



POSGRADOS

Maestría en **PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES**

RPC-SO-30-NO.506-2019

Opción de titulación:

Artículos profesionales de alto nivel

Tema:

**MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD DE UN SISTEMA DE
POTABILIZACIÓN DE AGUA**

Autor

Marcos Vinicio Chila Grain

Director:

Lenin Estuardo Cevallos Robalino

GUAYAQUIL – ECUADOR
2023

Autor:



Marcos Vinicio Chila Grain

Ingeniero Eléctrico

Candidato a Magister en Producción y Operaciones
Industriales por la Universidad Politécnica Salesiana
Sede Guayaquil.

grainvinicio@gmail.com

Dirigido por:



Lenin Estuardo Cevallos Robalino

Ingeniero Industrial

Máster Universitario en Ciencia y Tecnología Nuclear

Doctor en Energías Sostenible, Nuclear y Renovable

lcevallos@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS

2023 © Universidad Politécnica Salesiana.

GUAYAQUIL– ECUADOR – SUDAMÉRICA

Marcos Vinicio Chila Grain

MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD DE UN SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DE AGUA

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	7
ABSTRACT	8
1. INTRODUCCIÓN	9
2. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA.....	11
3. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	13
3.1. Sistemas De Potabilización De Agua.....	13
3.2. Etapas De Un Sistema De Potabilización	15
3.3. Procesos De Un Sistema De Potabilización De Agua:	15
4. LA PRODUCTIVIDAD	17
5. MANTENIMIENTO PARA ESTOS SISTEMAS	18
5.1. Mantenimiento Preventivo	18
6. REFERENTES TEÓRICOS	18
7. METODOLOGÍA.....	20
8. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO, PARA LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN SISTEMAS DE UN SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DE AGUA	22
8.1. Caracterización.....	23
8.2. Operación Y Mantenimiento De Las Etapas.....	24
9. RESULTADOS.....	32
9.1. Implementación De Un Sistema De Mantenimiento Preventivo	35
10. DISCUSIÓN	40
11. CONCLUSIONES	41
12. BIBLIOGRAFÍA	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama De Ishikawa Causa-Efecto -----	12
Figura 2. Diagrama De Bloque De Potabilización De Agua -----	14
Figura 3. Diagrama De Equipos Criticos-----	32
Figura 4. Diagrama De Criticidad De Equipos -----	32
Figura 5. Diagrama De Tiempo De Falla-----	33

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables	21
Tabla 2. Número De Fallas Al Año	32
Tabla 3. Número De Equipos Críticos	33
Tabla 4. Tiempo De Falas Año 2021	34
Tabla 5. Control De Equipos	36
Tabla 6. Control D Equipos Anual	37
Tabla 7. Plan De Mantenimiento Equipos Críticos	38

MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD DE UN SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DE AGUA

Autor:

MARCOS VINICIO CHILA GRAIN

RESUMEN

El suministro de agua potable es fundamental para la vida humana y el desarrollo sostenible. Sin embargo, muchos sistemas de agua potable a nivel nacional enfrentan desafíos en términos de baja productividad, ineficiencias operativas y falta de sostenibilidad a largo plazo. Este artículo científico tiene como objetivo analizar el marco teórico para mejorar la productividad de un sistema de potabilización de agua. Centrándose en un enfoque integrado que abarque diferentes aspectos como la gestión eficiente de recursos, la tecnología innovadora y la participación comunitaria.

Se presentarán las teorías y conceptos claves relacionados con la mejora de la productividad de un sistema de potabilización de agua y se discutirá estrategias y enfoques para lograr una mayor eficiencia y sostenibilidad en la gestión del agua potable.

PALABRAS CLAVE: Potabilización, Productividad, Agua, Mejora, Sostenibilidad.

ABSTRACT

The supply of drinking water is essential for human life and sustainable development. However, many national drinking water systems face challenges in terms of low productivity, operational inefficiencies, and a lack of long-term sustainability. This scientific article aims to analyze the theoretical framework to improve the productivity of a water purification system. Focusing on an integrated approach that encompasses different aspects such as efficient resource management, innovative technology and community participation.

Key theories and concepts related to improving the productivity of a drinking water treatment system will be presented, and strategies and approaches to achieve greater efficiency and sustainability in drinking water management will be discussed.

KEYWORDS: Purification, Productivity, Water, Improvement, Sustainability.

1. INTRODUCCIÓN

El acceso a agua potable de calidad es esencial para garantizar la salud, el bienestar y desarrollo de las sociedades. Sin embargo, en muchas partes, los sistemas de agua potable enfrentan desafíos significativos que limitan la efectividad y la eficiencia. La investigación científica y la implementación de soluciones innovadoras se han vuelto cruciales para abordar este desafío y mejorar la gestión del agua potable en el campo de la investigación del agua, varios autores han contribuido con investigaciones destacadas sobre la mejora de la productividad del agua potable.

La importancia de adoptar un enfoque integral que abarca desde la fuente de abastecimiento hasta el consumidor final, el mejoramiento de la productividad requiere de la optimización de los procesos de producción, distribución y uso del agua, así como implementación de tecnologías eficientes y la gestión adecuada de la demanda (Guerra & Augusto, 2013).

(Jones, 2020), analiza el papel de las Tics, en la mejora de la productividad en el sistema del agua potable. Esto demuestra como el uso de sistema de monitoreo en el tiempo real, el análisis de datos y la automatización pueden optimizar la detección de fugas, reducir los tiempos de respuesta ante averías y mejorar la eficiencia general del sistema.

(Brown et al., 2019), abordan el tema de la gestión inteligente de la demanda como una estrategia fundamental para mejorar la productividad del agua potable. Su investigación destaca la importancia de la educación y la participación de la comunidad en la conservación del agua, así como el desarrollo de la política y regulaciones, que promueven el uso responsable del recurso. En este contexto, el objetivo de este artículo científico es analizar las investigaciones y enfoques propuestos por estos y otros autores para mejorar la productividad de un sistema de potabilización del agua. A través de una revisión, se explorarán las estrategias y tecnologías innovadoras que pueden contribuir a la optimización de la producción, distribución y uso del agua potable.

Se espera que este estudio proporcione una visión integral sobre la importancia de la investigación científica y la implementación de soluciones innovadoras para abordar los desafíos de la gestión

de la mejora de los sistemas de potabilización de agua. Al aplicar estos conocimientos a la práctica se podrá avanzar hacia sistemas de agua más eficientes sostenibles y capaces de satisfacer las necesidades de las comunidades actuales y futuras.

2. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA

El sistema de potabilización de agua desempeña un papel fundamental en la provisión de agua potable a las comunidades. Sin embargo, la falta de mantenimiento adecuado en este sistema puede tener consecuencias negativas en la productividad y calidad de suministro de agua potable. La falta de mantenimiento en el sistema de potabilización de agua puede dar lugar a una serie de problemas que afecten la productividad y calidad del suministro de agua potable. Para determinar el problema, se analizará investigaciones y estudios realizados por autores en el campo del tratamiento de agua y la gestión de infraestructura hídrica.

Algunos estudios actuales han identificado los siguientes problemas relacionados con la falta de mantenimiento en el sistema de potabilización de agua.

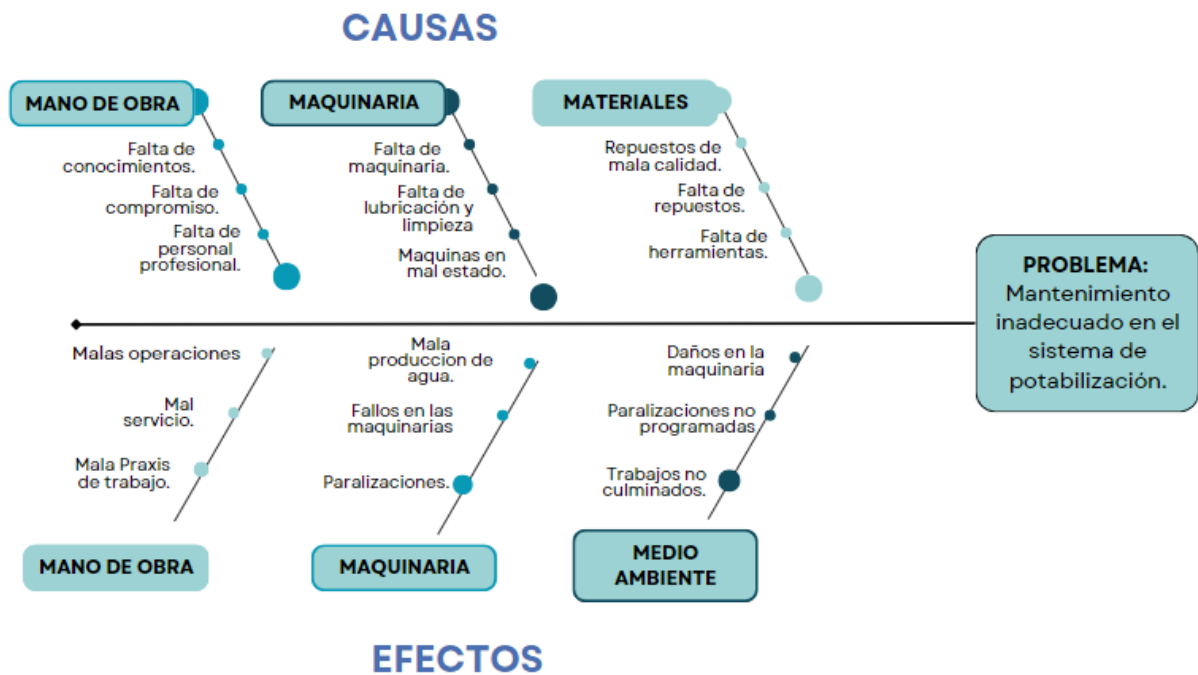
- **Degradación de la infraestructura:** La falta de mantenimiento puede conducir a la degradación de la infraestructura del sistema de potabilización, incluyendo los tanques de almacenamiento, tuberías, las plantas de tratamiento y los equipos asociados, esto puede causar fugas, obstrucciones y disminución de la eficiencia operativa.
- **Disminución de la calidad del agua:** La falta de mantenimiento en los sistemas de potabilización puede provocar una disminución en la calidad del agua potable suministrada a las comunidades, esta puede incluir la presencia de contaminantes, una desinfección inadecuada en los tanques y tuberías.
- **Incremento de costos operativos a largo plazo:** La falta de mantenimiento puede generar un aumento en los costos operativos a largo plazo, ya que la reparación de infraestructuras dañadas y la recuperación de la calidad del agua puede requerir una inversión muy alta.

En estos sistemas de agua, la falta de mantenimientos, en todo su concepto de operación, sea bombeos y tratamientos, son los que influyen de manera directa en la productividad a niveles altos y con estándares específicos de suministro, que son regulados por entes encargados del mismos. (Lopez Nuñez & Jimenez Sabogal, 2016)

¿Cómo podemos mejorar la productividad de un sistema de potabilización de agua?

Figura 1

Diagrama De Ishikawa Causa-Efecto.



El diagrama causa-efecto de la figura 1, fue elaborado a partir de la revisión de informes y realizado en la planta de tratamiento de agua, donde la mayoría coincidió en las causas que se muestran en el diagrama de Ishikawa, demostrando que estas son las principales causas de las paradas en la unidad de tratamiento de agua.

3. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

3.1. Sistemas De Potabilización De Agua

Los sistemas de potabilización son un conjunto de equipos, seccionados por etapas, que se encargan del bombeo y tratamiento de agua, estos sistemas utilizan dos tipos de fuente, aguas superficiales ríos o lagos, y subterráneas (pozos), esta agua es bombeada, tratada y suministrada, a través de tanques de almacenamiento, ubicados en sitios específicos, con respecto a la comunidad a servir, la cual es suministrada por gravedad (Carrasco, 2012).

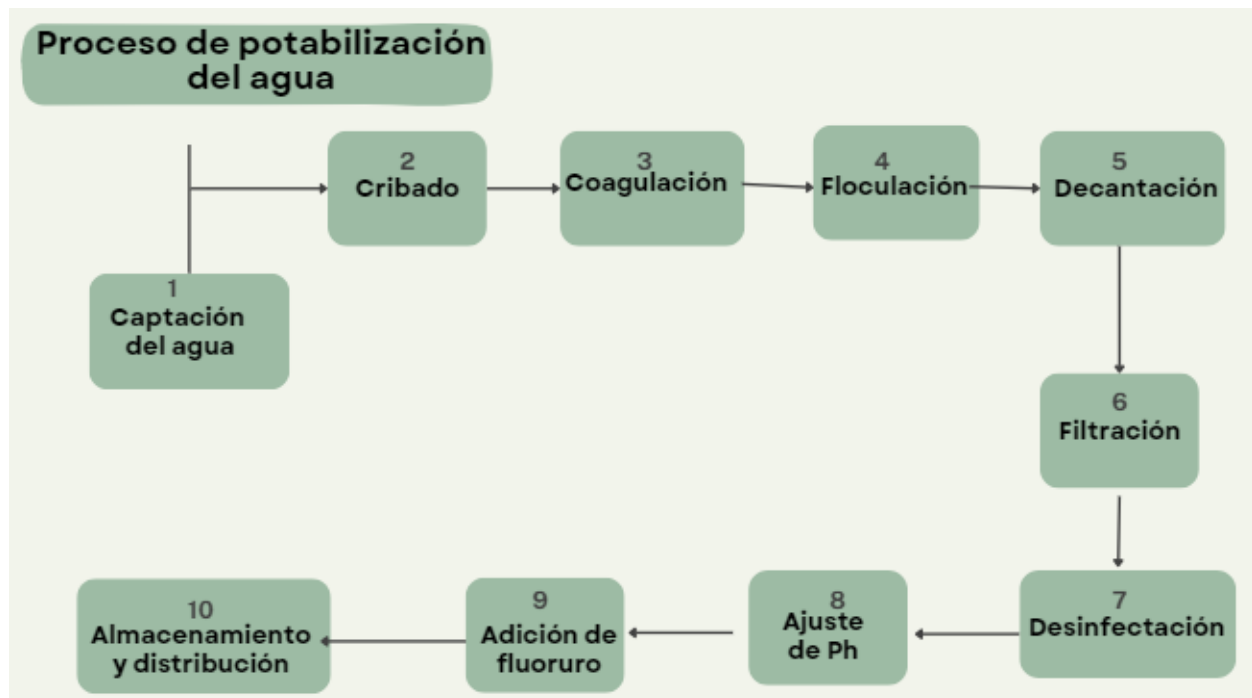
La operación y mantenimiento son primordiales para un buen funcionamiento y durabilidad de estos sistemas de potabilización de agua, con una adecuada programación y ejecución, su sostenibilidad para la empresa e infraestructura será mucho mejor, un correcto mantenimiento y operación son garantía para un servicio de calidad (Carrasco, 2012), si la organización no prioriza esta parte fundamental, la vida útil de las infraestructuras disminuirá, y el servicio será afectado, siendo esto un gasto mayor para la empresa debido a que estos sistemas de potabilización no son atendidos de manera correcta, tanto en operación, como en su mantenimiento de equipos e infraestructuras (Comisión Nacional del Agua, 2016).

El funcionamiento correcto de un sistema de potabilización será en función a su capacidad para alcanzar la calidad de agua, su flexibilidad y fácil operación, personal debidamente capacitado, los mantenimientos de estos sistemas de tratamiento, el seguimiento, que existan manuales que permitan un buen funcionamiento (Comisión Nacional del Agua, 2016).

Los sistemas de las plantas potabilizadoras, en su mayor parte no cuentan con mantenimiento preventivo, la mayoría son rehabilitadas, rediseñadas y no cumplen con las normas de calidad, seguidas de una falta de capacitación de personal, con problemas administrativos (Lopez Nuñez & Jimenez Sabogal, 2016)

Figura 2

Diagrama De Bloque De Potabilización De Agua.



Nota. Se observa cada etapa de proceso de potabilización de agua.

3.2. Etapas De Un Sistema De Potabilización

1. Captación. - Conjunto de equipos, estructuras para obtener o “captar” el agua de una fuente, pueden ser superficiales o subterráneas (Sánchez, 2012).

2. Conducción. – Es el canal tubería donde se transporta “agua cruda”, ya sea a flujo libre o presión (Najul & Blanco S, 2014).

3. Tratamiento. – Es el proceso donde se realizan las diferentes acciones y procesos para mejorar las características físico - químicas y bacteriológica, haciendo que sea potable, y para consumo humano (Llumiyinga, 2020).

4. Tanque de almacenamiento. - Estructura de almacenar agua, construida de hormigón o ferro cemento, acero vitrificado o plástico de alta resistencia (Montenegro Benalcázar, 2017).

5. Macro-medidor. – El funcionamiento de este medidor consiste en hacer pasar el agua por una turbina, que se encuentra en la cámara del mismo, esta será proporcional a la cantidad de agua que pasa a través del medidor a determinada velocidad (Carrasco, 2012).

3.3. Procesos De Un Sistema De Potabilización De Agua:

Como podemos observar en la figura 2, el proceso de potabilización tiene varias etapas muy importantes, cada una de ellas desempeña una función para poder llevar a cabo un desarrollo eficaz, ya que esta permitirá eliminar sustancias que pueden resultar tóxicas para la población, es por ello que se procede a:

- Eliminar sólidos de gran tamaño, colocando rejas, evita que se filtren, después pasa por un desarenador que es una piscina donde el agua bombeada del río, es separada de la arena, para evitar dañar los equipos de bombeo de la planta potabilizadora (Diseprosa, 2012).

- Se transporta el agua a través de bombas, hasta una cámara o piscina de mezcla, donde se añaden coagulantes y se ajusta el pH (Laura F. Zarza, 2023).
- Se separa por gravedad partículas que están suspendidas en agua, los más pesados se quedan en el fondo donde son eliminados y otros continúan disueltos en el agua (Orellana, 2005).
- Se hace pasar el agua por filtros que terminan con impurezas, puede ser de arena o carbón activado, que pueden ser abiertos por gravedad, o cerrados a presión (Diseprosa, 2012).
- Se añade cloro para eliminar bacterias o virus (Diseprosa, 2012), Se realizan diversos análisis del agua que asegure que el proceso de potabilización es exitoso, para eso, el agua debe ser incolora, inodora e insípida y cumplir con las normas y reglamentaciones vigentes de cada país (Pérez, 2017).

4. LA PRODUCTIVIDAD

Es uno de los factores clave de cualquier organización empresarial, sin embargo, no se le presta atención necesaria en casos de estas empresas, es un indicador importante, que permite conocer en qué se basa el éxito o el fracaso, este concepto en la parte industrial indica que los recursos utilizados están directamente relacionados a los productos generados. (Beraun, 2020).

En estos sistemas se debe implementar en gran parte y de manera eficaz, mantenimientos e inspecciones, solo de esta manera estos sistemas serán más sostenibles y duraderos, llegando así a niveles a los cuales fueron diseñados (Lopez Nuñez & Jimenez Sabogal, 2016).

Una estación de tratamiento de agua potable es un conjunto de estructuras en las que se trata el agua para que se vuelva apta al consumo humano, existen diferentes tecnologías para potabilizar el agua, pero todas deben cumplir los mismos principios (Diseprosa, 2012).

En procesos de potabilización de agua, se han analizado muchas formas y equipos que ayuden a mejorar su calidad de agua (Rojas-Coronel, 2015).

Hacer del agua un recurso sostenible, seguro, y que la productividad de estos sistemas mejore, es primordial que en los equipos, sistemas, y parte operacional, exista una transformación esencial en el diseños de estos sistemas de mantenimiento, para el desarrollo sostenible que garantice a través de estos, una mejora de productividad en un sistema de potabilización de agua potable sostenible (Rojas-Coronel, 2015).

El concepto fundamental que debe tener un sistema de potabilización de agua, es estar constituido por dispositivos electrónicos, automatizar los controles de para y puesta en marcha de las bombas, presiones en las líneas de bombeo, niveles de tanques, el diseños debe ser realizado en referencia a la población, para funcionar en el mejor concepto de operación y flexibilidad (Siapa, 2014).

5. MANTENIMIENTO PARA ESTOS SISTEMAS

5.1. Mantenimiento Preventivo

Un mantenimiento preventivo es encontrar y prevenir problemas, para evitar daños grandes en cualquier concepto de operación, cambio de piezas, reparaciones, ajustes, inspecciones, evaluaciones de equipos e instalaciones, lo importante realizar para evitar fallos (Vidal, 2021).

Estos mantenimientos aumentan el rendimiento de maquinarias, equipos e instalaciones, va relacionado con que se hace y cómo se puede hacer, se incluyen procesos detallados en cada inspección o ciclo, para a través de este evaluar y realizar acciones de trabajo, con un correcto mantenimiento (Botero Botero, 2018).

6. REFERENTES TEÓRICOS

En la actualidad de este país la falta de agua potable ha sido hasta el día de hoy una de las mayores necesidades, causando malestar social y constituyendo un gran problema y reto para el gobierno, que deberán enfrentar y solucionar este problema (INEC, 2019).

La no existencia de una política en relación con el mantenimiento de los sistemas de potabilización de agua (INEN, 2012), la deficiente preparación técnica y ausencia de entrenamiento del personal, el deterioro de los equipos cuando llega a niveles altos, y se requiere de decisiones que obligan a un mantenimiento o rehabilitación total, cuando esto sucede las empresas tienen que invertir mucho recurso, y al reducir la producción, el que sufre estas afecciones es la población abastecida por la planta (Najul & Blanco S, 2014).

Los sistemas de mantenimiento son fundamentales en la producción y las operaciones industriales, estos sistemas se encargan de garantizar la continuidad y la eficacia en los procesos de industria, calidad de producto a entregar, existen varios sistemas de servicio de mantenimiento de

instalaciones, de procesos, estos sistemas corrigen las fallas y actúan cuando aparecen, los errores que se cometen al programar estos mantenimientos es la forma (Enrique et al., 2011).

Un plan de mantenimiento o una actividad de planeación definida, será determinante para obtener una eficiencia en la industria, es la actividad humana que obtiene la calidad de procesos de las máquinas, instalaciones y edificios en condiciones seguras, eficientes y económicas (Anaguano Lamiña, 2018).

7. METODOLOGÍA

El método de investigación es mixto, porque esta información es documental y de campo, ya que las fuentes se basan en información existente y además recolección directa en el lugar donde se desarrolla el fenómeno observado, donde ocurre esta problemática es en su parte operativa, motores, bombas, tableros, piscinas, sus adecuaciones serán tomadas de manera preliminar y porque estos sistemas de potabilización de agua requieren mantenimientos programados (Comisión Nacional del Agua, 2016).

Este artículo tiene como propósito fundamental, investigar los procesos que se realizan en una planta potabilizadora con finalidad de mejorar el control y operación (Vega Falcon, 1967), esta investigación será aplicada, ya que se desarrollará con el propósito de resolver de manera práctica el problema que existe en estos sistemas de potabilización de agua, y de esta manera obtener una productividad mejorada para un abastecimiento óptimo.

Es un estudio poblacional, porque de estos sistemas de potabilización de agua, se puede tomar como referencia, 1 de los 461 sistemas que existen (INEC, 2016), todos y cada uno de estos sistemas tienen esta problemática, que ocasiona pérdida de productividad, en uno de estos sistemas donde se realiza esta investigación para observar el fenómeno, y analizar lo óptimo que puede llegar a ser el sistema, si realizan mantenimientos de forma programada (Lugo & Lugo, 2018).

Las técnicas que se utilizaron para esta investigación, es mediante la observación e inspección de estos sistemas, a través de instrumentos de medición para poder determinar los mantenimientos siguiendo un cronograma, donde se utiliza las variables de la tabla 1:

- Inspección de motores eléctricos.
- Inspección de válvulas hidráulicas.
- Monitoreo del sistema de distribución de agua.

Tabla 1
Variables

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional
Inspección de motores eléctricos.	Es un proceso de evaluación y examen detallado de motores eléctricos utilizados en una variedad de aplicaciones industriales y comerciales.	Verifica el estado de estos motores para garantizar su funcionamiento seguro y eficiente, así como para prevenir posibles fallas o averías.
Inspección de válvulas hidráulicas.	Estas válvulas desempeñan un papel crucial en el control del flujo de fluido en sistemas hidráulicos, como maquinaria industrial, equipos móviles, sistemas de frenado hidráulico.	Garantiza que las válvulas funcionen de manera eficiente, confiable y segura.
Monitoreo del sistema de distribución de agua.	Conjunto de actividades y tecnologías diseñadas para supervisar y evaluar continuamente la	Garantiza la calidad, la eficiencia y la confiabilidad en la entrega de agua a los

	infraestructura y el flujo de agua en un sistema de distribución de agua potable.	consumidores, así como identificar y abordar problemas potenciales de manera proactiva.
--	---	---

8. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO, PARA LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN SISTEMAS DE UN SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DE AGUA

Para abastecer de manera continua, suficiente, de calidad y con presiones necesarias para dar un servicio adecuado a los usuarios, es necesario una operación y mantenimiento correcto de los equipos (Carrasco, 2012).

Se necesita saber que los beneficios de un mantenimiento, es reducir fallas y los tiempos en que las máquinas se paran, la vida útil de cada equipo será más larga, reduce mucho la inversión y la utilización de recursos para eventos que ocurran en los procesos, por ende, los inventarios de recursos disminuyen, siempre hay que determinar los equipos críticos o de alta demanda en el proceso midiendo el progreso de cada uno de ellos (Enrique et al., 2011).

Se establecen criterios de manteniendo, que se relacionan a las características técnicas de cada equipo, según su concepto operacional, se busca siempre soluciones simples, que se lo hace mediante una programación de órdenes de trabajo, mediante la producción de la disponibilidad de maquinaria y equipos (Botero Botero, 2018).

8.1. Caracterización

Las estaciones de bombeo son un conjunto de estructuras civiles, equipos, tuberías y accesorios, que toman el agua directa de una fuente de abastecimiento y la impulsan a un reservorio de almacenamiento, consiste en un conjunto de elementos que permiten el transporte a través de tuberías y el almacenamiento temporal de los fluidos, de forma que se cumplan las especificaciones de caudal y presión necesarias en los diferentes sistemas y procesos. La capacidad de una bomba y su potencia de motor debe ser suficiente para elevar el caudal de bombeo (Advance Laboratorios y Aguas Inc., 2023)

Parte del sistema que transporta el agua desde el sitio de captación por medio de bombeo, hasta su planta de tratamiento, es un conjunto de conductos, estructuras de operación, las líneas de conducción deben ser de fácil inspección, preferentemente paralelas a algún camino, en caso contrario se debe de analizar su camino de acceso, para detectar y corregir de inmediato las fugas o desperfectos que sufran las tuberías (Siapa, 2014).

El tratamiento de agua está conformado por filtros que están ubicados de entrada de la planta, los dosificadores que son bombas de dimensiones pequeñas que inyectan químico de manera programada, floculadores y sedimentadores que es donde se precipita las impurezas, dosificador de cloro se inyecta al agua en su última etapa (Eps Sedaloretto S.A, 2015).

Los sistemas electromecánicos e hidráulicos son ineficientes por factores como mantenimientos, falta de procedimientos ordenados y selección de los mismos, desconocimiento de normas y falta de capacitación técnica del personal operativo (Pedraza Martínez, 2011).

Eficiencia productiva

La eficiencia es la relación entre el producto y la materia que se usa, y se mide mirando la productividad, es decir utilizando técnicas como Análisis Envolvente de Datos (DEA) y otras metodologías relacionadas, que comparan los insumos y resultados productivos para determinar la eficiencia. La medición de eficiencia se efectúa normalmente sobre la base de desempeños reales. (Jouravlev, 2014).

8.2. Operación y mantenimiento de las etapas

La operatividad que se debe realizar en esta etapa es por la cual dependerá mucho el producto final o el agua potabilizada entregada, debe tener una correcta operación y debe ser la siguiente, para garantizar su productividad y ventaja (Lau, 2012).

Captación

- Encender y apagar los equipos de bombeo de manera programada.
 - **Tableros de control:** Es donde se encuentran todos los elementos electrónicos, que permiten medir, controlar y tomar decisiones según sus indicadores (Lopez Nuñez & Jimenez Sabogal, 2016).

Mantenimiento diario:

1. Verificar su funcionamiento adecuado, indicadores, controles manuales, controles digitales, con instrumentos de medición.

Mantenimiento anual:

2. Realizar limpiezas de los equipos, maniobras de prueba, y de ajuste, para constatar el funcionamiento correcto y eficaz de cada elemento de control, con equipos de medición, equipos de limpieza y herramientas (Royal Clean, 2016).
- Ceban a los equipos de bombeo, para que su arranque no sea en seco.
 - **Motor:** Es una maquina rotativa, compuesta por un estator y un rotor, que, mediante un campo magnético, convierte energía eléctrica, en mecánica (Mollisaca Centellas, 2021).

Mantenimiento diario:

1. Verificar su correcto funcionamiento velocidad y vibración, con equipos de medición.
2. Examinar los rodamientos y verificar si no hay signos de contaminación o escape de aceite, de manera visual.
3. Programar inspecciones de mantenimiento referente a cada marca de la máquina, según sus especificaciones técnicas (Royal Clean, 2016).

Mantenimiento mensual:

1. Realizar mediciones con equipos como, megóhmetro, microohmímetro, multímetro y osciloscopio, para saber aislamiento, continuidad, frecuencia, corriente, voltaje, potencia y formas de onda (Lopez Nuñez & Jimenez Sabogal, 2016)
2. Realizar limpieza, engrase, o cambio de rodamientos, se recomienda conocer los requisitos de cada tipo de rodamiento (Pinto Ríos, 2019).

Mantenimiento anual:

1. Realizar limpieza maniobras de paro y de marcha, en su concepto de operación, en vacío y con carga, se lo realiza con equipos de medición.
 2. Inspeccionar, ejes, carcasas y otros componentes mecánicos, anclajes de las piezas y medidas que permitan evaluar la velocidad, el equilibrio del rotor, temperatura, se lo realiza con herramientas de ajuste (Carrasco, 2012).
- **Bomba:** Máquina que transforma energía, que se aplica para mover el agua (Piscina, 2018).

Mantenimiento diario:

1. Verificar la velocidad de la bomba, haciendo una medición con un amperímetro en sus entradas de carga del motor.
2. Observar si en las bridas existen fugas, fisuras, desgastes, partes deterioradas, que puedan hacer que su funcionamiento no sea el adecuado, este se lo debe realizar de manera diaria, visual, y con herramientas de ajuste (Lopez Nuñez & Jimenez Sabogal, 2016).

Mantenimiento mensual:

1. Lubricación de cojinetes según las especificaciones, se lo realiza con engrasadora de barril.
2. Comprobar la elevación con respecto a su base, con un sistema de Laina.
3. Inspeccionar los acoplamientos de manera visual.
4. Comprobar el anclaje seguro, con sus ajustes determinados de manera visual.
5. Inspeccionar el sello mecánico y embalaje.
6. Limpiar filtros con equipos de limpieza.
7. Limpiar la acumulación de suciedad en el impulsor, desmontar de manera programada la bomba, abriendo su carcasa y retirando el impulsor.(Piscina, 2018).

Mantenimiento anual:

1. Examen completo a la bomba de agua para realizar ajustes, restaurar piezas o reparar problemas que hayan podido surgir en ese tiempo, se debe realizar con herramientas de ajuste (Carrasco, 2012).

Conducción

- Abrir la válvula de purga para eliminar sedimentos y aire acumulados.
- **Válvulas:** Es con la que se puede iniciar, detener o regular la circulación del agua, permite controlar de manera óptima el flujo y presión de la red (Propiedades y funciones biológicas del agua, 2011).

Mantenimiento semanal:

1. Verificar el estado general, realizando maniobras manuales en los volantes.
 2. Verificar la existencia de fugas de agua, maniobra en su compuerta de sello completo.
 3. Maniobrar con frecuencia para mantenerla en condiciones de operación.
- Llenar la línea de agua, cerrar paulatinamente la válvula de purga, si requiere la válvula de aire, esto se realiza, para evitar la suciedad en la tubería de conducción y la presencia de aire en la misma (Carrasco, 2012).

Mantenimiento mensual:

1. Inspeccionar cámaras distribuidoras y rompe presión, verificando con herramientas de ajuste.
2. Purga, verificar la correcta operación de los hidrantes.

Mantenimiento trimestral:

1. Limpieza y desbroche de la línea con los equipos adecuados de limpieza.

Mantenimiento semestral:

1. Se repara la estructura, si es necesario, por daños, o deterioros sustituyendo equipos.
2. Verificar el su funcionamiento hidráulico y mantenimiento, realizando maniobras de abierto y cerrado de las compuertas.
3. Corregir la conducción sustituyendo equipos, como tuberías.

Mantenimiento anual:

1. Limpieza y pintura, con equipos y material de alta resistencia al ambiente de operación.
2. Revisión de válvulas y reparación, con equipos de ajuste, o equipos nuevos de sustitución de válvulas (Lopez Nuñez & Jimenez Sabogal, 2016).

Tratamiento

Las plantas de tratamiento de agua deben tener estándares de diseño establecidos, en la normativa ecuatoriana establece estándares para garantizar la calidad del agua en diferentes contextos, incluyendo agua potable, aguas superficiales y aguas subterráneas. Estas normas son desarrolladas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) y se utilizan para establecer criterios técnicos y de calidad en diversas áreas, incluyendo el uso del agua para la calidad con valores límites en parámetros fisicoquímicos y microbiológicos (Lopez Nuñez & Jimenez Sabogal, 2016).

- **Floculadores**

Los Floculadores son un equipo clave en el proceso de tratamiento de agua. Funcionan al fomentar la coagulación de las partículas suspendidas en el agua, lo que las hace más pesadas y las agrupa en flósculos más grandes que pueden sedimentar y eliminarse del agua. (M&M Instrumentos Técnicos, 2023)

Mantenimiento diario:

1. Revisión de estado físico y de funcionalidad, revisar su caudal, realizando maniobras de válvulas de ingreso.

Mantenimiento mensual:

2. Limpieza de la estructura, se lo realiza con equipos de limpieza adecuados (Comisión Nacional del Agua, 2016).

- **Sedimentadores**

Mantenimiento diario:

1. Inspección visual y maniobra de válvulas

Mantenimiento quincenal:

1. Revisión del estado físico, caudal, volumen de agua, rebose, fugas, con maniobras en las válvulas (Idrovo, 2010).

- **Filtros**

Mantenimientos diarios:

1. Inspección visual y movimientos de las válvulas
2. Limpieza de la estructura, realizado con equipos de limpieza (interna, externa).

Mantenimiento quincenal:

1. Revisar la estructura para encontrar fugas, daños o deterioro del conjunto.

Mantenimiento mensual:

1. Pintura y lubricación de los accesorios (Siapa, 2014).

Tanque de almacenamiento de 10.000 litros

Mantenimiento diario:

1. Aplicación del cloro en toda la superficie, con equipos de limpieza y personal de operación.
2. Limpieza interna, externa, se lo realiza con personal de turno y equipos de presión.
3. Verificar que las válvulas se encuentren bien cerradas y aseguradas, cada personal de turno debe hacer una inspección visual y manual de este equipo hidráulico realizando maniobras del volante (Cutzal, 2007).

Mantenimiento quincenal:

1. Inspeccionar fugas, daños o deterioro, de manera visual en toda su estructura.

Mantenimiento mensual:

1. Pintura y lubricación de válvula, realizado con barriles dispensadores de grasa en sus rodamientos.

Macromedidores

Para proceder a instalar macro medidores en la red de distribución de agua potable, se debe asegurar de su correcto funcionamiento, realizando que certifiquen la exactitud indicada por el fabricante (Carrasco, 2012).

Mide el volumen por acción de la velocidad del agua, principalmente pueden ser instalados en, la entrada de la Planta y la salida de la Planta de potabilización de agua (Blanco et al., 1994).

Para el mantenimiento de los macro medidores, debemos inspeccionar, su concepto de operación, realizando siempre pruebas de velocidad, presión, estos elementos son inspeccionados diariamente, el cambio por mantenimiento solo es correctivo, o por concepto de operación, se realizan revisiones, actividades de precisión y toma de datos (Lopez Nuñez & Jimenez Sabogal, 2016)

Un mantenimiento de manera organizada conseguirá evitar daños y reducir costes generales, además, que vayan acorde, con políticas de mantenimientos.

9. RESULTADOS

Se identifican un total de 1.365 fallas en el año 2022, es significativo de enero hasta febrero, como se muestra en la tabla 2. Este total de fallas es la suma de las cuatro etapas del proceso de potabilización que se estudió en los tiempos de fallas referidos.

Tabla 2

Número de fallas al año.

ETAPAS	TIEMPO DE FALLAS EN OPERACIÓN SIN MANTENIMIENTO												TOTAL	
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC		
CAPTACIÓN														
TRANFORMADOR	1											1	2	5
FUSIBLE	5	5	5	5	5	7		1	1	5	5	5	10	54
TABLERO	6	5	7	7	7	8	8	4	4	4	6	9	9	77
MOTOR	10	10	10	10	10	8	9	7	7	8	8	10	10	107
BOMBA	15	10	10	10	10	10	8	8	8	15	10	10	10	124
VALVULA	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	120
PISCINA	1									1			1	4
	48	40	42	42	45	35	30	30	43	39	45	52	491	
CONDUCCIÓN														
TUBERIA	10	15	12	10	9	9	9	10	10	20	12	20	146	
VALVULA	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	360	
	40	45	42	40	39	39	39	40	40	50	42	50	506	
TRATAMIENTO														
TRANFORMADOR	1								1				1	3
FUSIBLE	3	3					5			5			3	19
TABLERO	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	60
MOTOR	10	11	7	7	9	5	5	10	5	5	5	9	9	88
BOMBA	7	5	5	5	6	7	7	7	4	7	10	10	10	80
VALVULA	8	10	8	4	1	6	6	6	6	6	6	6	6	73
PISCINA	1					1				1			2	5
	35	34	25	21	22	28	23	29	26	23	26	36	328	
ALMACENAMIENTO														
VALVULA	10	8	8	8	8	8	9	11	11	11	10	12	114	
TANQUE	1			1			1			1		1	5	
													119	
MACRO MED.	3	1	4	1	1	5	1	7	1	10	1	5	40	
TOTAL DE FALLAS ANUAL												1365		

Estos criterios, se analizaron, y se clasificó los equipos de mayor criticidad, que tienen un directo impacto con la productividad de estos sistemas de potabilización.

Las fallas más comunes, y en los equipos de mayor criticidad que fueron más recurrentes, en los tableros con 137 fallas, motores con 195, bombas con 204 y válvulas con 307 fallas en este año 2022 como se muestra en la tabla 3.

Los componentes con más fallas observadas de estos equipos fueron, rodamientos, empaques, sello mecánico, impulsor, componentes de paro y marcha, condensadores, vibraciones, volantes, compuertas, esto se lo realizo, con estudios de documentación de fallas recurrentes en todo el año.

Tabla 3

Número de equipos críticos.

EQUIPOS CRITICOS		
TABLEROS	137	
MOTORES	195	
BOMBAS	204	
VALVULAS	307	

Estos son algunos de los equipos de criticidad comunes utilizados en el proceso de potabilización del agua. Después de analizar estos criterios de la tabla 3, se tomaron acciones para la siguiente fase, en la que los mantenimientos se dan de manera prioritaria y así la eficacia de cada equipo logrará implementar mantenimiento a estos sistemas de potabilización de agua.

Estos diagramas de la figura 3 y figura 4, muestran los equipos y su criticidad en valores nominales, dependerá mucho de su mantenimiento la productividad de estos sistemas de potabilización, al ser equipos críticos el enfoque de mantenimiento es dirigido con mayor responsabilidad hacia estos.

Figura 3

Diagrama De Equipos Críticos.

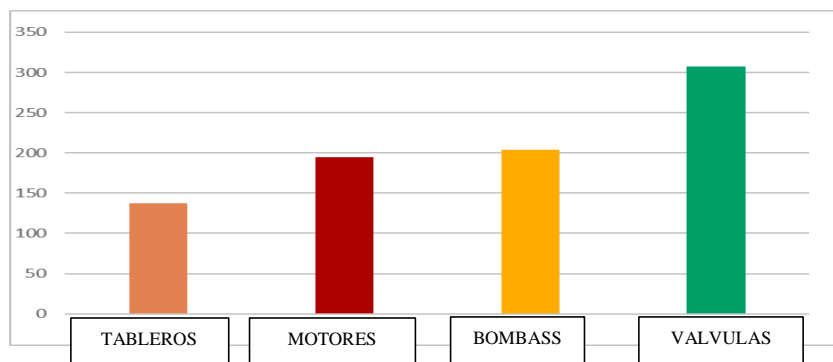
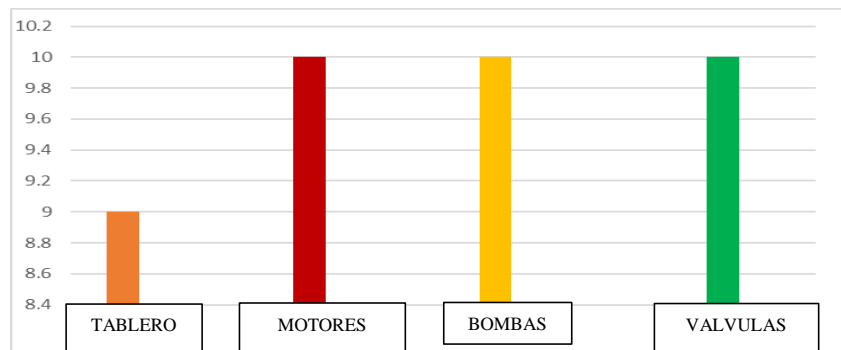


Figura 4

Diagrama De Criticidad De Los Equipos.



En la tabla 4 se muestran los tiempos de fallas, donde se hizo un estimado con un promedio de 3 horas por falla ocurrida en el sistema, pueden ocurrir fallas que se prolonguen, por falta de materiales, cuestiones naturales, o fallas graves.

La operación de horas en estos sistemas trabajando los 365 días del año es de 8.760 horas, produciendo 15.897,6 metros cúbicos diarios, si estos equipos trabajaran de manera continua, su productividad es de 5`802.624 metros cúbicos al año, los cuales abastecen a más de 1.0000 mil usuarios, al presentarse estas pérdida de tiempo por fallas como se muestra en la figura 5, su productividad baja por el tiempo promediando 2.529 horas de trabajo, que es un equivalente a días de 105,375 días del año, dejando de producir 1`675.209 metros cúbicos al año, ocasionando pérdidas para la empresa, molestias para los usuarios, por el desabastecimiento que existirán en estos en los cuales ocurren las fallas.

Tabla 4

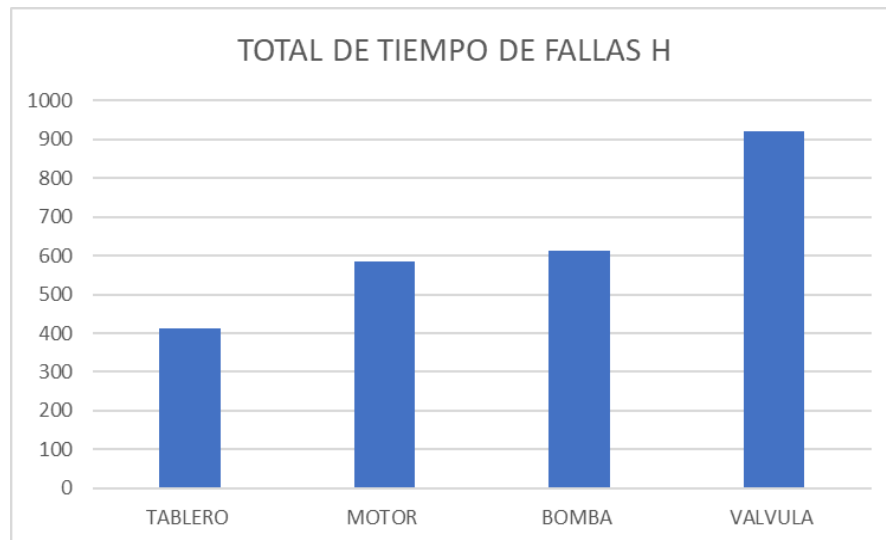
Tiempo De Fallas Año 2022.

PERDIDA DE TIEMPO POR FALLAS	TIEMPO DE FALLAS EN OPERACIÓN SIN MANTENIMIENTO HORAS 3												TOTAL DE FALLAS	TOTAL DE TIEMPO H
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC		
TABLERO	11	10	12	12	13	13	9	9	9	11	14	14	137	411
MOTOR	20	21	17	17	17	14	12	17	13	13	15	19	195	585
BOMBA	22	15	15	15	16	15	15	15	19	17	20	20	204	612
VALVULA	28	28	26	22	19	24	25	27	27	27	26	28	307	921
														2529

Con los resultados obtenidos en la figura 5, se reconoce la necesidad de mejora de la productividad de estos sistemas, implementando un sistema de mantenimiento preventivo, se realizan programaciones, que tengan como objetivo primordial la vida útil de los sistemas y equipos, que operan en estos procesos, así mejoramos su productividad.

Figura 5

Diagrama De Tiempos De Falla.



9.1. Implementación De Un Sistema De Mantenimiento Preventivo

Analizando todos los resultados, se determina todas las causas y los equipos que provocan pérdidas de productividad en estos sistemas de potabilización de agua, y así determinar en base a esto, un plan de mejora a través de la implementación de mantenimientos, el cual tendrá como meta y objetivo reducir las recurrentes fallas ocasionadas en los principales equipos que operan en estos sistemas, su enfoque bajo los lineamiento de fichas, plan de programas de actividades, en el cual se detallaran los problemas, las causas, y la acción que se tomara con respecto a la información importante, como se puede observar en la tabla 5 y la tabla 6.

Se tomarán decisiones respecto al flujo del proceso, dentro de la planificación de mantenimiento, se implementarán cartas o fichas, para la toma de datos y acciones pendientes de cada equipo,

enfocado a los equipos de mayor criticidad, que ocasionan mayormente pérdidas en estos sistemas, su disponibilidad y eficacia, se programa estos sistemas con procesos de:

- Visualización
- Monitoreo
- Inspección

En la primera etapa de la implementación de estos sistemas de mantenimiento, en los sistemas de visualización se lo asignó a las actividades de limpieza y mantenimiento, en los sistemas de monitoreo se orientó al proceso de operación y control, y en los sistemas de inspección para el cumplimiento de los programas, se diseñan tablas y recopilación de datos, hojas de mantenimiento, hojas de control, para analizar cada uno y asignar actividades respectivas como en la tabla 5.

Tabla 5

Procedimiento De Control De Equipos Diarios.

LOGO DE LA EMPRESA	SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	ODT:
		FECHA:
	CARTA DE CONTROL DE EQUIPOS	PROCESO:
ACTIVIDAD:		
ESTACIÓN:		
ETAPA:		
PANTA:		
RESPONSABLE:		
FICHA DE EQUIPO	OBSERVACIONES	

Nota. En esta se lleva el control de los equipos según su actividad diaria.

Tabla 6

Procedimiento De Control De Equipos Anual.

LOGO DE LA EMPRESA	SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO										ODT:
											AÑO:
	CARTA DE CONTROL DE EQUIPOS										PROCESO:
ACTIVIDAD:											
ESTACIÓN:											
ETAPA:											
PANTA:											
RESPONSABLE:											
EQUIPO											
ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
ACTIVIDADES											

Nota. En esta carta se lleva el seguimiento de las actividades que se realizan en los equipos, durante el año.

Los mantenimientos se los realizara como indican las tablas 5 y 6, referente a la ficha técnica de cada equipo y su concepto de operación, se lo realiza de manera diaria como visualización de los equipos, mensuales monitoreo, inspecciones, trimestrales, semestrales y anuales como programa de mantenimiento de prevención según cada equipo y su operación de manera crítica.

Tabla 7

Plan De Mantenimiento Equipos Críticos.

LOGO DE LA EMPRESA	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO											CARTA:	
												FECHA:	
												PROCESOS:	
MOTORES													
RODAMIENTOS	ENGRASADO	CIRCUITO	MEGADO	P. DIELECTRICA	MEDICION I.V.	CAPACITORES F.P.	E. DE PROTECCIÓN	RESISTIVIDAD	AJUSTES	LIMPIEZA	VIBRACIONES	MAN. GENERAL	
2 MENSUAL	DIARIO	DIARIO	MENSUAL	MENSUAL	DIARIO	DIARIO	MENSUAL	MENSUAL	MENSUAL	MENSUAL	SEMANAL	ANUAL	
TABLEROS													
FUENTE	BREAKER PRIN.	E. PROTECCIÓN	LOGO	INTERRUPTORES	MEDICION I.V.	CIRCUITO	PRUEBAS DE PARO Y MARCHA	CAPACITORES F.P.	AJUSTES	LIMPIEZA	MAN. GENERAL		
SEMANAL	SEMANAL	MENSUAL	MENSUAL	MENSUAL	DIARIO	DIARIO	SEMESTRAL	DIARIO	SEMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL		
BOMBAS													
RODAMIENTOS	ENGRASADO	IMPULSOR	PRUEBA DE GIRO	PRENSA ESTOPA	SELLO MECANICO	CAUCHO MATRIMONIO	VIBRACIONES	ALINEACION	AJUSTES	LIMPIEZA	MAN. GENERAL		
2 MENSUAL	DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	SEMESTRAL	SEMESTRAL	SEMESTRAL	SEMANAL	SEMANAL	MENSUAL	SEMESTRAL	ANUAL		
VALVULAS													
RODAMIENTO		COMPUERTA		SELLADO		VOLANTE		ENGRASADO		AJUSTE		LIMPIEZA	MAN. GENERAL
MENSUAL		SEMANAL		DIARIO		SEMANAL		TRIMESTRAL		SEMESTRAL		SEMESTRAL	ANUAL

Nota. En esta carta de mantenimiento que muestra la tabla 7, tomamos de referencia los equipos más críticos de los sistemas.

Para que se entienda rápida y correctamente en la tabla 7, este plan de mantenimiento se presenta de la manera más simple posible en esta carta. El equipo crítico se usa como punto de referencia, pero otras partes del proceso también son importantes porque tienen un impacto menor en la productividad de un sistema de purificación de agua.

Estos planes de mantenimiento mejorarían la parte operacional de estos sistemas de agua potable, haciendo que su operatividad sea de manera continua, sostenible y de calidad. Si realizamos este mantenimiento en la planta en la que se realiza este estudio, los 365 días del año es de 8.760 horas, su productividad es de 5`802.624 metros cúbicos al año, los cuales abastecen a más de 10.000 usuarios.

10. DISCUSIÓN

La productividad de los procesos depende del correcto desempeño de los sistemas, esta es la mayor dificultad que una empresa tiene a lo largo de la producción de estos sistemas de potabilización de agua, ya que afecta directamente al rendimiento y la disponibilidad.

Al analizar las estrategias para mejorar la eficiencia del sistema de potabilización, se enfatiza la importancia de la planificación del mantenimiento para asegurar el buen funcionamiento y prolongar la vida útil de los equipos y componentes de depuración, analizamos el número de fallas de una determinada empresa de depuración en un año y encontró un total de 1.365. Estas fallas más graves ocurrieron con mayor frecuencia, incluyendo 137 fallas de tableros, 195 fallas de motores, 204 fallas de bombas y 307 fallas de válvulas, que son los componentes con más fallas este año. El equipo incluye principalmente: cojinetes, empaques, sellos mecánicos, impulsores, componentes start-stop, capacitores, volantes y compuertas.

Estos sistemas operan 8.760 horas los 365 días del año. su productividad sería de 5`802.624 metros cúbicos al año, sirviendo a más de 10.000 mil usuarios, si se producen estas pérdidas de tiempo de producción por averías, esta será de 1`675.209 metros cúbicos al año de producción insuficiente, debido a la existencia del desabastecimiento provoca pérdidas a la empresa y molestias a los usuarios en caso de falla.

Demostramos que el artículo proporcionado de manera empírica, estudia la forma en que se comporta el sistema sin mantenimientos y la manera en que se puede mejorar la productividad de estos sistemas, la importancia de los equipos críticos con la intervención de un sistema de mantenimiento, el desarrollo de carta de control, de medición, inspecciones, supervisiones, para cada equipo.

El resultado de este artículo es brindar una metodología de mantenimiento preventivo de manera simple y que se pueda entender de cierta forma y que cada uno de los operadores y técnicos de operación, identifique los procesos de intervención a través de un plan de acción.

11. CONCLUSIONES

- Dentro de la presente investigación se pudo constatar visualmente la situación actual del proceso de potabilización de agua, donde se comprobó de manera visual que los equipos que realizan el proceso de captación y tratamiento de agua se encuentran en estado de carencia de mantenimiento, los cuales necesitan intervención para poder ampliar la vida útil de cada equipo, se estudió esta falencia estableciendo criterios técnicos de operación y mantenimiento más importantes dentro de estos sistemas, para poder crear las tablas de control, que ayudaran a tener una mejora en la producción de estos sistemas.
- Con el estudio estadístico de fallas plasmado en la tabla 2, se identifican un total de 1.365 fallas en el año 2022 de enero hasta febrero, este número total de fallas representa la suma del proceso de purificación que se examinó durante los tiempos de falla, con esto se realizó un estudio, para poder establecer un sistema de mantenimiento, donde se crea y se implementa tablas de control de equipos como se puede observar en las tablas 5, 6 y 7, en las que su proceso de gestión en el área de mantenimiento está relacionado con las fallas encontradas en los equipos.
- Los componentes con más fallas que se observan en la tabla 3, son equipos de mayor criticidad en el año 2022, esto se analizó, con estudios de documentación de fallas recurrentes en todo el año mencionado, con lo que se implementó una carta de mantenimiento para equipos de mayor criticidad en la tabla 7, y logrando establecer un sistema de gestión diario, mensual y anual según su proceso y componente que lo requiere.
- Usando herramientas estadísticas, como los diagramas de la figura 3 y figura 4, donde muestran el análisis que se realizó con los equipos de mayor criticidad por falla ocurrida en el sistema, este análisis sirvió para implementar una carta de control de equipos diarios según las operaciones que realiza el equipo en cada etapa del sistema.

- Se implementó los procedimientos de cartas de control, con el estudio de fallas en la tabla 4, donde se hizo una aproximación con 3 horas promedio por falla, este estudio sirvió para aplicar cartas de control de equipos como la tabla 5, tabla 6, tabla 7. Con tabla 6 se crea una carta de control de procesos de los equipos de forma anual, donde se podrá llegar a una mejora, cuando ocurran fallas mensuales, se optimizará los recursos de estos sistemas de manera continua y de calidad. Si estos sistemas funcionan de forma continua los 365 días del año y se pone en marcha el sistema de mantenimiento, se producirán 15897,6 metros cúbicos cada día, todo esto según información estadística obtenida de una empresa para efectos de este estudio, la productividad de dicha empresa es de 5'802.624 metros cúbicos al año.
- Todo este estudio de producción de sistema de potabilización tendrá una mejora notable, ya que con la implementación de mantenimientos que no existían en estos procesos, se logrará la operatividad óptima, teniendo menos falencias que puedan causar malestares a la población que recibe el servicio de potabilización de agua, se lograra llevar un control correcto de función de cada equipo en el sistema, se lograra que la parte técnica lleve un registro de actividades y se logre llevar un control de producción.

12. BIBLIOGRÁFIAS

- Advance Laboratorios y Aguas Inc.* (2023). *Estaciones de Bombeo. Somos Advance*. Retrieved July 13, 2023, from <https://somosadvance.com/expertise/estaciones-de-bombeo/>
- Botero Botero, E.* (2018). *Mantenimiento preventivo*. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander, 15.
- Carrasco, P. & A. C.* (2012). *Operación y Mantenimiento de sistemas de agua potable*. *Care*, 5, 126.
- Comisión Nacional del Agua.* (2016). *Volumen 45: Evaluación Rápida de Plantas Potabilizadoras*. In *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento*.
- Propiedades y funciones biológicas del agua.* (2011, 11 julio). Universidad Complutense de Madrid. <https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-Carbajal-Gonzalez-2012-ISBN-978-84-00-09572-7.pdf>
- Diseprosa.* (2012). *Plantas de tratamiento de aguas*. 1–15.
- Eps sedaloreto s.a.* (2015). “manual de operación - procedimientos- proceso de tratamiento de agua potable de la eps sedaloreto s.a- ptap nueva. E.p.s. sedaloreto s.a.
- García Sierra, J., Cárcel Carrasco, J., & Mendoza Valencia, J.* (2019). *Importancia del mantenimiento, aplicación a una industria textil y su evolución en eficiencia*. *3C Tecnología_Glosas de Innovación Aplicadas a La Pyme*, 8(2), 50–67.
- Guerra, P., & Augusto, A.* (2013). *Metodología para la evaluación y selección de alternativas de aprovechamiento, ahorro y uso eficiente del agua en el sector Institucional*.
- Idrovo, C.* (2010). *Optimización de la planta de tratamiento de Uchupucun Universidad de Cuenca Ecuador*. *Revista Ambiental Agua, Aire Y Suelo*, 4(2564), 1–244.
- INEC.* (2016). *Estadística de información ambiental económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales 2015 (Agua y Alcantarillado)*. Instituto Nacional de Estadística y Censos INEC, 2015, 30.
- INEC.* (2019, May 15). *Seguimos construyendo más sistemas de agua potable en Ecuador. Ayuda en Acción Ecuador*. Retrieved July 13, 2023, from <https://ayudaenaccion.ec/actualidad/seguimos-construyendo-mas-sistemas-de-agua-potable-en-ecuador/>
- Jouravlev, A.* (2014). *Eficiencia y su medición en prestadores de servicios de agua potable y alcantarillado*. *Cepal*. Retrieved July 13, 2023, from https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/37287/LCW385_es.pdf
- Lau.* (2012). *Untitled*. Repositorio SENA. Retrieved July 13, 2023, from https://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/operacion_potabilizacion/pdf/OPERACION%20Y%20MANTENIMIENTO%20DE%20PLANTAS.pdf
- Llumiquinga Pachacama, Jaime Eduardo.* “Utilización de productos para Potabilización de Agua Use of products for water purification Uso de produtos para purificação de agua.” *Dialnet*, 30 July 2020.

- Lopez Nuñez, A. C., & Jimenez Sabogal, B. F. (2016). *Manual De Operación Y Mantenimiento Planta De Tratamiento De Agua Potable San Antonio-Asociacion Sucuneta. Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas*, 49.
- Lugo, J. L., & Lugo, E. R. (2018). *Beneficios socio ambientales por potabilización del agua en los pueblos palafíticos de la ciénaga grande de Santa Marta-Colombia. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 21(1), 259–264.
- M&M Instrumentos Técnicos. (2023, mayo 1). *Floculadores: el equipo clave en el tratamiento de agua. mym instrumentos tecnicos. Retrieved July 13, 2023, from <https://www.myminstrumentostecnicos.com/equipos-de-laboratorio/floculadores>*
- Mollisaca Centellas, J. C. (2021). *Mantenimiento y reparaciones*. 118.
- Montenegro Benalcázar, V. E. (2017). *Rediseño De La Planta Potabilizadora De Agua Para Consumo Humano En El Terminal De Productos Limpios (Ep-Petroecuador), Cantón Riobamba, Provincia De Chimborazo*. 188.
- Najul, M. V., & Blanco S, H. A. (2014). *Estrategias de mejora continua en plantas potabilizadoras venezolanas. Revista de La Facultad de Ingenieria*, 29(1), 37–50.
- Orellana, J. A. (2005). *Tratamiento De Las Aguas. Ingeniería Sanitaria- UTN - FRRO*, 1–123.
- Pedraza Martínez, J. A. (2011). *Estudio integral de sistemas de bombeo de agua potable municipal*. 112.
- Pérez, F. (2017). *Félix Antonio Pérez Rondón*.
- Pinto Ríos, J. A. (2019). *Desarrollo de plan de mantenimiento en motores eléctricos. Universidad Continental*.
- Piscina, A. (2018). *Funcionamiento y mantenimiento. 2017*.
- Royal Clean. (2016, May 18). *Scanned Document. NHTSA. Retrieved July 13, 2023, from https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/app/webroot/compras/PC/bajarArchivo.cpe?Archivo=EqsqsPxtR5VO5_w21fPsk12jfPQNU8aBkrPC54f1xkU*,
- Sánchez, F. (2012). *Hidráulica de captaciones: Fundamentos. Universidad de Salamanca*, 13.
- Siapa. (2014). *Criterios y lineamientos tecnicos para factibilidades. Sistemas de Agua Potable. Actualización de Los Criterios y Lineamientos Técnicos Para Factibilidades En La Z.M.G.*, 36.
- Técnico, I. (2009). *Informe técnico mantenimiento de tableros eléctricos planta de incubación de mala marzo de 2009*.
- Unatsabar. (2005). *Obtenido de Guías para la operación y mantenimiento de reservorios: https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/55380/OPSCEPIS05159_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y*
- Vidal, F. (2021, May 18). *Mantenimiento Preventivo: Qué es, tipos y cómo hacerlo eficazmente. STEL Order. Retrieved July 13, 2023, from <https://www.stelorder.com/blog/mantenimiento-preventivo/>*
- Zarza, L. F. (2023). *¿Cómo se potabiliza el agua? iAgua. Retrieved July 13, 2023, from <https://www.iagua.es/respuestas/como-se-potabiliza-agua>*.