



# INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS

MONITOREO DEL ENVASADO DE UNA PURIFICADORA DE AGUA POR  
MEDIO DE UN PLC, PARA MEJORAR LA PRODUCCION.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO QUIMICO INDUSTRIAL

PRESENTA

JUAN DANIEL RUIZ REYES

ASESOR

M. EN. E. ARMANDO TONATIUH AVALOS BRAVO



CUIDAD DE MEXICO, DICIEMBRE 2017

SEP

SECRETARÍA DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA



Instituto Politécnico Nacional  
Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas  
DEPARTAMENTO DE EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO ACADÉMICO



"Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos".  
"60 Aniversario del CECyT 14 "Luis Enrique Eiro".  
"60 Aniversario del Patronato de Obras e Instalaciones".  
"50 Aniversario de la COFAA-IPN".  
"30 Aniversario de la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología".

T-116-17

Ciudad de México, 10 de noviembre del 2017.

Al C. Pasante:  
**JUAN DANIEL RUIZ REYES**

Boleta:  
**2012320790**

Carrera:  
**IQI**

Generación:  
**2012-2016**

Mediante el presente se hace de su conocimiento que la Subdirección Académica a través de este Departamento autoriza que el **C. M. en E. Armando Tonatiuh Avalos Bravo**, sea asesor en el tema que propone usted desarrollar como prueba escrita en la opción **Tesis Individual**, con el título y contenido siguiente:

**"Monitoreo del envasado de una purificadora de agua por medio de un PLC, para mejorar la producción"**.

Resumen.

Introducción.

I.- Purificación del agua, metodología y especificaciones.

II.- Instrumentación en el envasado del producto.

III.- Control del Proceso de envasado a través de un PLC.

IV.- Propuesta del costo del proyecto.

Conclusiones.

Referencias.

Se concede un plazo máximo de un año, a partir de esta fecha, para presentarlo a revisión por el Jurado asignado.

M. en C. Aníbal Quintana Mora  
Jefe del Departamento de  
Ingeniería Química Industrial.

M. en E. Armando Tonatiuh Avalos Bravo  
Director de Tesis  
Ced. Prof. 9691904

Ing. César Rodríguez Guerrero  
Jefe del Departamento de Evaluación y  
Seguimiento Académico.

Ing. Víctor Manuel Feregrino Hernández  
Subdirector Académico

SEP

SECRETARÍA DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA



Instituto Politécnico Nacional  
Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas  
DEPARTAMENTO DE EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO ACADÉMICO



"Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos".  
"60 Aniversario del CECyT 14 "Luis Enrique Erro".  
"60 Aniversario del Patronato de Obras e Instalaciones".  
"50 Aniversario de la COFAA-IPN".  
"30 Aniversario de la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología".

T-116-17

Ciudad de México, a 30 de noviembre de 2017.

Al C. Pasante:  
**JUAN DANIEL RUIZ REYES**  
**PRESENTE**

Boleta: **2012300790** Carrera: **IQI** Generación: **2012-2016**

Los suscritos tenemos el agrado de informar a usted, que habiendo procedido a revisar el borrador de la modalidad de titulación correspondiente denominado:


**"Monitoreo del envasado de una purificadora de agua por medio de un PLC, para mejorar la producción".**

encontramos que el citado Trabajo de **Tesis Individual**, reúne los requisitos para autorizar el Examen Profesional y **PROCEDER A SU IMPRESIÓN** según el caso, debiendo tomar en consideración las indicaciones y correcciones que al respecto se le hicieron.

Atentamente  
**JURADO**

  
Ing. Javier Díaz Romero  
**Presidente**

  
M. en E. Armando Tonatiuh Avalos Bravo  
**Secretario**

  
M. en E. Sandra Gloria  
Villanueva Fúnez  
**1er. Vocal**

  
M. en E. Edith Bolaños Castillo  
**2° Vocal**

  
Ing. Juan Arturo Sánchez Pascualli  
**3er. Vocal**

c.c.i.- Expediente  
CRG



## AGRADECIMIENTOS

Gracias Dios por permitirme vivir y a si alcanzar mis metas y sueños, termino un ciclo de mi vida el cual me dio muchas alegrías y tristezas, me costó pero por fin, he terminado mi carrera.

A mis padres se los agradeceré toda mi vida por ayudarme a realizar este sueño y esta meta que me propuse, no lograre pagarles todo lo que me dieron y me apoyaron, los amo demasiado.

A mis hermanos que aunque me hagan enojar saben que los quiero mucho y siempre podrán contar conmigo en las buenas y en las malas.

A mis tíos y tías que me apoyaron también a realizar este sueño también estoy en deuda con ellos y se los agradezco infinitamente.

A mis sobrinos que son un motivo para salir a delante.

A mi novia que amo con todo mi ser y que me ayuda a ser mejor día con día, cada logro es para los dos no solo es mío.

A toda mi familia en general, por sus buenas vibras y su apoyo en todos los momentos. A mis amigos que me hicieron pasar los mejores momentos dentro de mi carrera, y que me ayudaron cuando tuve algún problema.

A la ESIQIE que es la mejor escuela pude tener, y que me ayudo hacer profesionista. Al IPN que es una gran institución, y que además siempre estaré orgulloso de pertenecer. A todos mis maestros que me educaron, incluso cuando yo no quería, gracias por formar parte de mi educación.



## ÍNDICE

		Pág.
	Introducción.	5
	Justificación.	6
	Objetivo general	7
1.	CAPITULO 1 PURIFICACIÓN DEL AGUA, METODOLOGIA Y ESPECIFICACIONES	8
1.1	Las especificaciones sanitarias que se deben de cumplir, para la buena purificación del agua que consumimos	8
1.1.1	Especificaciones sanitarias	8
1.1.2	Productoras de Agua	11
1.1.3	Especificaciones sanitarias de producto	14
1.1.4	Información documental	17
1.2	Condiciones del muestreo y condiciones del etiquetado del producto a envasar	20
1.2.1	Etiquetado	21
1.2.1.2	Lista de ingredientes	22
1.2.1.3	Instrucciones para el uso, conservación o preparación	23
1.2.1.4	Información nutrimental	23
1.2.2	Lote	25
1.2.3	Envase y embalaje	26
1.3	Equipos para una buena purificación del agua	27
1.3.1	Filtros de lecho profundo	28
1.3.1.1	Granulometría o tamaño de partícula	29
1.3.1.2	Propiedades	29
1.3.2	Filtros de carbón activado	30
1.3.3	Suavizadores	39
1.3.4	Sistema de Osmosis Inversa	42
1.3.5	Lámparas de luz ultravioleta	44
2	CAPITULO 2 "INSTRUMENTACION EN EL ENVASADO DEL PRODUCTO"	45
2.1	Envasado del agua	45
2.2	Instrumentación	48
2.2.1	Sensores	49
2.2.2	Instrumentos de nivel	52
2.2.3	Transmisores	55



2.2.4	Controlador	56
2.2.5	Elemento final de control	57
2.2.6	Válvulas	58
2.2.7	Proyecto	64
2.2.7.1	Principio de funcionamiento	65
2.2.7.2	Envasado	67
2.2.7.3	Tapado	68
2.2.7.4	Sellado	69
2.2.8	Configuración del PLC	69
3	CAPITULO 3 "CONTROL DEL PROCESO DE ENVASAO ATRAVEZ DE UN PLC"	74
3.1	PLC (Controlador lógico programable	74
3.1.1	Campos de aplicación	76
3.1.1.1	Memoria	80
3.1.1.2	CPU	81
3.1.2	Interfaces	82
3.1.3	Dispositivos periféricos	84
3.1.4	Funcionamiento de un PLC	84
3.2	PLC S7-200. CPU 224 AC/DC/Relé	88
3.2.1	Ventajas del PLC S7-200	90
4	CAPITULO 4 "PROPUESTA DEL COSTO DEL PROYECTO"	91
4.1	Costo de los equipos de purificación	92
4.1.1	Instalación de los equipo de purificación	92
4.1.2	Mejor cotización de los equipos e instalación	93
4.2	Costo de la instrumentación	94
4.2.1	Costo de la instalación	94
4.2.2	Costo total del proyecto	95
	Conclusiones	96
	Bibliografía.	97



## *INTRODUCCION*

A pesar de nuestra absoluta necesidad de respirar aire puro, nada es más importante para nosotros que la calidad del agua que bebemos, aunque desde luego, necesitamos agua limpia también para otros usos.

Todas las poblaciones más importantes del mundo antiguo y moderno se desarrollaron a orillas del agua. Principalmente en ríos. Como lo es la civilización Egipcia en el Nilo, Mesopotamia entre los ríos Éufrates y Tigris.

En nuestro país, hay claros ejemplos como lo son los aztecas, en el valle de México, cubierto por lagos. Los Toltecas a las orillas del rio Tula. Y como estos hay muchos más ejemplos.

El interés por la calidad del agua no es nuevo. A través de la historia de la civilización, la preocupación por la disponibilidad de agua potable ha jugado un papel importante en el asentamiento de la población y en el modo en que esos asentamientos se convirtieron en las ciudades de hoy.

Este tema, que vamos a tratar, centra su atención en asegurar la calidad del agua para consumo humano y su embotellamiento para su comercialización.





El Negocio del Agua Embotellada ha mostrado un crecimiento constante. Se calcula que en todo el mundo se consumen 126 mil millones de litros de agua embotellada al año. México adquirió el Segundo Lugar Mundial en Venta de Agua Embotellada durante 2010, mercado que asegura su inversión por ser un producto de primera necesidad y altamente demandado.

Los siguientes capítulos que se verán, tratan del proceso de purificación del agua y de su embotellado para su distribución.

## ***JUSTIFICACIÓN***

México es rico en agua dulce, pero a diferencia de otros países, que potabilizan su agua, de la red municipal para que llegue a ser de consumo humano. Que solo con abrir su grifo consiguen la calidad del agua requerida para poder consumirla.

En México es diferente, el agua que es destinada para el consumo humano, no se toma directamente del grifo, ya que no cumple con las normas establecidas para su consumo. La purificación del agua para consumo humano, en nuestro país, está a cargo de grandes empresas de renombres, las cuales las ofrecen para su comercialización, en presentaciones de litro o medio litro.

Aunque hay competencia gracias a las purificadoras locales, pero están venden su producto en presentaciones de veinte litros.

Pero no le compiten a las grandes empresas en lo que es más negocio en las presentaciones de menor tamaño. Además que la mayoría no gusta para el público, esto se debe a que no cuentan con un sistema de purificación, que cumpla al 100% con las características del agua.

Por eso el fin este proyecto, es la propuesta de un sistema de purificación que cumpla con una excelente calidad del agua, y el monitoreo del envasado a través de un PLC, para su comercialización en el mercado.





## **OBJETIVO GENERAL**

Monitorear el envasado del agua y purificación de la misma por medio de un PLC, para acelerar la producción. Cumpliendo con lo establecido en la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-201-SSA1-2002, PRODUCTOS Y SERVICIOS. AGUA Y HIELO PARA CONSUMO HUMANO, ENVASADOS Y A GRANEL. ESPECIFICACIONES SANITARIAS.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Por medio de los equipos de purificación, asegurar la calidad del agua, cumpliendo con los requerimientos de la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-201-SSA1-2002, PRODUCTOS Y SERVICIOS. AGUA Y HIELO PARA CONSUMO HUMANO, ENVASADOS Y A GRANEL. ESPECIFICACIONES SANITARIAS.
- Cumplir con las especificaciones sanitarias del proceso de envasado, desde el llenado, tapado y estampado del producto. Todo referente a la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-201-SSA1-2002.
- Implementar el control por medio de un PLC para optimizar la mano de obra y acelerar la producción.



## CAPITULO 1

### ***PURIFICACIÓN DEL AGUA, METODOLOGIA Y ESPECIFICACIONES.***

Como ya se había mencionado el agua es el vital líquido que todos los seres humanos necesitamos para vivir. Pero no toda el agua que encontramos la podemos utilizar para beber.

En la actualidad el agua tiene que pasar por un sistema de purificación para que esta la podamos ingerir. Dicho sistema de purificación se tiene que llevar acabo de acuerdo a los parámetros permisibles, para poder considerar que el agua que vamos a tomar se apta para el consumo humano.

#### ***1.1 Las especificaciones sanitarias que se deben de cumplir, para la buena purificación del agua que consumimos.***

En nuestro país nos basamos para determinar que el agua es de buena calidad para el consumo humano, gracias a la **NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-201-SSA1-2002, PRODUCTOS Y SERVICIOS. AGUA Y HIELO PARA CONSUMO HUMANO, ENVASADOS Y A GRANEL. ESPECIFICACIONES SANITARIAS.**

La norma nos habla en su apartado seis de las especificaciones sanitarias, las cuales son las siguientes.

##### ***1.1.1 Especificaciones sanitarias***

- El equipo, tuberías, tanques de almacenamiento o cualquier otra superficie que entre en contacto directo con el producto o materia prima se deben limpiar y desinfectar con la frecuencia que determinen las condiciones del



establecimiento, proceso y equipo de tal forma que se garantice la eliminación de riesgos asociados.

- Cuando en un mismo equipo se elaboren distintos productos, se debe desinfectar antes del proceso de agua o hielo.
- El agua que se utilice para propósitos no relacionados con el producto, debe transportarse por tuberías diferentes, separadas, sin que haya alguna conexión ni sifonado de retroceso con las tuberías que transportan el agua potable y de proceso.
- Además de lo establecido en la NOM-026-STPS-1998 del Apartado de referencias, las tuberías que conduzcan agua en distintas etapas del proceso o fluidos diferentes de ésta, se deben identificar de acuerdo con el código propio de la empresa, que debe proporcionarse durante la verificación. Cualquier forma de identificación debe ser visible para el personal.
- Las cisternas o tanques de almacenamiento deben estar protegidos contra la contaminación, corrosión y permanecer tapados. En el caso de las cisternas, las tapas deben estar a una altura mínima de 10 centímetros del piso y su diseño debe evitar la entrada de agua, materia extraña o polvo al interior. Las paredes interiores de las cisternas o tanques deben ser o estar revestidas en su totalidad de material impermeable no tóxico, liso y fácil de lavar y desinfectar, las uniones deben ser fáciles de limpiar. En caso de que la cisterna o tanque de almacenamiento de producto terminado cuente con respiradero, éste debe contar como mínimo con un filtro que impida la contaminación del producto.



- En el interior de las cisternas o tanques de almacenamiento de la materia prima no debe existir suciedad ni cualquier tipo de materia extraña.
- El productor y el comercializador de agua o hielo, cada uno dentro del ámbito de su responsabilidad deben observar que las sustancias empleadas para la eliminación de plagas en cualquier área de proceso, cumplan con las disposiciones y especificaciones establecidas en el Catálogo Oficial de Plaguicidas vigente.
- Los sanitarios deben encontrarse fuera de las áreas de proceso y sin comunicación directa con éstas.
- Durante la verificación sanitaria, sólo se podrá abrir la cisterna o tanque de almacenamiento de producto terminado en caso de anomalía sanitaria.
- Deben existir procedimientos escritos para la realización de las operaciones de limpieza y desinfección que especifiquen como mínimo: productos usados, concentraciones, tiempos de contacto, enjuagues y medidas para evitar la contaminación de los equipos, utensilios o productos.
- Deben existir programas que determinen la calendarización de la aplicación de los procedimientos, así como el mantenimiento del equipo, mismos que contengan como mínimo: periodicidad y actividad a realizar.
- Las sustancias y equipos que se utilicen en la desinfección del agua deben lograr como mínimo un porcentaje de reducción de organismos coliformes totales de 99,99%.



- El proceso se debe registrar en bitácoras cuyo contenido se establece para cada modalidad de producción, mismas que se deben conservar por lo menos durante un año.
- Cuando las bitácoras o registros se elaboren por medios electrónicos, éstos deben contar con respaldos que aseguren la veracidad de la información y un procedimiento para la prevención de acceso y correcciones no controladas.
- Toda la documentación señalada debe estar a disposición de la autoridad sanitaria.

### ***1.1.2 Productoras de Agua.***

- Para el manejo de la materia prima, las conexiones de carga y descarga deben permanecer cerradas de manera que no existan fugas, debiendo contar con llave o candado que no permita la manipulación del equipo o producto por personas ajenas a la producción o a la verificación.
- Se debe contar con un sistema que evite que el agua lista para envasarse y el agua en proceso entren en contacto.
- Próximas al área de producción, deben existir instalaciones exclusivamente para el lavado y desinfección de las manos con jabón líquido, agua o solución desinfectante y de un medio higiénico para el secado de manos.



- El lavado de los envases debe hacerse en un área específica cerrada dentro de la planta. Se deben tomar las medidas necesarias para evitar que los envases se vuelvan a contaminar.
- Durante el lavado de los envases, debe evitarse la acumulación de humo, polvo y vapores.
- Para el caso de envases no retornables vacíos, éstos deberán almacenarse en condiciones higiénicas, protegidos del polvo, fauna nociva y materia extraña. No deben entrar en contacto directo con el piso. En el caso de botellas y garrafones, previo a su llenado deben ser sometidos a un proceso de limpieza interna que garantice su inocuidad.
- Todos los tapones deberán ser nuevos y de materiales no tóxicos.
- Todos los tapones deben ser mantenidos durante todo el proceso en condiciones higiénicas, libres de polvo y de materia extraña. En caso de contaminación accidental éstos deberán limpiarse y desinfectarse con soluciones que no modifiquen, reaccionen o alteren sus características y evitando la contaminación por arrastre.
- El área de llenado debe mantenerse aislada con material sanitario de las demás áreas y los accesos deben estar protegidos de manera que se evite la contaminación.
- El anhídrido carbónico que se agregue al producto debe ser grado alimentario.
- En el caso de productos envasados en botellas o garrafones, cuando se encuentren listos para la venta, deben al menos estar cerrados con tapa inviolable o tapa con sello o banda de garantía.



- En caso de que la planta suministre o expendan agua a granel, debe colocar letreros con leyendas preventivas de manera visible para el consumidor, en los que se señale el riesgo que representa para la salud el llenado de envases sucios y el transporte y manejo de los envases destapados, la forma correcta de lavar y desinfectar los envases. Las letras deben tener un tamaño de 0,5 centímetros de altura como mínimo y ser de colores contrastantes.
- En el caso de que el productor envase directamente de una obra de captación de una fuente de abastecimiento, además de cumplir con lo que señala el Reglamento, debe cumplir con lo siguiente:
- No deben construirse obras de captación en fuentes de abastecimiento cuyas cargas de contaminantes por su magnitud y peligrosidad pongan en riesgo la salud humana.
- La fuente de abastecimiento y las obras de captación deben protegerse mediante cerca de malla de alambre o muros, con la altura o distancia suficiente que impida la deposición de desechos sólidos, líquidos o excretos y el paso de animales. Sólo se permitirá el acceso a personal autorizado.
- La fuente de abastecimiento y obras de captación deben protegerse de contaminación exterior debida a escurrimientos o infiltraciones de agua u otros vectores.
- Cesar temporalmente la producción, cuando se detecte que la materia prima está fuera de alguna especificación de la presente Norma,



reiniciándose hasta que la calidad de la materia prima haya retornado a su normalidad.

### **1.1.3 Especificaciones sanitarias de producto.**

Los productos objeto de este ordenamiento, deben cumplir con las siguientes especificaciones:

- La materia prima al inicio del proceso de los productos objeto de esta Norma, debe cumplir como mínimo con las especificaciones sanitarias que se establecen en la NOM-127-SSA1-1994. En caso de no ser así, el producto terminado además de cumplir con las especificaciones que se establecen en esta norma, debe cumplir con los límites máximos para bario, cromo y plaguicidas que se establecen en la norma arriba citada.
- Organolépticas y físicas.

<b>Especificación</b>	
Olor	Inodoro
Sabor	Insípido
	Límite Máximo
Color	15 unidades de color verdadero * en la escala de platino cobalto
Turbiedad	5 Unidades de UNT

- Únicamente el producido por sólidos disueltos en el agua.
- Microbiológicas.

<b>Especificación</b>	<b>Límite máximo</b>
Coliformes totales	< 1,1NMP/100mL





- Contaminantes
- Metales pesados o metaloides.

Elemento	Límite máximo (mg/L)
Arsénico	0,025
Boro	0,3
Cadmio	0,005
Fluoruros como F-	1,5
Níquel	0,02
Plata	0,1
Plomo	0,01
Selenio	0,01

- Otros contaminantes

Sustancia	Límite máximo (mg/L)
Cianuros como CN-	0,05
Nitratos como N	10,00
Nitritos como N	0,05
Sustancias activas al azul de metileno	0,5

- Desinfectantes.

Desinfectante	Límite Máximo (mg/L)
	<b>Agua o hielo envasados</b>
Cloro residual libre después de un tiempo de contacto mínimo de 30 minutos	0,1 *



- Subproductos de desinfección del agua.

• Desinfectante utilizado	Subproducto	Límite máximo (mg/L)
Cloro	Formaldehído	0,9
	Trihalometanos totales	0,10
Ozono	Formaldehído	0,9

- Coadyuvantes de proceso.
- Cuando se utilice poliacrilamida para realizar floculación su concentración no debe ser mayor a 1mg/L.
- Aditivos

Aditivo	Límite máximo
Anhídrido carbónico	BPF

Materia extraña: Ausente



## 1.1.4 Información documental

- El proceso de los productos objeto de esta Norma debe documentarse en bitácoras o registros, de manera que garantice los requisitos establecidos en las Tablas 1, 2, 3 y 4. Los registros o bitácoras incluyendo los que se elaboren por medios electrónicos deben:
  - a) Contar con respaldos que aseguren la veracidad de la información y un procedimiento para la prevención de acceso y correcciones no controladas.
  - b) Conservarse por lo menos durante 1 año y estar a disposición de la autoridad sanitaria cuando así lo requiera.
  - c) El diseño del formato queda bajo la responsabilidad del particular.
- Información mínima de las bitácoras o registros de las diferentes etapas del proceso y de las buenas prácticas de fabricación en plantas purificadoras de agua.

<b>BITACORA DE:</b>	<b>INFORMACION:</b>
Almacenamiento de producto terminado.	Primeras entradas-primeras salidas (en su caso). Responsable. Fecha de monitoreo.
Análisis de parámetros sanitarios de la materia prima.	Fecha.



	<p>Responsable del análisis.</p> <p>Resultados (color y turbiedad, microbiológicos, fisicoquímicos, metales pesados, contaminantes).</p>
Análisis de parámetros sanitarios del producto terminado.	<p>Fecha.</p> <p>Responsable del análisis.</p> <p>Resultados (color y turbiedad, microbiológicos, fisicoquímicos, metales pesados, contaminantes y subproductos desinfección del agua en su caso).</p> <p>Lote (para productos envasados).</p>
Control de fauna nociva	<p>a) Por contratación:</p> <p>Fecha.</p> <p>Comprobante de fumigación proporcionado por la empresa responsable.</p> <p>Número de licencia de la empresa que aplica expedida por la autoridad correspondiente.</p> <p>Técnicas y sustancias utilizadas y concentraciones.</p> <p>Responsable.</p> <p>b) Auto aplicación:</p> <p>Fecha.</p> <p>Aprobación del responsable técnico expedida por la autoridad correspondiente.</p> <p>Sustancias utilizadas y concentraciones.</p> <p>Responsable.</p>
Lavado y enjuagado de envases, en su caso.	<p>Sustancias usadas.</p> <p>Concentraciones.</p> <p>Tiempo de contacto.</p> <p>Temperaturas (en su caso).</p>
Limpieza y desinfección del equipo, utensilios e instalaciones.	<p>Procedimiento.</p>



	<p>Fecha.</p> <p>Sustancias usadas.</p> <p>Dosificación.</p> <p>Tiempos de contacto.</p> <p>Responsable.</p>
Proceso	<p>Contar con diagramas de bloque en los que se describa de manera sintética el proceso de elaboración del producto.</p> <p>Mantenimiento del equipo de desinfección:</p> <p>Operación realizada.</p> <p>Fecha.</p> <p>Técnicas o sustancias usadas.</p> <p>Dosificación y tiempo de contacto en su caso.</p> <p>Responsable.</p> <p>Hoja técnica o especificaciones del proveedor o fabricante de los equipos de filtración y desinfección.</p> <p>Tratamiento del agua.</p> <p>Tipo de tratamiento.</p> <p>Sustancias (en su caso).</p> <p>Dosificación.</p> <p>Horas acumuladas de operación de la lámpara Ultra Violeta (en su caso).</p> <p>Fecha.</p> <p>Responsable.</p>



## ***1.2 Condiciones del muestreo y condiciones del etiquetado del producto a envasar.***

El procedimiento de muestreo para los productos objeto de esta Norma, se debe sujetar a lo siguiente:

- Una vez abierta la tapa o cuando la muestra sea de producto a granel, el periodo máximo que debe transcurrir entre la toma de muestra y el inicio del análisis, debe ser de 6 horas. De no ser así se tendrá que mantener la muestra refrigerada.
- La persona que tomará las muestras, se lavará las manos antes de hacer la toma de muestra o en su defecto usará guantes desechables estériles.
- En caso de que la empresa ponga envases a disposición del consumidor, se tomarán las muestras de agua en envases de la compañía.
- Los recipientes para la toma de muestra deben abrirse cerca de la toma de salida, al momento de introducir la muestra y cerrarlos de inmediato. No se debe tocar la boca ni el interior del envase así como el dispositivo de suministro y debe evitarse que la tapa se contamine.
- Debe llenarse siempre el envase en el que se tome la muestra.
- Cuando la empresa no ofrezca el envase, las muestras para análisis microbiológico se tomarán en recipientes estériles.



## 1.2.1 Etiquetado

- La información comercial: marca, denominación, declaración de contenido, nombre y domicilio del fabricante o importador y país de origen deben cumplir con lo establecido en los ordenamientos legales aplicables, expedidos por la Secretaría de Economía.
- La información sanitaria que debe figurar en la etiqueta de los productos pre envasados objeto de esta Norma, así como en los envases que pongan las empresas a disposición del consumidor, debe sujetarse a lo siguiente:
- La información contenida en las etiquetas debe presentarse y describirse en forma clara, veraz, ser comprobable y no debe inducir a error al consumidor.
- Las etiquetas que ostenten los productos envasados deben fijarse de manera tal que permanezcan disponibles hasta el momento de su uso y consumo en condiciones normales, y deben aplicarse por cada unidad, envase múltiple o colectivo, con caracteres claros, visibles, indelebles y en colores contrastantes, fáciles de leer por el consumidor en circunstancias normales de compra y uso.
- Los productos destinados a ser comercializados en el mercado nacional, deben ostentar una etiqueta con la información a que se refiere esta Norma en idioma español, independientemente de que también pueda estar en otros idiomas, cuidando de que los caracteres sean al menos iguales en



tamaño, igualmente ostensibles y colores idénticos o similares a aquellos en los que se presente la información en otros idiomas.

- Cuando en las etiquetas se declaren u ostenten en forma escrita, gráfica o descriptiva que los productos están recomendados, respaldados o aceptados por centros de investigación, asociaciones, entre otros, los cuales deberán contar con reconocimientos nacional o internacional de su experiencia y estar calificados para dar opinión sobre la información declarada. Se deberá contar con el sustento técnico respectivo, el que estará a la disposición de la Secretaría en el momento que lo solicite. Dichas declaraciones deben sujetarse a lo siguiente:

**La leyenda debe describir claramente la característica referida, estar precedida por el símbolo o nombre del organismo y figurar con caracteres claros y fácilmente legibles.**

### ***1.2.1.2 Lista de ingredientes.***

- En la etiqueta de los productos debe figurar la lista de ingredientes, la cual puede eximirse cuando se trate de productos de un solo ingrediente.
- La lista de ingredientes debe ir encabezada o precedida por el término "ingredientes".
- En la lista de ingredientes debe emplearse el nombre específico de los mismos.





- En el caso del anhídrido carbónico, éste debe reportarse con el nombre común o los sinónimos establecidos en el Acuerdo y sus modificaciones.

### ***1.2.1.3 Instrucciones para el uso, conservación o preparación.***

- En cada unidad deben aparecer las siguientes leyendas precautorias: "No se consuma si el sello o banda de garantía se encuentra roto, violado o deteriorado", u otra equivalente. Se exceptúa de esta disposición a los productos que utilicen tapas inviolables.

### ***1.2.1.4 Información nutrimental.***

- La declaración nutrimental en la etiqueta es voluntaria, sólo es obligatoria cuando se realice la declaración de alguna propiedad nutrimental, habiéndolo hecho voluntariamente o en cumplimiento de otros ordenamientos legales.
- Cuando se incluya la declaración nutrimental, es obligatorio declarar lo siguiente:
  - a) Contenido energético;
  - b) Las cantidades de proteínas, carbohidratos (hidratos de carbono) disponibles y las grasas (lípidos);



c) La cantidad de sodio;

- No se podrán declarar los nutrimentos que de manera natural provea el producto, a excepción de los mencionados en los incisos a, b y c.
- En las bebidas que ostenten la leyenda "bajas en sales" se debe establecer en la etiqueta qué minerales son los que se encuentran en bajas concentraciones y cuáles son los valores de referencia.
- La declaración nutrimental debe hacerse en las unidades métricas que correspondan y en orden descendente conforme al aporte de nutrimentos del producto. La declaración debe hacerse por 100 gramos o por envase, si éste contiene sólo una porción.
- La declaración sobre el contenido energético, debe expresarse en kJ, de manera adicional, podrá declararse en kcal.
- La declaración sobre la cantidad de proteínas, carbohidratos (hidratos de carbono) y grasas (lípidos), debe expresarse en g.
- La declaración sobre sodio debe expresarse en mg.
- Cuando la declaración numérica sobre vitaminas, minerales y electrolitos se haga en porcentaje de la ingestión diaria recomendada (IDR), debe



emplearse únicamente la tabla de recomendaciones ponderadas establecida en el Apéndice normativo B de la NOM-086-SSA1-1994.

- Los valores de composición bromatológica que figuren en la declaración de nutrimentos del producto, deben ser valores medios ponderados derivados de análisis, bases de datos o tablas reconocidas internacionalmente.
- La modificación nutrimental que lo caracterice, de conformidad con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-086-SSA1-1994. Bienes y servicios. Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. Especificaciones nutrimentales.

## **1.2.2 Lote.**

- En el caso de los productos envasados, cada unidad debe llevar grabada o marcada de cualquier modo la identificación del lote al que pertenece, la cual debe permitir la rastreabilidad del producto, estar relacionada con la fecha de elaboración y colocarse en cualquier parte del envase. dicho dato no debe ser alterado u ocultarse en forma alguna.
- Cuando se identifique con el formato de fecha, debe anteponerse la palabra "Lote".



- En caso de que la compañía ponga envases a disposición del consumidor, las etiquetas deben cumplir con lo señalado en los puntos anteriores, excepto con la identificación de lote.
- Cuando los productos objeto de este ordenamiento se encuentren en un envase múltiple o colectivo para su venta al consumidor, éste debe contar con la información que se refiere la presente Norma Oficial Mexicana, en tanto que los envases individuales deben ostentar en sus etiquetas la misma información o sólo la indicación de lote y la leyenda "No etiquetado para su venta individual".
- Cuando el envase esté cubierto por una envoltura, debe figurar en ésta toda la información necesaria, excepto en los casos en que la etiqueta aplicada al envase pueda leerse fácilmente a través de la envoltura exterior.

### ***1.2.3 Envase y embalaje***

- En el caso de producto envasado o cuando la empresa ponga los envases para la venta a granel a disposición del consumidor éstos deben:
- Ser fabricados de material sanitario, inocuo, resistente y que no reaccionen con el producto o alteren sus características físicas o químicas. Sólo podrán ser utilizados para envasar los productos objeto de esta Norma.



## ***1.3 Equipos para una buena purificación del agua.***

Para potabilizar el agua, las poblaciones utilizan plantas de tratamiento y una amplia variedad de tecnologías que van desde el simple desbaste o filtración gruesa, los filtros de arena y la desinfección, hasta procesos químicos y mecánicos de gran complejidad.

La calidad del agua, es un estado de ésta, caracterizado por su composición fisicoquímica y biológica. Este estado deberá permitir su empleo sin causar daño, para lo cual deberá reunir dos características:

Estar exenta de sustancias y microorganismos que sean peligrosos para los consumidores.

Estar exenta de sustancias que le comuniquen sensaciones sensoriales desagradables para el consumo (color, turbiedad, olor, sabor). El criterio de potabilidad del agua depende fundamentalmente del uso al que se la destina (humano, industrial, agrícola, etc.) Agua potable es el agua, ya sea de superficie o subterránea, tratada y el agua no tratada por no estar contaminada. La definición de agua potable se ha ido adaptando al avance del conocimiento científico y a las nuevas técnicas, en especial a las relacionadas con el análisis de contaminantes. La mala calidad del agua afecta a infinidad de actividades vitales, es un bien tan preciado que en la exposición de la Carta Europea del Agua comienza con “Sin agua no hay comida, no hay bebida, ni luz, ni calor, ni lluvia. Sin agua no hay vida posible”.

Para llevar una buena purificación del agua se ocupan equipos para su tratamiento, los que ocuparemos para este proyecto son: filtros de lecho fundido, filtros de carbón activado, suavizadores, sistema de osmosis inversa, lámpara de luz ultravioleta.

A continuación, se verán a detalle los sistemas de purificación.



## 1.3.1 *Filtros de lecho profundo.*

El filtro de lecho profundo está compuesto por un lecho filtrante con 5 diferentes tipos de granulometría, válvula de retro lavado, manual construida en termoplástico y tanque de resina en una sola pieza termoplástica y revestida en fibra de vidrio.

El agua pasa a este filtro de sedimentos tipo lecho profundo, el cual elimina los materiales solidos presentes de hasta 30 micras, obteniendo un aspecto claro y transparente.

La arena sílica, zeolita y la antracita producen resultados satisfactorios en la filtración de agua, y pueden usarse en una amplia gama de tamaños y de alturas de cama. La selección del tamaño de la partícula y de la altura de cama es responsabilidad del diseñador, y debe hacerse con base en las condiciones del agua a tratar.

En general, mientras más grueso es un medio filtrante, permite un mayor tiempo de filtrado entre retrolavados. La filtración es función tanto del tamaño del medio filtrante como de la altura de la cama, y la remoción generalmente es mejor con mayores alturas de cama, con menores tamaños de medio filtrante, o con ambos.

En el tratamiento de agua se pueden utilizar filtros de camas simples un solo medio filtrante dual o múltiple.

En las camas duales o múltiples, los medios filtrantes gruesos se colocan en la parte superior y los medios finos en la inferior. Esta colocación se realiza con el objeto de combinar un mayor lapso de filtración con una remoción más fina -característica de un medio fino-. Es necesario seleccionar adecuadamente el rango de tamaños de partícula y la



densidad de las distintas capas filtrantes, con el objeto de mantener la posición de las capas -las gruesas arriba y las finas abajo- durante la filtración y después de los retro lavados.

En filtros de camas duales o múltiples que utilizan antracita, el tamaño de esta depende del tamaño y de la densidad de la arena u otro material que se coloque bajo la antracita. Si las partículas de la antracita son demasiado pequeñas, pueden ocasionar pérdidas excesivas durante el mínimo retrolavado requerido para limpiar la arena de manera efectiva. Si las partículas de antracita son demasiado grandes, pueden ocasionar un mezclado excesivo de ambas capas en su interface.

### **1.3.1.1 Granulometría o tamaño de partícula**

El tamaño de los medios filtrantes comúnmente se especifica en términos de tamaño efectivo y de coeficiente de uniformidad o en términos del rango del tamaño de partículas. Tamaño efectivo de partícula: Es la abertura de la malla por la cual pasa solo el 10% (en peso) de una muestra representativa del material filtrante. Coeficiente de uniformidad: Es la relación calculada dividiendo la abertura de la malla por la cual pasa un 60% (en peso) de una muestra representativa de un material filtrante entre la abertura de la malla por lo cual pasa solo el 10% (en peso) de la misma muestra.

### **1.3.1.2 Propiedades**

Las principales características de los medios filtrantes deben alta dureza y durabilidad. Deben tener una densidad específica, dureza y solubilidad



en ácido. Además, deben estar visiblemente libres de partículas ajenas a éstos.

### ***1.3.2 Filtros de carbón activado.***

El filtro de carbón activado está compuesto de un lecho que contiene carbón activado que retiene olores y sabores, válvula de retro lavado manual, construida en termoplástico y tanque de resina en una sola pieza termoplástica revestida en fibra de vidrio.

El agua pasa a este filtro para eliminar residuos de cloro, así como un amplia cantidad de contaminantes orgánicos, presentes en el agua incluyendo aquellos causantes del mal olor, color y sabor.

El carbón activado o carbón activo es carbón poroso que atrapa compuestos, principalmente orgánicos, presentes en un gas o en un líquido. Lo hace con tal efectividad, que es el purificante más utilizado por el ser humano.

Los compuestos orgánicos se derivan del metabolismo de los seres vivos, y su estructura básica consiste en cadenas de átomos de carbono e hidrógeno. Entre ellos se encuentran todos los derivados del mundo vegetal y animal, incluyendo el petróleo y los compuestos que se obtienen de él.

A la propiedad que tiene un sólido de adherir a sus paredes una molécula que fluye, se le llama “adsorción”. Al sólido se le llama “adsorbente” y a la molécula, “adsorbato”.





Después de la filtración -que tiene por objeto retener sólidos presentes en un fluido-, no existe un sólo proceso de purificación con más aplicaciones que el carbón activado. Entre ellas están:

- Potabilización de agua (el carbón retiene plaguicidas, grasas, aceites, detergentes, subproductos de la desinfección, toxinas, compuestos que producen color, compuestos originados por la descomposición de algas y vegetales o por el metabolismo de animales...)
- Deodorización y purificación de aire (por ejemplo, en respiradores de cartucho, sistemas de recirculación de aire en espacios públicos, venteos de drenajes y plantas de tratamiento de agua, casetas de aplicación de pinturas, espacios que almacenan o aplican solventes orgánicos...)
- Tratamiento de personas con intoxicación aguda (el carbón activado se considera el “antídoto más universal”, y se aplica en salas de urgencias y hospitales)
- Refinación de azúcar (el carbón retiene las proteínas que dan color al jugo de caña; el objetivo fundamental de este proceso es evitar que el azúcar fermenta y se eche a perder)
- Decoloración de aceites vegetales (como el de coco), glucosa de maíz y otros líquidos destinados a la alimentación
- Decoloración y deodorización de bebidas alcohólicas (como vinos de uva y destilados de cualquier origen)



- Recuperación de oro (el oro que no se puede separar de los minerales por los procesos de flotación, se disuelve en cianuro de sodio y se adsorbe en carbón activado).

Cualquier partícula de carbón tiene la capacidad de adsorber. Es por ello que algunas personas colocan carbón de leña en el refrigerador para eliminar los olores. Lo mismo sucede si se coloca carbón en un recipiente con agua: elimina color, sabor y olor. O bien, en el campo, las personas queman tortilla y la ingieren para aliviarse de problemas digestivos (como infecciones ligeras, indigestión o flatulencia).

Activar un carbón consiste en hacerlo poroso para ampliar su capacidad de adsorción. Un gramo de carbón de leña tiene un área superficial de alrededor de 50 m<sup>2</sup>. Con la activación, ésta llega a 600 u 800 m<sup>2</sup>. Es decir, aumenta entre 12 y 16 veces.

Los átomos de carbono que forman un sólido al que llamamos “carbón”, se ligan entre sí mediante uniones de tipo covalente. Cada átomo comparte un electrón con otros cuatro átomos de carbono (hay que recordar que en las uniones iónicas, el átomo más electronegativo le roba uno o más electrones al otro).

Los átomos que no están en la superficie, distribuyen sus cuatro uniones en todas las direcciones. Pero los átomos superficiales, aunque están ligados con otros cuatro, se ven obligados a hacerlo en menor espacio, y queda en ellos un desequilibrio de fuerzas. Ese desequilibrio es el que los lleva a atrapar una molécula del fluido que rodea al carbón.



La fuerza con la que el átomo superficial de carbono atrapa a la otra, se llama “Fuerza de London”, que es uno de los siete tipos de “fuerzas de Van der Waals”. Se considera una unión fisicoquímica, suficientemente fuerte para retener al adsorbato, pero no tan fuerte como para considerarla una unión química irreversible que forma una nueva estructura molecular. Por ello, la adsorción es reversible y el carbón activado puede reactivarse para utilizarse de nuevo.

Como dijimos, las moléculas que adsorbe el carbón tienden a ser covalentes; no iónicas, pues estas últimas tratarían de robar o de donar electrones a los átomos de carbono. Las uniones entre átomos de carbono e hidrógeno son covalentes, y es por ello que el carbón es un buen adsorbente de moléculas orgánicas.

No todas las moléculas orgánicas tiendan a ser covalentes. Suelen contener átomos de oxígeno, azufre y otros de alta electronegatividad, que dan tendencia iónica a la parte de la molécula que los contiene. Por otro lado, no todas las moléculas inorgánicas tienden a ser iónicas; también las hay de tendencia covalente. Tal es el caso del dicianuro de oro, que hace del carbón activado una parte esencial del proceso de extracción de este metal precioso.

En teoría, podría activarse cualquier partícula de carbón. No obstante, si el carbón está muy ordenado (como es el caso del diamante o el grafito), es difícil eliminar algunos átomos de carbono para generar poros.

Una manera de clasificar carbones, se basa en el grado de “coquización” u ordenamiento de sus átomos de carbono. Mientras menos ordenados, el carbón es menos duro y puede activarse con mayor facilidad.

Las materias primas más utilizadas para fabricar carbón activado son: maderas poco duras (como la de pino), carbones minerales (ligníticos,



bituminosos y de antracita) y cáscaras o huesos de vegetales (concha de coco, hueso de aceituna o de durazno, cáscara de nuez).

Los carbones activados fabricados a partir de maderas poco duras, forman poros de diámetro grande, y son particularmente adecuados para decolorar líquidos.

Los que se fabrican a partir de carbones minerales, tienden a formar una amplia gama de poros; suelen ser más adecuados para aplicaciones en las que los compuestos que buscan retenerse son de distintos tamaños moleculares.

Los que parten de cáscaras o huesos duros, forman poros pequeños, y se aplican en el tratamiento de gases o en la potabilización de aguas que provienen de pozos.

El carbón puede producirse en forma de polvo, de gránulos o de pellets cilíndricos.

El polvo sólo se aplica en la purificación de líquidos; el carbón se dosifica en un tanque con agitación y luego se separa del líquido por medio de un filtro adecuado para retener partículas pequeñas (como es el filtro prensa).

En el caso del carbón granular, se produce en diferentes rangos de partícula, que se especifican con base en la granulometría o número de malla. Una malla 4, por ejemplo, es la que tiene cuatro orificios en cada pulgada lineal. Se aplican, tanto en la purificación de líquidos como de gases.

Los pellets se aplican normalmente en el tratamiento de gases, ya que su forma cilíndrica produce una menor caída de presión.



Para el caso de que se desea un carbón granular o pellet, si la materia prima no es suficientemente dura, se puede re aglomerar con un agente ligante que le imparte dureza para evitar que se rompa al paso del fluido.

El carbón puede activarse mediante procesos térmicos o químicos. Los procesos térmicos consisten en provocar una oxidación parcial del carbón, para lograr que se formen los poros, pero evitando que se gasifique y se pierda más carbón del necesario. Esto ocurre a temperaturas que están entre los 600 y los 1100 °C, y en una atmósfera controlada (que se logra mediante la inyección de una cantidad adecuada de vapor de agua o de nitrógeno).

Los procesos químicos parten de la materia prima antes de carbonizarse. Los reactivos son agentes deshidratantes (como ácido fosfórico) que rompen las uniones que ligan entre sí a las cadenas de celulosa. Después de esta etapa, el material se carboniza a una temperatura relativamente baja (de unos 550 °C) y luego se lava para eliminar los restos de reactivo y de otros subproductos.

Los hornos en los que se activa un carbón térmicamente o en los que se carboniza un carbón previamente tratado con un químico, pueden ser rotatorios o verticales (de etapas).

## **¿Cuál es la capacidad de adsorción del carbón activado?**

La capacidad de un carbón activado para retener una sustancia determinada no sólo está dada por su área superficial, sino por la proporción de poros cuyo tamaño sea el adecuado, es decir, un poco adecuado tiene un diámetro de entre una y cinco veces la molécula de que se va a adsorber.



Si se cumple esta condición, la capacidad de un carbón activado puede ser de entre el 20% y el 50% de su propio peso.

## **¿Cómo elimina el carbón activado el cloro libre presente en el agua?**

La dechloración consiste en un proceso complicado que puede seguir distintos caminos de reacción en los que el CA puede intervenir como reactivo o como catalizador.

El cloro libre puede adicionarse al agua en forma de cloro gas, solución de hipoclorito de sodio, o tabletas -gránulos- de hipoclorito de calcio.

En cualquiera de estos casos, el cloro queda disuelto en forma de ácido hipocloroso (HOCl), un ácido débil que tiende a disociarse parcialmente.

La distribución entre ácido hipocloroso e ion hipoclorito depende del pH y de la concentración de estas especies. A ambas formas moleculares se les define como cloro libre.

Las dos son fuertes oxidantes que al ser adicionados al agua reaccionan de manera casi inmediata con impurezas orgánicas e inorgánicas, y ejercen un efecto biosida en los microorganismos. El cloro que reacciona y el que interviene en esta etapa de desinfección, deja de ser libre y queda combinado. Una vez terminada esta etapa, es necesario eliminar el cloro libre residual, mediante carbón activado granular.

Cuando el carbón se expone al cloro libre, se llevan a cabo reacciones en las que el HOCl o el OCl<sup>-</sup> se reducen a ión cloruro. Dicha reducción es el resultado de distintos caminos de reacción posibles.



En dos de los más comunes, el CAG actúa de acuerdo con las siguientes reacciones:

En donde  $C^*$  representa al carbón activado.  $C^*O$  y  $C^*O_2$  son óxidos superficiales, que poco a poco van ocupando espacios que, al quedar bloqueados, ya no participan en la reacción. Algunos de estos óxidos se liberan hacia la solución como  $CO$  y  $CO_2$ . Esto vuelve a dejar espacios disponibles que por lo tanto aumentan la capacidad del CAG para esta reacción.

En cuanto al CAG, también se acumula en la superficie del carbón durante los primeros momentos de operación. Al seguir llegando  $HOCl$  o a la superficie del carbón, la reacción se hace un poco más lenta, y entonces se empieza a liberar el CAG. Esta disminución de velocidad se debe al envenenamiento del carbón con los óxidos superficiales. Dicho envenenamiento continúa de manera gradual, mientras disminuye la capacidad, tanto de adsorción como de decoloración del CA.

En las reacciones anteriores puede intervenir en lugar de  $HOCl$ , con la diferencia que no se produce  $H^+$ . Puede observarse que el CA reacciona y por lo tanto desaparece. Si no hubiera acumulación de óxidos superficiales, la reacción continuaría hasta la desaparición completa del carbón.

### **¿Qué tipo de carbón es el más adecuado para decolorar?**

Los colores que se manifiestan en líquidos suelen ser moléculas de tamaño relativamente grande. Por lo tanto, se adsorben en poros grandes, lo que hace que los carbones más adecuados para retenerlos sean los de mayor macroporosidad.



Los carbones de madera, particularmente los de maderas no muy duras (como pino) que se activan químicamente, son los más macroporosos y, por lo tanto, son los más adecuados para decolorar.

El problema de estos carbones es que son poco duros y poco resistentes a la abrasión, lo que obliga a aplicarlos en forma de polvo. Cuando se requiere que el carbón decolorante sea granular, la mejor alternativa suele ser un carbón de lignito. Es el carbón mineral de mayor macroporosidad.

### **¿Qué tipo de carbón activado es el más adecuado para potabilizar agua?**

Los contaminantes típicamente presentes en aguas de pozo suelen ser de bajo peso molecular y, para estos casos, el carbón más adecuado es uno de alta microporosidad.

Los carbones que mejor cumplen con esta condición son, en primer lugar, los de concha de coco y, posteriormente, los minerales bituminosos.

### **¿Por qué varía el pH del agua cuando se instala un carbón virgen?**

Cuando un carbón se activa químicamente, es impráctico e innecesario que el fabricante elimine del producto final todo el químico utilizado. Por lo tanto, si el químico fue un ácido, disminuirá el pH de los primeros litros de agua que entran en contacto con el carbón. Ocurrirá lo contrario si el químico utilizado fue un álcali.





En el caso de un carbón activado térmicamente (sin la presencia de otros químicos que no sean vapor de agua y gases de combustión), aumenta el pH de los primeros litros de agua que se trata con el mismo.

Esto se debe a que todos los vegetales tienen cantidades importantes de sodio, potasio, calcio y otros cationes que, en el proceso de carbonización, permanecen en el carbón en forma de óxidos. Estos óxidos se convierten en hidróxidos al entrar en contacto con el agua, se disuelven en la misma y aumentan su pH.

Cuando no varía el pH de los primeros litros de agua que entran en contacto con un carbón, puede tratarse de un carbón de pH ajustado o de un carbón ultra puro (libre de solubles).

### **1.3.3 Suavizadores**

Los suavizadores tienen la finalidad de remover la dureza del agua. Lo cual significa que evitan la formación de sarro en la tubería de una casa. En el caso de un boiler puede representar un ahorro de hasta el 27% en el uso de gas.

Además hay ahorros significativos en el uso de jabones, máquinas de lavado, compra de ropa y ayuda a mantener vajillas, baños y tinas sin manchas. Este equipo suavizador de agua está compuesto por resina catiónica, válvula de control automática construida en termoplástico, tanque de resina en una sola pieza termoplástica revestida en fibra de vidrio y tanque de salmuera para regeneración de resina.



## ¿Qué es un suavizador de agua?

Un suavizador de agua, es un sistema que hace pasar el agua dura a través de una cama de resinas de intercambio iónico y como resultado a la salida se obtiene agua suavizada.

## ¿Qué hace un ablandador en el agua?

Los suavizadores o ablandadores de agua son específicamente intercambiadores de iones que eliminan los iones de “dureza” principalmente Calcio  $\text{Ca}^{2+}$  y Magnesio  $\text{Mg}^{2+}$ , que son intercambiados por iones de sodio. Es decir reducir la dureza mediante la sustitución de magnesio y calcio ( $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{Ca}^{2+}$ ) por sodio o iones de potasio ( $\text{Na}^{+}$  y  $\text{K}^{+}$ ) “.

La suavización del agua es un proceso que soluciona un problema conocido como “agua dura”,

## ¿Qué es la suavización del agua?

La suavización o ablandamiento del agua es la eliminación de calcio y magnesio del agua dura. Los jabones mejoran notablemente la cantidad de espuma, evita incrustaciones en equipos y tuberías por lo que aumenta su tiempo de vida. La suavización del agua se logra generalmente usando resinas de intercambio iónico.

## ¿A qué se le denomina agua dura?

El agua dura, es agua que tiene un alto contenido de minerales de calcio y magnesio, en contraste con “agua blanda o suavizada”. El agua dura se forma cuando corre a través de depósitos de calcio y minerales que contienen magnesio, como la piedra caliza, creta y dolomita.



El agua dura por lo general no es dañina para la salud, pero puede traer graves problemas en entornos domésticos e industriales, donde se controla la dureza del agua para evitar costosos daños en tuberías, calderas, torres de enfriamiento u otro equipo con tendencias a las incrustaciones. En una casa, el agua dura se nota por la falta de formación de espuma de jabón y por la formación de depósitos sarro en los calentadores de agua y tuberías.

Los suavizadores utilizan una resina sintética de gel en forma de esferas muy pequeñas que están cargadas con sodio y al paso del agua dura van haciendo el intercambio de iones para su suavización.

### **¿Qué pasa cuando un suavizador agota su capacidad de suavización?**

El ciclo de suavización depende de la cantidad de agua y de dureza (calcio y magnesio) que pasen a través del suavizador, calculado previamente por un análisis de laboratorio. Una vez agotada su capacidad de intercambio, el suavizador tiene que cargar nuevamente de sodio a la resina de intercambio iónico para comenzar de nuevo su ciclo de suavización.

### **¿Cuál es el tiempo de vida de un suavizador de agua?**

Un buen suavizador de agua durará muchos años. Hay suavizadores que han trabajado durante 20 años con sus respectivos mantenimiento, cambio de resina cada 2 a 3 años, y que solamente requieren llenarlos con la sal (sodio) de vez en cuando el tanque de salmuera.



## **¿Qué tipo de sal se debe utilizar en un suavizador de agua?**

Se puede utilizar sal de mar sin yodo normalmente llamada “sal industrial” pero no siempre es la más limpia, puede contener algunos residuos que pueden dañar los suavizadores, también se puede utilizar sal peletizada “pastillas” de origen mineral o marino, que pasan por un procesos industrializado de limpieza y peletización.

## **¿Con qué frecuencia se debe agregar la sal al suavizador?**

La sal se agrega a un depósito o tanque alterno al tanque que contiene la resina de intercambio iónico, llamado tanque de salmuera. Cuanto más a menudo el suavizador se regenera, más a menudo va a necesitar de sal.

Los suavizadores de agua domésticos generalmente se rellenan una vez al mes, pero cuidando siempre que no pase de la mitad inferior del tanque. Aunque un cálculo del flujo y un análisis del agua antes de instalar el suavizador nos pueden predecir cuantas veces en un tiempo se va a regenerar un suavizador y cuanta sal va a consumir.

### **1.3.4 Sistema de Osmosis Inversa.**

La ósmosis es el movimiento de moléculas a través de una membrana parcialmente permeable porosa, que va de una región de mayor concentración a otra de menor, en esta acción la membrana tiende a igualar las concentraciones en los dos lados.

Este flujo de partículas solventes hacia la zona de menor potencial se conoce como presión osmótica medible en términos de presión atmosférica.



Sí utilizamos una presión superior a la presión osmótica, un efecto contrario a la ósmosis se puede lograr, al presionan fluidos a través de la membrana y sólo las moléculas de menor peso pasan del otro lado.

En el tratamiento de agua los sólidos disueltos al generar esta presión quedan retenidos en la membrana y sólo pasa el agua, a esto se le llama ósmosis inversa. Para lograr este efecto del paso del agua es necesario presurizar el agua a un valor superior al de la presión osmótica.

### **¿Cuánta agua rechaza una ósmosis inversa?**

Las membranas de ósmosis inversa tienen las características de hacer una limpieza continua mientras trabajan, porque de no ser así, sufrirían una acumulación de contaminantes y una saturación en poco tiempo, por lo que parte del flujo de agua entrada arrastra las contaminantes sales y minerales. A esto se le conoce como agua de rechazo, que comúnmente es 40% de agua producto y 60% de agua de rechazo, en equipos con agua de calidad relativamente buena, puede ser 50% / 50% o en aguas con sólidos disueltos totales (TDS) bajos hasta 60% / 40%.

### **¿Qué tiempo de vida tiene una ósmosis inversa?**

Una membrana de ósmosis inversa en un equipo correctamente diseñado, la duración puede ser entre 3 a 5 años. Es importante hacer los mantenimientos periódicos con químicos para limpieza de membranas, siguiendo los consejos del fabricante. En aguas con concentraciones altas de sólidos disueltos, dureza o presencia de sílice es recomendable dosificar un anti-incrustante mediante una bomba, también es importante la pre-tratamiento que incorpora el equipo: eliminación de partículas en suspensión mediante cartuchos de sedimentos o equipos de lecho profundo y equipos de carbón activado y suavizador, si es



necesario. En membranas de uso doméstico el tiempo de vida es más corto 2 a 3 años, debido a que no es posible realizar los mantenimientos antes mencionados.

### 1.3.5 *Lámparas de luz ultravioleta.*

Lámparas UV para el tratamiento de agua, la luz UV es un germicida poderoso que elimina microorganismos del agua purificada sin uso de químicos adicionales, Marcas como: UV Viqua, Trojan, Polaris, Sterilight, WaterTec, es el bactericida más eficiente en la producción de agua potable o para embotellar.



## CAPITULO 2

### ***“INSTRUMENTACION EN EL ENVASADO DEL PRODUCTO”***

#### Envasado

Un sistema coordinado de preparación de productos para el transporte, la distribución, el almacenaje, la venta al detalle y uso final.

Un medio de asegurar el suministro seguro hasta el último consumidor en condiciones adecuadas a un coste global mínimo.

Una función tecno-económica dirigida tanto a minimizar costes de suministro como a maximizar las ventas (y de aquí, beneficios).

Medio de suministrar al consumidor un alimento de igual calidad a la de los productos frescos.

Segmento de negocios complejo, dinámico, científico, artístico y controvertido.

#### **2.1 Envasado del agua.**

El embotellado de agua es un proceso complejo que hace necesarios estándares de profesionalidad muy elevados para ser realizado adecuadamente. Cuando hablamos de embotellado de agua, surgen muchos temas, como higiene, seguridad y contaminación: para que el proceso se realice con éxito, se deben utilizar solo las mejores máquinas disponibles en el mercado.

El proceso de embotellado de agua incluye tres o cuatro pasos, que dependen de si produce agua carbonatada o no:

Limpieza: la limpieza de las botellas vacías es probablemente el paso más importante en el embotellado de agua. La razón es sencilla: una limpieza adecuada



es la única manera de asegurar la higiene y seguridad del agua que se está embotellando. Sería una grave equivocación esterilizar el agua antes del embotellado, y contaminarla justo en el proceso final de la producción. Por lo tanto, elija solo los mejores proveedores en lo que se refiere a máquinas de limpieza: máquinas de calidad realizadas únicamente con los mejores materiales, resistentes al óxido y a la corrosión y que pueden ser esterilizadas siempre que sea necesario.

**Llenado:** llenar las botellas con agua es sin ninguna duda el objetivo de cualquier planta embotelladora de agua. Este proceso es bastante sencillo: las botellas son tomadas por las pinzas, al tiempo que las boquillas situadas encima de éstas vierten el agua en las mismas. Si decide embotellar el agua solo en vidrio, será mejor que se concentre en una máquina específicamente diseñada para las botellas de vidrio; por otra parte, esta misma sugerencia es válida si se decanta solo por botellas de PET. En cambio, en caso que elija producir tanto botellas de vidrio como de PET, puede confiar en una máquina que admita estas dos posibilidades.

**Saturación:** este proceso se incluye en el embotellado de agua solo si debe producir agua con gas. Deberá incluir una unidad de saturación que extraiga el aire del agua y la carbonate con un dispositivo que inyecte directamente el CO<sub>2</sub> en el líquido.

**Taponado:** es el paso final del embotellado de agua. Las botellas se mueven a una máquina de taponado que pone un tapón en cada una de ellas y sella el agua en una atmósfera protegida. Después del taponado, el agua está preparada para la comercialización y venta a nivel local o a gran escala.

Un procedimiento de envasado requiere un gran número de conocimientos y técnicas especializadas, así como de maquinaria específica para elaborar un





envase que debe proporcionar los requerimientos básicos con que este debe contar, entre estos requerimientos contamos entre los más importantes con:

- **Contención:** el envase debe mantener seguros sus contenidos desde el final de la línea de envasado hasta el momento en que todo el alimento ha sido consumido.
- **Protección y conservación:** el envase debe proteger el alimento tanto de daños mecánicos durante su manipulación como del deterioro debido a los diferentes ambientes por los que pasara el envase durante su distribución y almacenamiento en el hogar.
- **Comunicación:** todo envasado alimentos debe comunicar. No solamente debe identificar los contenidos y los requerimientos legales de etiquetado, ya que, a menudo, el envase es un factor importante en la promoción de ventas. También la unidad de carga y el envasado de transporte deben de informar al transportista acerca de su destino, instrucciones sobre su manejo y almacenamiento del alimento, así como informar al detallista acerca del método de apertura del envase, e incluso proponer la mejor manera de exponer el producto.
- **Facilidad de fabricación:** la mayoría de los envases individuales y muchos embalajes de transporte están actualmente dispuestos verticalmente, llenados, cerrados y encolados en maquinaria que opera a velocidades de 1.000 unidades por minuto o más. Por tanto, deben realizar esta operaciones sin demasiados paros, o el proceso resultara en demasiado desperdicio de material y será antieconómico. Aun tratándose de pocas cantidades y en



realizaciones de operaciones especializadas, es importante que las operaciones de llenado y cerrado se realicen óptimamente.

- Comodidad y uso: las impresiones más comunes de comodidad en el envase para venta al detalle de alimentos son aquellas que proporcionan una fácil apertura, manejo y/o un uso posterior. El contenedor de envío o transporte, al igual que el envasado primario, debe proporcionar comodidad en todas las etapas desde la línea de envasado, pasando por el almacenamiento hasta su distribución, así como satisfacer las necesidades del usuario del producto

## 2.2 Instrumentación.

Instrumentación: es el grupo de elementos que sirven para medir, controlar o registrar variables de un proceso con el fin de optimizar los recursos utilizados en este.

En otras palabras, la instrumentación es la ventana a la realidad de lo que está sucediendo en determinado proceso, lo cual servirá para determinar si el mismo va encaminado hacia donde deseamos, y de no ser así, podremos usar la instrumentación para actuar sobre algunos parámetros del sistema y proceder de forma correctiva.

La instrumentación es lo que ha permitido el gran avance tecnológico de la ciencia actual en casos tales como: los viajes espaciales, la automatización de los procesos industriales y muchos otros de los aspectos de nuestro mundo moderno; ya que la automatización es solo posible a través de elementos que



puedan sentir lo que sucede en el ambiente para luego tomar una acción de control pre-programada que actúe sobre el sistema para obtener el resultado previsto.

El Sistema de Medida y Control es aquel que realiza funciones de medición de magnitudes físicas, químicas, biológicas, etc. Procesando estos datos para regular el funcionamiento del sistema físico que pretende controlar, según los datos obtenidos en el proceso de adquisición de datos y medición.

El producto, el envase y la maquinaria forman parte de un sistema integrado. Si la máquina es la correcta ya se tiene solucionada la parte más delicada y precisa del sistema, ya que el producto y el envase serán probablemente más variables. De aquí que la maquinaria deba seleccionarse para acomodarla a las variaciones (en dimensiones y propiedades críticas), que inevitablemente ocurrirán, tanto en el producto como en el envase-

## 2.2.1 Sensores

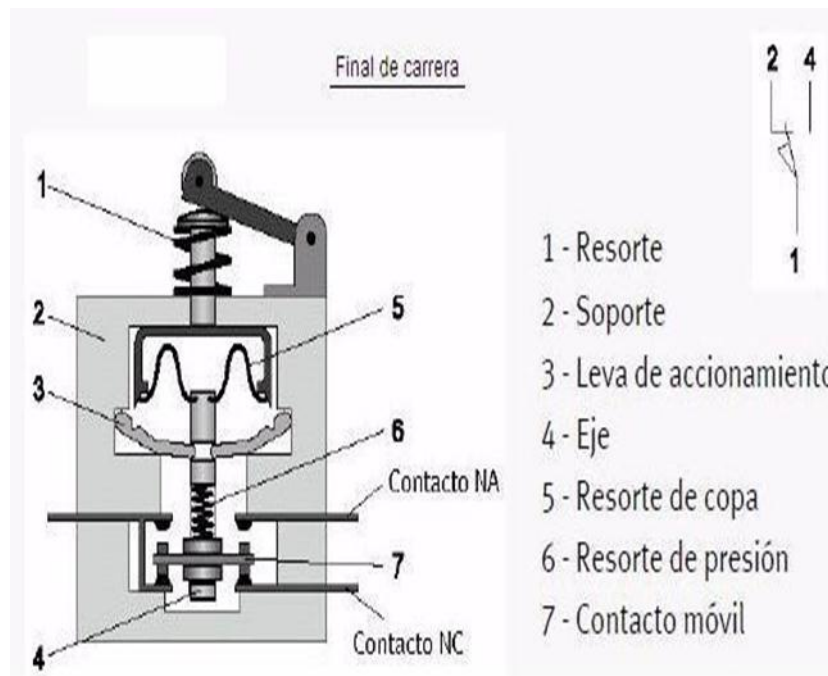
Los sensores, son dispositivos de sistema de medida y control que interactúan con el sistema físico que se pretende estudiar o controlar. Un sensor es un dispositivo que partiendo de la energía del medio, proporciona una señal de salida que es función de la magnitud que se pretende medir.

Los sensores están situados al principio del lazo de control, donde están en contacto con el producto cuyas características físicas o químicas van a monitorearse. En una instalación manual, el operador recoge esta información, entonces interviene utilizando los dispositivos adecuados.



Actualmente en las industrias se están utilizando sistemas de automatización fiable y eficiente para recoger datos básicos como temperatura, presión, pH, caudal y la posición de un determinado elemento operativo como por ejemplo un indicador de nivel en un tanque o válvula.

El sensor debe ser sólido y fiable, y las averías fáciles de detectar y de reparar, si es necesario, la precisión de las medidas no debe ir en detrimento de la simplicidad y el sensor no debe presentar deriva al cabo del tiempo, ya que aumentarían las diferencias entre los valores mostrados y los reales. A continuación se describirán algunos tipos de sensores para el interés de este trabajo.



- Sensor de Proximidad: el sensor de proximidad, es un transductor que detecta objetos o señales que se encuentran cerca del elemento sensor. Existen varios tipos de sensores de proximidad según el principio físico que utilizan. Entre los sensores de proximidad útiles se encuentran:



- Sensor final de carrera: el final de carrera o sensor de contrato (también conocido como interruptor de límite o limit switch), son dispositivos eléctricos, neumáticos o mecánicos situados al final del recorrido de un elemento móvil, como por ejemplo una cinta transportadora, con el objetivo de enviar señales que puedan modificar el estado de un circuito. Internamente pueden contener interruptores normalmente abiertos (NA) o normalmente cerrados (NC), o conmutadores dependiendo de la operación que cumplan al ser accionados. Generalmente estos sensores están compuestos por dos partes: un cuerpo donde se encuentran los contactos y una cabeza que detecta el movimiento. Su uso es muy diverso, empleándose en general en todas las máquinas que tengan un movimiento rectilíneo de ida y vuelta o sigan una trayectoria fija, es decir, aquella que realicen una carrera o recorrido fijo.
- Sensor infrarrojo: el receptor de rayos infrarrojos suele ser una foto transistor o fotodiodo. El circuito de salida utiliza la señal del receptor para amplificarla y adaptarla a una salida que el sistema pueda entender. La señal enviada por el emisor puede ser codificada para distinguirla de otra y así identificar varios sensores a la vez esto es muy utilizado en la robótica en casos en que se necesita tener más de un emisor infrarrojo y solo se quiera tener un receptor.

Los sensores infrarrojos pueden ser:

- Sensor infrarrojo de barrera: las barreras tipo emisor-receptor están compuestas de dos partes un componente que emite el haz de luz, y otro componente que lo recibe. Se establece una área de detección donde el objeto a detectar es reconocido cuando el mismo interrumpe el haz de luz.



Debido a que el modo de operación de esta clase de sensores se basa en la interrupción del haz de luz, la detección no se ve afectada por el color, la textura o el brillo del objeto a detectar. Estos sensores operan de una manera precisa cuando el emisor y el receptor se encuentran alineados. Esto se debe a que la luz emitida siempre tiende a alejarse del centro de la trayectoria.

- **Sensor réflex:** Tiene el componente emisor y el componente receptor en un solo cuerpo, el haz de luz se establece mediante la utilización de un reflector catadióptrico. El objeto es detectado cuando el haz formado entre el componente emisor, el reflector y el componente receptor es interrumpido. Debido a esto la detección no es afectada por el color del mismo. La ventaja de las barreras réflex es que el cableado es en un solo lado, a diferencia de las barreras emisor-receptor que es en ambos lados.
- **Sensor de nivel:** en la industria, la medición de nivel es muy importante, tanto desde el punto de vista del funcionamiento correcto del proceso, como de la consideración del, balance adecuado de materias primas o de productos finales.

## **2.2.2 Instrumentos de nivel.**

Los instrumentos de nivel pueden dividirse en medidores de nivel líquidos y de sólidos que son dos mediciones claramente diferenciables. Para interés de este trabajo se trabajara medición de líquidos.

Los medidores de nivel de líquidos trabajan midiendo, directamente la altura del líquido sobre una línea de referencia, la presión hidrostática, el desplazamiento



producido en un flotador por el propio líquido contenido en el tanque de proceso, o aprovechando características eléctricas del líquido

## **Instrumentos de medida directa**

Son aquellos que miden directamente la altura del líquido en base a una línea de referencia, los principales instrumentos de medida directa son [5]:

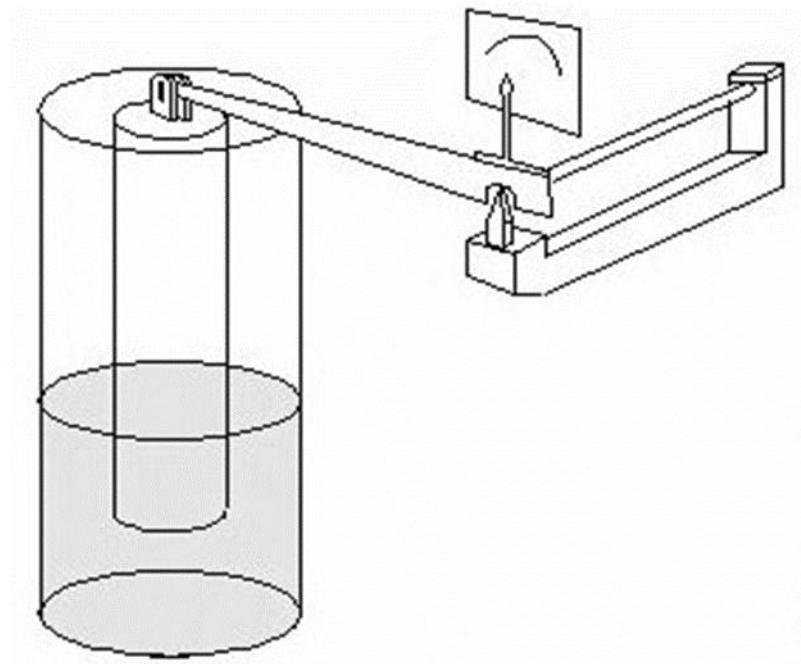
- **Medidor de sonda:** Este medidor consiste en una varilla o regla graduada, de la longitud apropiada para introducirla dentro del depósito. La determinación del nivel se efectúa por lectura directa de la longitud mojada por el líquido.
- **Nivel de cristal:** Consiste en un tubo de vidrio con sus extremos conectados a bloques metálicos y cerrados por prensaestopas que están unidos al tanque generalmente mediante tres válvulas, dos de cierre de seguridad en los extremos del tubo para impedir el escape del líquido en caso de rotura del cristal y una de purga.
- **Instrumentos de flotador:** consisten en un flotador situado en el seno del líquido y conectado al exterior del tanque indicando directamente el nivel. La conexión puede ser directa, magnética o hidráulica. Hay que señalar que en estos instrumentos, el flotador puede tener formas muy variadas y están formados por materiales muy diversos según sea el tipo de fluido. Los instrumentos de flotador tienen una precisión de  $\pm 0,5\%$ . Son adecuados en la medida de niveles de tanques abiertos y cerrados a presión o al vacío, y son independientes del peso específico del líquido.



## Instrumentos basados en el desplazamiento

Este medidor consiste en un flotador parcialmente sumergido en el líquido y conectado mediante un brazo a un tubo de torsión unido rígidamente al tanque. Dentro del tubo y unido a su extremo libre se encuentra una varilla que transmite el movimiento de giro a un transmisor exterior al tanque.

El tubo de torsión se caracteriza porque el ángulo de rotación de su extremo libre es directamente proporcional a la fuerza aplicada, es decir, al momento ejercido por el flotador. Al aumentar el nivel, el líquido ejerce un empuje sobre el flotador igual al volumen de la parte sumergida multiplicada por el peso específico del líquido, tendiendo a neutralizar su peso propio, así que el esfuerzo medido por el tubo de torsión será muy pequeño. Por el contrario, al bajar el nivel, menor parte del flotador queda sumergida, y la fuerza de empuje hacia arriba disminuye, resultando una mayor torsión.







## 2.2.3 Transmisores

Los transmisores, son instrumentos que captan la variable de proceso y la transmiten a distancia a un instrumento receptor indicador, registrador, controlador o una combinación de estos.

Existen varios tipos de señales de transmisión: neumáticas, electrónicas, hidráulicas y telemétricas. Las más empleadas en la industria son las dos primeras.

Las señales han sido transmitidas tradicionalmente bien como señales neumáticas en el rango de 3 – 15 psi o como corriente eléctrica continua en el rango 4 – 20mA. El desplazamiento en el extremo inferior de cada rango se introdujo inicialmente para evitar la no linealidad y lentitud de la respuesta en dispositivos neumáticos en, o cerca de, la presión cero.

La compresibilidad del aire impone una seria limitación en la respuesta en frecuencia de la transmisión neumática de datos, desplazando las ventajas de seguridad intrínseca y potencia disponible de manera inmediata de los actuadores neumáticos, como cilindros o diafragmas. Los métodos de transmisión por corriente continua están extendidos a causa de su inmunidad a los cambios de impedancia en los cableados y en los receptores, y su relativa inmunidad al ruido.

Las señales hidráulicas se utilizan ocasionalmente cuando se necesita una gran potencia y las señales telemétricas se emplean cuando hay una distancia de varios kilómetros entre el transmisor y el receptor.



## 2.2.4 Controlador

Cuando un sensor actúa directamente sobre el elemento final de control, es un tipo de automatización simple que no necesita un dispositivo de comandos. Sin embargo, cuando el tamaño de la instalación supera un cierto nivel y es posible diseñar una determinada secuencia lógica de operaciones, resulta necesario tener una unidad de mando que ejecute un programa concreto.

Generalmente, el programador debe tener en cuenta los datos captados por los sensores con el fin de arrancar, acelerar o frenar la secuencia, o para pasar a la siguiente secuencia del programa pre-establecido.

Estos dispositivos remplazan al operador en una instalación manual, y evitan los errores humanos cuando las órdenes que deben ejecutarse son numerosas y complejas.

El siguiente paso del proceso se lleva a cabo con mayor precisión, inmediatamente después de que los datos indiquen que el paso previo se ha completado, y por lo tanto se ahorra mucho tiempo y aumenta la capacidad de producción.

Dentro de los controladores contamos con los PLC's (Programmable Logic Controller), o también llamado PLC, es un dispositivo electrónico que puede controlar un proceso, sensando el estado de sus entradas y de acuerdo a un programa o lógica interna activar sus salidas, para modificar el sistema.



## 2.2.5 Elemento final de control.

Frecuentemente se trata de una válvula de control, aunque no siempre. Otros elementos finales de control que se utilizan comúnmente son las bombas de velocidad variable, los transportadores y los motores eléctricos.

La válvula de control juega un papel importante en el bucle de regulación; el desarrollo de válvulas de alimentación automáticas, accionadas por aire comprimido, ha permitido la automatización de los circuitos que se utilizan para transportar líquidos entre las diferentes unidades del proceso. En general, las características sanitarias, dureza y fiabilidad de estas válvulas son esenciales para el correcto funcionamiento del sistema, y todas las empresas especializadas en automatización dan una gran importancia a estos elementos.

Como dentro de la automatización no hay intervención humana ni monitorización constante, las válvulas o dispositivos que están en contacto con el producto (bombas, agitadores, etc.), tienen que cumplir las normas de seguridad y demás requisitos de la industria alimentaria.

La importancia de todos los elementos que intervienen en el bucle de control estriba en que realizan las tres operaciones básicas que deben estar presentes en todo sistema de control, la cuales son.

- **Medición:** es la acción de medir la variable que se controla, la cual se hace generalmente por la combinación de sensor y transmisor.



- Decisión: con base en la medición, el controlador decide qué hacer para mantener la variable en el valor que se desea.
- Acción: como resultado de la decisión del controlador se debe efectuar una acción en el sistema, generalmente ésta es realizada por el elemento final de control.

## 2.2.6 Válvulas

Las válvulas son elementos que mandan o regulan la puesta en marcha, el paro y la dirección, así como la presión o el caudal del fluido enviado por una bomba hidráulica o almacenada en un depósito.

En lenguaje internacional, el término “válvula” o “distribuidor” es el término general de todos los tipos tales como válvulas de corredera, de bola, de asiento, grifos, etc. Según su función las válvulas se subdividen en cinco grupos:

- Válvulas de vías o distribuidoras
- Válvulas de bloqueo
- Válvulas de presión
- Válvulas de caudal
- Válvulas de cierre

Las válvulas tienen como misión controlar el flujo de aire comprimido que entra y sale de los cilindros. Las válvulas son los elementos de control del circuito.



Se habla de electro neumática cuando el accionamiento de las válvulas neumáticas es eléctrico.

## Válvulas de Asiento

En estas válvulas, los empalmes se abren y cierran por medio de bolas, discos, placas o conos. La estanqueidad se asegura de una manera muy simple, generalmente por juntas elásticas. Los elementos de desgaste son muy pocos y, por tanto, estas válvulas tienen gran duración. Son insensibles a la suciedad y son robustas.

Las válvulas de asiento presentan el problema de que el accionamiento en una de las posiciones de la válvula debe vencer la fuerza ejercida por el resorte y a que producto de la presión. Esto hace necesario una fuerza de accionamiento relativamente alta.

En general presentan un tipo de respuesta pequeña, ya que un corto desplazamiento determina que pase un gran caudal.

La fuerza de accionamiento es relativamente elevada, puesto que es necesario vencer la resistencia del muelle incorporado de reposicionamiento y la presión del aire.

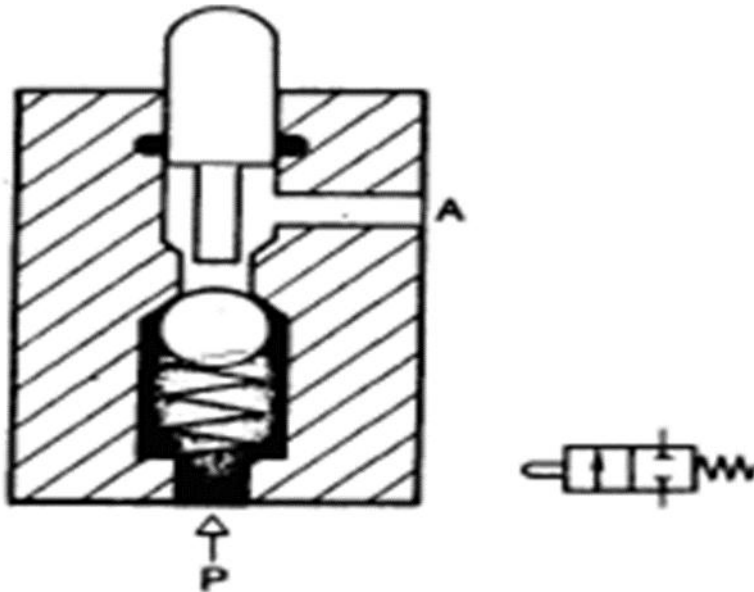
## Válvulas de Asiento esférico

Estas válvulas son de concepción muy simples, por tanto, muy económicas. Se distinguen por sus dimensiones muy pequeñas.



Un muelle mantiene apretada la bola contra el asiento; el aire comprimido no puede fluir del empalme hacia la tubería de trabajo. Al accionar el tanque la bola se separa del asiento.

Es necesario vencer el efecto de la resistencia muelle de reposicionamiento y la fuerza del aire comprimido. Estas válvulas son distribuidoras 2/2, porque tiene dos posiciones (abierta, cerrada) y dos orificio activos (P y A).



## Válvulas de Asiento Plano

Las válvulas tienen una junta simple que asegura la estanqueidad necesaria. El tiempo de respuesta es muy pequeño, puesto que un desplazamiento corto



determina un gran caudal de paso, también estas válvulas son insensibles a la suciedad y tienen, por eso, una duración muy larga.

Al accionar el taque, en un margen breve se unen los tres empalmes P, A y R. como consecuencia, en movimientos lentos una cantidad grande de aire comprimido escapa de P hacia R, a la atmosfera, sin haber rendido antes trabajo.

Al accionar el taque se cierra primeramente el conducto de escape de A hacia R, porque el taque asienta sobre el disco. Al seguir apretando, el disco se separa del asiento y el aire puede circular de P hacia A. el reposicionamiento se realiza mediante un muelle.

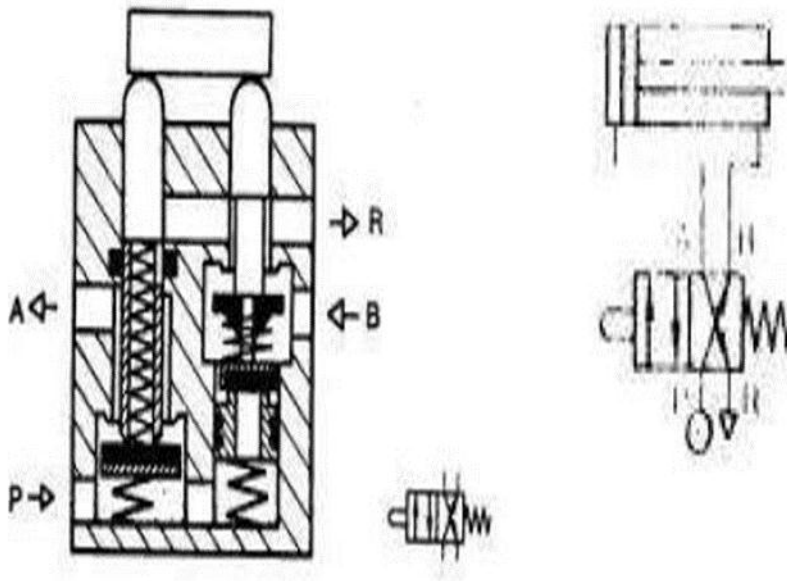
## Válvula 4/2

Una válvula 4/2 es una combinación de dos válvulas 3/2, una de ellas cerrada en posición de reposo y la otra, abierta en posición de reposo.

En la fig. Los conductos de P hacia B y de A hacia R están abiertos, al accionar simultáneamente los dos taques se cierra el paso de P hacia B y de A hacia R. al seguir apretando los tanques contra los discos, venciendo la fuerza de los muelles de reposicionamiento se abre el paso de P hacia A y de B hacia R.



Estas válvulas tienen un escape sin solapo y regresan a su posición inicial por la fuerza de los muelles. Se emplea para mandos de cilindros de doble efecto.



## Válvula Distribuidora 3/2, de Accionamiento Neumático (Junta Plana de Disco)

Al aplicar aire comprimido al embolo de mando a graves del empalme Z se desplaza el taque de válvula venciendo la fuerza del muelle de reposicionamiento. Se unen los conductos P y A. cuando se pone a escape el conducto de mando Z, el embolo de mando regresa a su posición inicial por el efecto del muelle montado. El disco cierra el paso de P hacia A, el aire de salida del conducto de trabajo A puede escapar por R.

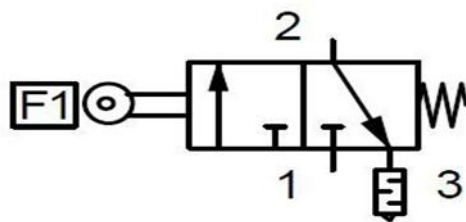
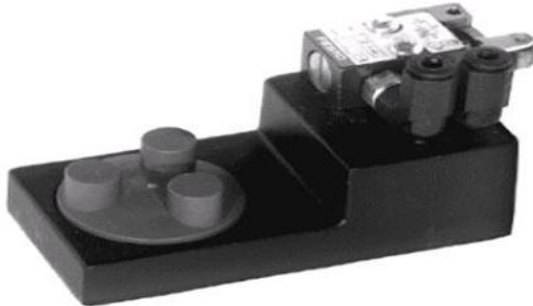
## Válvula con palanca y rodillo

La válvula con palanca y rodillo es accionada presionando el rodillo, por ejemplo por medio de una leva unida al vástago de un cilindro. El caudal circula de 1 a 2.



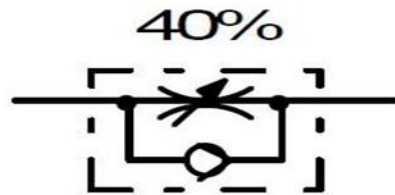


Una vez liberada la leva, la válvula regresa a su posición inicial por medio de un muelle de retorno. La conexión 1 se cierra.



Válvula reguladora de canal unidireccional

Está compuesta de una válvula de estrangulación y de una válvula anti retorno. La válvula de anti retorno impide el paso del aire en un determinado sentido. El caudal pasa entonces a través de la válvula de estrangulación. La sección de la estrangulación se regula por medio de un tornillo. En el sentido opuesto el caudal puede circular libremente a través de la válvula de anti retorno.



## 2.2.7 Proyecto.

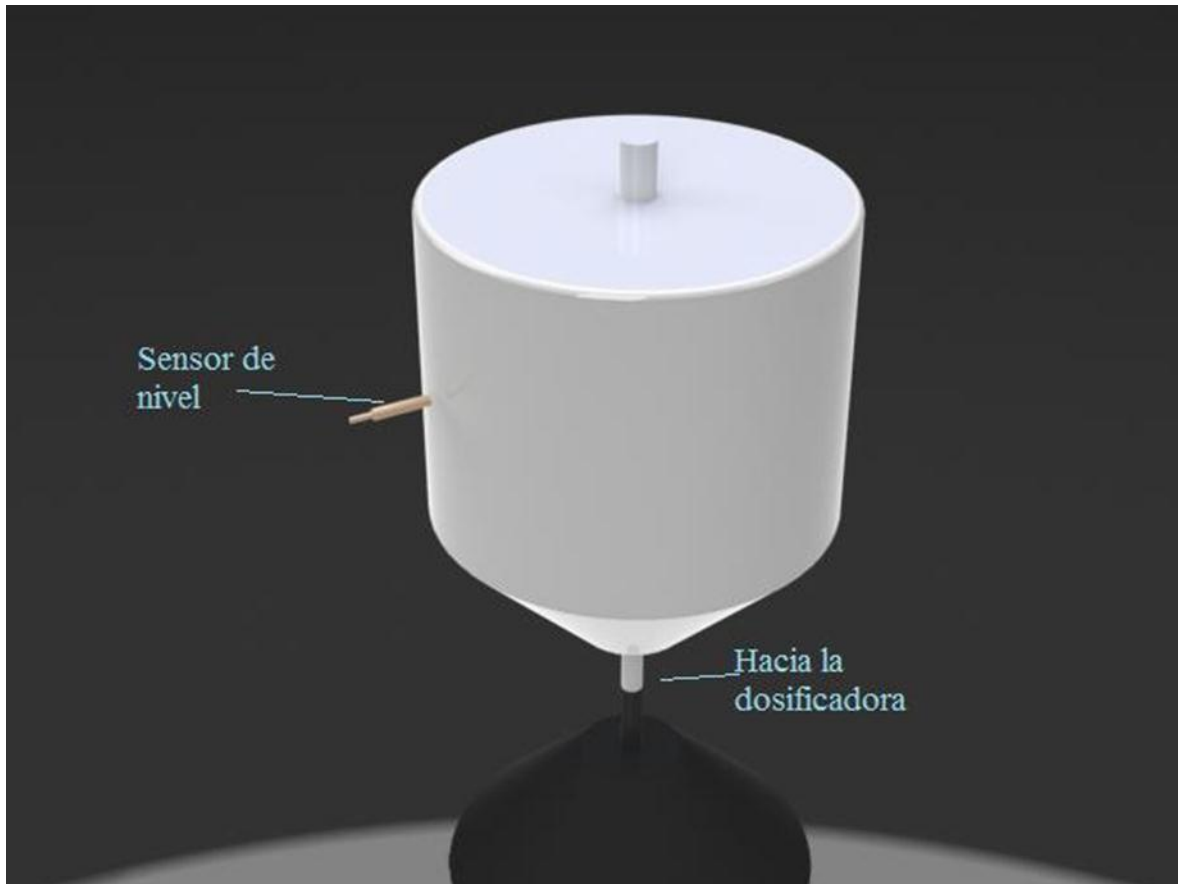
Para que el proceso de envasado pueda empezar a operar, necesita cumplir con ciertas condiciones para su buen desempeño.

- a) Que el contenedor de agua tenga un cierto nivel de producto para poder abastecer la demanda que se requiere en el llenado de los envases, el cual será supervisado por un sensor de nivel, cómo se muestra en la figura.
- b) Que los envases sean los necesarios para poder llevar a cabo su llenado, dichos envases serán detectados mediante un sensor capacitivo.
- c) Las tapas que son necesarias para poder sellar el producto final, su suministro será constante por lo que es necesario contar con un detector para asegurar que se tengan las adecuadas.



Dichos permisos son necesarios para poder arrancar el sistema de llenado, si alguno de ellos no se cumple el proceso no podrá ser iniciado.

La condición inicial es que el cilindro de sujeción 2 tiene el vástago afuera.



### **2.2.7.1 Principio de funcionamiento.**

Una vez que todas las condiciones necesarias para el arranque se cumplan, la secuencia de operación se llevara a cabo de la siguiente manera.

Se contara con un botón de arranque y paro general para todo el proceso, por si se presenta alguna falla tanto mecánica o eléctrica que pudiera presentarse durante el llenado y así poder evitar derrames de producto y pérdidas económicas.



Por medio de una banda transportadora se llevaran los envases a una posición que serán detectados por un sensor de presencia, cuando los envases estén en la posición correcta la banda transportadora se detendrá.

Al mismo tiempo un cilindro de sujeción 1 se activa para poder sujetar la fila de envases y con eso evitar que se muevan y el líquido caiga fuera del envase. Posteriormente un cilindro de doble efecto colocara a la dosificadora para que las válvulas comiencen a llenar los envases, dicho producto proveniente de una tolva. Al ser detectado el nivel deseado en el envase, las válvulas dosificadoras dejaran de suministrar el producto y el cilindro que manipula a las válvulas regresa a su posición original.

El cilindro de sujeción 2 regresa a su condición inicial y la banda transportadora volverá a ponerse en marcha para llevar las botellas a otra área donde se llevara el proceso de tapado y sellado de la botella.

Cuando los envases pasan a la segunda banda transportadora los recipientes son tapados por un sistema a base de gravedad, y son ligeramente tapados por una paletilla para que esta no se caiga al ser transportados a donde serán sellados.

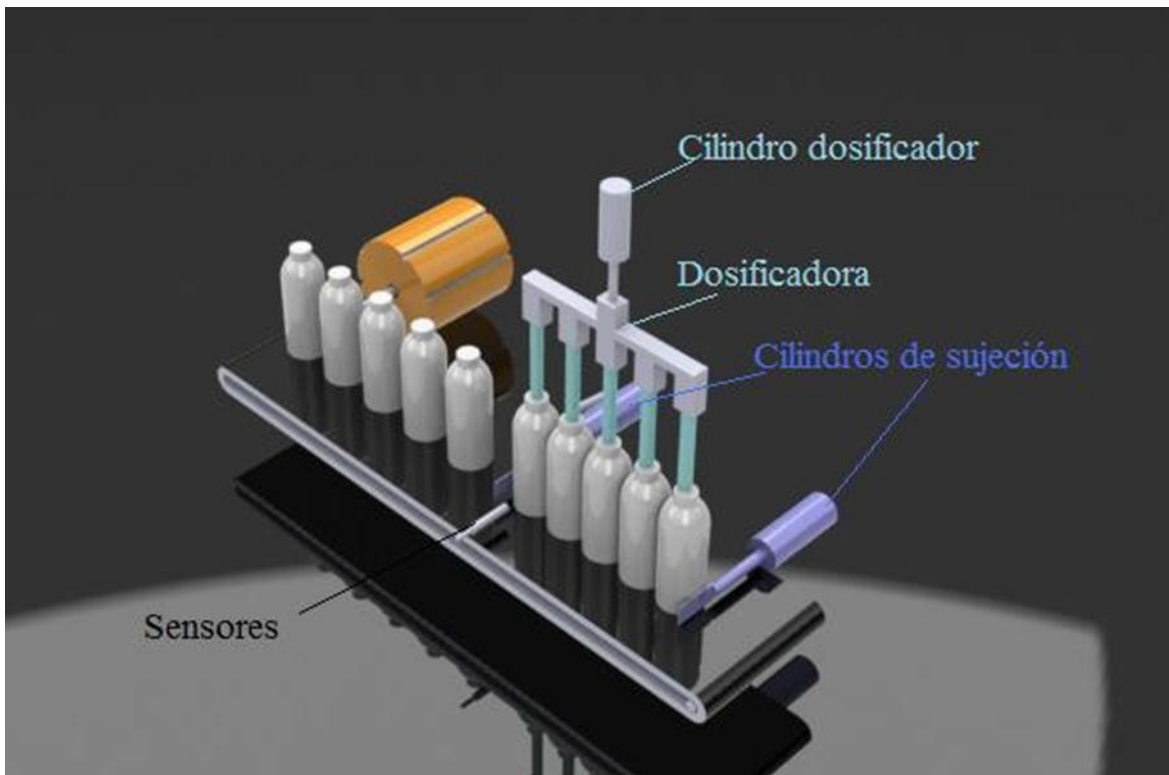
La misma banda transportadora llevara a la siguiente etapa que serán sellados por un sistema a presión.



## 2.2.7.2 Envasado

En esta etapa se colocaran de manera manual los envases, los cuales serán de plástico (PET).

Una vez contemplado los permisos (tanque surtidor a nivel deseado, envases en posición para ser llenados y las tapas), en la figura, se muestra la etapa de llenado, los dos cilindros que van a sujetar la fila y la dosificadora.



Cuando el sensor de conteo llegue a 5 envases contados, la banda se detendrá y entrara en acción el cilindro para que los recipientes no se muevan. E inmediatamente baja el sistema de dosificación para verter el agua. Mediante un sensor de nivel se detectara cuándo los envases están completamente llenos y se

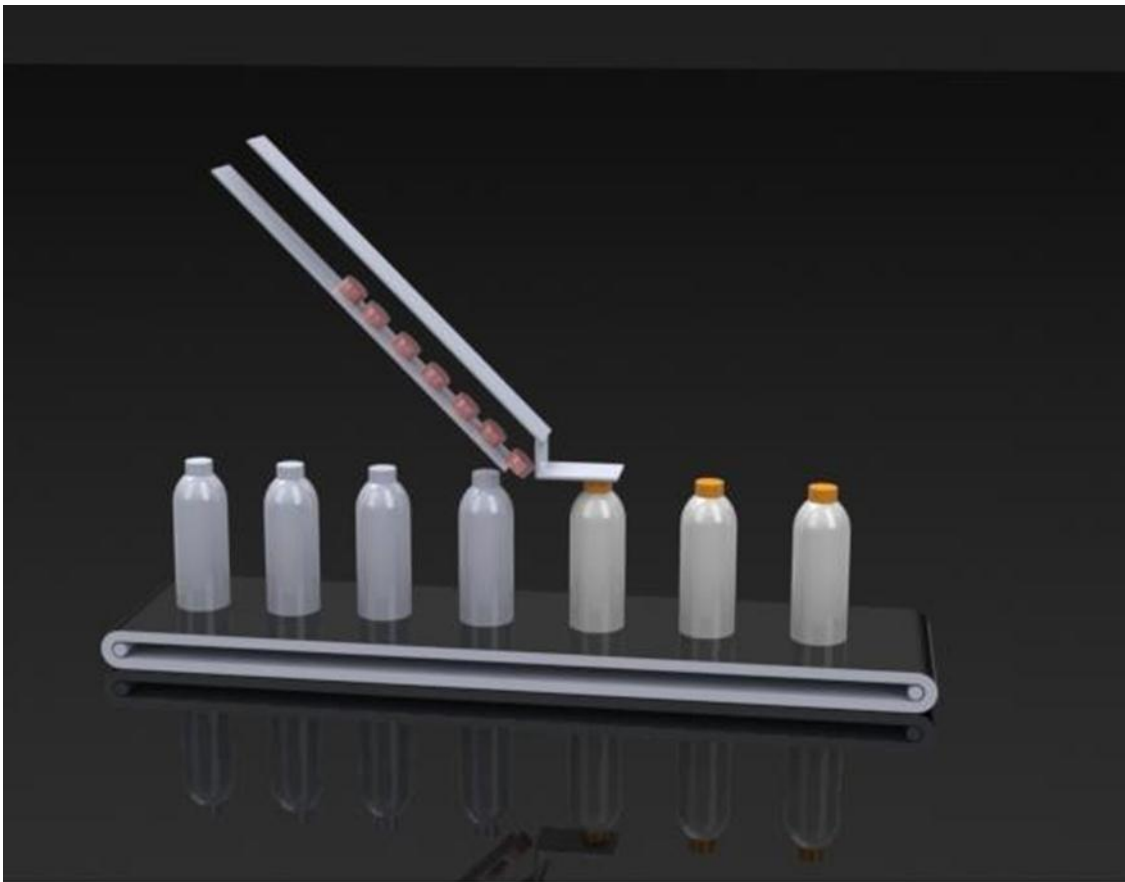


enviara una señal al PLC para que la dosificadora cierre sus válvulas y vuelva a su posición original.

Inmediatamente el cilindro permite el paso a que los envases sigan su curso y pasen a una segunda banda para el proceso de tapado.

### **2.2.7.3 Tapado.**

En esta parte se cuenta con otra banda transportadora y un sistema simple para colocar las tapas sobre los envases. Este funciona de manera muy sencilla, cuando el recipiente pase exactamente debajo de la tapa este la jalara y se colocara, la tapa se sujetara temporalmente mediante un mecanismo ejercerá presión sobre ella y no se caiga hasta su etapa de sellado.



## 2.2.7.4 Sellado.

Una vez ya colocada la tapa, se procederá a sellarla mediante una banda inclinada. Como se puede ver la banda tiene una cierta inclinación y conforme el envase se acerque a la parte más reducida entre las bandas, se estará sellando a presión. Tomando en consideración que ambas bandas (la que transporta y la que sella) estarán reguladas a la misma velocidad para evitar accidentes.



## 2.2.8 Configuración del PLC

Descripción	TAG	Dirección
Sensor de nivel liquido (tolva)	SNL	I0.0
Sensor de tapas	ST	I0.1



Sensor de envases	SE	I0.2
Contador de envases	CE	I0.3
Sensor de nivel de producto	SNP	I0.4
Cilindro 1 afuera	C1AF	Q0.0
Cilindro 1 adentro	C1AD	Q0.1
Cilindro 2 afuera	C2AF	Q0.2
Cilindro 2 adentro	C2AD	Q0.3
Cilindro dosificador abajo	CDAB	Q0.4
Cilindro dosificador arriba	CDAR	Q0.5
Electroválvulas	EV	Q0.6
Banda Motor 1	B1	Q0.7
Banda Motor 2	B2	Q1.0

## Diagrama en lenguaje KOP

El software que se ocupara para poder desarrollar el diagrama del PLC será el STEP 7 Micro/Win. El lenguaje que vamos a ocupar para ese propósito es el KOP. A continuación se muestra el diagrama (2.1) KOP del funcionamiento de la envasadora.

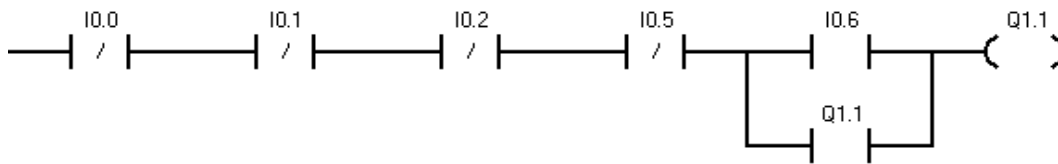




Llenado de los envases

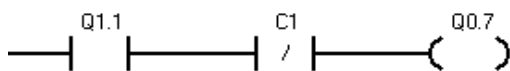
## Network 1

En esta parte, cuando alguno de los permisos no se detecte parara inmediatamente el proceso. Además cuenta con los botones de paro y arranque generales.



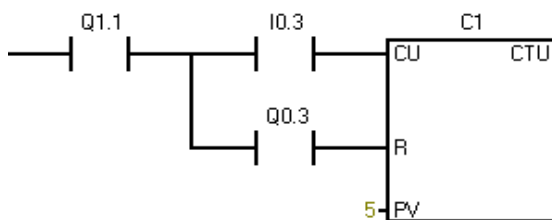
## Network 2

Se abre el contacto N.C - C1 para que la banda se detenga.



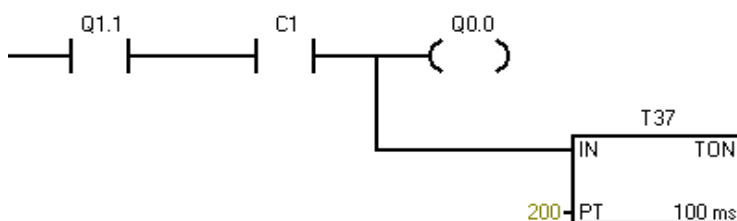
## Network 3

Este contador, cuando este llegue a 5 mediante el I0.3, cambian de estado los contactos que gobiernan C1. El contador se reiniciara cuando Q0.3 cambie.



## Network 4

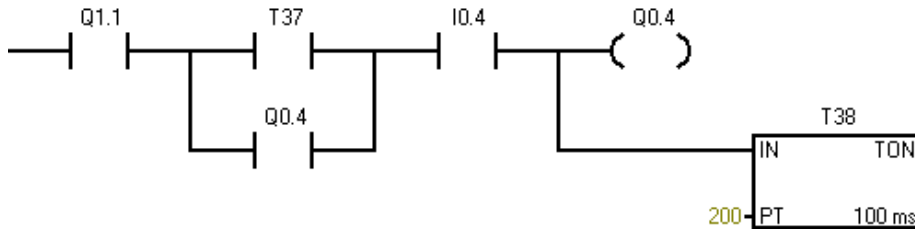
En esta parte, cuando C1 se cierre, lo que hara es que la salida Q0.0 se active para que uno de los dos cilindros sujete la fila de los envases. A su vez comenzara un temporizador para que a cierto tiempo otros contactos cambien de estado gobernador por T37.





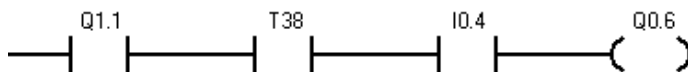
## Network 5

En el siguiente esquema representa la etapa en que entra en acción la dosificadora (Q0,4) y a su vez entrara otro temporizador T38.



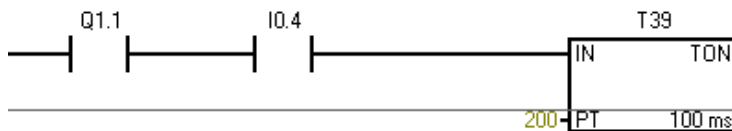
## Network 6

En esta parte las electrovalvulas que serviran para dosificar seran activadas por Q0.6



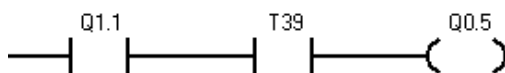
## Network 7

Otro temporizador para la parte donde la dosificadora saldra de la acción.



## Network 8

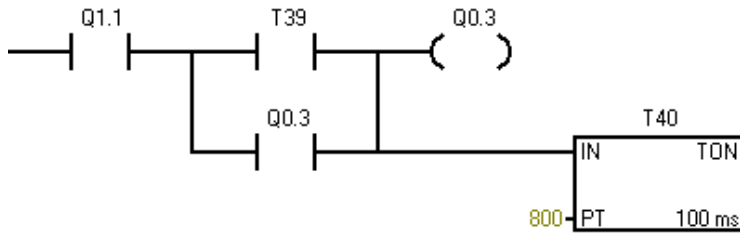
Una vez que el temporizador T39 llegue a su punto, la dosificadora sale de acción.





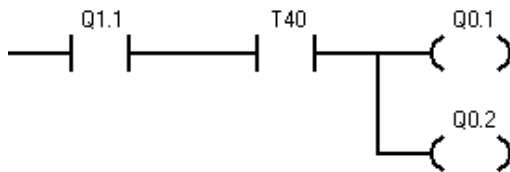
## Network 9

En esta parte la salida Q0.3 hará que el cilindro 2 que sujetaba la fila de envases permita el paso de los envases. A su vez comenzará otro temporizador T40.



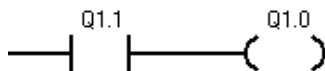
## Network 10

Cuando el temporizador T40 llegue a su tiempo, las salidas Q0.1 y Q0.2 harán que los cilindros vuelvan a su posición inicial.



## Network 11

Esta salida gobierna la banda 2, que todo el tiempo va a estar funcionando.





## CAPITULO 3

### “CONTROL DEL PROCESO DE ENVASADO ATRAVEZ DE UN PLC”

#### **3.1 PLC (Controlador lógico programable)**

Los PLC's se introdujeron por primera vez en la industria en la década de 1960. La razón principal fue la necesidad de eliminar el alto coste que se producía al reemplazar el sistema de control basado en relés y contadores. Bedford Associates propuso algo denominado Controlador Digital Modular (MODICON, Modular Digital CONtroller) a un gran fabricante de coches. Otras compañías propusieron esquemas basados en ordenador, uno de los cuales estaba basado en el PDP-8. El MODICON 084 resultó ser el primer PLC del mundo en ser producido comercialmente. El problema de los relés era que cuando los requerimientos de producción cambiaban también lo hacía el sistema de control.

Esto comenzó a resultar bastante caro cuando los cambios fueron frecuentes. Dado que los relés son dispositivos mecánicos y poseen una vida limitada se requería un mantenimiento planificado. Por otra parte, a veces se debían realizar conexiones entre cientos o miles de relés, lo que implicaba un enorme esfuerzo de diseño y mantenimiento.

Los nuevos controladores debían ser fácilmente programables por ingenieros de planta o personal de mantenimiento. El tiempo de vida debía ser largo y los cambios en el programa tenían que realizarse de forma sencilla.

Finalmente se imponía que trabajaran sin problemas en entornos industriales adversos. La solución fue el empleo de una técnica de programación familiar y



reemplazar los relés mecánicos por relés de estado sólido. A mediados de los 70 las tecnologías dominantes de los PLC eran máquinas de estados secuenciales y CPU basadas en desplazamiento de bit. Los AMD 2901 y 2903 fueron muy populares. Los microprocesadores convencionales proveyeron la potencia necesaria para resolver de forma rápida y completa la lógica de los pequeños PLC's. Por cada modelo de microprocesador había un modelo de PLC basado en el mismo. No obstante, el 2903 fue de los más utilizados.

La capacidad de comunicación comenzó a aparecer en 1973 aproximadamente. El primer sistema fue el bus Modicon (Modbus). El PLC podía ahora dialogar con otros PLC y ubicarse alejado de las máquinas que controlaba. También se introdujeron en el mundo analógico al poder enviar y recibir señales de tensión. Desafortunadamente, la falta de un estándar acompañado de un continuo cambio tecnológico ha hecho que la comunicación de PLC sea un cúmulo inconexo de sistemas físicos y protocolos incompatibles entre sí. En los años 80 se produjo un intento de estandarización de las comunicaciones con el MAP (Manufacturing Automation Protocol) de General Motor's.

También se redujeron las dimensiones del PLC y se pasó a programar con lenguajes simbólicos a de ordenadores personales en vez de los clásicos terminales de programación. Los años 90 mostraron una gradual reducción en el número de nuevos protocolos de comunicación, y en la modernización de las capas físicas de los protocolos más populares que sobrevivieron a los 80. El estándar IEC 1131-3 intenta unificar el sistema de programación de todos los PLC en un único estándar internacional. Ahora disponemos de PLC's que pueden ser programados en diagramas de bloques, lista de instrucciones, C y texto estructurado al mismo tiempo. Los PC están comenzando a reemplazar al PLC en algunas aplicaciones,



incluso la compañía que introdujo el Modicon 084 ha cambiado al control basado en PC.

Definición.

Se trata de un sistema con un hardware estándar, con capacidad de conexión directa a las señales de campo (niveles de tensión y corriente industriales, transductores periféricos electrónicos) y programable por el usuario que hace de unidad de control incluyendo total o parcialmente las interfaces con las señales de proceso.

Otra definición algo más simple entiende por controlador lógico programable (PLC), o PLC, a toda máquina electrónica diseñada para controlar en tiempo real y en medio industrial procesos secuenciales.

*p*

Un PLC suele emplearse en procesos industriales que tengan una o varias de las siguientes necesidades:

- Espacio reducido.
- Utilización en ambientes exigentes o agresivos.
- Procesos de producción periódicamente cambiantes.
- Procesos secuenciales.
- Maquinaria de procesos variables.



- Instalaciones de procesos complejos y amplios.
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso.

Aplicaciones generales:

- Maniobra de máquinas.
- Maniobra de instalaciones.
- Señalización y control.

Esto se refiere a los PLC's industriales, dejando de lado los pequeños PLC's para uso más personal (que se pueden emplear, incluso, para automatizar procesos en el hogar, como la puerta de una cochera o las luces de la casa).

Ventajas y desventajas

Entre las ventajas de los PLC's frente a los sistemas cableados podemos citar:

- Menor tiempo de elaboración de proyectos.
- Posibilidad de añadir modificaciones sin coste añadido en otros componentes.
- Mínimo espacio de ocupación.
- Menor costo de mano de obra.
- Mantenimiento económico.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con el mismo PLC.
- Menor tiempo de puesta en funcionamiento.
- Si el PLC queda pequeño para el proceso industrial puede seguir siendo de utilidad en otras máquinas o sistemas de producción.



Y entre los inconvenientes:

- Adiestramiento de técnicos.
- Costo.

A día de hoy, los inconvenientes se han minimizado, ya que la formación previa del personal suele incluir la automatización como una de sus asignaturas. En cuanto al costo tampoco hay problema, ya que hay PLC's para todas las necesidades y a precios ajustados (tenemos desde pequeños PLC's por unos 100€ hasta PLC's que alcanzan cifras exorbitantes).

## Estructura de un PLC

En cuanto a su estructura, todos los PLC's se clasifican en:

- Compactos: en un solo bloque están todos los elementos.
- Modulares: separan por unidades las distintas partes operativas.

Y, en este caso, se distingue entre:

- Estructura americana: separa las E/S del resto.
- Estructura europea: cada módulo es una función (fuente de alimentación, CPU, E/S, etc.).





Exteriormente nos encontraremos con cajas que contienen una de estas estructuras, las cuales poseen indicadores y conectores en función del modelo y fabricante. Para el caso de una estructura modular se dispone de la posibilidad de fijar los distintos módulos en raíles (o racks) normalizados, para que el conjunto sea compacto y resistente.

Los micro- PLC's pueden servirse sin caja, en formato kit, ya que su empleo no es determinado y se suele incluir dentro de un conjunto más grande de control o dentro de la misma maquinaria que se debe controlar.

Estructura interna.

Los elementos esenciales, que todo PLC posee como mínimo, son:

- Sección de entradas: se trata de líneas de entrada, las cuales pueden ser de tipo digital o analógico. En ambos casos tenemos unos rangos de tensión característicos, los cuales se encuentran en las hojas de características del fabricante. A estas líneas conectaremos los sensores.
- Sección de salidas: son una serie de líneas de salida, que también pueden ser de carácter digital o analógico. A estas líneas conectaremos los actuadores.
- Unidad central de proceso (CPU): se encarga de procesar el programa de usuario que le introduciremos. Para ello disponemos de diversas zonas de memoria, registros, e instrucciones de programa. Adicionalmente, en determinados modelos más avanzados, podemos disponer de funciones ya integradas en el CPU, como reguladores PID, control de posición, etc.



- Memoria: Es la encargada de contener el programa de usuario y de trabajo. En los PLC's está separada en diversas áreas según su función o datos que debe contener. Las imágenes de salidas y entradas se hacen en memoria. Tanto las entradas como las salidas están aisladas de la CPU según el tipo PLC que utilicemos. Normalmente se suelen emplear opto acopladores en las entradas y relés/optoacopladores en las salidas.

Aparte de estos elementos podemos disponer de los siguientes:

- Unidad de alimentación (algunas CPU la llevan incluida).
- Unidad o consola de programación: que nos permitirá introducir, modificar y supervisar el programa de usuario.
- Dispositivos periféricos: como nuevas unidades de E/S, más memoria, unidades de comunicación en red, etc.
- Interfaces: facilitan la comunicación del PLC mediante enlace serie con otros dispositivos (como un PC).

### **3.1.1.1 Memoria**

Vamos a disponer de un área de memoria, la cual emplearemos para diversas funciones:

- Memoria del programa de usuario: aquí introduciremos el programa que el PLC va a ejecutar cíclicamente.
- Memoria interna: contiene datos intermedios de los cálculos realizados así como variables internas y una imagen de las entradas y salidas.
- Memoria de datos: se suele subdividir en zonas según el tipo de datos (como temporizadores, contadores, etc.).



- Memoria del sistema: aquí se encuentra el programa en código máquina que monitoriza el sistema (programa del sistema o firmware). Este programa es ejecutado directamente por el microprocesador/microcontrolador que posee el PLC.
- Memoria auxiliar: se trata de memoria externa que empleamos para almacenar el programa de usuario, y en ciertos casos parte de la memoria de la tabla de datos.

La memoria puede ser accesible bit a bit o en palabras de 8 o 16 bits. Cada PLC divide su memoria de esta forma genérica, haciendo subdivisiones específicas según el modelo y fabricante.

### **3.1.1.2 CPU**

El CPU es el corazón del PLC. Es la encargada de ejecutar el programa de usuario mediante el programa del sistema (es decir, el programa de usuario es interpretado por el programa del sistema). Sus funciones son:

- Vigilar que el tiempo de ejecución del programa de usuario no excede un determinado tiempo máximo (tiempo de ciclo máximo). A esta función se le suele denominar Watchdog.
- Ejecutar el programa de usuario.
- Actualizar los contadores y temporizadores programados.
- Crear una imagen de las entradas, ya que el programa de usuario no accede directamente a dichas entradas.



- Renovar el estado de las salidas en función de la imagen de las mismas obtenida al final del ciclo de ejecución del programa de usuario.
- Chequeo del sistema.

## Unidades de entrada/salida

Generalmente vamos a disponer de dos tipos de E/S:

- Digital.
- Analógica.

Las E/S digitales se basan en el principio de todo o nada. Estas E/S se manejan a nivel de bit dentro del programa de usuario. Pueden ser de tipo relé o de tipo diodo. Las E/S analógicas pueden poseer cualquier valor dentro de un rango determinado especificado por el fabricante. Se basan en convertidores A/D y D/A aislados de la CPU (ópticamente o por etapa de potencia). Estas señales se manejan a nivel de byte o palabra (8/16 bits) dentro del programa de usuario.

Las E/S son leídas y escritas dependiendo del modelo y del fabricante, es decir pueden estar incluidas sus imágenes dentro del área de memoria o ser manejadas a través de instrucciones específicas de E/S.

### **3.1.2 Interfaces**

Todo PLC, salvo casos excepcionales, posee la virtud de poder comunicarse con otros dispositivos (como un PC o un MODEM). Lo normal es que posea una E/S serie del tipo RS- 232 / RS-422. A través de esta línea se pueden manejar todas las



características internas del PLC, incluido la programación del mismo, y suele emplearse para monitorización del proceso en otro lugar separado.

a) Unidades de programación.

El PLC debe disponer de alguna forma de programación, la cual se suele realizar empleando alguno de los siguientes elementos:

- Unidad de programación: suele ser en forma de calculadora. Es la forma más simple de programar el PLC, y se suele reservar para pequeñas modificaciones del programa o la lectura de datos en el lugar de colocación del PLC.
- Consola de programación: es un Terminal a modo de ordenador que proporciona una forma más cómoda de realizar el programa de usuario y observar parámetros internos del PLC. Su alto coste y la ubicuidad del ordenador portátil han relegado su uso.
- PC: es el modo más potente y empleado en la actualidad. Permite programar desde un ordenador personal estándar, con todo lo que ello supone: herramientas más potentes, posibilidad de almacenamiento en soporte magnético, impresión, transferencia de datos, monitorización mediante software SCADA, etc.

Para cada caso el fabricante proporciona lo necesario, bien el equipo o el software/cables adecuados. Cada equipo, dependiendo del modelo y fabricante, puede poseer una conexión a uno o varios de los elementos anteriores. En el caso de los micro- PLC se escoge la programación por PC o por unidad de programación integrada en la propia CPU.



### **3.1.3 Dispositivos periféricos.**

El PLC, en la mayoría de los casos, puede ser ampliable. Las ampliaciones abarcan un gran abanico de posibilidades, que van desde las redes internas (LAN, buses de campo como Profibus, CAN-Bus, etc.), módulos auxiliares de E/S, memoria adicional... hasta la conexión con otros PLC's del mismo modelo.

Cada fabricante facilita las posibilidades de ampliación de sus modelos, los cuales pueden variar incluso entre modelos de la misma serie.

### **3.1.4 Funcionamiento de un PLC**

Los PLC's programados son máquinas de funcionamiento secuencial que ejecutan las instrucciones de programa que se les introduce, una detrás de otra y continuamente mientras el PLC está funcionando. Utilizan en la ejecución del programa las señales de entrada al PLC y generan unas señales de salida para el control de la planta. El programa y una serie acciones comunes de funcionamiento del PLC como por ejemplo vigilar que el tiempo de ejecución del programa de usuario no exceda un determinado tiempo máximo (tiempo de ciclo máximo), actualizar los contadores y temporizadores programados, etc., se ejecutan de manera periódica y cíclica en lo que se suele denominar el ciclo de 'scan' o ciclo de operación.

a) La secuencia de operación suele ser la siguiente:

- Lectura de señales de entrada desde interfaces de entrada.
- Escritura de señales de salida a interfaces de salida.
- Procesado del programa.



Las señales de entrada a través de los interfaces de entrada son copiadas a una memoria intermedia de manera que el programa que se ejecuta no accede nunca directamente a las entradas. Se crea una imagen de la entrada. Lo mismo se hace con las salidas pero esta vez el CPU escribirá la memoria con las salidas (imagen de la salida) en la salida o interfaz de salida.

Estas dos acciones se ejecutan de una sola vez para ahorrar tiempo y ser más eficiente. Además, un PLC tiene varios modos de funcionamiento como son: RUN: El PLC ejecuta el programa de usuario y hace funcionar contadores y temporizadores evolucionando normalmente.

- STOP: El PLC está parado y listo para ser programado o para labores de mantenimiento.
- ERROR: Ante una situación de mal funcionamiento del aparato, éste se detiene y bloquea a la espera de atención por el programador o salida del error que causó la detención.

Algunos PLC's tienen otro modo denominado PROGRAM. La diferencia entre RUN y PROGRAM es que en el primero ningún dispositivo de programación puede forzar o modificar ninguna posición de memoria en el PLC y en el segundo sí. El paso entre estos modos de funcionamiento se hace desde consolas o botones. El modo actual suele estar indicado mediante LED's en la carcasa del PLC.

Existe un área de memoria no volátil en la que puede configurarse el modo de arranque del PLC. Puede hacerlo en modo STOP o RUN. En cuanto al modo de funcionamiento RUN, cuando se arranca un PLC, se ejecutan una serie de comprobaciones del hardware y se hace un borrado de ciertas partes de la memoria



del PLC antes de pasar al cielo que se repite continuamente durante el funcionamiento del aparato. Esta primera fase suele ser muy rápida (menos de 1 segundo).

Luego, la fase del ciclo de operación se divide en tres partes como es la de procesos comunes, la de ejecución del programa de usuario y la de atención a periféricos.

- Fase de procesos comunes:

En esta fase se comprueba periódicamente que el programa de usuario no tarde más de un tiempo en ejecutarse (watchdog), que no existan errores de conexiones y que no existan errores de sintaxis del programa.

El watchdog es un reloj interno no accesible por el usuario (salvo para ser inicializado o programar su tiempo de cuenta) que genera una interrupción al transcurrir el tiempo establecido si no es re-inicializado. Por tanto, comprueba que el programa alcanza la instrucción END antes de un tiempo dado, y que no se ha producido una detención por un bucle infinito u otras causas.

La comprobación de conexiones comprueba los niveles de tensión en las conexiones y en la pila, si existe, y en los buses.

En la comprobación del programa se revisa si el mismo está correctamente escrito y si se mantienen los datos.





- Fase de ejecución de programa:

En esta fase se atienden las entradas leyendo su contenido y se actualizan las salidas escribiendo los nuevos valores al finalizar la fase. También se ejecuta el programa guardado en su memoria.

El tiempo que tarde el PLC en ejecutarlo depende del procesador utilizado, de la longitud del programa, del tipo de instrucciones usadas en el programa y del número y ubicación de las interfaces de E/S. Este tiempo suele ser del orden de 5ms para un PLC compacto con interfaces locales. No cuesta de ejecutar lo mismo instrucciones AND, OR, que otras de movimiento de datos o de transmisión a través de un puerto.

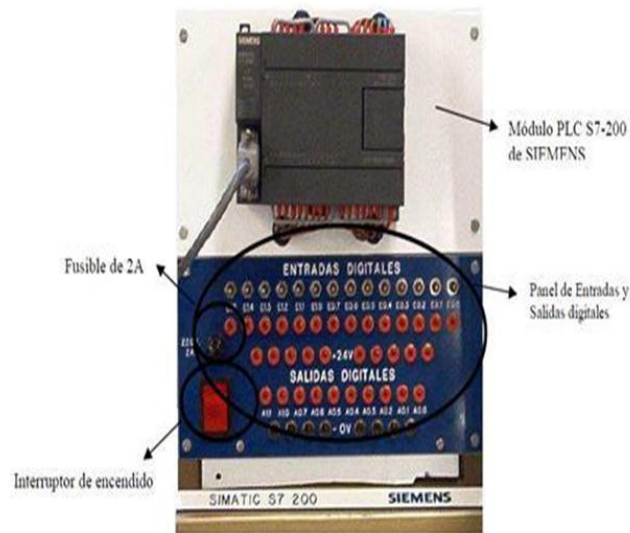
- Fase de atención a periféricos:

Esta fase sólo se atiende si existen peticiones de intercambio de información pendientes con los periféricos conectados a la CPU o a procesadores auxiliares a éste.

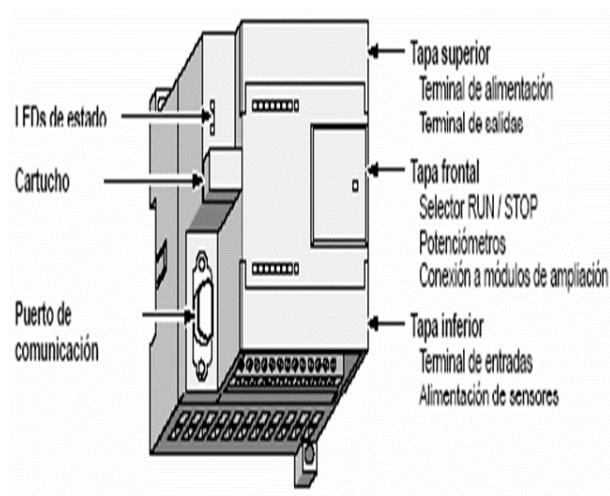
El PLC contiene rutinas cíclicas de auto chequeo y de arranque en ROM con las que comprueban el programa de usuario y el propio hardware y en caso de detectar algún problema, registrarlo y, si es grave, detener la ejecución e informar del mismo mediante leds o un número de error en un registro.

## 3.2 PLC S7-200. CPU 224 AC/DC/Relé

Para el proyecto se ha utilizado un PLC programable S7-200, de modelo CPU 224. Los PLC's programables pertenecientes a la serie S7-200 son PLC's de gama baja. Gracias a su diseño compacto, su capacidad de ampliación, su bajo coste y su amplio juego de operaciones están especialmente indicados para solucionar tareas de automatización sencillas. En la (fig.) se muestra una CPU de la serie S7-200.



Se muestra la imagen del CPU:





El CPU 224 AC/DC/Relé se alimenta a tensión alterna de 100 a 230 V, proporciona tensión continua 24V y 5V y sus salidas son de tipo Relé (de ahí la terminología AC/DC/Relé). Consta de los siguientes elementos:

- Una unidad central de procesamiento o CPU.
- Una fuente de alimentación integrada con salida 24VDC para sensores y actuadores y 5VDC para alimentación de módulos de ampliación.
- Leds de estado. Se contemplan tres estados:
  - Selector de estado. Tres posiciones:
    - RUN: ejecución del programa de usuario.
    - STOP: la CPU no procesa ningún programa de usuario.
    - TERM: posición para controlar el estado de la CPU por software.
  - Ranura para cartucho de memoria.
  - Puerto de comunicación integrado.
  - 14 entradas digitales a 24VDC.
  - 10 salidas digitales tipo relé a 24VDC/24 a 230 VAC.
  - 2 potenciómetros analógicos con resolución 8 bits asociados a dos áreas de memoria internas

En cuanto a características técnicas de esta CPU hay que destacar los siguientes puntos importantes para este proyecto:

- Comunicación integrada.

Puerto de comunicación integrado para comunicaciones PPI/MPI/Freeport. En este proyecto se utilizan la comunicación modo MPI y la comunicación modo Freeport.



- Mapa de memoria.

Número de entradas, salidas, contadores, temporizadores, marcas, bloques de datos, funciones integradas. Son datos relevantes a la hora de programar una CPU 224.

- Marcas especiales.

Las marcas especiales permiten intercambiar datos entre la CPU y el programa. Dichas marcas se puede utilizar para seleccionar y controlar algunas funciones especiales de la CPU 224. En este proyecto se utilizan:

- SM0.0. – Marca en estado “1” siempre.
- SM0.1. – Marca que pasa a estado “1” sólo en el primer ciclo de la CPU.
- SMB30. – Registros de control modo Freeport.
- SMB87, SMB88, SMB92, SMB94. – Control de recepción de mensajes.
- SMB226, SMB228. – Datos del estado módulo EM 277.

### ***3.2.1 Ventajas del PLC S7-200***

Su diseño compacto, su capacidad de ampliación, su bajo coste y su amplio juego de operaciones están especialmente indicados para solucionar tareas de automatización sencillas. Esto es el por qué se eligió este PLC.

## CAPITULO 4

### “PROPUESTA DEL COSTO DEL PROYECTO”

El costo de los equipos de purificación del agua son fáciles de conseguir ya sea individualmente o en conjunto.





## 4.1 Costo de los equipos de purificación.

Equipos de purificación	Costo unitario	Costo total
Filtros de lecho profundo	\$ 20000	\$ 20000
Filtros de carbón activado	\$ 25000	\$ 25000
Suavizadores	\$ 30000	\$ 30000
Sistemas de osmosis inversa	\$ 50000	\$ 50000
Lámpara de luz ultravioleta	\$ 10000	\$ 10000
Tanques de almacenamiento 2	\$ 5000	\$ 10000
Bombas 2	\$ 2500	\$ 5000
Mangeras y tuberías	\$ 3000	\$ 3000
Costo total		\$153000

### 4.1.1 Instalación de los equipo de purificación.

Equipos de purificación	Costo unitario	Costo total
Instalación de filtros de lecho profundo	\$ 1000	\$ 1000
Instalación de filtros de carbón activado	\$ 750	\$ 750
Instalación de suavizadores	\$ 2000	\$ 2000



Instalación de sistemas de osmosis inversa	\$ 4500	\$ 4500
Instalación de lámpara de luz ultravioleta	\$ 1000	\$ 1000
Instalación de tanques de almacenamiento 2	\$ 500	\$ 1000
Instalación de Bombas 2	\$ 500	\$ 1000
Costo total		\$ 11250

Los costos mostrados, son los promedios de las diferentes marcas comerciales. Pero al comprar todos los equipos de la lista, los fabricantes dan un descuento similar, que es el que se muestra en la siguiente tabla.

#### 4.1.2 Descuento comprando todos los equipos de la lista e instalación.

Equipos de purificación del agua ya mencionados, además de los tanques, bombas y tuberías. También incluye la instalación del producto.	Costo total
Costo total.	<b>\$ 120 000</b>



## 4.2 Costo de la instrumentación

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
PLC Siemens S7-200	1	\$3,700	\$3,700
HMI es TP177B PN/DP-6 CSTN	1	\$20,000	\$20,000
Cilindro neumático	3	\$500	\$1,500
Sensores capacitivos	5	\$700	\$3,500
Válvulas 4/2	3	\$200.00	\$600
Válvulas ON/OFF	5	\$772.20	\$3,861
Banda transportadora	2	\$5,000	\$10,000
Compressor	1	\$900	\$900
Accesorios neumáticos	1	\$4,000	\$4,000
Conexiones neumáticas	150	\$95	\$14,250
Tornillos de acero	300	\$25	\$7,500
		Total	\$69,811

### 4.2.1 Costo de la instalación.

Trabajo	Costo
Instalación del PLC	\$3,000
Programación del PLC	\$2,500
Instalación HMI	\$1,000





Programación de la HMI	\$1,500
Instalación neumática	\$5,000
Instalación banda transportadora	\$1,250
Manufactura tanque	\$3,000
Accesorios de montaje	\$18,200
Instalación eléctrica	\$2,900
Total	\$38,350

### 4.3 Costo total del proyecto.

Descripción	Costo
Costo de los equipos de purificación.	\$ 120 000
Costo de instrumentación	\$69 811
Instalación	\$38 350
Total	\$228 161



## Conclusiones

Con anterioridad se implementó un sistema de purificación del agua similar al de este proyecto, obteniendo los resultados esperados con base en la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-201-SSA1-2002, PRODUCTOS Y SERVICIOS. AGUA Y HIELO PARA CONSUMO HUMANO, ENVASADOS Y A GRANEL. ESPECIFICACIONES SANITARIAS.

Como mejora al proyecto se implementó un control del sistema de envasado, por medio de un PLC, desplazando el sistema común de llenado de garrafrones e implementando el sistema de llenado de botellas de litro de PET. Acelerando la producción y optimizando la mano de obra.



## *Bibliografía*

- Simmon, A. "Autómatas Programables". Madrid : Paraninfo S.A.
- Lowe, Norman "1988 Mastering Modern World.2" Londres: MacMillan Education.
- Taylor, Steven T. "Fundamentals of HVAC control systems" Taylor Engineering. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc Learning Institute. Año 1971. Atlanta.
- Sanders, Donalds 1990 "Informatica: presente y futuro" Mexico: McGraw Hill.
- ACEDO SANCHEZ, Jose. Control avanzado de procesos (Teoria y practica). Díaz de Santos. 2013. PP 579.
- CREUS SOLÉ Antonio. Instrumentación industrial. Alfaomega Marcombo. 1997. Pp 644.
- KATSUIKO, Ogata. Ingenieria de Control moderna. Prentice Hall. 1980. Pp 902.
- SHINKEY, F, G. Process control systems (application, design, adjustment). Mc Graw Hill 1967. Pp 367.
- <http://www.dwyer-inst.com>
- <http://www.arqhys.com/contenido/control-ingenieria.htm>
- <http://www.anipac.com/normas.php>
- [http://www.ecured.cu/index.php/programaci%C3%B3n de Computadoras](http://www.ecured.cu/index.php/programaci%C3%B3n_de_Computadoras)