarma indica que hay una falla en el motor de entrada de papel, este motor es monitoreado por un variador de velocidad, el cual se encarga de enviar una señal hacia al PLC cuando detecta algún problema en el motor.

Entre sus principales características de este variador de frecuencia se tiene:

- Marca / Modelo: POWERFLEX / 22A-A2P3N104
- Fase del voltaje de entrada: Monofásica 200 - 240 VAC
- Fase del voltaje de salida: Trifásica 0 - 230 VAC
- Máxima Potencia y consumo de corriente: 0.5 HP / 2.3 A
- Entradas de control análogo y digital
- Salida de Frecuencia: 0 – 240 Hz (Programable)
- Dimensiones: 80 x 185 x 136 mm, con montaje en panel

Para la elección de un tipo de variador se debe tener a consideración los siguientes puntos: Dimensiones del variador, fase del voltaje de entrada, fase del voltaje de salida, máxima potencia y consumo de corriente, tipo de entradas de control (analógico o digital), y salida de frecuencia.

En la Tabla 4.1 contiene el resumen de la instrumentación utilizada en la primera etapa del envasado aséptico.

Tabla 4.1 Instrumentación electrónica utilizada en la Unidad de Alimentación

Tipo de Instrumentación	Marca	Modelo	Señal de Salida a Control	Tag
Sensor Fotoeléctrico	OMRON	E3S-CT61-D	Módulo A905 de PLC	A1
Sensor Fotoeléctrico	OMRON	E3S-CT61-D	Módulo A905 de PLC	A2
Sensor Fotoeléctrico	SICK	KT3W-P1116	Módulo A902 de PLC	A3
Sensor Inductivo	OMRON	E2EG-X5MB1-5M	Módulo A908 de PLC	A4
Sensor Inductivo	OMRON	E2EG-X5MB1-5M	Módulo A908 de PLC	A5
Sensor Inductivo	ESSEN	IN5227-IN3002-BPKG	Módulo A908 de PLC	A6
Sensor Inductivo	ESSEN	IN5227-IN3002-BPKG	Módulo A908 de PLC	A7
Sensor Inductivo	ESSEN	IN5329-IN3002-BPKG	Módulo A905 de PLC	A8
Interruptor de Posición	FESTO	SME-8-K5-LED-24	Módulo A909 de PLC	A9
Termopar	TELEMETRIC ALT. PENTRONIC	T11A3846-CR-AL	Controlador A021	A10
Variador de Velocidad	POWERFLEX	22A-A2P3N104	Módulo A904 de PLC	A11

4.2 Baño de Peróxido de Hidrógeno

El baño de peróxido de hidrógeno proporciona la esterilidad del material de envasado, para lo cual considera la siguiente instrumentación, como se ilustra en la Figura 4.8:

- Sensores magnético B1
- Electrodo B2 y B3

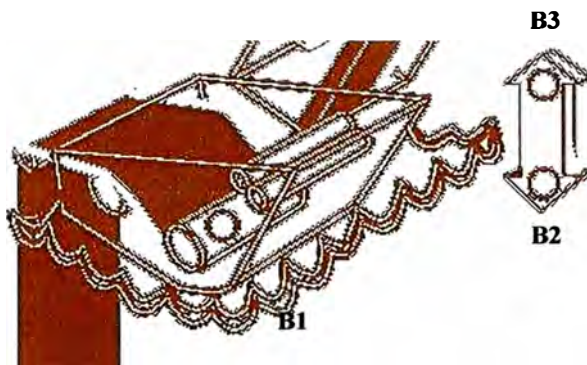


Figura 4.8 Identificación de la Instrumentación en el Baño de Peróxido

4.2.1 Sensor Magnético B1

Este tipo de sensor es de tipo magnético, como se ilustra en la Figura 4.9, el cual se encarga de enviar una señal al PLC cuando detecta que los rodillos exprimidores de papel están en posición incorrecta.



Figura 4.9 Sensor Magnético B1

Para la elección de un tipo de sensor magnético se debe tener a consideración los siguientes puntos: Dimensiones del sensor, distancia de operación, rango de sensibilidad, rango de temperatura de operación, voltaje de alimentación que se tiene, corriente máxima de salida, y respuesta de frecuencia a la cual puede trabajar

4.2.2 Electrodo B2 / B3

Estos sensores son electrodos, los cuales se encargan de detectar el nivel del baño de peróxido. En el caso del sensor B2 es un electrodo que envía una señal a la entrada del Relé de control de nivel, indicando nivel bajo del baño de peróxido. En el caso del sensor B3 es un electrodo que envía una señal a otra entrada del Relé de control de nivel indicando el nivel alto del baño de peróxido.

Entre las principales características del Relé de control de nivel se tiene:

- Marca / Modelo: Schneider Electric / RM4LA32
- Tipo de Relé: Relé de control de nivel de líquido
- Parámetros de Medición: Detección por ondas resistivas
- Tiempo de retardo: 0.....10 seg
- Salida de contactos: 2 C/O
- Máximo Voltaje del electrodo: 24VDC
- Máxima Corriente del electrodo: 1mA
- Longitud de cable: < 1000 m
- Escala de sensibilidad:
 - 0.25.....5kOhm (Sensibilidad baja)
 - 2.5.....50kOhm (Sensibilidad estándar)
 - 25.....500kOhm (Sensibilidad alta)
- Rango de Temperatura: -20°C a 65°C

Para la elección de un relé de control de nivel se debe tener a consideración los siguientes puntos: tipo de producto a medir, tipo de relé, parámetros de medición, tiempo de retardo, número de salida de contactos, máximo voltaje y corriente del electrodo, longitud del cable donde se envía la señal, y el rango de la temperatura de operación.

La Tabla 4.2 contiene el resumen de la instrumentación utilizada en la segunda etapa del envasado aséptico.

Tabla 4.2 Instrumentación electrónica utilizada en el Baño de Peróxido

Instrumento	Marca	Modelo	Señal de Salida a Control	Tag
Sensor Magnético	REXROTH	2750-1-5111-1W. Adapter PNP	Módulo A906 de PLC	B1
Electrodos de Nivel	SCHNEIDER ELECTRIC	RM4LA32	Relé de Control de Nivel A031	B2 / B3

4.3 Cámara de Secado

La cámara de secado proporciona la esterilidad del material de envasado y se encarga de retirar los rastros de peróxido adheridos al mismo, para lo cual se considera la siguiente instrumentación, como se ilustra en la Figura 4.10:

- Termocuplas C1 y C2
- Variador de Velocidad C3

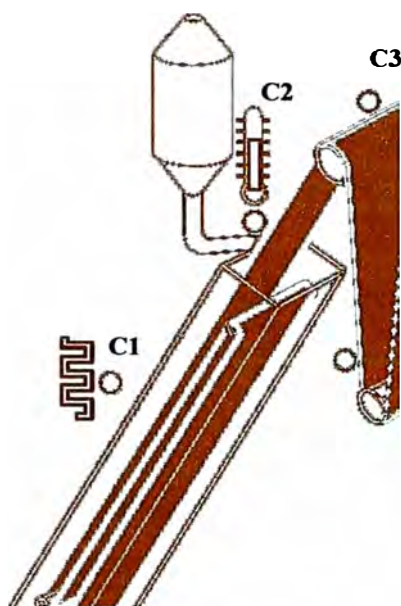


Figura 4.10 Identificación de la Instrumentación en la Cámara de Secado

4.3.1 Termocuplas C1 / C2

Estos sensores son termocuplas, como se ilustra en la Figura 4.11. El sensor C1 se encarga de monitorear la temperatura de la cámara de secado, y el sensor C2 se encarga de monitorear la temperatura del papel a la salida de la cámara de calentamiento, estas señales son enviadas en forma análoga a sus respectivos controladores, quienes a su vez al detectar temperaturas fuera de los límites establecidos envían una señal digital al PLC para que tome una acción.

Entre las principales características de esta termocupla se tiene:

- Marca / Modelo: Anritsu / WE-11K-TS1-W
- Tipo de Termocupla: Tipo K
- Rango de temperatura: -50 a 250°C
- Tolerancia: $\pm 2.5^{\circ}\text{C}$
- Tiempo de respuesta: 0.5 seg
- Dimensiones: $\varnothing 20 \text{ mm} \times 34 \text{ mm}$
- Longitud de cable: 1 m



Figura 4.11 Termocupla tipo K

Para la elección de un tipo de termocupla se debe tener a consideración los siguientes puntos: Dimensiones de la termocupla, tipo de termocupla, rango de la temperatura del proceso a medir, tolerancia de medición, tiempo de repuesta, y longitud del cable donde se va llevar la señal medida por la termocupla.

4.3.2 Variador de Velocidad C3

Esta alarma indica que hay una falla en el motor de tensión de papel, este motor es monitoreado por un variador de velocidad, el cual se encarga de enviar una señal hacia al PLC cuando detecta algún problema en el motor.

Entre sus principales características de este variador de frecuencia se tiene:

- Marca / Modelo: POWERFLEX / 22A-A2P3N104
- Fase del voltaje de entrada: Monofásica 200 - 240 VAC
- Fase del voltaje de salida: Trifásica 0 - 230 VAC
- Máxima Potencia y consumo de corriente: 0.5 HP / 2.3 A
- Entradas de control análogo y digital
- Salida de Frecuencia: 0 – 240 Hz (Programable)
- Dimensiones: 80 x 185 x 136 mm,
- Con montaje en panel

Para la elección de un tipo de variador se debe tener a consideración los siguientes puntos: Dimensiones del variador, fase del voltaje de entrada, fase del voltaje de salida, máxima potencia y consumo de corriente, tipo de entradas de control (analógico o digital), y salida de frecuencia.

La Tabla 4.3 contiene el resumen de la instrumentación utilizada en la tercera etapa del envasado aséptico.

Tabla 4.3 Instrumentación utilizada en la Cámara de Secado

Instrumento	Marca	Modelo	Señal de Salida a Control	Tag
Termocupla	ANRITSU	WE-11K-TS1-W Tipo K	Controlador A025	C1
Termocupla	ANRITSU	WE-11K-TS1-W Tipo K	Controlador A026	C2
Variador de Velocidad	PowerFlex	22A-A2P3N104	Módulo A904 de PLC	C3

4.4 Cámara Aséptica

La cámara aséptica proporciona la formación del material de envasado en forma de tubo para realizar el sellado longitudinal y mantiene la asepsia del sistema, para lo cual se considera la siguiente instrumentación, como se ilustra en la Figura 4.12:

- Sensor Magnético D1
- Sensor Fotoeléctrico D2
- Termopar D3
- Electrodo D4 y D5
- Sensor Inductivo D6



Figura 4.12 Identificación de la Instrumentación en la Cámara Aséptica

4.4.1 Sensor Magnético D1

Este tipo de sensor es de tipo magnético, al igual que el sensor B1, el cual se encarga de enviar una señal al PLC cuando detecta la posición incorrecta de las abrazaderas del rodillo doblador superior.

Para la elección de un tipo de sensor magnético se debe tener a consideración los siguientes puntos: Dimensiones del sensor, distancia de operación, rango de sensibilidad, rango de temperatura de operación, voltaje de alimentación que se tiene, corriente máxima de salida, y respuesta de frecuencia a la cual puede trabajar.

4.4.2 Sensor Fotoeléctrico D2

Este sensor es de tipo fotoeléctrico de detección difusa, como se ilustra en la Figura 4.13. Este se encarga de enviar la señal al PLC cuando hay una lectura incorrecta del sensor de corrección de diseño.

Entre sus características principales se tiene:

- Marca / Modelo: WENGLOR / UF44PA3S365
- Rango óptico: 400 mm
- Fuente de Luz: Azul
- Tiempo de servicio: 100000 horas
- Angulo de Apertura: 12°
- Voltaje de alimentación: 10 a 30 VDC
- Frecuencia de conmutación: 150 Hz
- Tiempo de respuesta: 3300 μ s
- Corriente máxima de salida: 200 mA
- Rango de Temperatura: -25°C a 60°C



Figura 4.13 Sensor Fotoeléctrico

Para la elección de este tipo de sensores fotoeléctricos se debe tener a consideración los siguientes puntos: Rango óptico, ángulo de apertura, voltaje de alimentación que se tiene, tiempo de respuesta, frecuencia de conmutación, corriente máxima de salida, y el rango de la temperatura de operación.

4.4.3 Termopar D3

Este sensor es un termopar o más conocido como termocupla, la cual se encarga de monitorear la temperatura del SL, esta señal enviada en forma análoga es enviada a un controlador, quien a su vez al detectar una temperatura fuera de los límites establecidos envía una señal digital al PLC para que tome una acción.

Su característica principal es el tipo de termocupla que utiliza, que en este caso es tipo J.

4.4.4 Electrodo D4 / D5

Estos sensores son electrodos, los cuales se encargan de detectar el nivel de producto dentro del tubo de llenado. Estos mandan la señal a una tarjeta electrónica que monitorea el nivel del producto, ésta envía una señal al PLC, quien a su vez manda a modular la válvula de ingreso de producto, a través de un transductor I/P, como se ilustra en la Figura 4.14.

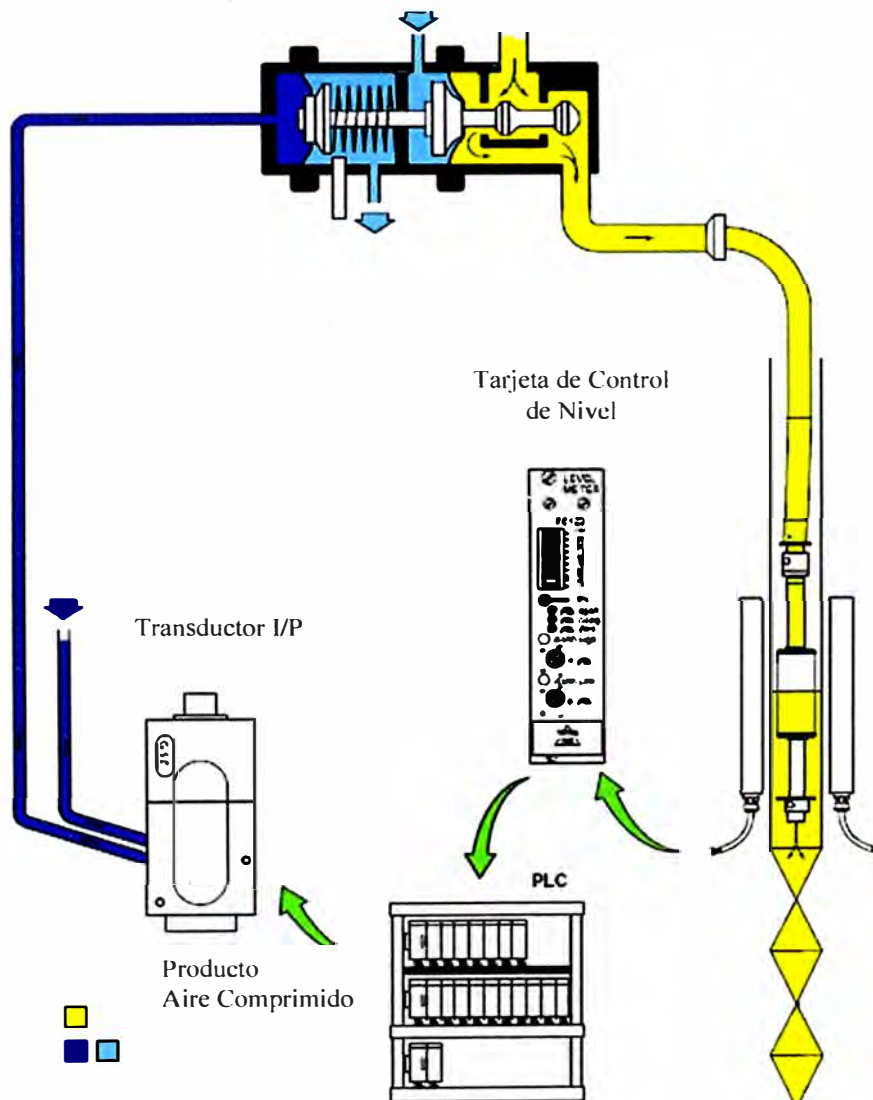


Figura 4.14 Sistema de llenado

4.4.5 Sensor Inductivo D6

El sensor D6 es de tipo inductivo, el cual se encarga de enviar una señal al PLC, cuando detecta que la tubería de limpieza se encuentra en posición incorrecta.

Entre sus características técnicas se tiene lo siguiente:

- Marca / Modelo: OMRON / E2EG-X5MB1-5M
- Sensibilidad a distancia: 5 mm \pm 10%
- Objetos sensibles: Metales magnéticos:
- Suministro de Voltaje: 12 a 24 VDC
- Respuesta de Frecuencia: 0.4 kHz
- Corriente máxima de salida: 200 mA
- Rango de Temperatura: -40°C a 70°C
- Dimensiones: 48 x 21 mm

Para la elección de un tipo de sensor inductivo se debe tener a consideración los siguientes puntos: Rango de sensibilidad, tipos de objetos sensibles, distancia de operación, voltaje de alimentación que se tiene, corriente máxima de salida, respuesta de frecuencia a la cual puede trabajar, el rango de la temperatura de operación y las dimensiones del sensor.

La Tabla 4.4 contiene el resumen de la instrumentación utilizada en la cuarta etapa del envasado aséptico

Tabla 4.4 Instrumentación utilizada en la Cámara Aséptica

Instrumento	Marca	Modelo	Señal de Salida a Control	Tag
Sensor Magnético	REXROTH	2750-1-5111-1W. Adapter PNP	Módulo A908 de PLC	D1
Sensor Fotoeléctrico	WENGLOR	UF44PA3S365	Módulo A906 de PLC	D2
Termopar	TELEMETRIC ALT. PENTRONIC	A41-A80868	Controlador A020	D3
Electrodo de Nivel	TETRAPAK		Tarjeta de Control de Nivel A006	D4 / D5
Sensor Inductivo	OMRON	E2EG-X5MB1-5M	Módulo A906 de PLC	D6

4.5 Sistema de Mordazas

El sistema de mordazas proporciona el corte transversal del material de envasado, para lo cual se considera la siguiente instrumentación, como se ilustra en la Figura 4.15:

- Sensor Alarma M1
- Sensor Inductivo M2

- Variador de Velocidad M3
- Generador de Pulsos TPIH M4

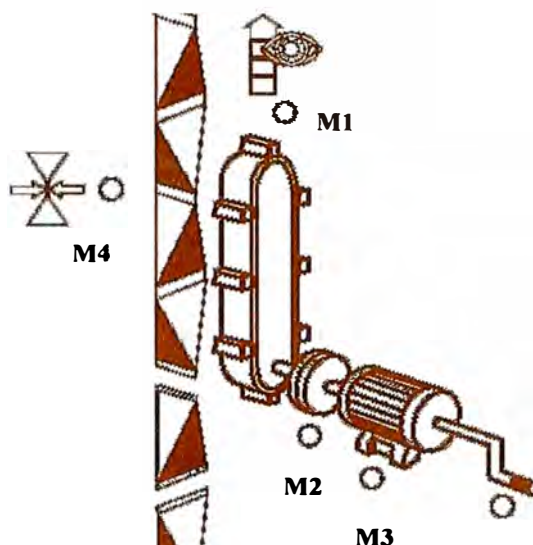


Figura 4.15 Identificación de la Instrumentación en el Sistema de Mordazas

4.5.1 Sensor Alarma M1

Esta alarma indica la posición incorrecta de diseño, y es detectada por dos instrumentos de medición, uno es a través de un sensor fotoeléctrico, y el otro es a través de un encoder angular, quienes al detectar una posición incorrecta de diseño o al no cumplir la secuencia de trabajo envían una señal al PLC, para que tome una acción.

Entre las características principales del sensor fotoeléctrico se tiene:

- Marca / Modelo: WENGLOR / UF44PA3S365
- Rango óptico: 400 mm
- Fuente de Luz: Azul
- Tiempo de servicio: 100000 horas
- Angulo de Apertura: 12°
- Voltaje de alimentación: 10 a 30 VDC
- Frecuencia de conmutación: 150 Hz
- Tiempo de respuesta: 3300 μ s
- Corriente máxima de salida: 200 mA
- Rango de Temperatura: -25°C a 60°C

Para la elección de este tipo de sensores fotoeléctricos se debe tener a consideración los siguientes puntos: Rango óptico, ángulo de apertura, voltaje de alimentación que se tiene, tiempo de respuesta, frecuencia de conmutación, corriente máxima de salida, y el rango de la temperatura de operación.

Entre las características principales del encoder se tiene:

- Marca / Modelo: LEINE & LINDE / 670900132
- Código: Gray
- Voltaje de alimentación: 9 - 30 VDC
- Resolución: Máximo 10 bits, 1024 posiciones / revolución
- Velocidad Máxima: 6000 rpm
- Carga Máxima Radial: 60 N
- Carga Máxima Axial: 50 N
- Longitud de cable: 5 m
- Rango de Temperatura: -25°C a 70°C

Para la elección de un encoder angular se debe tener a consideración los siguientes puntos: Código de trabajo, resolución, velocidad máxima de trabajo, voltaje de alimentación que se tiene, carga máxima, rango de temperatura de operación.

4.5.2 Sensor Inductivo M2

Este sensor es de tipo inductivo que indica cuando hay una sobrecarga en el sistema de mordazas, el cual envía una señal al PLC para que tome una acción.

Entre sus características técnicas se tiene lo siguiente:

- Marca / Modelo: SCHONBUCH / IX0208
- Sensibilidad a distancia: 1 mm \pm 5%
- Longitud de cable: 5 m
- Suministro de Voltaje: 10 a 30 VDC
- Respuesta de Frecuencia: 2 kHz
- Corriente máxima de salida: 300 mA
- Rango de Temperatura: -25°C a 70°C

Para la elección de un tipo de sensor inductivo se debe tener a consideración los siguientes puntos: Tipos de objetos sensibles, distancia de operación, voltaje de alimentación que se tiene, corriente máxima de salida, respuesta de frecuencia a la cual puede trabajar, y el rango de la temperatura de operación.

4.5.3 Variador de Velocidad M3

Esta alarma indica que hay una falla en el motor principal del sistema de mordazas, este motor es monitoreado por un variador de velocidad, el cual se encarga de enviar una señal hacia al PLC cuando detecta algún problema en el motor.

Entre sus principales características de este variador de frecuencia se tiene [13]:

- Marca / Modelo: POWERFLEX / 22A-D4P0N104
- Fase del voltaje de entrada: Trifásica 380 - 480 VAC
- Fase del voltaje de salida: Trifásica 0 - 460 VAC
- Máxima Potencia y consumo de corriente: 2 HP / 4 A
- Entradas de control análogo y digital
- Salida de Frecuencia: 0 – 240 Hz (Programable)
- Dimensiones: 80 x 185 x 136 mm,
- Con montaje en panel

Para la elección de un tipo de variador se debe tener a consideración los siguientes puntos: Dimensiones del variador, fase del voltaje de entrada, fase del voltaje de salida, máxima potencia y consumo de corriente, tipo de entradas de control (analógico o digital), y salida de frecuencia.

4.5.4 Generador de Pulsos TPIH M4

Esta alarma indica que hay una falla en el sellado transversal de las unidades TPIH, ésta es detectada a través de un equipo generador de TPIH, el cual se encarga de enviar las señales de alta frecuencia hacia el sistema. De presentarse un problema en el sellado transversal, éste es detectado por el generador, el cual se encarga de enviar una señal al PLC para que tome una acción, como se ilustra en la Figura 4.16.

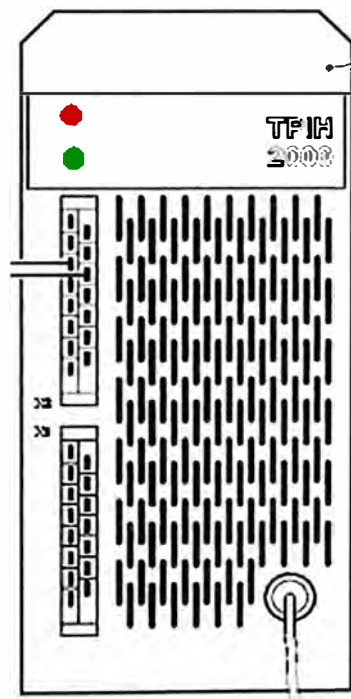


Figura 4.16 Generador de Pulsos TPIH

Entre las características que presenta este equipo se tiene:

Marca salida de bajo voltaje (rojo): Si este es el único diodo emisor de luz rojo encendido, una de las siguientes fallas puede haber ocurrido:

- El generador está descompuesto y ya necesita reemplazarse.
- No se le está suministrando una corriente de 10 VDC al potenciómetro
- El potenciómetro ha sido ajustado a un valor muy bajo.
- El potenciómetro no está funcionando bien.

Marca Voltaje principal bajo (rojo): La alimentación del generador es insuficiente. Al menos una de las fases suministra menos del 85% de la potencia nominal, y el generador no puede a su vez suministrar la potencia correcta. Revise los fusibles que corresponden a la entrada de la potencia.

Marca Temperatura elevada (rojo): La temperatura al interior del generador es demasiado elevada. Probablemente, el ventilador está descompuesto. Si este es el caso, se deberá de reemplazar el ensamble completo del generador.

Marca Error en la carga (rojo): Hay una falla en la carga, es decir en el cable coaxial, el riel de corriente, el transformador o el inductor.

Marca Salida On (verde): Este se enciende cuando un impulso de corriente es convertido en una carga correcta, es decir cuando el sistema funciona correctamente.

Marca Voltaje de control On (verde): La potencia con la que se alimenta a la sección de control funciona correctamente.

En el caso de este equipo generador de pulsos, se observa que de acuerdo a la aplicación que se tiene, es un equipo creado exclusivamente para este tipo de procesos, por lo cual no se tiene otra alternativa de reemplazo.

La Tabla 4.5 contiene el resumen de la instrumentación utilizada en la quinta etapa del envasado aséptico

Tabla 4.5 Instrumentación utilizada en el Sistema de Mordazas

Instrumento	Marca	Modelo	Señal de Salida a Control	Tag
Encoder Angular	LEINE & LINDE	670900132	Módulo A902 de PLC	M1
Sensor Fotoeléctrico	WENGLOR	UF44PA3S365	Módulo A910 de PLC	M2
Sensor Inductivo	SCHONBUCH	IX0208	Módulo A904 de PLC	M3
Variador de Velocidad	POWERFLEX	22A-D4P0N104	Módulo A902 de PLC	M4
Generador de TPIH	Tetrapak	TP 2000		

4.6 Sistema de Aire Estéril

El sistema de aire estéril suministra el flujo de aire en condiciones estériles, con el fin de asegurar la asepsia del sistema, para lo cual se considera la siguiente instrumentación, como se ilustra en la Figura 4.17:

- Sensor Alarma M1
- Sensor Inductivo M2
- Variador de Velocidad M3

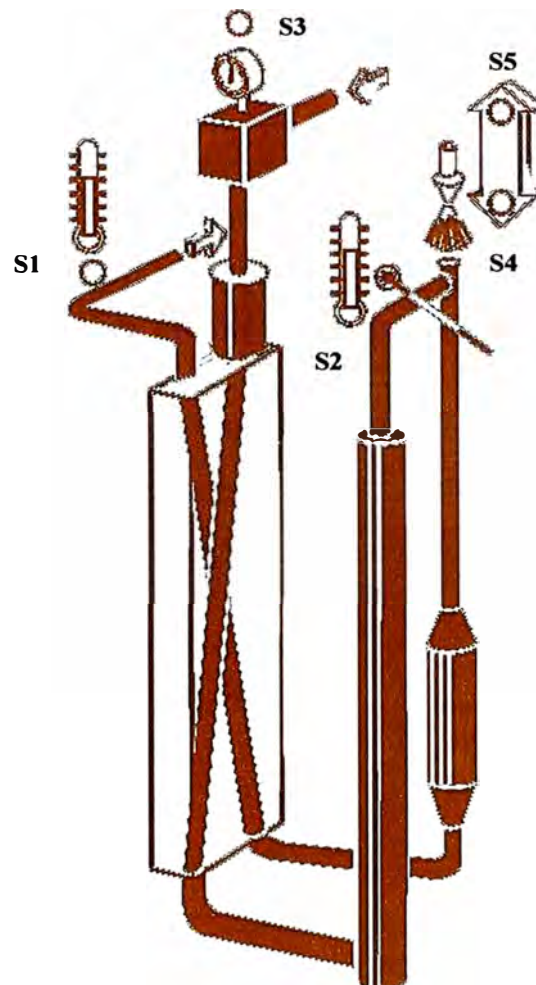


Figura 4.17 Identificación de la Instrumentación en el Sistema de Aire Estéril

4.6.1 Termocuplas S1 / S2

Estos sensores son termocuplas. El sensor S1 se encarga de monitorear la temperatura del aire estéril, y el sensor S2 se encarga de monitorear la temperatura del super calentador de aire, estas señales son enviadas en forma análoga a sus respectivos controladores, quienes a su vez al detectar temperaturas fuera de los límites establecidos envían una señal digital al PLC para que tome una acción.

Entre las principales características de esta termocupla se tiene:

- Marca / Modelo: Anritsu / WE-11K-TS1-W
- Tipo de Termocupla: Tipo K
- Rango de temperatura: -50 a 250°C
- Tolerancia: $\pm 2.5^{\circ}\text{C}$
- Tiempo de respuesta: 0.5 seg
- Dimensiones: $\varnothing 20 \text{ mm} \times 34 \text{ mm}$
- Longitud de cable: 1 m

Para la elección de un tipo de termocupla se debe tener a consideración los siguientes puntos: Dimensiones de la termocupla, tipo de termocupla, rango de la temperatura del proceso a medir, tolerancia de medición, tiempo de repuesta, y longitud del cable donde se va llevar la señal medida por la termocupla.

4.6.2 Sensor de Presión S3

El sensor S3 es un sensor de presión, el cual se encarga de monitorear la presión de ingreso del aire estéril, y el cual envía una señal al PLC para que tome una acción cuando detecta que hay una presión de aire baja en el sistema.

Entre las principales características de este sensor de presión se tiene [14]:

- Marca / Modelo: Festo / SDE1-D2-G2-R18-C-P1-M8
- Presión de funcionamiento: 0 - 2 bar
- Magnitud de la medición: Presión relativa
- Voltaje de funcionamiento: 15 - 30 VDC
- Corriente máxima de salida: 150 mA
- Precisión: 2% con display LCD
- Salida eléctrica: Una salida de conmutación PNP
- Conexión neumática: R1/8

Para la elección de un tipo de sensor de presión se debe tener a consideración los siguientes puntos: Dimensiones del sensor, presión de funcionamiento, magnitud de la medición, método de medición, rango de temperatura de operación, voltaje de alimentación que se tiene, corriente máxima de salida, precisión del instrumento, tipo de salida eléctrica, tipo de conexión neumática.

4.6.3 Electrodo S4 / S5

Estos sensores son electrodos, los cuales se encargan de detectar el nivel del depósito del rociado de peróxido. En el caso del sensor S4 es un electrodo que envía una señal a la

entrada del Relé de control de nivel, indicando nivel bajo. En el caso del sensor S5 es un electrodo que envía una señal a la otra entrada del Relé de control de nivel indicando el nivel alto.

Entre las principales características del Relé de control de nivel se tiene:

- Marca / Modelo: Schneider Electric / RM4LA32
- Tipo de Relé: Relé de control de nivel de liquido
- Parámetros de Medición: Detección por ondas resistivas
- Tiempo de retardo: 0.....10 seg
- Salida de contactos: 2 C/O
- Máximo Voltaje del electrodo: 24 VDC
- Máxima Corriente del electrodo: 1 mA
- Rango de Temperatura: -20°C a 65°C

La Tabla 4.6, contiene el resumen de la instrumentación utilizada en la sexta etapa del envasado aséptico

Tabla 4.6 Instrumentación utilizada en el Sistema de Aire Estéril

<u>Instrumento</u>	<u>Marca</u>	<u>Modelo</u>	<u>Señal de Salida a Control</u>	<u>Tag</u>
Termocupla	ANRITSU	WE-11K-TS1-W Tipo K	Controlador A023	S1
Termocupla	ANRITSU	WE-11K-TS1-W Tipo K	Controlador A022	S2
Sensor de Presión	FESTO	SDE1-D2-G2-R18-C-P1-M8	Módulo A904 de PLC	S3
Electrodos de Nivel	SCHNEIDER ELECTRIC	RM4LA32	Relé de Control de Nivel A033	S4 / S5

4.7 Análisis de Costos

Luego de haber revisado la parte técnica de la instrumentación electrónica utilizada en el proceso de envasado aséptico, se procederá a realizar el análisis de costos que implicaría si se desea cambiar cada instrumento evaluado.

En la Tabla 4.7 se muestra toda la instrumentación estudiada en el capítulo, en donde se detalla los costos de cada instrumento en la marca utilizada y en otras alternativas de instrumentación. Se tomó como referencia proveedores de marcas conocidas, y los años de experiencia en los distintos tipos de instrumentación. Los costos mostrados se basaron en cotizaciones solicitadas a distintos proveedores; y gracias al análisis realizado se reducirá los costos de producción debido al ahorro obtenido en utilizar otras alternativas de instrumentación.

Tabla 4.7 Costos de la Instrumentación en el Proceso de Envasado Aséptico

Etapas del Proceso	Tipo de Instrumentación	Marca	Modelo	Tag	Costo	Costo otros Proveedores
Unidad de Alimentación	Sensor Fotoeléctrico	OMRON	E3S-CT61-D	A1	\$ 252.89	\$ 180.30
	Sensor Fotoeléctrico	OMRON	E3S-CT61-D	A2	\$ 252.89	\$ 180.30
	Sensor Fotoeléctrico	SICK	KT3W-P1116	A3	\$ 422.50	\$ 295.00
	Sensor Inductivo	OMRON	E2EG-X5MB1-5M	A4	\$ 36.78	\$ 30.00
	Sensor Inductivo	OMRON	E2EG-X5MB1-5M	A5	\$ 36.78	\$ 30.00
	Sensor Inductivo	ESSEN	IN5227-IN3002-BPKG	A6	\$ 45.51	\$ 35.54
	Sensor Inductivo	ESSEN	IN5227-IN3002-BPKG	A7	\$ 45.51	\$ 35.54
	Sensor Inductivo	ESSEN	IN5329-IN3002-BPKG	A8	\$ 45.51	\$ 35.54
	Interruptor de Posición	FESTO	SME-8-K5-LED-24	A9	\$ 66.51	\$ 52.00
	Termocupla	TELEMETRIC ALT. PENTRONIC	T11A3846-CR-AL	A10	\$ 66.23	\$ 45.00
	Variador de Velocidad	POWERFLEX	22A-A2P3N104	A11	\$ 508.74	\$ 450.00
Baño de Peróxido	Sensor Magnético	REXROTH	2750-1-5111-1W. Adapter PNP	B1	\$ 91.55	\$ 75.00
	Electrodo de Nivel	SCHNEIDER ELECTRIC	RM4LA32	B2 / B3	\$ 173.29	\$ 110.00
Cámara de Secado	Termocupla	ANRITSU	WE-11K-TS1-W Tipo K	C1	\$ 420.78	\$ 350.00
	Termocupla	ANRITSU	WE-11K-TS1-W Tipo K	C2	\$ 420.78	\$ 350.00
	Variador de Velocidad	POWERFLEX	22A-A2P3N104	C3	\$ 508.74	\$ 450.00

Etapas del Proceso	Tipo de Instrumentación	Marca	Modelo	Tag	Costo	Costo otros Proveedores
Cámara Aséptica	Sensor Magnético	REXROTH	2750-1-5111-1W. Adapter PNP	D1	\$ 91.55	\$ 75.00
	Sensor Fotoeléctrico	WENGLOR	UF44PA3S365	D2	\$ 583.96	\$ 295.00
	Termocupla	TELEMETRIC ALT. PENTRONIC	A41-A80868	D3	\$ 101.15	\$ 85.00
	Electrodo de Nivel	TETRAPAK		D4 / D5	\$ 925.12	-----
	Sensor Inductivo	OMRON	E2EG-X5MB1-5M	D6	\$ 36.78	\$ 30.00
Sistema de Aire Esteril	Termocupla	TELEMETRIC ALT. PENTRONIC	T11A3846-CR-AL	S1	\$ 66.23	\$ 45.00
	Sensor de Presión	FESTO	SDE1-D2-G2-R18-C-P1-M8	S2	\$ 240.87	\$ 145.00
	Termocupla	TELEMETRIC ALT. PENTRONIC	T11A3846-CR-AL	S3	\$ 66.23	\$ 45.00
	Electrodo de Nivel	SCHNEIDER ELECTRIC	RM4LA32	S4 / S5	\$ 173.29	\$ 110.00
Sistemas de Mordazas	Encoder Angular	LEINE & LINDE	670900132	M1	\$ 595.09	\$ 475.00
	Sensor Fotoeléctrico	WENGLOR	UF44PA3S365	M1	\$ 583.96	\$ 295.00
	Sensor Inductivo	OMRON	IX 0208	M2	\$ 72.08	\$ 60.00
	Variador de Velocidad	POWERFLEX	22A-D4PON104	M3	\$ 508.74	\$ 450.00
	Generador de TPIH	TETRAPAK	TP 2000	M4	\$ 4251.58	-----

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego de haber descrito los cuatro capítulos del presente informe, y teniendo en cuenta los objetivos planteados al inicio del mismo, a continuación se presenta las conclusiones:

1. La información obtenida a lo largo de la ejecución del informe ha permitido conocer de manera detallada los principios de funcionamiento de los distintos instrumentos utilizados en el proceso de envasado.
2. El estudio de la instrumentación utilizada en el proceso de envasado aséptico ha permitido identificar seis etapas del proceso: unidad de alimentación, baño de peróxido, cámara de secado, cámara aséptica, sistema de mordazas y el sistema de aire estéril.
3. El conocimiento del proceso de envasado aséptico, la implementación del inventario e identificación de la instrumentación, ha permitido hacer seguimiento de las señales eléctricas hacia la etapa de control, con el fin de detectar rápidamente la causa del problema ante una parada ocasionada en el proceso y dar solución de manera eficiente.
4. En la actualidad, la existencia de una industria moderna con un completo sistema de instrumentación y control, es de suma importancia, debido a que la medición de los distintos parámetros que intervienen en un proceso de fabricación o transformación industrial es básica para obtener un control directo sobre los productos, y poder mejorar su calidad y competitividad en el mercado.
5. La utilización de instrumentación eléctrica y electrónica en el proceso de envasado es importante porque ayuda a monitorear en forma permanente las variables del proceso.
6. La utilización de controladores digitales y controladores lógicos programables ayuda a controlar de manera eficiente las variables del proceso, asegurando la continuidad operativa de la planta.
7. Entre las recomendaciones que se deben tener a la hora de elegir algún tipo de instrumentación es importante mencionar que no solo se debe buscar instrumentación a bajo costo, sino que también se debe analizar la confiabilidad del equipo, es decir la garantía que éste pueda tener, en cuanto al respaldo y el soporte técnico que éste tenga.

ANEXO A
GLOSARIO DE TERMINOS

A.1 Abreviaturas

En la Tabla A.1 se presentan las abreviaturas utilizadas en el presente informe basadas en las definiciones expuestas por las normas IEC y los manuales de los equipos de envasado aséptico.

TABLA A.1 Lista de abreviaturas

	Expresión completa en inglés	Traducción en español
IH	Induction Heating	Calentamiento por Inducción
LS / SL	Longitudinal Sealing	Sellado Longitudinal
PE	Polyethylene	Polietileno
IEC	International Electrotechnical Commission	Comisión Electrotécnica Internacional
IN	Input	Entrada
AI	Analog Input	Entrada Análoga
PLC	Programmable Logic Controller	Controlador Lógico Programable
VFD	Variable Frequency Drive	Unidad de Frecuencia Variable
F.e.m.		Fuerza Electromotriz
AFD	Adjustable Frequency Drive	Variador de Frecuencia Ajustable
AC /CA	Alternate Current	Corriente Alterna
CC	Direct Current	Corriente Continua
	Set Point	Punto de Ajuste
PC	Personal Computer	Computadora Personal
BGS	Back Ground Suppression	Supresión de Fondo
FGS	First Ground Suppression	Supresión de Primer Plano
RGB	Red Green Blue	Rojo Verde Aazul
PSD	Position Sensing Detector	Detector Sensible a la Posición
PID	Proportional Integral Derivative	Proporcional Integral Derivativo

A.2 Definiciones

Peróxido de Hidrógeno (H₂O₂)

El peróxido de hidrógeno, H₂O₂, se denomina con frecuencia peróxido. El peróxido se utiliza como agente de esterilización en las máquinas de envasado aséptico. Es un fluido transparente y sin color que resulta inodoro en concentraciones pequeñas pero presenta un olor punzante a concentraciones mayores. El peróxido no es particularmente tóxico y es fácil de manipular, ya que los residuos de agua y gas oxígeno no son nocivos.

En forma pura y a un valor de pH bajo, el peróxido es un compuesto relativamente estable. La descomposición en agua y gas oxígeno se produce cuando el peróxido se contamina, por ejemplo con metales. El proceso se ve acelerado por:

- el calor
- un valor del pH alto
- la luz

Cuando la concentración de peróxido es superior al 30% podría causar la ignición en contacto con madera, papel, tela, etc. El peróxido en sí no es inflamable, pero el gas oxígeno, creado por la descomposición, podría facilitar la ignición y el mantenimiento de la combustión.

Algunos metales ejercen una influencia catalítica sobre el peróxido. Esto significa que el metal acelera la descomposición en agua y gas oxígeno. Los metales puros pasivizados a prueba de ácidos, como el acero o el aluminio, no ejercen ninguna influencia catalítica sobre el peróxido y pueden utilizarse como materiales de construcción. Durante el proceso de pasivización se retiran los recubrimientos de, por ejemplo, el interior de las tuberías mediante aclarado con agua destilada y peróxido.

Tensión Superficial

Es la cantidad de energía necesaria para aumentar la superficie de un líquido por unidad de área.

Corrientes de Foucault

Es un fenómeno eléctrico descubierto por el físico francés León Foucault en 1851. Se produce cuando un conductor atraviesa un campo magnético variable, o viceversa. El movimiento relativo causa una circulación de electrones, o corriente inducida dentro del conductor. Estas corrientes circulares de Foucault crean electroimanes con campos magnéticos que se oponen al efecto del campo magnético aplicado. Cuanto más fuerte sea el campo magnético aplicado, o mayor la conductividad del conductor, o la velocidad relativa de movimiento, mayores serán las corrientes de Foucault y los campos opositores generados.

Variable

Es cualquier elemento que posee características dinámicas, estáticas, química y físicas bajo ciertas condiciones, que constantemente se pueden medir.

Variable controlada

Es la variable directa a regular, sobre la que constantemente estamos pendientes ya que afecta directamente al sistema del proceso, es decir, es la que dentro del bucle de control es captada por el transmisor para originar una señal de retroalimentación.

Variable manipulada

Es la que se modifica para afectar directamente a la variable controlada, es la herramienta para modificar la variable directa en el proceso. Es la cantidad que se encarga de variar los instrumentos finales de control. Es el mensaje del controlador que transmite modificaciones para lograr lo esperado de la variable controlada.

Sistema

Es una combinación de componentes que actúan conjuntamente y cumplen un objetivo.

Procesos

Es un desarrollo que es realizado por un conjunto de elementos cada uno con ciertas funciones que gradual y progresivamente producen un resultado final.

Transductores

Son instrumentos que reciben una señal de entrada de función de una o más cantidades físicas y la convierten modificada o no a una señal de salida. Son transductores un relé, un elemento primario, un transmisor, un convertidor PP/I, un convertidor PP/P, etc [7].

Sistemas de Control de Procesos

Es un sistema de regulación automática que determina la respuesta de la variable en función de virtudes programadas para el sistema.

Instrumento

Es un dispositivo que se encarga de interpretar señales proporcionales a la magnitud de la variable.

Instrumentos Ciegos

No tienen indicación visible, son todos aquellos que generalmente son de manipulación como interruptores, termostatos, presostatos, válvulas, transmisores etc. que solo cumplen con su trabajo sin la necesidad de expresar los cambios graduales de la señal

Instrumentos Registradores

Expresan la señal con trazos continuos a puntos.

Instrumentos Indicadores

Poseen una escala para expresar la equivalencia de los datos al operario, pueden ser manómetros, tensiómetros, entre otros. Pueden ser concéntricos, excéntricos y digitales.

Elemento Primario de Medida

Es el que esta en contacto directo con la variable y dispuesto a transmitir cualquier transformación de energía en el medio medido.

Rango

Es el campo de medida para cualquier numero de valores que siempre deben estar entre un limite superior e inferior según las especificaciones del instrumento.

Alcance

Es la diferencia entre los límites superior e inferior del rango, es lo equivalente al área de operación.

Sensibilidad

Es el mínimo cambio al que el instrumento censa y puede expresar.

Error

Es la diferencia entre el valor leído del instrumento y el valor real de la variable.

Precisión

Grado de reproductibilidad de las mediciones.

Exactitud

Cuando la lectura se acerca al valor real de la variable.

Histéresis

Algunos instrumentos presentan un fenómeno de descompensación que existe cuando se hace una comparación entre la variación de una misma medida tanto a nivel descendente como ascendente, que en realidad debería de tener el mismo recorrido. Se expresa en porcentaje, por ejemplo si un manómetro de 0-100% la presión real es de 18 psig y la lectura en el indicador marca 18.2 psig al ir del cero al 100% de la variable y cuando se encuentra la variable en 18 al desplazarse del cien al 0% el valor indicado es 17.7 la histéresis se calcularía así:

$$(18.2 - 17.7/100 - 0) * 100 = \pm 0.5 \%$$

Resolución

Es la visualización a escala del instrumento.

Estabilidad

Son los instrumentos de alta calidad, que tienen una probabilidad de tener larga vida útil.

Transmisor

Capta la señal del elemento primario de medida y la transmite a distancia en forma eléctrica, neumática, hidráulica, mecánica y ultrasónica.

Señal Análoga

Es una función continua de la variable medida.

Señal Digital

Representa la magnitud de las variables medidas en forma de una serie de cantidades discretas codificadas en un sistema de notación.

Set point

Punto en que una señal se establece bajo ciertos parámetros deseados. Es un punto de consigna para valor de la señal de la variable.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Tetrapak. Disponible en [http://www.tetrapak.com/ar/products and services/elsistemetetrapak/proceso%20aséptico/pages/default.aspx](http://www.tetrapak.com/ar/products_and_services/elsistemetetrapak/proceso%20aséptico/pages/default.aspx)
- [2] Tetrapak. Disponible en http://www.tetrapak.com/co/products_and_services/processing_equipment/beverage_equipment/pasteurisation/Pages/default.aspx
- [3] Tetrapak. Disponible http://www.tetrapak.com/es/soluciones/soluciones_asepticas/aseptic_packaging/pages/default.aspx
- [4] Tetrapak. Technical Training Centre Lund, Sweden “Course Information TC-0055 Tetra Pak A1 and SA1” WB-166-01 Edición 2/0410, 2004
- [5] Tetrapak. Technical Training Centre “Curso Basico TBA” Edición 1/0210, 2002
- [6] Tetrapak. Technical Training Centre Lund, Sweden “Course Information TC-0124 Tetra Pak A1 Platform Introduction” WB-247-01 Edición 1/1001
- [7] Antonio Creus Sole, “Instrumentación Industrial”, 7ma edición, Noviembre 2005
- [8] Mc Cloy, “Robótica: Una Introducción”, 1ra edición, 1993
- [9] Fraile Mora, Jesús, “Máquinas Eléctricas”, 6ta edición, 2008
- [10] Sensores Ópticos para aplicaciones industriales. Disponible en <http://www.alltronicsperu.com/catalog/manuales/sensoresopticos1.pdf>
- [11] Sensores Ópticos para aplicaciones industriales. Disponible en <http://www.alltronicsperu.com/catalog/manuales/sensmarcasdm18t.pdf>
- [12] Sick Sensors. Disponible en http://www.sick.com/es/es-es/home/products/product_portfolio/high_performance_sensors/Pages/contrast_sensors.aspx
- [13] Variadores PowerFlex. Disponible en http://samplecode.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/22-td001_-en-p.pdf
- [14] Sensores de presión. Disponible en [http://xdki.festo.com/xdki/data/doc_ENGB/PDF/EN/SDE1 EN.PDF](http://xdki.festo.com/xdki/data/doc_ENGB/PDF/EN/SDE1_EN.PDF)