

# SISTEMA DE LAVADO Y ESTERILIZADO DE BOTELLAS DE VIDRIO

## GLASS BOTTLE WASHING AND STERILIZING SYSTEM

CUELLAR PEREZ, J. R., VILLAVICENCIO PINTO, J. A.

### RESUMEN

La industria sanitaria es un aspecto fundamental, ya que garantiza la seguridad, calidad y cumplimiento de normas y regulaciones. En sectores como la industria alimentaria, la limpieza es crucial para prevenir la contaminación y asegurar la inocuidad de los productos. Las máquinas de lavado de botellas son de vital importancia por varias razones. En primer lugar, garantizan la limpieza y desinfección adecuada de las botellas, eliminando cualquier residuo o contaminante que pueda afectar la calidad del producto. Esto es especialmente crucial en el caso de las microempresas, que a menudo producen lotes más pequeños y tienen un enfoque en la calidad artesanal. En muchas microempresas hay ciertos inconvenientes al momento de realizar los procesos de lavado, esterilizado y secado, debido a que estos procesos se realizan de forma manual con tiempos demasiado altos y la calidad de las botellas al momento de realizar el embotellado no siempre es la deseada. El sistema que se ha diseñado es una máquina de lavado, esterilizado, enjuagado y secado de botellas, la cual permite que se reduzcan considerablemente los tiempos de procesos y garanticen una alta eficiencia se obtengan botellas totalmente limpias y esterilizadas. Esta máquina proporciona al operario la capacidad de configurar los parámetros de tiempo y temperatura de los procesos, así como visualizar los procesos, eventos y tiempos de todo el sistema en la pantalla HMI. Estos métodos son altamente eficientes, lo que permite a la empresa llevar a cabo sus tareas de manera precisa y obtener resultados garantizados.

### ABSTRACT

The healthcare industry is a fundamental aspect, since it guarantees safety, quality and compliance with standards and regulations. In sectors such as the food industry, cleanliness is crucial to prevent contamination and ensure product safety. Bottle washing machines are of vital importance for several reasons. First of all, they guarantee the adequate cleaning and disinfection of the bottles, eliminating any residue or contaminant that could affect the quality of the product. This is especially crucial in the case of micro-businesses, which often produce smaller batches and have a focus on quality craftsmanship. In many microenterprises there are certain inconveniences when carrying out the washing, sterilizing and drying processes, because these processes are carried out manually with excessively long times and the quality of the bottles at the time of bottling is not always as desired. The system that has been designed is a bottle washing, sterilizing, rinsing and drying machine, which allows process times to be considerably reduced and guarantees high efficiency, obtaining fully cleaned and sterilized bottles. This machine provides the operator with the ability to configure the time and temperature parameters of the processes, as well as view the processes, events and times of the entire system on the HMI screen. These methods are highly efficient, allowing the company to carry out its tasks accurately and obtain guaranteed results.

### PALABRAS CLAVE

Lavado,  
Botellas de vidrio,  
Esterilización,  
Automatización

### KEYWORDS

Washing,  
Glass bottles,  
Sterilization,  
Automation

## INTRODUCCIÓN

**E**n el proceso de preparación de envases se deben considerar los siguientes subprocesos: lavado, esterilizado y secado. El subproceso de lavado general se realiza de manera manual, cuenta con una manguera a presión que lava el lote de 24 botellas de vidrio interna y externamente en un tiempo aproximado de 1 hora.

En el subproceso de esterilización, se colocan las botellas en un recipiente, donde se hierven aproximadamente 30 minutos. También se debe considerar el tiempo de espera de hervido del agua, el cual toma alrededor de 40 minutos.

En el subproceso de secado, se secan las botellas de vidrio de forma natural, es decir, a temperatura ambiente, colocando las botellas de vidrio boca arriba y tapando la parte superior con mantas previamente esterilizadas, que toma alrededor de 15 minutos.

El proceso de evaporación es de 24 horas, debido a que no se puede acelerar el tiempo del proceso con un soplador o de secarlo con paño o papel, porque sería más propenso a contraer microorganismos y/o bacterias.

## DESARROLLO

Una vez determinados los procesos del sistema de esterilización, se procedió a realizar el siguiente diagrama de bloques del sistema de esterilización, como se muestra en la figura 1.

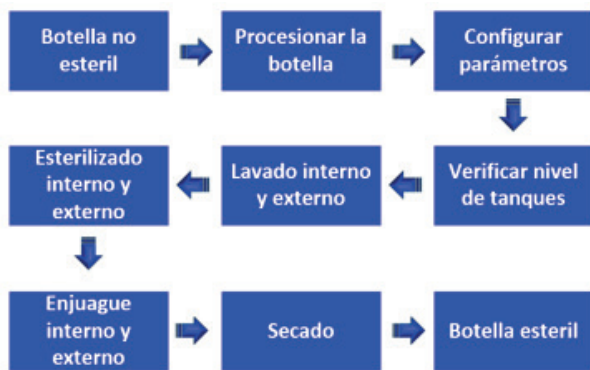


Figura 1. Diagrama de bloques del sistema de la vado y esterilización de botellas de vidrio

**Proceso de posicionamiento de las botellas:** Se cargan de forma manual las botellas en unas canastillas acopladas a la máquina, para que queden los envases posicionados correctamente y así pasar por todos los subprocesos hasta la descarga de las botellas.

**Proceso de configuración de parámetros:** Se procede a la configuración de parámetros deseados en el HMI para el lavado, esterilizado y secado de las botellas de vidrio.

**Proceso de verificación del nivel de tanques:** El sistema de esterilización de botellas de vidrio tiene dos tanques de almacenamiento, un tanque de agua y otro tanque de agua mezclado con la solución química. En cada uno de ellos se colocó un sensor de nivel, para indicar el volumen de líquido.

En caso de estar bajo el nivel permitido, se procede activar la válvula de ingreso hasta que el nivel del líquido llega al máximo. Procesos de lavado interno y externo: Estos subprocesos

consisten en la aplicación de agua a alta presión través de unas boquillas de aspersión alimentadas por una bomba centrífuga.

Estas boquillas están acopladas a un mecanismo que permite recorrer longitudinalmente la botella tanto por dentro y por fuera. Proceso de esterilizado interno y externo: Estos subprocesos consisten en la inyección de la mezcla química en las botellas de vidrio, tanto interna como externamente, mediante las boquillas de aspersión, facilitando cubrir todo el contorno de estas y que son alimentadas por la bomba centrífuga.

**Procesos de enjuague interno y externo:** En estos subprocesos se realiza la inyección de agua a temperatura ambiente a través de las boquillas de aspersión, tanto interna como externamente, para asegurar la expulsión de residuos del químico o de algunas impurezas restantes.

**Proceso de secado:** Este subproceso consiste en el secado de las botellas de vidrio, tanto internamente como externamente, con una resistencia calefactora. Se dispone de dos parámetros de control, para la temperatura y el tiempo, que se ajustan en el HMI.

**Estructura anticaída para las botellas:** Se diseñó la estructura anticaída de botellas con el propósito de mantener estables las botellas, con una separación suficiente para el lavado externo.

El soporte de varillas de acero inoxidable es de 5mm de diámetro, contando con 4 columnas y 3 filas, dando un total de 12 botellas. La base para las botellas sirve de soporte de los envases, tiene 4 orificios, con un radio de 15 y 21 mm de forma interna para el soporte de la botella. Se tomaron en cuenta las dimensiones de la corona de la botella, de 26 mm, para que la base soporte la corona de la botella con el fin de ubicarla correctamente respecto a las boquillas de aspersión, que van por debajo, siendo estas boquillas las encargadas de realizar la limpieza interna.

La bandeja de escurrimiento es de dimensiones similares al de la base general. Está hecha de acero inoxidable AISI 304 y sus dimensiones son de 700 x 500 mm y una altura de 100 mm en total. El propósito de esta estructura es permitir el correcto escurrimiento de los líquidos, como ser el agua y la mezcla química, que caerán mientras estén en su respectivo subproceso.

Lo que caiga por el centro irá direccionado hacia un tanque para su próximo desecho.

Para el soporte de la máquina lavadora de botellas semiautomática, se optó por una pieza metálica de acero cuadrada hueca, con una base soldada a la parte inferior para su apoyo. La máquina cuenta con 4 patas para su soporte, las cuales son unidas por una base rectangular de acero de perfil "L" que son soldadas a las patas.

El recubrimiento externo tiene como objetivo cubrir toda la parte externa de la máquina, en el lugar donde se realiza el lavado y no dejar pasar el calor hacia la parte externa.

**Puertas:** Para poder acceder a la parte interna de la máquina y poder cerrar y así evitar que los líquidos emanados por los aspersores salgan, se requiere un par de puertas con una manija para abrir y bisagras que se ensamblan con el recubrimiento externo de la máquina.

Con la herramienta de ensambles de piezas del software SolidWorks, se procedió a realizar el ensamblado, relaciones de posición y acotación de cada una de las partes, seleccionando como base principal inamovible a la estructura principal de la máquina.

En la figura 2 se puede ver el ensamblado completo de la máquina de lavado y esterilización de botellas.



Figura 2. Ensamblado completo de la máquina.

Diseño del sistema de aspersión.

La inyección de agua y de soda caustica se realizó por medio de boquillas de aspersión de cono lleno, para que el líquido llegue a las diferentes partes de la botella.

Para la limpieza de la parte interna de la botella, se emplearon 12 boquillas de la marca Spraying System Co®, modelo FullJetG/GG-15, con un ángulo de aspersión de 15° a una presión de 1 bar. Para la limpieza de la parte externa de las botellas, se utilizaron 10 boquillas de aspersión de cono lleno, de ángulo ancho, de la marca Spraying System Co.®, modelo FullJet G/GG-W, con un ángulo de aspersión de 86° a una presión de 1 bar.

El posicionamiento de las boquillas para el lavado interno de la botella está a una distancia de 38.12 mm desde la base para el posicionamiento de la botella y una separación de 120 mm cada una, mientras que las boquillas para el lavado externo están arregladas de manera tal que todas las botellas puedan ser rociadas correctamente por los aspersores.

Red de distribución de tuberías: Está conformada por 5 tramos, a partir de la salida de la bomba de agua, del cual sale un denominado tramo principal, que se divide en 2 tramos secundarios y, por último, en los tramos de distribución.

En la tabla 1 se indican los diámetros de las tuberías por tramo.

Tabla 1. Resultado del análisis de selección de diámetro de tubería

Tramo	Descripción	Caudal, l/min	Diámetro resultante, mm	Diámetro seleccionado, mm	Nominal Pipe Size (NPS)
0 - 1	Descarga Principal	25,90	17,47	19,05	3/4
1 - 2	Descarga Secundaria 1	19,20	15,04	19,05	3/4
1 - 3	Descarga Secundaria 2	6,70	8,88	12,70	1/2
2 - 4	Descarga de aspersión interna	1,60	4,34	6,35	1/4
3 - 5	Descarga de aspersión externa	0,67	2,81	3,17	1/8

Considerando los parámetros de altura, caudal y peso específico del fluido se seleccionó una bomba de 1/2HP.

En la figura 3 se muestra la red de tuberías para el sistema de lavado.

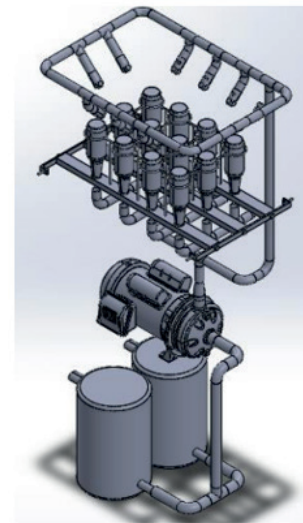


Figura 3. Vista isométrica de la red de tuberías

Dimensionamiento y diseño del sistema de control y automatización para la esterilización de botellas de vidrio. Todas las variables del sistema están denotadas por su TAG, el cual está basado en la norma ANSI/ISA 5.1-2022, Instrumentation Symbols and Identification. Se muestran en la figura 4.

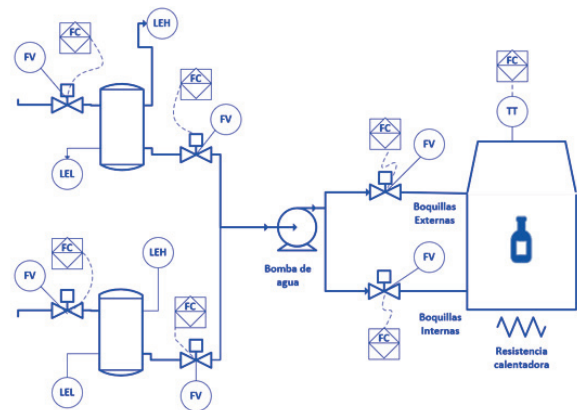


Figura 4. Diseño del sistema de control y automatización

- Se elaboraron los diagramas de flujo para el sistema de control:
- Configuración de parámetros
- Parada de emergencia
- Verificación del nivel de tanques
- Proceso de lavado
- Proceso de esterilizado
- Proceso de enjuague.
- Proceso de secado

Para el circuito de potencia se dimensionaron y seleccionaron:

La bomba de agua

Los conductores según la norma NB 777, para una corriente de 2.49 A, sección del conductor al aire libre ser de 1.31 mm<sup>2</sup> o 16 AWG.

El disyuntor termomagnético bipolar con corriente nominal inmediata inferior de 10 A.

El contactor de potencia con una bobina de 220 VAC. La corriente nominal del motor es de 1.99 A.

El relé térmico con un rango de regulación de corriente de 1.60 A - 2.5 A.

Para La resistencia calefactora en forma de “M” con 8 columnas: La sección del conductor al aire libre debe ser de 1.31 mm<sup>2</sup> o 16 AWG.

El disyuntor termomagnético bipolar con corriente nominal inmediata inferior a 10 A.

El contactor eléctrico con una bobina de 24 VDC, con una corriente nominal superior de 9 A.

Se realizó el dimensionamiento del circuito eléctrico de control, tomando en cuenta los dispositivos de control que se utilizan, como ser los sensores, transmisores, PLC, fuente de alimentación y otros.

Se seleccionó un pulsador de emergencia seta con enclavamiento - desbloqueo por giro, con contactos 1NA y 1NC.

Para identificar una falla en el relé térmico o el accionamiento del pulsador de emergencia, se seleccionó una lámpara de señalización amarilla con un voltaje de operación de 24 VDC.

La selección de los sensores: La tabla 2 muestra los dispositivos seleccionados para el control.

Tabla 2. Dispositivos seleccionados para el control

Dispositivo	modelo	Marca
Sensor de temperatura	RTD PT100 clase AA de 3 hilos	Thermolaser
Transmisor de temperatura	PX001 para 3 hilos	Thermolaser
Sensor nivel óptico	OPT-3210	ZERT
Sensor magnético		Zequer

Para la selección de las electroválvulas se tomaron en cuenta las dimensiones de las tuberías, anteriormente calculadas, como se indica en la tabla 3.

Tabla 3. Selección de electroválvulas de 220VAC de la marca Acogedor

Válvula	Diámetro, in	modelo
Llenado de tanques	1	DN25
Salida de tanques	3/4	DN20
Alimentación de boquillas	3/4	DN20

Para la selección del PLC se tomaron en cuenta las características necesarias, como ser el número de entradas y salidas mínimas, entradas analógicas, salidas tipo relé, respuesta de procesamiento, alimentación y sistema de funcionamiento.

Se seleccionó el PLC de Delta DVP SV2 4SV11T2, con alimentación 24 VDC, 10 entradas digitales y 2 analógicas, con 12 salidas tipo Relé y consumo de 6 W, con una fuente de alimentación de 40 W marca Dianqi, modelo MS25-24, que es una fuente de alimentación de 220 VAC de entrada y 24 VDC de salida.

Para el diseño de la interfaz gráfica para el control de parámetros del proceso de esterilización se seleccionaron:

HMI Series MT8071iP, con memoria Flash 128 MB, memoria RAM 128 MB, tamaño de la pantalla de 7 in, alimentación 24 VDC, con procesador de 600 MHz.

Se diseñaron las ventanas del HMI:

- Ventana principal.
- Ventana de configuración manual.
- Ventana de proceso.
- Ventana de eventos.
- Ventana de tiempos.

Un ejemplo de estas ventanas diseñadas se muestra en la figura 6.

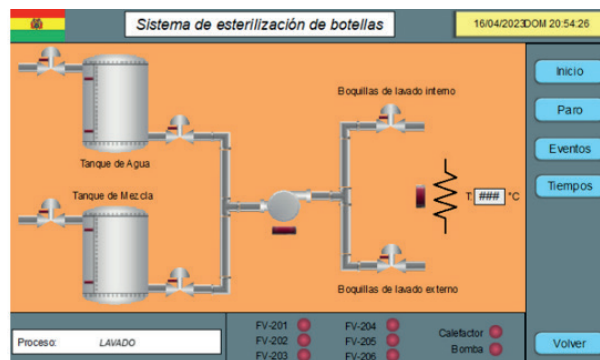


Figura 6. Ventana de control del proceso

El HMI seleccionado, cuenta con dos puertos E/S de comunicación, el protocolo de comunicación RS-232 y Ethernet/IP. Dado que el PLC Delta cuenta con los protocolos RS-232 y RS-485, se optó por usar el protocolo RS-232. El HMI cuenta con un conector macho tipo DB9. Mientras el PLC seleccionado cuenta con un conector hembra M12 de 9 puntos. Se seleccionó el cable conector RS-232, DB9 hembra a M12 macho de la marca Wenglor, con una longitud del cable de 1m con una velocidad de transmisión de hasta 20 kbps.

## CONCLUSIONES

A pesar que los procedimientos tradicionales no eran muy complejos, se logró aumentar significativamente la eficacia del sistema con la máquina, la cual ha logrado obtener buenos resultados de limpieza y esterilización, asegurando la eliminación de cualquier residuo o contaminante presente en las botellas. Así mismo, la máquina ha demostrado una alta eficiencia, logrando optimizar el consumo de recursos, como agua y energía, reduciendo así los costos operativos y minimizando el impacto ambiental.

El tiempo requerido para el lavado y esterilización de las botellas de vidrio fue de 16 minutos, mientras que el método tradicional lleva aproximadamente 24 horas. Demostrando que el diseño realizado del proceso, componentes mecánicos, electrónicos, automatización y controles son los pertinentes.

## REFERENCIAS

IBARRA MACHUCA, B. P. (2017). ANÁLISIS DEL PROCESO DEL LAVADO DE BOTELLAS DE VIDRIO EN LA LÍNEA 1 DEL ÁREA DE EMBOTELLADO Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA CERVECERÍA NACIONAL UBICADA EN CUMBAYÁ. QUITO, ECUADOR: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA.

MANDADO, E., ACEVEDO, J. M., FERNANDEZ, C., & ARMESTO, I. (2009). AUTÓMATAS PROGRAMABLES Y SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN (SEGUNDA ED.). MARCOMBO.

ORTÍZ ROSAS, A. (2018). PROGRAMACIÓN DE PLC, HMI Y COMUNICACIONES EN LA INDUSTRIA.

PEREZ, C. (2017). ESTERILIZACIÓN Y DESINFECCIÓN.

REINOSO RAMÍREZ, J. J. (2014). MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL Y VISUALIZACIÓN DE LA LÍNEA DE LAVADO DE BOTELLAS EN THE TESALIA SPRINGS COMPANY S.A. QUITO, ECUADOR.

CITA

