



# POSGRADOS

Maestría en  
**PRODUCCIÓN Y  
OPERACIONES INDUSTRIALES**

RPC-SO-30-NO.506-2019

Opción de Titulación:

Propuestas metodológicas y tecnológicas avanzadas

Tema:

PROPUESTA DE MANTENIMIENTO  
PREVENTIVO PARA MEJORAR LOS  
PROCESOS EN LA UNIDAD  
POTABILIZADORA DE AGUA DEL  
CANTÓN QUININDÉ MEDIANTE LA  
APLICACIÓN DE TPM.

Autor(es)

Bryan Alexander Cabezas Castillo

Director:

Virgilio Alonso Ordoñez Ramírez

GUAYAQUIL - Ecuador  
2023

**Autor(es):**



Bryan Alexander Cabezas Castillo  
Ingeniero Industrial  
Candidato a Magíster en Producción y Operaciones Industriales por  
la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Guayaquil.  
bcabezasc@est.ups.edu.ec – bryan.cabezasc@gmail.com

**Dirigido por:**



Virgilio Alonso Ordoñez Ramírez  
Ingeniero Químico  
Magister en Ingeniería Ambiental  
vordonezr@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

**BRYAN ALEXANDER CABEZAS CASTILLO**

**PROPUESTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR LOS  
PROCESOS EN LA UNIDAD POTABILIZADORA DE AGUA DEL CANTÓN  
QUININDÉ MEDIANTE LA APLICACIÓN DE TPM**

---

## **DEDICATORIA**

Este paso grande en mi vida se lo dedico a Dios, a mi Madre Paula Castillo Cotera, a mis hermanos Paola, Arturo, Pamela, Katherine, Carolina, Estefanía, por ser el motor de cada día seguirme superando y siempre estar presente en los momentos más difíciles.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por permitirme cumplir una meta profesional más en mi vida, y bendecirme día a día con salud y fortaleza en momentos difíciles.

Gracias a mi mamá Paula Castillo Coterá por darme los valores y principios que hoy en día necesita un ser humano para salir adelante sin importar el sacrificio.

A mis hermanas Paola, Arturo, Pamela, Katherine, Carolina y Estefanía por siempre apoyarme en todo momento y confiar en mí.

Y finalmente agradecer al Máster Virgilio Ordoñez por guiarme durante todo el tiempo de la realización del presente trabajo, por su ayuda incondicional para poder culminar mi trabajo de titulación.

# Tabla de Contenido

Resumen .....	12
Abstract.....	13
1 Introducción.....	14
CAPÍTULO I.....	16
2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
2.1 Situación problemática .....	16
2.2 Formulación del problema.....	17
2.2.1 Problema general .....	17
2.2.2 Problemas específicos .....	17
¿Se podría diagnosticar mediante la herramienta Ishikawa las mayores causas que generan las paralizaciones en la unidad potabilizadora de agua del Catón Quinindé? ..	17
¿Se podría desarrollar un plan de mantenimiento preventivo en la unidad potabilizadora de agua del cantón Quinindé mediante la metodología Mantenimiento Productivo Total para mejorar sus procesos?.....	17
¿Se podría diseñar un inventario óptimo de repuestos mediante un histórico de mantenimiento para poder disminuir los tiempos de paralización de la unidad potabilizadora de agua del Cantón Quinindé?.....	17
2.2.3 Justificación de la investigación.....	17
2.2.4 Objetivos.....	18
2.2.5 Delimitación.....	18
CAPÍTULO II.....	19
3 MARCO TEÓRICO .....	19
3.1 Antecedentes de la Investigación .....	19
3.2 Importancia del mantenimiento.....	20
3.3 Tipos de mantenimientos .....	21
3.3.1 Mantenimiento mejorativo .....	21
3.3.2 Mantenimiento activo .....	21
3.3.3 Mantenimiento Correctivo .....	21
3.3.4 Mantenimiento Preventivo .....	21

3.3.5	Mantenimiento Predictivo .....	21
3.3.6	Mantenimiento cero horas (Overhaul) .....	22
3.3.7	Mantenimiento en uso .....	22
3.3.8	Mantenimiento de bombas centrifugas.....	22
3.3.9	Mantenimiento Productivo Total (TPM) .....	24
3.3.10	Eficacia Global del Equipo (OEE) y las Seis grandes perdidas .....	27
3.3.11	Just in time (JIT) .....	30
3.3.12	Diagrama causa – efecto .....	30
3.3.13	Diagrama de Pareto .....	31
3.4	Desarenador.....	32
3.5	Floculación .....	33
3.6	Sello mecánico .....	33
3.7	Impulsor o rodete .....	34
3.8	Brida mecánica.....	35
3.9	Válvula cheque con canastilla.....	35
3.10	Eje de impulsor.....	36
3.11	Empaques prensaestopas .....	36
3.12	Carcaza tipo voluta.....	37
4	Distribución de planta del sistema de captación.....	38
CAPITULO III .....		39
5	MÉTODOS Y TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN .....	39
5.1	Tipo, diseño y nivel de investigación .....	39
5.2	Método de Investigación .....	39
5.3	Determinación de la muestra: .....	39
5.4	Tipos de instrumentos de investigación .....	39
5.5	Tratamiento de la Información .....	40
5.6	Diagrama causa – efecto de las paralizaciones en la unidad potabilizadora ..	40
5.7	Diagrama de Flujo del proceso de producción de agua potable de la unidad potabilizadora de Quinindé.....	41
CAPÍTULO IV .....		42
6	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	42
6.1	Diagnostico actual.....	42
6.2	Proceso de captación de agua cruda .....	42
6.2.1	Subproceso de Succión.....	42

6.2.2	Subproceso de desarenado .....	43
6.2.3	Subproceso impulso .....	44
6.3	Proceso de tratamiento de agua cruda .....	44
6.3.1	Subproceso de floculación.....	44
6.3.2	Subproceso de sedimentación .....	45
6.3.3	Subproceso de filtración.....	45
6.3.4	Subproceso de clorado .....	46
6.3.5	Subproceso de almacenamiento .....	46
6.4	Cálculo de la Disponibilidad y Rendimiento de las Motor - bombas de succión de agua cruda .....	48
6.5	Cálculo de disponibilidad y rendimiento de Motor - bombas impulsoras de agua cruda .....	50
6.6	Cálculo de Disponibilidad y rendimiento de las bombas dosificadoras de BLEND .....	52
CAPÍTULO V .....		56
7	PROPUESTA .....	56
7.1	Propuesta de mantenimiento preventivo para mejorar los procesos en la unidad potabilizadora de agua. ....	56
7.1.1	Fase de capacitación Introdutoria .....	56
7.1.2	Fase de capacitación técnica .....	57
7.1.3	Plan de mantenimiento autónomo .....	58
7.1.4	Plan de mantenimiento preventivo para la unidad potabilizadora .....	59
7.1.5	Stock óptimo de repuestos.....	62
CAPÍTULO VI .....		64
8	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	64
8.1	Conclusiones .....	64
8.2	Recomendaciones.....	65
9	Bibliografía.....	66

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Rodamiento de bolas de ranura .....	20
Figura 2. Bomba Centrífuga Horizontal y sus partes .....	23
Figura 3. Bomba de captación de agua .....	24
Figura 4. Pilares de Mantenimiento Productivo Total. ....	27
Figura 5. Diagrama causa - efecto .....	31
Figura 6. Diagrama de Pareto .....	32
Figura 7. Desarenador de agua cruda .....	33
Figura 8. Sistema de floculadores .....	33
Figura 9. Sello mecánico carbón - cerámica .....	34
Figura 10. Impulsor cerrado de bombas centrífugas .....	34
Figura 11. Bridas de acero inoxidable .....	35
Figura 12. Valvula cheque .....	35
Figura 13. Eje de transmisión .....	36
Figura 14. Empaques estopa .....	36
Figura 15. Carcaza tipo voluta .....	37
Figura 16. Distribución de planta de agua potabilizadora de Quinindé.....	38
Figura 17. Diagrama causa - efecto de las paralizaciones.....	40
Figura 18. Diagrama de flujo de proceso de agua.....	41
Figura 19. Carcaza de succión de agua.....	43
Figura 20. Desarenador .....	43
Figura 21. Bombas impulsoras .....	44
Figura 22. Sedimentadores.....	45
Figura 23. Filtros de agua .....	46
Figura 24. Cilindro de cloro gas .....	46
Figura 25. Tanque de almacenamiento.....	47
Figura 26. Porcentajes de disponibilidad de las bombas de succión .....	49
Figura 27. Porcentajes de rendimiento de las bombas de succión.....	49
Figura 28. Porcentajes de disponibilidad de las bombas impulsoras .....	51
Figura 29. Porcentajes de bombas impulsoras de agua.....	51
Figura 30. Porcentajes de disponibilidad de bombas blend dosificadoras .....	53
Figura 31. Porcentajes de rendimiento de las bombas blend dosificadoras .....	53
Figura 32. Pareto de los motivos de paros .....	55
Figura 33. TPM.....	56
Figura 34. etapas de capacitación .....	57
Figura 35. Actividades de plan de mantenimiento .....	61



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Dosificación del blend al agua cruda .....	44
Tabla 2. Disponibilidad y rendimiento de las bombas de succión .....	48
Tabla 3. Disponibilidad y rendimiento de las bombas de impulsión de la unidad de captación .....	50
Tabla 4. Disponibilidad y rendimiento de las bombas dosificadoras .....	52
Tabla 5. Causa de paros y sus frecuencias .....	54
Tabla 6. Plan de mantenimiento autónomo, captación y tratamiento .....	58
Tabla 7. Plan de mantenimiento preventivo captación .....	59
Tabla 8. Plan de mantenimiento de bombas de impulsión .....	60
Tabla 9. Stock óptimo de repuestos críticos .....	62
Tabla 10. Repuestos críticos de bombas de impulsión del periodo 2021 .....	63
Tabla 11. Repuestos críticos de motobombas de impulso adquiridas en periodo 2021 .....	63



*PROPUESTA DE  
MANTENIMIENTO  
PREVENTIVO PARA MEJORAR  
LOS PROCESOS EN LA UNIDAD  
POTABILIZADORA DE AGUA  
DEL CANTÓN QUINDÉ  
MEDIANTE LA APLICACIÓN DE  
TPM*

Autor(es):

Bryan Alexander Cabezas Castillo

## RESUMEN

El presente trabajo investigativo tuvo como objetivo principal proponer un plan de mantenimiento preventivo para mejorar los procesos de la unidad potabilizadora de agua del cantón Quinindé mediante la metodología TPM, el presente trabajo se focalizó en dos procesos principales como es la captación de agua cruda y el tratamiento de la misma, en primera instancia en fase de diagnóstico se hizo un método de investigación exploratoria donde se establecieron entrevistas con los diferentes operadores de los procesos de captación y tratamiento de agua potable, posteriormente se utilizó un método descriptivo donde se revisó datos históricos de la unidad potabilizadora y mediante la observación se detalló el proceso de potabilización de agua. Mediante un diagrama de Ishikawa se establecieron las posibles causas de las paralizaciones en la unidad potabilizadora esto gracias a los distintos datos que brindaron los operadores y personal técnico de la unidad potabilizadora, luego mediante un diagrama de Pareto se establecieron las causas más significativas que se tendrían que controlar para poder disminuir las paralizaciones, con los datos históricos de mantenimiento del 2021 se calculó la disponibilidad y el rendimiento de las bombas de succión de agua cruda y las bombas de impulso de agua cruda, con los datos obtenidos se preparó la propuesta del plan de mantenimiento preventivo que consiste en la fase de capacitación introductorio que busca una pequeña introducción al TPM y de igual manera busca el compromiso de la parte operativa con el mantenimiento autónomo que deberán realizar, la segunda fase es la capacitación técnica que recibirá el personal operativo de la unidad potabilizadora de agua donde el contenido brindado será estructuralmente enfocados en bombas de captación de agua cruda y bombas de impulso. Una vez teniendo el personal operativo preparado se establece el plan de mantenimiento autónomo que deberán realizar los operadores de cada planta según la frecuencia establecida, esto con la finalidad de alargar la vida útil de los diferentes equipos y también reducir tiempos en reparaciones futuras, posteriormente se establece el plan de mantenimiento preventivo para la unidad potabilizadora de agua del cantón donde se establece las semanas donde se deben intervenir los equipos para hacer mediciones y actividades de cambio de piezas que comúnmente tienden a generar averías, finalmente se establece un stock de repuestos que se debe tener para reducir los tiempos de mantenimientos en la unidad potabilizadora.

**Palabras Claves:** Rendimiento, disponibilidad, TPM, mantenimiento, desarenador, floculación

## ABSTRACT

The main objective of this research work was to propose a preventive maintenance plan to improve the processes of the water purification unit of the Quinindé canton through the TPM methodology, the present work focused on two main processes such as the collection of raw water and the treatment of it, in the first instance in the diagnostic phase an exploratory research method was made where interviews were established with the different operators of the processes of collection and treatment of drinking water, later a descriptive method was used where historical data of the water treatment unit was reviewed and through observation the process of water purification was detailed. By means of an Ishikawa diagram the possible causes of the stoppages in the water treatment unit were established, this thanks to the different data provided by the operators and technical personnel of the water treatment unit, then through a Pareto diagram the most significant causes that would have to be controlled in order to reduce the stoppages were established, With the historical maintenance data of 2021, the availability and performance of raw water suction pumps and raw water impulse pumps were calculated, with the data obtained, the proposal of the preventive maintenance plan was prepared, which consists of the introductory training phase that seeks a small introduction to the TPM and in the same way seeks the commitment of the operational part with the autonomous maintenance that The second phase is the technical training that the operational staff of the water purification unit will receive, where the content provided will be structurally focused on raw water collection pumps and impulse pumps. Once the operational staff is prepared, the autonomous maintenance plan is established that the operators of each plant must carry out according to the established frequency, this in order to extend the useful life of the different equipment and also reduce times in future repairs, subsequently the preventive maintenance plan is established for the water purification unit of the canton where the weeks where the equipment must be intervened to make Measurements and parts change activities that commonly tend to generate breakdowns, finally a stock of spare parts is established that must be had to reduce maintenance times in the water treatment unit.

**Keywords:** Performance, availability, TPM, maintenance, desander, flocculation

## 1 INTRODUCCIÓN

El agua a nivel mundial es el recurso más importante e imprescindible, el agua potable ya es un derecho que todo ser humano en el mundo debe ostentar, pero muchos de los seres humanos que tienen acceso al agua esta no es potabilizada de manera óptima, de igual manera muchas empresas a nivel nacional que son las encargadas de suministrar el líquido vital sufren muchos problemas por averías, paralizaciones en su sistema de producción de agua.

Con lo antes mencionado, el presente trabajo investigativo tiene como objetivo principal proponer un plan de mantenimiento preventivo mediante la filosofía de *TPM* para la unidad potabilizadora de agua del cantón Quindío. La empresa objeto de estudio presenta inconvenientes en los procesos de la unidad potabilizadora como averías y paralizaciones continuas de su sistema de potabilización de agua por diversas causas como falta de mantenimiento preventivo de los equipos críticos, falta de mantenimiento autónomo, falta de capacitación técnica del personal y falta de stock de disponible de repuestos ya que cada paralización los repuestos son comprados en el momento esto lleva a no poder suministrar el agua potable a la ciudadanía de manera continua.

Para lograr la propuesta del plan de mantenimiento preventivo mediante la filosofía *TPM* para la unidad potabilizadora de agua del cantón Quindío se han planteado objetivos específicos los cuales engloban los problemas generales de la unidad potabilizadora, para cumplir con lo planteado se analizarán los procesos para determinar la problemática y seguido implementar la solución definitiva.

El presente trabajo investigativo este compuesto de 5 capítulos los cuales están compuestos de la siguiente manera: Capítulo I plantea la situación problemática de igual manera la formulación y formulación del problema y establece los objetivos generales y específicos. El Capítulo II muestra el marco teórico, donde se establecen conceptos relacionados al tema de investigación.

El capítulo III detalla la metodología implementada en el estudio, donde se incluye el diseño, población y muestra, de igual manera las herramientas y métodos utilizados para la obtención, y análisis de la información. El Capítulo IV detalla el análisis

de los resultados que se obtuvieron mediante las herramientas de captación de información, donde se incluye la elaboración de tablas y sus respectivos análisis. Por último, el Capítulo V presenta las conclusiones y recomendaciones que se detallan a partir del estudio.

## CAPÍTULO I

### 2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 2.1 Situación problemática

El agua es la sustancia de mayor vitalidad en el planeta, es de gran importancia que prácticamente es indispensable para el desarrollo de las poblaciones a nivel mundial, así mismo es deber de cada estado a nivel mundial de garantizar a todos sus habitantes el acceso a fuentes de agua potable para el uso doméstico y personal (ONU, 2018).

En el programa de acción de la Conferencia Internacional sobre la Población y el Desarrollo de 1992, los estados participantes afirmaron que toda persona tiene derecho a un nivel de vida adecuado para sí y su familia, esta afirmación incluye alimentación, vestimenta, vivienda, agua y saneamientos adecuados. En la actualidad cerca de 884 millones de personas a nivel mundial no tienen un acceso a fuentes mejoradas de agua potable (Cañas, 2022).

La organización mundial de la salud establece que la cantidad adecuada de consumo humano para beber, higiene personal, cocinar, limpieza del hogar es de 100 litros al día (Ambientum, 2019).

Las empresas actualmente tienen el mito de que toda actividad que se realice, y que no resuelva un problema generado es un gasto que no justifica su inversión, es por ello que muchos de los desabastecimientos de agua potable a las distintas zonas del catón Quinindé que cuentan con un sistema de dotación de agua potable, se deben por paralizaciones de las plantas que captan y procesan el agua, ocasionadas por averías en los equipos y máquinas que al no contar con mantenimientos preventivos, con personal que opera las plantas pero que no tienen las habilidades y conocimientos para reparar al instante, ocasionan fallos en la producción, pérdidas económicas y malestar en la población.

La planta de agua potable de Quinindé al momento presenta un tiempo efectivo de uso de la maquinaria equivalente a un 65%, esto quiere decir que la planta mensualmente opera 432 horas de las 720 horas requeridas, lo cual hace muy evidente el tiempo de pérdidas que se manifiestan por realizar los mantenimientos correctivos a los distintos equipos de la planta.



El stock de repuestos no cumple con el inventario mínimo requerido, lo que agrava el tiempo de paralización, por la necesidad de ir a comprar en el mercado los repuestos requeridos, debiendo ir en muchas ocasiones hasta las ciudades de Santo Domingo y Quito a realizar el abastecimiento.

## **2.2 Formulación del problema**

### **2.2.1 Problema general**

¿Como una propuesta de mantenimiento preventivo mediante la metodología Mantenimiento Productivo Total (TPM) ayudara a mejorar los procesos de la unidad potabilizadora de agua del cantón Quinindé?

### **2.2.2 Problemas específicos**

¿Se podría diagnosticar mediante la herramienta Ishikawa las mayores causas que generan las paralizaciones en la unidad potabilizadora de agua del Catón Quinindé?

¿Se podría desarrollar un plan de mantenimiento preventivo en la unidad potabilizadora de agua del cantón Quinindé mediante la metodología Mantenimiento Productivo Total para mejorar sus procesos?

¿Se podría diseñar un inventario óptimo de repuestos mediante un histórico de mantenimiento para poder disminuir los tiempos de paralización de la unidad potabilizadora de agua del Cantón Quinindé?

### **2.2.3 Justificación de la investigación**

La propuesta de mejora de los procesos de captación y tratamiento de agua en una empresa potabilizadora de agua del cantón Quinindé, se presenta como una alternativa para mejorar los procesos productivos, disminuir las averías, reducir las paralizaciones de las plantas y evitar costos elevados por mantenimientos correctivos.

Por tal motivo, se optará por la aplicación de un sistema de mejora continua, estableciendo la metodología Manteniendo Productivo Total (TPM). Bryan Salazar López (2019), define al TPM como una metodología que busca asegurar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos y sistemas por medio de conceptos como prevención, cero defectos, cero accidentes y la participación integrada de todo el personal.

Actualmente la empresa que es objeto de estudio maneja una filosofía incongruente de que todo mantenimiento que se ejecuta debe ser solo cuando se presenta algún problema, ya que no es factible invertir por algún problema que no se ha generado, la empresa potabilizadora de agua del cantón Quinindé actualmente sufre de constantes paralizaciones en sus plantas de tratamiento y captación ocasionadas por averías en sus equipos de captación y bombeo de agua, esto genera a nivel interno pérdidas económicas, costos elevados por mantenimientos correctivos y a nivel externo creando un malestar en los habitantes del cantón Quinindé al no tener el líquido vital para desarrollar sus actividades rutinarias.

## **2.2.4 Objetivos**

### **2.2.4.1 Objetivo general**

Proponer un plan de mantenimiento preventivo para mejorar los procesos de la unidad potabilizadora de agua del cantón Quinindé mediante la utilización de la metodología de Mantenimiento Productivo Total.

### **2.2.4.2 Objetivos específicos**

- Realizar un diagnóstico actual mediante la herramienta Ishikawa para determinar las mayores causas que originan las paralizaciones en la unidad potabilizadora de agua potable del Cantón Quinindé.
- Elaborar un plan de mantenimiento preventivo mediante la metodología Mantenimiento Productivo Total (TPM) para mejorar los procesos de la unidad potabilizadora.
- Diseñar un inventario óptimo de repuestos mediante un histórico de mantenimientos para disminuir los tiempos de paralización de la unidad potabilizadora de agua.

## **2.2.5 Delimitación**

El alcance del presente trabajo investigativo considerará la unidad de captación de agua cruda y la de tratamiento convencional de agua potable del cantón Quinindé. Los datos utilizados para el presente trabajo investigativo corresponden a los registros históricos del periodo 2021.

## CAPÍTULO II

### 3 MARCO TEÓRICO

#### 3.1 Antecedentes de la Investigación

Desde tiempos que se iniciaron las maquinas, los seres humanos siempre han tenido la necesidad de mantener sus equipos, donde la mayor parte de sus fallas que se presentaban era por el resultado de su uso y abuso de estas, al comienzo solo se ejecutaba mantenimientos cuando era ya imposible seguir utilizando el equipo, y es donde a eso se le denominaba mantenimiento correctivo, a partir de 1910 el número de máquinas se había incrementado provocando que el obrero invirtiera cada vez más tiempo en realizar los arreglos a las mismas (Escobar, 2018).

En los años comprendidos entre 1914 y 1918 la industria de guerra se le manifestó la necesidad de operar de manera continua, por el motivo de la alta demanda urgente de sus productos, pero el alto número de máquinas con averías era cada vez mayor, y es donde al personal de mantenimiento correctivo se le comenzó a entablar labores de prevención con el fin de evitar que las maquinas que consideraban de más importancia fallaran en el momento de la producción (Tameco, 2019). A raíz de las nueva estructura de organización del trabajo de Taylor, Henry Ford y Henri Fayol es cuando la función de mantenimiento toma forma como una especialización y adquiere autonomía propia, es cuando se presenta la dirección, administración y control de sistemas mecánicos y eléctricos mediante los programas de mantenimiento preventivo como una necesidad ante la gran exigencia de disponibilidad que presentaba la industria de proceso continuo (Cruz M. , 2017).

A comienzos de los 1950 se desarrolló el mantenimiento productivo, como un modelo de avance del mantenimiento preventivo que está orientado a prever los fallos de los sistemas por medio de un plan adecuado enfocado a la producción y que incluía los conceptos de confiabilidad, fiabilidad y mantenibilidad (Cardenal, 2018). Posteriormente en los finales de 1960 la industria de aviación Nowland y Heap, realizan una importante aportación a la gestión del mantenimiento se trata del Realiability Centred Maintenance ( RCM ) que nació con el interés concreto de centrarse en la seguridad, pronto pudo comprobar que además de tener un impacto importante en la seguridad, mejoraba la disponibilidad y optimizaba recursos, este proceso permite establecer cuáles son las tareas

de mantenimiento que son adecuadas para cada activo físico teniendo en cuenta su fiabilidad o probabilidad al fallo (Carrasco, 2016).

### 3.2 Importancia del mantenimiento

Según William Olarte, Marcela Botero, Benhur Cañon ( 2010), en su artículo científico denominado Importancia del mantenimiento dentro de los procesos de Producción indican que Toda empresa debe de considerar al mantenimiento programado como una de las inversiones donde a mediano o largo plazo evitará gastos innecesarios en actividades de reparación o daño total de sus equipos.

Figura 1. Rodamiento de bolas de ranura



*Nota:* El grafico muestra un rodamiento de bolas de ranuras, es una de las piezas que más se utiliza en las bombas de centrifugas para el impulso de agua hacia la planta de tratamiento de agua. Tomado de (NSK americas, 2022).

En su investigación Julio García Sierra ( 2019), indica que actualmente se puede evidenciar que el papel del mantenimiento es muy destacado por que garantiza aportaciones a la productividad, por medio de la disponibilidad de equipos , maquinarias, instalaciones y confiabilidad, dando un impacto también a la calidad, seguridad y salud en todos sus aspectos.

El mantenimiento preventivo tiene como procedimiento la revisión y ajuste de parámetros, para posteriormente asegurar que los equipos estén calibrados conforme a la

especificación establecidas por el fabricante, limpieza interna y externa, ajuste y lubricación de los distintos componentes mecánicos (Sicma, 2022). El objetivo del mantenimiento con prevención es detectar a tiempo problemas futuros, reduciendo reparaciones y los costos innecesarios, dado que la intervención por corrección de fallas suele implicar gastos aún mayores (Reynoso, 2020).

### **3.3 Tipos de mantenimientos**

#### **3.3.1 *Mantenimiento mejorativo***

Cuando se busca realizar cambios en las características intrínsecas dadas por diseño, pero sin modificar las funciones originales (Industrial, 2019).

#### **3.3.2 *Mantenimiento activo***

Se realiza a partir del resultado de los diagnósticos o el monitoreo de las condiciones del activo, donde este puede ser mantenimiento activo preventivo o mantenimiento activo correctivo, dependiendo de cuál sea el tipo de orden de trabajo que arroje la evaluación del activo (Qualitymant, 2020).

#### **3.3.3 *Mantenimiento Correctivo***

Conjunto de actividades destinadas a corregir los distintos defectos que se presentan en los equipos, y son alertados al departamento de mantenimiento por los mismos operarios (Garrido, 2020).

#### **3.3.4 *Mantenimiento Preventivo***

Tiene como misión mantener un nivel de servicio óptimo en los equipos, a la misma vez programando las distintas intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno, se interviene a pesar de que el equipo no haya dado ningún síntoma de tener problemas (Vidal, 2021).

#### **3.3.5 *Mantenimiento Predictivo***

Es aquel mantenimiento que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones por medio del conocimiento de ciertos valores de determinadas variables físicas como vibración, consumo de energía, temperatura, etc., y donde cuya variación indica posibles problemas que puedan estar apareciendo en el equipo (Datision, 2021).

### **3.3.6 *Mantenimiento cero horas (Overhaul)***

Conjunto de actividades donde cuyo objetivo es revisar los equipos con intervalos programados bien antes de que aparezca ningún fallo, bien cuando la fiabilidad se ha visto disminuida considerablemente de manera que resulta muy arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva (Nago, 2022). Las revisiones consisten en dejar el equipo a cero horas de funcionamiento, es decir, como si fuera nuevo el equipo, en estas revisiones se sustituyen todas las partes o piezas que son sometidas a desgaste (Valbor, 2019).

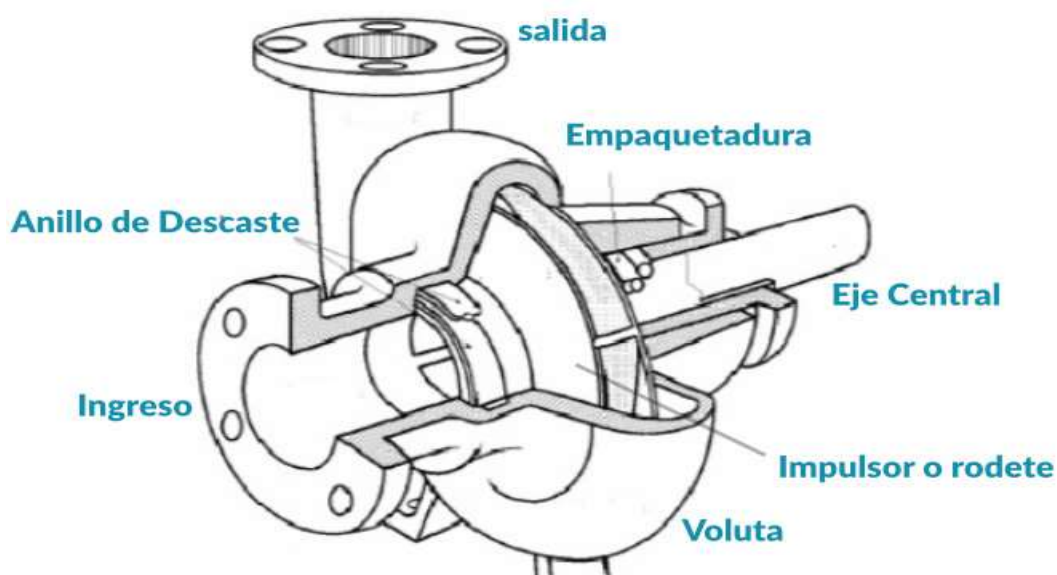
### **3.3.7 *Mantenimiento en uso***

Este mantenimiento es el básico realizado por los usuarios mismos, consiste en la realización de una serie de actividades elementales como toma de datos, limpieza, lubricación inspecciones visuales o reapriete de tornillos, para estas actividades no es necesario una gran formación solo basta con un entrenamiento breve (Emaint, 2021).

### **3.3.8 *Mantenimiento de bombas centrifugas***

Dentro del mantenimiento preventivo de bombas centrifugas se debe tener en cuenta que se lo debe hacer de forma individual, donde se considera las distintas características que los clientes indican que son de trabajo en arreglo paralelo o serie (Aveiro, 2021) Las bombas centrifugas desplazan cierto volumen de líquidos entre dos niveles, ya que son maquinas hidráulicas que cambian el trabajo mecánico en uno de tipo hidráulico, por lo que se necesita aplicar ciertos conocimientos de resistencia de los materiales, mecánica de fluidos y conocimientos básicos de circuitos eléctricos (SUAREZ, 2019).

Figura 2. Bomba Centrífuga Horizontal y sus partes



*Nota.* El gráfico muestra una bomba centrífuga con sus partes equipo utilizado para bombear agua desde las piscinas desarenadoras hasta la planta de tratamiento de agua potable. Información Tomado de (Yepes, 2019)

En su trabajo investigativo Antonio Escolar Chica titulado Plan de mantenimiento preventivo a un sistema de bombeo en conjunto motor bomba centrífuga, dentro de una de sus conclusiones resaltaron que la realización de su diagnóstico del sistema de transmisión en mención logró la obtención de la caracterización de los equipos que componen el sistema (Escolar, 2019). Conocer su estado actual, determinando las condiciones técnicas de operación de la bomba centrífuga y el motor, ayudan a la identificación de las causas que generan las averías o los fallos continuos del equipo en general (García, 2022)

La empresa española líder en soluciones de distribución de gases licuados en España manifiesta que la realización de mantenimiento preventivo a las bombas centrífugas ayuda a alargar la vida útil del equipo ya que se evitan posible fallos irreparables o muy costosos, mantienen un funcionamiento eficiente entre la energía entrante con la energía saliente (Cryospain, 2022). Los protocolos de mantenimiento se orientan a monitorizar y controlar esta eficiencia, donde garantiza la optimización del rendimiento del equipo, de igual manera en factores económicos el mantenimiento preventivo de bombas centrífugas recorta en gastos adicionales se calcula que utilizar un

equipo hasta el punto de fallos es hasta 10 veces más costoso que aplicar diferentes programas de mantenimiento preventivo (Huarcaya, 2019).

*Figura 3. Bomba de captación de agua*



*Nota.* El grafico representa una bomba de captación de agua 60 hp, utilizada para la succión de agua del rio hasta los desarenadores. Información tomada de (Inmera, 2019).

### **3.3.9 Mantenimiento Productivo Total (TPM)**

Es una herramienta utilizada ampliamente en las áreas productivas, la cual busca incrementar la disponibilidad de las máquinas y equipos de producción (Prevencionar, 2017) , el Mantenimiento Productivo Total (TPM) nace en japon gracias al trabajo del Japan Institute of Plant Maintenance ( JIPM) como un sistema que estaba destinado a lograr la eliminación de las llamadas “ Seis grandes pérdidas” de los equipos, con el fin de facilitar la implementación de la forma de trabajo “ Just in Time” o “ Justo a tiempo”, TPM cuyo objetivo es eliminar las pérdidas en producción debido al estado de los equipos esto supone, cero averías, cero tiempos muertos, sin perdidas de rendimiento o de capacidad productiva debido al costo de los equipos y cero defectos achacables a un mal estado de los equipos (Castillo, 2018).



Dentro de la metodología Mantenimiento Productivo Total (TPM) se definen ocho pilares fundamentales, cada uno de ellos indica una ruta a seguir para poder edificar un óptimo sistema de producción y definir las causas de las pérdidas (Bautista, 2022).

### **Primer pilar – Mejoras enfocadas o Kobetsu Kaizen**

Este pilar está enfocado en desarrollar el proceso de mejora continua de una manera similar al existente en los procesos de Gestión de la Calidad total, básicamente se trata de llegar a la causa raíz de los problemas, realizando previamente una planificación de la meta y el tiempo del logro. Con este pilar se detecta la pérdida y se ejecuta un plan de acción para corregirlas. (Rodríguez, 2018).

### **Segundo pilar – Mantenimiento autónomo o Jishu Hozen**

Este pilar es aquel que está enfocado en el operario, ya que es el quien más interactúa con el equipo, el objetivo es alargar la vida útil del equipo, maquina o línea de producción, mediante las actividades de inspecciones, limpiezas, intervenciones menores o el cambio de piezas (Villegas, 2008). Estas actividades que se lleven a cabo tienen que seguir los estándares que se hayan previsto, esta planificación debe contar con la predisposición y colaboración de los propios operarios (Verzini, 2019) .

### **Tercer pilar – Mantenimiento Planificado**

Este pilar pretende interpretar la situación que se está presentando en el proceso o en la máquina, a la hora de realizar el análisis de dicha situación, se debe de tener en cuenta el equilibrio costo – beneficio (Pérez, 2020). El mantenimiento planeado está determinado por una serie de actividades programadas para acercar a la planta de producción a las metas de cero averías, cero defectos, cero despilfarros, cero accidentes y cero contaminaciones (Aguirre, 2020).

### **Cuarto pilar – Mantenimiento de Calidad o Hinshtsu Hozen**

Tiene como propósito entablar las condiciones del equipo para que este alcance el punto en el que cero defectos sea posible (Blanco, 2018), este pilar se basa en realizar actividades de mantenimiento orientadas al cuidado del equipo, la prevención de los defectos de calidad, realizar estudios de ingeniería tratando de identificar los elementos de los equipos relacionados con la calidad del producto final, señalar y analizar posibles

variaciones en las características de los equipos a fin de prevenir defectos (Oliveira, 2020).

### **Quinto pilar - Prevención del mantenimiento**

Son actividades de mantenimiento que se ejecutan en la fase de diseño, fabricación y puesta a punto de los equipos. El objetivo es reducir los costes de mantenimiento cuando esos equipos se pongan en marcha, es importante contar con una base de datos sobre frecuencia de averías y reparaciones (Lameirinhas, 2019).

### **Sexto pilar – Actividades de Departamentos administrativos y de apoyo**

Este pilar tiene con finalidad mejorar la organización cultural de la empresa, por ello debe aplicar un mapa de cadena de valor transaccional donde este le permita encontrar oportunidad y a partir de ahí, proponer los proyectos de mejorar los tiempos y errores (ActionGroup, 2019).

### **Séptimo pilar – Formación y adiestramiento**

Según Edgar Fernández Álvarez (2018), en su trabajo investigativo titulado Gestión de Mantenimiento: Lean Maintenance y TPM indica que los trabajadores dentro del TPM cumplen un papel fundamental, es por lo que este pilar hace hincapié en su formación y en el conocimiento adquirido, el TPM necesita de un personal que haya desplegado habilidades para el desempeño de, identificar y encontrar los problemas en los equipos.

De igual manera requiere entender la funcionalidad de los equipos, entender la relación entre la maquinaria y las características de calidad de lo fabricado, ser capaz de realizar un análisis y resolver los problemas de funcionamiento de los procesos, habilidad para trabajar y cooperar dentro de las áreas relacionadas con los procesos industriales (Cabrera, 2019)

### **Octavo pilar – Gestión de seguridad y entorno**

En este punto el TPM, busca evitar los accidentes de trabajo mediante la filosofía cero accidentes, cero contaminaciones y cero burnouts, una buena gestión de mantenimiento no solo previene los accidentes durante el mantenimiento, sino que

también a la hora de la operación de las máquinas y equipos, contribuyendo al bienestar de todos los trabajadores (Medina, 2022).

*Figura 4. Pilares de Mantenimiento Productivo Total.*



*Nota:* la figura muestra las bases o pilares en los que se fundamenta la metodología del Mantenimiento Productivo Total. Tomado de (Gómez, 2010)

### **3.3.10 Eficacia Global del Equipo (OEE) y las Seis grandes pérdidas**

El Overall equipment effectiveness (OEE) es una métrica la cual mide la eficiencia operativa de los equipos, que refleja la capacidad productiva real de los equipos industriales y pone a la vista los despilfarros del proceso (Interrupciones, rechazos, averías, bajas de velocidad, etc.), la medición del OEE se aplica a todo tipo de proceso productivo el cual tenga un estándar de trabajo previamente (Prieto, 2020). El OEE se expresa en porcentaje y su valor siempre entre el 0% y 100%, donde si es representado por el 100% se está dando una situación óptima de producción quiere decir que solo se fabrican piezas en buen estado, a la máxima velocidad y sin paradas, la mayor cantidad de empresas opera con niveles de OEE por debajo del 70%, lo que supone una pérdida de dinero importante y un gran margen para la mejora (Navarra, 2020). El cálculo del OEE se debe tener en cuenta tres variables las cuales son calidad, velocidad y disponibilidad, para obtener el indicador final OEE, se realiza la multiplicación de las tres variables mencionadas (Morales, 2022)

Por su parte el libro Overall Equipment Effectiveness escrito por Peter Belohlavek (2006) indica que el OEE es un concepto que busca medir la producción industrial en función de la Disponibilidad, Performance y calidad de una planta.

### **Disponibilidad**

Se calcula con la división del tiempo productivo o tiempo en los equipos han funcionado sin paros de ningún tipo, con el tiempo planificado de producción, no incluyen tiempos de paros por mantenimientos planificados (Proalnet, 2016).

### **Rendimiento**

Es el resultado de la división del tiempo en producir las unidades reales planificadas, entre la producción teórica que se debería haber obtenido, el resultado que se obtenga demuestra la pérdida de rendimiento o tiempo excesivo empleado en producir las unidades reales fabricadas (Sejzer, 2016).

### **Calidad**

Es el cociente entre el número de piezas buenas dividido entre las totales producidas. Piezas buenas se consideran aquellas que cumplen las especificaciones del cliente a la primera, que no requieren ningún tipo de retrabajos (Rodriguez J. , 2022). Mas allá de medir la producción de las maquinas el OEE, analiza seis puntos que a los fabricantes les ayuda a controlar las variables de producción, estas son conocidas como las seis grandes pérdidas las cuales son Fallos en los equipos, Cambios y preparaciones, esperas y paradas menores, reducción de las paradas de producción, rechazos y retrabajos, perdidas al arrancar, este análisis permite a los dueños de sus empresas a examinar sus problemas de eficiencia con un gran nivel de granularidad (Flores, 2020).

### **Fallos de equipos**

Cuando las paradas llegan, no basta con reconocer que las paradas son un problema. Es crítico conocer y entender las causas que provocan esta pérdida. Es más, para conducir el cambio es imprescindible conocer el componente del equipo que las provoca. Más allá de las causas de la parada, lo operarios deben conocer si la parada es causada por errores en los equipos, errores de los operarios o falta / atraso de

mantenimiento (Díaz, 2020). También se debe conocer cuan larga han sido las paradas y cuánto tiempo ha tardado el operario en responder, ya sea personal de mantenimiento u operario de líneas en poner la línea en marcha de nuevo (Contreras, 2020).

### **Cambios y preparaciones**

Un operador que no dispone de unos objetivos a cumplir cuando está realizando un cambio en una máquina y que no dispone de visibilidad de la ejecución óptima del trabajo, no podrá intentar minimizar los tiempos de cambio (Viela, 2021). Pero en un escenario en el cual tanto los operadores como los encargados y los directores de planta tienen una información absolutamente transparente entre los tiempos de cambio actuales respecto a los objetivos, la dinámica es completamente diferente (Cruz, 2020).

### **Esperas y paradas menores**

Esta categoría a menudo representa una enorme área para la implantación de mejoras, las esperas y micro paradas normalmente direccionan a otros problemas de coste además de tiempo perdido (Chile, 2010). Afortunadamente, esta es una de las áreas sencillas para mejorar cuando se dispone de una tecnología y sistemas de captación de datos adecuados, para alcanzar los objetivos y realizar grandes mejoras en esta área, la información debe ser capturada de minuto a minuto (Zitu, 2021).

### **Reducción de la velocidad de producción**

Si se da una gran visibilidad a los operarios e información de lo que está ocurriendo en tiempo real, la velocidad de la línea puede tener un gran efecto en la ejecución de la línea de producción. Esto es debido al efecto que produce en los operarios el hecho de creerse observados, el cual hace que inconscientemente mejoren de una forma significativa su productividad. (Lean, 2019).

### **Rechazos y Retrabajos**

Si se habla de rechazo y retrabajo, conocer el tamaño de la pérdida no es suficiente para realizar mejoras continuas, necesita conocer la causa de la pérdida. Por ejemplo, el número de productos que están siendo rechazados en la dosificadora, los que se están reprocesando en la encapsuladora y los motivos de estos retrabajos (Tauron, 2019).

## **Perdidas al arrancar**

Se trata de una pérdida de calidad y de productividad producida mientras el sistema inicia, hasta que alcanza un nivel estable. Este tipo de errores ocurren cuando encendemos la maquinaria a primera hora, cuando se genera un cambio o rotación, según el producto a fabricar o cuando la máquina debe apagarse, esta pérdida sucede cuando el equipo necesita ciclos de calentamiento específicos o genera desperdicio después del inicio, por ejemplo, una rotativa (Overtel, 2021).

### **3.3.11 *Just in time (JIT)***

El just in time es una metodología de administrar la producción que tiene como objetivo producir únicamente las cantidades necesarias de cada uno de los productos a corto plazo, el just in time a lo largo del tiempo ha sido definido como una filosofía que abarca toda la parte organizativa de la empresa (Juárez, 2019). El Just in Time tiene como resultado la drástica reducción del stock y es fundamental disolverse de las existencias, evidenciado y eliminando todas las faltas de eficiencia y los defectos organizativos (Think Vertical, 2019).

José Torres y Sonia Pérez (2014), en su artículo científico titulado Implementación del método justo a tiempo (JIT) dentro de sus conclusiones pudieron establecer que es necesario que el JIT se implemente de forma adecuada en los procesos productivos, de esta manera se lograra mayores beneficios, como reducción de tiempos en las operaciones y el servicio, mayor flujo de mercancías e impulsar un clima organizacional armónico en el entorno interno.

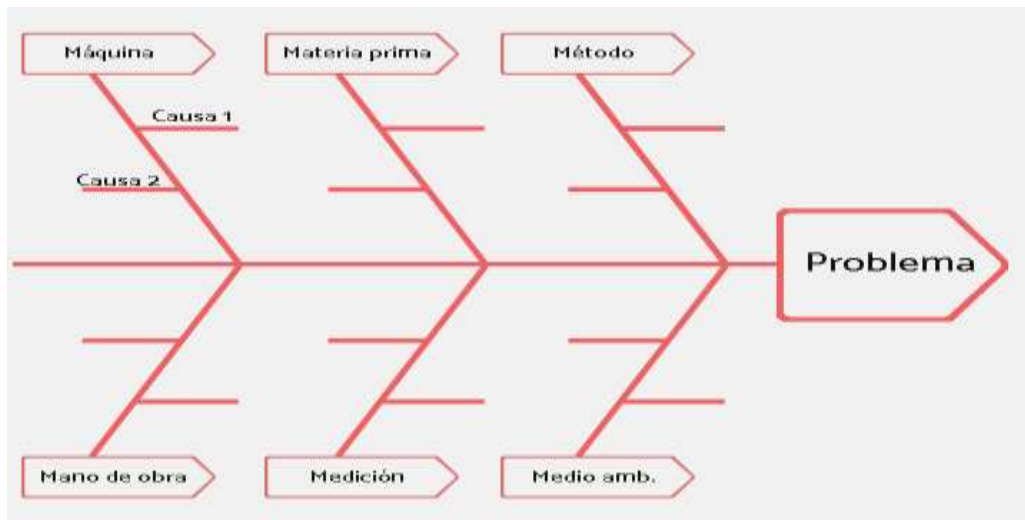
### **3.3.12 *Diagrama causa – efecto***

También llamada diagrama espina de pescado por su forma, es una herramienta utilizada para identificar las posibles causas de un problema central, este diagrama en su parte izquierda está conformado con las 6M como lo son mano de obra, maquinaria, materiales, métodos, medio ambiente, medición y, en su parte derecha se encuentra el problema a analizar (Hernández, 2022).

Por su parte Dayanara Burgasí (2021) en su artículo científico denominado El diagrama de Ishikawa como herramienta de calidad en la educación, menciona que el

diagrama de causa efecto da a conocer los resultados insatisfactorios o también conocidos como efectos, e identifica los factores o causas que lo originan.

*Figura 5. Diagrama causa - efecto*



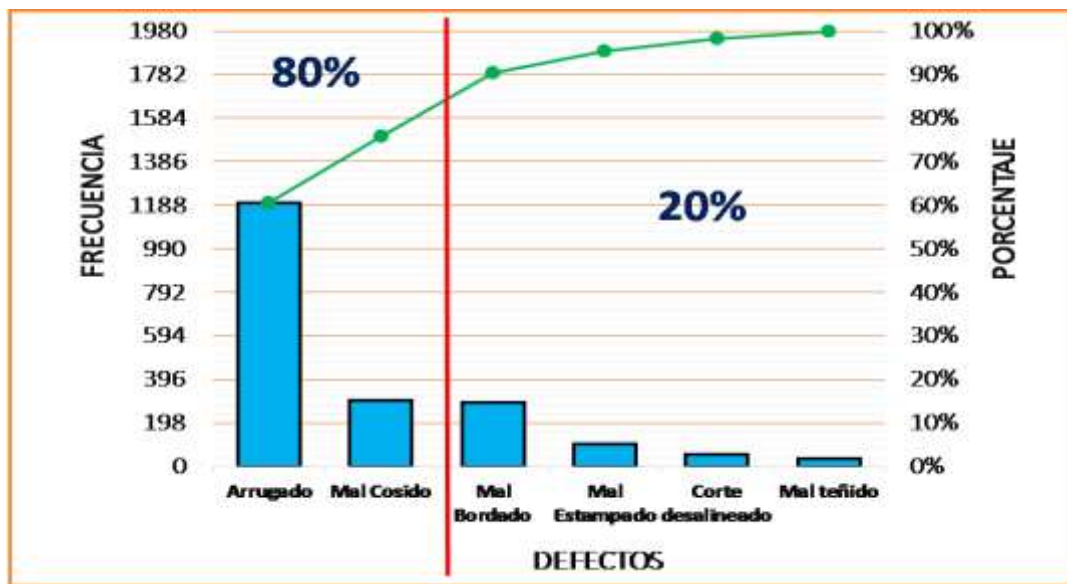
*Nota:* La figura representa el modelo del diagrama causa – efecto utilizado para resolución de problemas (Pazó, 2020).

### **3.3.13 Diagrama de Pareto**

También conocido como diagrama ABC o diagrama 80-20 es una representación gráfica la cual ayuda a plasmar los datos obtenidos sobre un problema que ayuda a identificar cuáles son los aspectos prioritarios que hay que tratar y el cual se fundamenta en que un pequeño porcentaje de las causas el 20%, produce la mayoría de los efectos el 80%

El diagrama de Pareto consiste en una gráfica que clasifica los aspectos que se relacionan con una problemática y los organiza de mayor a menor frecuencia, esto permite visualizar de forma clara cuál es la causa principal de una consecuencia (Velázquez, 2021).

Figura 6. Diagrama de Pareto



Nota: La figura representa un diagrama de Pareto donde se evidencia la frecuencia, porcentajes y delimita cuales son los defectos que se deben priorizar (Ramírez, 2022)

### 3.4 Desarenador

Estructuras que están situadas a continuación de la captación de agua cruda que permite remover ciertas partículas como gravas finas, material orgánico y arcillas que contiene el agua captada que ingresa de una fuente superficial como ríos, lagos, etc. (Samniago, 2019)

Figura 7. Desarenador de agua cruda



Nota: La figura muestra un desarenador de agua cruda, utilizados para los sistemas de potabilización de agua (Picón, 2015)



### 3.5 Floculación

Según Xiomara Cabrera Bermúdez (2010) en su trabajo investigativo, Estudio del Proceso de Coagulación – Floculación de aguas Residuales, menciona que la floculación se trata de una unión de los flóculos ya formados esto con el fin de aumentar el volumen y peso de tal forma que puedan decantar.

*Figura 8. Sistema de floculadores*



*Nota:* La figura muestra un sistema de floculadores utilizado para la potabilización de agua (Gómez J. , 2016)

### 3.6 Sello mecánico

Son dispositivos utilizados para unir una parte fija con una móvil evitando de esta manera las fugas de gases o fluidos usando la presión para cerrar herméticamente la unión, el eje pasa del extremo húmedo al seco o atmosférico (Hersal, 2021).

En cualquier entorno que requiera un sellado de óptimas condiciones el sello mecánico es uno de los elementos más importantes, ya que es un elemento de estanqueidad dinámico que tiene como función principal sellar un punto de fuga entre dos elementos que presentan una velocidad relativa entre ellos (Lidering, 2022).

*Figura 9. Sello mecánico carbón - cerámica*



*Nota:* La imagen muestra un sello mecánico de tipo carbón – cerámica utilizados comúnmente en procesos de captación de agua de para potabilización (Zummar, 2020).

### **3.7 Impulsor o rodete**

Dispositivos en forma de discos giratorios de hierro o acero, son los encargados de transferir la energía del motor que acciona la bomba al fluido que se está bombeando, acelerando radialmente el fluido hacia fuera desde el centro de rotación, la velocidad alcanzada por el impulsor de la bomba se transforma en presión (Grundfos, 2020).

*Figura 10. Impulsor cerrado de bombas centrifugas*



*Nota:* La imagen muestra un impulsor cerrado con pared frontal y posterior utilizados en bombas de impulso de agua en plantas potabilizadoras (Fesmex, 2021).

### 3.8 Brida mecánica

Es un accesorio utilizado fundamentalmente para unir diferentes partes del sistema de tuberías, válvulas, bombas u otros elementos su resistencia está dada por el número de perforaciones que contiene a su alrededor (Hidráulica, 2022).

*Figura 11. Bidas de acero inoxidable*



*Nota:* La imagen muestra conjunto de bridas de 4 perforaciones (Inox, 2021)

### 3.9 Válvula cheque con canastilla

Utilizado para los distintos sistemas de succión o captación de líquidos de diferentes fuentes, su principal función es evitar por medio de su canastilla el paso de sólidos demasiado grandes como palos, rocas etc sean succionados por la bomba, de esta manera evitando averías en el sistema de captación (Hidroall, 2020).

*Figura 12. Valvula cheque*



*Nota:* La imagen muestra una válvula cheque de canastilla de PVC (Dackey, 2020).

### 3.10 Eje de impulsor

El eje es el mecanismo que conecta el motor con el impulsor de una bomba de agua, por medio de este se transmite la energía generada desde el motor o algún elemento accionador a la bomba, el eje debe estar dimensionado de tal forma que este sea capaz de transmitir el máximo torque en cualquier condición especificada para la operación de la bomba (Angulo, 2018).

*Figura 13. Eje de transmisión*



*Nota:* La imagen muestra un eje de transmisión para bombas de agua (Cross, 2019).

### 3.11 Empaques prensaestopas

Es un sellado del eje sencillo y robusto para las bombas su función específica es evitar el flujo hacia afuera del líquido bombeado a través del orificio por donde pasa el eje de la bomba y el flujo de aire hacia el interior de la bomba (Witte, 2021).

*Figura 14. Empaques estopa*



*Nota:* La imagen muestra los empaques prensaestopas para bombas centrifugas (Indepack, 2020)

### 3.12 Carcaza tipo voluta

Es la encargada de contener el líquido y a la misma vez actúa como un recipiente de contención de presión que dirige el flujo de agua dentro y fuera de la bomba centrífuga, la voluta recibe el fluido que bombea, reduciendo la velocidad de flujo del fluido (Connor, 2019).

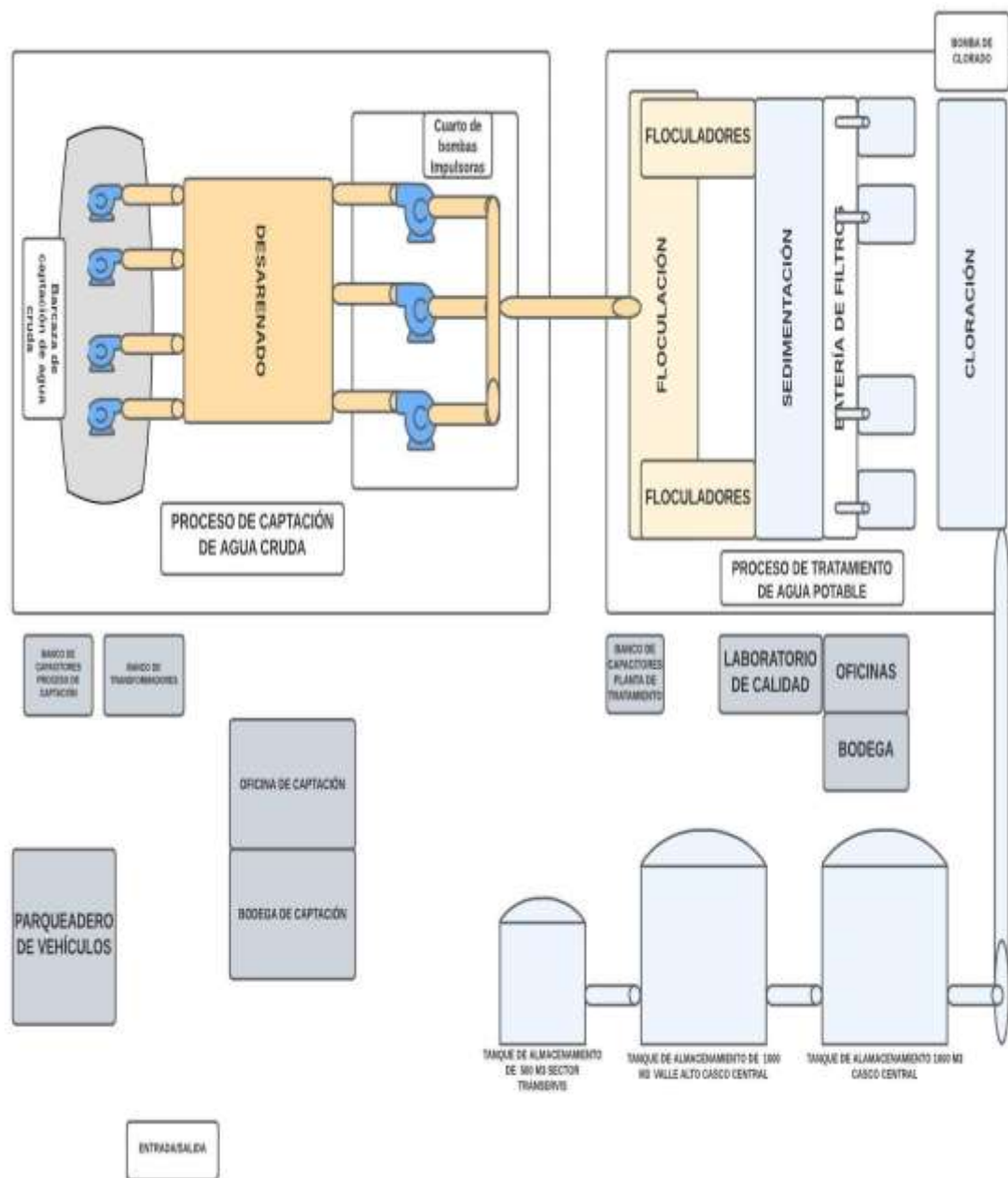
*Figura 15. Carcaza tipo voluta*



*Nota:* La imagen muestra una carcasa tipo voluta para bombas centrifugas

#### 4 Distribución de planta del sistema de captación

Figura 16. Distribución de planta de agua potabilizadora de Quinindé



*Nota.* La figura muestra la distribución de planta de la unidad potabilizadora de agua del cantón Quinindé tanto el sector de captación como el tratamiento de agua cruda.

## CAPITULO III

### 5 MÉTODOS Y TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN

#### 5.1 Tipo, diseño y nivel de investigación

El tipo de investigación que se utilizó en la fase de diagnóstico de inicio es exploratorio donde se llevarán a cabo entrevistas y observaciones para ir conociendo el estado actual de los procesos, el siguiente tipo de investigación es de tipo descriptiva, debido a que consiste en la revisión histórica de los registros que tiene la unidad de potabilización. De igual manera se utilizará en el trabajo investigativo un enfoque cuantitativo donde se tabularán los datos numéricos correspondientes al periodo 2021 - 2022 que se levantaron del proceso de captación y tratamiento de agua cruda.

#### 5.2 Método de Investigación

La propuesta consistió en de tres fases que fueron las siguientes: Fase de diagnóstico, fase de diseño de propuesta, fase de la investigación financiera. En la primera fase se procedió a revisar los archivos históricos que posee la empresa con la finalidad de elaborar el diagnóstico actual de la empresa estableciendo mediante registros documentados la disponibilidad, rendimiento y calidad de esta manera determinando la eficiencia general de los equipos OEE, así también se describió los procesos de captación y de tratamiento.

En la segunda fase basado en la metodología de mantenimiento productivo total, se elaboró la propuesta de mantenimiento preventivo de todas unidades que conforman la captación y el tratamiento del agua de la planta potabilizadora del cantón Quindé, en este punto también se consideró plan de capacitación e inclusión de toda la parte operativa de la unidad potabilizadora. En la tercera fase se realizará el estudio financiero para verificar la viabilidad de realizar el plan de mantenimiento preventivo.

#### 5.3 Determinación de la muestra:

La población para considerar la realización de la investigación fue la unidad de captación de agua cruda y la unidad de tratamiento de agua. La muestra para el respectivo estudio fueron los equipos utilizados en las unidades de captación y tratamiento de agua.

#### 5.4 Tipos de instrumentos de investigación

Los instrumentos de investigación que se usaron fueron la bitácora en el área de captación, los registros de caudal, los reportes de criterios de calidad y entrevistas al

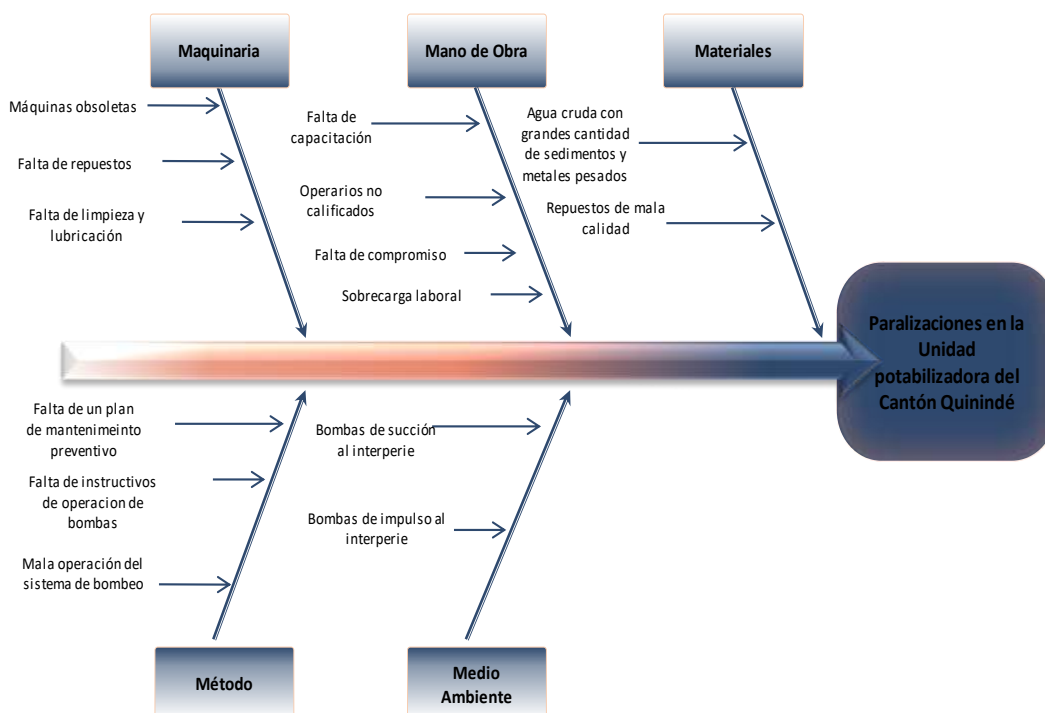
personal. También se hará uso de una hoja de análisis de tiempo máquina para inferir la situación actual del tiempo efectivo de las unidades de captación de y de tratamiento.

### 5.5 Tratamiento de la Información

Se usó la estadística para poder identificar los aspectos más significativos, así como también el análisis de Pareto.

### 5.6 Diagrama causa – efecto de las paralizaciones en la unidad potabilizadora

Figura 17. Diagrama causa - efecto de las paralizaciones

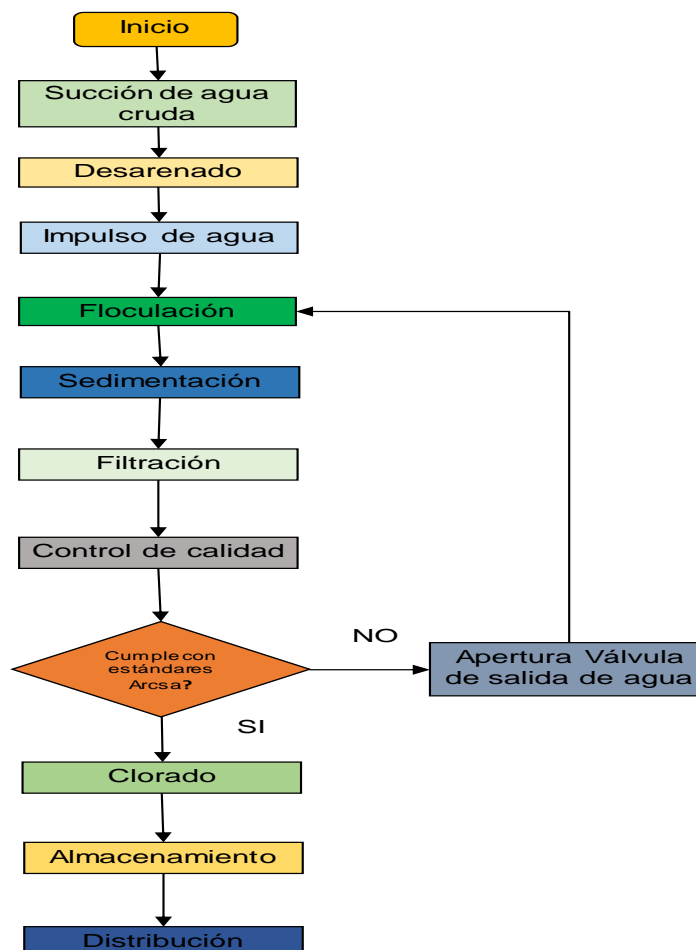


El diagrama causa efecto fue elaborado mediante revisión de reportes y entrevistas personales a los distintos operadores que ejecutan sus trabajos en la planta potabilizadora, donde la mayoría coincidía en las causas que se muestran en el diagrama de Ishikawa determinando así que esas son las mayores causas que generan las paralizaciones en la unidad potabilizadora de agua del cantón Quindé.



## 5.7 Diagrama de Flujo del proceso de producción de agua potable de la unidad potabilizadora de Quindiné.

Figura 18. Diagrama de flujo de proceso de agua



*Nota.* La figura muestra el flujo de proceso para la producción de agua de la unidad potabilizadora del cantón Quindiné.

El proceso de producción de agua de la unidad potabilizadora del cantón Quindiné cuenta con 10 procesos fijos establecidos y una toma de decisión al momento de hacer las diferentes pruebas de calidad que se le realiza al agua en tratamiento y donde si no cumple las especificaciones establecidas por el ARCSA es donde se aumenta un proceso más que es el de aperturas de válvulas de salida de agua para iniciar el proceso nuevamente desde la floculación.

## CAPÍTULO IV

### 6 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 6.1 Diagnostico actual

La unidad potabilizadora de agua del cantón Quinindé es la encargada de suministrar el líquido vital alrededor de 10.000 usuarios en la cabecera cantonal Rosa Zárate, sitio de estudio del presente trabajo investigativo.

Esta unidad potabilizadora cuenta con dos plantas esenciales como es la captación y el tratamiento del agua cruda, para su posterior distribución a los diferentes sectores de la cabecera cantonal.

Una vez revisado la información de reportes anuales se definiendo las frecuencias de ocurrencia de los daños que se presentan en los distintos equipos se plasmó los motivos de los paros en las bombas y mediante el diagrama de Pareto.

Se pudo visualizar los problemas más significativos que están afectando al proceso de captación y tratamiento de agua potable de la unidad potabilizadora del cantón Quinindé los cuales no están ayudando a cumplir con los objetivos de la organización.

#### 6.2 Proceso de captación de agua cruda

Este proceso está conformado por 3 subprocesos los cuales son; succión, desarenado e impulso. Estos tres procesos conforman el proceso de captación de agua cruda la cual está lista para ser intervenida por tratamientos físicos y químicos.

##### 6.2.1 Subproceso de Succión

Este subproceso consiste en la succión del agua cruda desde el río, por medio de un sistema de 5 electrobombas centrifugas de 30 hp y 1800 rpm, con una entrada de 6 pulgadas y salida de 4 pulgadas las cuales envían el agua un total de  $80 \frac{\text{Litros}}{\text{Segundos}}$  hasta el desarenador durante las 24 horas del día.

*Figura 19. Barcaza de succión de agua*



*Nota:* La figura muestra el desarenador utilizado en la unidad potabilizadora de Quinindé

### **6.2.2 Subproceso de desarenado**

El agua cruda succionada del río llega al desarenador donde se reduce la velocidad con la que es conducida el agua, y donde los elementos pesados en suspensión ya sea arcilla, arena que contiene el agua succionada sean separados, ya que esto provoca abrasiones en las bombas centrifugas y equipos.

*Figura 20. Desarenador*



*Nota:* La figura muestra el desarenador utilizado en la unidad potabilizadora

### 6.2.3 Subproceso impulso

El agua cruda que ha pasado por el desarenador dejando cierta cantidad de sedimentos es enviada por tres bombas centrífugas de 125 hp y 1800 rpm, enviando  $184 \frac{\text{Litros}}{\text{Segundos}}$  hacia la planta de tratamiento durante las 24 horas del día, y es donde se inicia el proceso de tratamiento del agua.

Figura 21. Bombas impulsoras



*Nota:* La figura muestra las bombas impulsoras utilizado en la unidad potabilizadora

## 6.3 Proceso de tratamiento de agua cruda

Este proceso está conformado por varios subprocesos tanto químicos como físicos como lo son, Floculado, sedimentado, filtrado y clorado.

### 6.3.1 Subproceso de floculación

Este proceso químico se utiliza una mezcla de floculantes y acelerantes de sedimentación, como lo son el Policloruro de aluminio y sales de hierro. Los cuales ayudan a remover el color y el material coloidal o partículas de sedimentos que se encuentra en el agua cruda.

Tabla 1. Dosificación del blend al agua cruda

ESTACIÓN	BLEND	CAUDAL	TURBIEDAD
VERANO	80 ml/min	60 ml/min	15-20 NTU
INVIERNO	200 ml/min	100ml/min	50 NTU

### 6.3.2 Subproceso de sedimentación

Subproceso físico que se utiliza para separar los sólidos en suspensión que no han podido ser retenidos en los tableros floculadores, este sistema de sedimentación consiste en un conjunto de paneles con perforaciones similares a las de un panel de abejas inclinados a un ángulo de 20 grados aproximadamente para retener sedimentos que aún se encuentran en proceso.

Figura 22. Sedimentadores



*Nota:* La figura muestra los sedimentadores de la unidad potabilizadora de Quindé

### 6.3.3 Subproceso de filtración

Consiste en la filtración lenta del agua por diferentes capas de áridos y pétreos para retener sedimentos y disminuir la presencia de microorganismos como bacterias, virus, microbios sin necesidad de productos químicos, y como filtración final pasa por una capa de carbón activado para eliminar olores y sabores del agua.

*Figura 23. Filtros de agua*



*Nota:* La figura muestra los filtros utilizados en la unidad potabilizadora

#### **6.3.4 Subproceso de clorado**

En este subproceso químico que consiste en la dosificación de cloro en estado gaseoso al agua filtrada, con la finalidad de exterminar microorganismos patogénicos en el agua que va a hacer suministrada a los hogares.

*Figura 24. Cilindro de cloro gas*



*Nota:* La figura muestra el cilindro de cloro-gas utilizado para la potabilización de agua

#### **6.3.5 Subproceso de almacenamiento**

Una vez el agua se haya potabilizado esta es enviada desde el tanque de cloración hacia dos tanques de concreto de 1000 m<sup>3</sup> y en un tanque de concreto de 400 m<sup>3</sup>, estos

tanques son los utilizados para el almacenamiento en planta del agua potable y que distribuyen el líquido vital a los diferentes sectores de Quindé.

*Figura 25. Tanque de almacenamiento*



*Nota:* La figura muestra el tanque de concreto utilizado para el almacenamiento de agua

#### 6.4 Cálculo de la Disponibilidad y Rendimiento de las Motor - bombas de succión de agua cruda

La empresa objeto de estudio en el periodo 2021 - 2022 muestra que la disponibilidad de las bombas de succión en los meses correspondientes entre enero a marzo, y noviembre a diciembre son las más bajas del año por debajo del 60%. De igual manera los meses comprendidos entre abril a octubre la disponibilidad de las bombas de succión este alrededor del 70%.

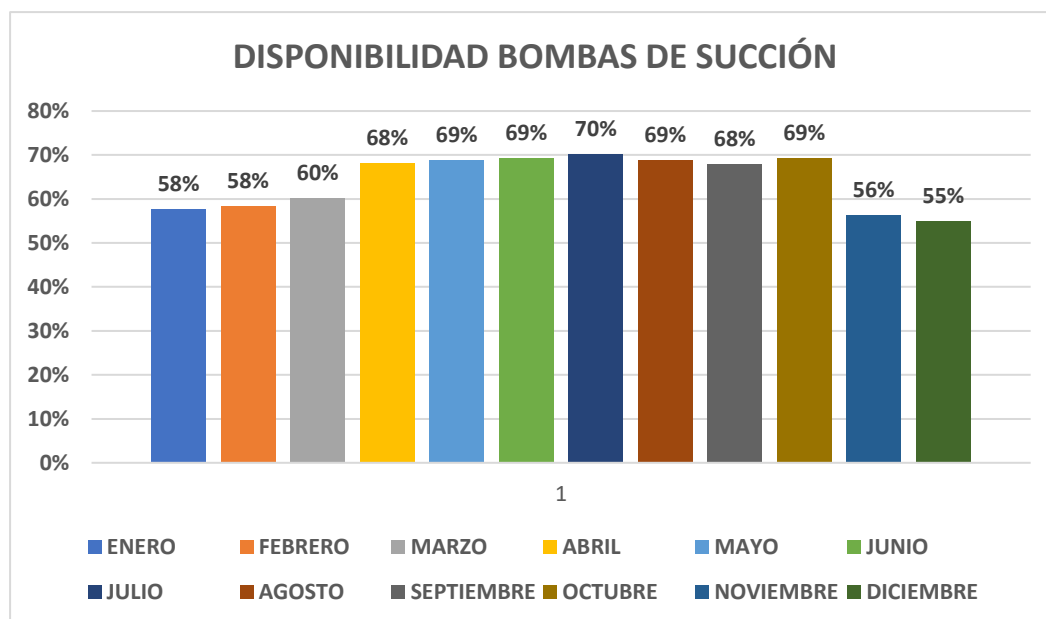
*Tabla 2. Disponibilidad y rendimiento de las bombas de succión*

CAPACIDAD	288.00	m3/hora
CAPACIDAD	207360.00	m3/mensuales
AÑO	2021 - 2022	
MÁQUINA	BOMBAS DE SUCCIÓN	

	MESES 2021 - 2022											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tiempo disponible	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720
Tiempo muerto	305	300	287	230	225	221	215	225	232	221	315	325
Tiempo operativo	415	420	433	490	495	499	505	495	488	499	405	395
Agua cruda succionada (m3)	98835.00	100200.00	100330.00	111000.00	115325.00	117220.00	109880.00	116289.00	107587.00	106763.00	100200.00	90752.00
Disponibilidad	58%	58%	60%	68%	69%	69%	70%	69%	68%	69%	56%	55%
Rendimiento	82.69%	82.84%	80.45%	78.66%	80.90%	81.57%	75.55%	81.57%	76.55%	74.29%	85.91%	79.77%

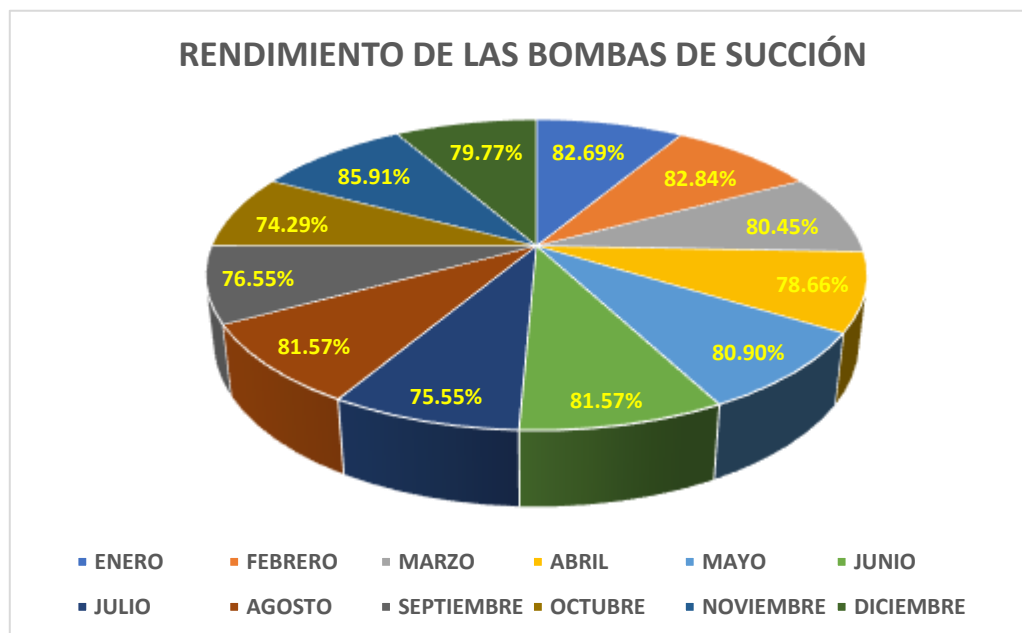


Figura 26. Porcentajes de disponibilidad de las bombas de succión



Nota. La figura muestra el porcentaje de disponibilidad que han tenido las bombas de succión dentro del periodo 2021.

Figura 27. Porcentajes de rendimiento de las bombas de succión



Nota. La figura muestra el porcentaje de rendimiento mensual que han tenido las bombas de succión durante el año 2021.

### 6.5 Cálculo de disponibilidad y rendimiento de Motor - bombas impulsoras de agua cruda

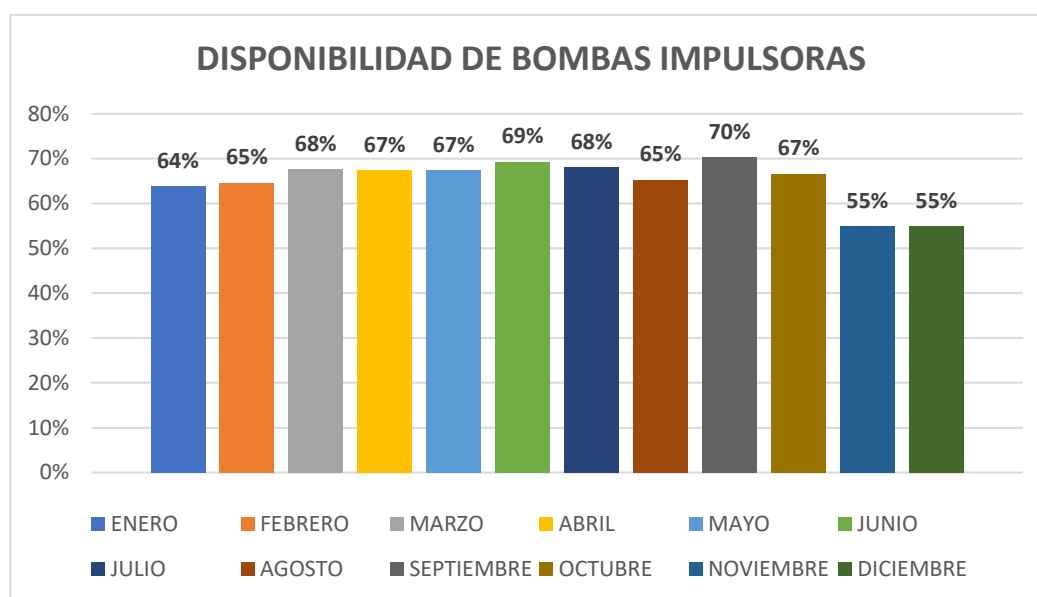
La empresa objeto de estudio en el periodo 2021 - 2022 muestra la disponibilidad en los meses de noviembre y diciembre son los más bajos que presentaron, los meses comprendidos desde enero a octubre la disponibilidad de las bombas impulsoras estuvo por encima del 60%, este valor sigue siendo bajo teniendo en cuenta que la planta que tiene que producir agua potable las 24 horas del día.

*Tabla 3. Disponibilidad y rendimiento de las bombas de impulsión de la unidad de captación*

CAPACIDAD	630.00	m3/hora
CAPACIDAD	453600.00	m3/mensuales
AÑO	2021 - 2022	
MÁQUINA	BOMBAS IMPULSORAS	

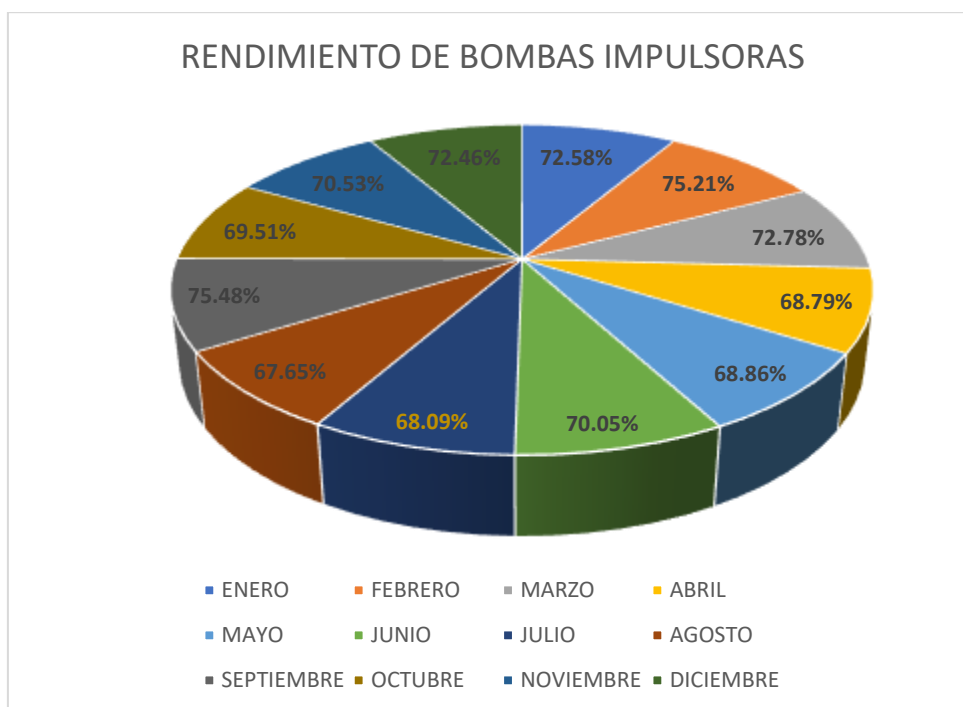
	MESES 2021 - 2022											
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Tiempo disponible	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720
Tiempo muerto	260	255	233	235	235	221	230	250	214	240	325	325
Tiempo operativo	460	465	487	485	485	499	490	470	506	480	395	395
M3 de agua cruda succionada	210330.00	220330.00	223300.00	210200.00	210400.00	220230.00	210200.00	200300.00	240600.00	210200.00	175520.00	180320.00
Disponibilidad	64%	65%	68%	67%	67%	69%	68%	65%	70%	67%	55%	55%
Rendimiento	72.58%	75.21%	72.78%	68.79%	68.86%	70.05%	68.09%	67.65%	75.48%	69.51%	70.53%	72.46%

Figura 28. Porcentajes de disponibilidad de las bombas impulsoras



Nota. La figura muestra el porcentaje de disponibilidad que han tenido las bombas impulsoras dentro del periodo 2021.

Figura 29. Porcentajes de bombas impulsoras de agua



Nota. La figura muestra el porcentaje de rendimiento que han tenido las bombas impulsoras dentro del periodo 2021.

## 6.6 Cálculo de Disponibilidad y rendimiento de las bombas dosificadoras de BLEND

Dentro del periodo 2021-2022 las bombas dosificadoras de BLEND se puede observar que su disponibilidad más baja la obtuvo en el mes de junio con un 68%, y su punto más alto lo obtuvo en el mes de agosto con un 76%.

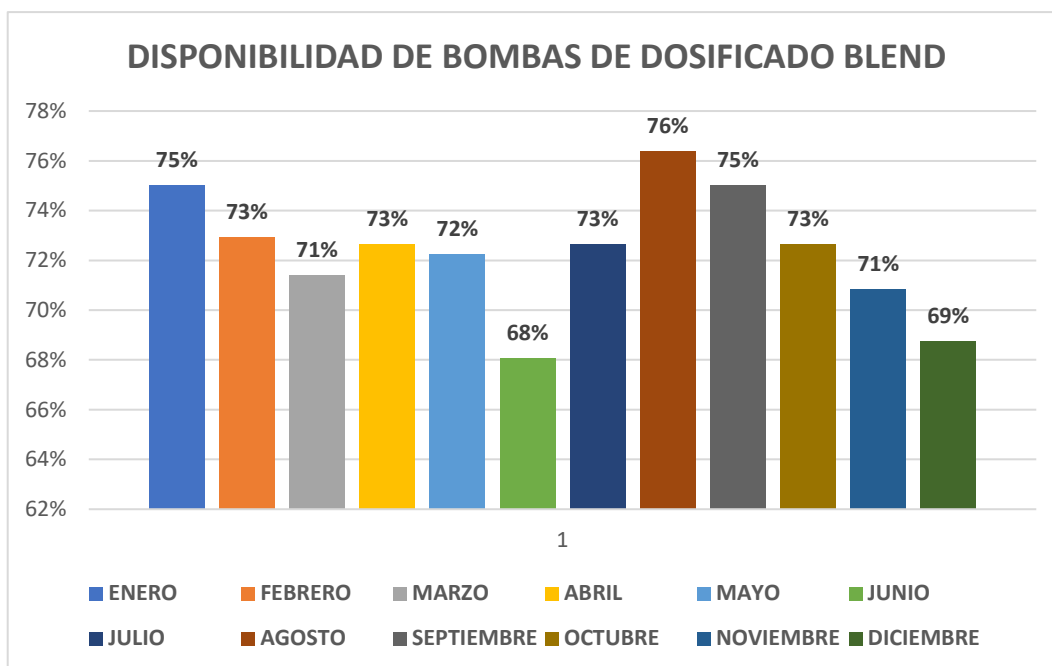
Por su parte el rendimiento que obtuvieron las bombas dosificadoras de BLEND su punto más alto la alcanzo en el mes de abril con un 81.98%, mientras que su rendimiento más bajo lo tuvo en el mes de diciembre con 70.41%.

Tabla 4. Disponibilidad y rendimiento de las bombas dosificadoras

CAPACIDAD	0.0072	m3/hora
CAPACIDAD	5.18	m3/mensuales
AÑO	2021	
MÁQUINA	BOMBAS DOSIFICADORAS BLEND	

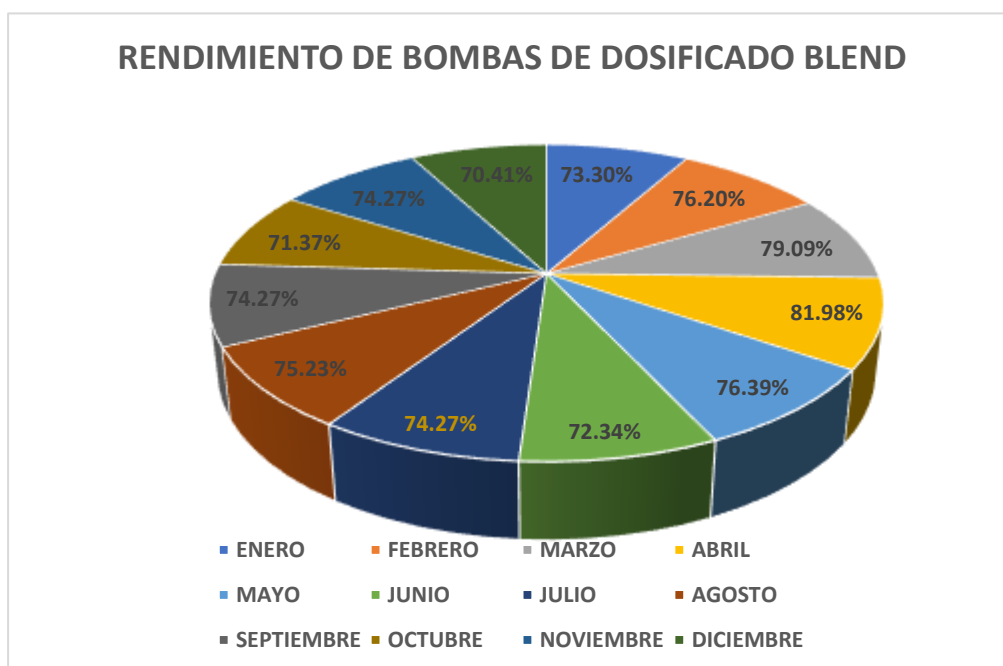
	MESES 2021											
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Tiempo disponible	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720
Tiempo muerto	180	195	206	197	200	230	197	170	180	197	210	225
Tiempo operativo	540	525	514	523	520	490	523	550	540	523	510	495
m3 de BLEND dosificado	3.80	3.95	4.10	4.25	3.96	3.75	3.85	3.90	3.85	3.70	3.85	3.65
Disponibilidad	75%	73%	71%	73%	72%	68%	73%	76%	75%	73%	71%	69%
Rendimiento	73.30%	76.20%	79.09%	81.98%	76.39%	72.34%	74.27%	75.23%	74.27%	71.37%	74.27%	70.41%

Figura 30. Porcentajes de disponibilidad de bombas blend dosificadoras



Nota. La figura muestra el porcentaje de disponibilidad que han tenido las bombas de dosificado de BLEND dentro del periodo 2021.

Figura 31. Porcentajes de rendimiento de las bombas blend dosificadoras



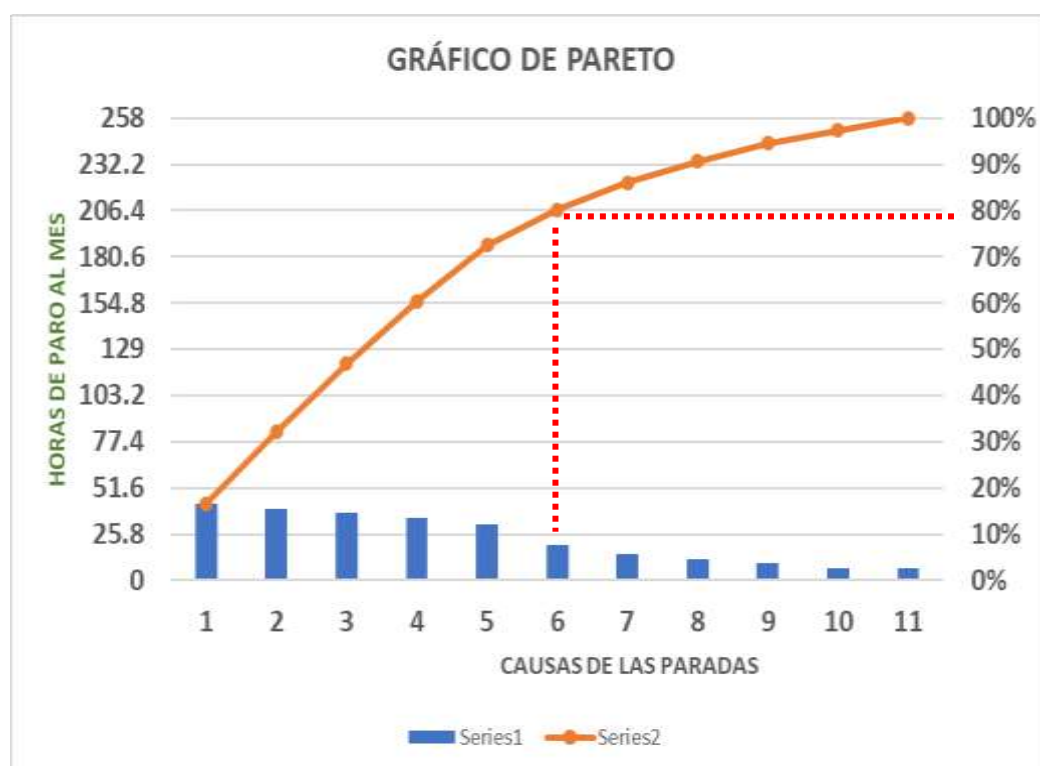
Nota. La figura muestra el porcentaje de rendimiento que han tenido las bombas impulsoras dentro del periodo 2021.

Tabla 5. Causa de paros y sus frecuencias

#	CAUSAS DE LAS PARADAS	HORAS DE PARO AL MES (HRS)	%	HORAS ACUMULADAS (HRS)	% ACUMULADO
1	Daño de rodamiento	43	17%	43	17%
2	Fugas en empaques	40	16%	83	32%
3	Aire en contenido en bombas	38	15%	121	47%
4	Daño en sello o empaques	35	14%	156	60%
5	Velocidad del motor baja	31	12%	187	72%
6	Cambio de cheque averiado	20	8%	207	80%
7	Dirección de la rotación incorrecta	15	6%	222	86%
8	Daño de eje impulsor	12	5%	234	91%
9	Condensadores dañados	10	4%	244	95%
10	Sobrecalentamiento de Motor de bomba	7	3%	251	97%
11	Vibraciones excesivas	7	3%	258	100%
	<b>TOTALES</b>	258			

Los resultados que se obtuvieron al momento de tabular los reportes de mantenimiento efectuados en el periodo 2021 arrojaron que los 11 causas que presenta la tabla. 5 son las causas que más han afectado las paralizaciones en la unidad potabilizadora del cantón Quindé donde las horas totales mensualmente que estas causas afectan a la producción de agua potable asciende a 258 horas promedio por mes convirtiéndose esto en molestias a la ciudadanía, pérdidas económicas por la no dotación del servicio y en algunos casos daños en los propios equipos.

Figura 32. Pareto de los motivos de paros



*Nota.* La figura muestra los problemas más significativos que se presentan en la unidad potabilizadora de Quinindé.

El diagrama de Pareto nos indica que de las 11 causas que generan las paralizaciones hay que centrarse en tratar de priorizar las siguientes; Daño de rodamientos, Fugas en los empaques, aire contenido en bombas, daño de sello o empaques, velocidad de motor baja, cambios de cheques averiados.

Estas son las causas prioritarias que mediante un plan de mantenimiento y estableciendo la filosofía del TPM se deberán atender para reducir las paralizaciones en la unidad potabilizadora de agua del cantón Quinindé.

## CAPÍTULO V

## 7 PROPUESTA

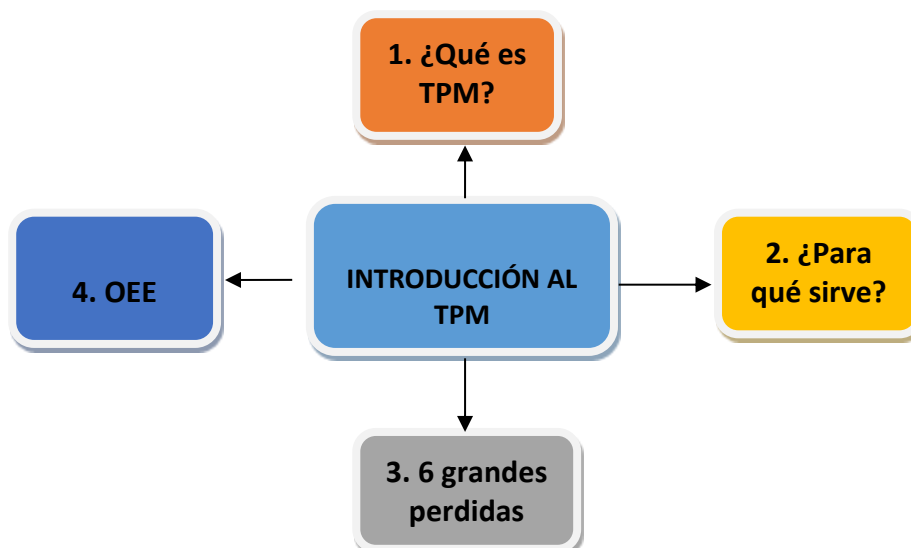
## 7.1 Propuesta de mantenimiento preventivo para mejorar los procesos en la unidad potabilizadora de agua.

La propuesta del plan de mantenimiento preventivo para mejorar los procesos en la unidad potabilizadora de agua del cantón Quinindé mediante la aplicación de tpm, se aplicará por distintas fases las cuales conlleva a involucrar a la parte operativa, técnica y jerárquica de la empresa con el fin de que todos se alineen al objetivo que es mejorar los procesos en la unidad potabilizadora.

## 7.1.1 Fase de capacitación Introductoria

Esta fase consiste en establecer en primera instancia la parte introductoria sobre el TPM, posteriormente se busca el compromiso de la parte operativa con el mantenimiento autónomo que deberán realizar, en esta etapa se dotará de la información puntual sobre el objetivo que se busca con el mantenimiento en primera instancia autónomo y después preventivo.

Figura 33.TPM

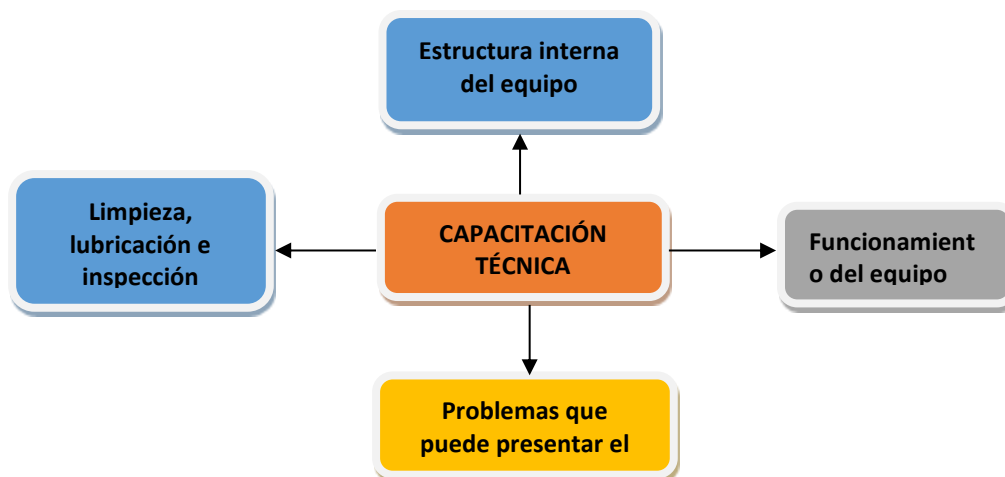




### 7.1.2 Fase de capacitación técnica

Esta etapa comprende la capacitación a todos los operadores de las plantas de captación y tratamiento de agua, los temas que se abordarán serán estructuralmente enfocadas en las bombas de captación, bombas de impulso, bombas de dosificado de BLEND y bombas de Clorado

Figura 34. etapas de capacitación



**Estructura interna del equipo:** En esta temática se impartirá la composición interna y externa de las bombas que operan indicándole cada una de sus partes, priorizando las partes en las cuales el mantenimiento autónomo intervendrá.

**Funcionamiento del equipo:** Se detallará sobre el correcto uso de las bombas de succión y de impulso con esto evitar averías producidas por la mala manipulación del operador.

**Problemas que pueda presentar:** Este contenido tiene la finalidad que instruir al operador en poner en conocimientos sobre las fallas que puedan generarse ya sea por una mala operación o por daños mecánicos generados por el propio proceso y como resolverlos.

**Limpieza, lubricación e inspección:** Se indicará los pasos a seguir y que actividades pueden realizar los operadores de manera autónoma en los diferentes equipos tanto de captación y tratamiento de la unidad potabilizadora.

### 7.1.3 Plan de mantenimiento autónomo

Tabla 6. Plan de mantenimiento autónomo, captación y tratamiento

PLAN DE MANTENIMIENTO AUTONOMO PARA CAPTACIÓN Y TRATAMIENTO							
Lugar	Actividad	Tiempo	FRECUENCIA			Materiales a utilizar	Responsable
			Diario	Semanal	Quincenal		
BOMBAS DE CAPTACIÓN	Revisión y Limpieza de cheque de bombas succionadoras	30 min	■				Operador de Captación
	Engrasado de rodamientos bombas de captación	30 min		■		Grasero, Grasa W80	
	Limpieza de polvo en motores	10 min	■				
	Revisar y ajustar bridas	20 min		■		2 Llave # 14	
	Inspección y ajuste de Bases de motores	10 min		■		2 llaves # 18	
	Revisar temperatura del motor	10 min	■				
BOMBAS IMPULSORAS	Engrasado de rodamientos de bombas impulsoras	30 min		■		Grasero, Grasa W80	Operador de Captación
	Revisar y limpiar filtro de succión	30 min			■	Destornillador tipo estrella	
	Revisar fugas en los empaques	10 min			■		
	Revisar bases y vibraciones existentes en las bombas	10 min		■		2 llaves # 18	
	Cebar o purgar las bombas impulsoras	20 min	■				
Bombas dosificadoras y clorado	Control y cambio del aceite lubricante	10 min		■		1 Llave # 12 , aceite lubricante	Operador de tratamiento
	Revisar vibraciones existentes y ajustar base de los motores	10 min		■		2 llaves # 12	
	Revisar Fugas en mangueras	10 min	■				

Estas actividades de mantenimiento autónomo son las que realizará según la frecuencia establecida el operador de cada planta con el fin de ejecutar actividades preventivas para alargar la vida útil ya sea de las piezas y del equipo, sin necesidad de la presencia de algún técnico de mantenimiento, pero con previas instrucciones de como ejecutarlos de tal manera que el equipo no se vea afectado por algún daño propio de las actividades de mantenimiento autónomo.

### 7.1.4 Plan de mantenimiento preventivo para la unidad potabilizadora

Tabla 7. Plan de mantenimiento preventivo captación

					PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA UNIDAD POTABILIZADORA DE AGUA DEL CANTÓN QUINDÉ																																															
					ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
PROCESO	EQUIPO/INSTALACIÓN	ACTIVIDAD	Tiempo de ejecución (horas)	RESPONSABLE	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Captación	MOTOR DE SUCCIÓN Q1, Q2, Q3	Cambio de rodamientos	1.5	- Técnico de mantenimiento - Analista de mantenimiento																																																
	MOTOR DE SUCCIÓN Q4, Q5		1.5																																																	
	MOTOR DE SUCCIÓN Q1, Q2, Q3	Cambio de sello mecánico	1																																																	
	MOTOR DE SUCCIÓN Q4, Q5		1																																																	
	MOTOR DE SUCCIÓN Q1, Q2, Q3	Cambio caucho matrimonio	1.5																																																	
	MOTOR DE SUCCIÓN Q4, Q5		1																																																	
	MOTOR Q1 - Q5	Mediciones de corriente, voltaje, impedancia,	0.5	- Analista de mantenimiento																																																
	Bombas Q1,Q2,Q3	Cambio de rodamientos	1	- Técnico de mantenimiento																																																
	Bombas Q4,Q5		1																																																	
	Bombas Q1,Q2,Q3	Limpieza de impulsor	3	- Analista de mantenimiento																																																
	Bombas Q4,Q5																																																			
	Bombas Q1,Q2,Q3	Cambio prensa estopa																																																		
Bombas Q4,Q5																																																				

La tabla muestra el plan de mantenimiento preventivo para el proceso de captación de agua cruda de la unidad potabilizadora, donde se indica el equipo o instalación a intervenir, la actividad que se realizara al equipo o instalación, el tiempo de duración estimado que durara la actividad y los responsables de ejecutarlas, de igual manera se establece el mes y las semanas en que el equipo debe ser intervenido.

Tabla 8. Plan de mantenimiento de bombas de impulsión

		PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA UNIDAD POTABILIZADORA DE AGUA DEL CANTÓN QUININDÉ																																																								
		ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE												
PROCESO	EQUIPO/INSTALACIÓN	ACTIVIDAD	Tiempo de ejecución (horas)	RESPONSABLE	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4										
<b>IMPULSO</b>	Motor F1	Cambio de rodamientos	1.5	- Técnico de mantenimiento - Analista de mantenimiento																																																						
	Motor F2	Cambio de rodamientos	1.5																																																							
	Motor F3	Cambio de rodamientos	1.5																																																							
	Motor F1	Cambio de sello mecánico	1.5																																																							
	Motor F2	Cambio de sello mecánico	1.5																																																							
	Motor F3	Cambio de sello mecánico	1.5																																																							
	Motor F1	Cambio de Caucho matrimonio	1																																																							
	Motor F2	Cambio de Caucho matrimonio	1																																																							
	Motor F3	Cambio de Caucho matrimonio	1																																																							
	Bomba F1	Cambio de rodamientos	1.5																																																							
	Bomba F2	Cambio de rodamientos	1.5																																																							
	Bomba F3	Cambio de rodamientos	1.5																																																							
	Bomba F1	Limpieza de impulsor	1.5																																																							
	Bomba F2	Limpieza de impulsor	1.5																																																							
	Bomba F3	Limpieza de impulsor	1.5																																																							
Bomba F1	Cambio de prensa estopa	1.5																																																								
Bomba F2	Cambio de prensa estopa	1.5																																																								
Bomba F3	Cambio de prensa estopa	1.5																																																								

La tabla muestra el plan de mantenimiento de los motores y bombas de impulso de agua cruda, donde se establece un cambio trimestral de los rodamientos tanto de la bomba como del motor, esto debido a que los equipos están en constante funcionamiento las 24 horas del día con esto se prevé evitar futuros paros imprevistos que puedan ocasionar otros daños al equipo.

De igual manera se establece la limpieza de las instalaciones que se utilizan para realizar el proceso de potabilización del agua como lo son el Desarenador, Sedimentadores y floculadores

Figura 35. Actividades de plan de mantenimiento

Lugar o instalación	Actividades que realizar	Duración
Desarenador	Extracción de sedimentos acumulados Extracción de lamas generadas Limpieza de paredes.	4.5 HORAS
Floculadores		
Sedimentadores		

Estas actividades son complementarias al plan de mantenimiento preventivo, con las actividades que se realizaran en las instalaciones que se utilizan para el proceso de potabilización de agua con la limpieza de los sedimentadores y floculadores se mejorara también la calidad del agua suministrada al cantón Quindé. Mientras que con la limpieza del desarenador los equipos utilizados para impulsar el agua hasta la planta de tratamiento serán menos propensos a daños por acumulación de sedimentos en su interior, se evitarán taponamientos de los ductos conductores.

La frecuencia de estas actividades debe ser de 1 vez al mes y con una duración máxima de 4.5 horas que es el tiempo que los tanques de almacenamiento duran en vaciarse y con esto evitar desabastecimiento a los usuarios.

### 7.1.5 Stock óptimo de repuestos

Para el cálculo del stock de repuestos más críticos de la unidad potabilizadora a continuación se detallará según la información de ingreso a bodega la cantidad de rodamientos y sus características que se han utilizado para la unidad potabilizadora del cantón Quinindé.

Tabla 9. Repuestos críticos de motobombas de succión adquiridas en el periodo 2021

Repuesto	Dimensiones	Cantidad	Motobomba	Posición
Rodamientos	# 6206	31	Q1, Q2, Q3, Q4, Q5	Trasero
Rodamientos	# 6307	35	Q1, Q2, Q3, Q4, Q5	Matrimonio
Rodamientos	# 6208	30	Q1, Q2, Q3, Q4, Q5	Matrimonio B
Sellos Mecánicos	1 1/4	22	Q1, Q2, Q3, Q4, Q5	
Empaques Prensa				
Estopas		50 mts		

La presente tabla muestra los repuestos de las bombas de succión y motores más importantes que fueron adquiridos por la unidad potabilizadora durante el año 2021, todos estos repuestos fueron utilizados para la realización de mantenimientos correctivos para solventar los problemas de la unidad potabilizadora, todos estos repuestos fueron adquiridos durante fallas y averías de los equipos en mención conllevando a alargar los tiempos de mantenimiento de estos.

Como propuesta, teniendo en cuenta la cantidad de cada uno de los repuestos y considerando la frecuencia de mantenimiento preventivo que se está planteando de los equipos el stock mínimo para disminuir el tiempo de mantenimiento y reparaciones y los costos por almacenaje innecesarios es el siguiente.

Tabla 10. Stock óptimo de repuestos críticos

Repuesto	Dimensiones	Cantidad	Motobomba	Posición
Rodamientos	# 6206	20 u	Q1, Q2, Q3, Q4, Q5	Trasero
Rodamientos	# 6307	20 u	Q1, Q2, Q3, Q4, Q5	Matrimonio
Rodamientos	# 6208	20 u	Q1, Q2, Q3, Q4, Q5	Matrimonio B
Sellos Mecánicos	1 1/4	15 u	Q1, Q2, Q3, Q4, Q5	
Empaques prensa				
estopas		50 mts		

Este stock se establece según la cantidad de repuestos que se utilizará en el plan de mantenimiento preventivo y también teniendo en cuenta el mantenimiento autónomo que se les dará por medio de los operadores

*Tabla 11. Repuestos críticos de bombas de impulsión del periodo 2021*

<b>Repuesto</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Motobomba</b>	<b>Posición</b>
Rodamientos	# 6309	26 u	F1, F2, F3	Matrimonio A Bomba y
Rodamientos	# 6306	26 u	F1, F2, F3	Matrimonio B
Sellos Mecánicos	1 5/8	15 u	F1, F2, F3	Lado A
Sellos Mecánicos	1 1/8	15 u	F1, F2, F3	Lado B
Empaques Prensa estopas		40 mts		

Repuestos adquiridos para las motobombas de impulso del año 2021, los rodamientos y sellos mecánicos fueron comprados durante el transcurso del año mediante se presentaban los fallos y averías por lo tanto se presenta el siguiente stock de repuestos lo cual tendría que adquirirse a inicios de año siempre y cuando se mantenga los mismos equipos con los que se hizo el presente trabajo.

*Tabla 12. Repuestos críticos de motobombas de impulso adquiridas en periodo 2021*

<b>Repuesto</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Motobomba</b>	<b>Posición</b>
Rodamientos	# 6309	18 u	F1, F2, F3	Matrimonio A Bomba y
Rodamientos	# 6306	18 u	F1, F2, F3	Matrimonio B
Sellos Mecánicos	1 5/8	9 u	F1, F2, F3	Lado A
Sellos Mecánicos	1 1/8	9 u	F1, F2, F3	Lado B
Empaques Prensa estopas		40 mts		

## CAPÍTULO VI

### 8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 8.1 Conclusiones

- Dentro del presente trabajo se realizó el levantamiento de la situación actual de la unidad potabilizadora donde se pudo constatar visualmente que los equipos con los que se efectúan los procesos tanto de captación y tratamiento de agua se encuentran en un estado donde les urge mantenimiento para poder alargar la vida útil de cada uno de los equipos.
- Al solicitar y revisar la información de mantenimiento al área de Dirección Técnica de la empresa se verificó que el último plan de mantenimiento preventivo elaborado fue en el año 2018 y donde no se pudo obtener evidencias fotográficas de los trabajos de mantenimientos respectivos realizados en ese año.
- La mayoría de los mantenimientos que la unidad potabilizadora de agua del cantón Quinindé realiza son de carácter correctivo.
- Utilizando la herramienta de Pareto determino que muchos de las paralizaciones que se generaron en el año 2021 de la unidad potabilizadora fueron el resultado de un mantenimiento autónomo no realizado por el operador.
- El rendimiento y disponibilidad de las bombas de succión e impulso son más bajas entre los meses de noviembre y marzo, esto debido a que las precipitaciones en esos meses son muy fuertes y esto conlleva a que los equipos que de por si no tienen un mantenimiento adecuado fallen constantemente.
- Revisando la información de bodega la empresa no cuenta con un stock de repuestos básicos para los equipos esto genera que las paralizaciones se prolonguen aún mucho más por no tener los repuestos a disposición.



## 8.2 Recomendaciones

- Con el fin de disminuir las paralizaciones, mejorar la disponibilidad y rendimiento de los equipos de la unidad potabilizadora de agua se plantean estas recomendaciones.
- Capacitar al personal operativo constantemente en temas de mantenimiento de bombas y motores con el fin de que adquieran conocimientos básicos para que puedan realizar un mantenimiento autónomo de manera confiable.
- Implementar un plan de mantenimiento preventivo para todos los equipos que intervienen en el proceso de captación y tratamiento de agua con el fin de mejorar la disponibilidad y rendimiento de los equipos esto conllevará a la reducción de las paralizaciones.
- Invertir en los diferentes mantenimientos ya que esto no es un gasto que se está realizando más bien es una inversión en los equipos para evitar futuros daños y averías en los equipos y generar paralizaciones.
- Implementar indicadores que ayuden a medir el funcionamiento que están teniendo los sistemas de captación e impulso de agua con el fin de establecer posibles mejoras

## 9 Bibliografía

- ActionGroup. (2019). *Action Group*. Obtenido de <https://actiongroup.com.ar/el-tpm-en-las-areas-administrativas/>
- Aguirre, M. (17 de Noviembre de 2020). *Appvizer Logo*. Obtenido de <https://www.appvizer.es/revista/organizacion-planificacion/gestion-mantenimiento/tpm>
- Álvarez, E. F. (Julio de 2018). *Uniovi*. Obtenido de <https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/47868/Gesti%F3n%20de%20Mantenimiento.%20Lean%20Maintenance%20y%20TPM.pdf;jsessionid=215107F0C5248F291FC75E8A977BE1B1?sequence=1>
- Ambientum*. (Julio de 2019). Obtenido de [https://www.ambientum.com/enciclopedia\\_medioambiental/aguas/el-consumo-de-agua-en-porcentajes.asp](https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/el-consumo-de-agua-en-porcentajes.asp)
- Angulo, A. (2018). Ajuste y Montaje de Máquinas. En *Mantenimiento de bombas centrifugas* (págs. 19 - 20). Sena.
- Armijos, S. (2022). Industria de alimento balanceado mueve la economía de varios sectores. *Vistazo*.
- Aveiro, C. (10 de Octubre de 2021). *Sudamericana de Sellos*. Obtenido de <https://s-gi.com/checklist-para-el-mantenimiento-de-bombas-centrifugas/>
- Bautista, R. (14 de Febrero de 2022). *Structuralia*. Obtenido de <https://blog.structuralia.com/pilares-del-tpm>
- Belohlavek, P. (2006). Overall Equipment Effectiveness. En P. Belohlavek, *Overall Equipment Effectiveness* (pág. 28). Buenos Aires: Blue Eagle Group.
- Berganzo, J. (2016). Las '5 eses' para ser más productivo. *OEE*. Obtenido de <https://www.sistemasoe.com/implantar-5s/>
- Bermúdez, X. C. (10 de Diciembre de 2010). *Redalyc*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4455/445543760009.pdf>
- Blanco, J. (22 de Febrero de 2018). *Casa Sauza*. Obtenido de <https://www.casasauza.com/procesos-tequila-sauza/pilar-mantenimiento-calidad-tpm>

- Borja, G. (2019). Principles of Lean Manufacturing To Simplify and Scale. *Rever*.  
Obtenido de <https://reverscore.com/principles-of-lean-manufacturing/>
- Burgasí, D. (Febrero de 2021). *Tambara*. Obtenido de [https://tambara.org/wp-content/uploads/2021/04/DIAGRAMA-ISHIKAWA\\_FINAL-PDF.pdf](https://tambara.org/wp-content/uploads/2021/04/DIAGRAMA-ISHIKAWA_FINAL-PDF.pdf)
- Cabrera, P. (4 de Septiembre de 2019). *ESCAT Uninter*. Obtenido de <https://blogs.uninter.edu.mx/ESCAT/index.php/tpm-pilares-mantenimiento-productivo-total-iisca-ingenieriasuninter/>
- Cardenal, A. (21 de Febrero de 2018). *Word Press*. Obtenido de <https://alfonsocardenal.wordpress.com/2018/02/21/historia-del-mantenimiento/>
- Carrasco, F. C. (Diciembre de 2016). *Riunet*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/93477/REV01-ART%20DYNA-EVOL-HISTORICA-MANTEN.pdf?sequence=1>
- Castillo, Á. (2018). Impacto del TPM en el Desempeño Operativo de las Empresas Industriales del Sur de Tamaulipas. *Revista de Ingeniería Industrial*, 34.
- Chile, R. (15 de Octubre de 2010). *Abepro*. Obtenido de [https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2010\\_TI\\_ST\\_113\\_745\\_16865.pdf](https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2010_TI_ST_113_745_16865.pdf)
- Chumbile, L. (2021). Propuesta de mejora mediante Lean Manufacturing para incrementar la productividad del área de carpintería de una empresa mobiliaria. *Universidad Nacional Mayor De San Marco*. Obtenido de [https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/16095/Chumbile\\_gl.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/16095/Chumbile_gl.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Connor, N. (27 de Septiembre de 2019). *Thermal Engineering*. Obtenido de <https://www.thermal-engineering.org/es/que-es-la-carcasa-voluta-definicion/>
- Contreras, C. D. (2020). Efectividad General de Equipos (OEE) Ajustados por Costos. *Interciencia*, 10.
- Cross. (Abril de 2019). *Cross*. Obtenido de <http://es.croospump.com/blog/the-materials-of-pump-shaft-of-sewage-pump.html>
- Cruz, A. (10 de Enero de 2020). *Gemba Academy*. Obtenido de <https://www.gembaacademy.com/es/blog/2020/01/10/que-es-el-oeo-y-como-se-calcula>

- Cruz, M. (2017). *Docplayer*. Obtenido de <https://docplayer.es/23595641-Historia-y-evolucion-del-mantenimiento.html>
- Cryospain. (07 de Marzo de 2022). *CRYOSPAIN*. Obtenido de <https://cryospain.com/es/mantenimiento-bombas-centrifugas-consejos>
- Dackey. (15 de Febrero de 2020). *Dackey*. Obtenido de [http://www.inversionesdackey.com/tienda/producto.php?i=239&n=check\\_canastilla\\_2\\_pvc&r=Y2F0ZWdvcmlhLnBocD9pPTY0Jm49dmFsdnVsYV9jaGVja19jYW5hc3RpbGxhcGll](http://www.inversionesdackey.com/tienda/producto.php?i=239&n=check_canastilla_2_pvc&r=Y2F0ZWdvcmlhLnBocD9pPTY0Jm49dmFsdnVsYV9jaGVja19jYW5hc3RpbGxhcGll)
- Datision. (21 de Mayo de 2021). *Datision*. Obtenido de <https://datision.com/blog/mantenimiento-predictivo/>
- Daza, D. (2021). Diseño de una propuesta para mejorar el proceso productivo en la empresa manufacturas para Cereales S.A. mediante herramientas Lean Manufacturing. *Universidad De Bogotá Jorge Tadeo Lozano*. Obtenido de <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/24620/DISE%C3%91O%20DE%20UNA%20PROPUESTA%20PARA%20MEJORAR%20EL%20PROCESO%20PRODUCTIVO%20EN%20LA%20EMPRESA%20MANUFACTURAS%20PARA%20CEREALES%20S.A.%20MEDIANTE%20HERRAMIENTAS%20LEAN%20MA>
- Díaz, C. (Marzo de 2020). *Interciencia*. Obtenido de [https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2020/03/05\\_6662\\_Com\\_Diaz\\_Contreras\\_v45n3\\_6.pdf](https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2020/03/05_6662_Com_Diaz_Contreras_v45n3_6.pdf)
- Emaint. (7 de Septiembre de 2021). *Emaint*. Obtenido de <https://www.emaint.com/es/usage-based-maintenance-what-is-it-and-how-to-use-it-to-increase-uptime/>
- Escolar, A. (2019). Plan de Mantenimiento Preventivo a un. *Universidad Antonio Nariño*, 19.
- Fesmex. (20 de Marzo de 2021). *Fesmex*. Obtenido de <https://www.fesmex.com.mx/article/tipos-de-impulsores/>
- Freeman, O. (2020). Las 5 herramientas que hacen prosperar la manufactura esbelta. *Manufacturing*. Obtenido de <https://manufacturingdigital.com/lean-manufacturing/5-tools-make-lean-manufacturing-thrive>
- García, J. (09 de Agosto de 2022). *Gargil*. Obtenido de <https://gargil.es/plan-de-mantenimiento-para-una-bomba-centrifuga/>

- Garrido, S. G. (2020). *Manual del Jefe de Mantenimiento*. España: Renovetec Editoriales.
- Gómez, J. (1 de Enero de 2016). *Prospectiva*. Obtenido de [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1522&context=ing\\_ambiental\\_sanitaria](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1522&context=ing_ambiental_sanitaria)
- Gómez, J. L. (Enero de 2010). *Research Gate*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/figure/Figura-27-Pilares-Fundamentales-del-TPM\\_fig1\\_46154451](https://www.researchgate.net/figure/Figura-27-Pilares-Fundamentales-del-TPM_fig1_46154451)
- Gourav, V. (2022). Three types of Quality for Customer Satisfaction in any Industry. *isrgrajan*. Obtenido de <https://www.isrgrajan.com/three-types-of-quality-for-customer-satisfaction-in-any-industry.html>
- Grundfos. (Octubre de 2020). *Grundfos*. Obtenido de <https://www.grundfos.com/mx/learn/research-and-insights/impeller>
- Hernández, J. (28 de Julio de 2022). *SGS Productivity*. Obtenido de <https://leansisproductividad.com/diagrama-causa-efecto-ishikawa>
- Hersal. (Octubre de 2021). *Hersal*. Obtenido de <https://hersal.com.pe/productos/sellos-mecanicos/>
- Hidráulica. (22 de Agosto de 2022). *Hidráulica* . Obtenido de <https://grupohidraulica.com/noticias/2022/08/08/que-es-brida-para-que-se-utiliza/>
- Hidroall. (Octubre de 2020). *Hidroall*. Obtenido de <https://hydroallperu.com/producto/valvula-de-pie-check-canastilla-pvc/>
- Huarcaya, E. (Julio de 2019). *Concytec*. Obtenido de [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UASF\\_f8a1065dc958f6c03a9da3349701b102/Description#tabnav](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UASF_f8a1065dc958f6c03a9da3349701b102/Description#tabnav)
- Indepack*. (Septiembre de 2020). Obtenido de <https://indepac.com.co/product/empaques-stuffing-box-prensaestopa/>
- Industrial, D. I. (2019). *GRUPO DHG*. Obtenido de <https://www.grupodgh.es/mantenimiento>
- Inmera. (2019). *Inmera*. Obtenido de <https://www.inmera.com.ec/productos/bomba-alta-presion-potencia-200-hp-trifasica-220-440-v-3/>

- Inox. (Mayo de 2021). *Inox*. Obtenido de <https://tododeinoxidable.com.mx/blog/acero-inoxidable/que-son-las-brid-as-de-acero-inoxidable/>
- Juárez, H. (Octubre de 2019). *Redalyc*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/comocitar.ou?id=26701803>
- Kanbanize. (2020). Los 5 Porqués: La Mejor Herramienta de Análisis de Causa Raíz. *Kanbanize*.
- Kluaypa , P., & Onuh , S. (2010). The Development of Quality Management Model for Implementation in Thai Organisations. *Proceedings of the World Congress on Engineering*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/45534734\\_The\\_Development\\_of\\_Quality\\_Management\\_Model\\_for\\_Implementation\\_in\\_Thai\\_Organisations](https://www.researchgate.net/publication/45534734_The_Development_of_Quality_Management_Model_for_Implementation_in_Thai_Organisations)
- Kokemüller, N. (2018). Advantages & Disadvantages of Lean Production. *Bizfluent*. Obtenido de <https://bizfluent.com/about-5418429-advantages-disadvantages-lean-production.html>
- Lameirinhas, G. (2019). *Tractian*. Obtenido de <https://tractian.com/es/blog/tpm-mantenimiento-productivo-total-transformando-el-mantenimiento-en-ganancias>
- Lean. (2 de Abril de 2019). *CDI LEAN*. Obtenido de <https://lean.cdiconsultoria.es/mejora-eficiencia-oe-e-que-es/>
- Lidering. (28 de Abril de 2022). *Lidering*. Obtenido de <https://www.lidering.com/blog/que-es-un-sello-mecanico/>
- López, B. S. (1 de Noviembre de 2019). *Ingenieria Industrial Online*. Obtenido de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/mantenimiento-productivo-total-tpm/>
- Lynn, R. (2022). Useful Lean Manufacturing Tools. *Planview*. Obtenido de <https://www.planview.com/resources/guide/what-is-lean-manufacturing/lean-manufacturing-tools/>
- Mazzini, J., & López, J. (2022). Propuesta de un diseño de modelo de calidad y mejora continua, basado en las directrices de la norma internacional ISO: 9001:2015, para una Industria de Balanceado de Camarón en la Ciudad de Guayaquil.

- Universidad Politécnica Salesiana*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22765/1/UPS-GT003793.pdf>
- Medina, J. (11 de Febrero de 2022). *Toyota Material Handling*. Obtenido de <https://blog.toyota-forklifts.es/tpm-total-productive-maintenance-produccion-vs-mantenimiento>
- Mohammed , S. (2020). Jidoka: The Toyota Principle of Building Quality into the Process. *The American University in Cairo*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/345702194\\_Jidoka\\_The\\_Toyota\\_Principle\\_of\\_Building\\_Quality\\_into\\_the\\_Process#pf5](https://www.researchgate.net/publication/345702194_Jidoka_The_Toyota_Principle_of_Building_Quality_into_the_Process#pf5)
- Morales, I. (27 de Enero de 2022). *Stel Order*. Obtenido de <https://www.stelorder.com/blog/que-son-el-oee-teep-y-ooe/>
- Nago, E. (24 de Mayo de 2022). *Nago Electric*. Obtenido de <https://nagoperu.com/ques-el-mantenimiento-overhaul/>
- Navarra. (2020). *Acmplean*. Obtenido de <https://acmplean.com/actualidad/que-es-el-oee-y-por-que-es-importante-medirlo-y-analizarlo/>
- NSK americas*. (2022). Obtenido de <https://www.nskamericas.com/es/products/nsk-innovative-products/deep-groove-ball-bearings-with-special-heat-treatment.html>
- Oliveira, I. (1 de Diciembre de 2020). *Issuu*. Obtenido de [https://issuu.com/oliveirapi/docs/clase\\_13\\_los\\_pilares\\_del\\_tpm\\_.pptx](https://issuu.com/oliveirapi/docs/clase_13_los_pilares_del_tpm_.pptx)
- ONU. (2018). *Naciones Unidas*. Obtenido de <https://www.un.org/es/global-issues/water>
- Overtel. (21 de Abril de 2021). *Overtel*. Obtenido de <https://overtel.com/oeo-que-es-como-mide-la-productividad-y-como-calcularlo/>
- Pazó, L. (28 de Junio de 2020). *Xherpa*. Obtenido de <https://xherpatothegenius.com/ishikawa-6m1/>
- Pérez, J. (19 de Agosto de 2020). *Lean Construction* . Obtenido de <https://www.leanconstructionmexico.com.mx/post/mantenimiento-productivo-total-tpm>
- Picón, P. (3 de Agosto de 2015). *Ingenieros Químicos*. Obtenido de <https://ingenierosquimicos.wordpress.com/2015/08/03/edar-desarenado/#more-288>

- Pincay, Y., & Parra, C. (2020). Gestión de la calidad en el servicio al cliente de las PYMES comercializadoras. *Revista Científica dominio de las ciencia*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7539747>
- Portada, L. (2017). Propuesta de mejora continua de procesos Lean Manufacturing para una empresa cartonera. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas*. Obtenido de [https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/622205/PO\\_RTADA\\_HL.pdf?sequence=5](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/622205/PO_RTADA_HL.pdf?sequence=5)
- Prachi, J. (2021). Total Quality Management. *Managementstudyguide*. Obtenido de <https://www.managementstudyguide.com/total-quality-management-models.htm>
- Prevencionar. (02 de Febrero de 2017). *Prevencionar*. Obtenido de <http://prevencionar.com.pe/2017/02/06/consiste-mantenimiento-productivo-total-tpm/>
- Prieto, S. (27 de Agosto de 2020). *AYO Consulting*. Obtenido de <https://ayoconsulting.es/oeeficiencia-global-de-equipos-de-produccion/>
- Proalnet. (3 de Marzo de 2016). *Proalnet*. Obtenido de <https://proalnet.com/blog/27-como-calcular-el-oeeficiencia-general-de-los-equipos/>
- Qualitymant. (Junio de 2020). *Qualitymant*. Obtenido de <https://qualitymant.com/los-indices-de-mantenimiento-industrial/>
- Ramírez, L. (2022). ¿Qué es el Lean Manufacturing o producción ajustada? *IEBS*. Obtenido de <https://www.iebschool.com/blog/que-es-lean-manufacturing-negocios-internacionales/#:~:text=El%20Lean%20Manufacturing%20o%20Lean,reducci%C3%B3n%20y%20eliminaci%C3%B3n%20del%20desperdicio.>
- Ramírez, P. (25 de Agosto de 2022). *Repositorio Escuela de Construcción*. Obtenido de [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/13963/TF9389\\_BIB308170\\_Pablo\\_Ramirez\\_Salas.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/13963/TF9389_BIB308170_Pablo_Ramirez_Salas.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Rasika, G. (2020). Chapter 1-Quality. *aissmschmct*. Obtenido de <https://aissmschmct.in/wp-content/uploads/2020/07/Chapter-1-Quality.pdf>



- Reynoso, A. (02 de JULIO de 2020). *Equipos Interferenciales*. Obtenido de <https://interferenciales.com.mx/blogs/noticias/beneficios-e-importancia-del-mantenimiento-preventivo-a-tus-equipos>
- Ricard, B. (2020). Como el flujo continuo ayuda a reducir los residuos. *Flexpipe*.
- Rodríguez , J. (2022). Círculo de Deming. *SPC Consulting Group*.
- Rodriguez, J. (2018). *SPC Consulting Group*. Obtenido de <https://spcgroup.com.mx/conoce-los-ocho-pilares-del-tpm/>
- Rodriguez, J. (2022). *CGI*. Obtenido de <https://www.cgisa.es/oee-excelente/>
- Rojas, A., & Soler, V. (2017). Lean Manufacturing: herramienta para mejorar la productividad en las empresas. *3C Empresa*. Obtenido de [https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2018/01/art\\_14.pdf](https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2018/01/art_14.pdf)
- Samniego, J. (Junio de 2019). *Repositorio Institucional UCUENCA*. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/30010>
- Sejzer, R. (14 de Julio de 2016). *Calidad Total*. Obtenido de <http://ctcalidad.blogspot.com/2016/07/que-es-la-oee-y-como-se-calcula-ejemplo.html>
- Serrat, O. (2009). The Five Whys Technique. *Knowledge Solutions*. Obtenido de <https://www.upstate.edu/medresidency/pdf/the-5-whys.pdf>
- Sicma. (21 de Enero de 2022). *Sicma21*. Obtenido de <https://www.sicma21.com/mantenimiento-industrial-importancia-y-beneficios/>
- SSDSI. (2021). what is gemba? *Sixsigmadsi*.
- Tameco. (26 de Febrero de 2019). *Tameco Mecánica Industrial*. Obtenido de <https://tameco.es/breve-historia-del-mantenimiento-industrial/>
- Tauron, J. (9 de Marzo de 2019). *Sistemas OEE*. Obtenido de <https://www.sistemasoe.com/definicion-oe/>
- Think Vertical*. (31 de Enero de 2019). Obtenido de <https://www.modula.eu/blog/es/el-just-in-time-como-producir-sin-derroches/>
- Torres, J. T. (2014). Implementación del método Justo a Tiempo ( JIT). *Revista CIES*, 27.
- Torres, M., & Vásquez, C. (2010). La Calidad: Evolución de su significado y aplicación en servicios. *Publicaciones en Ciencias y Tecnología*. Vol 4.

- TWI. (2022). What is Lean Manufacturing and the 5 principles used? *Twi-global*.  
 Obtenido de <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/faq-what-is-lean-manufacturing#:~:text=Lean%20manufacturing%20is%20a%20production,are%20willing%20to%20pay%20for.>
- UMNG. (2019). *Gestion de Calidad Y gestion de procesos*. .
- Valbor. (2019). *Valbor Soluciones*. Obtenido de <https://www.valborsoluciones.com/mantenimiento/tipos-de-mantenimiento-industrial-ventajas-y-desventajas/>
- Velázquez, A. (Agosto de 2021). *QuestionPro*. Obtenido de <https://www.questionpro.com/blog/es/diagrama-de-pareto/>
- Verzini, R. P. (2019). *Action Group* . Obtenido de <https://actiongroup.com.ar/los-pilares-del-mantenimiento-productivo-total-hoy/>
- Vidal, F. (18 de Mayo de 2021). *Stel Order*. Obtenido de <https://www.stelorder.com/blog/mantenimiento-preventivo/>
- Vielá, J. (12 de Marzo de 2021). *Meet Logistics*. Obtenido de <https://meetlogistics.com/productividad/oee-set-up-mas/>
- Villegas, C. (18 de Junio de 2008). *Repositorio Universidad Autónoma de Occidente*.  
 Obtenido de <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/4684/TID01201.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Witte. (Agosto de 2021). *Witte*. Obtenido de <https://www.witte-pumps.com/es/tecnologia/sellados-del-eje/prensaestopas/>
- Yepes, V. (2019). Instalación de bombas centrifugas. *Universidad Técnica de Valencia*, 1.
- Zitu, E. (4 de Marzo de 2021). *Eris Zitu*. Obtenido de <https://eris.zitu.net/blog/importancia-del-calculo-del-oee-del-taller-de-mecanizado>
- Zummar. (Agosto de 2020). *Zummar*. Obtenido de <https://zummar.com/productos-ferreteria/empaques-y-sellos-industriales/sellos-empaques/sello-mecanico-carbon-ss304-redviton/>

- Cañas, C. O. (2022). El derecho al agua. *El Derecho Al Agua*.  
<https://doi.org/10.2307/j.ctv2vdbttx>
- Escobar, M. H. (2003). Historia Y Evolución Del. *Universitas Psychologica*, 2(1),  
71–88. <http://www.bibliotecasdelecuador.com/>
- Flores, O. (2020). *Las Seis Grandes Pérdidas*. <https://www.prodisis.com/post/las-seis-grandes-pérdidas>
- 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.  
<https://doi.org/10.17993/3ctecno/2019.v8n2e30.50-67>
- Olarte C., W. (2010). Disponible en:  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84917316066>. *Perdidas Al No Hacer Un Mantenimiento*, 356.
- SUAREZ, E. (2019). *Estudio Del Mantenimiento Preventivo De Bombas Centrífugas Para Distribución De Agua Potable, Que Pueda Ser Realizado En Bancos De Pruebas Confiables, Arequipa - Perú*. 131.