



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO INDUSTRIAL**

TEMA:

**“DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE LAVADO DE BIDONES PARA LA
EMPRESA YAKU BUENA VIDA”**



AUTOR: Montesdeoca Mora Emerson Jhair

DIRECTOR: MSc. Víctor Alfonso Erazo Arteaga, Ing.

Ibarra – Ecuador

2026

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004121057		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Montesdeoca Mora Emerson Jhair		
DIRECCIÓN:	Imbabura, Ibarra, San Antonio		
EMAIL:	elmontesdeocam@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	062932857	TELF. MOVIL	0985215807

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“Diseño de un sistema automático de lavado de bidones para la empresa Yaku Buena Vida”
AUTOR (ES):	Montesdeoca Mora Emerson Jhair
FECHA: AAAAMMDD	2026/02/19
SOLO PARA TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	
CARRERA/PROGRAMA:	GRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/>
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Industrial
DIRECTOR:	MSc. Víctor Alfonso Erazo Arteaga, Ing.

AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Montesdeoca Mora Emerson Jhair, con cédula de identidad Nro. 1004121057, en calidad de autor (es) y titular (es) de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de integración curricular descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

Ibarra, a los 19 días del mes de febrero de 2026

EL AUTOR:

Firma.....

Nombre: Montesdeoca Mora Emerson Jhair

CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 19 días, del mes de febrero de 2026

EL AUTOR:

Firma.....

Nombre: Montesdeoca Mora Emerson Jhair

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, 19 de febrero de 2026

MSc. Víctor Alfonso Erazo Arteaga, Ing.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

(f):

MSc. Víctor Alfonso Erazo Arteaga, Ing.

C.C.:1719188029

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado del trabajo de Integración Curricular “DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE LAVADO DE BIDONES PARA LA EMPRESA YAKU BUENA VIDA” elaborado por Montesdeoca Mora Emerson Jhair, previo a la obtención del título del Ingeniero Industrial, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

(f):

MSc. Víctor Alfonso Erazo Arteaga, Ing.

C.C.:1719188029

(f):

PhD. Robert Mauricio Valencia Chapi, Ing.

C.C.:1003134879

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mi familia, quienes, con su apoyo constante, esfuerzo y comprensión fueron el impulso fundamental para culminar esta etapa de mi formación académica, especialmente a mi madre Mariana de Jesús Mora Montalvo y de igual forma a padre Nelson Joaquín Montesdeoca Paz que gracias a su apoyo incondicional, cariño y apoyo me han permitido llegar a cumplir metas y sueños siendo mi pilar fundamental y a mis hermanas, sobrinos y sobrinas.

A todos los docentes de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Técnica del Norte, por sus valiosas enseñanza, acompañamiento y vocación académica, que fueron un apoyo constante para alcanzar este objetivo profesional.

A mis amigos, debido a que todos aquellos que están siempre apoyándome y motivándome en el transcurso de este trabajo y mi carrera, puesto que sirvió de motivación y apoyo para culminar mi carrera universitaria.

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a Dios por darme la sabiduría, vida y salud, en el transcurso de mi carrera universitaria y en el desarrollo de este trabajo en esta etapa de mi vida.

Agradezco a mi madre, padre y hermanas y a mi familia, quienes, con su apoyo incondicional, paciencia y confianza fueron el pilar fundamental durante todo mi proceso de formación académica. Su esfuerzo, comprensión y motivación constante hicieron posible la culminación de este trabajo y el logro de este objetivo profesional.

De igual manera a la Universidad Técnica del Norte, expreso mi sincero agradecimiento especial a mi tutor MSc. Víctor Alfonso Erazo Arteaga, Ing. y asesor el PhD. Robert Mauricio Valencia Chapi, Ing., quienes me han brindado conocimiento y valores, por su guía, apoyo técnico y orientación académica durante el desarrollo del proyecto. Sus conocimientos y recomendaciones fueron esenciales para fortalecer la calidad del trabajo realizado.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo desarrolla el diseño de un sistema automático para el lavado de bidones reutilizables destinados al envasado de agua purificada en la empresa YAKU Buena Vida. El análisis inicial del proceso evidenció que el sistema manual actual presenta variabilidad operativa y limitaciones en el control de parámetros críticos como presión, tiempo de contacto y dosificación de agentes desinfectantes.

A partir de un diagnóstico técnico y del levantamiento de requerimientos funcionales, se definieron las especificaciones del sistema propuesto, el cual integra etapas secuenciales de prelavado, lavado con detergente, enjuague y desinfección final bajo control lógico programable (PLC). El diseño fue modelado y evaluado mediante simulación en FlexSim, lo que permitió estimar una capacidad operativa superior a 1100 bidones por jornada de ocho horas y una mejora en la estandarización del proceso.

Se realizó además un análisis comparativo con alternativas comerciales disponibles en el mercado, determinando escenarios de viabilidad económica. Los resultados obtenidos indican que el sistema diseñado es técnicamente factible y adaptable a las condiciones productivas de la empresa, aportando una base estructurada para su implementación progresiva y fortaleciendo el control sanitario del proceso.

Palabras clave: automatización industrial, lavado de bidones, sanitización, PLC, simulación de procesos, eficiencia operativa.

ABSTRACT

This project presents the design of an automated washing system for reusable water containers used in the bottling process of YAKU Buena Vida. An initial technical assessment identified operational variability and limited control over critical parameters such as pressure, contact time, and disinfectant dosage within the current manual cleaning procedure.

Based on functional requirements and technical specifications, the proposed system incorporates sequential stages including pre-rinsing, detergent washing, rinsing, and final disinfection under programmable logic control (PLC). The system was modeled and simulated using FlexSim software, allowing performance estimation of more than 1100 containers per eight-hour shift and improved process standardization.

A comparative evaluation with commercially available equipment was also conducted to assess economic feasibility. The findings demonstrate that the proposed design is technically viable and adaptable to the company's operational conditions, providing a structured foundation for potential implementation and enhanced sanitary control.

Keywords: industrial automation, container washing, sanitation system, PLC control, process simulation, operational efficiency.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1.	CAPITULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1.	Problema de investigación.....	1
1.2.	Objetivos.....	2
1.2.1.	Objetivo general	2
1.2.2.	Objetivos específicos.....	2
1.3.	Alcance	2
1.4.	Justificación.....	3
2.	CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	4
2.1.	Marco Conceptual.....	4
2.2.	Marco Legal.....	4
2.3.	Métodos de Desinfección y Esterilización	5
2.3.1.	Esterilización por Calor.....	6
2.3.2.	Esterilización con Luz Ultravioleta (UV)	6
2.3.3.	Ozonización.....	6
2.4.	Métodos Prácticos de Desinfección Utilizados en la Industria del Agua	7
2.5.	Máquinas para el lavado de bidones.....	7
2.5.1.	Clasificación de máquinas para lavado	8
2.5.2.	Principales componentes de una máquina de lavado	9
2.5.3.	Tipos de tecnologías utilizadas.....	9
2.6.	Máquinas existentes en el mercado	9
2.6.1.	Máquina automática de lavado por aspersion	9

2.6.2.	Máquina semiautomática de lavado por inmersión.....	10
2.6.3.	Análisis comparativo.....	10
2.7.	Selección de tecnología para el sistema propuesto.....	10
2.8.	Historia y evolución de las máquinas de lavado de bidones	11
2.9.	Implementación y casos de éxito.....	12
3.	CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS	13
3.1.	Enfoque de la Investigación	13
3.2.	Tipo de Investigación	13
3.3.	Métodos de Investigación.....	13
3.3.1.	Método Analítico.....	13
3.3.2.	Método Descriptivo.....	13
3.3.3.	Método Deductivo.....	13
3.4.	Técnicas de Recolección de Información.....	14
3.4.1.	Revisión bibliográfica	14
3.4.2.	Encuesta	14
3.5.	Instrumentos de Investigación.....	14
3.6.	Población y Muestra	14
3.6.1.	Población.....	14
3.6.2.	Muestra.....	14
3.7.	Procedimiento de la Investigación.....	14
3.8.	Consideraciones Éticas	15

4.	CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS	16
4.1.	Descripción de la empresa.....	16
4.1.1.	Localización	16
4.1.2.	Antecedentes	16
4.1.3.	Misión.....	17
4.1.4.	Visión	17
4.1.5.	Razón social	17
4.1.6.	Actividad económica.....	17
4.1.7.	Estructura organizacional.....	17
4.1.8.	Instalaciones de la empresa yaku buena vida.....	18
4.2.	Justificación Técnica de la Propuesta	19
4.3.	Aplicación de la Encuesta para Determinar los Parámetros del Diseño Según las Necesidades de la Población	19
4.3.1.	Principales resultados obtenidos:	22
4.3.2.	Conclusión de la encuesta	22
4.4.	Equipos utilizados en el sistema.....	22
4.5.	Diseño actual del funcionamiento de la planta purificadora	23
4.5.1.	Simulación y resultados	24
4.6.	Parámetros de funcionamiento del sistema	26
4.7.	Diseño del sistema automático propuesto	27
4.7.1	Análisis QFD.....	27
4.7.1.2	La voz del cliente	28

4.7.1.3 La voz del ingeniero.....	28
4.7.2. Selección de Alternativas.....	31
4.7.2.1. Diagramas funcionales.....	31
4.7.2.2. Análisis Modular.....	32
• Manual.....	33
• Automático.....	34
Posicionamiento del Bidón.....	34
• Soporte Fijo.....	35
• Soporte Centrado con Guías.....	36
Evaluación y Selección de Alternativas Módulo 1.....	37
4.7.2.2.1. Módulo 2: Sistema de Control del Lavado.....	40
Análisis de Funciones Módulo 2.....	40
Control del sistema de lavado.....	40
• PLC.....	41
• Microprocesador Raspberry Pi.....	42
Variador de Frecuencia.....	43
• Sensor de Proximidad.....	44
Ventajas.....	44
Desventajas.....	44
Sensible a materiales no metálicos según modelo.....	44
Bajo mantenimiento.....	44

• Sensor Fotoeléctrico	44
• Final de Carrera	44
Sistema de Potencia	45
Motor de Cepillos	45
Alternativas:.....	45
Recomendación técnica:	45
Bomba de Agua.....	46
Alternativas:.....	46
Recomendación técnica:	46
Evaluación y Selección de Alternativas – Módulo 2	47
Módulo 3: Sistema Hidráulico de Lavado	50
Alternativas de solución – Sistema hidráulico.....	51
.....	55
1. Presión requerida	60
3. Potencia hidráulica y potencia del motor	61
Bomba recomendada.....	61
4.8. Indicadores técnicos de desempeño del sistema automático	68
4.9. Comparación con alternativas comerciales	68
5. CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	73
5.1. Conclusiones.....	73
5.2. Recomendaciones	74

6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75
7.	ANEXOS	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I Equipos que se usa en el modelo actual del sistema de lavado	23
Tabla II Tiempos de lavado en el sistema actual.....	26
Tabla III Especificaciones técnicas del sistema automático de lavado de bidones.....	30
Tabla IV Ventajas y Desventajas Alternativa “Manual”	33
Tabla V Ventajas y Desventajas Alternativa “Automática”	34
Tabla VI Ventajas y Desventajas “Soporte Fijo”	35
Tabla VII Ventajas y Desventajas “Guías Laterales”	36
Tabla VIII Tabla de combinaciones	37
Tabla IX Evaluación de criterios – Módulo 1	38
Tabla X Evaluación de criterio “Costo”	38
Tabla XI Evaluación criterio: Mantenimiento (Mtto)	39
Tabla XII Evaluación criterio: seguridad	39
Tabla XIII Evaluación criterio: Instalación.....	39
Tabla XIV Evaluación criterio: Capacidad	40
Tabla XV Conclusiones para el método 1	40
Tabla XVI Ventajas y Desventajas Alternativa "PLC"	42
Tabla XVII Ventajas y Desventajas Alternativa "Raspberry Pi"	43
Tabla XVIII Ventajas y Desventajas Alternativa "Variador de Frecuencia"	44
Tabla XIX Ventajas y desventajas sensor de proximidad	44
Tabla XX Ventajas y desventajas sensor Fotoeléctrico.....	44
Tabla XXI Dispositivo mecánico que se activa por contacto físico.	44
Tabla XXII Evaluación de criterios – Módulo 2.....	48
Tabla XXIII Evaluación por Criterio: Costo.....	48
Tabla XXIV Criterio: Confiabilidad Industrial.....	49

Tabla XXV Criterio: Programación	49
Tabla XXVI Criterio: Seguridad	49
Tabla XXVII Criterio: Compatibilidad con bomba y motor	50
Tabla XXVIII Conclusiones para el Módulo 2 – Sistema de Control del Lavado	50
Tabla XXIX Ventajas y desventajas “Bomba centrífuga convencional”	52
Tabla XXX Ventajas y desventajas “bomba multietapa”	53
Tabla XXXI Ventajas y desventajas “Bomba tipo hidrolavadora”	54
Tabla XXXII Evaluación de criterios	56
Tabla XXXIII Criterio de costo	56
Tabla XXXIV Criterio: Presión/Estabilidad (2–3 bar)	56
Tabla XXXV Criterio: Caudal requerido (2 bidones simultáneos).....	57
Tabla XXXVI Criterio de mantenimiento.....	57
Tabla XXXVII Criterio: Material sanitario (AISI 304)	57
Tabla XXXVIII Conclusiones para el Módulo 3 – Selección de bomba	58
Tabla XXXIX Componentes principales del sistema automático.....	66
Tabla XL Principales indicadores técnicos	68
Tabla XLI Tabla de comparación sistema propuesto y una máquina de importación	69
Tabla XLII Tabla de costos de producción nacional precio estimado e importación equipo ..	70
Tabla XLIII Tabla e retorno de inversión en diferentes escenarios	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Diagrama de Métodos de Desinfección y Esterilización de Equipos.....	5
Fig. 2 Diagrama de Esterilización por calor	6
Fig. 3 Lugar donde es la empresa YAKU BUENA VIDA Ubicación geográfica	16
Fig. 4 Diagrama estructural organizacional	18
Fig. 5 Diagrama de distribución de la planta de embotellamiento	18
Fig. 6 Resultados de las encuestas 1	20
Fig. 7 Resultados de las encuestas 2	21
Fig. 8 Resultados de las encuestas 3	21
Fig. 9 Simulación del sistema automático de lavado de bidones en FLEXSIM.....	24
Fig. 10 Simulación del sistema automático de lavado de bidones en FLEXSIM	24
Fig. 11 Simulación del sistema automático de lavado de bidones en FLEXSIM	25
Fig. 12 Simulación del sistema automático de lavado de bidones en FLEXIM Estado de zonas de bodega y revisión	25
Fig. 13 Simulación del sistema automático de lavado de bidones en FLEXSIM	26
Fig. 14 Diagrama funcional nivel 0 del sistema automático de lavado de bidones.....	31
Fig. 15 Diagrama funcional nivel 1 del sistema automático de lavado de bidones.....	32
Fig. 16 Diagrama funcional nivel 2: control del sistema automático de lavado de bidones...32	
Fig. 17 Levantamiento de los bidones vacíos	33
Fig. 18 Transporte automático de una carga	34
Fig. 19 Soporte fijo	35
Fig. 20 Soporte con cepillos.....	36
Fig. 21 Evaluación y Selección de Alternativas Módulo 1	37
Fig. 22 PLC industrial utilizado en el sistema automático de lavado de bidones.....	41
Fig. 23 Raspberry Pi.	42

Fig. 24 Variador de Frecuencia	43
Fig. 25 Motor trifásico	45
Fig. 26 Bomba multietapa en acero inoxidable	46
Fig. 27 Alternativas de Solución Módulo 2	47
Fig. 28 Bomba centrífuga convencional	52
Fig. 29 Bomba multietapa.....	53
Fig. 30 Bomba tipo hidrolavadora	54
Fig. 31 Alternativa de solución modulo 3	55
Fig. 32 Se aprecia el automatizado del lavado de bidones	59
Fig. 33 Diagrama de flujo del funcionamiento con la máquina y la mejora.....	63
Fig. 34 Simulación del sistema automático de lavado bidones FLEXSIM Propuesta	64
Fig. 35 Simulación del sistema automático de lavado de bidones en FLEXSIM Cantidad de producción en 8 horas de trabajo en el modelo de propuesta	65
Fig. 36 Simulación del sistema automático de lavado de bidones en FLEXSIM Estado de trabajo de cada empleado como propuesta	65
Fig. 37 Simulación del sistema automático de lavado de bidones en FLEXIM Estado de zonas de bodega y revisión en el modelo de propuesta	66
Fig. 38 Simulación del sistema automático de lavado de bidones en FLEXIM Estado de zonas de bodega y revisión en el modelo de propuesta	66
Fig. 39 Diagrama de distribución de tuberías tanques y maquinaria	67

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. <i>Cuestionario aplicado</i>	79
Anexo 2.....	81
Anexo 3. <i>Fichas técnicas de los equipos</i>	82
Anexo 4. <i>Diagramas del sistema automático</i>	87
Anexo 5. <i>Registro fotográfico del proyecto</i>	88

CAPITULO I.

INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de investigación

La normativa INEN 1108 se aplica al agua potable de los sistemas de abastecimiento públicos y privados a través de redes de distribución y tanqueros [1].

En Ecuador existen aproximadamente 985 plantas purificadoras de agua, el 21,6% de las empresas cumplen con los protocolos de limpieza, mientras que el 78,4% no. Debe realizarse un correcto lavado de los envases con productos químicos, como ácido acético y detergente para luego enjuagarlos con agua potable antes de verter el agua purificada. Estos procedimientos evitan la proliferación de cualquier carga bacteriana que pueda perjudicar directamente a la salud humana[2]

Se puede evidenciar que el 78,4% que no cumple con los protocolos de limpieza dados por el ARCSA, también vale decir que de la población el 22.2% de los hogares ecuatorianos consumen agua de purificadoras de agua, debido a que se comercializa agua embotellada que no cumple satisfactoriamente con las normas vigentes, notándose etiquetados incorrectos, que no poseen registro sanitario ecuatoriano vigente, lote, fecha de caducidad, ítems que hacen presumir la razón de los escasos niveles de confiabilidad de éstas aguas para el consumo; y en el peor de los casos, cabe la interrogante si se estará procesando adecuadamente el producto[3]

La mayor parte de empresas se encuentran actualmente realizando el proceso de lavado de forma empírica el cual consta de un cepillo y un taladro debido a que no cuenta con la maquinaria adecuada para realizar este proceso se considera un foco infeccioso en su proceso[3]

El principal problema presente es cuando se lava un bidón se lo realiza manual de una forma muy empírica, solo se la hace mediante un cepillo y sin estar en alguna cámara o dentro de una maquina esto ocasiona que al contacto con el medio ambiente.

Los materiales de los cuales están hechos los cepillos y el acero de la varilla no es un material viable para el uso dentro del contacto agua en el momento de lavar. Esto como problema generaría un gran daño en la salud de los consumidores del agua por eso es viable la implementación de un sistema de lavado para evitar focos infecciosos y por qué en el 78.4% de las empresas existentes en el ecuador no cumplen con las normativas ni registros sanitarios[1], [4]

1.2.Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Diseñar el sistema automático de lavado de bidones de agua el cual va ser implementado en la empresa YAKU.

1.2.2. Objetivos específicos

- Realizar una investigación sobre el proceso de lavado de bidones de agua.
- Establecer los parámetros del sistema automático de lavado desinfección y esterilización del equipo.
- Realizar el Diseño del sistema automático de lavado de bidones y los materiales adecuados para construir una máquina.

1.3.Alcance

El alcance de la presente investigación es diseñar un sistema automático para la máquina de lavado de bidones de agua en la empresa y de esta formar brindar un mejor servicio a su comunidad.

A demás se busca especificar las prioridades necesidades y características del proceso que integra el área de producción en el cual se va a analizar las diferentes alternativas de diseño de la máquina para mejoramiento continuo de la empresa.

En esta investigación se debe completar todo el flujo del proceso productivo por el cual el envasado del producto debe pasar por un control de calidad y así mejorar el lavado y el desinfectado de los bidones.

1.4.Justificación

La mayor parte de empresas en el país están haciendo su proceso de lavado de forma muy empírica la cual puede ocasionar un foco infeccioso a la salud de los consumidores por falta de lavar y desinfectar bien los equipos con los cuales están realizando su lavado.

El diseño del sistema automático de la máquina de lavar bidones es de vital importancia para la empresa ya que de esta manera aumentan sus estándares de producción y automatización el cual ayuda a que evite focos infecciosos en la salud de los consumidores.

Con ello este proyecto se enfoca en evitar los procesos empíricos o ambiguos y de esta manera con el sistema automático de la máquina ayuda a mejor su proceso.

Se pretende cumplir las normas de higiene para mejorar el proceso en el lavado mejorando el producto acorde a la normativa INEN 1108 y de esta manera si se desea implementar luego de la propuesta de la maquina en la empresa ver que ocupen los materiales dichos dentro de la normativa [1]

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1.Marco Conceptual

El lavado de bidones es el conjunto de operaciones destinadas a eliminar residuos físicos, químicos y biológicos presentes en los envases reutilizables utilizados para el almacenamiento de agua purificada. Este proceso es fundamental para prevenir la proliferación de microorganismos patógenos y justificación técnica[1], [2]

La desinfección consiste en la aplicación de agentes químicos o físicos con el objetivo de eliminar microorganismos patógenos presentes en superficies y envases. Por su parte, la esterilización es un proceso más riguroso que busca la eliminación total de formas de vida microbiana, incluyendo esporas bacterianas[2], [3]

En el contexto industrial, la automatización implica integrar sensores, actuadores y sistemas de control programables que permitan ejecutar ciclos operativos bajo parámetros definidos previamente, eliminando la variabilidad asociada al factor humano. Un sistema automático de lavado integra tecnologías mecánicas, eléctricas y de control para estandarizar los procesos de limpieza y desinfección [4], [5].

2.2.Marco Legal

En el contexto ecuatoriano, el proceso de lavado y desinfección de envases para agua potable se encuentra regulado por normativas técnicas y sanitarias que establecen condiciones obligatorias para la producción y comercialización segura del producto. La Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 define criterios aplicables a la calidad del agua destinada al consumo humano, incluyendo aspectos relacionados con el manejo y sanitización de recipientes reutilizables.[1]

De manera complementaria, la Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA) establece lineamientos de buenas prácticas que requieren procesos documentados, controlados y verificables en las etapas de limpieza, desinfección y manipulación de envases. Estas disposiciones buscan reducir riesgos de contaminación cruzada y asegurar que el producto final cumpla estándares microbiológicos aceptables[2], [3].

Asimismo, la legislación sanitaria ecuatoriana atribuye responsabilidad directa a los productores en cuanto a la garantía de inocuidad del producto, promoviendo la implementación

de sistemas que permitan controlar parámetros críticos del proceso y documentar los procedimientos realizados.[6].

2.3.Métodos de Desinfección y Esterilización

Los procesos de sanitización empleados en la industria del agua purificada combinan mecanismos físicos y químicos que actúan sobre microorganismos presentes en las superficies de los envases. La eficacia de cada método depende de su correcta aplicación bajo condiciones controladas de concentración, tiempo y exposición.[7].

La radiación ultravioleta empleada en procesos de sanitización industrial actúa mediante la alteración del ADN microbiano, lo cual impide la reproducción celular y reduce significativamente la carga biológica sin incorporar residuos químicos al sistema.[7], [8].

Los agentes químicos utilizados en lavado industrial operan mediante reacciones de oxidación o desnaturalización de proteínas celulares. Sustancias como hipoclorito de sodio, ácido acético o peróxido de hidrógeno actúan alterando estructuras celulares y reduciendo la viabilidad microbiana. La eficiencia del proceso depende del tiempo de contacto y de la correcta dosificación del agente activo.

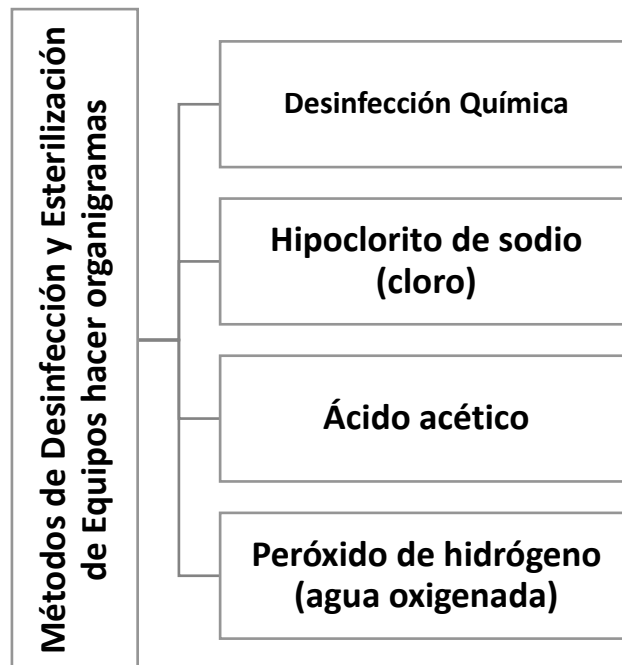


Fig. 1 Diagrama de Métodos de Desinfección y Esterilización de Equipos hacer organigramas

Nota: *Elaboración propia.*

2.3.1. Esterilización por Calor

La aplicación de calor, ya sea mediante vapor a alta temperatura o calor seco, provoca la coagulación de proteínas y la destrucción estructural de microorganismos. En aplicaciones industriales, el vapor resulta más efectivo debido a su capacidad de penetración y transferencia térmica uniforme.

Diagrama de Esterilización por calor

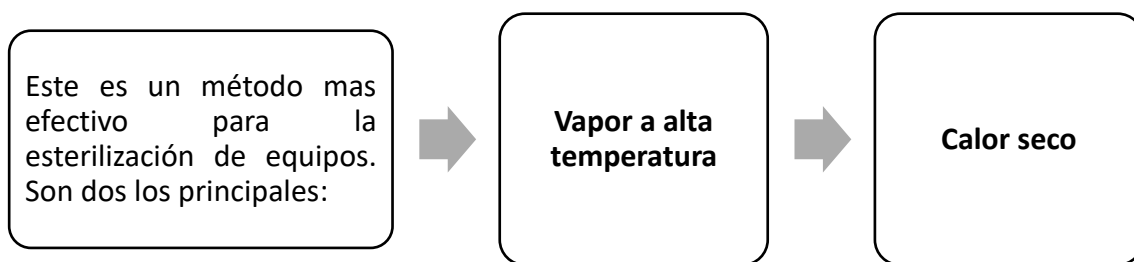


Fig. 2 Diagrama de Esterilización por calor

Nota: Elaboración propia.

2.3.2. Esterilización con Luz Ultravioleta (UV)

La desinfección mediante radiación UV actúa directamente sobre el material genético de los microorganismos, alterando su ADN e impidiendo su replicación. Este método no incorpora residuos químicos al sistema y resulta particularmente útil en etapas finales del proceso de sanitización. Su efectividad depende de la intensidad de radiación y del tiempo de exposición[7], [8].

2.3.3. Ozonización

El ozono es un agente oxidante de alta reactividad que, al disolverse en agua, genera radicales libres capaces de destruir membranas celulares y componentes internos de microorganismos. Una ventaja significativa del ozono radica en su rápida descomposición en oxígeno, lo que evita la generación de subproductos químicos persistentes. Su aplicación requiere sistemas de generación y control especializados[7], [9].

2.4.Métodos Prácticos de Desinfección Utilizados en la Industria del Agua

En la industria de la purificación de agua, la combinación de métodos químicos y físicos de desinfección es una práctica común y recomendada para asegurar la eliminación efectiva de microorganismos patógenos y justificación técnica. Diversas guías técnicas y normativas sanitarias indican que la aplicación integrada de estos métodos permite mejorar la eficiencia del proceso y reducir los riesgos de contaminación microbiológica[10], [11].

Una de las principales prácticas operativas es la implementación de un ciclo completo de lavado y desinfección, en el cual los sistemas automáticos se programan para ejecutar de forma secuencial un prelavado, lavado con detergentes, enjuague y una fase final de desinfección mediante agentes químicos o radiación ultravioleta. Este enfoque estandarizado permite asegurar una limpieza uniforme de los bidones reutilizables y un control adecuado de los parámetros del proceso[10], [12]

Asimismo, algunas plantas purificadoras incorporan sistemas de autolavado, diseñados para la limpieza automática de los componentes del equipo que entran en contacto con los bidones. Estos sistemas integran sensores y dispositivos de control que permiten detectar la necesidad de limpieza o desinfección y activar de manera automática los ciclos correspondientes, contribuyendo a la reducción de la intervención humana y al cumplimiento de las buenas prácticas de manufactura[2], [11].

Finalmente, el control de calidad constituye un elemento esencial dentro de los sistemas de purificación de agua, ya que las empresas deben realizar pruebas microbiológicas periódicas con el fin de verificar la eficacia de los procesos de limpieza y desinfección implementados. Estas evaluaciones permiten detectar desviaciones, asegurar el cumplimiento de la normativa sanitaria vigente y prevenir riesgos para la salud de los consumidores[3], [11].

2.5.Máquinas para el lavado de bidones

En el Ecuador, la propiedad intelectual relacionada con tecnologías industriales, incluidos los sistemas de lavado y desinfección de bidones, se encuentra regulada por el Servicio Nacional de Derechos Intelectuales (SENADI), organismo encargado de la administración y registro de patentes, modelos de utilidad y diseños industriales en el país. Este marco legal permite la protección y consulta de desarrollos tecnológicos aplicables a procesos de purificación y tratamiento de agua [13].

Una revisión de las patentes registradas a nivel nacional evidencia que, si bien existen desarrollos asociados a procesos de purificación de agua, la mayoría de las tecnologías relacionadas con sistemas automáticos de lavado y desinfección de bidones han sido desarrolladas y patentadas a nivel internacional. No obstante, algunas empresas ecuatorianas han comenzado a implementar tecnologías adaptadas a las condiciones locales, basadas en patentes internacionales, tales como sistemas de lavado con radiación ultravioleta (UV) y ozonización, así como la incorporación de ablandadores, filtros y membranas, con el objetivo de mejorar la calidad final del producto [7], [9].

Sin embargo, la adopción integral de estos sistemas automatizados aún es limitada, debido principalmente a los altos costos de adquisición, operación y mantenimiento que implican estos equipos, lo que restringe su implementación a un número reducido de empresas del sector. Esta situación evidencia una brecha tecnológica en el mercado nacional, que afecta directamente la estandarización de los procesos de limpieza y desinfección de bidones y, por ende, la percepción de calidad y seguridad por parte del consumidor [11].

Entre las patentes y tecnologías más relevantes a nivel global, con potencial aplicación en el contexto ecuatoriano, se destacan las siguientes:

Sistemas automáticos de limpieza con vapor, que combinan la acción térmica del vapor con agentes químicos desinfectantes para garantizar una limpieza profunda y la reducción de la carga microbiana en envases reutilizables [7].

Sistemas de lavado con ozonización automática, empleados en procesos donde se requiere una desinfección eficaz sin generación de residuos químicos, aprovechando el alto poder oxidante del ozono y su rápida descomposición en oxígeno [9].

Estas tecnologías constituyen una referencia técnica importante para el diseño de sistemas automáticos de lavado de bidones, al demostrar la viabilidad de procesos eficientes, seguros y compatibles con las normativas sanitarias internacionales.

2.5.1. Clasificación de máquinas para lavado

Explique brevemente cómo se clasifican las máquinas según su función y tecnología.
Ejemplo:

- **Manual:** Operación controlada directamente por un operador. Baja inversión inicial pero mayor tiempo y esfuerzo.

- **Semiautomáticas:** Involucran procesos automáticos, pero requieren intervención humana para ciertas tareas.
- **Automáticas:** Completamente autónomas, optimizadas para rapidez y eficiencia.

2.5.2. Principales componentes de una máquina de lavado

Lista los elementos esenciales que podrían integrar el sistema, como:

- **Sistemas de transporte:** Bandas, rodillos o manipuladores para mover los bidones.
- **Boquillas de lavado:** Aspersores para la aplicación de agua o detergente.
- **Tanques y bombas:** Para almacenar y bombear agua y productos químicos.
- **Filtros:** Para filtrar residuos sólidos durante el proceso.
- **Sistemas de secado:** Ventiladores o resistencias para secar los bidones después del lavado.

2.5.3. Tipos de tecnologías utilizadas

Detalla las tecnologías comunes que se usan en sistemas de lavado:

- **Lavado por aspersión:** Agua a presión aplicada con boquillas.
- **Lavado por inmersión:** Los bidones se sumergen en tanques con solución limpiadora.
- **Lavado ultrasónico:** Uso de ondas ultrasónicas para desprender partículas.
- **Uso de vapor:** Limpieza mediante vapor a alta temperatura para desinfectar.

2.6. Máquinas existentes en el mercado

En la industria de purificación de agua se emplean diversas máquinas para el lavado de bidones, las cuales se clasifican principalmente según su nivel de automatización y tecnología de limpieza. Estas máquinas han sido desarrolladas para mejorar la higiene de los envases reutilizables, reducir la intervención humana y garantizar el cumplimiento de las normativas sanitarias vigentes [7], [14].

2.6.1. Máquina automática de lavado por aspersión

Un ejemplo representativo de este tipo de equipos es la máquina automática de lavado de bidones por aspersión, utilizada ampliamente en plantas de mediana y gran capacidad. Estos sistemas realizan el lavado interno y externo del bidón mediante boquillas de aspersión a presión, ejecutando de forma secuencial las etapas de prelavado, lavado con detergente, enjuague y desinfección, pudiendo integrar tecnologías complementarias como luz ultravioleta (UV) u ozonización [14].

Fabricantes internacionales como J&D Water y Sunswell ofrecen equipos automáticos construidos en acero inoxidable grado alimenticio, con capacidades que superan los 100 bidones por hora, lo que permite una alta repetibilidad del proceso y una reducción significativa del riesgo de contaminación microbiológica [14], [15].

2.6.2. Máquina semiautomática de lavado por inmersión

Otro tipo de equipo utilizado en el mercado es la máquina semiautomática de lavado por inmersión, la cual requiere la intervención del operador para la carga y descarga de los bidones. En este sistema, los envases son sumergidos en una solución detergente o desinfectante durante un tiempo determinado, seguido de un enjuague con agua potable [11].

Este tipo de máquinas presenta una menor inversión inicial y un consumo energético reducido, por lo que es comúnmente empleada en pequeñas y medianas plantas purificadoras. Sin embargo, su principal limitación radica en el menor control de los parámetros del proceso y una mayor dependencia del factor humano, lo que puede afectar la estandarización y la eficacia sanitaria del lavado [10], [16].

2.6.3. Análisis comparativo

La revisión de las máquinas disponibles en el mercado evidencia que los sistemas automáticos de lavado por aspersión ofrecen mayores niveles de control, eficiencia e higiene, mientras que los sistemas semiautomáticos constituyen una alternativa funcional cuando existen limitaciones económicas. Esta situación justifica el desarrollo de un sistema automático de lavado de bidones adaptado a las condiciones técnicas y económicas de la empresa YAKU Buena Vida, que combine eficiencia sanitaria con viabilidad operativa.

2.7. Selección de tecnología para el sistema propuesto

La selección de la tecnología y los componentes del sistema automático de lavado de bidones para la empresa YAKU BUENA VIDA se basa en la necesidad de garantizar la inocuidad del agua, la estandarización del proceso y la viabilidad operativa. En sistemas de agua para consumo humano, la aplicación de métodos de limpieza y desinfección bajo parámetros controlados de tiempo y concentración es fundamental para asegurar la eliminación de microorganismos patógenos [10], [11].

De acuerdo con los requisitos del cliente, se selecciona un sistema de lavado automático por aspersión, con etapas de prelavado, lavado con detergente, enjuague y desinfección final, reduciendo la intervención humana y el riesgo de recontaminación. La incorporación de

control automático mediante PLC permite asegurar la repetibilidad del proceso y la correcta dosificación de los agentes de limpieza [7].

Considerando el volumen y tipo de bidones reutilizables, se prioriza una tecnología adaptable a envases de gran capacidad, permitiendo una limpieza uniforme de las superficies internas y externas. Asimismo, se evalúan las condiciones operativas, optando por un diseño compacto que optimice el uso de energía, espacio y costos de operación, sin comprometer la eficiencia sanitaria del sistema [4].

La tecnología seleccionada constituye una solución adecuada para mejorar los procesos de lavado de bidones en la empresa YAKU BUENA VIDA, asegurando el cumplimiento de las normativas sanitarias vigentes y una mayor confiabilidad del producto final.

2.8.Historia y evolución de las máquinas de lavado de bidones

La evolución de las máquinas de lavado de bidones está estrechamente relacionada con el crecimiento de la industria del agua embotellada y la necesidad de reutilizar envases de gran capacidad de manera segura. Las primeras máquinas de lavado de bidones surgieron entre las décadas de 1960 y 1970, cuando el proceso de limpieza se realizaba principalmente mediante métodos manuales o sistemas simples de inmersión y chorro de agua[9], [14].

Durante los años 1980, se produjeron avances significativos con la incorporación de sistemas semiautomáticos, los cuales incluían bombas de mayor capacidad y mecanismos básicos de aspersion. Estos sistemas permitieron mejorar la eficiencia del lavado y reducir el esfuerzo físico del operario, aunque el control del proceso seguía siendo limitado[7], [14].

A partir de la década de 1990, se introdujeron máquinas automáticas con control eléctrico, temporizadores y sistemas de dosificación de productos químicos. En este periodo se incorporaron sensores para detectar niveles de suciedad y regular los ciclos de lavado, aumentando la eficacia del proceso[7], [17].

En la actualidad, las máquinas de lavado de bidones integran tecnologías avanzadas como control lógico programable (PLC), sistemas de monitoreo en tiempo real, optimización del consumo de agua y energía, y métodos de desinfección complementarios como luz ultravioleta u ozono. Esta evolución ha permitido que el proceso de lavado sea más seguro, eficiente y acorde a las exigencias sanitarias actuales, convirtiéndose en una pieza clave dentro de la industria del agua purificada[7], [18].

2.9.Implementación y casos de éxito

La implementación de máquinas automáticas para el lavado de bidones ha demostrado ser una solución eficaz para mejorar los niveles de higiene, eficiencia operativa y cumplimiento normativo en la industria del agua purificada y bebidas. Diversas experiencias a nivel internacional y regional evidencian que la automatización de este proceso reduce significativamente los riesgos de contaminación microbiológica asociados al lavado manual[7], [11].

En entornos industriales con normativas sanitarias estrictas, la adopción de sistemas automatizados ha permitido controlar variables críticas como presión, caudal y tiempo de contacto, reduciendo significativamente la variabilidad microbiológica del proceso. Estos sistemas permiten controlar parámetros críticos como presión, tiempo de contacto y concentración de desinfectantes, garantizando una limpieza uniforme y repetible en cada ciclo[7], [9].

En América Latina, países como México, Chile y Colombia han incorporado progresivamente máquinas semiautomáticas y automáticas en pequeñas y medianas plantas purificadoras. Estas implementaciones han permitido incrementar la productividad, reducir el consumo de agua y productos químicos, y mejorar la percepción de calidad por parte de los consumidores. Estudios reportan que la automatización del lavado puede reducir hasta en un 40% el tiempo de procesamiento por bidón y disminuir de manera notable la carga bacteriana residual[11], [18].

A nivel nacional, algunas plantas purificadoras en Ecuador han comenzado a adoptar sistemas automáticos de lavado, principalmente en ciudades de mayor desarrollo industrial. Aunque su implementación aún es limitada, los casos existentes evidencian mejoras en el cumplimiento de las normativas establecidas por la ARCSA, así como una mayor confianza del consumidor en el producto final[3].

En conjunto, estos casos de éxito demuestran que la implementación de máquinas automáticas de lavado de bidones es técnica y económicamente viable, constituyéndose en una referencia relevante para el diseño del sistema automático propuesto para la empresa YAKU Buena Vida.

CAPÍTULO III.

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Enfoque de la Investigación

La presente investigación tuvo un enfoque cuantitativo, ya que se basó en la recolección y análisis de datos numéricos obtenidos mediante la aplicación de encuestas, con el fin de identificar las condiciones actuales del proceso de lavado de bidones y determinar los parámetros técnicos necesarios para el diseño del sistema automático propuesto.

El enfoque cuantitativo permitió medir de forma objetiva aspectos como la frecuencia de lavado, los métodos utilizados, el nivel de conocimiento sobre normativas sanitarias y la aceptación de un sistema automatizado[19].

3.2. Tipo de Investigación

La investigación fue de tipo aplicada, debido a que estuvo orientada a resolver un problema real presente en la empresa YAKU Buena Vida, mediante el diseño de una solución técnica que mejore los procesos de limpieza y desinfección de bidones de agua.

Asimismo, el estudio tuvo un carácter descriptivo, ya que permitió describir las condiciones actuales del lavado de bidones en las plantas purificadoras de agua, y propositivo, al plantear un diseño de sistema automático como alternativa de mejora[19].

3.3. Métodos de Investigación

Para el desarrollo de la investigación se emplearon los siguientes métodos:

3.3.1. Método Analítico

Este método permitió descomponer el problema en partes específicas, analizando los procesos de lavado manual, las normativas sanitarias vigentes y los riesgos asociados a una inadecuada desinfección de los bidones.

3.3.2. Método Descriptivo

Se utilizó para describir las prácticas actuales de lavado de bidones, las herramientas empleadas y las condiciones de higiene observadas en el sector de purificación de agua.

3.3.3. Método Deductivo

A partir del análisis de normativas, estudios previos y resultados de la encuesta, se establecieron conclusiones que sirvieron de base para definir los parámetros del diseño del sistema automático[20].

3.4.Técnicas de Recolección de Información

Las técnicas utilizadas en la investigación fueron:

3.4.1. Revisión bibliográfica

Se realizó una revisión de normas técnicas (INEN 1108), documentos de ARCSA, artículos científicos y tesis relacionadas con procesos de desinfección y automatización industrial.

3.4.2. Encuesta

Se aplicó una encuesta estructurada a consumidores y operarios vinculados al uso de bidones de agua purificada, con el objetivo de obtener información directa sobre la percepción del proceso de lavado y las necesidades del mercado[19].

3.5.Instrumentos de Investigación

El instrumento principal utilizado fue un cuestionario estructurado, compuesto por diez preguntas cerradas y de opción múltiple, diseñado para recopilar información sobre:

- Frecuencia de consumo de agua en bidones
- Métodos actuales de lavado
- Confianza en la higiene del proceso
- Conocimiento de normativas sanitarias
- Disposición a pagar por un sistema automático

El cuestionario fue validado mediante revisión técnica y aplicado de forma directa.

3.6.Población y Muestra

3.6.1. Población

La población estuvo conformada por consumidores de agua purificada en bidones y por personas vinculadas a plantas purificadoras de agua en la ciudad de Ibarra.

3.6.2. Muestra

Se trabajó con una muestra de 50 personas, seleccionadas mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, debido a la accesibilidad y disponibilidad de los encuestados[20], [21].

3.7.Procedimiento de la Investigación

El desarrollo de la investigación se realizó siguiendo las siguientes etapas:

- Identificación del problema y formulación de objetivos.

- Revisión bibliográfica sobre normativas sanitarias y métodos de desinfección.
- Diseño y aplicación de la encuesta.
- Tabulación y análisis de resultados obtenidos.
- Definición de parámetros técnicos del sistema automático.
- Elaboración del diseño del sistema propuesto.

El procedimiento metodológico se desarrolló en fases secuenciales, permitiendo un orden lógico en el levantamiento y análisis de la información[20].

3.8.Consideraciones Éticas

La información recopilada mediante la aplicación de la encuesta fue utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación. Si bien se contó con una base de datos que incluía información de identificación de los participantes, dichos datos fueron manejados de manera confidencial y no fueron divulgados ni expuestos en el presente documento.

Se garantizó el anonimato de los encuestados durante el análisis y presentación de los resultados, cumpliendo con los principios de consentimiento informado, voluntariedad y uso responsable de la información, asegurando así una investigación desarrollada bajo criterios éticos.

CAPÍTULO IV.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1.Descripción de la empresa

4.1.1. Localización

La empresa “YAKU BUENA VIDA” se encuentra ubicado en la zona 1, provincia de Imbabura, cantón Ibarra, parroquia el San Antonio de Ibarra, en las calles Simón Bolívar y panamericana E35.

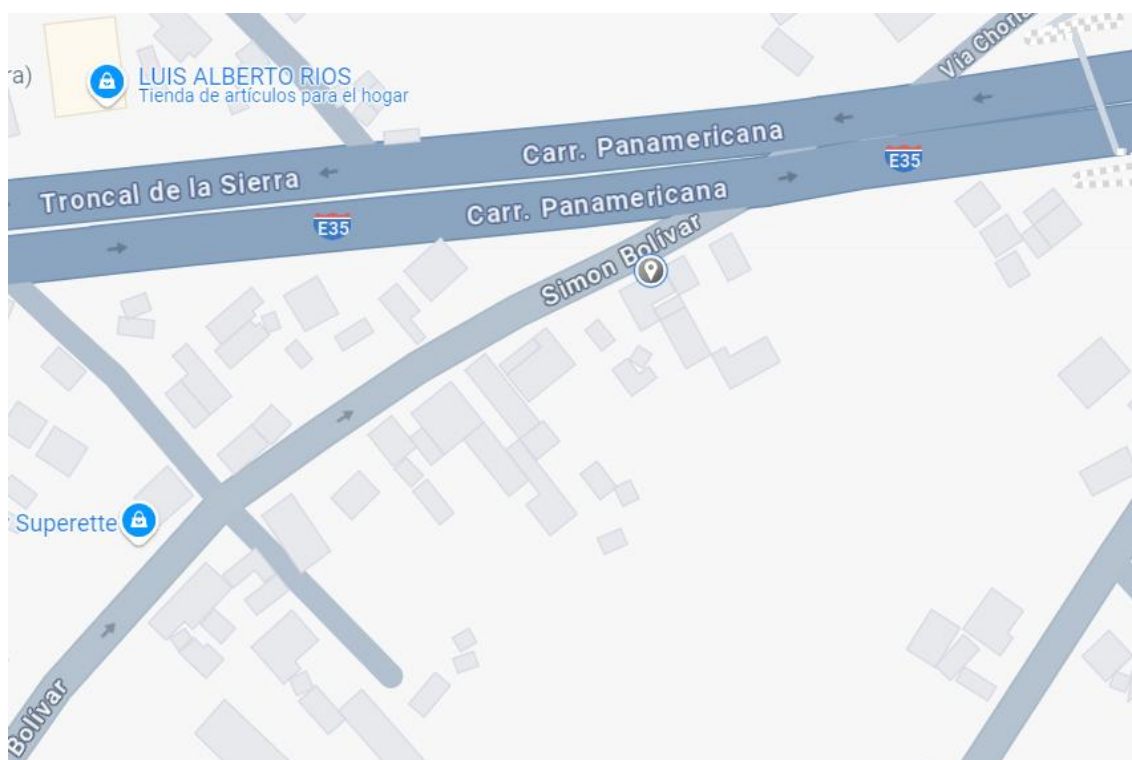


Fig. 3 Lugar donde es la empresa YAKU BUENA VIDA Ubicación geográfica del área de estudio

Nota: Elaboración propia a partir de Google Maps.

4.1.2. Antecedentes

Es una empresa con más de 7 años en funcionamiento en la ciudad de Lago Agrio provincia de Sucumbíos y acá en Ibarra con más de 4 años brindando el servicio a la comunidad y público en general con una producción de muchas presentaciones como es de 500 ml de 600 ml de 1 Ltr de 3 Ltr y 10 Ltr y su mayor salida los envases retornables de 20 litros que tienen

dos presentaciones la normal y la de llave manejan un amplio mercado casas, moteles, tiendas, oficinas, restaurantes, etc.

4.1.3. Misión

Nuestro propósito es proporcionar a nuestros clientes agua purificada libre de bacterias, algas, microorganismos, cloro y minerales de la más alta calidad y equipos para la industria de tratamiento de agua.

4.1.4. Visión

Mejorar la calidad de vida de nuestros clientes y proveer de forma rápida y oportuna el Agua Natural Purificada, a través de: profesionalismo y tecnología.

4.1.5. Razón social

YAKU BUENA VIDA

4.1.6. Actividad económica

Venta y distribución de agua en la zona de Imbabura y Lago Agrio

4.1.7. Estructura organizacional

En la representación gráfica del organigrama estructural, se muestra la jerarquía de los integrantes que forman parte de la empresa YAKU BUENA VIDA, los cuales desempeñan sus actividades en la planta YAKU BUENA VIDA.

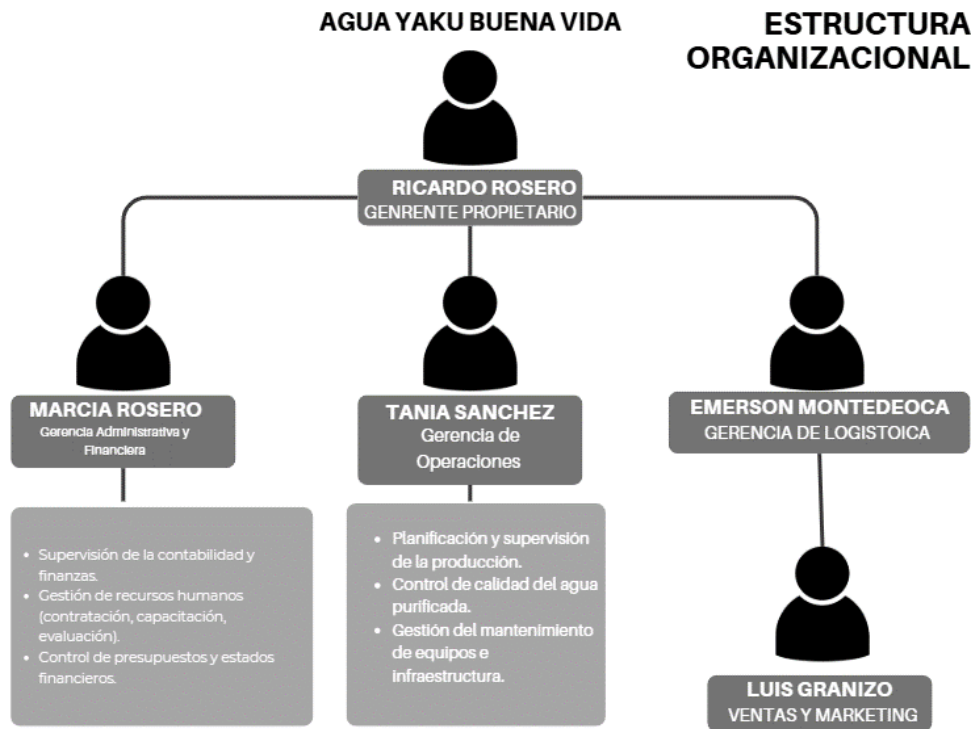


Fig. 4 Diagrama estructural organizacional

Nota: Elaboración propia.

4.1.8. Instalaciones de la empresa yaku buena vida

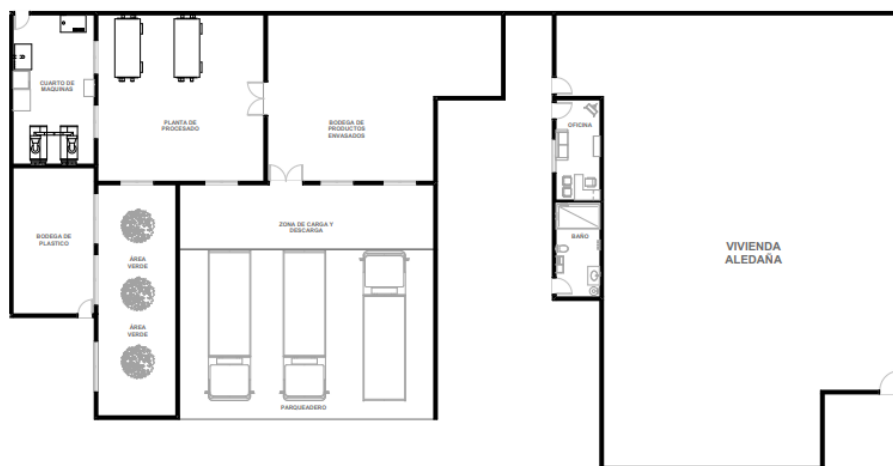


Fig. 5 Diagrama de distribución de la planta de embotellamiento

Nota: Elaboración propia.

4.2. Justificación Técnica de la Propuesta

La implementación de un sistema automático de lavado de bidones en la empresa YAKU Buena Vida responde a la necesidad de optimizar los procesos de limpieza, desinfección y esterilización de envases utilizados para agua purificada. Actualmente, muchas plantas purificadoras en Ecuador —incluyendo pequeñas y medianas empresas— utilizan métodos manuales empíricos como cepillos adaptados a taladros, lo cual expone los bidones a contaminación cruzada, desgaste prematuro de los materiales y una inadecuada remoción de residuos y microorganismos.

Además, estos métodos no permiten asegurar un control constante sobre parámetros sanitarios como el tiempo de contacto con agentes químicos, la presión de lavado o la temperatura del agua, lo cual impide cumplir de forma efectiva con lo establecido en la normativa INEN 1108 y con los lineamientos de la ARCSA, que exigen un proceso estandarizado, controlado y sanitariamente seguro [1], [3].

El sistema automático busca reducir la intervención humana, mejorar la eficiencia del proceso, optimizar el uso del agua y garantizar una desinfección adecuada, utilizando materiales certificados para contacto con alimentos, sensores automáticos y control lógico programado. Esta mejora técnica también eleva la imagen de la empresa, aumenta la confianza del cliente y contribuye a la seguridad sanitaria del producto final [7].

Por lo tanto, el diseño del sistema automático de lavado de bidones se plantea como una solución técnica viable y necesaria para mejorar las condiciones sanitarias y operativas de la empresa [22].

4.3. Aplicación de la Encuesta para Determinar los Parámetros del Diseño Según las Necesidades de la Población

La elección de una muestra de 50 encuestados se fundamenta en la cantidad de personal que interviene directamente en el proceso de distribución y atención al cliente de la empresa YAKU Buena Vida, considerando tanto al personal de los vehículos de reparto como al área de call center, cuya base total oscila entre 40 y 60 personas por cada carro de recorrido en si son 2 se estima 100 a 150 y esto sin contar los que se tiene como puntos de acopio al por mayor. Del total de esta población, se encuestó a 50 participantes, mediante la aplicación de encuestas presenciales y digitales, lo cual permitió obtener información representativa y pertinente para el estudio [3], [19].

El instrumento de recolección de datos estuvo conformado por 10 preguntas, enfocadas en aspectos relacionados con el consumo de agua purificada, percepción del precio del producto, nivel de confianza del consumidor y conocimiento sobre el control sanitario ejercido sobre las empresas embotelladoras. Asimismo, se evaluó el grado de conocimiento que poseen los encuestados acerca de los reglamentos vigentes y de las entidades encargadas de la regulación y control sanitario del agua potable en el Ecuador, como la ARCSA y el INEN [1], [3].

La aplicación de encuestas como técnica de investigación permitió recopilar información directa y objetiva de los participantes, facilitando el análisis de la percepción del consumidor y el nivel de conocimiento existente sobre la normativa sanitaria aplicable.

A partir de la información recopilada se obtuvieron los siguientes resultados, los cuales se presentan y analizan en los apartados posteriores.














1. ¿Consume usted agua purificada en bidones?	Si	No	NO LO SE
	 26%	 4%	0%
2. ¿Con qué frecuencia compra agua en bidones?	DIARIO	SEMANAL	QUINCENAL
	 5%	 15%	 10%
3. ¿Dónde suele adquirir el agua en bidones?	DISTRIBUIDOR A DOMICILIO	TIENDA O SUOERMERCADO	PLANTA PURIFICADORA
	 15%	 3%	 12%
4. ¿Está usted seguro(a) de que el bidón que consume es correctamente lavado antes de ser rellenado?	SI	NO	NO LO SE
	 14%	 2%	 14%
5. ¿Ha percibido alguna vez mal olor o sabor extraño en el agua de bidón que consume?	SI	NO	NO LO SE
	 17%	 13%	0%

Fig. 6 Resultados de las encuestas 1

Nota: Elaboración propia.

6. ¿Confía en la higiene del proceso de llenado y lavado de los bidones en las plantas purificadoras?	SI	NO	Parcialmente
	14%	4%	12%
7. ¿Conoce usted las normativas sanitarias que deben cumplir las empresas que purifican agua (como ARCSA, INEN 1108)?	SI	NO	He oído algo, pero no sé exactamente
	11%	9%	10%
8. ¿Considera que debería haber mayor control por parte de las autoridades sobre las plantas purificadoras?	SI	NO	NO LO SE
	27%	3%	0%

Fig. 7 Resultados de las encuestas 2

Nota: Elaboración propia.

9. ¿Estaría dispuesto(a) a pagar un poco más por un servicio que garantice el lavado automático y desinfección del bidón?	SI	NO	Depende del costo
	19%	3%	8%
10. ¿Qué precio considera es el adecuado o está dispuesto a pagar por un buen servicio y calidad de agua?	\$ 2,00	\$ 2,50	\$ 3,00
	6%	14%	10%

Fig. 8 Resultados de las encuestas 3

Nota: Elaboración propia.

Con el objetivo de obtener información directa sobre las necesidades reales de los consumidores y operarios vinculados al tratamiento y distribución de agua purificada, se diseñó y aplicó una encuesta estructurada de 10 preguntas. Esta encuesta estuvo dirigida tanto a usuarios habituales de bidones de agua como a responsables de plantas purificadoras y distribuidores.

El propósito fue identificar los métodos de lavado actualmente utilizados, la percepción sobre la higiene de los bidones, la frecuencia de compra, el grado de conocimiento sobre las normativas sanitarias y la disposición a implementar un sistema automatizado.

4.3.1. Principales resultados obtenidos:

- El 75% de los encuestados indicaron que el proceso de lavado se realiza de forma manual utilizando cepillos o herramientas improvisadas, sin un sistema cerrado ni estandarizado.
- El 100% de los encuestados afirmaron que estarían dispuestos a implementar o pagar más por un servicio que garantice una limpieza automatizada y desinfección efectiva de los bidones.
- Solo el 22% de los participantes manifestó conocer con claridad las normativas ARCSA o INEN relacionadas con el proceso de tratamiento del agua y la higiene de envases.
- La mayoría de los consumidores compra agua en bidones semanalmente y no tiene certeza sobre la higiene con la que fueron lavados los envases reutilizados.

4.3.2. Conclusión de la encuesta

Los resultados reflejan una demanda latente de modernización del proceso de lavado de bidones. Los usuarios buscan confianza y salubridad, mientras que los operarios requieren herramientas eficientes, seguras y con bajo mantenimiento. Esta información fue fundamental para establecer los parámetros técnicos y funcionales que debe cumplir el sistema diseñado.

4.4. Equipos utilizados en el sistema

Se presentan los equipos seleccionados para el funcionamiento del sistema automático de lavado y desinfección de bidones, considerando criterios técnicos, disponibilidad y compatibilidad con normativa sanitaria.

Tabla I
Equipos que se usa en el modelo actual del sistema de lavado

Equipo	Modelo	Fabricante	Función
Taladro inalámbrico	36V XR	DeWALT	Cepillado interno
Pistola de calor	Pisca-A	Truper	Sellado y encogido
Bomba de agua	3HME100	EVANS	Transferencia de agua
Generador de ozono	TN-AT5G	OZONE GENERATOR	Desinfección
Lámpara UV	254 nm	PURETIC	Esterilización
Bomba multi etapas	SSXH25ME150	EVANS	Impulsión del sistema

Nota: Elaboración propia.

4.5. Diseño actual del funcionamiento de la planta purificadora

Actualmente, el proceso de lavado de bidones en la empresa YAKU Buena Vida se realiza de manera manual. Los bidones retornables son inspeccionados visualmente y posteriormente lavados mediante cepillos acoplados a herramientas eléctricas, sin que exista una cámara cerrada ni un control específico de los parámetros sanitarios del proceso [22].

El lavado se realiza en un área abierta, expuesta al ambiente, lo que incrementa el riesgo de contaminación cruzada y compromete la inocuidad del envase. Además, no se cuenta con un control estandarizado del tiempo de lavado, la presión del agua ni la concentración de agentes desinfectantes, factores críticos para garantizar una correcta eliminación de contaminantes microbiológicos [9], [23].

Posteriormente, los bidones son enjuagados y enviados directamente a la etapa de llenado, sin la aplicación de un proceso documentado de esterilización, lo cual contraviene las buenas prácticas de higiene recomendadas para la industria de bebidas y agua potable 4 [22].

Este sistema depende en gran medida de la intervención del operador, generando variabilidad en la calidad del lavado y dificultando el cumplimiento de las normativas sanitarias vigentes establecidas por la ARCSA y la norma INEN 1108, las cuales exigen procesos

controlados, estandarizados y documentados para el lavado y desinfección de envases destinados al consumo humano [1], [3].

4.5.1. Simulación y resultados

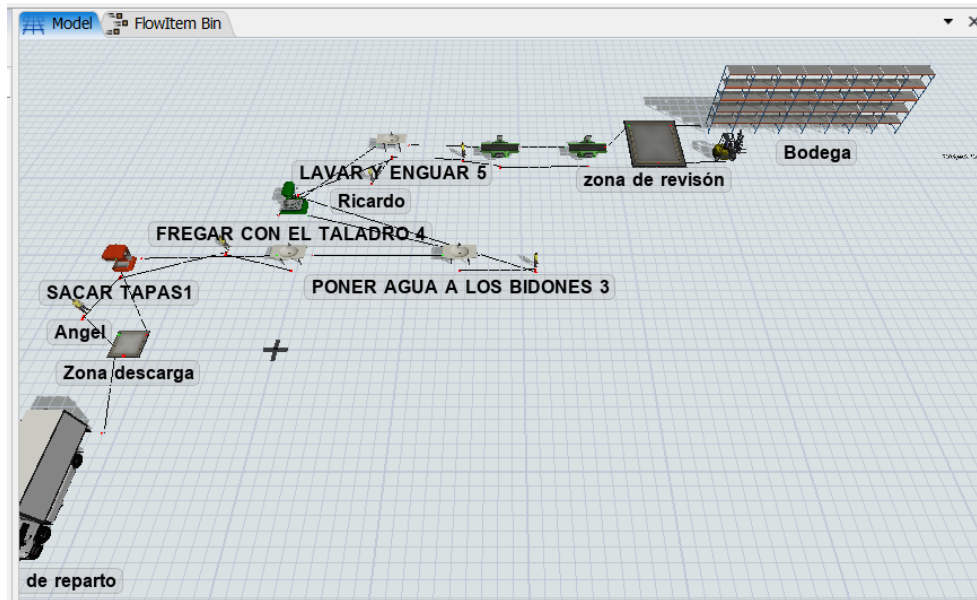


Fig. 9 Simulación del sistema automático de lavado de bidones en FLEXSIM

Nota: *Elaboración propia.*

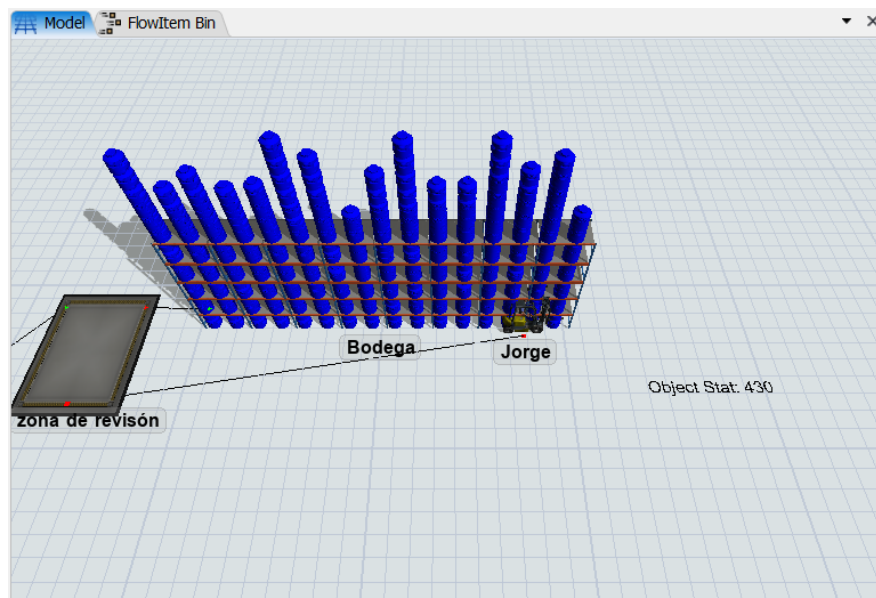


Fig. 10 Simulación del sistema automático de lavado de bidones en FLEXSIM Cantidad de producción en 8 horas de trabajo

Nota: *Elaboración propia.*

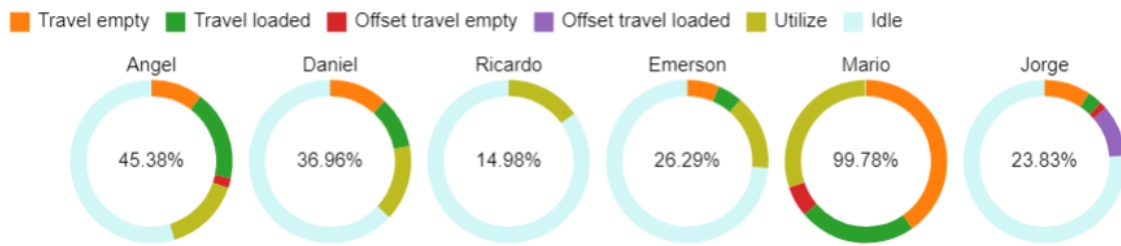


Fig. 11 Simulación del sistema automático de lavado de bidones en FLEXSIM Estado de trabajo de cada empleado

Nota: Elaboración propia.

Object	Current	Minimum	Maximum	Average
zona de revisión	0	0	1	0.11
Zona descarga	1000	0	1000	799.39

Fig. 12 Simulación del sistema automático de lavado de bidones en FLEXIM Estado de zonas de bodega y revisión

Nota: Elaboración propia.

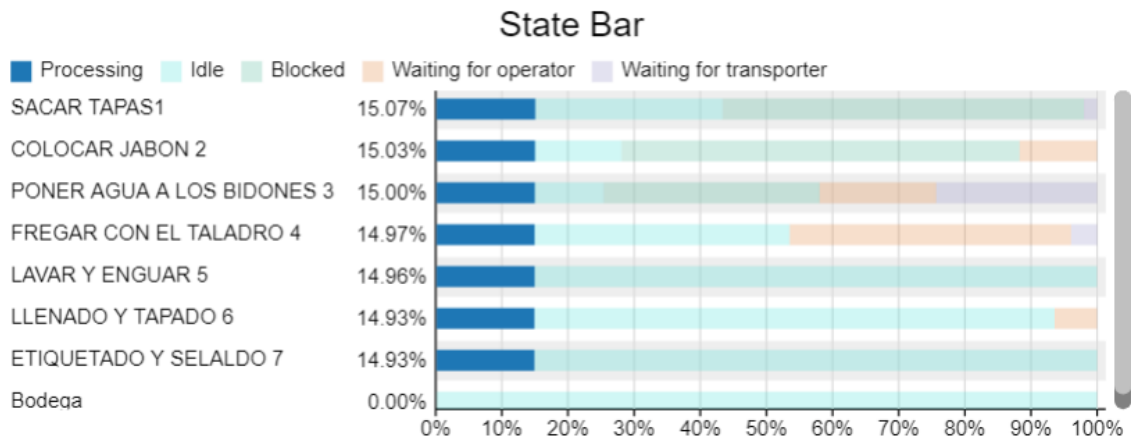


Fig. 13 Simulación del sistema automático de lavado de bidones en FLEXSIM el trabajo de la maquinaria

Nota: Elaboración propia.

4.6. Parámetros de funcionamiento del sistema

Los tiempos de operación del sistema automático de lavado de bidones fueron definidos en función de criterios sanitarios, eficiencia operativa y cumplimiento de la normativa vigente.

Tabla II
Tiempos de lavado en el sistema actual

Etapa del proceso	Tiempo (s)
Sacar tapas y sellos de los bidones vacíos	33 s
Colocar jabón	7 s
Lavado interno mecánico	26 s
Llenado	46,74 s
Tapado y sellado	10 s
TIEMPO TOTAL DE LAVADO	122.7

Nota: Elaboración propia.

Estos tiempos permiten garantizar una limpieza adecuada del bidón, asegurando el tiempo de contacto necesario de los agentes desinfectantes y optimizando el ciclo total del proceso.

La muestra de esta tabla es un promedio de una base de datos de 50 unidades lavadas en el transcurso del día.

Los parámetros establecidos permiten estandarizar el proceso de lavado, garantizando tiempos adecuados de contacto y eficiencia en el consumo de agua y productos químicos.

4.7. Diseño del sistema automático propuesto

En este apartado se desarrolla el diseño conceptual del sistema automático de lavado de bidones para la empresa YAKU Buena Vida, aplicando herramientas metodológicas propias de la ingeniería de producto, tales como el despliegue de la función calidad (QFD), el análisis funcional y la evaluación sistemática de alternativas.

De acuerdo con la metodología propuesta por Riba [24], el diseño debe estructurarse a partir de la correcta definición del producto y la traducción de las necesidades del usuario en especificaciones técnicas verificables. En esta etapa, las decisiones tomadas en el diseño conceptual comprometen la mayor parte de los recursos futuros del proyecto.

4.7.1. Análisis QFD

El análisis QFD permite transformar los requerimientos del cliente en parámetros técnicos medibles, priorizando aquellos que impactan significativamente en el desempeño del sistema [24]. Esta herramienta garantiza coherencia entre las necesidades del usuario y las decisiones técnicas adoptadas.

4.7.1.1 Requerimientos del usuario.

Los requerimientos fueron obtenidos mediante encuestas dirigidas a consumidores y personal vinculado al proceso de lavado y comercialización de agua purificada en bidones. Del análisis se identificaron las siguientes necesidades principales:

1. Garantizar lavado y desinfección efectiva del bidón.
2. Cumplir normativas sanitarias vigentes.
3. Reducir intervención humana.
4. Asegurar seguridad operativa.

5. Incrementar capacidad productiva.
6. Facilitar operación y mantenimiento.
7. Optimizar costos del sistema.
8. Generar confianza en la calidad del producto final.

4.7.2. 4.7.1.2 La voz del cliente

La voz del cliente representa la expresión cualitativa de las necesidades identificadas mediante encuesta. Estas necesidades reflejan la percepción del usuario respecto al proceso de lavado de bidones y constituyen la base para la traducción en especificaciones técnicas.

Las principales expresiones obtenidas fueron:

1. “El bidón debe quedar completamente limpio y sin olores.”
2. “El proceso debe ser más higiénico que el lavado manual.”
3. “Se necesita mayor rapidez para atender la demanda.”
4. “El sistema debe ser seguro para los operarios.”
5. “Debe reducir el contacto directo con el bidón sucio.”
6. “Debe ser fácil de usar.”
7. “No debe generar costos elevados para la empresa.”
8. “Debe cumplir con las normas sanitarias.”
9. “El cliente debe confiar en la limpieza del producto.”

Estas declaraciones representan necesidades funcionales, operativas y económicas que constituyen el punto de partida para el despliegue de la función calidad (QFD). Conforme a la metodología de diseño propuesta por Riba[24], la correcta identificación de la voz del cliente sirve para estructurar adecuadamente las especificaciones del sistema.

4.7.3. 4.7.1.3 La voz del ingeniero

La voz del ingeniero corresponde a la traducción de los requerimientos cualitativos del cliente en parámetros técnicos medibles, verificables y cuantificables. Esta conversión se realizó mediante el despliegue de la función calidad (QFD), cuya matriz se presenta en el Anexo 2.

El análisis permitió determinar la ponderación relativa de cada requisito técnico, identificando como criterios prioritarios el nivel de automatización, la eficiencia de lavado, el cumplimiento normativo y la capacidad de producción. Estos resultados constituyen la base técnica para el desarrollo del diseño, la estimación de componentes y del sistema de control.

Tabla III

Relación entre Requisitos del Usuario y Voz de Ingeniería

N.º	Requisito del Usuario	Voz de Ingeniería (Especificación Técnica)
1	Lavado sin residuos ni olores	Presión 2–3 bar y tiempo ≥ 20 s por etapa
2	Cumplimiento sanitario	Uso de acero inoxidable AISI 304 y desinfección química controlada
3	Proceso automático	Control secuencial mediante PLC
4	Seguridad operativa	Paro de emergencia + sensores de posición
5	Alta producción	≥ 1100 bidones en 8 horas
6	Fácil operación	Interfaz de control simple (HMI básica)
7	Fácil mantenimiento	Acceso frontal a bomba y válvulas
8	Bajo costo	Componentes industriales comerciales
9	Confianza del consumidor	Registro de parámetros de lavado

A partir de la matriz QFD se determinó la ponderación relativa de las especificaciones técnicas, permitiendo jerarquizar los criterios de diseño para la selección conceptual del sistema automático de lavado de bidones.

Tabla IV

Ponderación de la voz de ingeniería

Voz de ingeniería	Ponderación
Nivel de automatización	0,20
Eficiencia de lavado	0,18
Cumplimiento normativo	0,15
Capacidad de producción	0,14
Seguridad operativa	0,12
Costo del sistema	0,10
Facilidad de mantenimiento	0,06
Consumo de agua	0,03
Consumo energético	0,02
Total	1,00

Este procedimiento se fundamenta en la metodología de estructuración del diseño propuesta por Riba [24], donde se establece que las especificaciones técnicas que deben derivarse sistemáticamente de las necesidades del usuario. Esta etapa constituye un proceso formal de negociación y consenso sobre los requisitos del sistema a diseñar. La explicitación y documentación de estos acuerdos reduce ambigüedades, delimita el alcance del proyecto y establece criterios verificables de cumplimiento, lo cual contribuye a prevenir conflictos contractuales y eventuales controversias legales en fases posteriores.

Tabla V
Especificaciones técnicas del sistema automático de lavado de bidones

CLIENTE: YAKU BUENA VIDA		Proyecto: Diseño de un sistema automático de lavado de bidones Fecha inicio: 01/01/2023			FECHA DE INICIO: 01/01/2023	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS						
Nº	Especificación	Origen	Clasificación	Criterio Técnico		
1	Costo del sistema	Cliente	R	Uso de componentes disponibles en mercado nacional		
2	Nivel de automatización	Cliente + Ingeniería	R	Control automático mediante PLC		
3	Eficiencia de lavado	Ingeniería	R	Presión 2–3 bar		
4	Cumplimiento normativo	Cliente	R	Cumplimiento ARCSA e INEN		
5	Capacidad de producción	Cliente	R	≥ 1100 bidones / 8 h		
6	Seguridad operativa	Cliente + Ingeniería	R	Paro emergencia + sensores posición		
7	Facilidad mantenimiento	Cliente	R	Acceso directo a bomba y válvulas		
8	Consumo de agua	Ingeniería	D	Optimización del caudal 50 L/min		
9	Consumo energético	Ingeniería	D	Potencia instalada 2 kW		
10	Material contacto agua	Cliente + Ingeniería	R	Acero inoxidable AISI 304		

R: Requisito obligatorio del diseño

D: Característica deseable que mejora el desempeño del sistema

4.7.2. Selección de Alternativas

4.7.4. 4.7.2.1. Diagramas funcionales

El análisis funcional consiste en identificar y describir de manera gráfica las funciones que debe cumplir un sistema antes de definir cómo se va a construir. Su principio fundamental es separar claramente lo que debe hacer el sistema de cómo lo va a hacer, evitando así decisiones prematuras sobre componentes o soluciones técnicas. Para ello, se consideran los flujos de materiales, energías y señales involucrados en cada función del sistema. En su nivel más básico, el análisis funcional representa el funcionamiento general del sistema, denominado Nivel 0, donde se muestra la función global y sus principales entradas y salidas, tal como se indica en la Fig. 14.



Fig. 14 Diagrama funcional nivel 0 del sistema automático de lavado de bidones

El Nivel 1 del análisis funcional corresponde a la subdivisión de la función global en subfunciones más simples, con el objetivo de construir una estructura funcional más detallada y comprensible. Esta descomposición permite facilitar la búsqueda de principios de solución para cada subfunción y, además, sirve como base para definir la futura estructura modular del producto. En este nivel, el sistema ya no se representa solo como una función general (Nivel 0), sino como un conjunto organizado de funciones interrelacionadas mediante flujos de energía, materiales y señales, como se indica en la Fig.15.

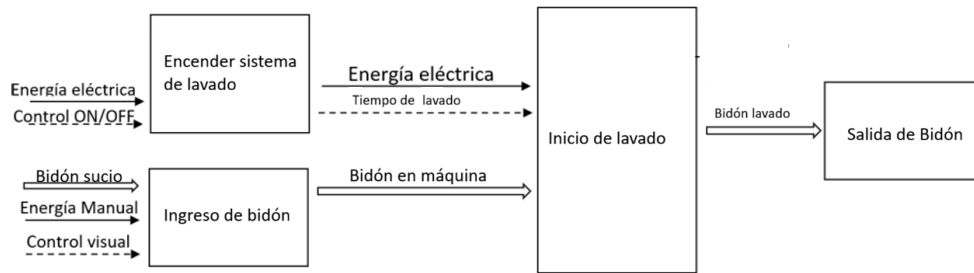


Fig. 15 Diagrama funcional nivel 1 del sistema automático de lavado de bidones

El Nivel 2 del análisis funcional implica una descomposición más profunda de las subfunciones del Nivel 1 en subfunciones técnicas más específicas, orientadas ya a facilitar la generación de principios de solución. En este nivel, funciones como “elear” pueden subdividirse en acciones más concretas como “guiar” y “mover”, permitiendo relacionar cada subfunción con posibles mecanismos o soluciones constructivas.

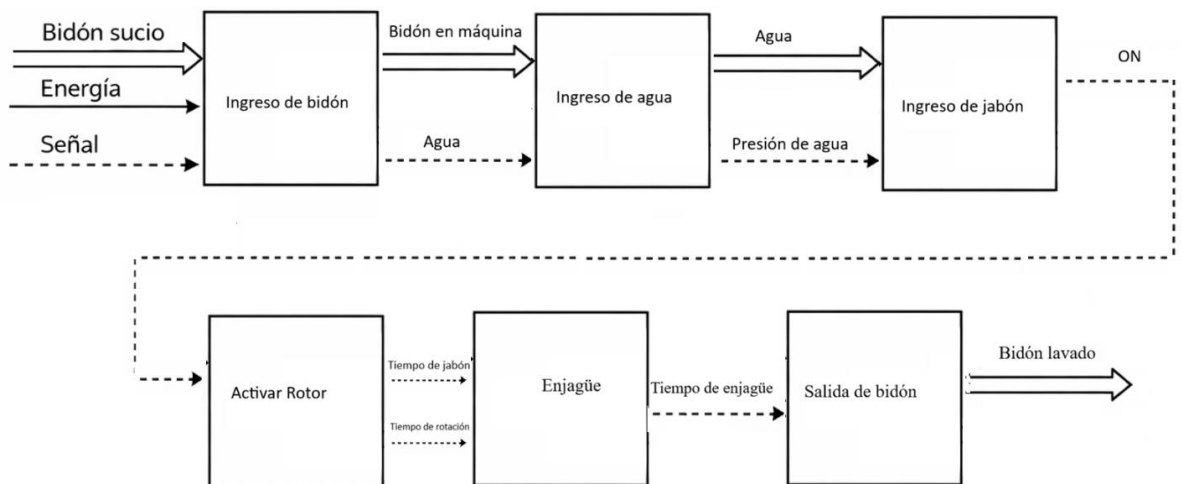


Fig. 16 Diagrama funcional nivel 2: control del sistema automático de lavado de bidones

4.7.5. 4.7.2.2. Análisis Modular

A partir del diagrama funcional de nivel 2, se realiza el análisis modular del sistema automático de lavado de bidones, con el objetivo de dividir el sistema en módulos funcionales que faciliten el análisis, diseño y posterior construcción del equipo. De esta manera, el sistema se estructura en tres módulos principales: ingreso de bidón, sistema de control, sistema hidráulico.

4.7.2.2.1. Modulo 1: ingreso del bidón

Ingreso del bidón

El ingreso del bidón puede realizarse mediante diferentes alternativas, las cuales son evaluadas considerando criterios de seguridad, ergonomía, capacidad de producción y costo.

4.7.6. • Manual

El ingreso del bidón es manual cuando se realiza por acción directa de un operario, quien coloca el bidón sobre la base de ingreso del sistema, como se muestra en la Fig.17, y las respectivas ventajas y desventajas en la Tabla IV.



Fig. 17 Levantamiento de los bidones vacíos

Tabla VI

Ventajas y Desventajas Alternativa “Manual”

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Costo bajo	Riesgo ergonómico
Sistema simple	Menor repetitividad
No requiere sistema auxiliar	Dependencia del operario
Fácil instalación	Posible mal posicionamiento

4.7.7. • Automático

El bidón ingresa mediante un sistema de traslado asistido mecánicamente, que puede incluir rodillos, guías o un sistema neumático, accionado y supervisado por sensores, como se muestra en la Fig. 18. Este mecanismo permite mejorar la productividad y reducir riesgos, siendo ideal para operación continua.



Fig. 18 Transporte automático de una carga

Tabla VII

Ventajas y Desventajas Alternativa “Automática”

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Sin riesgo ergonómico	Mayor costo inicial
Velocidad controlada	Mayor complejidad
Posicionamiento preciso	Requiere mantenimiento
Compatible con PLC	Requiere sensores

Posicionamiento del Bidón

Una vez ingresado el bidón al sistema, se requiere asegurar su correcta ubicación para que las boquillas de aspersión actúen adecuadamente. Se consideran las siguientes alternativas:

4.7.8. • Soporte Fijo

El bidón se posiciona sobre una base fija, como se muestra en la **Fig.19**, manteniéndose estático durante el ciclo de lavado.



Fig. 19 Soporte fijo

4.7.9.

Tabla VIII

Ventajas y Desventajas “Soporte Fijo”

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Construcción simple	Menor adaptabilidad
Bajo costo	Posible desalineación

4.7.10. • Soporte Centrado con Guías

El bidón se posiciona mediante guías laterales que aseguran su centrado antes del inicio del ciclo.



Fig. 20 Soporte con cepillos

Tabla IX

Ventajas y Desventajas “Guías Laterales”

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Mejor alineación	Mayor costo
Mayor repetitividad	Requiere ajuste

Análisis de Solución Módulo 1

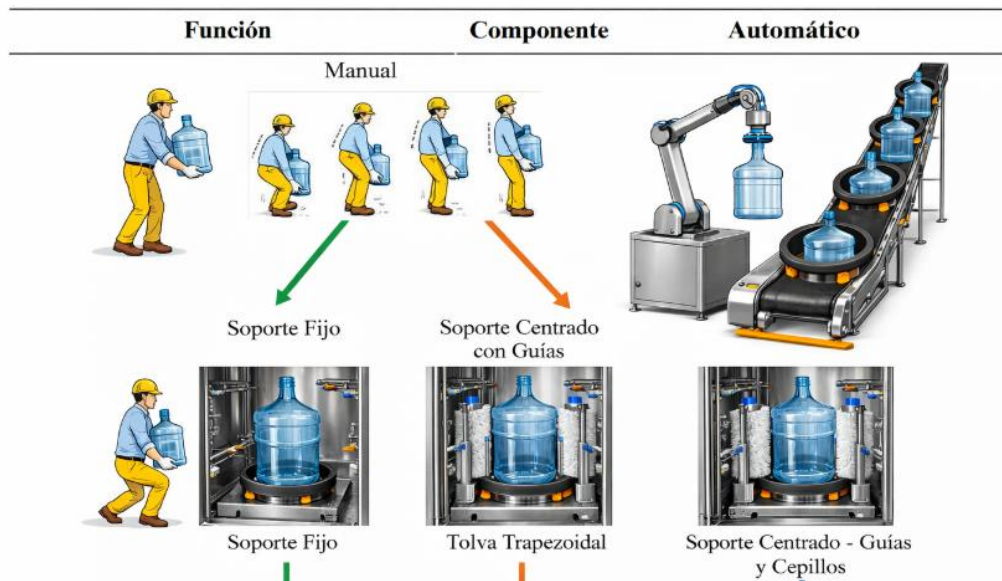


Fig. 21 Evaluación y Selección de Alternativas Módulo 1

Tabla X
Tabla de combinaciones

Función	Alternativa 1	Alternativa 2
Ingreso del Bidón	Manual	Automático
Posicionamiento	Soporte fijo	Guías laterales

Combinaciones posibles:

- Alternativa 1: Manual + Soporte fijo
- Alternativa 2: Manual + Guías laterales
- Alternativa 3: Automático + Guías laterales
- Alternativa 4: Automático + Soporte fijo

4.7.11. Evaluación y Selección de Alternativas Módulo 1

Para la selección de alternativas se realiza una evaluación en base a las ponderaciones mostradas en las especificaciones técnicas obtenidas del análisis QFD. Para este módulo se consideran relevantes los siguientes criterios:

- Seguridad operativa
- Nivel de automatización
- Capacidad de producción
- Costo del sistema

Del análisis comparativo se determina que la alternativa más adecuada es la combinación de **ingreso automático con sistema de guías laterales de posicionamiento**, debido a que permite una operación más segura, repetitiva y compatible con la capacidad objetivo de producción de ≥ 1100 bidones por jornada de 8 horas.

Tabla XI
Evaluación de criterios – Módulo 1

	Costo	Mantenimiento	Seguridad	Instalación	Capacidad	$\Sigma+1$	Ponderación
Costo	-	1	1	1	1	5	0,33
Mantenimiento	0	-	1	1	1	4	0,27
Seguridad	0	0	-	1	1	3	0,20
Instalación	0	0	0	-	1	2	0,13
Capacidad	0	0	0	0	-	1	0,07
Suma						11	1

En la Tabla IX se muestra la evaluación y valoración de los criterios del Módulo 1. Se observa que el criterio con mayor ponderación es Costo, seguido de Mantenimiento, Seguridad, Instalación y Capacidad, los cuales se consideran para la selección de la alternativa de solución del módulo.

Tabla XII
Evaluación de criterio “Costo”

Costo	A1	A2	A3	A4	$\Sigma+1$	Ponderación
A1	-	1	1	1	4	0.40
A2	0	-	1	1	3	0.30
A3	0	0	-	0.5	1.5	0.15
A4	0	0	0.5	-	1.5	0.15
Suma					10	1.00

Tabla XIII

Evaluación criterio: Mantenimiento (Mtto)

Mtto	A1	A2	A3	A4	$\Sigma+1$	Ponderación
A1	-	0.5	1	1	3.5	0.35
A2	0.5	-	1	1	3.5	0.35
A3	0	0	-	0.5	1.5	0.15
A4	0	0	0.5	-	1.5	0.15
Suma					10	1.00

Tabla XIV

Evaluación criterio: seguridad

Seguridad	A1	A2	A3	A4	$\Sigma+1$	Ponderación
A1	-	0	0	0	1	0.10
A2	1	-	0	0	2	0.20
A3	1	1	-	0	3	0.30
A4	1	1	1	-	4	0.40
Suma					10	1.00

Tabla XV

Evaluación criterio: Instalación

Instalación	A1	A2	A3	A4	$\Sigma+1$	Ponderación
A1	-	1	1	1	4	0.40
A2	0	-	1	1	3	0.30
A3	0	0	-	0.5	1.5	0.15
A4	0	0	0.5	-	1.5	0.15
Suma					10	1.00

Tabla XVI
Evaluación criterio: Capacidad

Capacidad	A1	A2	A3	A4	Σ+1	Ponderación
A1	-	0.5	0	0	1.5	0.15
A2	0.5	-	0	0	1.5	0.15
A3	1	1	-	0	3	0.30
A4	1	1	1	-	4	0.40
Suma					10	1.00

En la siguiente tabla se muestra las conclusiones del módulo 1, En la **Tabla XV** se muestran las conclusiones del Módulo 1. De acuerdo con la ponderación de criterios y la evaluación por alternativas, se obtiene que la **Alternativa 1** presenta la mayor prioridad para este módulo.

Tabla XVII
Conclusiones para el método 1

Conclusión	Costo	Mtto	Seguridad	Instalación	Capacidad	Σ+1	Prioridad
Alt 1	0,40*0,45	0,35*0,36	0,10*0,27	0,40*0,18	0,15*0,09	1,42	1
Alt 2	0,30*0,45	0,35*0,36	0,20*0,27	0,30*0,18	0,15*0,09	1,38	2
Alt 3	0,15*0,45	0,15*0,36	0,30*0,27	0,15*0,18	0,30*0,09	1,26	4
Alt 4	0,15*0,45	0,15*0,36	0,40*0,27	0,15*0,18	0,40*0,09	1,29	3

4.7.2.2.1. Módulo 2: Sistema de Control del Lavado

Sistema de control

Este módulo tiene las funciones de control del ciclo de lavado, supervisión de sensores, control de tiempos, activación de bombas y válvulas, y gestión de condiciones de seguridad del sistema automático de lavado de bidones.

Análisis de Funciones Módulo 2

4.7.12. Control del sistema de lavado

Se consideran las siguientes alternativas para el control del proceso:

- PLC (Controlador Lógico Programable)

- Microprocesador Raspberry Pi
- Variador de Frecuencia con control autónomo

• PLC

Un **Controlador Lógico Programable (PLC)** es un dispositivo utilizado en la automatización industrial para el control de motores, bombas, válvulas, sensores y actuadores eléctricos. En el sistema automático de lavado de bidones, el PLC controla la secuencia del prelavado, lavado químico, enjuague y desinfección, además del tiempo de operación de la bomba de agua y del motor de cepillos.

El PLC dispone de entradas digitales y analógicas para sensores de presencia, sensores de nivel y dispositivos de seguridad, así como salidas para el accionamiento de la bomba de agua y el motor de cepillos.



Fig. 22 PLC industrial utilizado en el sistema automático de lavado de bidones.

Tabla XVIII
Ventajas y Desventajas Alternativa "PLC"

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Entradas digitales y analógicas	Costo elevado
Alta confiabilidad industrial	Requiere personal capacitado
Fácil programación	
Control preciso del ciclo ≤ 26 s	
Compatible con motores y bomba	

• **Microprocesador Raspberry Pi**

Es un sistema electrónico programable que puede controlar procesos mediante programación. En el sistema de lavado puede gestionar tiempos y activar relés para la bomba y motor.



Fig. 23 Raspberry Pi.

Tabla XIX

Ventajas y Desventajas Alternativa "Raspberry Pi"

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Bajo costo	No soporta directamente altas potencias
Acceso a conectividad	Requiere placa de adaptación
Compacto	Menor robustez industrial
-	Programación más compleja para entorno industrial

Variador de Frecuencia

El variador de frecuencia regula la velocidad del motor mediante el control de frecuencia y tensión suministrada. Puede utilizarse para controlar el motor de cepillos o el sistema de rodillos.



Fig. 24 Variador de Frecuencia

Tabla XX

Ventajas y Desventajas Alternativa "Variador de Frecuencia"

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Control preciso de velocidad	Alto costo
Maneja potencias elevadas	No controla lógica completa del proceso
Protección del motor	Requiere sistema adicional de control

• **Sensor de Proximidad**

Detecta objetos sin contacto físico mediante campo electromagnético.

Tabla XXI

Ventajas y desventajas sensor de proximidad

4.7.13. Ventajas	4.7.14. Desventajas
Fácil instalación	4.7.15. Sensible a materiales no metálicos según modelo
Alta durabilidad	
4.7.16. Bajo mantenimiento	
4.7.17.	

• **Sensor Fotoeléctrico**

Detecta objetos mediante interrupción de un haz de luz.

Tabla XXII

Ventajas y desventajas sensor Fotoeléctrico

Ventajas	Desventajas
Detecta cualquier tipo de bidón	Puede verse afectado por humedad o suciedad
Alta precisión	

• **Final de Carrera**

Tabla XXIII

Dispositivo mecánico que se activa por contacto físico.

Ventajas	Desventajas
Bajo costo	Desgaste mecánico
Fácil programación	Menor vida útil

Motor de Cepillos

El motor de cepillos transforma energía eléctrica en movimiento rotativo para realizar el cepillado interno o externo del bidón.

4.7.18. Alternativas:

- Motor eléctrico trifásico
- Motor monofásico
- Motor neumático

4.7.19. Recomendación técnica:

Motor trifásico **0,37 – 0,55 kW**, con protección IP55 y control mediante PLC o variador.



Fig. 25 Motor trifásico

Bomba de Agua

La bomba de agua permite la aspersión interna y externa del bidón durante el proceso de lavado.

4.7.20. Alternativas:

- Bomba centrífuga
- Bomba multietapa
- Bomba periférica

4.7.21. Recomendación técnica:

Bomba multietapa en acero inoxidable, presión, 2-3 bar de 30-50 L/min, Potencia aproximada 1-1,5 kW.



Fig. 26 Bomba multietapa en acero inoxidable

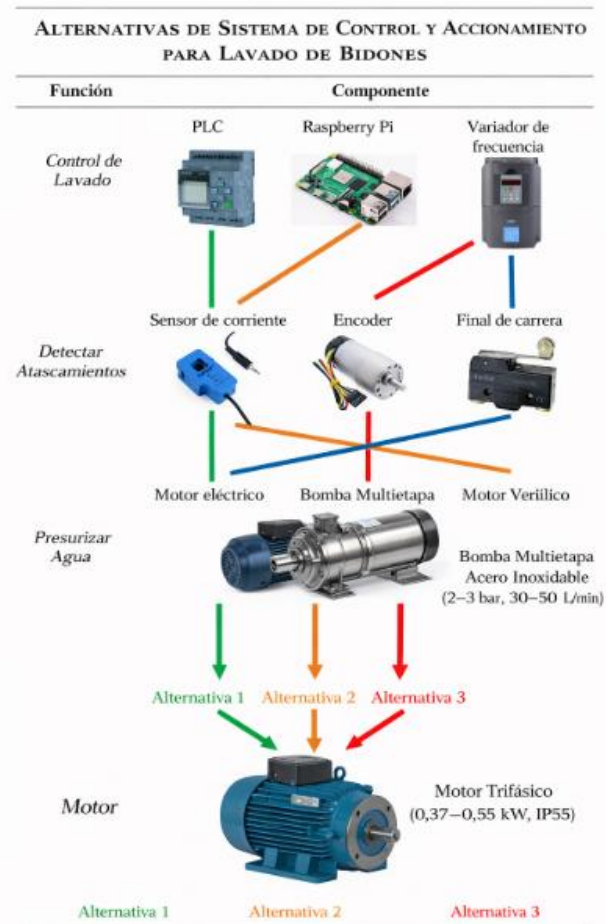


Fig. 27 Alternativas de Solución Módulo 2

Evaluación y Selección de Alternativas – Módulo 2

Para la selección de alternativas se realiza una evaluación en base a las ponderaciones obtenidas en las especificaciones técnicas del sistema (QFD) y en la evaluación de criterios del Módulo 2. Por lo tanto, los criterios considerados relevantes para este módulo son:

- Costo, el sistema de control debe utilizar componentes disponibles en el mercado local, procurando minimizar el costo total de implementación sin afectar la funcionalidad del proceso.
- Confiabilidad industrial, el sistema de control debe operar de forma continua en condiciones de planta, garantizando estabilidad ante vibraciones, humedad y ruido eléctrico, evitando fallas durante el ciclo de lavado.

- Facilidad de programación y ajuste, el controlador debe permitir modificar tiempos de ciclo, secuencias y parámetros del proceso (prelavado, lavado químico, enjuague y desinfección) de manera rápida y segura.
- Seguridad operativa, el sistema debe integrar señales de emergencia y de protección, evitando activaciones involuntarias y asegurando el paro del proceso ante condiciones anómalas.
- Compatibilidad con actuadores, el sistema debe permitir el control adecuado de los principales elementos del proceso, especialmente la bomba de agua, el motor de cepillos, válvulas solenoides y sistemas de desinfección.

Tabla XXIV
Evaluación de criterios – Módulo 2

	Costo	Confiabilidad	Programación	Seguridad	Compatibilidad	$\Sigma+1$	Ponderación
Costo		1	1	1	1		0,45
Confiabilidad		-	1	1	1		0,36
Programación		0	-	1	1		0,27
Seguridad		0	0	-	1		0,18
Compatibilidad		0	0	0	-		0,09
Suma						1	1,00

Tabla XXV
Evaluación por Criterio: Costo

Costo	A1	A2	A3	$\Sigma+1$	Ponderación
A1 PLC	-	0	0	1	0,17
A2 Raspberry	1	-	1	3	0,50
A3 VFD	1	0	-	2	0,33
Suma				6	1

Tabla XXVI

Criterio: Confiabilidad Industrial

Confiabilidad	A 1	A 2	A 3	$\Sigma+$ 1	Ponderación
A1 PLC	-	1	1	3	0,50
A2 Raspberry	0	-	0	1	0,17
A3 VFD	0	1	-	2	0,33
Suma				6	1

Tabla XXVII

Criterio: Programación

Programación	A 1	A 2	A 3	$\Sigma+$ 1	Ponderación
A1 PLC	-	1	1	3	0,50
A2 Raspberry	0	-	0. 5	1.5	0,25
A3 VFD	0	0. 5	-	1.5	0,25
Suma				6	1

Tabla XXVIII

Criterio: Seguridad

Seguridad	A 1	A 2	A 3	$\Sigma+$ 1	Ponderación
A1 PLC	-	1	1	3	0,50
A2 Raspberry	0	-	0	1	0,17
A3 VFD	0	1	-	2	0,33
Suma				6	1

Tabla XXIX

Criterio: Compatibilidad con bomba y motor

Compatibilidad	A 1	A 2	A 3	$\Sigma+$ 1	Ponderación
A1 PLC	-	1	1	3	0,50
A2 Raspberry	0	-	0	1	0,17
A3 VFD	0	1	-	2	0,33
Suma				6	1

Tabla XXX

Conclusiones para el Módulo 2 – Sistema de Control del Lavado

Conclusión	C Costo	Confiabilidad	Programación	Seguridad	Compatibilidad	+1	Prioridad
Alt 1 (PLC)	0,17×0,45	0,50×0,36	0,50×0,27	0,50×0,18	0,50×0,09	,17	1
Alt 2 (Raspberry)	0,17×0,45	0,17×0,36	0,25×0,27	0,25×0,18	0,17×0,09	,91	3
Alt 3 (VFD)	0,33×0,45	0,33×0,36	0,25×0,27	0,25×0,18	0,33×0,09	,03	2

En la Tabla XXVII se muestran las conclusiones del Módulo 2. De acuerdo con la ponderación de criterios y la evaluación de alternativas, se determina que la alternativa seleccionada para el sistema de control del lavado es el **PLC**, debido a su mayor confiabilidad industrial, compatibilidad con motores y bombas, y mayor seguridad operativa para el control del proceso automático de lavado de bidones.

Módulo 3: Sistema Hidráulico de Lavado

Este módulo tiene las funciones de impulsión de agua a presión, distribución del caudal hacia boquillas internas y externas, dosificación (si aplica) y control de válvulas para ejecutar las etapas de prelavado, lavado químico y enjuague del sistema automático de lavado de bidones.

Análisis de funciones – Módulo 3

Se considera que el lavado se realiza mediante boquillas de aspersión interna y externa, requiriendo una presión de trabajo de 2–3 bar en los puntos de salida (boquillas), para garantizar cobertura y arrastre de suciedad.

Entradas: agua (tanque o red), energía eléctrica, señal de control (PLC).

Salidas: agua presurizada y distribuida a boquillas, retorno/descarga.

Alternativas de solución – Sistema hidráulico

Se consideran tres alternativas principales:

Bomba centrífuga convencional

Características

- Un solo impulsor.
- Diseñada para alto caudal y presión moderada.
- Funcionamiento continuo.
- Puede ser en hierro fundido o acero inoxidable.

Rango típico

- Caudal: Alto
- Presión: 1 – 5 bar (aprox.)
- Uso continuo: Sí

Aplicaciones

- Transferencia de agua limpia.
- Sistemas de recirculación.
- Alimentación de tanques.

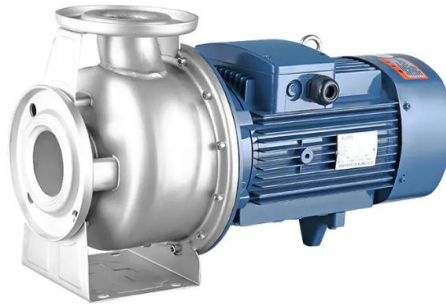


Fig. 28 Bomba centrífuga convencional

Tabla XXXI
Ventajas y desventajas “Bomba centrífuga convencional”

VENTAJAS			DESVENTAJAS
Bajo costo de adquisición			Puede no mantener 2–3 bar estables con carga de boquillas
Fácil mantenimiento			Presión puede variar con cambios de caudal
Fácil disponibilidad local			Algunas versiones no son sanitarias (materiales no AISI 304)

Bomba multietapa (booster) en acero inoxidable

Características

- Varios impulsores en serie.
- Genera mayor presión manteniendo caudal estable.
- Fabricada en acero inoxidable (ideal sector alimenticio).

Rango típico

- Presión: 5 – 20 bar
- Caudal: Medio
- Alta eficiencia energética

Aplicaciones

- Sistemas de presión constante.
- Alimentación de sistemas CIP.
- Lavado industrial moderado.



Fig. 29 Bomba multietapa

Tabla XXXII
Ventajas y desventajas “bomba multietapa”

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Mantiene presión estable 2–3 bar	Costo mayor que centrífuga
Adecuada para aspersión interna/externa	Mayor complejidad constructiva
Disponibile en acero inoxidable (AISI 304/316)	Requiere filtración para proteger etapas
Operación continua y repetitiva	-

Bomba tipo hidrolavadora (alta presión / bajo caudal)

Características

- Generalmente tipo pistón o triplex.
- Diseñada para muy alta presión y bajo caudal.
- Trabajo intermitente.

Rango típico

- Presión: 50 – 200 bar (o más)
- Caudal: Bajo
- Impacto directo fuerte

Aplicaciones

- Lavado con impacto.
- Remoción de suciedad incrustada.
- Limpieza industrial pesada.



Fig. 30 Bomba tipo hidrolavadora

Tabla XXXIII

Ventajas y desventajas “Bomba tipo hidrolavadora”

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Alta presión	Caudal bajo (no ideal para muchas boquillas)
Buena acción de arrastre puntual	No es lo más adecuado para aspersión homogénea interna/externa
Útil para limpieza localizada	Mayor desgaste y mantenimiento en uso continuo
	Componentes no siempre aptos para uso sanitario

MÓDULO 3: SISTEMA DE PRESURIZACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA

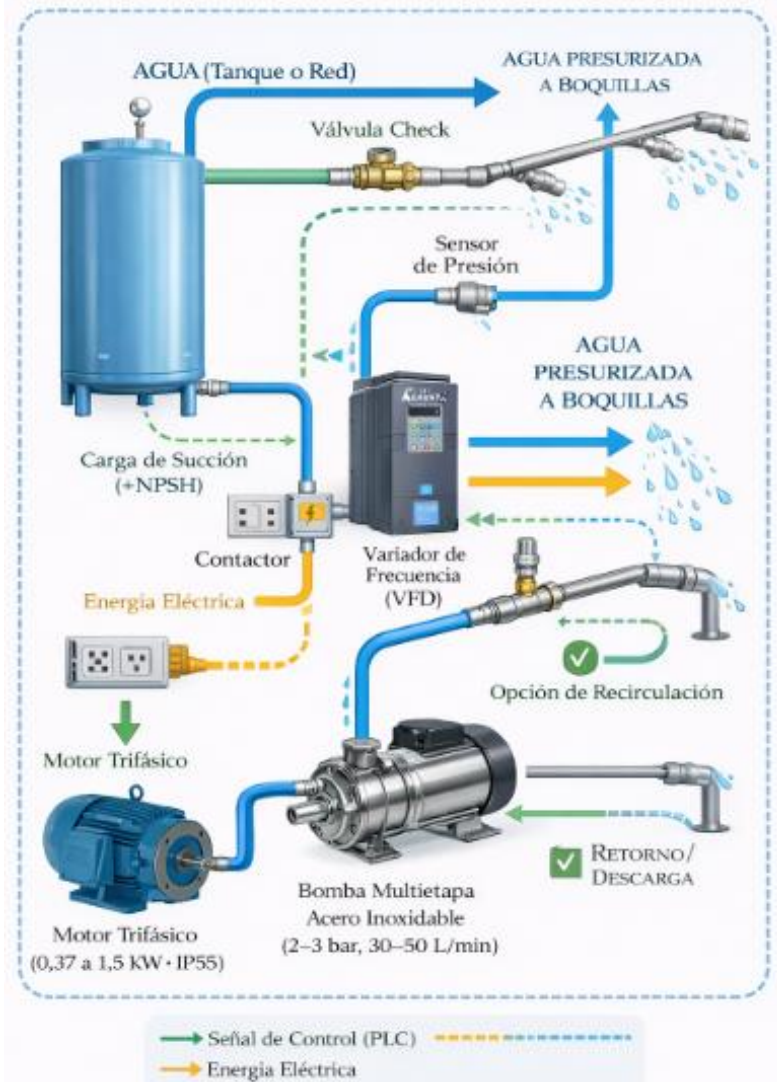


Fig. 31 Alternativa de solución modulo 3

Evaluación- Módulo 3

Criterios relevantes:

- Presión/estabilidad (2-3 bar en boquillas)
- Caudal requerido (2 bidones simultáneos)
- Costo
- Mantenimiento
- Material sanitario (AISI 304 en contacto con agua)

Tabla XXXIV
Evaluación de criterios

	Presión	Caudal	Costo	Mtto	Material	$\Sigma+1$	Ponderación
Presión	-	1	1	1	1	5	0,45
Caudal	0	-	1	1	1	4	0,36
Costo	0	0	-	1	1	3	0,27
Mtto	0	0	0	-	1	2	0,18
Material	0	0	0	0	-	1	0,09
Suma						11	1,00

Tabla XXXV
Criterio de costo

	Costo	A1	A2	A3	$\Sigma+1$	Ponderación
A1 Centrífuga	-	1	1	1	3	0,50
A2 Multietapa	0	-	1	1	2	0,33
A3 Hidrolavadora	0	0	-	1	1	0,17
Suma					6	1,00

Tabla XXXVI
Criterio: Presión/Estabilidad (2-3 bar)

	Presión	A1	A2	A3	$\Sigma+1$	Ponderación
A1 Centrífuga	-	0	0	0	1	0,17
A2 Multietapa	1	-	1	1	3	0,50
A3 Hidrolavadora	1	0	-	1	2	0,33
Suma					6	1,00

Tabla XXXVII**Criterio: Caudal requerido (2 bidones simultáneos)**

Caudal	A1	A2	A3	$\Sigma+1$	Ponderación
A1 Centrífuga	-	0	1	2	0,33
A2 Multietapa	1	-	1	3	0,50
A3 Hidrolavadora	0	0	-	1	0,17
Suma				6	1,00

Tabla XXXVIII**Criterio de mantenimiento**

Mtto	A1	A2	A3	$\Sigma+1$	Ponderación
A1 Centrífuga	-	1	1	3	0,50
A2 Multietapa	0	-	1	2	0,33
A3 Hidrolavadora	0	0	-	1	0,17
Suma				6	1,00

Tabla XXXIX**Criterio: Material sanitario (AISI 304)**

Material	A1	A2	A3	$\Sigma+1$	Ponderación
A1 Centrífuga	-	0	1	2	0,33
A2 Multietapa	1	-	1	3	0,50
A3 Hidrolavadora	0	0	-	1	0,17
Suma				6	1,00

Tabla XL**Conclusiones para el Módulo 3 – Selección de bomba**

Alternativa	Presión (0,45)	Caudal (0,36)	Costo (0,27)	Mtto (0,18)	Material (0,09)	$\Sigma+1$	Prioridad
A1 Centrífuga	0,1 7×0,45	0,3 3×0,36	0,5 0×0,27	0,5 0×0,18	0,3 3×0,09		0,45
A2 Multietapa	0,5 0×0,45	0,5 0×0,36	0,3 3×0,27	0,3 3×0,18	0,5 0×0,09		0,60
A3 Hidrolavadora	0,3 3×0,45	0,1 7×0,36	0,1 7×0,27	0,1 7×0,18	0,1 7×0,09		0,30

AUTOMATIZADO LAVADO DE BIDONES

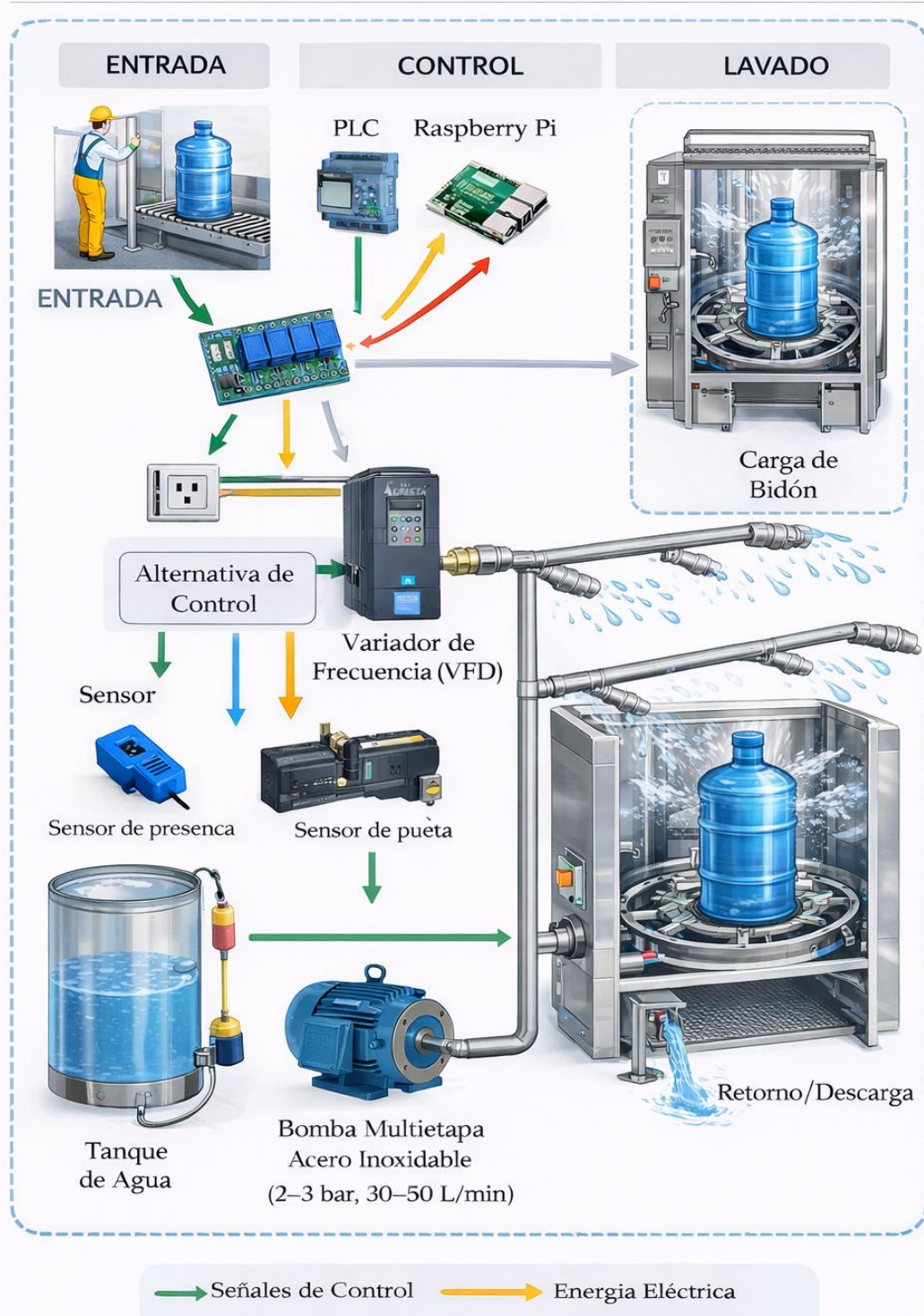


Fig. 32 Se aprecia el automatizado del lavado de bidones

En la Fig. 32 se muestran las conclusiones del Módulo 3. De acuerdo con la ponderación de criterios y la evaluación por alternativas, se selecciona la bomba multietapa debido a que garantiza mayor estabilidad de presión (2–3 bar), el caudal requerido para operar con dos bidones simultáneamente y mayor compatibilidad con materiales sanitarios, permitiendo cumplir los requerimientos del sistema automático de lavado de bidones.

Cálculo hidráulico: caudal, presión y potencia}

1. Presión requerida

Se establece como requisito:

- **Presión en boquillas:** P=3 bar

Conversión a altura manométrica (aprox.):

$$H = \frac{P}{\rho g} = \frac{300000}{1000 * 9.8} \approx 30.6$$

Para considerar pérdidas por tuberías, válvulas, filtros, codos y boquillas, se aplica un margen práctico del 20%:

$$H_{total} \approx 30.6 \times 1.2 \approx 36.7 \text{ m } (\approx 37 \text{ m}).$$

Altura de diseño recomendada: 37 m.c.a. (equivalente a ~3.6–3.8 bar en bomba para asegurar 3 bar en boquilla).

2. Caudal requerido (dos bidones simultáneamente)

El caudal se calcula como:

$$Q_{total} = n \cdot q$$

donde:

- n = número de boquillas totales en operación
- q = caudal por boquilla

Ejemplo realista (recomendado para diseño preliminar):

- 6 boquillas externas por bidón + 6 internas por bidón = **12 boquillas/bidón**
- Para 2 bidones: **24 boquillas**

- Si cada boquilla entrega **2 L/min**:

$$Q_{\text{total}}=24 \times 2=48 \text{ L/min}$$

Caudal de diseño recomendado: 48 L/min (0.0008 m³/s)

(Si usas boquillas de 3 L/min, el caudal sube a 72 L/min.)

3. Potencia hidráulica y potencia del motor

La potencia se estima con:

$$P = \frac{\rho g Q H}{\eta}$$

Con:

- $\rho=1000 \text{ kg/m}^3$
- $g=9.81 \text{ m/s}^2$
- $Q=0.0008 \text{ m}^3/ \text{ (48 L/min)}$
- $H=37 \text{ mH}$
- $\eta \approx 0.60$ (bomba + motor)

$$P \approx \frac{1000(9.81)(0.0008)(37)}{0.60} \approx 0.48 \text{ kw}$$

Con margen por arranque, variación de boquillas, pérdidas adicionales y operación continua, se recomienda seleccionar:

4.7.22. Bomba recomendada

- **Tipo:** multietapa (booster) en acero inoxidable
- **Presión:** 3 bar en boquillas ($\approx 37 \text{ m.c.a. de diseño}$)
- **Caudal:** 48–60 L/min
- **Potencia comercial recomendada:** 1.1 kW (1.5 HP)
(Si vas a 70–80 L/min, sube a 1.5 kW – 2 HP.)

El diseño conceptual desarrollado mediante herramientas de ingeniería concurrente permitió establecer una solución técnicamente validada, coherente con los requerimientos del cliente y sustentada en especificaciones medibles. Conforme a lo planteado por Riba [24], la adecuada estructuración del diseño conceptual garantiza que las decisiones adoptadas en esta etapa optimicen recursos, reduzcan riesgos y aseguren viabilidad técnica del sistema.

El sistema automático de lavado de bidones propuesto para la empresa YAKU Buena Vida consiste en una máquina cerrada, construida con una estructura de acero inoxidable de grado alimenticio, diseñada para ejecutar de manera secuencial las etapas de prelavado, lavado, enjuague y desinfección, conforme a las buenas prácticas de higiene aplicables a la industria de bebidas y agua potable [22], [23].

El proceso inicia con la colocación del bidón en la estación de carga, donde sensores automáticos detectan su presencia y activan el ciclo de lavado. Durante la etapa de prelavado se elimina la suciedad superficial mediante la aspersion de agua a presión, lo cual permite reducir la carga contaminante antes del lavado principal [7].

Posteriormente, se realiza el lavado interno y externo del bidón mediante el uso de detergente dosificado de forma automática, asegurando una aplicación uniforme y controlada del agente limpiador. A continuación, en la etapa de enjuague, se eliminan los residuos químicos remanentes, evitando posibles contaminaciones del producto final [9], [23].

Finalmente, el proceso incorpora una etapa de desinfección mediante el uso de soluciones químicas autorizadas y/o luz ultravioleta, garantizando la eliminación de microorganismos patógenos presentes en las superficies del envase [3]. Todo el sistema es controlado por medio de un control lógico programable (PLC), el cual regula parámetros críticos como el tiempo de operación, la presión de lavado y el consumo de agua, asegurando la repetibilidad y confiabilidad del proceso [25].

La implementación de este sistema automático reduce significativamente la intervención humana, mejora la eficiencia operativa, optimiza el uso de recursos y permite cumplir con la normativa sanitaria vigente establecida por la ARCSA y la norma INEN 1108, fortaleciendo así la seguridad sanitaria del producto final [1], [3].

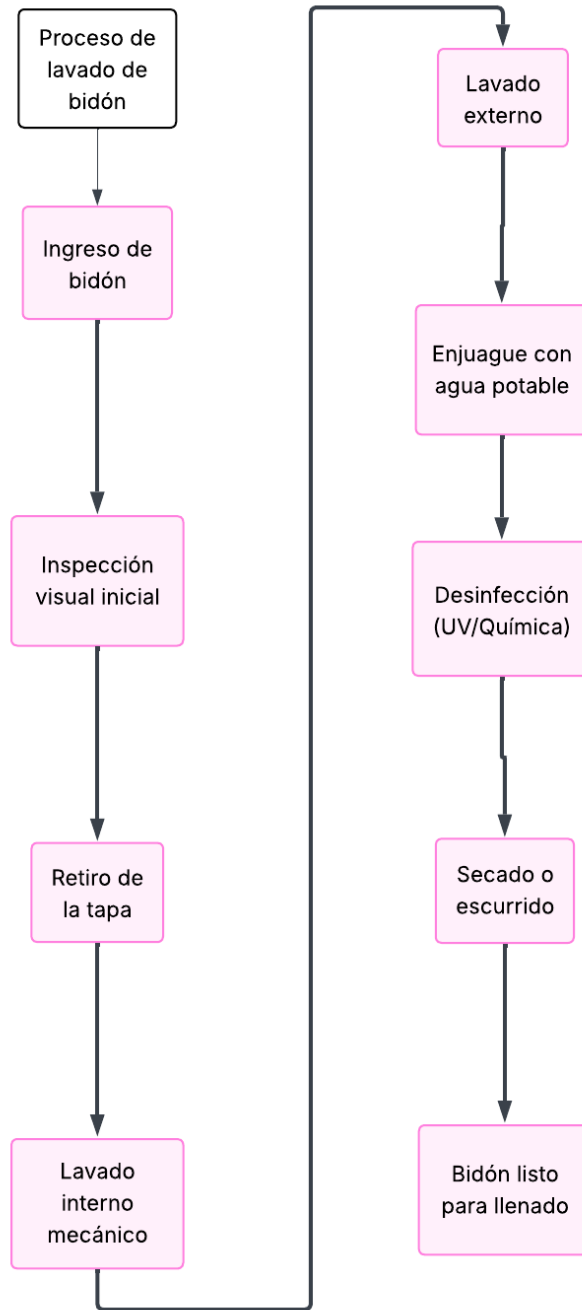


Fig. 33 Diagrama de flujo del funcionamiento siendo el caso de ser con la máquina y la mejora

Nota: *Elaboración propia.*

El diagrama funcional presentado muestra la secuencia de operaciones del sistema automático de lavado, desde el ingreso del bidón hasta su salida listo para el llenado. La disposición secuencial de las etapas garantiza un proceso ordenado, controlado y repetible, reduciendo los riesgos de contaminación y errores operativos.



Fig. 34 Simulación del sistema automático de lavado de bidones en FLEXSIM Propuesta de mejora

Nota: *Elaboración propia.*

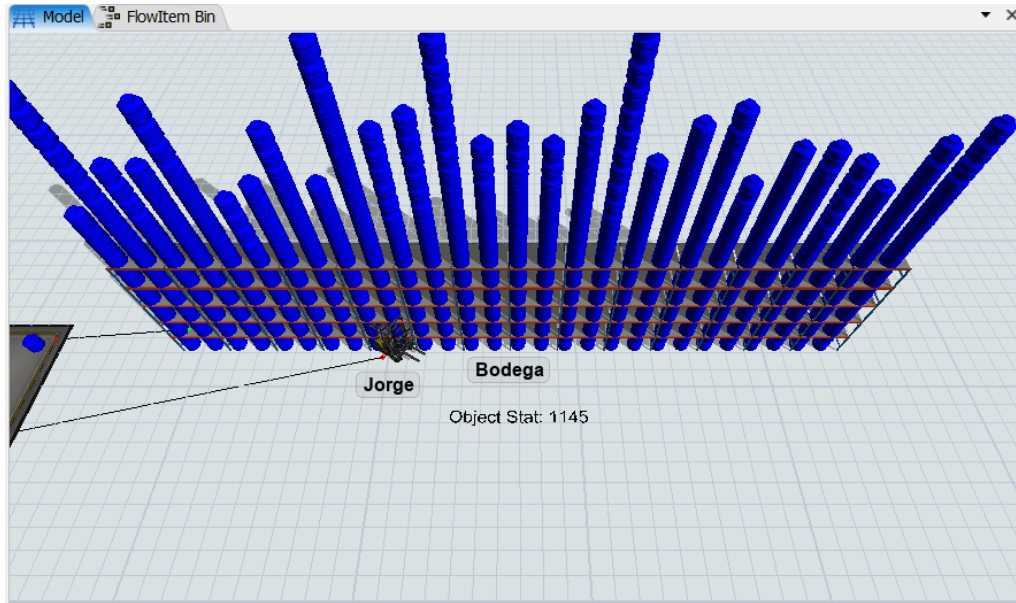


Fig. 35 Simulación del sistema automático de lavado de bidones en FLEXSIM Cantidad de producción en 8 horas de trabajo en el modelo de propuesta

Nota: Elaboración propia.

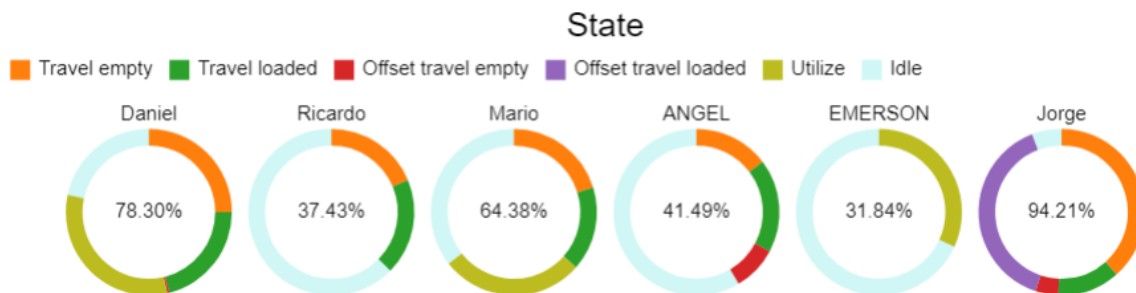


Fig. 36 Simulación del sistema automático de lavado de bidones en FLEXSIM Estado de trabajo de cada empleado como propuesta

Nota: Elaboración propia.

Object	Current	Minimum	Maximum	Average
zona de revisión	1	0	2	0.62
Zona descarga	1000	0	1000	700.15

Fig. 37 Simulación del sistema automático de lavado de bidones en FLEXIM Estado de zonas de bodega y revisión en el modelo de propuesta

Nota: Elaboración propia.

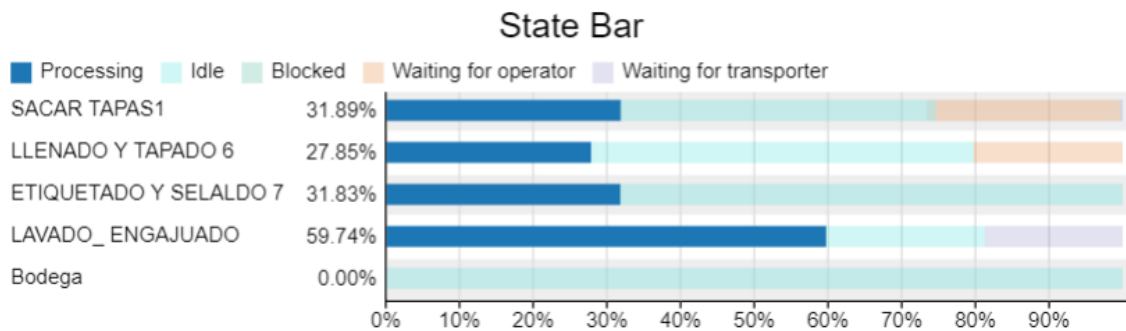


Fig. 38 Simulación del sistema automático de lavado de bidones en FLEXIM Estado de zonas de bodega y revisión en el modelo de propuesta

Nota: Elaboración propia.

Tabla XLI

Componentes principales del sistema automático

Componente	Función
Estructura de acero inoxidable	Soporte y protección
Sistema de aspersion	Prelavado y enjuague
Dosificador de detergente	Lavado controlado
Lámpara UV / sistema químico	Desinfección
Sensores	Activación del ciclo
Sistema de control	Regulación de tiempos

Nota: Elaboración propia.

Con el fin de detallar la integración de los componentes hidráulicos, mecánicos y operativos del sistema automático de lavado de bidones, en la Fig. 17 se presenta el diagrama

técnico–funcional del proceso, donde se muestra el flujo de agua, la disposición de tanques, tuberías, bombas y la interacción del operario dentro del sistema.

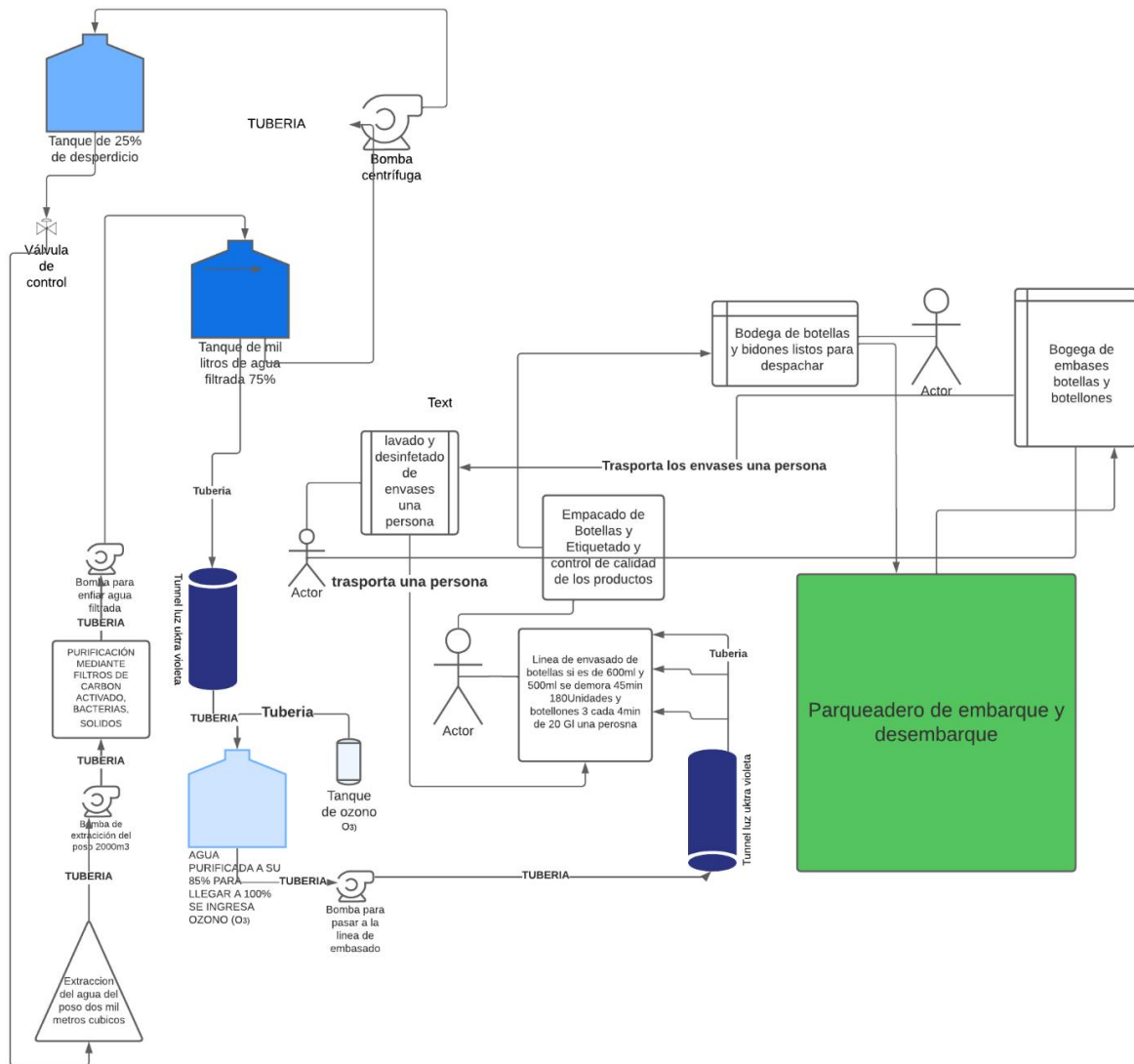


Fig. 39 Diagrama de distribución de tuberías tanques y maquinaria

Nota: Elaboración propia.

El diagrama presentado permite visualizar de manera integral el funcionamiento del sistema automático propuesto, evidenciando la secuencia de operaciones, los puntos de control y la circulación del agua durante las etapas de lavado, enjuague y desinfección. La integración de bombas, válvulas y tanques de almacenamiento garantiza un proceso continuo, controlado y seguro, alineado con los requisitos sanitarios vigentes.

4.8. Indicadores técnicos de desempeño del sistema automático

Con el fin de evaluar el desempeño del sistema automático de lavado de bidones propuesto, se definieron indicadores técnicos que permiten medir la eficiencia operativa, el cumplimiento sanitario y la mejora respecto al proceso manual.

En la tabla se presentan los principales indicadores considerados para el sistema propuesto.

Tabla XLII
Principales indicadores técnicos

Indicador	Descripción	Unidad
Tiempo de lavado	Duración total del ciclo	s
Eficiencia del proceso	Bidones lavados por hora	bidones/h
Consumo de agua	Agua utilizada por ciclo	L
Nivel de automatización	Intervención del operario	%
Cumplimiento normativo	Adecuación a INEN / ARCSA	Sí / No

Nota: *Elaboración propia.*

Los indicadores definidos permiten evaluar de manera objetiva el desempeño del sistema automático propuesto, evidenciando mejoras en eficiencia, control sanitario y reducción de la intervención manual frente al proceso actual.

Los indicadores definidos permiten evaluar objetivamente el desempeño del sistema automático propuesto y facilitar la toma de decisiones para su mejora continua.

4.9. Comparación con alternativas comerciales

Como parte del análisis técnico del sistema automático de lavado de bidones propuesto, se evaluaron alternativas comerciales disponibles en el mercado que cumplen funciones similares. Esta comparación tiene como finalidad determinar ventajas, limitaciones y viabilidad técnica de la adquisición de un equipo comercial frente al diseño desarrollado en la presente investigación [14], [21].

Para este análisis se consideró una máquina automática de lavado de bidones disponible comercialmente, la cual está diseñada para el lavado interno y externo de bidones de agua de aproximadamente 20 litros. La comparación se realizó considerando criterios como nivel de

automatización, flexibilidad del sistema, integración al proceso productivo, costo estimado y cumplimiento de normativas sanitarias [14], [15].

Tabla XLIII

Tabla de comparación sistema propuesto y una máquina de importación

criterio	Sistema propuesto (tesis)	Máquina comercial de Alibaba
Nombre del equipo	Sistema automático de lavado de bidones	Zhangjiagang BS 1-5 Gallon Cap Automatic Bottle Washing Machine
Uso principal	Lavado, desinfección y esterilización de bidones de agua de 20 L	Lavado automático de bidones de agua (1–5 galones / 20 L aprox.)
Nivel de automatización	Total (control lógico programado)	Total (preconfigurado para lavado automático)
Capacidad de producción	Configurable según diseño (50 bidones/h)	Configurable según diseño (100-150 bidones/h)
Control de parámetros	Programable (tiempo, presión, dosificación)	Preestablecido por fabricante
Flexibilidad de ajustes	Alta (parámetros ajustables)	Baja (fijos, depende del modelo)
Integración en proceso actual	Sí, adaptable a planta YAKU	Medio, puede requerir adaptación física
Cumplimiento normativo (ARCSA/INEN)	Diseñado para cumplir requisitos específicos	Total, cumplimiento, depende de verificación y adaptaciones que necesite como temas eléctricos y drenajes
Requerimientos eléctricos	Según diseño igual 110v o 220v	Según ficha técnica del producto puede venir en 220v o 110v según desee el cliente
Consumo de agua y químicos	Determinado por ciclos definidos en diseño	Según configuración del fabricante y ahorra más en los procesos
Costo estimado	Estimación de diseño + fabricación propia	Precio unitario del proveedor (Alibaba)
Disponibilidad inmediata	Según sea el caso de fabricación	Sí (importación desde proveedor)
Mantenimiento	Diseñado para fácil mantenimiento basado en parámetros internos	Según recomendaciones del fabricante sumamente fácil

Nota: Elaboración propia.

Tabla XLIV

Tabla de costos de producción nacional precio estimado e importación del equipo

Cantidad materiales	Área / Componente	Fabricación nacional (USD)	Importación comercial (USD)	Observación
3	Estructura principal (acero inoxidable AISI 304)	800	Incluido	Local: corte y soldadura
2	Sistema de lavado interno	350	Incluido	Cepillos y rociadores
6	Sistema de lavado externo	250	Incluido	Boquillas + aspersión
1	Bomba de agua (local)	300	Incluido	Motor y equipo
2	Sistema de desinfección UV	400	Incluido	Lámpara germicida
12	Tuberías y conexiones sanitarias	150	Incluido	Acero inoxidable
2	Sensores y automatización	350	Incluido	Sensores + cableado
1	Controladores (PLC / Panel)	500	Incluido	Control programable
1	Mano de obra (fabricación + ensamblaje)	400	Incluido	Taller local
1	Instalación y pruebas	250	No aplica	Local
	TOTAL, ESTIMADO	USD 3 500	USD 1 500	Local: diseño completo

Nota: Elaboración propia.

La comparación realizada evidencia que, si bien el sistema propuesto en esta investigación presenta una mayor flexibilidad en el control de parámetros críticos como tiempos de lavado, dosificación y secuencia del proceso, la alternativa comercial importada ofrece ventajas determinantes desde el punto de vista económico y operativo.

En particular, la máquina automática comercial de lavado de bidones permite alcanzar un nivel de automatización equivalente, con una inversión inicial significativamente menor, dado que su costo aproximado de adquisición es inferior al requerido para la fabricación local

del sistema propuesto. Asimismo, la disponibilidad inmediata del equipo importado reduce los tiempos de implementación y los riesgos asociados al proceso de diseño y fabricación.

En consecuencia, considerando las condiciones económicas actuales de la empresa YAKU Buena Vida, la opción de importación de una máquina automática comercial resulta más viable y conveniente, sin descartar que el diseño desarrollado en esta investigación constituye una base técnica sólida que puede ser aplicada en futuras mejoras o desarrollos locales.

Tabla de retorno de la inversión siendo el caso de importación del equipo

Margen por bidón: USD 2,50 – USD 1,00 = USD 1,50

Incremento realista de ventas: 25 bidones/día

Días laborables: 26/mes → 650 bidones/mes

Utilidad bruta incremental: $650 \times 1,50 = \text{USD } 975/\text{mes}$

Gastos adicionales (administrativos, logísticos, básicos y mantenimiento): USD 430/mes

Flujo neto incremental: $975 - 430 = \text{USD } 545/\text{mes}$

Payback: $1.500 / 545 \approx 2,75$ meses.

Tabla XLV

Tabla e retorno de inversión en diferentes escenarios

Escenario	Bidones adicionales/día	Bidones adicionales/mes (×26)	Utilidad bruta (×\$1,50)	Gastos administrativos +logística + mantenimiento (USD/mes)	Flujo neto (USD/mes)	Payback (meses)
Conservador	20	520	780	430	350	4,3
Moderado	30	780	1.170	430	740	2,0
Realista	25	650	975	430	545	2,8

Nota: Elaboración propia.

Bajo un escenario realista de demanda variable, la inversión de USD 1.500 correspondiente a la adquisición de la máquina automática se recupera en aproximadamente 2,75 meses, lo que equivale a cerca de 83 días. Este resultado confirma la alta viabilidad económica de la alternativa de importación, incluso considerando gastos administrativos y logísticos adicionales.

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- El diagnóstico realizado evidenció que el proceso actual de lavado de bidones presenta variabilidad operativa y dependencia directa del factor humano, lo cual limita el control sistemático de parámetros sanitarios.
- El diseño desarrollado integra etapas secuenciales de prelavado, lavado, enjuague y desinfección bajo control programable, permitiendo estandarizar el proceso y reducir riesgos asociados a contaminación cruzada.
- La simulación realizada demostró que el sistema propuesto puede incrementar la capacidad de procesamiento diario y optimizar la utilización de recursos.
- La comparación técnica y económica con alternativas comerciales permitió establecer que la importación representa una opción estratégica de corto plazo; sin embargo, el diseño desarrollado constituye una solución adaptable a las condiciones específicas de la empresa y aporta autonomía tecnológica.
- El proyecto cumple con el objetivo general al desarrollar el diseño integral de un sistema automático técnicamente viable.

Recomendaciones

- Se recomienda a la empresa YAKU Buena Vida implementar el sistema automático de lavado propuesto para mejorar sus procesos sanitarios.
- Capacitar al personal en el manejo y mantenimiento del sistema automático para asegurar su correcto funcionamiento.
- Realizar controles microbiológicos periódicos que permitan verificar la efectividad del proceso de lavado y desinfección.
- Considerar la ampliación del sistema a futuro para incrementar la capacidad productiva conforme a la demanda del mercado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] “NTE INEN 1108-2020-6R: Requisitos de Agua para Consumo Humano - Studocu.” Accessed: Feb. 06, 2026. [Online]. Available: <https://www.studocu.com/ec/document/instituto-superior-tecnologico-ecuatoriano-de-productividad/agua-potable/nte-inen-1108-2020-6r-agua/107593992>
- [2] “Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria | Ecuador - Guía Oficial de Trámites y Servicios.” Accessed: Feb. 06, 2026. [Online]. Available: https://www.gob.ec/arcsa?utm_
- [3] “Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria – Regulación de medicamentos, alimentos procesados, cosméticos y vigilancia sanitaria en establecimientos sujetos a control.” Accessed: Feb. 06, 2026. [Online]. Available: <https://www.controlsanitario.gob.ec/>
- [4] “Guidelines for Drinking-water Quality FOURTH EDITION WHO Library Cataloguing-in-Publication Data Guidelines for drinking-water quality-4 th ed,” 2011, Accessed: Feb. 06, 2026. [Online]. Available: <http://www.who.int>
- [5] “Taylor & Francis eBooks, Reference Works and Collections.” Accessed: Feb. 06, 2026. [Online]. Available: <https://www.taylorfrancis.com/>
- [6] “Ministerio de Salud Pública – El Ministerio de Salud Pública ejerce la rectoría del Sistema Nacional de Salud a fin de garantizar el derecho a la salud del pueblo ecuatoriano.” Accessed: Feb. 06, 2026. [Online]. Available: <https://www.salud.gob.ec/>
- [7] WHO, “Guidelines for drinking-water quality, 4th edition, incorporating the 1st addendum. Geneva: World Health Organization. Geneva, Switzerland,” *World Health Organization*, 2017, Accessed: Feb. 06, 2026. [Online]. Available: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>

- [8] “OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud.” Accessed: Feb. 06, 2026. [Online]. Available: <https://www.paho.org/en>
- [9] “Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos | EPA de los Estados Unidos.” Accessed: Feb. 06, 2026. [Online]. Available: <https://www.epa.gov/>
- [10] “Organización Mundial de la Salud.” Accessed: Feb. 07, 2026. [Online]. Available: <https://www.who.int/es>
- [11] “OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud.” Accessed: Feb. 07, 2026. [Online]. Available: <https://www.paho.org/es>
- [12] “ISO - Organización Internacional de Normalización.” Accessed: Feb. 06, 2026. [Online]. Available: <https://www.iso.org/es/home>
- [13] “Servicios – Ecuador.” Accessed: Feb. 07, 2026. [Online]. Available: <https://www.derechosintelectuales.gob.ec/>
- [14] “Solución de jugo | Zhangjiagang Honor Machine Co., Ltd.” Accessed: Feb. 07, 2026. [Online]. Available: https://www.cnhonormachine.com/juice-solution?gad_source=1&gad_campaignid=22877615009&gbraid=0AAAABA5_MThLinUYIFBtCQYpHPFJ-voQD&gclid=Cj0KCQiA4pvMBhDYARIsAGfgwvyMJcym2Q4WpUDhl2qA-tT8HrDFFKLUKByjZCaGWCoyd4b7UiYVtfAaAuA7EALw_wcB
- [15] “Producto – Rachel.” Accessed: Feb. 07, 2026. [Online]. Available: https://www.rachel-machine.com/product-category/water-filling-machine/?gad_source=1&gad_campaignid=23072242210&gbraid=0AAAABB10-PefMCD0pF7vIudgGT4s4Cxal&gclid=Cj0KCQiA4pvMBhDYARIsAGfgwvw-A8giRT3ntoTSEJSZ7_RvoA-64-aa9RdK8do2n6BsdJR4WLS_MKwaAvUdEALw_wcB

[16] “Remediación de PFAS con membranas de ósmosis inversa/neutralización | VSEP® de New Logic.” Accessed: Feb. 07, 2026. [Online]. Available: https://www.vsep.com/industries/pfas-remediation-and-treatment/?gad_source=1&gad_campaignid=23480648577&gbraid=0AAAABCmj6vv1TFdHaCd2_DRjBnU87SfU5&gclid=Cj0KCQiA4pvMBhDYARIsAGfgwvwKQAlyHzBdKQMI9P2-RzCCnuKR_ZtD6w3DhrShfnistZTwisg30M0aAgwTEALw_wcB

[17] “Libro de texto de diseño de productos para fabricación y ensamblaje.” Accessed: Feb. 07, 2026. [Online]. Available: <https://studylib.net/doc/27123208/product-design-for-manufacture-and-assembly--third-edition>

[18] “Plaguicidas y Medio Ambiente - Google Books.” Accessed: Feb. 07, 2026. [Online]. Available: https://www.google.com.ec/books/edition/Plaguicidas_y_Medio_Ambiente/canfEAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&dq=United+States+Environmental+Protection+Agency,+Alternative+Disinfectants+and+Oxidants+Guidance+Manual,+Washington,+DC,+USA,+1999.&pg=PA2031&printsec=frontcover

[19] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado, and M. D. P. Baptista Lucio, “Metodología de la investigación,” *Metodología de la investigación*, pp. 1–634, 2014, Accessed: Feb. 07, 2026. [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=775008&info=resumen&idioma=SPA>

[20] “El Proyecto de Investigación Introducción a la metodología científica”.

[21] C. Sabino, “EL PROCESO DE INVESTIGACION”.

[22] “Comisión del Codex Alimentarius - Manual de Procedimiento 26 edición - Google Books.” Accessed: Feb. 07, 2026. [Online]. Available:

https://www.google.com.ec/books/edition/Comisi%C3%B3n_del_Codex_Alimentarius_Manual/Z-NfDwAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&dq=Programa+Conjunto+FAO/OMS+sobre+Normas+Alimentarias.+Comisi%C3%B3n+del+Codex+Alimentarius&printsec=frontcover

[23] “Inicio | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.” Accessed: Feb. 07, 2026. [Online]. Available: <https://www.fao.org/home/en>

[24] K. Warwick, “Introduction To Control Systems, An (2nd Edition),” 1996, Accessed: Feb. 07, 2026. [Online]. Available: <https://books.google.com.mx/books?id=Gv07DQAAQBAJ>

ANEXOS

Anexo 1.

Cuestionario aplicado

1. ¿Consume usted agua purificada en bidones?

Sí

No

2. ¿Con qué frecuencia compra agua en bidones?

Diario

Varias veces por semana

Semanal

Quincenal

Ocasionalmente

3. ¿Dónde suele adquirir el agua en bidones?

Planta purificadora cercana

Tienda o supermercado

Distribuidor a domicilio

Otro: _____

4. ¿Está usted seguro(a) de que el bidón que consume es correctamente lavado antes de ser rellenado?

Sí

No

No lo sé

5. ¿Ha percibido alguna vez mal olor o sabor extraño en el agua de bidón que consume?

Sí

No

6. ¿Confía en la higiene del proceso de llenado y lavado de los bidones en las plantas purificadoras?

- Sí
- Parcialmente
- No

7. ¿Conoce usted las normativas sanitarias que deben cumplir las empresas que purifican agua (como ARCSA, INEN 1108)?

- Sí
- He oído algo, pero no sé exactamente
- No

8. ¿Considera que debería haber mayor control por parte de las autoridades sobre las plantas purificadoras?

- Sí
- No

9. ¿Estaría dispuesto(a) a pagar un poco más por un servicio que garantice el lavado automático y desinfección del bidón?

- Sí
- No
- Depende del costo

10. ¿Qué sugerencias tendría para mejorar la confianza en el agua purificada que se vende en bidones?

(Respuesta abierta)

Anexo 2.

Diagrama de DFQ

Tabla XLVI

Casa de la calidad

Requisitos del Cliente	ET1 Presión 2–3 bar	ET2 PLC	ET3 AI SI 304	ET4 Seguridad	ET5 ≥1100 bid/8h	ET6 HMI básica	ET7 Mantenimiento	ET8 Costo	ET9 Registro
Lavado sin residuos	9	3	3	1	3	1	1	1	3
Cumplimiento normativo	3	3	9	3	3	1	1	1	3
Proceso automático	1	9	1	3	3	3	1	1	3
Seguridad operativa	1	3	1	9	1	1	1	1	1
Alta producción	3	3	1	1	9	1	1	1	1
Fácil operación	1	3	1	1	1	9	3	1	1
Fácil mantenimiento	1	1	1	1	1	3	9	1	1
Bajo costo	1	1	1	1	1	1	1	9	1
Confianza del cliente	3	3	3	1	3	1	1	1	9

Anexo 3.

Fichas técnicas de los equipos

Ficha técnica	
Maquina	Taladro inalámbrico
Fabricante	DeWALT
Modelo	36v/xr
Características generales	
Tipo de broca	0mm I 0-350/0-1300RPM evoluciones
Características técnicas	
Batería de li-ion	
11 velocidades	
Atornillador y destornillador	
Función	
Cepillar los botellones	
Observaciones	
Ficha técnica	
Maquina	Pistola de calor Ciclo de trabajo de 30 min. De trabajo/ 15 min de descanso. Máximo diario 3 horas
Fabricante	Truper
Modelo	Pisca-a
Fuente	127v
Características generales	
Voltaje	27 v I 6 atts
Características técnicas	
<ul style="list-style-type: none"> • Baja - 45 grados centígrados • Media • Alta • Super alta - 500 grados centígrados 	
Función	
Que las pacas y sellos de seguridad en la planta	

Observaciones

Ficha técnica

Maquina	Bomba de agua	Variantes en las componentes	<ul style="list-style-type: none"> Motor 3450 RPM Fases del motor monofásico
Fabricante	EVANS		
Modelo	3HME10		
Marca combustible	0 V		

Características generales

Peso	6.00KG	Altura	3.00cm	Ancho	19.00 cm	Longitud	9.00cm
-------------	--------	---------------	--------	--------------	----------	-----------------	--------

Características técnicas

Imagen

Tipo de Bomba	Doméstica
Flujo Máximo	168.00 LPM
Presión Máxima	30.00 m
Flujo Optimo	110.00 LPM



Función

Pasar el agua de la fuente al tanque plástico Rotoplas de 1500 metros cúbicos

Observaciones

Ficha técnica

Maquina	SINGLE-PHASE ASYNCHRONOUS MOTOR	Variantes en las componentes	Sistemas de ultrafiltración, sistemas de ósmosis inversa, sistemas de destilación, separadores, piscinas. Riego agrícola, riego por aspersión, riego por goteo.
Fabricante	NORWI K		
Modelo	CV1-13		
Voltaje	220 v		

Características generales

Voltaje	220 v	Consumo	0.75 w
----------------	-------	----------------	--------

Características técnicas

Imagen

Suministro y drenaje de agua para edificios de gran altura, filtración y

transferencia en acueductos, aumento de presión en tuberías principales. Sistemas de lavado y limpieza, alimentación de calderas, circulación de agua de refrigeración, sistemas de tratamiento de agua, sistemas auxiliares y equipos de apoyo.



Función

Las bombas multietapa verticales son adecuadas para bombear líquidos de baja viscosidad, no inflamables y no explosivos que no contengan partículas sólidas ni fibras.

Observaciones

Ficha técnica

Maquina	OZONE - GENERATOR	Variantes	Con
Fabricante	OZONE - GENERATOR	en las componentes	temporizador: 120 minutos/salida de ozono ajustable
Modelo	TN-AT5G		Aplicaciones
VOLTAJE	110V/60 Hz		Industria procesadora de alimentos Procesamiento de bebidas almacenamiento en frío industria farmacéutica Agricultura Agua potable, Procesamiento de frutas y verduras. piscina Habitación libre de gérmenes Especificaciones y embalaje Salida de ozono: 3G

Características generales

Peso	180 kg
Altura	20 mm
Ancho	180 mm
Longitud	30mm

Características técnicas

Imagen

refrigeración por aire/agua
 Tecnología descarga corona
 cuarzo ozono cel.

Protección contra
 sobrecalentamiento, sobre temperatura y
 sobretensión.

Salida de alta concentración de
 ozono: monte un tubo de ozono de cuarzo
 con refrigeración por aire y agua para
 modos más grandes, con electrodos
 internos y externos refrigerados, gran
 área de refrigeración, fácil disipación del
 calor, bajo aumento de temperatura y
 alta eficiencia.

Con secador frigorífico para
 enfriar el aire que puede proteger la
 unidad de zona para una larga vida útil
 en buenas condiciones de
 funcionamiento.



Función

Es el encargado de desinfectar el
 agua dentro del tanque de acero
 inoxidable de agua

Obser
 vaciones

Ficha técnica

Maquina	Bomba	Variantes	Equipada
	multietapas	en	para sistemas de
Fabricante	EVANS	componentes	Presión, Eficiente,
Modelo	SSXH25		Silenciosa y doble
	ME150 1HP		voltaje.
Marca	127/220		
combustible	V		

Características generales

Peso	4 kg	1	ltura	5 m	3	ncho	L	ongitud
------	------	---	-------	-----	---	------	---	---------

Características técnicas

Imagen

- **Altura máxima de elevación: 52 m**
- **Caudal máximo de agua: 148 l/min**
- **Tipo de bomba centrífuga: Multietapa horizontal**
- **Material del impulsor: Acero inoxidable**
- **Es apta para agua sucia: No**

-
- **Temperatura máxima de entrada de agua: 100 °C**
 - **Diámetro de entrada: 1.25 "**
 - **Diámetro de salida: 1 "**
-

Función

Función es absorber del tanque de acero inoxidable hacia la lampara de luz ultra violeta y pasar a las llaves de salida de agua purificada.

**Obser
vaciones**



Anexo 4.

Diagramas del sistema automático



Anexo 5.

Registro fotográfico del proyecto









