

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO HENRÍQUEZ UREÑA

Facultad de Ciencias y Tecnología

Escuela de Química



**Propuesta de un plan de mejora para la estandarización de procesos de
manufactura y calidad para la empresa Agua Life Bautista**

Trabajo de Grado

Para optar por el grado de:

Ingeniería Química

Sustentado por:

Sarah Eunice Lapay Pinales

Frank Junior López Feliz

Santo Domingo, D. N.

REPÚBLICA DOMINICANA

2024

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios, por crearme, por amarme incondicionalmente y por cuidar cada detalle de mi vida. Por ser Padre y amigo fiel. Gracias a Jesús porque con su ejemplo me ha inspirado cada día, y me ha transformado en la mejor versión de mí misma.

Gracias a mi familia, en especial a mis maravillosos padres, Fabian Lapay y Lucila Pinales, por ser un ejemplo de perseverancia, afabilidad e integridad. Gracias por darme tanto amor y por cuidar de mí siempre. Gracias por siempre creer en mí, por inspirarme a soñar, y por levantarme cuando mis ánimos desistían. Sin duda, son los mejores padres que una hija pudiera desear.

Gracias a mi compañero Frank López, quien ha sido una gran ayuda para completar esta asignación, gracias por mostrar siempre disposición, por cada esfuerzo realizado y por tu gran dedicación.

Gracias a la familia Bautista por abrirme las puertas de su empresa con tanta amabilidad y confianza, gracias porque sin su colaboración este proyecto no hubiera sido posible.

Gracias a cada maestro y maestra que compartió sus conocimientos con esta joven alumna, ustedes elevaron mi mente y me permitieron crecer más allá de mis propios límites.

Gracias a los buenos amigos con los que tuve la oportunidad de compartir, ustedes hicieron este hermoso camino mucho más placentero.

Sarah E. Lapay Pinales

AGRADECIMIENTOS

¡Gracias!

Una simple palabra que es más que suficiente para evocar toda una serie de emociones, sensaciones y sentimientos, como los experimentados durante todo este trayecto. Y es por eso que, ante todo, quiero agradecer a Dios por haberme dado la energía, el espíritu y la motivación necesarias para haber llegado a esta etapa y superarla.

A mis padres, Ramón López y Cándida Feliz, quienes hicieron esfuerzos sobrehumanos para que lograra cumplir mis sueños y formaron con valores a la persona que hoy, con mucho amor, orgullo y dedicación, les dice: ¡Gracias!

Quiero agradecer enormemente también a mis hermanas, Fanny, Leydy y Keysy, por su apoyo desinteresado durante el transcurso de la carrera, al igual que a mis tías Daysy y Carmen. Este trabajo es el resultado de todo el amor transmitido por todas durante estos años.

A mi amiga y compañera de tesis, Sarah Lapay, quiero expresar mis agradecimientos no solo por su enorme contribución en este trabajo, sino también por la paciencia exhibida en los momentos más críticos y por la firmeza demostrada ante las adversidades, además de su gran amistad. Sin ella, este proyecto no habría sido posible.

Gracias especiales a la familia Bautista, quienes depositaron su confianza en nosotros, compartiendo nuestro entusiasmo y colaborando siempre de buena fe para lograr realizar este proyecto.

Agradezco también a todos aquellos docentes que brindaron su apoyo y compartieron sus conocimientos, pero en especial a nuestra asesora Milagros Patricia, cuya experiencia, orientación y (sobre todo) paciencia fueron fundamentales para dar forma a este trabajo.

A mis compañeros y amigos: Manuel, Irely, Jeferson y Saira, les agradezco. Y a todos aquellos que, de una u otra manera, han sido parte de este viaje académico.

Frank Jr. López Feliz

ÍNDICE

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	9
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
OBJETIVOS	14
OBJETIVO GENERAL.....	15
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
JUSTIFICACIÓN	16
ALCANCE.....	18
PRIMERA PARTE	20
MARCO TEÓRICO	20
CAPÍTULO I ANTECEDENTES	21
I.1 Antecedentes teóricos.....	21
CAPÍTULO II EL AGUA.....	24
II.1 Tratamiento de agua	25
II.1.1 Métodos físicos	25
II.1.2 Métodos químicos.....	26
II.1.3 Métodos Intensivos de Energía.....	27
II.2 Parámetros de control de calidad	28
II.2.1 Propiedades organolépticas.....	28
II.2.2 Serie de sólidos	29
II.2.3 pH.....	30
II.2.4 Cloro residual.....	31
CAPITULO III CALIDAD.....	32
III.1 Requisitos para la calidad según el Modelo de Kano.....	32
III.2 Costo de calidad (COQ) y costos de la mala calidad (COPQ)	33
III.3 Herramientas de calidad	34
III.3.1 Diagrama de flujo de procesos	34

III.3.2	Diagrama SIPOC.....	35
III.3.3	Diagrama de Pareto	36
III.3.4	Histograma	37
III.3.5	Diagrama de causa y efecto.....	38
III.3.6	Análisis Modal de Fallas y Efectos (AMEF)	39
III.4	Desperdicios de un proceso	40
III.5	Variación en los procesos	41
III.6	Estandarización.....	42
SEGUNDA PARTE.....		43
MARCO METODOLÓGICO.....		43
CAPÍTULO IV METODOLOGÍA.....		44
IV.1	Tipo y diseño de investigación	44
IV.2	Procedimiento.....	44
IV.2.1	Fase 1: Diagnóstico del estado actual de la planta	46
IV.2.2	Fase 2: Identificación y medición de parámetros de calidad	46
IV.2.3	Fase 3: Determinación de riesgos, peligros y deficiencias en los procesos	47
IV.2.4	Fase 4: Diseño de la propuesta de mejora	48
TERCERA PARTE.....		49
PRESENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS		49
CAPÍTULO V EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN Y CALIDAD EN AGUA LIFE BAUTISTA		50
V.1	Diagnóstico del estado actual de la planta	50
V.2	Identificación y medición de los parámetros de calidad	53
V.3	Determinación de riesgos, peligros y deficiencias en los procesos.....	58
CAPÍTULO VI PROPUESTA DE MEJORA PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE MANUFACTURA Y CALIDAD PARA AGUA LIFE BAUTISTA		63

VI.1	Propuestas de mejora	63
VI.1.1	Pozo de almacenamiento de materia prima.....	63
VI.1.2	Tanque de salmuera.....	64
VI.1.3	Creación de instructivos y procedimientos	65
VI.1.4	Mantenimiento de filtros y equipos de producción.....	68
VI.1.5	Adición de un filtro remineralizador.....	69
VI.1.6	Control de calidad	69
VI.1.7	Cronograma para la implementación de mejoras.....	72
VI.2	Análisis de costos	74
VI.2.1	Costos de mala calidad.....	74
VI.2.2	Costos de mejora	76
CUARTA PARTE		79
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		79
CAPÍTULO VII CONCLUSIONES.....		80
CAPÍTULO VIII RECOMENDACIONES		82
QUINTA PARTE		83
REFERENCIAS Y ANEXOS		83
REFERENCIAS.....		84
LIBROS		84
ARTÍCULOS Y REVISTAS		85
ANEXOS		91

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

Una planta de tratamiento es “una instalación donde el agua cruda es sometida a diversos procesos con el objetivo de eliminar los microorganismos y los contaminantes físicos y químicos hasta los límites aceptables que estipulan las normas” (Camacho, 2011, pág. 166).

En República Dominicana operan en la actualidad una gran cantidad de plantas de tratamiento de este tipo, de las cuales una buena parte se dedica específicamente a la purificación y embotellamiento de agua para el consumo humano. Esto ocurre debido a la alta demanda y el uso intensivo por parte de la población dominicana del agua obtenida por este medio (Martínez y otros, 2019).

Debido a toda esta demanda, para lograr mantener la competitividad dentro de este mercado es indispensable adoptar en las plantas una serie de medidas que permitan ofrecer un producto de mayor calidad, por medio de la optimización de los procesos de manufactura, la disminución de los costos operativos y el aumento de la productividad.

Es en ese contexto que nace este proyecto, que a través de la aplicación de dichas medidas y junto con el análisis y evaluación de los procesos y procedimientos actualmente existentes en la planta de purificación y embotellamiento Agua Life Bautista, tiene como finalidad elaborar una propuesta de un plan de mejora para la estandarización de los procesos de manufactura y calidad, que llevado a cabo pueda posicionar a la empresa Agua Life Bautista sobre sus competidores.

La estructura de la investigación consta de cinco partes divididas en capítulos, precedidos por la introducción, los objetivos, la justificación y el alcance, que permiten establecer las bases de la misma. La primera parte está dividida en cuatro subtemas, que comprenden: los antecedentes, que abarcan los trabajos y propuestas previas relacionadas con la mejora de la calidad en plantas de purificación y embotellamiento de agua; un capítulo sobre el agua, que define aspectos relacionados al tratamiento del agua para consumo y los principales parámetros que se deben controlar; la calidad, donde se definen las diversas herramientas aplicadas en la realización de este trabajo de grado; y para cerrar, un marco normativo que presenta las normas existentes y vigentes relacionadas a

la comercialización del agua para consumo y sus respectivas exigencias respecto a la calidad.

La segunda parte está compuesta por el marco metodológico, abarcando las técnicas y métodos de investigación, así como los aspectos prácticos que engloban la recolección y análisis de datos e informaciones que sostienen el proyecto. En la tercera parte se presentan y analizan los resultados obtenidos, incluyendo la descripción de los procesos de producción y el análisis de costos de la implementación del plan de mejora; mientras que en la cuarta parte se resume toda la información en conclusiones y recomendaciones. Finalmente, en la quinta parte se recopilan todas las fuentes bibliográficas consultadas y se presentan todos los anexos, incluyendo el plan de mejora.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los últimos años, la dependencia del agua embotellada por parte de la población dominicana ha ido en aumento, debido a la baja calidad del servicio de suministro de agua potable. Para el 2016, el 89% de la población urbana y el 68% de la rural utilizaba el agua embotellada como fuente de agua potable (de la Paz, 2021).

Esta alta dependencia ha provocado un aumento de las empresas dedicadas a la purificación y embotellamiento de agua, lo que contribuye a que este mercado sea cada vez más competitivo e impulse a las nuevas marcas a ofrecer un producto de mayor calidad que pueda destacar entre los consumidores.

Dada la importancia de posicionar un producto en un ambiente tan competitivo, es necesario mejorar aquellos aspectos que impactan directamente en la calidad del producto final, tales como la optimización de los procesos de manufactura, el aumento de la productividad y la reducción de costos de operación dentro de las plantas. Considerando estos aspectos, este trabajo pretende desarrollar un plan de mejora que busca estandarizar los procesos de manufactura y calidad en la empresa de purificación y embotellamiento Agua Life Bautista.

OBJETIVOS

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Crear un plan de mejora para la estandarización de los procesos de manufactura y calidad de la empresa Agua Life Bautista.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir los procesos de la planta de purificación y embotellamiento Agua Life Bautista.
- Realizar un diagrama de procesos para la planta de purificación y embotellamiento Agua Life Bautista.
- Determinar los parámetros aceptables de calidad del producto final basado en los requisitos del cliente y las normativas dominicanas de calidad.
- Realizar una evaluación de los procesos de producción para identificar sus posibles riesgos y peligros.
- Proponer un plan de mejora para la estandarización de los procesos de manufactura y calidad para Agua Life Bautista.
- Realizar un análisis de costos de la implementación del plan de mejora.

JUSTIFICACIÓN

JUSTIFICACIÓN

Un estudio realizado en el 2016 por el Instituto Nacional de Protección de los Derechos del Consumidor (Proconsumidor) reveló que “el 83% de la población dominicana consume agua embotellada y el 42% consume de 2 a 4 botellones por semana” (pág. 4). Esta alta demanda ha provocado que el mercado de procesamiento y comercialización de agua en República Dominicana sea cada vez más competitivo: el periódico elDinero (2022) identificó una cantidad de 184 marcas y distribuidoras de agua embotellada funcionando activamente en República Dominicana.

Agua Life Bautista es una planta de purificación y embotellamiento de agua con menos de cuatro años en funcionamiento que busca poder consolidar su producto en ese mercado tan competitivo. Deming (1989) describe cómo al mejorar la calidad se produce una reacción en cadena que tiene como consecuencia el incremento de la productividad y la competitividad en el mercado, permitiendo que las empresas ofrezcan mejores productos a un menor precio. Partiendo de esto, en este trabajo de grado se busca desarrollar un plan de mejora industrial que pueda estandarizar los procesos de manufactura e incrementar la calidad en la planta de purificación y embotellamiento Agua Life Bautista, resultando esto en un impacto positivo en la productividad que ayude a ahorrar costos e incrementar las ventas, y así, lograr una mejor posición en el mercado dominicano.

ALCANCE

ALCANCE

El presente proyecto se enfoca en proponer un plan de mejora industrial para la planta de purificación y embotellamiento de agua “Agua Life Bautista”. Para este fin, se evaluarán los procesos de manufactura dentro de la planta, teniendo solamente en cuenta los factores químicos, físicos y biológicos que puedan representar un posible riesgo o peligro para la calidad del agua purificada y envasada en la planta. Las nuevas medidas de operación en la planta serán diseñadas y definidas basándose en la investigación científica que se llevará a cabo en este trabajo de grado. La implementación no cuenta como parte de esta propuesta, se llegará solamente hasta análisis de costos de la implementación del plan de mejora.

PRIMERA PARTE

MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO I ANTECEDENTES

En este capítulo se abordan distintas investigaciones precedentes, tanto en el ámbito local como internacional, relacionadas con el trabajo de grado y que sirven como referencia para la generación y adopción de nuevas ideas y conceptos a implementar en el proyecto.

I.1 Antecedentes teóricos

Uno de los principales aspectos que influyen en la alta demanda del agua embotellada por parte de la población dominicana está estrechamente relacionado con la calidad de este recurso. Según resaltan Martínez y otros (2019) en el capítulo de título “Calidad del Agua en la República Dominicana”, publicado en la revista Calidad del Agua en las Américas: Riesgos y Oportunidades, la desconfianza generada por los organismos responsables del manejo del agua debido a su gestión, es lo que provoca este uso intensivo. Como respuesta a esta demanda, es cada vez más creciente la cantidad de microempresas que surgen y, con ellas, la necesidad de garantizar un producto de calidad mediante la estandarización de los procesos de producción y el aumento de la productividad.

En ese sentido, Rosero (2017) en su trabajo de grado de título “Análisis de los procesos operativos y propuesta de mejora de la productividad en la empresa purificadora y envasadora El Agua S.A.”, utiliza herramientas y técnicas como el estudio de tiempos y de movimientos o el diagrama de Pareto para analizar la realidad de una planta de purificación y embotellamiento de agua y proponer mejoras en los procesos que ayuden a aumentar la productividad.

Barragán y Caicedo (2017), en su proyecto “Gestión de procesos para la planta purificadora de agua Palma de Agua SAS en el municipio de Madrid en Cundinamarca”, utilizan un Mapa de Flujo de Valor para determinar las problemáticas que existen dentro de las acciones que llevan a la recepción del producto por parte del cliente, así como para identificar los diversos puntos críticos en la empresa; posteriormente, plantean la

adopción de una gestión por procesos para mejorar la operatividad, además de estandarizar las operaciones de la empresa.

Valencia (2014) en su tesis de título “Diagnóstico general de la planta embotelladora de agua purificada UG. y propuesta de acciones para la optimización de la calidad de su producto”, realiza un diagnóstico de toda la planta basado en las Buenas Prácticas de Manufactura con el objetivo de detectar fallas en los procesos y proponer medidas que permitan mejorar el funcionamiento.

Un artículo publicado por Chilón, Esquivel y Estela (2017) en la revista INgnosis, titulado “Implementación de las 5s para incrementar la productividad en una planta embotelladora de agua”, logra aplicar las diversas medidas que permiten cumplir con los requisitos de las 5S’s con el objetivo de incrementar la productividad en la planta, alcanzando un aumento de hasta un 29%.

Muñoz y Terán (2019), en su tesis de título “Propuesta de mejora en los procesos de producción en Agua de Mesa la Bendición; para incrementar la productividad en la Cooperativa Granja Porcón – Cajamarca”, utilizan herramientas de ingeniería como los diagramas de Ishikawa y de operaciones, las 5S’s, estudios de tiempos y fórmulas de ingeniería de métodos, entre otros, para determinar la realidad de la empresa y desarrollar una propuesta de mejora de los procesos de producción.

En un artículo publicado por Torres y Rodríguez (2021) en la revista Polo del Conocimiento, de título “Método AMEF: Estrategias para su empleo en el mantenimiento en plantas purificadoras de agua”, se demuestra que la vinculación y aplicación del método de Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF) en el tipo de mantenimiento elegido para una planta purificadora de agua permite la detección e identificación de posibles problemas en los procesos de producción.

Guevara (2021), en su trabajo de grado titulado “Propuesta de mejora de la calidad en la empresa envasadora de agua purificada ACQUAPAC”, aplica la metodología Kaizen basada en el ciclo PHVA para detectar los problemas en la planta, y en base a los resultados obtenidos propone la estandarización de los procesos de lavado y la automatización de la dosificación del agua de lavado, logrando una reducción en los costos de producción y aumentando los beneficios económicos de la empresa.

Céspedes (2021), en su proyecto de intervención de título “Propuesta de mejora a microempresa purificadora de agua para la reducción de la variabilidad del proceso de producción”, aplica herramientas del control estadístico de procesos para diagnosticar e identificar las variables críticas en los procesos de producción. Mediante el análisis de los resultados obtenidos, se elabora una propuesta de mejora que permita reducir la variabilidad determinada.

El trabajo de tesis de Mejía (2021), “Propuesta de mejora para la recepción de agua potable en la planta purificadora San Jerónimo”, utiliza la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) para monitorear y controlar los sólidos sedimentables. Este control permite mejorar tanto la recepción de agua potable como sus características y su calidad luego de la purificación, además de reducir los tiempos de entrega a los clientes.

Almeida (2022), con su trabajo de titulación “Elaborar un nuevo modelo de gestión de producción para mejorar la productividad en la planta de agua Horeb”, busca incrementar la productividad en una planta de agua, por medio de la aplicación de herramientas de ingeniería para determinar la raíz del problema y la técnica de los 5 por qué para ahondar en el mismo. El posterior estudio de los resultados, permite la propuesta de una serie de medidas para incrementar la producción.

CAPÍTULO II EL AGUA

El agua es un recurso natural renovable que cubre el 75% del planeta tierra, con un volumen de aproximadamente 1.358 millones de kilómetros cúbicos, 97% del agua total que existe en la tierra se encuentra en los mares y océanos, 2% en las capas de hielo de los polos, y menos de 0.6% dentro de la corteza terrestre, con una profundidad de hasta cinco kilómetros. La parte restante está ubicada en los glaciares y nieves eternas, en lagos, humedad superficial, vapor atmosférico y ríos (Guerrero y Schifter, 2011).

El agua que encontramos en la naturaleza no es pura, los medios en los que se encuentra el recurso hídrico presentan diferentes contenidos de sales, minerales, gases y partículas, además de los contaminantes generados de forma natural o derivados de las actividades humanas que se incorporan al agua por diferentes medios, alterando sus propiedades al punto de impedir muchas de sus aplicaciones (Lozano Riva y Lozano Bravo, 2015).

Si se comparan las aguas superficiales y las aguas subterráneas, tal como hizo Lozano y Lozano (2015) se observará que las primeras son más susceptibles de ser alteradas, ya que las aguas subterráneas son preservadas por el mismo suelo, dependiendo de las características de este, específicamente de su porosidad, la protección que brinda puede ser de mayor o menor grado. Otra característica importante de las aguas de pozo es su alta carga de minerales como hierro y manganeso, y su alto contenido de anhídrido carbónico proveniente del lavado del CO₂ atmosférico, esto afecta su pH, ya que este gas se transforma en ácido carbónico.

La Organización Mundial de la Salud [OMS] (2022) define el agua potable como aquella que no representa ningún riesgo significativo para la salud durante toda la vida de consumo, incluidas las diferentes sensibilidades que puede ocurrir entre las etapas de la vida, debido a la calidad tan variable que presenta el agua en su estado natural se hace imprescindible conocer en profundidad sus propiedades para así identificar los tratamientos más adecuados que deben ser utilizados para mejorarla, de forma que sea apta para el consumo. (OMS, 2022; Lozano y Lozano, 2015)

II.1 Tratamiento de agua

Las tecnologías utilizadas para el tratamiento de agua se pueden clasificar en tres áreas generales: métodos físicos, métodos químicos y métodos intensivos de energía. En general, los métodos físicos abarcan las técnicas de separación sólido-líquido, siendo la filtración la más destacada (Cheremisinoff, 2002).

Los métodos químicos de tratamiento se fundamentan en las interacciones químicas de los contaminantes que queremos eliminar del agua y la aplicación de productos químicos que contribuyan en la separación de los contaminantes del agua o ayuden en la eliminación o neutralización de los efectos nocivos relacionados con los contaminantes. Los métodos de tratamiento químico se aplican como tecnologías independientes y como parte integral del proceso de tratamiento con métodos físicos (Cheremisinoff, 2002).

Entre las tecnologías intensivas de energía incluyen métodos térmicos y técnicas electroquímicas. Se pueden utilizar estos tres métodos generales de tratamiento de manera individual o se pueden combinar entre ellos según lo que se desee lograr con el tratamiento de agua (Cheremisinoff, 2002).

II.1.1 Métodos físicos

Los métodos físicos son aquellos que se basan en la separación de los componentes por medio de propiedades físicas. Entre estos se encuentran técnicas como:

Osmosis Inversa: Consiste en aplicar una presión, superior a la presión osmótica, a una solución, logrando que el disolvente traspase una membrana semipermeable, al final de la operación resulta por un lado de la membrana disolvente puro, y en el otro lado se concentra la disolución, ya que las otras moléculas no pueden atravesar la membrana, puesto que se comportan como auténticas partículas sólidas ante una placa filtrante. Respecto a la presión utilizada, en instalaciones industriales se trabaja con presiones entre 15 y 100 atm (Costa López y otros, 2013; Manahan, 2007).

Microfiltración: El tamaño de los poros de las membranas de microfiltración son de 0.1 a 2 μm , su función es remover los sólidos suspendidos, componentes emulsionados, bacterias y protozoos del agua, la mayoría de los equipos que utilizan esta técnica emplean

una bomba para forzar el líquido a través del filtro, a una presión menor de 5 atm. Una de las debilidades de esta técnica, que comparte con los filtros de carbón activado, es el crecimiento de bacterias en el medio filtrante (Manahan, 2007; Cheremisinoff, 2002).

Filtro de arena lento: Weber (2021) lo define como: “Un tanque impermeable al agua que contiene una capa de arena de 0.9 a 1.5 m de espesor, soportada sobre una carga de grava de 0.15 a 0.30 m de espesor”.

Filtro de carbón activado: El mecanismo que este utiliza para filtrar el agua es la adsorción, metales y otros compuestos químicos son atraídos por la superficie del carbón y se adhieren a él, se debe tener en cuenta que este tipo de filtro puede llegar a contribuir a la contaminación del líquido, ya que el carbón suministra un caldo de cultivo excelente para las bacterias y las algas, respecto a esto Cheremisinoff (2002) continúa agregando lo siguiente: “Algunos filtros de carbón están disponibles impregnados con plata para evitar esto, aunque las investigaciones actuales concluyen que las bacterias que crecen en el filtro son inofensivas”.

II.1.2 Métodos químicos

Estos métodos están basados en las interacciones químicas entre los contaminantes a eliminar y productos químicos aplicados que contribuyen a eliminarlos del agua o minimizar los efectos que puedan provocar. Entre estos se encuentran:

Cloro: Se utiliza en el pretratamiento como desinfectante, una de las dificultades que presenta es que reacciona con la materia orgánica, uniéndose a los compuestos que contienen nitrógeno dejando menos cloro libre para continuar con la desinfección, y además produce trihalometanos cancerígenos, estos se pueden filtrar con un filtro de carbón, pero, resulta más eficaz filtrar la materia orgánica antes de realizar la cloración. En caso de que no se pueda medir el cloro libre para asegurar la desinfección, se recomienda la supercloración, esto es adicionar más cloro del necesario, para eliminar las grandes cantidades de cloro que resultan con la supercloración se puede utilizar un filtro de carbón activado o peróxido de hidrógeno, el agua producida mediante estos métodos esta susceptible a la re-contaminación ya que no queda cloro residual en esta. Se debe tener en cuenta la susceptibilidad al pH que tiene el tratamiento con cloro, a pH bajos se

forma ácido hipocloroso y a pH muy alcalino se tenderá a disociarse en iones de hidrógeno y clorito que son menos efectivos como desinfectante, esto resulta en una disminución de la eficacia del cloro cuando el pH es superior a 8 (Cheremisinoff, 2002).

La dosis de cloro es la cantidad de cloro agregado, la cual está constituida por la suma de la demanda de cloro y el cloro residual. Alcocer y Tzatchokv (2007) definen la demanda de cloro como: “la cantidad de cloro consumida en reacción química (mg/L). Cuando la demanda sea satisfecha no será usado más cloro del necesario, ya que la cantidad de cloro agregada de más formará un residual”.

Otros tratamientos químicos que se pueden utilizar en el tratamiento de agua son el yodo, la plata, el permanganato de potasio y los agentes coagulantes. El permanganato de potasio presenta desventajas como su alto precio y el color que genera en el agua, pero, tiene una gran capacidad para remover el hierro y el manganeso (Lozano Riva y Lozano Bravo, 2015).

II.1.3 Métodos Intensivos de Energía

Los métodos intensivos de energía incluyen métodos térmicos y técnicas electroquímicas como:

Ozono: Es considerado un desinfectante más efectivo que el cloro, funciona para remover muy bien para remover el color orgánico y las algas, este no produce trihalometanos, en cambio disminuye la probabilidad de que estos se formen en caso de que el agua sea tratada posteriormente con cloración. Las desventajas que presenta este tratamiento son: su alto precio, la formación de bromatos que son presuntamente cancerígenos y la producción de niveles más altos de moléculas más pequeñas que suministran una fuente de energía para los microorganismos Si no hay desinfectante residual presente (como sucedería si el ozono se usara como el único método de tratamiento), estos microorganismos perjudicarán la calidad del agua (Lozano Riva y Lozano Bravo, 2015; Cheremisinoff, 2002).

Luz UV: Su función es matar a los patógenos presentes en el agua, pero patógenos como los quistes de protozoos y la Giardia son pocos sensibles a la luz UV, y no serán destruidos por más que se le aplique muchas unidades de tratamiento UV.

Afortunadamente, estos patógenos son más fáciles de filtrar con filtro mecánico (Cheremisinoff, 2002).

II.2 Parámetros de control de calidad

La calidad del agua se determina en función de una serie de parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan el agua en su estado natural. Los parámetros físicos como el color, olor, sabor y turbiedad se pueden determinar con los instintos humanos de forma cualitativa, con los parámetros biológicos y químicos no es así, para su análisis se necesita realizar una serie de pruebas y ensayos de laboratorio, que nos indica la calidad del agua (Campos Gómez, 2000).

II.2.1 Propiedades organolépticas

Cárdenas León (2022) define el análisis organoléptico del agua como: “valoración cualitativa que se realiza, generalmente en campo, basada exclusivamente en la percepción de los sentidos”.

Olor: El agua es una sustancia sin olor, tanto para los seres humanos como para muchas especies que utilizan esta propiedad para determinar si el agua contiene algún constituyente potencialmente tóxico. Los materiales terrestres que interactúan con el agua, la vegetación, la materia orgánica en descomposición, los vertimientos residuales y algunos compuestos inorgánicos como el cloro y el amoníaco contribuyen al olor en el agua (Cárdenas León, 2022).

La intensidad del olor es un criterio de calidad utilizado por algunas plantas de purificación y tratamiento de agua, la prueba más usual se denomina “umbral del olor”, Cárdenas (2022) explica que:

La determinación del umbral de olor consiste en tratar de detectar, de manera inequívoca, mediante el olfato, la concentración más baja posible de una sustancia odorante específica, que se encuentra diluida en agua a concentraciones cada vez más bajas. Para evitar la subjetividad en los

resultados, las pruebas se realizan a temperatura constante de 40 ± 1 °C, utilizando Erlenmeyer oscuros para eliminar la influencia en el resultado de otras características de la muestra como el color y la turbidez.

Color: El agua pura está ausente de cualquier color, así que cualquier coloración que se detecte en ella es una indicación irrefutable de la presencia de sustancias extrañas al agua y una clara sospecha de contaminación. En aguas naturales, el color puede estar relacionado a la existencia de iones metálicos, habitualmente hierro y manganeso, a la materia orgánica que se encuentra en descomposición, generalmente ácidos y sales de ácidos húmicos, y a la presencia de algas y arcillas en suspensión (Cárdenas León, 2022).

Turbidez y transparencia: Estas propiedades son inversa la una de la otra, la turbidez es la medida de la dificultad de la luz para atravesar una masa de agua, mientras que, la transparencia mide la capacidad en que la luz penetra en la masa de agua. Ambas se vinculan con la concentración del material particulado (sólidos suspendidos) que hace que la luz se disperse radialmente a través de la masa de agua o se absorba y disminuya en intensidad rápidamente, en lugar de transmitirse sin alteración alguna (Cárdenas León, 2022).

II.2.2 Serie de sólidos

Son el conjunto de sustancias de naturaleza sólida que pueden estar contenidos en una muestra de agua. Cárdenas expresa que no es recomendable para el consumo humano un agua que tenga un alto contenido de sólidos, ya que esta puede inducir reacciones fisiológicas adversas en el organismo del consumidor, sin embargo, es importante tener en cuenta que el otro extremo tampoco es recomendable, cuando el agua está completamente desprovista de sólidos arrastra, por su elevada capacidad de disolución, los minerales del organismo del consumidor (Cárdenas León, 2022).

Los materiales sólidos que pueden estar presentes en una muestra de agua se clasifican regularmente como sólidos sedimentables, sólidos suspendidos y sólidos disueltos. Los primeros se eliminan sencillamente por sedimentación, al contrario que los dos últimos los cuales forman un todo que se clasifica a su vez como sólidos volátiles y sólidos fijos (Cárdenas León, 2022).

Sólidos sedimentables: Están constituidos por partículas gruesas, más densas que el agua, estas se mantienen dispersas dentro de la masa acuosa en virtud de la turbulencia o fuerza de arrastre de la corriente, de donde proceden las muestras. Por esta razón cuando se mantiene la muestra en reposo durante un corto tiempo las partículas se sedimentan rápidamente. Mientras mayor es la turbulencia del agua, mayor es su contenido en sólidos sedimentables y mayor también el tamaño y la densidad de las partículas que arrastra el agua en su movimiento (Cárdenas León, 2022).

Sólidos totales: Es el material residual que queda en el recipiente después de la evaporación de un determinado volumen de muestra y su posterior secado a 105 °C durante 24 horas. Los sólidos totales están constituidos por los sólidos suspendidos, que corresponden a la fracción retenida sobre una membrana filtrante de 0,45 µm de diámetro de poro y los sólidos disueltos, que corresponden a la fracción de sólidos capaces de atravesar dichas membranas (Cárdenas León, 2022).

II.2.3 pH

Es una escala de medida, que va desde el 1 al 14, e indica la concentración del ion hidronio H^+ (y por ende del ion hidroxilo OH^-) en un sistema acuoso. Para su medición se pueden utilizar tiras de papel impregnada con sustancias indicadoras, pero, si se desea una medida con mayor precisión el método más confiable y seguro es el potenciométrico, el equipo utilizado en este método se denomina pH metro (Cárdenas León, 2022).

El pH del agua pura es de 7.0, cualquier diferencia de ese valor en una muestra demuestra la existencia de sustancias disueltas de naturaleza ácida o básica. Un cuerpo de agua tiene acidez cuando el pH es menor a 6, y tiene alcalinidad cuando el pH es mayor a 6.5 (Cárdenas León, 2022).

La causa de la acidez en cuerpos de aguas naturales es el CO_2 metabólico que producen las plantas y los microorganismos que habitan en el agua. Otras causas de menor grado son: la presencia de ácido sulfhídrico (H_2S), específicamente cuando el medio es fuertemente reductor, y la presencia en el agua de cationes metálicos, que como el Al^{3+} , el Fe^{3+} o el NH_4^+ (Cárdenas León, 2022).

Con respecto a la alcalinidad, esta es causada principalmente por los bicarbonatos y carbonatos, que se producen a partir del CO_2 metabólico y de su interacción con los minerales del suelo. Los boratos (BO_3^{-3} y HBO_3^{-2}), fosfatos (PO_4^{-3} y HPO_4^{-2}) y silicatos (HSiO^{-3} y HSiO_4^{-3}) también contribuyen a la alcalinidad que el agua pueda contener, pero en menor grado (Cárdenas León, 2022).

II.2.4 Cloro residual

Alcocer y Tzatchokv (2007) expresa que el cloro residual es la cantidad de cloro que queda después que la demanda es satisfecha y es el encargado de realizar el proceso de desinfección, se clasifica en tres tipos:

Combinado: Cuando el cloro se une a compuestos de nitrógeno se crean las cloraminas, el cloro presente en el agua como cloraminas es al cual denominamos cloro residual combinado. Generalmente permanece en el agua, sin embargo, sus propiedades de desinfección están muy limitadas.

Libre: Es el cloro elemental que no es combinado con nitrógeno, su propiedad de desinfección es 35 veces mejor que el cloro combinado, pero, no permanece en solución por un periodo largo de tiempo.

Total: “Es la suma del cloro residual libre y el cloro residual combinado”.

El ion cloruro se puede medir por titulación con nitrato de plata o nitrato de mercurio, otros métodos de medición son el del electrodo específico y el de cromatografía iónica (Cárdenas León, 2022).

CAPITULO III CALIDAD

Un requisito que los clientes exigen con mayor énfasis, en bienes, servicios o productos, es la calidad. Sobre este término, existen diversas definiciones, como las que recogen Gutiérrez y de la Vara (2009) en su libro Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma:

- Según Joseph Juran, la calidad es que un producto sea adecuado para su uso. Así, la calidad consiste en la ausencia de deficiencias en aquellas características que satisfacen al cliente.
- La American Society for Quality (ASQ) indica que calidad es la totalidad de detalles y características de un producto o servicio que influye en su capacidad para satisfacer necesidades dadas.
- Por su parte, las Normas ISO definen calidad como el grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos, dando a entender por requisito como una necesidad o expectativa por lo general implícita u obligatoria.

De manera general, Gutiérrez y de la Vara (2009) sostienen que la calidad, definida por el cliente, es el juicio que éste tiene acerca de un producto o servicio. Un cliente queda satisfecho cuando se le ofrece todo lo que él esperaba encontrar y más. Por lo tanto, la calidad es ante todo la satisfacción del cliente, que está ligada a las expectativas que éste tiene con respecto al producto o servicio. Las expectativas son generadas de acuerdo con las necesidades, los antecedentes, el precio del producto, la publicidad, la tecnología, la imagen de la empresa, etc. Se dice que hay satisfacción cuando el cliente percibe del producto o servicio al menos lo que esperaba.

III.1 Requisitos para la calidad según el Modelo de Kano

El Modelo de Kano es una herramienta de análisis utilizada en la gestión de calidad de productos. Este modelo establece una relación entre las diversas características que posee un producto con el grado de satisfacción del cliente que recibe y consume dicho producto, con el objetivo de determinar aquellos atributos que tienen mayor valor para los clientes

y los que generan rechazo, adaptando así el producto de acuerdo a las valoraciones (Roldán, 2017).

Todos los atributos que provocan algún tipo de influencia en la satisfacción del cliente, sea positiva o negativa, se agrupan en tres categorías o requisitos (Haro Carrillo y otros, 2016):

- Requisitos de calidad básica (Insatisfactores): Son características del producto que el cliente considera obligatorias. No aumentan la satisfacción del comprador, pero causan una insatisfacción muy grande si no se aportan.
- Requisitos de calidad variable o de desempeño (Satisfactores): Son características del producto que aumentan proporcionalmente la satisfacción del cliente. Cuantas más se añaden o más funcionalidades ofrecen, más satisfecho está el cliente.
- Requisitos deleitadores: Son características no esperadas por el cliente y que causan una gran satisfacción. Como no son esperadas, no provocan insatisfacción si no se aportan.

III.2 Costo de calidad (COQ) y costos de la mala calidad (COPQ)

Los costos de calidad son los costos totales que se asocian al sistema de gestión de la calidad y pueden utilizarse como medida de desempeño del sistema de calidad. Estos costos se dividen en costos originados en la empresa para asegurar que los productos tengan calidad y costos por no tener calidad que resultan de las deficiencias en productos y procesos (Gutiérrez Pulido, 2010).

Estos últimos se refieren a los costos de la mala calidad o de no calidad, y estrictamente hacen referencia a la pérdida anual monetaria de los productos y procesos que no logran sus objetivos de calidad (Gryna y otros, 2007).

Todos estos costos de calidad se clasifican en cuatro grandes grupos: de prevención, de evaluación, por fallas internas y por fallas externas (Gutiérrez Pulido, 2010).

- Los costos de prevención son aquellos en los que incurre una empresa y son destinados a evitar y prevenir errores, fallas, desviaciones o defectos durante cualquier etapa del proceso productivo y administrativo.

- Los costos de evaluación son en los que incurre la compañía para medir, verificar y evaluar la calidad de materiales, partes, elementos, productos o procesos, así como para mantener y controlar la producción dentro de los niveles y especificaciones de calidad, previamente planeados y establecidos por el sistema de calidad y las normas aplicables.
- Los costos por fallas internas son aquellos que resultan de la falla, defecto o incumplimiento de los requisitos establecidos de los materiales, elementos, partes, semi-productos, productos o servicios, y cuya falla o defecto es detectada dentro de la empresa antes de la entrega del producto o servicio al cliente.
- Los costos por fallas externas resultan de la falla, defecto o incumplimiento de los requisitos de calidad establecidos, y cuya falla se pone de manifiesto después de su embarque y entrega al cliente.

III.3 Herramientas de calidad

Existen múltiples herramientas que se aplican para la mejora y el control de la calidad, por medio de la identificación y el análisis de problemas en los procesos y procedimientos dentro de una empresa, y su posterior ejecución de las soluciones propuestas. Muchas de estas herramientas son de aplicación sencilla, pero eficaz, y suelen utilizarse de forma complementaria, cómo se hará con las presentadas en este apartado.

III.3.1 Diagrama de flujo de procesos

El diagrama de flujo es una representación gráfica que señala todas las actividades que componen un determinado proceso y en el cual se da el orden de los elementos. Es la manera más simple y efectiva de entender cómo se realiza cualquier proceso, mediante la descripción de los procedimientos e instrucciones de forma que facilite la comprensión de los encargados de seguirlas en cualquier entorno de trabajo (Bonilla y otros, 2010).

En los diagramas de este tipo se pueden presentar tanto el flujo del proceso principal como los procesos secundarios o alternativos, permitiendo así comprender toda la

sucesión de acontecimientos que llevan a la obtención de un producto, además de permitir identificar posibles mejoras (Bonilla y otros, 2010).

Para construir adecuadamente un diagrama de flujo, Bonilla, Díaz y Noriega (2010) detallan que se deben desarrollar los siguientes pasos:

- Determinar el objetivo del diagrama por desarrollar.
- Establecer los límites del procedimiento que se quiere describir y definir su alcance.
- De acuerdo con el objetivo de la descripción, establecer hasta qué nivel de detalle será elaborado, teniendo cuidado de no ser muy genérico y tampoco llegar a detalles innecesarios.
- Consultar con los actores directos acerca de las actividades sobre el desarrollo de estas. Se deben encontrar las respuestas para: ¿quién?, ¿qué?, ¿cómo?, ¿cuándo?, ¿por qué?, ¿dónde?, ¿qué se hace después?, entre las más importantes.
- Documentar cada paso de acuerdo a la secuencia; de ser necesario, antes de elaborar el diagrama, se pueden registrar textualmente la secuencia explicada por los actores.
- Utilizando los símbolos apropiados para el diagrama de flujo, presentar la secuencia de actividades antes descrita.

III.3.2 Diagrama SIPOC

Mediante este diagrama de proceso se pretende analizar tanto el proceso como su entorno, identificando los elementos más relevantes: los proveedores, las entradas, el proceso mismo, las salidas, y los usuarios. En inglés, se conoce con el acrónimo SIPOC.

Según resaltan Gutiérrez y de la Vara (2009), los pasos para realizar un diagrama de este tipo son:

- Delimitar el proceso y hacer su diagrama de flujo general donde se especifiquen las etapas principales.
- Identificar las salidas del proceso, las cuales son los resultados (bienes o servicios) que genera el proceso.

- Especificar los usuarios/clientes, que son quienes reciben o se benefician con las salidas del proceso.
- Establecer las entradas (materiales, información, etc.) que son necesarias para que el proceso funcione de manera adecuada.
- Por último, identificar proveedores, es decir, quienes proporcionan las entradas.

Este tipo de diagrama son muy útiles para definir a los responsables de agregar los insumos al proceso y los requisitos que estos necesitan, además de detallar los verdaderos clientes y sus requerimientos. Estos requerimientos de los clientes se pueden agregar para exponer con mayor profundidad el diagrama (Coronel Palomino, 2007).

III.3.3 Diagrama de Pareto

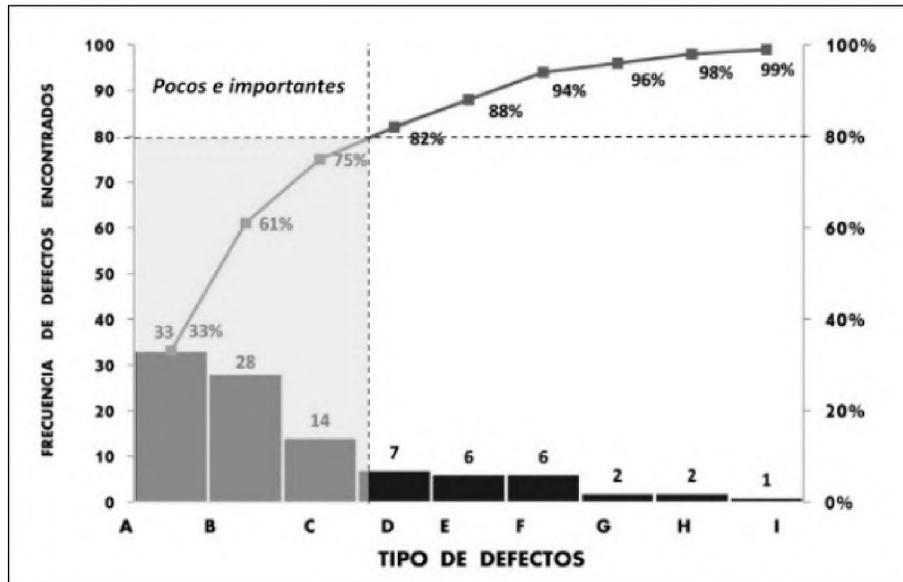
Este diagrama consiste en una representación gráfica de las posibles causas de un problema, las cuales se ordenan según frecuencias (de mayor a menor). Este orden permite identificar y dar prioridad a las que poseen una mayor probabilidad de haber ocurrido y descartar aquellas que tienen menor probabilidad de haber sido las causas reales. Está basado en el Principio de Pareto (o regla 80:20), la cual establece que, en cualquier grupo de factores o posibles causas que contribuyen a un mismo efecto, solo una pequeña parte (alrededor del 20%), denominados “pocos y vitales” son los causantes de la mayor parte de dicho efecto frente al resto, denominados “pocos y triviales” (López Lemos, 2016).

El diagrama muestra, por medio de una gráfica: en forma de barras los valores absolutos de cada causa; y en forma de líneas las frecuencias acumuladas (resultado de ir sumando una frecuencia con la inmediata anterior). En el eje horizontal, se representan las diferentes causas, ordenadas de mayor a menor frecuencia; mientras que en los ejes verticales se representan el valor absoluto de la frecuencia, habitualmente a la izquierda, y el valor acumulado, a la derecha, teniendo este último un valor entre 0 y 100%. Sobre cada barra, se suele incluir el valor absoluto de la frecuencia. En cada punto de la línea, se coloca el valor de la frecuencia acumulada (López Lemos, 2016).

Al terminar la representación de ambas frecuencias, se traza una línea horizontal correspondiente a la probabilidad del 80% y una línea vertical que cruza a la anterior justo

donde la frecuencia acumulada alcanza dicho valor del 80%. El área comprendida entre ambas líneas serán los “pocos y triviales” (López Lemos, 2016).

Figura 1. Ejemplo de diagrama de Pareto.



Fuente: López Lemos, Pamela (2008). “Herramientas para la mejora de la calidad: Métodos para la mejora continua y la solución de problemas.”

Para analizar este gráfico, simplemente se debe de considerar que el 80% de los productos con defectos son los que se encuentran debajo de la zona sombreada del gráfico, es decir, A, B y C. Este análisis representa una aproximación inicial del problema, por lo que debe complementarse con otros análisis como los costos y la viabilidad que suponen eliminar esos defectos, el tiempo requerido para hacerlo o el impacto de cada defecto sobre la calidad del producto (López Lemos, 2016).

III.3.4 Histograma

Un histograma permite presentar en forma de rectángulos verticales u horizontales un grupo de datos agrupados en rangos de valores. La superficie de cada rectángulo es directamente proporcional a la frecuencia absoluta de los valores que representa (López Lemos, 2016).

Este tipo de gráfico generalmente se utiliza para representar variables conocidas como continuas (peso, tiempo, coste...), aunque también se pueden aplicar para representar variables discretas que solo pueden tomar valores determinados dentro de un conjunto. Son muy útiles cuando se dispone de muchos datos, facilitando la comparación entre la distribución de varios parámetros y la visualización del comportamiento de los datos (López Lemos, 2016).

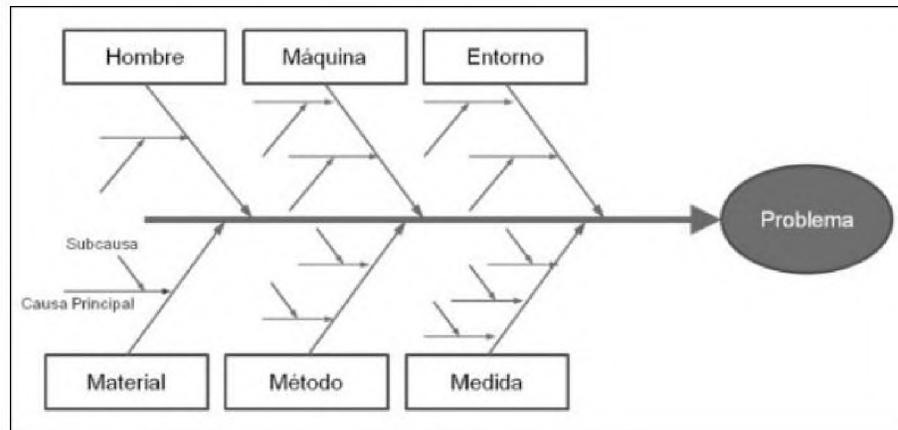
III.3.5 Diagrama de causa y efecto

El diagrama de causa y efecto, también conocido como diagrama de Ishikawa, es una herramienta muy utilizada para la identificación de causas de problemas de manera sistemática y organizada. Esta herramienta está fundamentada bajo el argumento de que son diversas las causas que provocan un problema, pero que estas se pueden ordenar en hasta seis grandes grupos. Este enfoque permite implementar un plan de acciones más eficaz para arreglar el problema, al trabajar en varias causas en lugar de enfocarse solo en una (López Lemos, 2016).

Para realizar un diagrama de este tipo, primero se debe establecer de manera clara y concisa el problema a resolver. Luego de identificado el problema, se coloca a la derecha del diagrama, se traza una línea vertical en forma de flecha que apunta directamente al problema y se dibujan las líneas que van a representar las causas principales del mismo. Estas causas principales representan las categorías en las que se agruparán el resto de causas y a su vez estarán formadas por otras sub-causas o causas secundarias que se representan también por flechas, como se detalla en la figura (López Lemos, 2016).

Generalmente, las categorías que se utilizan para agrupar las causas son las que se detallan en la figura: personas (hombre), máquinas, entorno, material, método y medidas. También se pueden definir otras categorías que sean consideradas más adecuadas, utilizando siempre el mismo esquema.

Figura 2. Esquema de un diagrama de causa y efecto.



Fuente: López Lemos, Pamela (2008). “Herramientas para la mejora de la calidad: Métodos para la mejora continua y la solución de problemas.”

III.3.6 Análisis Modal de Fallas y Efectos (AMEF)

El análisis modal de fallos y efectos (AMEF, o FMEA por sus siglas en inglés) es una metodología que permite identificar las potenciales fallas de un producto o un proceso y su posterior categorización por orden de prioridad, dependiendo de la frecuencia con que ocurran, las formas de detectarlas y los efectos que provocan. Para aquellas fallas que suponen un mayor riesgo, se toman medidas para solucionarlas (Gutiérrez Pulido y de la Vara Salazar, 2009).

De manera general, existen dos grandes tipos de AMEF: de diseño y de proceso. El AMEF de diseño ayuda en el propio proceso de diseño, mediante la identificación de fallas conocidas y previsibles y su posterior clasificación según el impacto que tengan en el producto. La implementación de esta metodología ayuda a establecer prioridades en función de las fallas esperadas y la gravedad de esas fallas, además de ayudar a descubrir descuidos, juicios erróneos y errores que pueden haberse cometido. También permite reducir el tiempo de desarrollo y el costo de los procesos de fabricación al eliminar muchas fallas potenciales antes de la operación del proceso y al especificar las pruebas apropiadas para probar el producto diseñado. Por su parte, el AMEF de proceso se utiliza para identificar posibles fallas del proceso, clasificándolas y ayudando a establecer prioridades de acuerdo con el impacto que provoquen en el cliente interno o externo. Su implementación ayuda a identificar posibles fallas de fabricación o ensamblaje para

establecer controles para la reducción y detección de estas ocurrencias (Besterfield y otros, 2012).

Para realizar un AMEF, primero se delimita el área al que se va aplicar y se designa el equipo a cargo; se deben identificar todas las posibles fallas; para cada una de estas fallas, se identifican los efectos que provocan y se asigna un grado de gravedad; se encuentran las posibles causas de las fallas y se determina la frecuencia en que ocurren; se distinguen los controles para detectar las ocurrencias de las fallas y se estima la posibilidad de que las detecten; con estos datos, se calcula el número de prioridad del riesgo ($NPR = \text{severidad} \times \text{ocurrencia} \times \text{detección}$); para los NPR más altos, se deben identificar acciones que reduzcan los efectos o la posibilidad de que ocurran, finalizando con la revisión de dichas acciones (Gutiérrez Pulido y de la Vara Salazar, 2009).

III.4 Desperdicios de un proceso

Un desperdicio o exceso (conocido como muda en japonés) se refiere a cualquier esfuerzo que realiza una empresa que no agregue algún valor al producto o servicio que requiere el cliente, aumentando los costos de operación y disminuyendo el nivel del producto o servicio, afectando así los beneficios que se obtienen (Socconini, 2019).

Socconini (2019) agrupa estos desperdicios en siete grandes grupos:

- Sobreproducción. Se refiere básicamente a producir más de lo necesario, más rápido de lo que se requiere y antes de que se necesite.
- Inventario. Se da cuando cualquier material, producto en proceso o terminado excede a lo que se necesita para satisfacer la demanda del cliente (sobre-inventario).
- Productos defectuosos. Hace referencia a la pérdida de los recursos empleados para producir un artículo o servicio defectuoso, ya que se pierden materiales, tiempo de uso de las máquinas y tiempo del trabajador en realizar un producto que no agrega valor. También aplica para las tareas repetidas.
- Transporte de materiales y herramientas. Son todos aquellos traslados de materiales que no aportan al sistema de producción de la empresa, aumentando los costos y el riesgo de accidentes o imprevistos con el producto.

- Procesos innecesarios. Son todos aquellos procesos que no agregan valor para el cliente, ya sea por la presencia de pasos no estandarizados o repetitivos. Para gestionar este desperdicio se puede aplicar la técnica ECRS (eliminación, combinación, reducción o simplificación del proceso).
- Espera. Es el tiempo que se pierde cuando el operador espera que la máquina termine el trabajo, cuando las máquinas se detienen para esperar que se hagan los ajustes o cuando se está a la espera de materiales, herramientas o instrucciones para empezar el trabajo, consumiendo tiempo.
- Movimientos innecesarios del trabajador. Se refiere al traslado de personas de un punto a otro en su lugar de trabajo, sin ser indispensable para aportar valor al producto y sin contribuir a la transformación o beneficio del cliente.

III.5 Variación en los procesos

En un proceso destinado a la fabricación de un producto existen una serie de factores que afectan las características del producto final y no permiten que estos sean siempre uniformes, sino que se presenta una variabilidad. Generalmente, estas variaciones son no deseadas, por lo que uno de los objetivos es reducirlas o mantenerlas dentro de un límite (Ruiz Falcó Rojas, 2006).

Todas estas variaciones suelen generarse debido a las interacciones entre los materiales, las máquinas, la mano de obra, las mediciones, el medio ambiente y los métodos. Estos elementos se conocen como las 6 M, y son los que engloban todo proceso. Cada una de estas M aporta una parte de la variabilidad que se encuentran luego en los resultados del proceso, sea este un producto, bien o servicio (Gutiérrez Pulido, 2010).

Debido a la permanente posibilidad de que ocurran estas variaciones, es necesario monitorear de manera constante los diversos componentes de un proceso, por ejemplo: midiendo las características clave de los insumos, las condiciones de operación de los equipos y las variables de salida de los diferentes procesos. Sin embargo, no todos los cambios en las 6 M producen una variación significativa, ya que existen algunos inherentes al funcionamiento del proceso mismo (conocidos como causas comunes) y otros que se deben a una situación particular y atribuible (que se conocen como causas especiales). Es por esto que el monitoreo se debe realizar apoyándose en herramientas

básicas que permitan decidir cuál es la reacción o acción más adecuada según el tipo de cambio, que puede ir desde no hacer nada hasta generar un proyecto de mejora (Gutiérrez Pulido, 2010).

III.6 Estandarización

Un enfoque basado en la calidad requiere que todas las actividades, productos o servicios que se realicen cumplan las expectativas de los clientes o usuarios en forma sistemática. Esto significa que no solamente se debe asegurar la satisfacción del cliente la primera vez, sino que se deben diseñar los procedimientos necesarios para que dichos requisitos se cumplan cada vez que realizamos una actividad o entregamos un producto o servicio (Díaz Pérez, 2003).

Esto se consigue estandarizando los resultados a través de la estandarización en la ejecución del proceso, es decir, en la realización de cada uno de los pasos que llevan a la obtención de los resultados planeados. Para lograr la estandarización, según recoge Díaz Pérez (2003), se requiere lo siguiente:

- Documentar y oficializar los procesos de realización de la actividad, servicio o producto, una vez que se ha probado su efectividad.
- Informar y capacitar a todas las personas involucradas en la ejecución del proceso. para que realicen cada paso de acuerdo a las normas establecidas.
- Evaluar periódicamente los resultados obtenidos para confirmar la validez y vigencia del proceso.
- En caso de que la ejecución del proceso requiera de modificaciones o actualizaciones, documentar los cambios y entrenar al personal.
- Auditar periódicamente el cumplimiento del proceso estandarizado por parte de todos los involucrados.

SEGUNDA PARTE

MARCO METODOLÓGICO

CAPÍTULO IV METODOLOGÍA

En este capítulo se describe la metodología que se aplica para recolectar toda la información que permita elaborar la propuesta de mejora, abarcando tanto el tipo y enfoque hacia el que se orienta la investigación como el método más adecuado que permita alcanzar los objetivos propuestos.

IV.1 Tipo y diseño de investigación

El presente proyecto se basa en una investigación de tipo no experimental, ya que se analizan los procesos ya existentes en la planta de Agua Life Bautista, con el propósito de determinar posibles mejoras que ayuden a incrementar la productividad y calidad del producto. Además, dado que se obtienen datos en espacios de tiempo y momentos determinados, el diseño es de tipo transversal (Universidad Naval, 2017).

De acuerdo al nivel de profundidad de la investigación es de tipo explicativo, ya que se exploran las posibles causas que ocasionan la productividad deficiente en la empresa, y también descriptiva, debido a que se aplican herramientas que describen tanto cualitativa como cuantitativamente los efectos que provocan dichas causas.

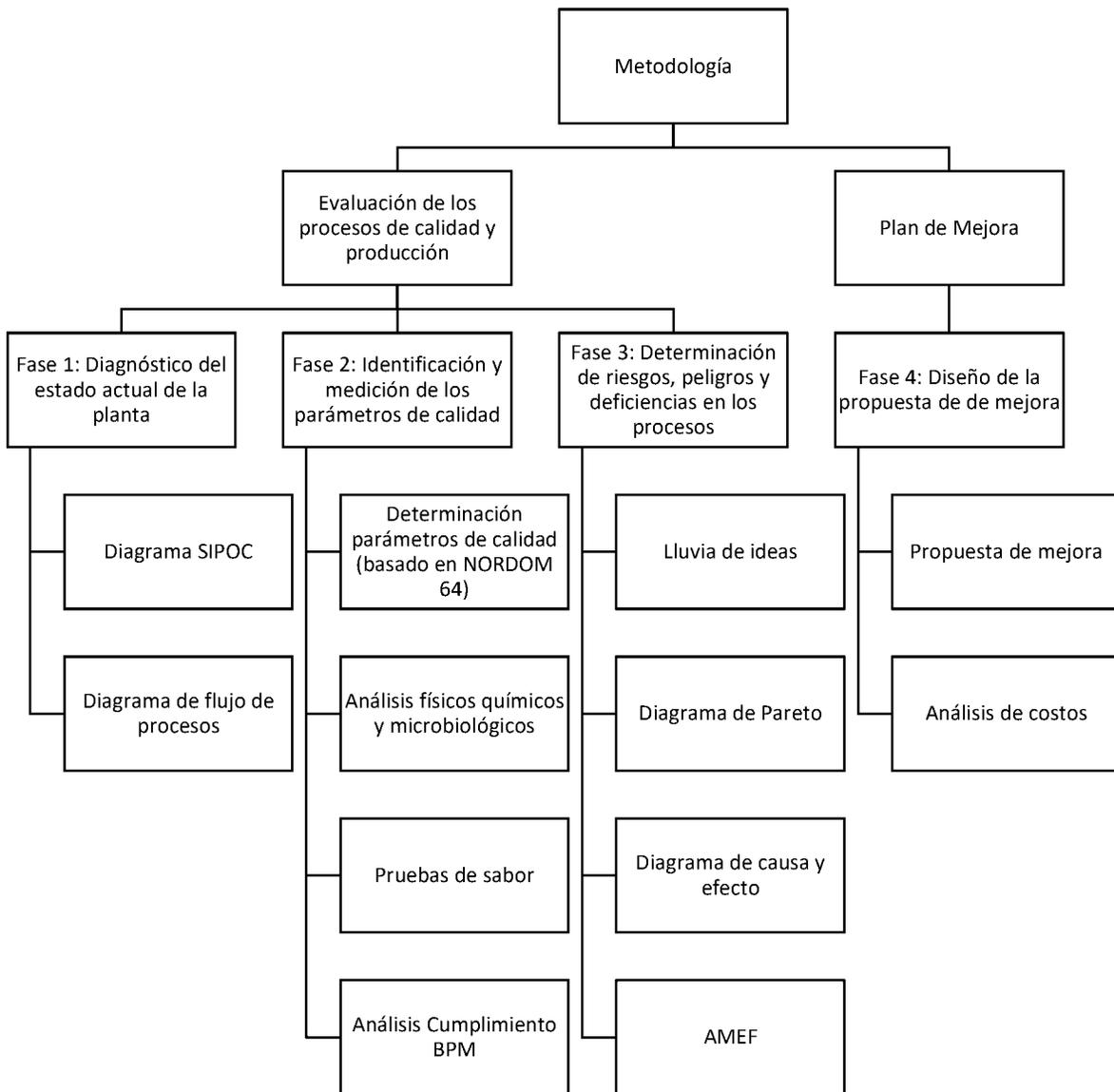
El método que se sigue es de tipo analítico, mediante la identificación y el estudio de cada uno de los elementos que conforman el proceso de producción de la planta, analizando cada uno y determinando los factores que se deben mejorar.

IV.2 Procedimiento

La metodología del proyecto está compuesta de cuatro fases, como se muestra en la Figura 3. En la primera fase, se realiza un diagnóstico general de la planta utilizando un diagrama SIPOC para analizar los elementos que intervienen en la creación del producto final y la descripción del proceso de producción con su respectivo diagrama de proceso; en la segunda fase, se identifican y miden los parámetros de calidad en base a lo estipulado

en los parámetros internos de Agua Life Bautista y en la NORDOM 64 como requisitos fisicoquímicos y microbiológicos, además de analizar el cumplimiento de las Buenas Prácticas de Manufactura y una prueba de sabor donde se compara el producto con marcas establecidas en el mercado; en la tercera fase se determinan los riesgos, peligros y deficiencias en los procesos de producción aplicando diversas herramientas de calidad; y en la cuarta fase se diseña la propuesta de mejora y se realiza un análisis de costos.

Figura 3. Diagrama de metodología del proyecto.



Fuente: Lapay Pinales, S., López Feliz, F. (2023). “Propuesta de un plan de mejora para la estandarización de procesos de manufactura y calidad para la empresa Agua Life Bautista.”

IV.2.1 Fase 1: Diagnóstico del estado actual de la planta

En esta fase del proyecto, se realiza un levantamiento de información sobre la planta, describiendo todas las etapas del proceso de producción, que va desde la recepción de los insumos y materiales hasta la entrega del producto final al cliente, además de realizar el diagrama de flujo de este proceso. También se utiliza un diagrama SIPOC para complementar la información recabada, detallando aspectos como los proveedores de los insumos y materiales, la entrada de estos al proceso, los resultados que se obtienen y su entrega a los clientes de acuerdo a sus requerimientos. Toda esta información se recopila por medio de observación del proceso productivo, entrevistas y reuniones con el personal operativo de la planta y la gerencia.

IV.2.2 Fase 2: Identificación y medición de parámetros de calidad

En esta fase del proyecto se determinó el cumplimiento de los parámetros de calidad en el producto final, de acuerdo con los límites establecidos por la empresa Agua Life Bautista y los establecidos por INDOCAL en la NORDOM 64. Esto se logró mediante la medición de parámetros fisicoquímicos como la dureza, el pH, los sólidos disueltos totales (TDS) y el cloro libre, además de parámetros microbiológicos. En el caso de los parámetros fisicoquímicos, se miden in situ durante un mes resultando en un total de 20 muestras recolectadas.

El pH fue analizado con un pH-metro “testo 206-pH” calibrado con soluciones tampón de pH 4.01 ± 0.02 , 7.00 ± 0.02 y 10.01 ± 0.02 de la marca HACH. El cloro residual libre fue medido con un colorímetro “Milwaukee MW10” utilizando el reactivo DPD de cloro libre de la marca HACH. La dureza se midió con el kit de prueba “HACH 145300” mediante titulación. Por último, para los sólidos disueltos totales se utilizó un medidor digital.

Para respaldar los análisis realizados se contrató a LIMPHISAA INTERNATIONAL, un laboratorio externo especializado, quien durante el mismo periodo de tiempo tomó cuatro muestras donde midió la dureza, el pH, los sólidos disueltos totales y el cloro libre;

además en dos de esas muestras midió los coliformes totales, coliformes fecales, *Pseudomonas spp* y recuento total de aerobios mesófilos del producto final.

Con los resultados obtenidos se realizaron gráficos de control con ayuda del software Excel, tomando como límites primero, los definidos por Agua Life Bautista, y segundo los definidos por INDOCAL.

Para conocer la voz del cliente se realizó una prueba de sabor con una muestra representativa de Sabana Perdida, el municipio donde Agua Life Bautista está establecido, y representa su principal clientela. En esta prueba, se comparó el producto con otras marcas muy presentes y competitivas en el mercado.

En esta fase también se determinó el cumplimiento de las Buenas Prácticas de Manufactura, tomando como referencia la NORDOM 581. Se realizó una plantilla en el software Excel, mostrada en el Anexo 20, que permitió calcular el porcentaje de cumplimiento de esta norma en los procesos de producción y almacenamiento de la planta.

IV.2.3 Fase 3: Determinación de riesgos, peligros y deficiencias en los procesos

En esta fase del proyecto se determinaron los principales factores que afectan la productividad de la planta, así como sus posibles causas y los riesgos y peligros asociados. Toda esta información fue recabada mediante la aplicación de herramientas como la lluvia de ideas, el diagrama de Pareto, el diagrama de causa y efecto o de Ishikawa y un Análisis del Modo y Efecto de Falla (AMEF).

Para la determinación de las posibles causas que generan bajas en la productividad se implementó la lluvia de ideas en conjunto con los responsables del proceso de producción, mediante reuniones presenciales en donde se profundizaron en los aspectos que generan un mayor impacto dentro de los procesos de producción de la planta.

Con la información recabada en la lluvia de ideas se diseñó un diagrama de Pareto para determinar las deficiencias que tienen un mayor impacto en los procesos de manufactura de la planta. Para desarrollar el diagrama, cada causa es valorada por el personal y la gerencia de la planta en una escala del 1 al 10, donde 10 se refiere a una causa con mayor prioridad para ser resuelta; luego, se ordenan los resultados de mayor a menor utilizando

el software Microsoft Excel y se construye el gráfico de Pareto a partir de la frecuencia y porcentaje acumulado.

De igual manera, se desarrolló un diagrama de causa y efecto a partir de la información recabada en la lluvia de ideas, categorizando las causas y sus sub-causas dentro de las 6 M: Mano de obra, Maquinaria, Materiales, Medición, Método y Medio ambiente. La representación gráfica de este diagrama se realizó utilizando el software EdrawMax.

Para detectar las fallas y efectos provocadas por las deficiencias identificadas mediante el diagrama de Pareto, se desarrolló un Análisis Modal de Efectos y Fallos (AMEF) con la colaboración de la gerencia y el personal de la planta. El AMEF se construyó seccionando las fases del proceso de producción y detectando los potenciales modos de falla en cada una; luego se evaluó el tipo de riesgo (físico, químico, biológico...), y el potencial efecto que genera en el proceso, asignando un valor de gravedad en una escala del 1 al 10; posteriormente, se determinaron las potenciales causas de dichos efectos y se asignó una valoración de ocurrencia en escala del 1 al 10; lo siguiente fue indicar los controles actuales existentes (en caso de haberlos) y se valoró en escala del 1 al 10 la probabilidad de que se detecte el fallo; finalmente, se calculó el número de prioridad del riesgo ($NPR = \text{gravedad} \times \text{ocurrencia} \times \text{detección}$), y se propuso una serie de mejoras que ayuden a disminuir los efectos de las fallas determinadas.

IV.2.4 Fase 4: Diseño de la propuesta de mejora

En esta fase del proyecto se establecieron las propuestas de mejora para la empresa, tomando en cuenta los datos obtenidos en las tres fases previas. Las propuestas de mejora se enfocaron en las actividades que impactan de manera directa en la productividad y en la calidad del producto final, como son las variables críticas para el control de calidad, la seguridad e inocuidad, el mantenimiento de los equipos y la estandarización de los procesos. También se realizó el análisis de costos y beneficios de la implementación de estas mejoras.

TERCERA PARTE

PRESENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS

CAPÍTULO V EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN Y CALIDAD EN AGUA LIFE BAUTISTA

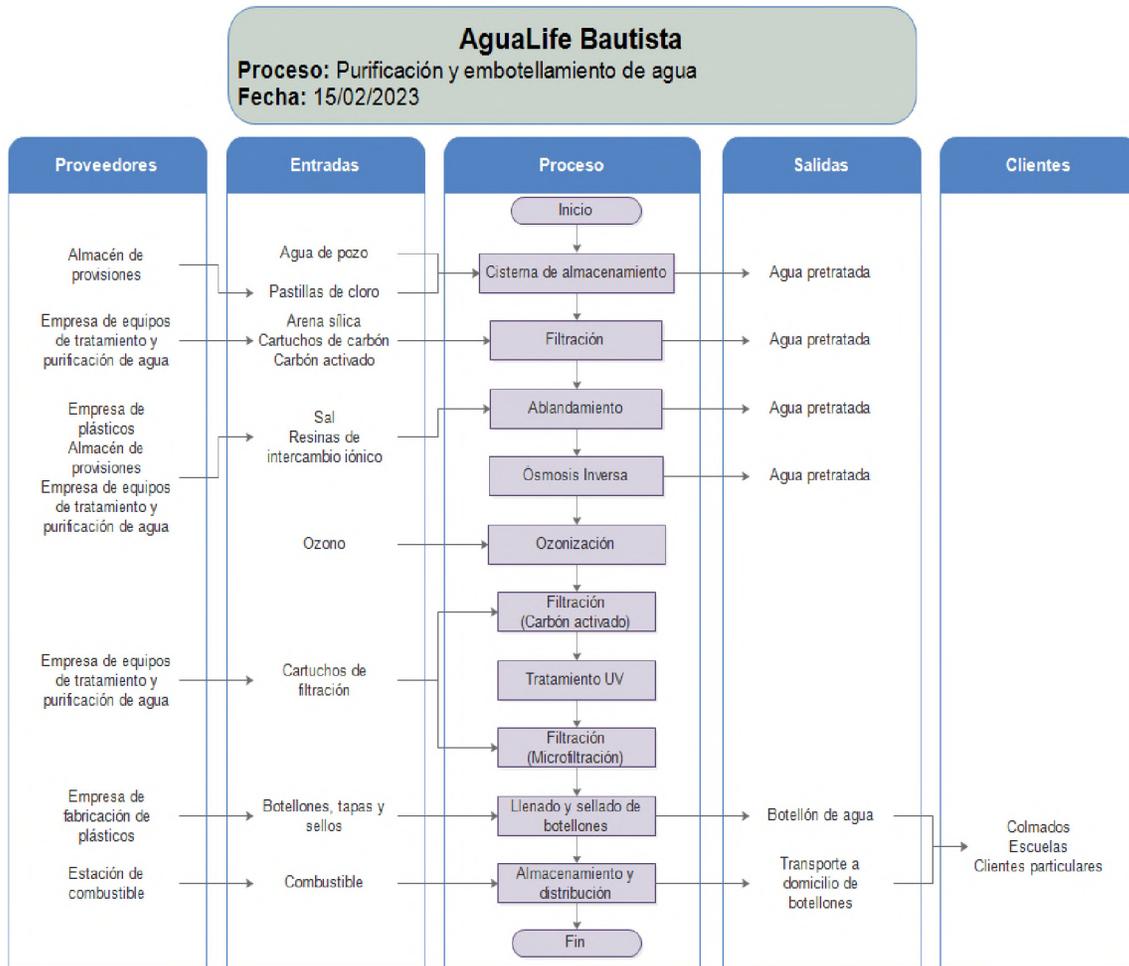
Agua Life Bautista es una microempresa familiar con menos de cuatro años de funcionamiento. Está establecida en el municipio de Sabana Perdida y se dedica a la purificación y embotellamiento de agua.

La empresa no tiene establecido aún su visión, misión, objetivos y valores. Las políticas y procedimientos no han sido definidos y plasmados en ningún documento oficial. Tampoco tienen contemplado algún plan de riesgo, mantenimiento o comunicaciones.

V.1 Diagnóstico del estado actual de la planta

Los procesos de producción inician con los proveedores. Dentro de los proveedores identificados se encuentran: un almacén de provisiones, encargado de proveer las pastillas de cloro utilizadas en el agua de pozo y la sal del sistema de ablandamiento; una empresa de equipos de tratamiento y purificación de aguas, que proporciona insumos como la arena sílica, el carbón activado, los cartuchos de carbón activado y las resinas de intercambio iónico, necesarios para los subprocesos de filtración y ablandamiento del agua; varias empresas de fabricación y/o comercialización de plásticos, que suministran los botellones, tapas y sellos usados durante la etapa de llenado y sellado; y una estación de combustible, que dota al vehículo de transporte el combustible necesario para la distribución del producto final. La mayoría de estas entradas al proceso generan como salidas el agua pre-tratada hasta la etapa de llenado y sellado, donde la salida es el producto final que tiene como mercado objetivo a escuelas y clientes particulares en su mayoría.

Figura 4. Diagrama SIPOC.



Fuente: Lapay Pinales, S., López Feliz, F. (2023). “Propuesta de un plan de mejora para la estandarización de procesos de manufactura y calidad para la empresa Agua Life Bautista.”

Dentro de la planta el agua inicia su proceso de purificación en la cisterna donde es pre-clorada utilizando un clorinador, en el cual se introduce una pastilla de cloro; la pastilla se cambia según se vaya deteriorando. Se mide el cloro y el pH con soluciones indicadoras. El pH en la cisterna se exige que esté entre 7 y 7.8 y el cloro por encima de 1.5 mg/L, cuando está por debajo se cambia la pastilla.

El agua de la cisterna llega primero a un filtro de arena sílica en el cual se retienen la mayoría de los sólidos suspendidos; luego, pasa por un filtro de carbón activado encargado de remover el cloro, malos olores, malos sabores, y otras sustancias orgánicas. Al final del filtro de carbón activado no se toma muestra para medir el cloro libre, por lo cual este parámetro no está controlado dentro del proceso.

El agua ya filtrada pasa por dos ablandadores, los cuales funcionan por intercambio iónico. El filtro se llena de una resina de intercambio iónico la cual atrapa los iones que provocan la dureza del agua y los intercambia por iones de Na^+ que provienen del tanque de salmuera. Se toma una muestra de agua y se analiza con un kit de dureza, el cual de forma cualitativa permite observar si hay dureza presente en el agua. Cuando pasa este análisis se aprueba la producción y cuando no, se lava el filtro.

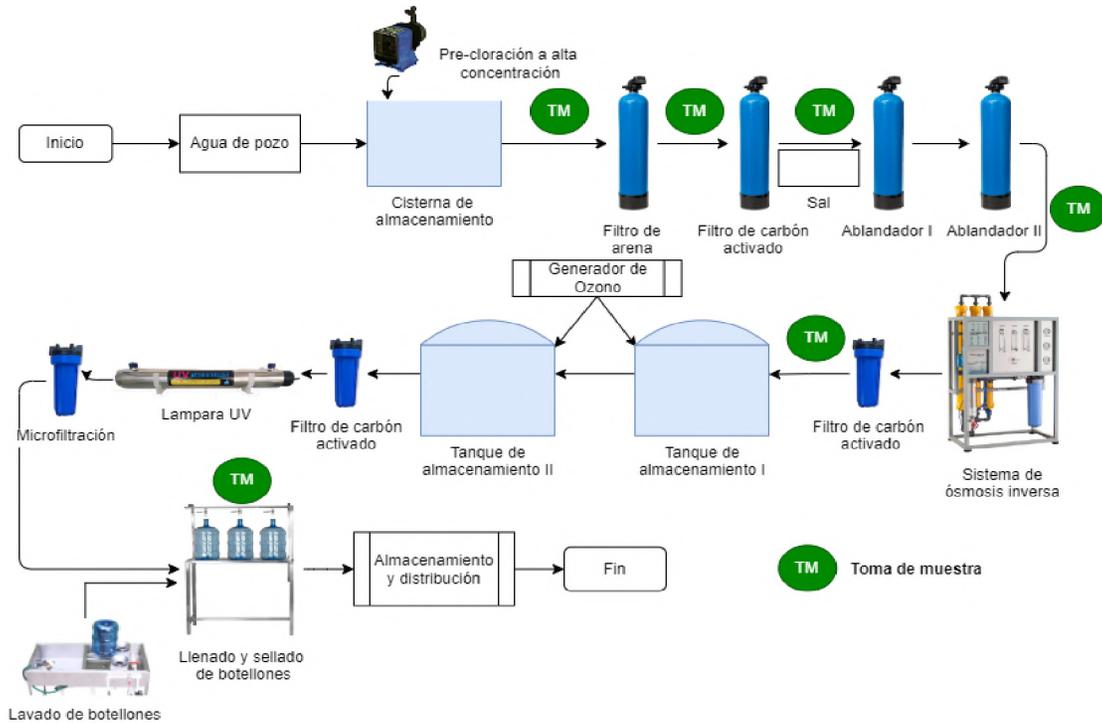
La siguiente etapa es el sistema de ósmosis inversa. El equipo inicialmente funcionaba con 3 membranas, pero debido a una mala manipulación, se dañó una de las membranas. Después del sistema ósmosis, se le da sabor con un filtro de carbón activado tipo coconut charcoal para que pase a los tanques de almacenamiento donde se produce la ozonificación con un generador de ozono. El agua vuelve a pasar por un filtro de carbón activado, luego por una lámpara ultravioleta que elimina cualquier bacteria que haya permanecido en el agua, el último filtro es de polipropileno.

Los portafiltros para los filtros de arena, carbón activado y los ablandadores que van antes del sistema ósmosis inversa son de fibra de vidrio, de 9x48 pulgadas, funcionan por gravedad y presión. La válvula utilizada es de control automático que permite cambiar de un modo a otro de forma manual.

El agua se envasa en botellones con una capacidad de 5 galones. Cada botellón se lava por fuera de forma manual con agua y jabón de trastes, luego el mismo operario los coloca en un equipo donde se lavan con agua caliente y después agua fría. Todos los botellones ya limpios son trasladados al área de llenado, donde se colocan la mayoría en el suelo hasta que llegue su turno de ser llenados.

La planta produce una cantidad de 150 botellones por día, aproximadamente, dependiendo del nivel de agua de los tanques de almacenamiento, los cuales tienen una capacidad de 500 galones cada uno. Esto representa una producción diaria estimada de 750 galones de agua.

Figura 5. Diagrama de Flujo de Procesos



Fuente: Lapay Pinales, S., López Feliz, F. (2023). “Propuesta de un plan de mejora para la estandarización de procesos de manufactura y calidad para la empresa Agua Life Bautista.”

V.2 Identificación y medición de los parámetros de calidad

Los parámetros medidos por Agua Life Bautista para el control de calidad del producto final son sólidos totales disueltos (TDS) y dureza. Los sólidos totales disueltos se miden con un medidor digital y la dureza con un kit de análisis destinado para este fin.

Estos resultados no se quedan plasmados como evidencia, ya que no se posee ninguna bitácora para almacenar estos datos.

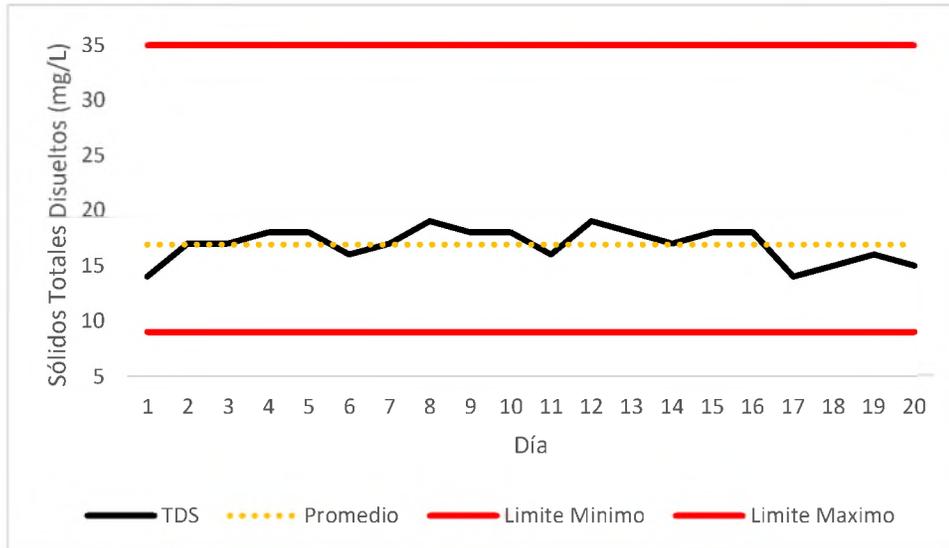
TABLA 1 PARÁMETROS DE CALIDAD DETERMINADOS POR AGUA LIFE BAUTISTA

Parámetro de calidad	Límite mínimo permisible	Valor óptimo	Límite máximo permisible
Dureza (mg/L)	0	5	10
TDS (mg/L)	9	9 - 14	35

Fuente: Lapay Pinales, S., López Feliz, F. (2023). “Propuesta de un plan de mejora para la estandarización de procesos de manufactura y calidad para la empresa Agua Life Bautista.”

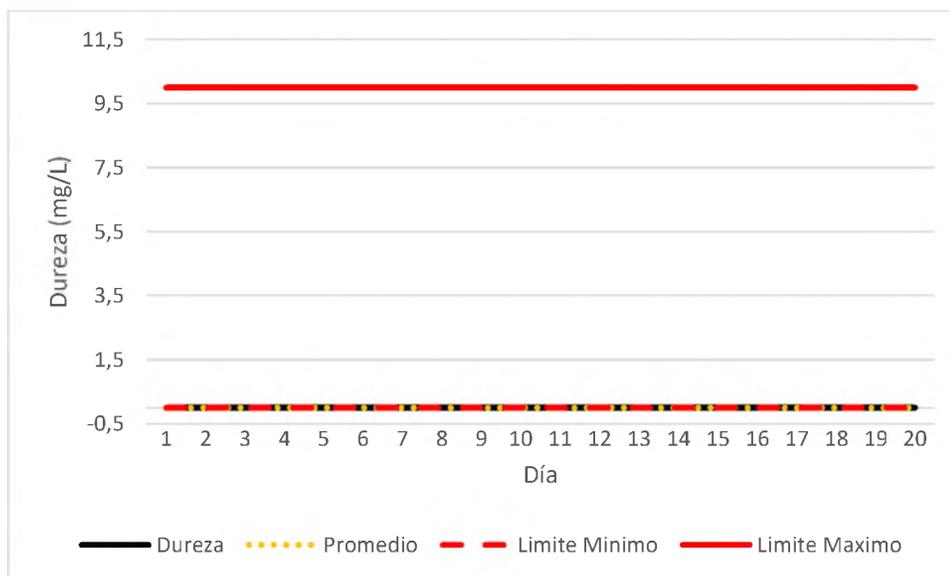
Los resultados obtenidos de los análisis químicos físicos realizados durante un mes muestran que la dureza y los sólidos totales disueltos se encuentran controlados dentro del proceso, según los límites determinados por la gerente de Agua Life Bautista.

Figura 6. Variación de los sólidos totales disueltos durante un mes.



Fuente: Lapay Pinales, S., López Feliz, F. (2023). “Propuesta de un plan de mejora para la estandarización de procesos de manufactura y calidad para la empresa Agua Life Bautista.”

Figura 7. Variación de la dureza durante un mes.



Fuente: Lapay Pinales, S., López Feliz, F. (2023). “Propuesta de un plan de mejora para la estandarización de procesos de manufactura y calidad para la empresa Agua Life Bautista.”

En los análisis realizados al producto terminado se incluyó también el pH y el cloro residual libre. Estas variables, junto con los sólidos totales disueltos, son consideradas por Céspedes (2021) como críticas para el control de calidad del agua purificada.

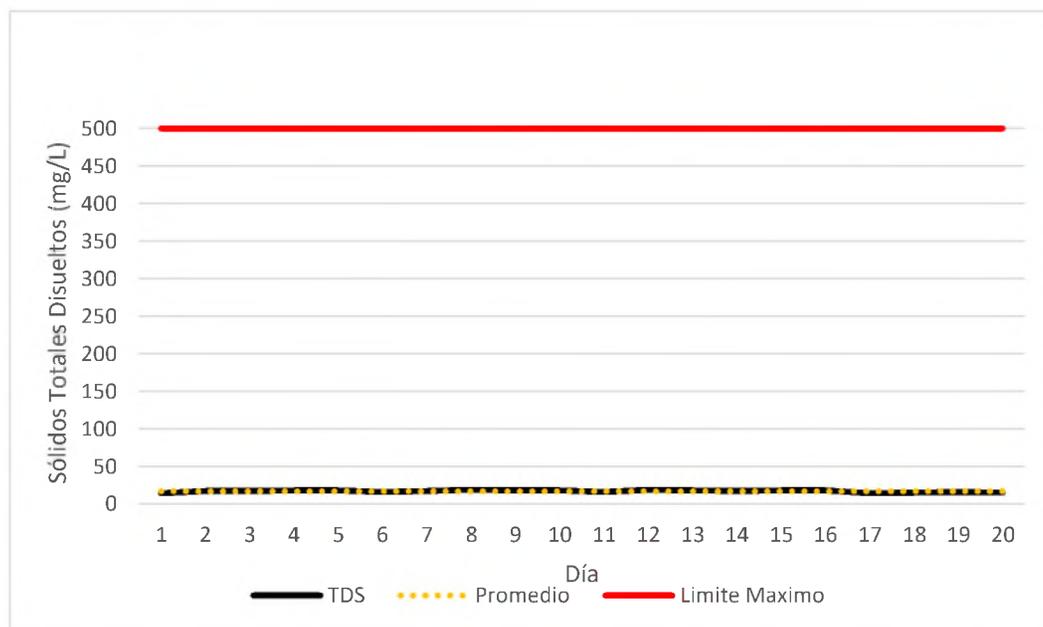
Al evaluar el comportamiento de estas variables, tomando de referencia los límites propuestos por INDOCAL en la NORDOM 64, se observó que los que sólidos totales disueltos y el cloro residual libre cumplen con lo establecido en la normativa, a diferencia del pH, el cual presentó siete medidas debajo del límite mínimo permisible, y el promedio quedó a una distancia de 0.1 por encima del límite mínimo permisible, evidenciando que la variable no está siendo controlada dentro del proceso. Esta inconformidad debe ser corregida.

TABLA 2 PARÁMETROS DE CALIDAD DETERMINADOS POR INDOCAL

Parámetro de calidad	Límite mínimo permisible	Límite máximo permisible
TDS (mg/L)	-	500
Cloro residual libre (mg/L)	-	0
pH	6.5	8.5

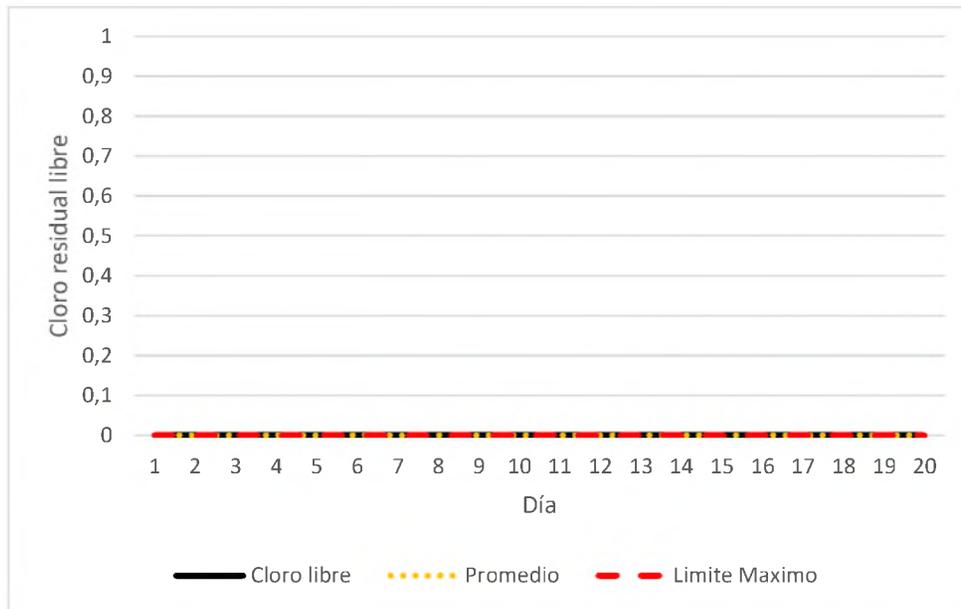
Fuente: Lapay Pinales, S., López Feliz, F. (2023). “Propuesta de un plan de mejora para la estandarización de procesos de manufactura y calidad para la empresa Agua Life Bautista.”

Figura 8. Variación de los sólidos totales disueltos durante un mes.



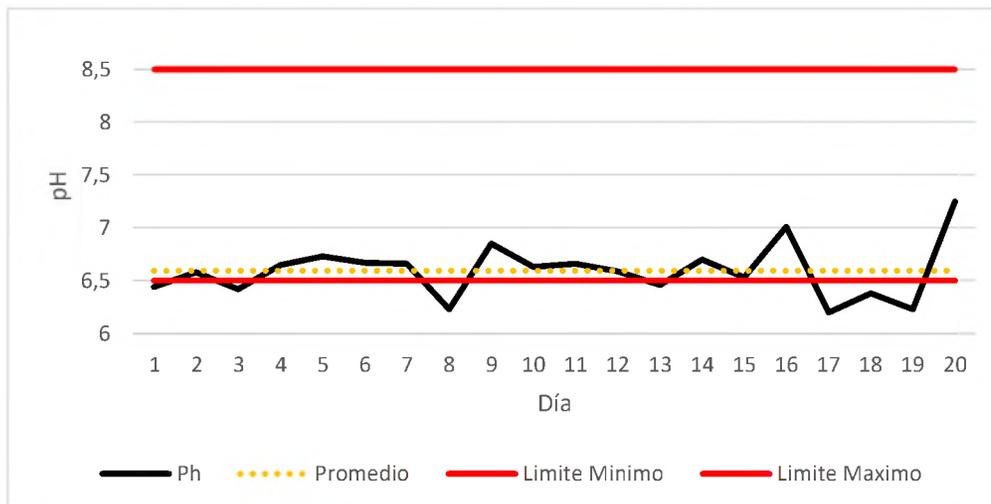
Fuente: Lapay Pinales, S., López Feliz, F. (2023). “Propuesta de un plan de mejora para la estandarización de procesos de manufactura y calidad para la empresa Agua Life Bautista.”

Figura 9. Variación del cloro residual libre durante un mes.



Fuente: Lapay Pinales, S., López Feliz, F. (2023). “Propuesta de un plan de mejora para la estandarización de procesos de manufactura y calidad para la empresa Agua Life Bautista.”

Figura 10. Variación del pH durante un mes.

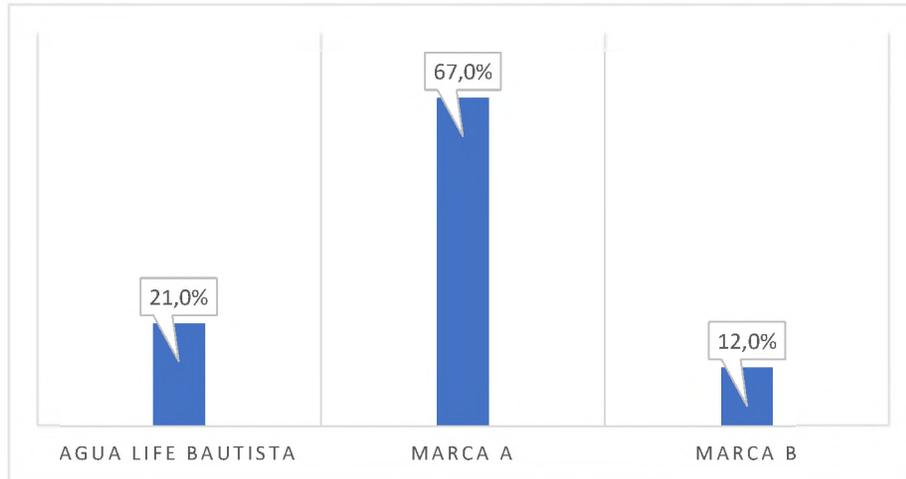


Fuente: Lapay Pinales, S., López Feliz, F. (2023). “Propuesta de un plan de mejora para la estandarización de procesos de manufactura y calidad para la empresa Agua Life Bautista.”

Para conocer la voz del cliente se realizó una prueba de sabor con una muestra representativa del municipio de Sabana Perdida donde se comparó Agua Life Bautista con dos marcas competentes de agua purificada.

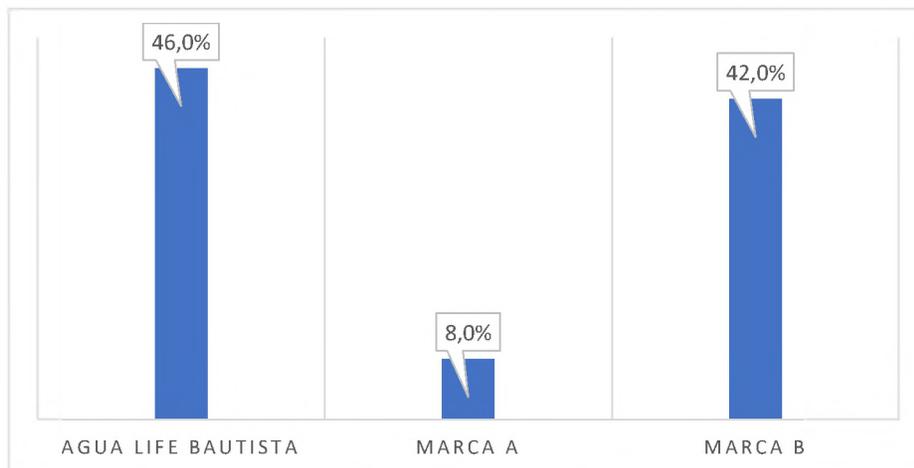
El tamaño de la muestra resultó ser 24, para un nivel de confianza de 95%, un error de estimación máximo aceptado de 0.2 y teniendo en cuenta que la población es de 200,000 habitantes.

Figura 11. Marca de agua elegida como la del mejor sabor por los consumidores.



Fuente: Lapay Pinales, S., López Feliz, F. (2023). “Propuesta de un plan de mejora para la estandarización de procesos de manufactura y calidad para la empresa Agua Life Bautista.”

Figura 12. Marca de agua elegida como la del peor sabor por los consumidores.

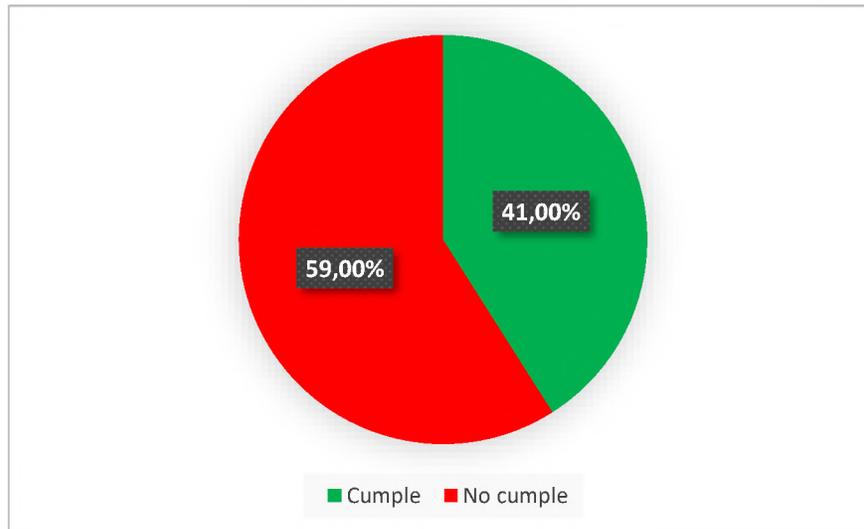


Fuente: Lapay Pinales, S., López Feliz, F. (2023). “Propuesta de un plan de mejora para la estandarización de procesos de manufactura y calidad para la empresa Agua Life Bautista.”

En esta prueba de sabor 46% de los consumidores consideraron Agua Life Bautista como el agua del peor sabor y sólo un 21% la eligió como la del mejor sabor. Los comentarios de los consumidores describen su sabor como pesado, desabrido, parecido al agua de llave. Afirman también que prefieren un agua con un sabor más dulce.

Para incrementar su credibilidad frente a los consumidores lo ideal es que la empresa se certifique en Buenas Prácticas de Manufactura. Esta certificación la otorga INDOCAL tomando en cuenta el cumplimiento de la NORDOM 581 por la empresa. Al evaluar los procesos de Agua Life Bautista se concluyó que no se cumple con el 59% de esta norma, por lo tanto, se deben implementar mejoras en esta área para poder obtener la certificación.

Figura 13. Cumplimiento de las buenas prácticas de manufactura.



Fuente: Lapay Pinales, S., López Feliz, F. (2023). “Propuesta de un plan de mejora para la estandarización de procesos de manufactura y calidad para la empresa Agua Life Bautista.”

V.3 Determinación de riesgos, peligros y deficiencias en los procesos

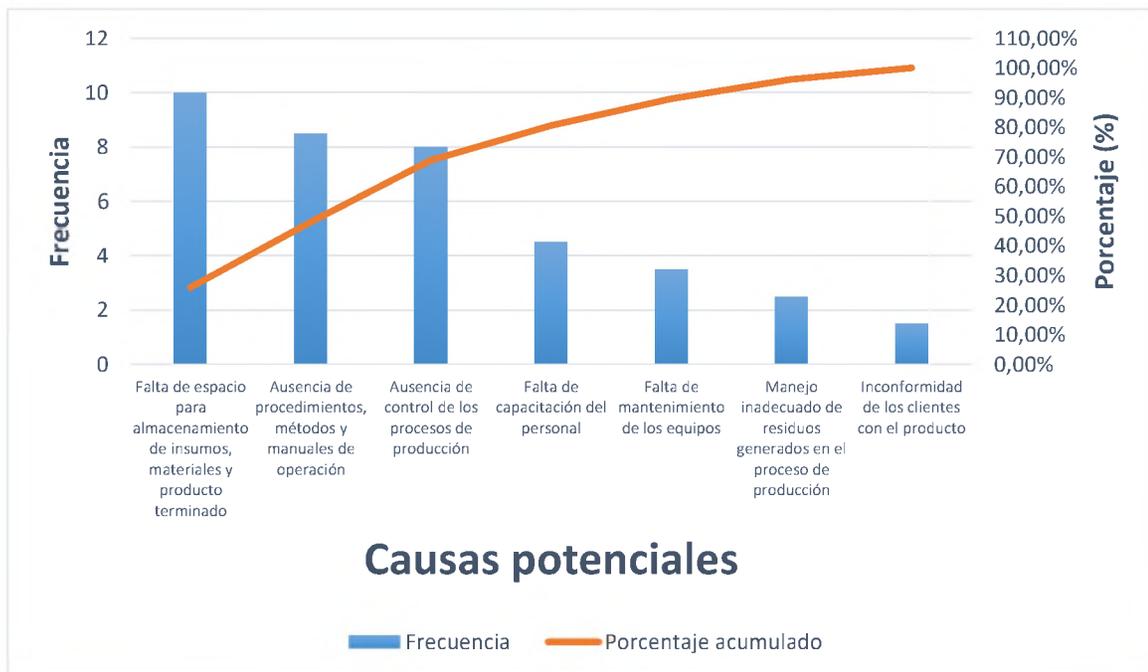
Las principales causas que generan bajas en la productividad se detallan en la Figura 14, determinadas mediante la aplicación de una lluvia de ideas en conjunto con la gerencia y el personal operativo de la planta, destacándose aspectos como la falta de espacio de almacenamiento de los insumos y materiales; también, la ausencia de manuales de operación, métodos y procedimientos, situación que dificulta el adecuado manejo de los equipos de filtración, y que va enlazado de manera directa con la falta de capacitación del personal en el manejo de estos equipos.

Figura 14. Lluvia de ideas aplicada en los procesos de producción.

Lluvia de ideas
Objetivo: Determinar las principales causas que generan bajas en la productividad en Agua Life Bautista
Participantes: Gerente general, operarios
Lista de ideas
Ausencia de procedimientos, métodos y manuales de operación
Falta de mantenimiento de los equipos
Ausencia de control de los procesos de producción
Falta de espacio para almacenamiento de insumos, materiales y producto terminado
Falta de capacitación del personal
Manejo inadecuado de residuos generados en el proceso de producción
Inconformidad de los clientes con el producto

Fuente: Lapay Pinales, S., López Feliz, F. (2023). “Propuesta de un plan de mejora para la estandarización de procesos de manufactura y calidad para la empresa Agua Life Bautista.”

Figura 15. Diagrama de Pareto.



Fuente: Lapay Pinales, S., López Feliz, F. (2023). “Propuesta de un plan de mejora para la estandarización de procesos de manufactura y calidad para la empresa Agua Life Bautista.”

Con los datos recopilados mediante la lluvia de ideas se diseñó el diagrama de Pareto presentado en la Figura 15, donde se muestra que la falta de almacenamiento para los insumos, materiales y productos terminados es la causa con la mayor incidencia en los procesos de producción con un 90%; le sigue la ausencia de procedimientos, métodos y manuales de operación, con cerca de un 80%, y el control de los procesos de producción con un 75%, estando las demás por debajo del 50%.

Estos resultados demuestran que la mayor problemática a la que se enfrenta Agua Life Bautista es el espacio de almacenamiento, situación que se ve reflejada en la acumulación de botellones y materiales dentro de las áreas de operación de los equipos de producción. En adición, la falta de procedimientos y manuales de operación también impacta de manera significativa en la productividad de la empresa, ya que dificulta tanto el manejo de los equipos como la capacitación del personal, además de generar retrasos en la producción.

Las problemáticas obtenidas en la lluvia de ideas también se utilizaron para construir el diagrama de causa y efecto mostrado en la Figura 16, en donde se clasifican las causas dentro de 6 renglones: Mano de obra, Maquinaria, Materiales, Medición, Método y Medio ambiente.

Figura 16. Diagrama de causa y efecto o de Ishikawa.



Fuente: Lapay Pinales, S., López Feliz, F. (2023). "Propuesta de un plan de mejora para la estandarización de procesos de manufactura y calidad para la empresa Agua Life Bautista."

En concordancia con los datos obtenidos en el diagrama de Pareto, el diagrama de Ishikawa demuestra que los puntos con mayor impacto en la productividad provienen del renglón Método, destacando: la ausencia de manuales de operación de equipos como las bombas, los filtros (de intercambio iónico, carbón activado, microfiltración...) y el sistema de ósmosis inversa; la falta de procedimientos que estipulen la forma adecuada de limpiar los botellones, manipular los equipos de filtración y operar la máquina de envasado y sellado; y la falta de políticas que regulen y orienten el comportamiento dentro de la empresa, especialmente en materia de calidad, higiene y seguridad.

En el diagrama también se destacan los renglones de: Maquinaria, con puntos como la falta de mantenimiento adecuado de los equipos y una capacidad de operación por debajo de la demanda actual producto del crecimiento y expansión de la empresa; y Material, donde se evidencia nueva vez la falta de espacio de almacenamiento, más las limitaciones en el transporte del producto.

Con el objetivo de detectar las fallas y efectos de estas causas, se desarrolló un Análisis Modal de Efectos y Fallos (AMEF), determinando que los aspectos con mayor prioridad a ser solucionados son: con RPN's de 320 y 240, la falta de espacio de almacenamiento, lo que propicia una acumulación de materiales en las áreas de operación que dificultan la fluidez de la producción y crean riesgos de accidentes por caídas o tropiezos, además de la exposición del producto terminado al no tener un lugar adecuado para su almacenamiento; con un RPN de 243, la falta de seguridad por la presencia de cableado eléctrico expuesto; y finalmente, con un RPN de 216, la falta de higiene e inocuidad en el almacenamiento de materia prima (pozo), debido a que se encuentra expuesto a desechos, suciedad y microorganismos provenientes de los alrededores, principalmente por la cercanía de hogares debido a la ubicación de la planta

El AMEF también revela algunos fallos más en materia de seguridad por exposición a riesgos físicos y eléctricos, aunque el aspecto más destacado es la ausencia de controles que ayuden a detectar la mayoría de las potenciales fallas que pueden presentarse.

Figura 17. Análisis Modal de Efectos y Fallos (AMEF).

EVALUACIÓN FMEA DEL ESTADO ACTUAL DEL PROCESO									
Fase del proceso	Modos de falla potenciales	Tipo de riesgo	Efectos de falla potenciales	G R A V	Causas potenciales	O C C	Controles del proceso actual	D E T	R P N
Almacenamiento de materia prima (pozo)	Falta de seguridad	Físico	Caída de objetos o sustancias que contaminen el pozo	7	Falta de planeación	3	Entrada del pozo cubierta con lona plástica	8	168
		Químico		6				Cierre no hermético del pozo	4
	Falta de higiene e inocuidad	Físico	Pozo expuesto	6	Falta de planeación en higiene e inocuidad de materia prima	4	No existen	9	216
		Biológico		5				Cercanía de hogares que pueden contaminar el pozo	5
Procesamiento del producto	Falta de espacio	Físico	Caída de objetos al estar acumulados en un espacio pequeño	3	Falta de planeación y presupuesto	9	Almacenamiento de materiales dentro del área de operación	8	216
		Físico	Acumulación de materiales innecesarios en el área de filtración	3	Falta de espacio para almacenamiento de materiales	10		8	240
	Ausencia de medidas de control	Físico	Contaminación al manipular insumos dentro del área	6	Falta de capacitación del personal y ausencia de procedimientos	2	No existen	5	60
		Químico	Contaminación por presencia de polvo	3	Frecuencia de limpieza insuficiente	2		Limpieza del área ocasional	8
	Falta de seguridad	Eléctrico	Descargas y accidentes eléctricos	9	Presencia de cableado eléctrico expuesto	3	No existen	9	243
		Biológico	Contaminación por presencia de insectos	7	Presencia de grietas en las paredes del área	2		10	140
Almacenamiento de producto	Ausencia de medidas de control	Físico	Presencia de objetos encima de los tanques de almacenamiento	4	Falta de espacio para almacenamiento de materiales	10	No existen	8	320
		Físico	Exposición de equipos y tuberías a caídas de objetos	3		7		8	168
		Químico	Acumulación de agua en el suelo	3	Falta de planeación	9	Limpieza periódica del área	7	189
	Falta de seguridad	Eléctrico	Accidentes eléctricos	7	Colocación inadecuada de paneles de luz y bombillas	2	No existen	8	112
		Físico	Contaminación por presencia de insectos	7	Presencia de grietas en el techo del área	2		10	140

Fuente: Lapay Pinales, S., López Feliz, F. (2023). “Propuesta de un plan de mejora para la estandarización de procesos de manufactura y calidad para la empresa Agua Life Bautista.”

CAPÍTULO VI PROPUESTA DE MEJORA PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE MANUFACTURA Y CALIDAD PARA AGUA LIFE BAUTISTA

La falta de control y seguimiento sobre algunas variables críticas, que se traducen en una disminución de la calidad del producto, así como las faltas de mantenimiento de los equipos de producción, la ausencia de manuales y procedimientos de operación estandarizados, así como de instructivos y políticas definidas, además de algunos aspectos mejorables en materia de seguridad e inocuidad, son parte de los factores responsables de la limitada productividad de la empresa y, en consecuencia, de pérdidas económicas y mermas en la calidad del producto.

Teniendo en cuenta todos estos factores, se presenta la siguiente propuesta, centrada en ofrecer soluciones a corto y mediano plazo de las problemáticas halladas, en miras de mejorar la calidad y productividad de la empresa. En adición, se realiza un análisis de los costos de implementación de dicha propuesta.

VI.1 Propuestas de mejora

A continuación, se detallan las propuestas de mejora para la empresa:

VI.1.1 Pozo de almacenamiento de materia prima

Con los resultados obtenidos en el Análisis Modal de Efectos y Fallos (AMEF), se evidenció una falta de inocuidad y seguridad en el área donde se almacena la materia prima (pozo), siendo necesario adoptar medidas que permitan reducir la incidencia de factores físico, químicos y biológicos que afecten la integridad de la materia prima. Para lograr este objetivo, se debe considerar la implementación de las siguientes medidas de acuerdo a cada factor:

- Físico: Aumentar la frecuencia de limpieza del área, debido a la acumulación de basura y objetos producto de la cercanía de hogares y árboles. Para este fin debe asignarse un personal que ejecute las tareas de limpieza de manera diaria, utilizando escobas, palas, bolsas y equipos de protección adecuados (guantes, mascarilla) para recoger y depositar los desperdicios que se generan en la zona (hojas, basura).

Por otra parte, se debe aumentar la vigilancia en el área mediante la colocación de una cámara de seguridad, añadida al circuito ya existente en la planta.

- Biológico: Limpiar los suelos y paredes cercanos al pozo de almacenamiento de manera diaria, ya que son áreas con presencia de mohos y suciedad. El mismo personal asignado en el punto anterior debe encargarse de esta limpieza, aplicando hipoclorito de sodio diluido en agua y frotando en las zonas afectadas hasta no dejar rastro.

- Químico: Medir diariamente el nivel de cloro en el pozo, para asegurar que se cumpla con el límite mínimo estipulado por la empresa de 1.5 mg/L, y llevar un registro de dichas mediciones.

En adición a estas medidas, se deben realizar ajustes en la cubierta del pozo, debido a que la actual posee defectos que no permiten un cierre adecuado por desgaste de uso y corrosión, lo que supone un posible riesgo de contaminación. Debido a esto, se debe reemplazar la tapa por otra de iguales proporciones (24x24 pulgadas).

VI.1.2 Tanque de salmuera

Dentro de las etapas de filtración se encuentra el ablandamiento del agua, logrado mediante dos filtros que funcionan por intercambio iónico y un tanque de salmuera del que provienen los iones de Na^+ . A este tanque es necesario añadirle una mirilla o indicador de nivel directo que permita conocer en todo momento, mediante una inspección visual simple, la cantidad de salmuera restante dentro del tanque. Esta inspección debe ser realizada por el personal encargado de manejar los equipos de filtración.

En adición, se debe considerar la implementación de un inventario, ubicado en el anexo 22, que permita conocer en todo momento la cantidad de sal disponible para la elaboración de la salmuera; además, dado que esta sal es almacenada en una ubicación diferente al lugar donde está ubicada la planta, se debe adecuar un espacio que permita su almacenamiento en el local.

VI.1.3 Creación de instructivos y procedimientos

El diagrama de Pareto evidencia que una de las causas con mayor incidencia en los procesos de producción, con un porcentaje de 80%, es la ausencia de manuales de operación de los equipos utilizados en la producción del agua. En ese sentido, el diagrama de causa y efecto también muestra una falta de procedimientos que estipulan la forma adecuada de limpiar los botellones y tanques, manipular los equipos de filtración y operar las máquinas de envasado y sellado.

Teniendo en cuenta la importancia de contar con un personal capacitado para ejecutar las actividades dentro del proceso productivo de la planta, se propone el uso de un instructivo en el que se detallen, de forma resumida, el funcionamiento de los equipos utilizados para la producción del agua purificada, así como el uso de los manuales de operación de los filtros empleados. En el Anexo 5 se muestra el documento diseñado para este objetivo.

En ese mismo sentido, para garantizar la calidad e inocuidad del producto terminado, se diseñaron procedimientos que establecen la forma adecuada de realizar la limpieza de los tanques de almacenamiento y los botellones utilizados durante la producción (Figuras 18 y 19). La limpieza de tanques debe realizarse con una frecuencia mensual, mientras que los botellones deben limpiarse diariamente, antes de ser destinados al área de llenado y envasado. Estos procedimientos son útiles para capacitar a los nuevos colaboradores de la empresa, especialmente debido a la frecuente rotación del personal.

Figura 18. Procedimiento de limpieza de botellones.

Logo	Código:	Versión: 1.0
	Fecha:	Página: 1 de 1
PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA DE BOTELLONES		
Responsable:		
Objetivo		
Realizar de manera adecuada todas las actividades de limpieza requeridas en los botellones para garantizar la inocuidad del producto final.		
Materiales		
Agua Botellón de 20 litros Jabón grado alimenticio Cepillo de limpieza		
Procedimiento		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Verificar el estado del botellón. 2. Retirar la etiqueta, la tapa y el sello de seguridad proveniente del botellón usado en caso de ser necesario. 3. Colocar uno a uno los botellones en el área de lavado. 4. Verter dentro del botellón agua con jabón grado alimenticio. 5. Limpiar minuciosamente por dentro del botellón con un cepillo para botellones. 6. Restregar la parte exterior del botellón con jabón y un cepillo de mano. 7. Enjuagar el botellón exhaustivamente con abundante agua, sin dejar rastro de jabón. 8. Colocar el botellón en la máquina de lavado con agua caliente, dejando accionar por 10 segundos. 9. Retirar el botellón y colocar en la máquina de lavado con agua fría, dejando accionar por 10 segundos. 10. Retirar el botellón ya limpio y destinarlo al área de llenado. 		

Fuente: Lapay Pinales, S., López Feliz, F. (2023). “Propuesta de un plan de mejora para la estandarización de procesos de manufactura y calidad para la empresa Agua Life Bautista.”

Figura 19. Procedimiento de limpieza de tanques de almacenamiento.

Logo	Código:	Versión: 1.0
	Fecha:	Página: 1 de 1
PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA DE TANQUES		
Responsable:		
Objetivo		
Realizar de manera adecuada todas las actividades de limpieza requeridas en los tanques de almacenamiento para garantizar la inocuidad del producto final.		
Materiales		
Agua Escoba de cerda plástica Hipoclorito de sodio al 10%		
Procedimiento		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Detener la entrada de agua a la cisterna. 2. Vaciar el tanque, dejando agua suficiente para realizar el proceso de lavado. 3. Limpiar minuciosamente el interior del tanque, cepillando las paredes, el fondo, los bordes y el techo. 4. Enjuagar con abundante agua, desechando el agua de enjuague. 5. Luego de enjuagar, mezclar agua con hipoclorito de sodio al 10% y cubrir todo el interior del tanque con esta solución. 6. Enjuagar exhaustivamente con abundante agua, repitiendo hasta no dejar rastro de la solución. 7. Colocar la tapa del tanque y proceder con el llenado. 		

Fuente: Lapay Pinales, S., López Feliz, F. (2023). “Propuesta de un plan de mejora para la estandarización de procesos de manufactura y calidad para la empresa Agua Life Bautista.”

Los diagramas antes mencionados también demuestran que no existen políticas implementadas en la empresa, especialmente las relacionadas con la calidad, la higiene y la seguridad. Por esto, se sugiere la adopción de estas políticas, por lo menos en una etapa inicial, con el objetivo de motivar el compromiso de los colaboradores con la empresa, además de regular y orientar su comportamiento.

VI.1.4 Mantenimiento de filtros y equipos de producción

El sistema de purificación de agua se compone de varios tipos de filtros que, según muestran los resultados del diagrama de causa y efecto, no reciben un mantenimiento adecuado y a tiempo, evidenciado en el hecho de que algunos no han recibido recambios desde el inicio de operaciones de la empresa (más de 2 años). Esto provoca una disminución de la productividad, limitando las capacidades de operación y mermando la calidad del producto final.

Con el propósito de controlar el rendimiento de los equipos de filtración, así como gestionar el tiempo de vida útil y garantizar un producto final bajo los estándares de calidad de la empresa, se recomienda evaluar semanalmente el desempeño de los filtros, tomando como referencia los resultados obtenidos en la medición de variables críticas (pH, cloro residual libre, dureza y TDS). Estos parámetros deben medirse en los puntos de toma de muestra indicados en el procedimiento para el análisis de control de calidad (Figura 22).

En adición, se sugiere realizar un recambio de los filtros según el tiempo recomendado y tomando en cuenta los resultados que se obtengan con la aplicación de la propuesta anterior. En el caso de los filtros de carbón activado, el tiempo recomendado es de 3 a 6 meses, pudiéndose extender hasta 12 meses; mientras que, para los filtros de sedimentación, su vida útil va de 3 a 6 meses, aunque su uso también se puede extender dependiendo del rendimiento. Lo mismo aplica para las membranas del sistema de osmosis inversa, cuyo tiempo es de 12 a 36 meses como máximo, siendo 24 meses el tiempo estándar para recambio (MEGA-TEC AGUA, 2022).

En Agua Life Bautista, dada la antigüedad de las membranas del sistema de osmosis inversa, con más de dos años de operación sin ningún recambio y con una de las tres membranas dañadas, se recomienda cambiarlas en el menor tiempo posible. Para esto, se propone adquirir membranas de 4"x40", las cuales poseen un flujo de hasta 16 gal/min.

VI.1.5 Adición de un filtro remineralizador

Con el objetivo de aumentar la cantidad de minerales presentes en el producto final, y así mismo incrementar los valores de dureza, se propone la adición de un filtro remineralizador a la salida del sistema de osmosis inversa. Según los resultados obtenidos en las pruebas realizadas al producto final, los valores de dureza se mantienen en 0 todo el tiempo, por lo que la suma de este filtro al sistema permitiría aumentar este valor para poder cumplir con los límites propuestos para este parámetro. En caso de adoptarse, se deben tener en consideración los posibles cambios al sistema de producción.

VI.1.6 Control de calidad

Uno de los hallazgos de la evaluación realizada a los procesos de calidad es el poco control que existe sobre las variables críticas del proceso como el pH, por lo tanto, se hace necesario e imprescindible para el buen funcionamiento de la planta tener un mejor y más robusto sistema de control de calidad.

Figura 20. Descripción de parámetros para control de calidad.

Logo	Código:		Versión: 1.0	
	Fecha:		Página: 1 de 1	
DESCRIPCIÓN ANALISIS DE CONTROL DE CALIDAD				
Parámetro	Método de medición	¿Dónde medir?	Límite mínimo permisible (mg/L)	Límite máximo permisible (mg/L)
pH	Potenciométrico	Agua Cisterna	7	7.8
		Producto terminado	6.5	8.5
Cloro residual libre	DPD-Colorimétrico	Agua cisterna	1.5	5
		Después del filtro de Carbón	-	0
Dureza	Valoración colorimétrica con una solución de EDTA	Después de los ablandadores	-	0
		Producto terminado	5	15
Sólidos totales disueltos	Potenciométrico	Producto terminado	7	20

Fuente: Lapay Pinales, S., López Feliz, F. (2023). “Propuesta de un plan de mejora para la estandarización de procesos de manufactura y calidad para la empresa Agua Life Bautista.”

Se determinó los análisis fisicoquímicos necesarios que se deben realizar para controlar las variables críticas dentro del proceso y garantizar la calidad del producto terminado, el método a utilizar y los límites aceptables, basándose en las directrices determinadas por la OMS, INDOCAL y las preferencias del consumidor.

Se agregó a los análisis realizados actualmente en planta el análisis de pH y cloro residual libre, también se modificó los límites de dureza y sólidos totales disueltos en el producto final con el fin de mejorar el sabor del agua y subir su pH, ya que se encontró en varias ocasiones debajo de lo aceptable por las normas de calidad dominicanas.

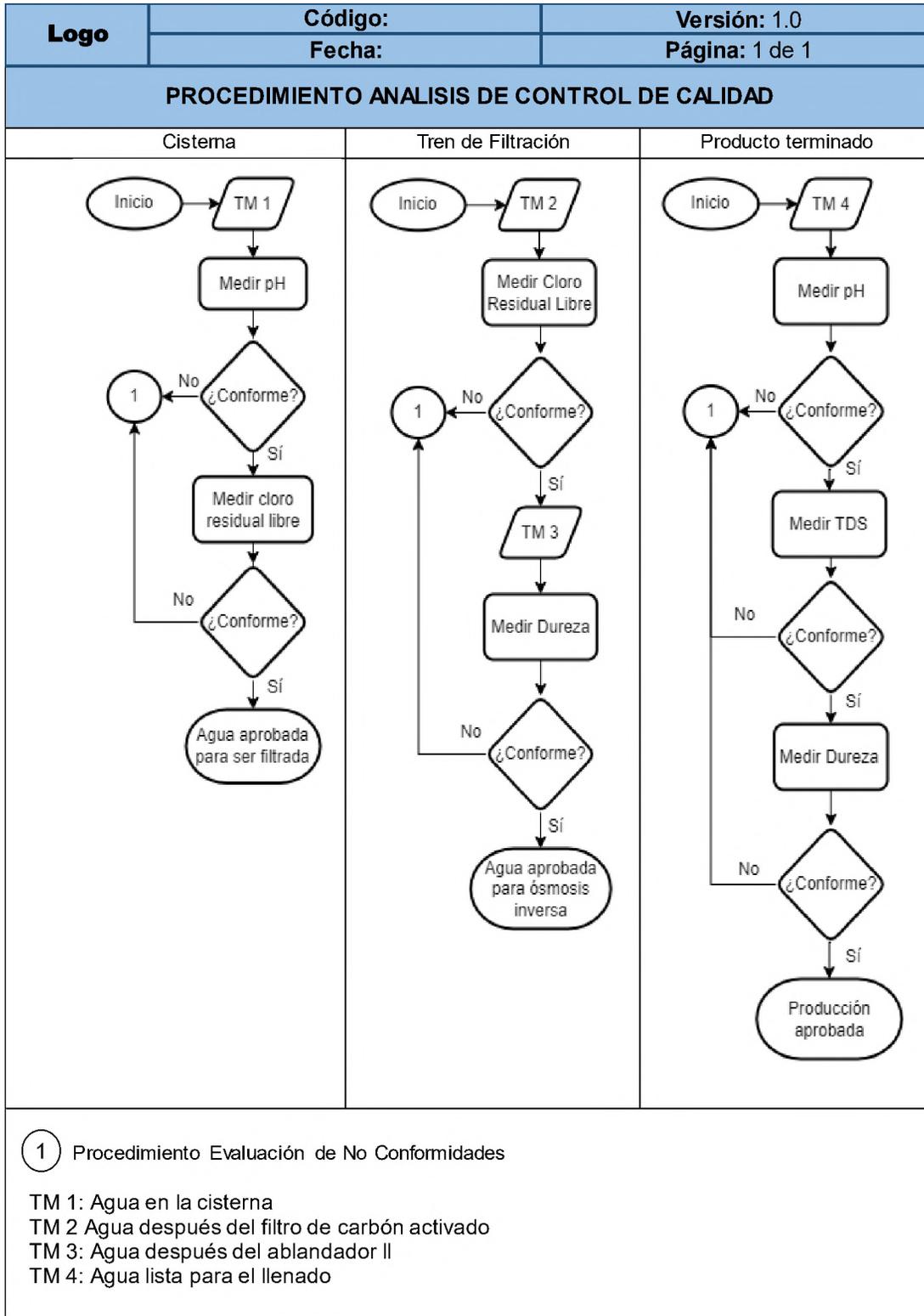
La ruta que se debe seguir para realizar los análisis de control de calidad y el procedimiento para evaluar las no conformidades se estandarizaron y plasmaron en diagramas de flujo. Además, se diseñó una bitácora para guardar los resultados obtenidos.

Figura 21. Bitácora.

Logo		Código:			Versión: 1.0	
		Fecha:			Página: 1 de 1	
CONTROL DE CALIDAD PRODUCTO TERMINADO						
Fecha	Hora	pH	Dureza (mg/L)	TDS (mg/L)	Cloro residual libre (mg/L)	Analista

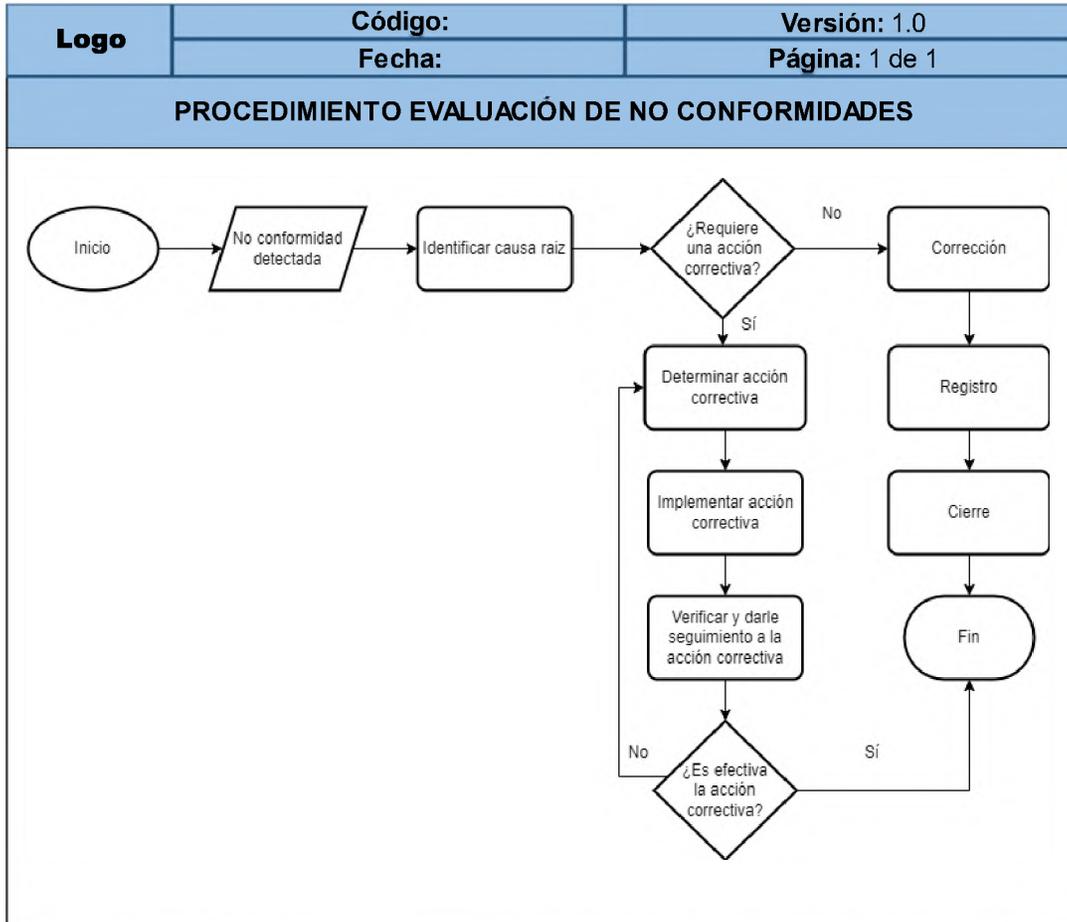
Fuente: Lapay Pinales, S., López Feliz, F. (2023). “Propuesta de un plan de mejora para la estandarización de procesos de manufactura y calidad para la empresa Agua Life Bautista.”

Figura 22. Procedimiento para el análisis de control de calidad.



Fuente: Lapay Pinales, S., López Feliz, F. (2023). "Propuesta de un plan de mejora para la estandarización de procesos de manufactura y calidad para la empresa Agua Life Bautista."

Figura 23. Procedimiento para la evaluación de no conformidades.



Fuente: Lapay Pinales, S., López Feliz, F. (2023). “Propuesta de un plan de mejora para la estandarización de procesos de manufactura y calidad para la empresa Agua Life Bautista.”

VI.1.7 Cronograma para la implementación de mejoras

Para la implementación de las propuestas de mejora, se diseñó el siguiente cronograma en el que se especifican las actividades a realizar, con el correspondiente tiempo de ejecución y las personas designadas para llevarlas a cabo:

TABLA 3 CRONOGRAMA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS

Cronograma			
	Actividades	Responsables	Duración
	Contratación de personal calificado	Gerente general	6 semanas
Área del pozo	Reemplazo de tapa del pozo de almacenamiento de materia prima	Operario	1 semana
	Instalación de una cámara de seguridad	Empresa contratada externa	1 semana
	Adquirir materiales y equipos de protección para la limpieza (guantes, escobas, etc.)	Gerente general	1 semana
	Asignar responsable de limpieza de manera diaria	Gerente general	1 semana
Control de calidad	Adquirir equipos, materiales y reactivos necesarios para los análisis de control de calidad	Gerente general	2 semanas
	Asignar al personal responsable de realizar los análisis de control de calidad	Gerente general	1 semana
	Definir la frecuencia de ejecución de los análisis de control de calidad	Personal calificado contratado	1 semana
	Adoptar el uso de la bitácora y los documentos para el análisis de control de calidad (Figuras 20 a 23)	Personal calificado contratado	3 semanas
Producción	Recambio de membranas del sistema de ósmosis inversa	Empresa contratada externa	2 semanas
	Evaluación del desempeño de los filtros de acuerdo a los resultados obtenidos en la medición de parámetros de calidad	Personal calificado contratado	4 semanas
	Adquirir hidrolavadora para la limpieza de tanques	Gerente general	1 semana
	Asignar responsable de limpieza de tanques y botellones	Gerente general	1 semana
	Adopción de los procedimientos de limpieza de tanques de almacenamiento y botellones	Gerente general	1 semana

Adición de un filtro remineralizador a la salida del sistema de ósmosis inversa	Empresa contratada externa	2 semanas
Añadir un indicador de nivel directo en el tanque de salmuera	Gerente general	1 semana
Implementar un inventario donde registre la materia prima disponible	Gerente general	2 semanas
Asignar responsable de mantenimiento de filtros	Gerente general	1 semana
Capacitar al personal operativo utilizando el instructivo de los equipos de producción (Anexo 5)	Personal calificado contratado	5 semanas

Fuente: Lapay Pinales, S., López Feliz, F. (2023). “Propuesta de un plan de mejora para la estandarización de procesos de manufactura y calidad para la empresa Agua Life Bautista.”

VI.2 Análisis de costos

Para realizar este análisis se utilizaron los registros de producción, ventas y consumo durante el año 2023. Con base a estos datos, y considerando que existen limitaciones en la producción debido a los equipos, mano de obra y otros factores, el análisis se enfoca en evaluar los costos de la mala calidad para la empresa y los costos asociados a la implementación de las mejoras propuestas. En adición, se determina el Valor Actual Neto para comprobar la rentabilidad de la propuesta.

VI.2.1 Costos de mala calidad

Al año se pierde un 15% de los botellones plásticos adquiridos debido a las fallas en el almacenamiento e incorrecta manipulación, además la falta de control en el área de calidad provoca pérdidas de materiales, estos gastos representan los costos por materia prima desechada.

Otro de los costos de mala calidad considerado es el retraso en la producción causado por una programación deficiente, accidentes y fallas en el equipo por mala manipulación

y poco mantenimiento. Esto provocó una pérdida promedio de 20 horas de trabajo al mes, lo que representa un total de 3600 botellones no producidos al año, como cada botellón es vendido a \$35 el resultado es un gasto anual de \$126,000. Se agregan a este los gastos de liquidación por despido e inducción de los nuevos empleados, estos representan los costos anuales por no retención de empleados.

La empresa registró 28 productos devueltos por inconformidades al año los cuales causaron una pérdida de \$980, además también se registró un gasto de \$50,000 utilizados con el fin de corregir problemas en planta.

TABLA 4 COSTOS INTERNOS Y EXTERNOS DE MALA CALIDAD

Detalle	Costo anual
Materia prima desechada	RD\$25,000.00
Retraso en la producción	RD\$126,000.00
Corrección de problemas	RD\$50,000.00
Costos por no retención de empleados	RD\$25,000.00
Producto devuelto por inconformidades	RD\$980.00
Total	RD\$226,980.00

Fuente: Lapy Pinales, S., López Feliz, F. (2023). “Propuesta de un plan de mejora para la estandarización de procesos de manufactura y calidad para la empresa Agua Life Bautista.”

A los costos por mala calidad se agregan los causados por la renuncia de clientes debido a su insatisfacción, en total desertaron en comprar los productos de Agua Life Bautista dos escuelas y un colmado, estos en conjunto habían adquirido 9542 botellones en el año anterior, aproximando que su compra en este año hubiera sido igual se proyectó una pérdida de \$333,970 para la empresa.

En el sector de Sabana Perdida se identificó nueve escuelas y siete colmados como potenciales clientes, estos incluso se acercaron para comprar el producto, pero, debido a la insuficiente capacidad de la planta fueron rechazados. Se estimó los botellones anuales que podrían adquirir estos clientes con los datos de locales similares y con esto se calculó la pérdida de nuevos clientes por falta de capacidad.

TABLA 5 COSTOS DE OPORTUNIDADES PERDIDAS POR INGRESOS DE VENTAS

Detalle	Costo anual
Deserciones de clientes	RD\$333,970.00
Perdida de nuevos clientes por falta de capacidad	RD\$1,350,000.00
Total	RD\$1,683,970.00

Fuente: Lapay Pinales, S., López Feliz, F. (2023). “Propuesta de un plan de mejora para la estandarización de procesos de manufactura y calidad para la empresa Agua Life Bautista.”

El costo total de mala calidad es de RD\$1,910,950.00 y representa un 55% del ingreso de las ventas anuales. Este costo total es el resultado de la suma de los costos internos y externos de mala calidad más los costos de oportunidades perdidas por ingresos de ventas.

VI.2.2 Costos de mejora

En esta sección se detallan los costos para la implementación de las mejoras propuestas, estimados en un año. La información general sobre los equipos recomendados a comprar se puede encontrar en el Anexo 21.

TABLA 6 COSTOS DE MEJORA

Detalle	Costo anual
Contratación de personal calificado	RD\$360,000.00
Medidor multi-parámetros de bolsillo	RD\$10,000.00
Colorímetro	RD\$4,000.00
Reactivo DPD en polvo de HACH	RD\$16,352.00
Reactivo EDTA + Reactivo indicador + Reactivo tampón HACH	RD\$5,000.00
Set de 5 beakers 50 mL y 100 mL	RD\$1,470.00

Bureta 3.4 oz	RD\$2,000.00
Agitadores de cristal	RD\$300.00
Pipetas de transferencia graduada	RD\$2,350.00
Material impreso	RD\$500.00
Cámara de seguridad para exteriores	RD\$2,400.00
Indicador de nivel	RD\$4,450.00
Hidrolavadora	RD\$4,280.00
Filtro de polipropileno	RD\$3,200.00
Filtro de carbón activado	RD\$5,000.00
Membrana de ósmosis inversa	RD\$54,000.00
Costos por instalación	RD\$4,000.00
Resinas de intercambio iónico	RD\$8,000.00
Carbón activado	RD\$9,000.00
Arena Sílica	RD\$3,600.00
Filtro remineralizador	RD\$18,000.00
Total	RD\$517,902.00

Fuente: Lapy Pinales, S., López Feliz, F. (2023). “Propuesta de un plan de mejora para la estandarización de procesos de manufactura y calidad para la empresa Agua Life Bautista.”

Los costos de mala calidad estimados representan los beneficios obtenidos con la implementación de la propuesta de mejora. Con estos beneficios más los costos de mejora evaluados se calcula la relación costo beneficio utilizando la siguiente fórmula:

$$C/B = \frac{\text{Inversión}}{\text{Beneficio Anual}} \times 100$$

$$C/B = \frac{\$517,902.00}{\$1,910,950.00} \times 100 = 27\%$$

Este resultado señala una buena relación costo-beneficio, donde la inversión a realizar es mínima en comparación con las pérdidas anuales por mala calidad.

La siguiente fórmula se utiliza para determinar el costo-beneficio por cada peso invertido:

$$C/B = \frac{\text{Beneficio Anual} - \text{Inversión}}{\text{Inversión}}$$

$$C/B = \frac{\$1,910,950.00 - \$517,902.00}{\$517,902.00} = 2.69$$

Este resultado indica que por cada RD\$1.00 de inversión, la empresa obtendrá RD\$1.69.

Con la aplicación de la propuesta de mejora la empresa obtendría ingresos por el valor de RD\$5,410,950.00, en contraste con los RD\$3,500,000.00 que percibe en la actualidad.

TABLA 7 COMPARACIÓN ECONÓMICA ANTES Y DESPUÉS DE LA MEJORA

	Ingresos sin la mejora	Ingresos con la mejora
Mensual	RD\$291,666.67	RD\$450,912.50
Anual	RD\$3,500,000.00	RD\$5,410,950.00

Fuente: Lapay Pinales, S., López Feliz, F. (2023). “Propuesta de un plan de mejora para la estandarización de procesos de manufactura y calidad para la empresa Agua Life Bautista.”

Para estimar la rentabilidad de la propuesta se utiliza el Valor Actual Neto

$$VAN = -I_0 + \frac{F_t}{(1+k)^t}$$

El costo de inversión inicial I_0 representa el costo de mejora, F se refiere a los ingresos de la empresa con la mejora implementada, k es el interés de la inversión y t es el periodo de tiempo, en este caso, un año.

$$VAN = -RD\$ 517,902.00 + \frac{RD\$ 5,410,950.00}{(1 + 0.05)^1}$$

$$VAN = RD\$ 4,635,383.71$$

Un Valor Actual Neto positivo indica que la implementación de la propuesta de mejora es rentable.

CUARTA PARTE

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO VII CONCLUSIONES

Los procesos de producción de Agua Life Bautista se describieron a detalle mediante la aplicación de un diagrama SIPOC y un diagrama de procesos, con el objetivo de obtener una vista general de todos los elementos que intervienen en la creación del producto final y analizar los posibles puntos de mejora. Para lograr este objetivo, se evaluaron los factores que afectan la productividad de la planta, utilizando herramientas como la lluvia de ideas, el diagrama de Pareto, el diagrama de causa y efecto o de Ishikawa y un Análisis del Modo y Efecto de Falla (AMEF).

Con los datos encontrados en el diagrama de Pareto se realizó un Análisis Modal de Efectos y Fallos (AMEF), con el objetivo de detectar las fallas y efectos que provocan estas deficiencias dentro de las distintas fases que conforman el proceso de producción.

Para evaluar cómo impactan estas debilidades en la calidad del producto final, se realizó durante un mes el análisis de la dureza, pH, sólidos disueltos totales y cloro residual libre. Se encontró un valor de pH debajo de las normas de calidad de INDOCAL y una ausencia de dureza que, aunque no infringe las normas de calidad de INDOCAL, sí repercute negativamente en el sabor percibido por los consumidores. Esto se comprobó al realizar una prueba de sabor con una muestra representativa del sector Sabana Perdida, donde al compararse con otras marcas competitivas en el mercado, fue seleccionada como la del peor sabor por un 46% de los encuestados.

Con la finalidad de responder a las deficiencias halladas, se diseñó un plan de mejora para estandarizar los procesos de manufactura y calidad. Dentro de las propuestas contempladas en este plan se incluyen las destinadas a disminuir los posibles riesgos incidentes en la planta, como son: el aumento de la seguridad y la frecuencia de limpieza en el área donde se almacena la materia prima (pozo); y la adopción de instructivos y procedimientos que estipulen la forma adecuada de limpiar los botellones y tanques, manipular los equipos de filtración y operar las máquinas de envasado y sellado.

Respecto al sistema de control de calidad, se añadieron a los análisis físicoquímicos a realizar para controlar las variables críticas el análisis de pH y cloro residual libre, además de definirse los métodos a utilizar y sus límites aceptables. También se determinó la ruta

que se debe seguir para realizar estos análisis y el procedimiento para evaluar las no conformidades, y se diseñó un sistema para el almacenamiento de estos datos (bitácora).

Finalmente, se realizó un análisis evaluando los costos de la mala calidad para la empresa y los costos asociados a la implementación de las mejoras propuestas. Se estimó que por cada peso invertido en la implementación de la propuesta de mejora se recuperaría aproximadamente 2 pesos, adquiriendo un 55% más del ingreso recibido por la empresa en la actualidad.

Esta propuesta de mejora logra estandarizar los procesos de producción y de calidad en la planta Agua Life Bautista, disminuyendo su variabilidad y los posibles riesgos y peligros que provoca. Su correcta implementación promete no sólo aumentar la confiabilidad de los consumidores en la marca Agua Life Bautista, y abrirle espacio en un mercado de clientes cada día más rigurosos a la hora de comprar, sino que asegura grandes beneficios económicos para la empresa gracias a la reducción de gastos de mala calidad y al incremento de ventas proyectado después de la implementación.

CAPÍTULO VIII RECOMENDACIONES

Para obtener mejores resultados, se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Realizar una implementación en el menor tiempo posible de la propuesta de mejora, con la finalidad de reducir el impacto en la productividad y calidad de las deficiencias encontradas. Además, se debe dar seguimiento a estas medidas para identificar posibles mejoras.
- Capacitar al personal en el uso de los instructivos, manuales y procedimientos sugeridos en la propuesta, para garantizar la correcta ejecución de las actividades en los procesos de producción.
- Mejorar la estructura organizacional con la creación de la visión, misión, objetivos y valores que identifiquen a la empresa.
- Aumentar la confianza y credibilidad de los clientes en los productos ofrecidos por la empresa mediante la obtención de una certificación de Buenas Prácticas de Manufactura, según lo establecido por la NORDOM 581 de INDOCAL.
- Crear un espacio de almacenamiento utilizando el área disponible en la ubicación de la planta, para guardar la materia prima y los insumos necesarios en los procesos de producción.
- Construir un mini-laboratorio donde se puedan realizar los análisis requeridos para el control de calidad.

QUINTA PARTE

REFERENCIAS Y ANEXOS

REFERENCIAS

LIBROS

- Besterfield, D. H., Besterfield Michna, C., Besterfield, G. H., Besterfield Sacre, M., Urdhwareshe, H., & Urdhwarsh, R. (2012). *Total Quality Management* (Tercera ed.). India: Pearson.
- Bonilla, E., Díaz, B., Kleeberg, F., & Noriega, M. T. (2010). *Mejora continua de los procesos: Herramientas y técnicas*. Lima, Perú: Fondo Editorial. <https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/10832>
- Campos Gómez, I. (2000). *Saneamiento ambiental*. San José, Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia.
- Cárdenas León, J. (2022). *Calidad del agua para estudiantes de ciencias ambientales* (Segunda ed.). Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones S.A.S.
- Cheremisinoff, N. (2002). *Handbook of Water and Wastewater Treatment Technologies [Manual de Tecnologías de Tratamiento de Agua y Aguas Residuales]*. Butterworth-Heinemann.
- Costa López, J., Cervera March, S., Cunill García, F., Esplugas Vidal, S., Mans Teixidó, C., & Mara Álvarez, J. (2013). *Curso de Ingeniería Química: Introducción a los procesos, las operaciones unitarias y los fenómenos de transporte*. Barcelona, España: Editorial Reverté.
- Deming, W. E. (1989). *Calidad, productividad y competitividad: la salida de la crisis*. Díaz de Santos.
- Gryna, F. M., Chua, R. C., & DeFeo, J. A. (2007). *Método Juran: Análisis y planeación de la calidad*. McGraw-Hill Interamericana.
- Guerrero, M., y Schifter, I. (2011). *La huella del agua*. México: Fondo de Cultura Económico.
- Gutiérrez Pulido, H. (2010). *Calidad Total y Productividad*. México D.F.: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

- Gutiérrez Pulido, H., y de la Vara Salazar, R. (2009). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma* (Segunda ed.). Ciudad de México, México: McGraw-Hill Interamericana Editores.
- López Lemos, P. (2016). *Herramientas para la mejora de la calidad: Métodos para la mejora continua y la solución de problemas*. Madrid: FEMETAL.
- Lozano Riva, W., y Lozano Bravo, G. (2015). *Potabilización del agua: Principios de diseño, control de procesos y laboratorio*. Colombia: Universidad Piloto de Colombia.
- Manahan, S. (2007). *Introducción a la química ambiental*. Ciudad de México, México: Editorial Reverté.
- Organización Mundial de la Salud. (2022). *Guidelines for drinking water quality [Directrices para la calidad del agua potable]* (Cuarta ed.). Organización Mundial de la Salud.
- Ruiz Falcó Rojas, A. (2006). *Control Estadístico de Procesos*. Apuntes, Universidad Pontificia Comillas, Madrid.
- Socconini, L. (2019). *Lean Manufacturing. Paso a Paso* (Primera ed.). Barcelona, España: Marge Books.
- Weber, W. (2021). *Control de la calidad del agua: Procesos fisicoquímicos*. Barcelona, España: Editorial Reverté.

ARTÍCULOS Y REVISTAS

- Alcocer Yamanaka, V., y V., T. (2007). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Modelación hidráulica y de calidad del agua en redes de agua potable*. Comisión Nacional del Agua. Ciudad de México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
<https://www.yumpu.com/es/document/read/14365576/modelacion-hidraulica-y-de-calidad-del-agua-en-conagua>

- Almeida Bajaña, M. A. (2022). *Elaborar un nuevo modelo de gestión de producción para mejorar la productividad en la planta de agua Horeb*. Tesis, Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/60494>
- Barragan Medina, A. M., & Caicedo Quevedo, L. L. (2017). *Gestión de procesos para la Planta Purificadora de Agua Palma de Agua SAS en el Municipio de Madrid en Cundinamarca*. Trabajo de Grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. <http://hdl.handle.net/11349/6896>
- Besterfield, D. H., Besterfield Michna, C., Besterfield, G. H., Besterfield Sacre, M., Urdhwareshe, H., & Urdhwarshe, R. (2012). *Total Quality Management* (Tercera ed.). India: Pearson.
- Bonilla, E., Díaz, B., Kleeberg, F., & Noriega, M. T. (2010). *Mejora continua de los procesos: Herramientas y técnicas*. Lima, Perú: Fondo Editorial. <https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/10832>
- Camacho, N. C. (3 de Noviembre de 2011). Tratamiento de agua para consumo humano. *Revista Ingeniería Industrial*(29), 153-170. <https://doi.org/https://doi.org/10.26439/ing.ind2011.n029.232>
- Campos Gómez, I. (2000). *Saneamiento ambiental*. San José, Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia.
- Cárdenas León, J. (2022). *Calidad del agua para estudiantes de ciencias ambientales* (Segunda ed.). Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones S.A.S.
- Céspedes Pérez, L. A. (2021). *Propuesta de mejora a microempresa purificadora de agua para la reducción de la variabilidad del proceso de producción*. Tesis de maestría, Universidad Veracruzana. <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/1944/52634/CespedesPerezLiliana.pdf>
- Cheremisinoff, N. (2002). *Handbook of Water and Wastewater Treatment Technologies [Manual de Tecnologías de Tratamiento de Agua y Aguas Residuales]*. Butterworth-Heinemann.
- Chilón Aguilar, X. M., Esquivel Paredes, L., & Estela Tamay, W. (2017). Implementación de las 5s para incrementar la productividad en una planta

embotelladora de agua. *INGnosis*, 3(1), 130-139.
<https://doi.org/https://doi.org/10.18050/ingnosis.v3i1.2028>

Coronel Palomino, S. (2007). *Diplomado en Seis Sigma (Nivel Green Belt). Módulo V (El Proceso Seis Sigma)*. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México. <http://132.248.52.100:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/15872>

Costa López, J., Cervera March, S., Cunill García, F., Esplugas Vidal, S., Mans Teixidó, C., & Mara Álvarez, J. (2013). *Curso de Ingeniería Química: Introducción a los procesos, las operaciones unitarias y los fenómenos de transporte*. Barcelona, España: Editorial Reverté.

de la Paz, A. (21 de Septiembre de 2021). República Dominicana, el país del agua embotellada. El País. Obtenido de https://elpais.com/america/termometro-social/2021-09-22/republica-dominicana-el-pais-del-agua-embotellada.html?event=go&event_log=go&prod=REGCRART&o=cerradoam

Deming, W. E. (1989). *Calidad, productividad y competitividad: la salida de la crisis*. Díaz de Santos.

Díaz Pérez, I. (2003). *Herramientas de mejora continua*. Apuntes, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México. http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/15789/decd_3875.pdf

Gryna, F. M., Chua, R. C., & DeFeo, J. A. (2007). *Método Juran: Análisis y planeación de la calidad*. McGraw-Hill Interamericana.

Guerrero, M., y Schifter, I. (2011). *La huella del agua*. México: Fondo de Cultura Económico.

Guevara Villegas, D. E. (2021). *Propuesta de mejora de la calidad en la empresa envasadora de agua purificada ACQUAPAC*. Tesis, Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/55914>

Gutiérrez Pulido, H. (2010). *Calidad Total y Productividad*. México D.F.: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

- Gutiérrez Pulido, H., y de la Vara Salazar, R. (2009). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma* (Segunda ed.). Ciudad de México, México: McGraw-Hill Interamericana Editores.
- Haro Carrillo, F. A., Cordova Flores, N. C., & Chong Qui Esteves, T. B. (2016). Modelos de satisfacción: fundamentación teórica y criterios de aplicación. *INNOVA Research Journal*, 1(10), 145-155. <https://doi.org/https://doi.org/10.33890/innova.v1.n10.2016.64>
- Instituto Nacional de Protección de los Derechos del Consumidor (Pro Consumidor). (2016). Sondeo consumo promedio botellón de agua. Santo Domingo, República Dominicana. <https://proconsumidor.gob.do/files/agua.pdf>
- López Lemos, P. (2016). *Herramientas para la mejora de la calidad: Métodos para la mejora continua y la solución de problemas*. Madrid: FEMETAL.
- Lozano Riva, W., y Lozano Bravo, G. (2015). *Potabilización del agua: Principios de diseño, control de procesos y laboratorio*. Colombia: Universidad Piloto de Colombia.
- Manahan, S. (2007). *Introducción a la química ambiental*. Ciudad de México, México: Editorial Reverté.
- Martínez, E., Tió, R. C., Tatis, L. R., de León, P., y Salcedo, L. (2019). Calidad del Agua en la República Dominicana. *Calidad del Agua en las Américas: Riesgos y Oportunidades*, 560-592. https://www.researchgate.net/profile/Diego-Chalarca-Rodriguez/publication/335686525_Calidad_del_agua_en_Colombia/links/5d74ff734585151ee4a69aeb/Calidad-del-agua-en-Colombia.pdf#page=561
- Martínez, E., Tió, R. C., Tatis, L. R., de León, P., y Salcedo, L. (2019). Calidad del Agua en la República Dominicana. *Calidad del Agua en las Américas: Riesgos y Oportunidades*, 560-592. https://www.researchgate.net/profile/Diego-Chalarca-Rodriguez/publication/335686525_Calidad_del_agua_en_Colombia/links/5d74ff734585151ee4a69aeb/Calidad-del-agua-en-Colombia.pdf#page=561
- Mejía Mora, A. G. (2021). *Propuesta de mejora para la recepción de agua potable en la planta purificadora San Jerónimo*. Tesis, Universidad Veracruzana. <https://cdigital.uv.mx/handle/1944/52645>

- Muñoz Gastolomendo, L. E., & Terán Bacón, H. E. (2019). *Propuesta de mejora en los procesos de producción en Agua de Mesa la Bendición; para incrementar la productividad en la Cooperativa Granja Porcón - Cajamarca*. Tesis de licenciatura, Repositorio de la Universidad Privada del Norte. <http://hdl.handle.net/11537/22444>
- Organización Mundial de la Salud. (2022). *Guidelines for drinking water quality [Directrices para la calidad del agua potable]* (Cuarta ed.). Organización Mundial de la Salud.
- Roldán, P. N. (29 de Junio de 2017). *Economipedia*. <https://economipedia.com/definiciones/modelo-de-kano.html>
- Rosero Gaibor, C. J. (2017). *Análisis de los procesos operativos y propuesta de mejora de la productividad en la empresa purificadora y envasadora "El Agua S.A."*. Tesis, Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/24051>
- Ruiz Falcó Rojas, A. (2006). *Control Estadístico de Procesos*. Apuntes, Universidad Pontificia Comillas, Madrid.
- Severino, J. (6 de Octubre de 2022). Agua procesada: Un mercado líquido dominado por pocos y compartido por muchos. *elDinero*. <https://eldinero.com.do/210144/agua-procesada-un-mercado-liquido-dominado-por-pocos-y-compartido-por-muchos/>
- Socconini, L. (2019). *Lean Manufacturing. Paso a Paso* (Primera ed.). Barcelona, España: Marge Books.
- Torres Goyes, S. A., & Rodríguez Borges, C. G. (2021). Método AMEF: estrategias para su empleo en el mantenimiento en plantas. *Polo del Conocimiento*, 6(6), 1018-1039. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8016979>
- Universidad Naval. (2017). *Metodología de la investigación*. Universidad Naval (UNINAV), Ciudad de México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/133491/METODOLOGIA_D E_INVESTIGACION.pdf
- Valencia Arroyo, D. L. (2014). *Diagnóstico general de la planta embotelladora de agua purificada UG y propuesta de acciones para la optimización de la calidad de su*

producto. Tesis, Universidad de Guayaquil.
<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/7210>

Weber, W. (2021). *Control de la calidad del agua: Procesos fisicoquímicos*. Barcelona, España: Editorial Reverté.

ANEXOS

Anexo 1. Requisitos químicos de las aguas envasadas en mg/l.

PARÁMETRO	LÍMITE MÁXIMO	
Agente de tensión superficial	0,0	
Cloruros	250	
Cloro residual	0,0	
Cobre (Cu)	1,0	
Hierro (Fe)	0,3	
Magnesio (Mg)	150	
Calcio (Ca)	75	
Manganeso (Mn)	0,05	
Compuestos fenólicos (fenol)	0	
Sulfatos (SO ₄)	250	
Zinc (Zn)	5	
Sólidos totales disueltos (TDS)	500	
pH	6,5* mínimo	8,5 máximo
*Nota: Si el agua es carbonatada	5,5 mínimo	8,5 máximo

Fuente: INDOCAL (2018). “NORDOM 64 (3^{ra} Rev.) Agua procesada potable envasada para bebida. Especificaciones.”

Anexo 2. Requisitos microbiológicos de las aguas envasadas en mg/l.

PARÁMETROS	LÍMITE
Recuentos microorganismos aerobios mesófilos de / Recuentos heterótrofos en placa	≤ 200 UFC/mL
Recuento de coliformes totales	< 1,1 NMP/100 mL
Recuento de <i>E. coli</i>	< 1,1 NMP/100 mL
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausente /100 mL
Parásitos	Ausentes
Nota: Para coliformes totales en 100 mL de muestra se reporta menor de < 1,1 en caso de utilizarse otro Método Normalizado, especificar.	

Fuente: INDOCAL (2018). “NORDOM 64 (3^{ra} Rev.) Agua procesada potable envasada para bebida. Especificaciones.”

Anexo 3. Valoración del personal de las deficiencias para diagrama de Pareto.

Objetivo: Identificar las principales deficiencias que afectan la productividad en Agua Life Bautista			
Participantes: Gerente general, operario			
Deficiencia	Gerente general	Operario	Total
Procedimientos, métodos y manuales de operación	9	8	8.5
Mantenimientos de los equipos	2	5	3.5
Control de los procesos de producción	7	9	8
Espacio para almacenamiento de insumos, materiales y producto terminado	10	10	10
Capacitación del personal	8	1	4.5
Manejo de residuos generados en el proceso de producción	2	3	2.5
Conformidad de los clientes con el producto	1	2	1.5

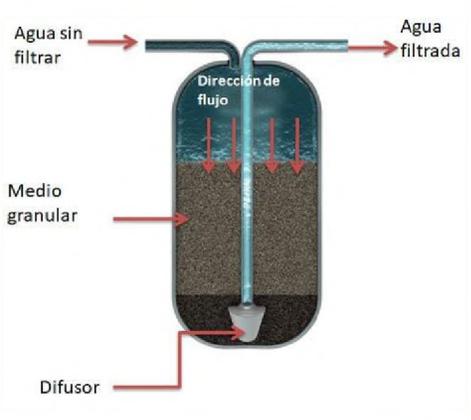
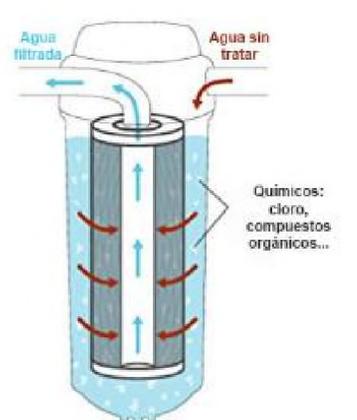
Fuente: Lapay Pinales, S., López Feliz, F. (2023). “Propuesta de un plan de mejora para la estandarización de procesos de manufactura y calidad para la empresa Agua Life Bautista.”

Anexo 4. Cálculo de frecuencia para diagrama de Pareto.

Causas potenciales	Frecuencia	Frecuencia acumulada	Porcentaje acumulado
Espacio para almacenamiento de insumos, materiales y producto terminado	10	10	25.97%
Procedimientos, métodos y manuales de operación	8.5	18.5	48.05%
Control de los procesos de producción	8	26.5	68.83%
Capacitación del personal	4.5	31	80.52%
Mantenimientos de los equipos	3.5	34.5	89.61%
Manejo de residuos generados en el proceso de producción	2.5	37	96.10%
Conformidad de los clientes con el producto	1.5	38.5	100.00%

Fuente: Lapay Pinales, S., López Feliz, F. (2023). “Propuesta de un plan de mejora para la estandarización de procesos de manufactura y calidad para la empresa Agua Life Bautista.”

Anexo 5. Instructivo con el funcionamiento de los equipos utilizados en producción.

INSTRUCTIVO			
Código:	Fecha:	Versión: 1.0	Página: 1 de 3
Filtro de arena sílica			
<p>La filtración mediante arena sílica sirve para separar sólidos suspendidos que no son removidos por sedimentación. El agua a tratar llega al filtro a través de las tuberías que se encuentran en la parte superior. Después de que el agua entra al filtro, cae por la parte superior y ésta inicia su trayecto a través de la arena que actúa como agente filtrante reteniendo partículas y suciedad. En la parte inferior del filtro se encuentran unos colectores que absorben el agua, libre de impurezas, y la regresan al sistema a través de los retornos.</p>			
Filtro de carbón activado			
<p>Los filtros de carbón activado son filtros formados por carbón activado granular, el cual captura en su interior las sustancias disueltas en el agua. El agua es bombeada dentro del filtro constantemente, y las sustancias se van acumulando paulatinamente, el agua sale de la columna a través de un sistema de drenaje. Cuando el filtro está lleno, pierde su poder de adsorción y es hora de cambiarlo. Extrae gran cantidad de sustancias como halógenos, levaduras, productos de fermentación, sustancias no polares y también reduce olores y sabores.</p>			
Ablandador			
<p>El ablandador remueve el calcio y el magnesio del agua mediante un proceso llamado intercambio iónico. Cuando el agua dura entra en el ablandador, fluye a través de un lecho de perlas esféricas de resina. Esta resina, normalmente de poliestireno, están cargadas con un ion de sodio. A medida que el agua fluye a través de la resina, los iones de calcio y magnesio se unen a la resina, mientras que los iones de sodio se liberan en la solución. Una vez que la resina ha sido agotada por la unión de iones calcio y magnesio, se regenera con una solución saturada de cloruro de sodio (salmuera), que reemplaza los iones de calcio y magnesio unidos a la resina por iones de sodio.</p>	 <p style="text-align: center;">Tanque salmuera para regeneración Ablandador de Agua</p>		

INSTRUCTIVO

Código:

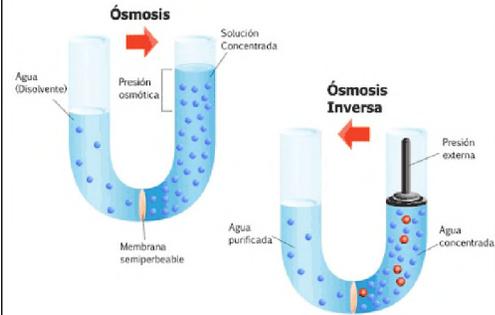
Fecha:

Versión: 1.0

Página: 2 de 3

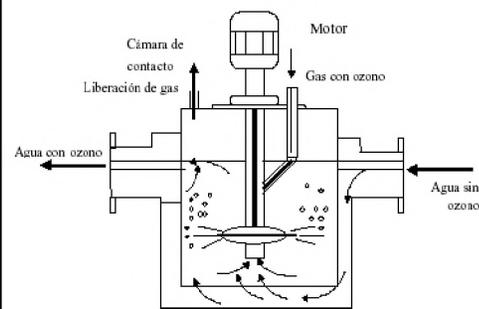
Sistema de ósmosis inversa

La ósmosis es un proceso en el que dos fluidos con diferentes concentraciones se ponen en contacto a través de una membrana semipermeable. El fluido menos concentrado irá pasando al más concentrado hasta llegar a un equilibrio entre las dos soluciones. A esto lo conocemos como presión osmótica. La ósmosis inversa es el proceso contrario, ya que consiste en aplicar una presión exterior superior a la presión osmótica. De este modo, el agua que tiene mayor cantidad de sólidos disueltos va fluyendo hacia la solución menos concentrada. Así obtenemos dos fluidos bien diferenciados: uno concentrado, en el que quedan los residuos, y otro de agua desmineralizada.



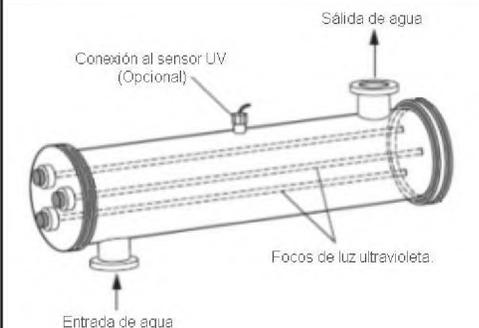
Ozonización

El ozono es un desinfectante de bacterias, virus, parásitos y sirve como ayuda en la microfloculación y reducción de sólidos suspendidos. Para ozonizar el agua, primero se tiene que obtener el ozono, pasando aire seco u oxígeno a través de un campo eléctrico de alta tensión. Posteriormente, con el ozono concentrado en el aire, se dosifica directamente por medio de difusores porosos o filtros en la base de tanques con agua, en contacto con deflectores para obtener agua ozonizada.



Lámpara UV

El sistema de tratamiento de agua UV consiste en una fuente de luz ultravioleta montada frente a una cámara de flujo por donde pasa el agua. A una intensidad de 254 nm, la luz UV emite suficiente radiación para dañar el ADN de las bacterias y otros microorganismos. Una funda de vidrio de cuarzo sostiene la lámpara UV y permite que la luz pase sin obstáculos. El cuarzo de vidrio sirve para proteger la lámpara UV del agua. A medida que el agua pasa a través de la cámara de flujo, queda expuesta a la fuente de luz ultravioleta germicida y provoca que los microorganismos nocivos presentes en el agua se inactiven.



INSTRUCTIVO

Código:

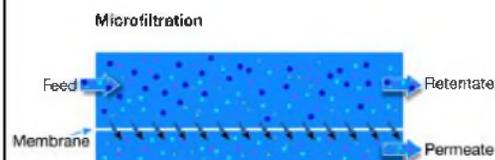
Fecha:

Versión: 1.0

Página: 3 de 3

Filtro de microfiltración

El proceso de microfiltración elimina contaminantes (por ejemplo, líquidos o gases) al fluir a través de una membrana microporosa. Estos pueden ser sólidos finos y organismos tales como bacterias que se recolectan en la etapa de filtración. Este es un proceso de separación puramente físico (mecánico), ya que los tamaños de poro de la membrana son de 0,1 a 10 micrones y la membrana retiene cualquier partícula en el agua que sea más grande que este tamaño de poro.



Fuente: Lapay Pinales, S., López Feliz, F. (2023). "Propuesta de un plan de mejora para la estandarización de procesos de manufactura y calidad para la empresa Agua Life Bautista."

Anexo 6. Pozo o cisterna de almacenamiento.



Fuente: Lapay Pinales, S., López Feliz, F. (2023). “Propuesta de un plan de mejora para la estandarización de procesos de manufactura y calidad para la empresa Agua Life Bautista.”

Anexo 7. Tren de filtración y tanque de salmuera para ablandadores.



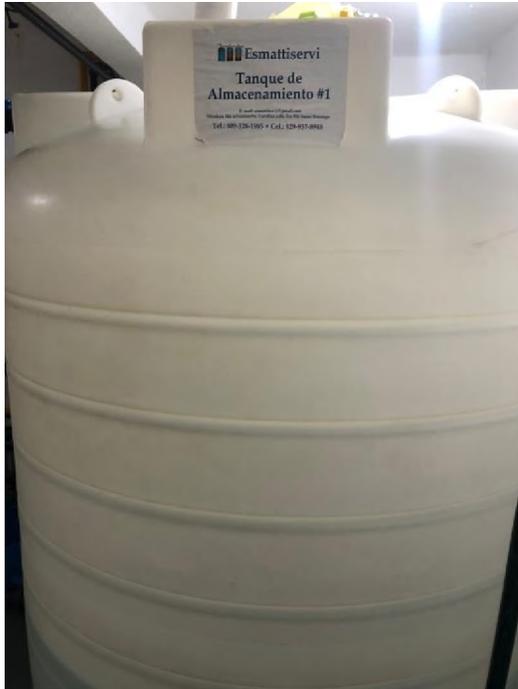
Fuente: Lapay Pinales, S., López Feliz, F. (2023). “Propuesta de un plan de mejora para la estandarización de procesos de manufactura y calidad para la empresa Agua Life Bautista.”

Anexo 8. Sistema de ósmosis inversa.



Fuente: Lapay Pinales, S., López Feliz, F. (2023). “Propuesta de un plan de mejora para la estandarización de procesos de manufactura y calidad para la empresa Agua Life Bautista.”

Anexo 9. Sistema de ozonificación.



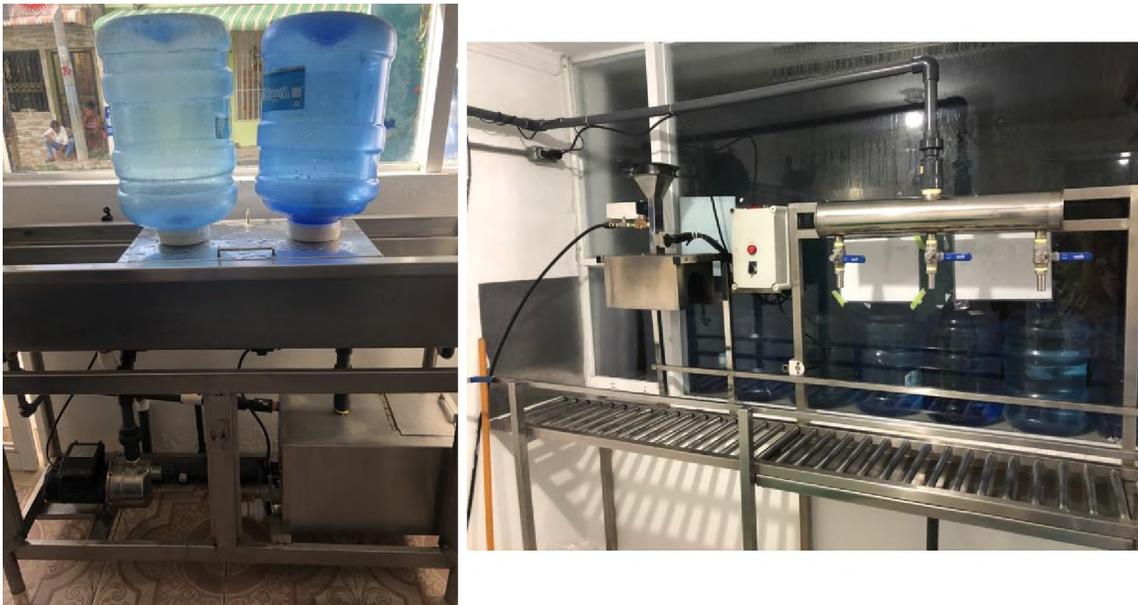
Fuente: Lapay Pinales, S., López Feliz, F. (2023). "Propuesta de un plan de mejora para la estandarización de procesos de manufactura y calidad para la empresa Agua Life Bautista."

Anexo 10. Lámpara ultravioleta.



Fuente: Lapay Pinales, S., López Feliz, F. (2023). “Propuesta de un plan de mejora para la estandarización de procesos de manufactura y calidad para la empresa Agua Life Bautista.”

Anexo 11. Lavado y envasado de botellones.



Fuente: Lapay Pinales, S., López Feliz, F. (2023). “Propuesta de un plan de mejora para la estandarización de procesos de manufactura y calidad para la empresa Agua Life Bautista.”

Anexo 12. Herramientas de uso interno para el análisis de parámetros de control de calidad.



Fuente: Lapay Pinales, S., López Feliz, F. (2023). “Propuesta de un plan de mejora para la estandarización de procesos de manufactura y calidad para la empresa Agua Life Bautista.”

Anexo 13. Pastillas de cloro usadas en el clorinador del pozo.



Fuente: Lapay Pinales, S., López Feliz, F. (2023). “Propuesta de un plan de mejora para la estandarización de procesos de manufactura y calidad para la empresa Agua Life Bautista.”

Anexo 14. Análisis in situ de cloro.



Fuente: Lapay Pinales, S., López Feliz, F. (2023). “Propuesta de un plan de mejora para la estandarización de procesos de manufactura y calidad para la empresa Agua Life Bautista.”

Anexo 15. Análisis in situ de dureza.



Fuente: Lapay Pinales, S., López Feliz, F. (2023). “Propuesta de un plan de mejora para la estandarización de procesos de manufactura y calidad para la empresa Agua Life Bautista.”

Anexo 16. Resultados de análisis externos.

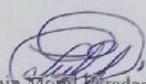
LIMPHISAA INTERNATIONAL S.A.S. Desinfección
Limpieza
Higiene



RNC: 131-07084-1

INFORME DE LABORATORIO			
Datos del Solicitante			
Cliente: Sarah Lapate, Estudiante Ingeniería Química		UNPHU	
Empresa: Agua Light			
Fecha de recolección: 22/abril/2022	Fecha de entrega: 24/abril/2023		
Datos del Servicio			
Identificación de muestra: Muestra de Agua de Tomar.	No de Registro: 8528		
Localización: Llenado de Botellones.			
Condición(es) de la(s) muestra(s): En frasco de Cristal (250 ml). Hora de muestreo: 1:30 PM			
Muestreo realizado por: Lic. Luis Fermín Morel.			
PARÁMETRO	Resultado	Norma ¹	Unidades
Sólidos Totales Disueltos. TDS	18	100-1000	mg/l
pH	6.73	6.5-8.5	—
Cloro	Ausente	Ausente	mg/L
Dureza	0.0	50-500	mg/L
Conductividad	32	50-1500	mhos/cm ((µS)
Coliformes Totales	N R	< 1.1	NMP/100 ml
Coliformes Fecales	N R	< 1.1	NMP/100 ml
<small>Metodología(s): Preferencia(s): APHA, 2005. Material(es) de Referencia(s): búfer (4-10), Kh2po4, Estándar para Detergente. Equipos Utilizados: Espectrofotómetro uv-vis, Horno eléctrico con circulación de aire, Incubadoras, pH sensor Q57. Calibración: Vigente.</small>			

N R: NO REALIZADO



Luis Fermín Morel Paredes
Gerente



¹ Norma Ambiental Sobre Calidad de Aguas Superficiales y control de Descargas a cuerpos hídricos del 2003, Tabla A.1 clase A. (Referencia para los vertidos a realizarse en los diferentes cuerpos hídricos receptores).
 C/ Rusilla #5, Altos de Caneino, Santo Domingo este, detrás de Megacentro
 Tel.: 809-222-7791 - Cel.: 829 548 0947
 e-mail: limphisaa.international@gmail.com

Fuente: LIMPHISAA INTERNATIONAL (2023). Informe de resultados de análisis.

Anexo 17. Resultados de análisis externos.



RNC: 131-07084-1

**Desinfección
Limpieza
Higiene**

INFORME DE LABORATORIO

Datos del Solicitante

Cliente: Sarah Lapaix, *Estudiante Ingeniería Química* UNPHU
Empresa: Agua Light
Fecha de recolección: 12/mayo/2023 *Fecha de entrega:* 13/mayo/2023

Datos del Servicio

Identificación de muestra: Muestra de Agua de Tomar *No de Registro:* 8559
Localización: Llenado de Botellones.
Condición(es) de la(s) muestra(s): En frasco de Cristal (250 ml). *Hora de muestreo:* 3:50 PM
Muestreo realizado por: Lic. Luis Fermín Morel.

PARÁMETRO	Resultado	Norma ¹	Unidades
Sólidos Totales Disueltos. TDS	18	100-1000	Mg/l
pH	7.01	6.5-8.5	----
Cloro	Ausente	Ausente	mg/L
Dureza	0.0	50-500	mg/L
Conductividad	31	50-1500	mhos/cm (μS)
Coliformes Totales	NR	< 1.1	NMP/100 ml
Coliformes Fecales	NR	< 1.1	NMP/100 ml
Pseudomonas spp	NR	Ausente	Presente/Ausente
Recuento Total de aerobios mesófilos RTUfc/ml	NR	< 200 colonias	RT/UFC/ml
E. coli	NR	Ausente	Ausente/Presente

Metodología(s): Referencia(s): APHA, 2005. Material(es) de Referencia(s): búfer (4-10), Kh2po4, Estándar para Detergente. Equipos Utilizados: Espectrofotómetro uv-vis. Homo eléctrico con circulación de aire, Incubadoras, pH sencio Q57, Calibración: Vigente.

NR: No Realizado



Luis Fermín Morel Paredes
Gerente

¹ Norma Ambiental Sobre Calidad de Aguas Superficiales y control de Descargas a cuerpos hídricos del 2003, Tabla A.1 clase A. (Referencia para los vertidos a realizarse en los diferentes cuerpos hídricos receptores).

C/ Rusilla #5. Altos de Cancino, Santo Domingo este, detrás de Megacentro
 Tel.: 809-222-7791 - Cel.: 829 548 0947
 e-mail: limphisaa-international@gmail.com

Fuente: LIMPHISAA INTERNATIONAL (2023). Informe de resultados de análisis.

Anexo 18. Resultados de análisis externos.



RNC: 131-070841

**Desinfección
Limpieza
Higiene**

INFORME DE LABORATORIO

Datos del Solicitante

Cliente: Sarah Lapax, Estudiante Ingeniería Química UNPHU
Empresa: Agua Light
Fecha de recolección: 29/mayo/2023 *Fecha de entrega:* 13/junio/2023 *13/junio/2023*

Datos del Servicio

Identificación de muestra: Muestra de Agua de Tomar. *No de Registro:* 8620
Localización: Llenado de Botellones.
Condición(es) de la(s) muestra(s): En frasco de Cristal (250 ml). *Hora de muestreo:* 5:55 PM
Muestreo realizado por: Lic. Luis Fermín Morel

PARÁMETRO	Resultado	Norma ¹	Unidades
Sólidos Totales Disueltos, TDS	15	100-1000	Mg/l
pH	7.25	6.5-8.5	---
Cloro	Ausente	Ausente	mg/L
Dureza	0.0	50-500	mg/L
Conductividad	21	50-1500	microsiem ((µS)
Coliformes Totales	< 1.1	< 1.1	NMP/100 ml
Coliformes Fecales	< 1.1	< 1.1	NMP/100 ml
Pseudomonas spp	Ausente	Ausente	Presente/Ausente
Recuento Total de aerobios mesófilos RTUFC/ml	4.9 X 10	< 200 colonias	RT/UFC/ml
E. coli	Ausente	Ausente	Ausente/Presente

Metodología(s): Referencia(s): APHA. 2005. *Material(es) de Referencia(s):* buffer (4-10), Kh₂po₄, Estándar para Detergente Equipos. *Utilizados:* Espectrofotómetro uv-vis. Horno eléctrico con circulación de aire, Incubadoras, pH senció Q57, Calibración: Vigente.



Luis Fermín Morel Paredes
Gerente



¹ Norma Ambiental Sobre Calidad de Aguas Superficiales y control de Descargas a cuerpos hídricos del 2003, Tabla A.1 clase A. (Referencia para los vertidos a realizarse en los diferentes cuerpos hídricos receptores).

Dirección: calle 10 E No. 38 Lucerna Santo Domingo este
 Tel.: 809-222-7791 - Cel.: 829 548 0947
 e-mail.: limphisaa.internacional@gmail.com / luisfmorelparedes@gmail.com

Fuente: LIMPHISAA INTERNATIONAL (2023). Informe de resultados de análisis.

Anexo 19. Acumulación de materiales e insumos en las áreas de operación.



Fuente: Lapay Pinales, S., López Feliz, F. (2023). “Propuesta de un plan de mejora para la estandarización de procesos de manufactura y calidad para la empresa Agua Life Bautista.”

Anexo 20. Cumplimiento de NORDOM 581 por Agua Life Bautista.

Cumplimiento de NORDOM 581 por Agua Life Bautista			
Sección	Acápites	Norma	Cumplimiento
4. Requisitos de higiene en la zona de producción/recolección	4.1 Higiene del medio en la zonas de donde proceden las materias primas	4.1.1	NA
4. Requisitos de higiene en la zona de producción/recolección	4.1 Higiene del medio en la zonas de donde proceden las materias primas	4.1.2	NC
4. Requisitos de higiene en la zona de producción/recolección	4.1 Higiene del medio en la zonas de donde proceden las materias primas	4.1.3	NA
4. Requisitos de higiene en la zona de producción/recolección	4.1 Higiene del medio en la zonas de donde proceden las materias primas	4.1.4	NC
4. Requisitos de higiene en la zona de producción/recolección	4.2 Recolección y producción	4.2.1	NC
4. Requisitos de higiene en la zona de producción/recolección	4.2 Recolección y producción	4.2.2	C
4. Requisitos de higiene en la zona de producción/recolección	4.2 Recolección y producción	4.2.3	C
4. Requisitos de higiene en la zona de producción/recolección	4.2 Recolección y producción	4.2.4	NC
4. Requisitos de higiene en la zona de producción/recolección	4.3 Almacenamiento en el lugar de producción/recolección	4.3	NC
4. Requisitos de higiene en la zona de producción/recolección	4.4 Transporte	4.4.1	NC
4. Requisitos de higiene en la zona de producción/recolección	4.4 Transporte	4.4.2	C
5. Construcción de las instalaciones	5.1 Emplazamiento	5.1	NC

5. Construcción de las instalaciones	5.2 Vías de acceso y zonas usadas para tráfico rodado	5.2	C
5. Construcción de las instalaciones	5.3 Edificios e instalaciones	5.3.1	C
5. Construcción de las instalaciones	5.3 Edificios e instalaciones	5.3.2	C
5. Construcción de las instalaciones	5.3 Edificios e instalaciones	5.3.3	C
5. Construcción de las instalaciones	5.3 Edificios e instalaciones	5.3.4	C
5. Construcción de las instalaciones	5.3 Edificios e instalaciones	5.3.5	C
5. Construcción de las instalaciones	5.3 Edificios e instalaciones	5.3.6	C
5. Construcción de las instalaciones	5.3 Edificios e instalaciones	5.3.7	C
5. Construcción de las instalaciones	5.3 Edificios e instalaciones	5.3.8	C
5. Construcción de las instalaciones	5.3 Edificios e instalaciones	5.3.9	NC
5. Construcción de las instalaciones	5.3 Edificios e instalaciones	5.3.10	C
5. Construcción de las instalaciones	5.3 Edificios e instalaciones	5.3.11	C
5. Construcción de las instalaciones	5.3 Edificios e instalaciones	5.3.12	C
5. Construcción de las instalaciones	5.3 Edificios e instalaciones	5.3.13	C
5. Construcción de las instalaciones	5.3 Edificios e instalaciones	5.3.14	NC
5. Construcción de las instalaciones	5.3 Edificios e instalaciones	5.3.15	NC
5. Construcción de las instalaciones	5.3 Edificios e instalaciones	5.3.16	C
5. Construcción de las instalaciones	5.3 Edificios e instalaciones	5.3.17	NA
5. Construcción de las instalaciones	5.3 Edificios e instalaciones	5.3.18	C
5. Construcción de las instalaciones	5.3 Edificios e instalaciones	5.3.19	NC
5. Construcción de las instalaciones	5.4 Equipo y utensilios	5.4.1	C
5. Construcción de las instalaciones	5.4 Equipo y utensilios	5.4.2	NC

5. Construcción de las instalaciones	5.4 Equipo y utensilios	5.4.3	NC
6. Establecimiento: Requisitos de higiene	6.1 Conservación	6.1	C
6. Establecimiento: Requisitos de higiene	6.2 Limpieza y desinfección	6.2.1	
6. Establecimiento: Requisitos de higiene	6.2 Limpieza y desinfección	6.2.2	C
6. Establecimiento: Requisitos de higiene	6.2 Limpieza y desinfección	6.2.3	C
6. Establecimiento: Requisitos de higiene	6.2 Limpieza y desinfección	6.2.4	NC
6. Establecimiento: Requisitos de higiene	6.2 Limpieza y desinfección	6.2.5	NC
6. Establecimiento: Requisitos de higiene	6.2 Limpieza y desinfección	6.2.6	NC
6. Establecimiento: Requisitos de higiene	6.3 Programa de inspección de la higiene	6.3	NC
6. Establecimiento: Requisitos de higiene	6.4 Subproductos	6.4	C
6. Establecimiento: Requisitos de higiene	6.5 Almacenamiento y eliminación de desechos	6.5	NC
6. Establecimiento: Requisitos de higiene	6.6 Prohibición de animales domésticos	6.6	C
6. Establecimiento: Requisitos de higiene	6.7 Lucha contra las plagas	6.7.1	NC
6. Establecimiento: Requisitos de higiene	6.7 Lucha contra las plagas	6.7.2	NC
6. Establecimiento: Requisitos de higiene	6.8 Almacenamiento de sustancias peligrosas	6.8.1	NC
6. Establecimiento: Requisitos de higiene	6.8 Almacenamiento de sustancias peligrosas	6.8.2	NC
6. Establecimiento: Requisitos de higiene	6.9 Ropa y efectos personales	6.9	C
7. Higiene personal y requisitos sanitarios	7.1 Enseñanza de higiene	7.1	NC
7. Higiene personal y requisitos sanitarios	7.2 Examen medico	7.2	NC
7. Higiene personal y requisitos sanitarios	7.3 Enfermedades contagiosas	7.3	NC

7. Higiene personal y requisitos sanitarios	7.4 Heridas	7.4	NC
7. Higiene personal y requisitos sanitarios	7.5 Lavado de manos	7.5	NC
7. Higiene personal y requisitos sanitarios	7.6 Limpieza personal	7.6	NC
7. Higiene personal y requisitos sanitarios	7.7 Conducta personal	7.7	NC
7. Higiene personal y requisitos sanitarios	7.8 Guantes	7.8	NA
7. Higiene personal y requisitos sanitarios	7.9 Visitantes	7.9	NC
7. Higiene personal y requisitos sanitarios	7.10 Supervisión	7.1	NC
8. Establecimiento: Requisitos de higiene en la elaboración	8.1 Requisitos aplicables a la materia prima	8.1.1	NC
8. Establecimiento: Requisitos de higiene en la elaboración	8.1 Requisitos aplicables a la materia prima	8.1.2	NC
8. Establecimiento: Requisitos de higiene en la elaboración	8.1 Requisitos aplicables a la materia prima	8.1.3	NC
8. Establecimiento: Requisitos de higiene en la elaboración	8.2 Prevención de la contaminación cruzada	8.2.1	NC
8. Establecimiento: Requisitos de higiene en la elaboración	8.2 Prevención de la contaminación cruzada	8.2.2	NC
8. Establecimiento: Requisitos de higiene en la elaboración	8.2 Prevención de la contaminación cruzada	8.2.3	NC
8. Establecimiento: Requisitos de higiene en la elaboración	8.2 Prevención de la contaminación cruzada	8.2.4	NC
8. Establecimiento: Requisitos de higiene en la elaboración	8.3 Empleo de agua	8.3.1	C
8. Establecimiento: Requisitos de higiene en la elaboración	8.3 Empleo de agua	8.3.2	C
8. Establecimiento: Requisitos de higiene en la elaboración	8.3 Empleo de agua	8.3.3	NA

8. Establecimiento: Requisitos de higiene en la elaboración	8.4 Elaboración	8.4.1	NC
8. Establecimiento: Requisitos de higiene en la elaboración	8.4 Elaboración	8.4.2	C
8. Establecimiento: Requisitos de higiene en la elaboración	8.4 Elaboración	8.4.3	C
8. Establecimiento: Requisitos de higiene en la elaboración	8.4 Elaboración	8.4.4	C
8. Establecimiento: Requisitos de higiene en la elaboración	8.5 Envasado	8.5.1	NC
8. Establecimiento: Requisitos de higiene en la elaboración	8.5 Envasado	8.5.2	C
8. Establecimiento: Requisitos de higiene en la elaboración	8.5 Envasado	8.5.3	C
8. Establecimiento: Requisitos de higiene en la elaboración	8.5 Envasado	8.5.4	NC
8. Establecimiento: Requisitos de higiene en la elaboración	8.5 Envasado	8.5.5	NC
8. Establecimiento: Requisitos de higiene en la elaboración	8.6 Almacenamiento y transporte de los productos terminados	8.6	NC
8. Establecimiento: Requisitos de higiene en la elaboración	8.7 Muestreo y procedimientos de control de laboratorios	8.7.1	NC
8. Establecimiento: Requisitos de higiene en la elaboración	8.7 Muestreo y procedimientos de control de laboratorios	8.7.2	C
8. Establecimiento: Requisitos de higiene en la elaboración	8.7 Muestreo y procedimientos de control de laboratorios	8.7.3	C
8. Establecimiento: Requisitos de higiene en la elaboración	8.7 Muestreo y procedimientos de control de laboratorios	8.7.4	NA
9. Especificaciones aplicables al producto terminado	-	-	NC
*NA = No aplica; C = Cumple; NC = No cumple			

Anexo 21. Información general de los equipos recomendados.

<i>Información general del equipo.</i>	<i>Croquis Referencial</i>
<p>Nombre: Medidor multiparámetro</p> <p>Modelo: AI316</p> <p>Fabricante: Apera Instruments</p> <p>Costo aproximado: \$10,000</p>	
<p>Nombre: Colorímetro de cloro libre</p> <p>Modelo: MW10</p> <p>Fabricante: Milwaukee</p> <p>Costo aproximado: \$4000</p>	
<p>Nombre: Medidor de nivel</p> <p>Modelo: H-2-38</p> <p>Fabricante: KRUEGER</p> <p>Costo aproximado: \$4450</p>	
<p>Nombre: Hidrolavadora</p> <p>Modelo: UTGT11316 1</p> <p>Fabricante: TOTAL</p> <p>Costo aproximado: \$4280</p> <p>Capacidad: 1,900PSI 1,400W</p>	

<p>Nombre: Filtro de polipropileno</p> <p>Modelo: 5 Micrones</p> <p>Fabricante: Water Quality</p> <p>Costo aproximado: \$3200</p> <p>Tamaño: 4" x 20"</p> <p>Rango flujo máx.: 15 GPM</p> <p>Temperatura máxima: 120° f</p> <p>Presión máx.: 125 psi</p> <p>Vida útil: Aprox. 10,000 galones</p>	
<p>Nombre: Filtro de carbón activado</p> <p>Fabricante: Water Quality</p> <p>Costo aproximado: \$5000</p> <p>Tamaño: 4" x 20"</p> <p>Rango flujo máx.: 5 GPM</p> <p>Temperatura máxima: 120° f</p> <p>Presión máx.: 125 psi</p> <p>Vida útil: Aprox. 5000 galones</p>	
<p>Nombre: Filtro remineralizador</p> <p>Modelo: K2548 BB</p> <p>Fabricante: OMNIPURE USA</p> <p>Costo aproximado: \$18,000</p> <p>Filtrado máximo recomendado: 1,9 L/MIN</p> <p>Presión máxima: 8,6 BAR</p> <p>Temperatura de trabajo: 2-38°C</p>	

Fuente: Lapay Pinales, S., López Feliz, F. (2023). "Propuesta de un plan de mejora para la estandarización de procesos de manufactura y calidad para la empresa Agua Life Bautista."

