



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA**

Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo para mejorar el  
funcionamiento de la Planta de Ósmosis Inversa de un Club  
Campestre - Localidad de Arequipa 2022

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Mecánico Electricista

**AUTOR:**

Almanza Pino, Juan Carlos ([orcid.org/0000-0002-5042-5694](https://orcid.org/0000-0002-5042-5694))

**ASESOR:**

MSc. Sifuentes Inostroza, Teofilo Martin ([orcid.org/0000-0001-8621-236X](https://orcid.org/0000-0001-8621-236X) )

**LÍNEA DE INVESTIGACION:**

Sistemas y Planes de Mantenimiento

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

TRUJILLO – PERÚ

2022

## **Dedicatoria**

A mi Esposa Francly y a mis hijos, Nicolas y Thais por el apoyo permanente que tuvieron hacia mí en este proceso de titulación, a mi madre por demostrarme que siempre existe una salida para cualquier problema que pueda pasarnos en la vida, a mis suegros por demostrarme que con respeto hacia una persona hay que saber ganarlo y que con el trabajo se pueden llegar a conseguir muchas cosas materiales en la vida y a mi padre que aun siendo una persona sencilla me enseñó casi todo en la vida y le debo mucha gratitud por enseñarme todo lo que me ayudo a ser un gran profesional.

Gracias a todos.

## **Agradecimiento**

Quiero expresar también mi más sincero agradecimiento al Ing. Martin Teófilo. Sifuentes Inostroza Por su aporte y participación activa en el transcurso y desarrollo del proyecto de tesis. No me cabe duda que su participación y apoyo han llegado a tener éxito en el trabajo realizado. A la UCV por su excelente plana Docente.

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma, colaboraron o participaron en la realización de esta investigación, hago extensivo mi más sincero agradecimiento.

Agradezco a Dios por llenar mi vida de bendiciones, familia y salud hacia mí, a mis queridos padres por inculcarme con buenos principios, creer en mí y darme la oportunidad de enorgulleclos y realizarme en esta hermosa profesión que es la ingeniería Mecánica Eletrica.

## Índice de contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
I. INTRODUCCIÓN .....	10
II. MARCO TEÓRICO .....	13
III. METODOLOGÍA.....	25
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	25
3.2. Variables y operacionalización.....	25
3.3. Población , muestra, muestreo, unidad de análisis .....	25
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	26
3.5. Procedimientos .....	26
3.6. Método de análisis de datos.....	26
3.7. Aspectos éticos .....	27
IV. RESULTADOS .....	28
V. DISCUSIÓN .....	58
VI. CONCLUSIONES.....	61
VII. RECOMENDACIONES .....	62
VIII. REFERENCIAS .....	63
IX. ANEXOS .....	70

## Índice de tablas

Tabla 1. Descripción de componentes de la planta de ósmosis inversa .....	29
Tabla 2. Descripción de las fallas de los equipos de la planta. ....	31
Tabla 3. Número de fallas, horas de reparación y operación de los equipos. .	34
Tabla 4. Resumen de la disponibilidad de los equipos.....	35
Tabla 5. Fallas comunes de los equipos. ....	36
Tabla 6. Ponderación de factores para la frecuencia de fallo.....	37
Tabla 7. Fallas y factores de consecuencia. ....	38
Tabla 8. Criticidad de los equipos. ....	39
Tabla 9. Formato de ficha para AMEF. ....	40
Tabla 10. Resumen del análisis de modos de fallas y efectos. ....	41
Tabla 11. Valoración de cualidades. ....	42
Tabla 12. Matriz de selección.....	43
Tabla 13. Indicadores nuevos de los equipos de mantenimiento.....	50
Tabla 14. Matriz resumen de comparación de indicadores de mantenimiento pre -post test.....	51
Tabla 15. Inversión para la implementación del mantenimiento.....	52
Tabla 16. Gastos mensuales en personal. ....	52
Tabla 17. Gastos Horas-hombre anterior al mantenimiento.....	53
Tabla 18. Gastos de reparación anteriores al mantenimiento. ....	54
Tabla 19. Gastos Horas – hombre proyectado.....	55
Tabla 20. Gastos de mantenimiento por equipo posterior al plan de mantenimiento. ....	56
Tabla 21. Análisis de VAN, TIR y beneficio – costo. ....	57

## Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Isométrico de la planta de ósmosis inversa.....	28
Figura 2. Columnas de la bomba del pozo.....	29
Figura 3. Elementos y otros materiales dispersos por el suelo. ....	30
Figura 4. Organigrama del área de mantenimiento.....	30
Figura 5. Gráfico de Pareto de las fallas más frecuentes de la planta. ....	32

## Índice de ecuaciones

Ecuación 1.Disponibilidad. ....	20
Ecuación 2.Confiabilidad.....	20
Ecuación 3.Tiempo medio de reparación. ....	21
Ecuación 4.Tiempo medio entre fallas. ....	21
Ecuación 5.criticidad. ....	21
Ecuación 6.Consecuencia. ....	22
Ecuación 7. Criterio de criticidad (Alfonso et al. 2017).....	22
Ecuación 8.Número de prioridad de riesgo .....	23

## Resumen

El trabajo de investigación presente tiene como principal objetivo, mejorar el funcionamiento de los equipos de una planta de ósmosis inversa del Club Campestre de la Localidad de Arequipa en el año 2022 mediante la gestión de un plan de mantenimiento preventivo, que permita la mejora en los indicadores de mantenimiento de la planta. El tipo de investigación es aplicada y diseño pre – experimental. En cuanto a la muestra de estudio, se tomó a 15 equipos que conforman la planta. Se usó la técnica del análisis documental y la observación. Como primer procedimiento, se elaboró un levantamiento de la cantidad de equipos, se determinó el número de fallas por equipos, la frecuencia, los tiempos de operación y los tiempos de parada. Se determinó los indicadores de tiempo medio entre fallas MTBF, el tiempo medio de reparación MTTR, la disponibilidad y la confiabilidad. Se realizó un análisis de criticidad, calificando 10 equipos como críticos, a los cuales se aplicó un análisis de modos y efectos de falla (AMEF) y se determinó su respectivo índice de prioridad de riesgo (NPR). Se elaboró el cronograma de mantenimiento y los formatos para el registro del mantenimiento. Se obtuvieron los nuevos indicadores mediante la proyección de la reducción del NPR, una disponibilidad promedio del 83%, MTTR de 21.6 horas y MTBF de 122.9 horas. La inversión de la implementación del plan de mantenimiento preventivo comprende gastos equipos, herramientas, equipos de protección personal, capacitaciones, material de oficina, etc. Cuyo valor es de S/ S/14,675.00, y la reducción de tiempos de parada e incremento de la disponibilidad genera una reducción en gastos de reparación y hombres – horas de S/ 2697.5 en total. El VAN obtenido es de S/ S/144,294.61, y un beneficio costo de 3.5%.

Palabras Clave: Mantenimiento preventivo, confiabilidad, disponibilidad, criticidad



## Abstract

The present research work has as its main objective, to improve the operation of the equipment of a reverse ósmosis plant of the Country Club of the Town of Arequipa in the year 2022 through the management of a preventive maintenance plan, which allows the improvement in the plant maintenance indicators. The type of research is applied and pre-experimental design. As for the study sample, 15 teams that make up the plant were taken. The technique of documentary analysis and observation was used. As a first procedure, a survey of the amount of equipment was prepared, the number of failures by equipment, the frequency, the operating times and the downtimes will be extended. Mean Time Between Failure MTBF, Mean Time To Repair MTTR, Availability, and Reliability indicators will be displayed. A criticality analysis was carried out, qualifying 10 pieces of equipment as critical, to which a failure modes and effects analysis (FMEA) was applied and their respective risk priority index (NPR) was extended. The maintenance schedule and the formats for the maintenance record were developed. The new indicators were obtained by projecting the reduction of the NPR, average availability of 83%, MTTR of 21.6 hours and MTBF of 122.9 hours. The investment for the implementation of the prevention plan includes expenses for equipment, tools, personal protective equipment, training, office supplies, etc. Whose value is S/ 12,571.00, and the reduction of downtime and increased availability generates a reduction in repair costs and man-hours of S/ 2697.5 in total. The VAN obtained is S/5,808.85, and a cost benefit of 1.4%.

Keywords: Preventive maintenance, reliability, availability, criticality

## I. INTRODUCCIÓN

La historia del mantenimiento da inicio desde los tiempos donde el hombre tenía la necesidad de mantener su equipo, donde se hacía el uso de herramientas rudimentarias donde la mayoría de fallas se suscitaban a consecuencias de malas prácticas del mantenimiento (Valeev, Atroshchenko y Kharrasov 2022). El mantenimiento se da a inicios del siglo XVIII y comienzos del siglo XIX donde surge la necesidad de las primeras intervenciones de reparación desde ese entonces se conoce el termino falla ya que a consecuencia de ello se tenía una parada de las máquinas no programadas que ocasionan gastos inconcebibles en el siglo XX, en los Estados Unidos, se da soluciones a las fallas y paradas imprevistas mediante el mantenimiento correctivo según Mora (2009), entonces para ese tiempo nacen los conceptos de competitividad y la optimización de los costos de mantenimiento. Entonces a comienzos de siglo aparecen grandes ingenieros como es el caso de Henry Ford a quien se le considera un pionero del mantenimiento industrial junto con la participación de Frederick Winslow Taylor quien es considerado el padre de la administración científica de igual manera entró en participación el ingeniero Henry Fayol quien fue contribuyente y su enfoque fue hacia la administración clásica y es entonces donde gracias a la participación de estos ingenieros nacen las nuevas formas de organización en el trabajo y aparece la administración y dirección del control de sistemas de mantenimiento mecánicos y eléctricos ante una necesidad de conseguir una mayor disponibilidad de las máquinas. Se da entonces en el año 1950 un grupo de ingenieros japoneses desarrollan una técnica que llamamos hoy en día mantenimiento preventivo haciendo uso de manuales del fabricante de las máquinas dando un inspección programada a las máquinas, en 1960 se establece un nuevo concepto llamado mantenimiento productivo donde se integraba una mayor confiabilidad en el desempeño de las máquinas trascurrido el tiempo se llega a los años 1971 donde Seiichi Nakajima integra el mantenimiento productivo total esto genera la participación de todo el personal de la empresa donde se tenía una mantención constantemente y que desde entonces nacen muchas tendencias referentes al mantenimiento como TPM, 5s, KAIZEN y el RCM.

La planta de ósmosis Inversa fue adquirida en el año del 2018 por la empresa **AQA QUIMICA S.A. MODELO BWRO-8\*40-6L-4\*3** en el año 2018 comienza su operación de producción de agua potable para el consumo del Club campestre la localidad de Arequipa y otros usos. La planta ósmosis inversa ha estado operando años anteriores. Las condiciones en que se encontraron la planta de ósmosis inversa, es evidentemente que presenta un problema en el cual no se tiene un programa de mantenimiento o gestión de mantenimiento, por lo cual no se ha llevado ningún control menos un programa de mantenimiento preventivo de sus instalaciones electromecánicas esto implica que disminuya significativamente la vida útil y el proceso de producción de agua potable han sido algunas causas y problemas que se presentan en la planta de ósmosis inversa. Teniendo como resultados que la confiabilidad y disponibilidad disminuya considerablemente su eficiencia nominal de operación, todas las posibles fallas que se tenía paraban la operatividad de la planta por un tiempo no determinado y para lo cual se resolvía al momento de la falla aplicando un mantenimiento correctivo y por otro lado algunas fallas ocasionadas por el área de operatividad en las que pasaba por tareas de reajuste, o limpieza. En el registro de análisis histórico del año anterior 2021, los mantenimientos y la producción se limitan a algunos días de cada mes, los mantenimientos no programados la reparación generaba un costo mantenimiento y la demanda de la producción agua potable estaba siendo afectada por la no operación de la planta para lo cual se ha creído conveniente presentar en la investigación la integración de un sistema de gestión de mantenimiento adecuado para planta de ósmosis inversa.

Por lo tanto, se ha tenido la siguiente formulación del problema: ¿De qué manera el Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo influirá en la Mejora del Funcionamiento de la Planta de Ósmosis Inversa del Club Campestre de la Localidad de Arequipa – 2022?

Que se tiene como justificación técnica, la Planta de Ósmosis Inversa viene operando desde años anteriores y hasta la actualidad continúa con su normal funcionamiento de la producción de agua potable, y que no cuenta con un plan de mantenimiento eso hace que la confiabilidad y disponibilidad y vida útil disminuya considerablemente. Lo cual implica la baja confiabilidad de los ítems

y la indisponibilidad de la producción del agua potable para el Club Laguna la localidad de Arequipa, ocasionando a la vez gastos económicos adicionales. Frente a esta problemática, entonces se plantea la integración de sistema de gestión de mantenimiento preventivo. Que a la vez tiene como justificación económica, el impulso de cualquier nueva tecnología que implica programas ambiciosos de capacitación, entrenamiento adecuado del operador y el personal que labora. Es claro que el mantenimiento y reparación de estos equipos requiere de habilidades específicas. Esto genera gastos económicos significativos de tal manera que permita el desempeño deseado para las operaciones de mantención de la Planta de Ósmosis Inversa. En cuanto a la Justificación social, se da Por el crecimiento y la integración de nuevos socios que tiene el Club Laguna la Joya la Planta de Ósmosis Inversa para lo cual se requiere una mayor demanda del servicio de la Planta de Ósmosis Inversa ; asimismo se cree que que el presente tema de investigación es planteado para solucionar el problema pre experimental es un aporte muy importante y se justifica plenamente por su importancia de implementación de un programa de mantenimiento preventivo.

Y ya habiendo identificado de manera clara nuestro problema entonces nos planteamos el siguientes objetivo general : mejorar el funcionamiento de la planta de Ósmosis Inversa del Club Campestre de la Localidad de Arequipa 2022 mediante la aplicación de un Sistema de Gestión de mantenimiento preventivo; y, para ello se ha tenido en cuenta los siguientes objetivos específicos: i) analizar y evaluar la situación actual para determinar la confiabilidad y disponibilidad de Planta de Ósmosis inversa; ii) identificar los equipos y componentes críticos mediante un análisis de criticidad y establecer el análisis de modos y efectos de fallas y el número de prioridad de riesgos de los componentes con mayor criticidad de la Planta de Ósmosis Inversa: iii) determinar un plan de mantenimiento preventivo mediante la utilización del software MP V10 para gestionar los activos fijos de la Planta de Osmosis Inversa; iv) calcular los nuevos indicadores de mejoras obtenidas mediante la proyección utilizando la base de datos Excel ; v) evaluar el costo de la inversión y recuperación. De igual manera hemos identificado nuestra hipótesis general la cual se da: Mediante la aplicación del Sistema de Gestión de mantenimiento preventivo se mejorará el

funcionamiento de la planta de ósmosis inversa de club campestre de la Localidad de Arequipa 2022.

## **II. MARCO TEÓRICO**

Dentro del contexto y previas que se utilizara como unas guías para la investigación, habiendo encontrado similitudes que se desarrollan dentro de ellas los antecedentes nacionales e internacionales.

A continuación se mencionan investigaciones en el ámbito nacional, que tratan con la problemática en cuestión.

Salinas y León (2021), en su tesis de licenciatura, tuvo como objetivo de investigación, la implementación de un plan de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de los equipos de una planta de ósmosis inversa en un hospital. La investigación es del tipo aplicada con un diseño pre experimental, tomando una población de 18 equipos de la instalación, El procedimiento usado en el desarrollo de la investigación consistió en varias etapas, 1) la recolección de información, determinándose las fallas de los equipos y se calculo la frecuencia de las fallas. los dos indicadores MTTR y MTBF, disponibilidad y confiabilidad, 2) se realizó el análisis de los datos para determinar la criticidad de los equipos, además se aplico un análisis de modos y efectos de falla (AMEF) a los equipos clasificados como críticos, obteniéndose el índice prioritario de riesgo (NPR), 3) se propuso el plan de mantenimiento preventivo y 4) se evaluó la disponibilidad luego de la implementación del plan de mantenimiento, para el cual se midieron los nuevo indicadores y se calculó la nueva disponibilidad y confiabilidad de los equipos. Los resultados obtenidos de la investigación indicaron que el gasto en horas – hombre y reparaciones anteriores a la implementación del plan de, mantenimiento mensual son de S/ 3,444.07 y S/ 2,663.00 respectivamente, luego de la implementación se obtuvo una reducción en los gastos de horas - hombre y reparaciones de S/ 1,625.29 y S/882.00 al mes. Como conclusiones se tiene que se logró cumplir con los objetivos propuesto por los investigadores, incrementando la disponibilidad de la planta y reduciendo los gastos en el mantenimiento.

En forma similar tenemos el trabajo de Atahualpa y Carrasco (2020) quienes mencionan en su investigación titulada Implementación de un sistema de gestión

de mantenimiento preventivo para disminuir los costos de mantenimiento de una empresa agroindustrial en Lima 2020, Lima – Perú, que tiene como principal objetivo la integración de plan de mantenimiento preventivo con la finalidad de reducir los costos de mantenimiento, teniendo en cuenta una metodología sobre la teoría de gestión del mantenimiento, es una investigación de tipo pre-experimental y que ha tenido como muestra un estudio 70 equipos, enfocando en su investigación el análisis de criticidad para determinar los equipos más críticos que se tiene. Se mejorará el plan de mantenimiento que se tiene en la empresa con el único objetivo de reducir las fallas utilizando el AMEF de cada ítem crítico, donde se pudo identificar las causas y fallas y obteniendo así los siguientes resultados, una mejora en los costos donde también se obtuvieron los nuevos indicadores de mantenimiento antes y después de la aplicación de la mejora, logrando una variación de 1.38%, 5.06% y 0.91% en disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad. De igual forma se determina el costo de mantenimiento resultando 5,076.77 soles de diferencia entre el pre y el post test. Y el aporte que se llega a utilizar en esta investigación es el plan de mantenimiento, que serán como guías para el desarrollo y la mejora de los equipos en los cuales se mencionan en la investigación a elaborar.

Aliaga y Grey (2021a), en su tesis para obtener la licenciatura, tuvo como objetivo principal, mejorar los indicadores de mantenimiento, que son la disponibilidad, confiabilidad y la mantenibilidad en los vehículos de la empresa, teniendo como indicadores iniciales, en promedio, fueron: disponibilidad 40.90%, confiabilidad 31.35% y mantenibilidad 42.38%, se tiene como muestra la cantidad de 6 vehículos con que se realizó un análisis criticidad en cada vehículo para identificar qué vehículos son los más afectados y así priorizar su reparación temprana, en las distintas labores de mantenimiento que se tiene propuestas se aplicaron se aplica la técnica del AMEF (Análisis de modo y efectos de fallas). Luego se propone un sistema de gestión de mantenimiento, con los cuales se obtuvieron los siguientes resultados de la disponibilidad con 89.40%, confiabilidad con 91.47% y mantenibilidad con 55.25%. con una conclusión, que un plan de mantenimiento es muy importante en las gestión de las máquinas, porque ayuda a determinar y programar las fallas, sobre todo a tener la disponibilidad de los vehículos; esto ayuda a los bomberos a mejorar su

disponibilidad y confiabilidad de sus unidades vehiculares para la atención hacia los ciudadanos, saliendo al servicio con la certeza y confianza para lo cual se utilizara como teoría el sistema de gestión de las máquinas y otras informaciones que veamos convenientes en utilizar para esta investigación propuesta.

De forma similar en la investigación de Cuadros(2021), que es denominada Implementación de un sistema de gestión de mantenimiento en la empresa Récord S.A.", Lima – Perú, que tiene como su objetivo principal establecer un sistema de gestión del mantenimiento en plantas industriales, para mejorar los principales indicadores de gestión de la producción y mantenimiento de la planta. Las metodologías que se utilizan son conocimientos teóricos y prácticos que hacen mención de un plan de mantenimiento elaborado por protocolos genéricos, y un registro de información la programación del mantenimiento y el último el procesamiento de la información para la obtención de los indicadores de gestión el control y supervisión del mantenimiento y procesos productivos. Lo cual llevará a buscar el mejoramiento continuo, con el único fin de llegar a ser competitivos de clase mundial. Entonces cabe resaltar que el solo hecho de tener organizada una planta y su mantenimiento, llevará a tener un control de procesos y búsqueda del mejoramiento continuo, la integración de las herramientas del TPM que contribuyen a la implementación de buenas prácticas en mención al orden y limpieza, mantenimiento, calidad, seguridad y medio ambiente en el proceso. Estos objetivos contribuyeron a la investigación, la Empresa Récord, con lo cual se corroboró que esta metodología aplicada es significativa. Finalmente, esa propuesta contribuye a otras empresas industriales a aplicarlas para que logren mejorar sus capacidades de gestión de la producción y mantenimiento y ser competitivos. Entonces se tuvieron como resultados en la investigación con tiempo 6 meses después de su ejecución permitió mejorar la Efectividad Global de los equipos de 51% antes a 75% después, por lo tanto, una mejora de 24%. Con lo cual se llega a un resultado de conveniencia para la empresa entonces la información que utilizaremos de la tesis que tenemos será la utilización del procedimiento del cálculo de los indicadores y la inserción de un software SPSS26 para el control total y elaborar pronósticos futuros que nos ayuden a obtener buenos resultados.

Se considera la información de la tesis expuesta por Palma (2017) que tiene como título la Propuesta de un Sistema de Gestión de Mantenimiento para instituciones educativas caso: Ugel Chumbivilcas – Cusco” Cusco – Perú, La presente investigación de tesis tiene como objetivo diseñar un sistema de gestión de mantenimiento para mejorar la oferta de infraestructura escolar con una mejor calidad para las instituciones educativas de la UGEL-Chumbivilcas, Cusco, para Palma (2017) ha desarrollado 6 capítulos en los que se explica los términos necesarios para el sistema que se ha propuesto en mejorar la gestión de mantenimiento en estas instituciones, como resultados se tiene la creación de un análisis FODA en el que tenemos como una de sus principales fortalezas que se toma en Cuenta con instrumentos de gestión de mantenimiento, el cual dará una gestión eficaz del sistema para los 8 distritos con el objetivo de ser participativa y concertada. De igual modo un plan de mediano plazo de Educación al 2016, el cual contempla una misión, visión, objetivos y metas; así como también las líneas de acción o áreas estratégicas en este caso el área de infraestructura educativa el que determinará su accionar dentro del periodo de tiempo establecido como una de sus debilidades Mala administración de Instrumentos de gestión (Fichas técnicas, solicitud de mantenimiento, orden de trabajo, Inventario) de largo y mediano plazo, para la gestión del proceso de mantenimiento.

Habiendo encontrado de igual similitud a nuestros objetivos propuestos, se tomó la investigación realizada por Sosa (2019) donde realiza la investigación de un Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para reducir los costos de mantenimiento en unidades de transporte en la empresa Transportes JEVREM S.A.C. En el caso de estudio es elaborado en un programa de gestión de mantenimiento preventivo analizando los costos de mantenimiento correctivo donde identifica cifras muy altas para la empresa. El costo anual de mantenimiento correctivo por unidad de transporte era de \$ 16 480,45. Con el nuevo programa de gestión de mantenimiento preventivo diseñado, se consigue un ahorro de \$ 3 011,45 al año por unidad de transporte de igual manera la información que utilizaremos de la presente investigación será el análisis de los costos para plasmarlos para obtener resultados positivos.



A nivel internacional se tienen las siguientes investigaciones relacionadas al tema del mantenimiento de equipos.

Medina (2022) en trabajo de final de grado, tuvo como objetivo principal, dar mantenimiento a las bombas de alta presión en una planta de tratamiento de agua salobre. La investigación sigue un procedimiento, determinando las averías y analizando estas para hallar que provoca la falla y realizando el historial de fallas, el cual mediante un diagrama de Pareto, muestra las más comunes, asimismo determina indicadores como el tiempo medio de reparación o MTTR, el tiempo medio entre fallas o MTBF de cada uno de las maquinas o dispositivos de la planta, asimismo, se realizó un análisis de criticidad de los equipos, ponderando los factores de consecuencia, para luego realizar un AMEF. Por ultimo, con el análisis de las fallas, criticidad y modos de fallos, se elaboró el plan de mantenimiento, teniendo prioridad los equipos que tengan índices de criticidad altos.

Maihulla, Yusuf y Bala (2021), en sus articulo de investigación, tuvo como objetivo de investigación, mejorar la disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad de una máquina de tratamiento de agua por ósmosis inversa, para el cual se elaboró un plan de mantenimiento preventivo frecuente, logrando reducir el tiempo de reparación y reducir el número de fallas del equipo, asimismo se incremento el tiempo entre fallas, por tanto, los indicadores como disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad incrementaron , los investigadores calcularon la confiabilidad como un modelo en serie, donde la confiabilidad resultante es el producto de las confiabilidades de los equipos que conforman la instalación. La confiabilidad del sistema incremento solo en 0.00184, debido en parte que subsistema correspondiente a la membrana de ósmosis no mejoró, afectando por tanto el resultado, obteniendo un incremento tan bajo. Con respecto a la mantenibilidad se incremento a 0.98 en todo el sistema.

Kolte y Dabade (2017), en su articulo de investigación, tuvieron como objetivo de estudio incrementar la disponibilidad operativa de los equipos, realizando mejoras del programa de mantenimiento del que se dispone para así poder disminuir los tiempos de inoperatividad de los equipos en la línea de producción. La investigación es aplicada, con diseño cuasiexperimental. Los resultados indican que dentro de un plazo de quince días, Hubo un incremento del 5% en

la disponibilidad de las máquinas consecuencia de las mejoras implementadas en el mantenimiento, el tiempo promedio para fallar incremento en 40,6 minutos, el tiempo medio de reparación se redujó en 3,5 min, por lo tanto se logró mejorar la productividad. La investigación concluyó que incorporar mejorar dentro del plan de mantenimiento preventivo, tendrá un efecto positivo en la disponibilidad de las máquinas.

Szkoda, Kaczor, Pilch, Smolnik y Konieczek (2021), en su artículo de investigación, evaluaron como impacta el proceso de mantenimiento preventivo en los indicadores de confiabilidad y disponibilidad de una locomotora diésel. El estudio se centro en determinar los indicadores de confiabilidad y disponibilidad en base a parametros como el tiempo medio entre averías, el tiempo medio para reparación y el tiempo medio de retraso logístico. La complementación de un plan de mantenimiento preventivo plan existente de mantenimiento correctivo, generando un incremento significativo de la disponibilidad promedio de 4,55%, además de una reducción de los tiempos muertos en un 64,73% y un incremento del tiempo medio entre fallos de 351 horas. Los investigadores concluyeron que el mantenimiento correctivo por si solo, no satisface las necesidades de la producción, por tanto, fue necesario la implementación del mantenimiento preventivo como un complemento para alcanzar mejores resultados en la confiabilidad y la disponibilidad de la máquina.

En este apartado, se consideran las bases teóricas respecto al mantenimiento, y diversos conceptos que se aplicaran en la investigación y que es de importancia conocer y comprender.

Partiendo del concepto de mantenimiento, que, según Boero (2020a) define como un conjunto de acciones, que se realizan con los propósitos de reducir costos, prolongar la vida de los equipos, aumentar el buen funcionamiento de la planta, evitar pérdidas debido a paradas y sobre todo mejorar la seguridad del trabajador, asimismo Zhao (2022), define el mantenimiento como un conjunto de tecnologías llevadas a cabo para garantizar la funcionabilidad del equipo. A todo esto, se puede decir que el mantenimiento en la actualidad, es un proceso que no solo se centra en la reparación de averías, si no que participa activamente en el desarrollo de las nuevas industrias, con el fin de conseguir la máxima

disponibilidad de los activos dentro de una instalación productiva (de Jonge y Scarf 2020).

Existen diversos tipos de mantenimiento, que surgieron como una consecuencia de la evolución y mejoramiento de las industrias, que requerían una mayor disponibilidad de las máquinas para seguir produciendo. La complejidad y efectividad de cada tipo de mantenimiento responde de forma consecutiva, a cada etapa de la evolución de las industrias. Asimismo Gallará y Pontelli (2020), afirman que cada técnica nueva que surge no reemplaza a las demás, sino que se complementan, y su uso se justifican mediante criterios como la criticidad, costo de mantenimiento, tiempo de vida, complejidad del equipo, etc.

Gallará y Pontelli (2020), describen algunos tipos de mantenimiento, como el mantenimiento a la rotura, que solo interviene para reestablecer el funcionamiento de una máquina de forma inmediata, este tipo de mantenimiento muy básico, se caracteriza por ser desorganizado y sin planificación, a diferencia del mantenimiento programado, que es un salto importante en las técnicas de mantenimiento, y aparece a mediados de las décadas del 30 y 40 del siglo 20, como respuesta a las necesidades de la industrias bélicas, donde la escasez de materias primas, no permitía el desperdicio por paradas de los equipos. Dentro de este mantenimiento se derivan el mantenimiento preventivo y el mantenimiento de averías (Özgür-Ünlüakın, Türkali y Aksezer 2021).

El mantenimiento preventivo es el tipo de mantenimiento mas utilizado en cualquier área de mantenimiento. Según Boero (2020a), este tipo de mantenimiento exige conocer a detalle cada uno de los equipos de la instalación, ya que, esta información es base importante para programar las tareas de mantenimiento y tareas correctivas. Este nivel de mantenimiento tiene la ventaja de reducir la frecuencia de las paradas, permite aprovechar las tareas de mantenimiento para las reparaciones correctivas del equipo, dispone de las herramientas y respuestos requeridos, evita que las averías empeoren, distribución de las tareas de mantenimiento, disminuye los riesgos al personal por fallas de los equipos (Syamsundar, Naikan y Wu 2021). Asimismo este tipo de mantenimiento tiene como desventaja, que algunas de las tareas de mantenimiento exigen parar ciertos equipos importantes para la producción .

El mantenimiento predictivo consiste en un monitoreo constante de los parámetros de operación del equipo, que por medio de un análisis de los valores de los parámetros medidos y los cambios en estos determina la intervención del mantenimiento (Leukel, González y Riekert 2021). Este mantenimiento brinda información de los equipos de forma inmediata, por lo que requiere de dispositivos como sensores, por lo que su implementación es más costosa que el mantenimiento preventivo o correctivo (Pech, Vrchota y Bednář 2021).

Según Zhao et al (2022), la aplicación de una estrategia de mantenimiento, obedece a criterios como, el costo del mantenimiento, la dependencia estructura del equipo, dependencia de recursos, complejidad del equipo, por tanto, las acciones previas a la selección e implementación de un tipo de mantenimiento, consisten en recabar la mayor información de la instalación, datos como el número de equipos, las fallas frecuentes, tiempos de operación, tiempos de paradas, etc. El objetivo del mantenimiento es el mejoramiento de la disponibilidad y confiabilidad de los equipos, por lo que para llegar a ello, se requieren ciertos parámetros que permitan medir estos indicadores. Kafle et al (2022), indican que la disponibilidad se puede calcular mediante la siguiente ecuación.

$$DISPONIBILIDAD = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \times 100\% \dots\dots(1)$$

Dónde:

MTTR: es el tiempo medio de reparación.

MTBF: es el tiempo medio entre fallas.

La confiabilidad se calcula como una función de la probabilidad exponencial que decrece, y depende de las tasas de fallas, dado que estas no son constantes en el ciclo de vida de los equipos (Sunday et al. 2021). La confiabilidad se calcula mediante la ecuación 2, que relaciona la confiabilidad con el MTBF (Feal, González y Santos 2022).

$$R(t) = e^{-\lambda.t} = \frac{1}{MTBF} \times t \dots\dots(2)$$

Dónde:

R: confiabilidad dada respecto al tiempo

e: constante neperiana (e= 2. 303..)

$\lambda$ : tasa de fallas (número total de periodo de operación)

t: tiempo

Kafle et al (2022), indica que los indicadores de tiempo medio de reparación MTTR y el tiempo medio entre falla MTBF, se calculan mediante las ecuaciones 3 y 4. Con estos indicadores definidos, se puede calcular la disponibilidad de lo equipos de una instalación industrial.

$$MTTR = \frac{N^{\circ} \text{ horas de reparación}}{N^{\circ} \text{ de fallas}} \dots\dots(3)$$

$$MTBF = \frac{N^{\circ} \text{ horas de operación}}{N^{\circ} \text{ paradas correctivas}} \dots\dots(4)$$

Entonces del mismo modo nos indica Al-Kuwari (2021), que el análisis de criticidad es una metodología para el dimensionamiento de riesgos elaborado en forma de técnicas de los ISED's (instalaciones, sistemas, equipos o dispositivos) bajo análisis y la Matriz de criticidad se puede identificar en el **anexo 2** los criterios de criticidad con la calificación del riesgo de igual forma lo dice Wang et al(2022), la jerarquización de activos de los elementos y componentes en donde la evaluación comienza desde un punto cuantitativo evaluando las fallas y determinando las consecuencias que presentan y el análisis de criticidad nos indica la en dos o más dimensiones en donde podemos hacer el uso de variables para determinar el número de fallas y tiempos fuera de operación y utilizando los diagramas (López et al. 2022). Representación gráfica de dispersión Jack-Knife en los cuales se grafican los modos de fallas que podemos encontrar en el primer cuadrante que son aquellos que tienen un número de fallas mayor al promedio los son evaluados como crónicos y un tiempo fuera de servicio por lo que son candidatos importantes en la escala de criticidad (Boero 2020a). Desde otro punto de vista se representa matemáticamente de la siguiente manera.

$$Ct = FF * CC \dots\dots(1)$$

Dónde:

Ct:Criticidad

FF:Frecuencia

CC:Consecuencia

Por otro lado, tenemos la consecuencia la podemos calcular utilizando la siguiente fórmula (Gasca, Camargo y Medina 2017). **anexo 10**

$$Consecuencia = IO + FO + CM + IS + MA.....(6)$$

Dónde:

IO : Impacto operacional

FO : flexibilidad operacional

CM: Costo de mantenimiento

IS : impacto de seguridad

MA: Medio ambiente

Existen otros criterios para hallar la criticidad, así como existen otros factores de consecuencia. Alfonso et al (2017), aplica la siguiente ecuación para determinar la criticidad en grupos electrógenos.

$$Ct = FF \times \{[(CP \times TTPR \times IP)] \times R + (CR + IA + ISSP)\} \times Dtt.....(7)$$

(Alfonso et al. 2017).

Donde los factores de consecuencia considerados son:

FF: Frecuencia de fallas.

CP: Factor de capacidad productiva.

TTPR: Factor de impacto en la producción.

IP: Factor por incumplimiento de objetivo social.

R: Factor de redundancia.

CR:Factor de costos de reparación.

IA: Factor de impacto ambiental.

ISSP: Factor de impacto a la salud.

Dtt: Factor de detectabilidad.

El uso de cualquier de las formas presentadas, para hallar la criticidad de un equipo, depende del criterio de quien realice el análisis, y de los factores de consecuencia que se consideren.

Resumidamente podemos decir que la Frecuencia es el Valor asociado al número de fallas, definimos a la Consecuencia como el valor vinculado a la ecuación 2, depende de otros factores (impacto, flexibilidad, costo, impacto SAH) de igual manera se define como Impacto Operacional al Valor vinculado al nivelafección dentro de la empresa y flexibilidad Operacional al Valor del tiempo de parada y al Costo de mantenimiento que está Relacionado directamente con el Costo total de mantenimiento con o sin repuesto. Impacto SAH al Valor directamente vinculado a la gravedad del accidente en caso de existir(Mayorga y Quispe 2019).

El análisis modal de fallos y efectos o AMEF, nos permite identificar los fallos funcionales para sub sistemas tomando en cuenta los criterios principales para el cálculo del número de prioridad de riesgo, siendo un método ampliamente usado en la industria (Filz et al. 2021). Zdzisława (2022) indica que los criterios para la evaluación de riesgos AMEF son: La ocurrencia (O), la gravedad (G) y detección (D). El índice prioritario de riesgo, se calcula mediante la ecuación 7.

$$NPR = Gravedad * ocurrencia * detección \text{Ecuación.....(8)}$$

Dónde:

G: Gravedad, valor vinculado al nivel de daño que ocasiona la falla de este subsistema.

O: Ocurrencia, valor vinculado al tiempo entre fallas detectado para el subsistema.

D: Detección: valor relacionado directamente con la capacidad de detección de determinada falla.

Los criterios de ocurrencia, gravedad y detección se ponderan tradicionalmente en una escala del 1 al 10.

Para en análisis de los costos, Sosa (2019), nos indica que el costo directo del mantenimiento son los gastos de la mano de obra propia y los materiales de repuesto y servicios contratados partes proporcionales de costo de supervisión y medios empleados en la revisión o reparación de una avería o reposición de

un ítem. Entontes el Costo indirecto del mantenimiento son los gastos derivados a las pérdidas en la producción, rendimiento y calidad, pérdida de imagen y de los daños a la seguridad y medio ambiente ocasionados por la avería de un ítem. Que son definidos como los costos de indisponibilidad. Los intervalos de podenración para el índice prioritario de riesgo son:

- No existe falla: 0.
- Riesgo de falla bajo: 1 – 124.
- Riesgo de fallo medio: 125 – 499.
- Riesgo de fallo alto: 500 – 1000.



### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

Describiendo el tipo de investigación que utilizaremos será la forma aplicada según (Sampieri, 2014) redacta en su libro que la investigación aplicada es una propuesta que se desarrolla en un solo escenario y una situación real, que está basada en investigaciones. Que buscan conocer para hacer, para actuar, para construir, para modificar.

De igual manera Arias y Covinos (2021), indica que el diseño de la investigación pre experimental demuestra los estudios de casos con una sola medición y diseños pretest – post test de un grupo de objetos estáticos donde utilizaremos un software para proyectar resultados futuros

#### **3.2. Variables y operacionalización**

Espinoza (2018) comenta que las variables intervienen como causas o como efectos en el proceso de la investigación.

##### **Variables independientes**

Sistema de Gestión de mantenimiento preventivo.

##### **Variables dependientes**

Disponibilidad y confiabilidad.

Para la operacionalización de las variables se ha creado una tabla en la que se describe la definición conceptual, dimensiones, indicadores, técnicas, escalas de medición com se ve en **Anexo 1**.

#### **3.3. Población , muestra, muestreo, unidad de análisis**

##### **Población**

La población está constituida por todos los equipos dentro de la planta de ósmosis inversa del club campestre donde se produce el tratamiento del agua.

##### **Muestra**

En la investigación tendremos que utilizar el 100% de nuestra población propuesta en este caso será una planta de ósmosis inversa en la cual esta

integrada por distintos componentes mecánicos como eléctricos tomaremos en cuenta los más importantes que sean posibles. **Anexo 4**

### **Muestreo**

Utilizaremos un método para la selección de la muestra de forma intencional o conveniencia.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Las técnicas a emplear en la presente investigación serán la observación de parámetros que se recolectó, por otro lado, se utilizarán los análisis documentales que sean referidos al tema de igual manera se realizará entrevistas que nos ayudarán a facilitar o conseguir datos de antecedentes pasados sobre el funcionamiento de la planta de ósmosis inversa, de igual modo se aplicará la técnica de entrevistas para la recolección de datos de funcionamiento de la planta de ósmosis inversa y el uso de un software de gestión de mantenimiento.

### **3.5. Procedimientos**

Se utilizó una secuencia de procedimientos con los cuales se llegan a obtener un conjunto de actividades ordenadas por los niveles de atención y para esto en la propuesta de investigación en donde se desea implementar un sistema de gestión de mantenimiento para una planta de ósmosis inversa para lo cual iniciaremos analizando y evaluando la situación actual de la planta de ósmosis inversa para aumentar los indicadores de confiabilidad y disponibilidad seguidamente realizaremos un análisis de criticidad para determinar el AMEF y el número de prioridad de riesgos a los que serán sometidos, de igual manera se realizará la implementación de un software de mantenimiento para gestionar los componentes de la planta de ósmosis inversa, y finalmente ya tenida la implementación del sistema de gestión podremos evaluar de forma comparativa los resultados del mejoramiento de los indicadores de mantenimiento y rentabilidad y costo de inversión y recuperación obtenida con el proyecto de investigación.

### **3.6. Método de análisis de datos**

Para la identificación del análisis de datos será recolectada mediante el uso del software Microsoft Office Word, Excel y PowerPoint, además de software de

proyección de indicadores especializado que nos ayude a ver resultados futuros para solucionar nuestros objetivos planteados en la investigación.

### **3.7. Aspectos éticos**

El presente proyecto de investigación toma en cuenta los estándares que define el estilo ISO 690 y 690 – 2 del “Manual de referencias de la Universidad César Vallejo”; los que son considerados y respeta las normas éticas que se establecen para el desarrollo de los trabajos de investigación de la universidad.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Evaluación situacional actual de la planta de ósmosis inversa

#### 4.1.1 Descripción de la instalación

El primer objetivo específico de la investigación, es hacer una evaluación actual de las instalaciones donde se halla la planta de ósmosis inversa del club campestre que se puede observar en la Figura 1, por lo que primero, se realizó una descripción del funcionamiento de la planta, la cual cuenta con 2 operarios que trabajan 16 horas con relevos cada 8 horas (06:00 am a 14:00 pm, 14:00 pm – 22:00 pm). También se dispone de personal técnico mecánico, electricistas y de instrumentación. El segundo paso fue el reconocimiento de todos los equipos que conforman la planta, los cuales se mencionan con más detalle en la Tabla 1.

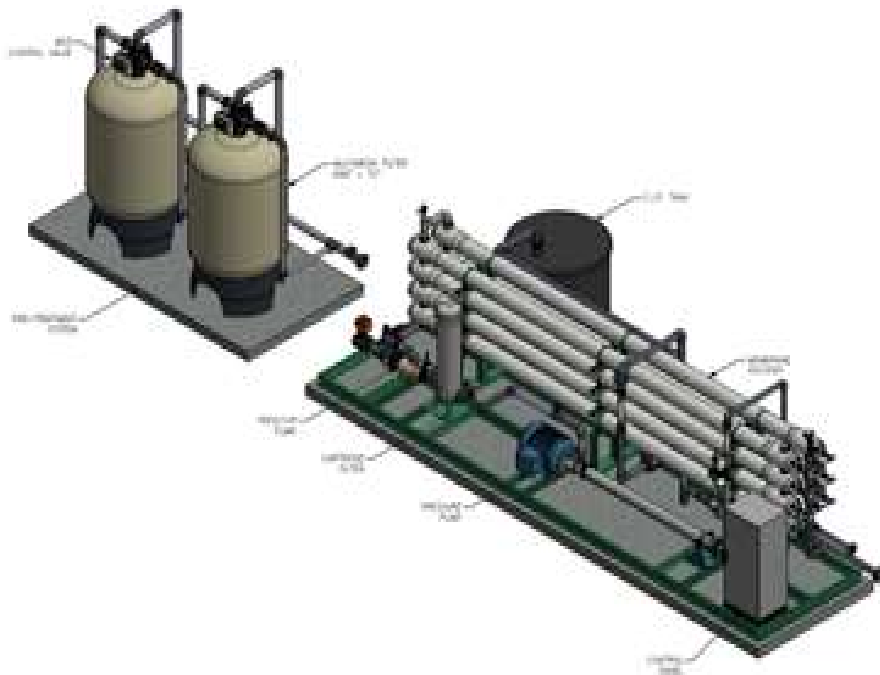


Figura 1. Isométrico de la planta de ósmosis inversa.

Fuente. Elaboración propia

Tabla 1. Descripción de componentes de la planta de ósmosis inversa

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	MARCA	CAPACIDAD
1	Tablero eléctrico de control del pozo 1	1		
2	Motor eléctrico trifásico de eje vertical	1	US-MOTORS	75 HP
3	Bomba de tipo turbina (VS1)	1	HIDROSTAL	
4	Filtro multimedia turbidez 45 FAP PRESSURE VESSEL	2		
5	Motor eléctrico de bomba de baja presión ZC2/ZCH2 3X2 1/2"	1	BALDOR	7.5 HP
6	Filtro tipo cartucho de 5 micras 12 FOS		SHELCO	10.3 BAR
7	Motor eléctrico de bomba de alta presión	1	WEG ELECTRIC	60 HP
8	Bomba de alta horizontal de MSB-5519	1	FEDCO	335 psi
9	Tablero eléctrico de control de la planta POI	1	AQUA QUIMICA	
10	HOUSING Hydranautics Membranes SWC5 LD 8*40 Seawater Membrane Element	7	SWC5-LD	450 PSI
11	Tablero eléctrico de control de bombas alternadas	1		
12	Motor eléctrico de bomba	2	WEG	15 HP

Fuente. Elaboración propia

Con respecto a las instalaciones, no se cuenta con un recinto adecuado que sirva de almacén para guardar los equipos, repuesto y componentes, por lo que existe cierto desorden dentro del área, tal como se muestran en la Figura 2 y Figura 3, que pueden obstaculizar el trabajo de los operarios e incluso provocar accidentes o lesiones.



Figura 2. Columnas de la bomba del pozo.

Fuente. Elaboración propia.



Figura 3. Elementos y otros materiales dispersos por el suelo.

Fuente. Elaboración propia.

La empresa cuenta con un personal encargado del mantenimiento de las instalaciones, pero el área no cuenta con un plan preventivo muy elaborado, y solo se centra en tareas correctivas. El área de mantenimiento se organiza tal como se muestra en el organigrama de la Figura 4 .

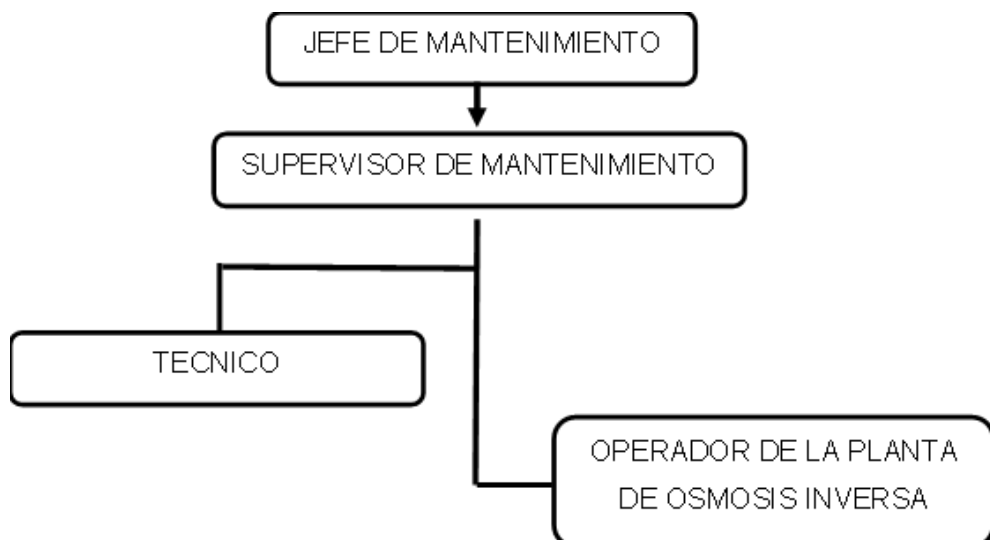


Figura 4. Organigrama del área de mantenimiento.

Fuente. Elaboración propia.

#### 4.1.2 Descripción de las fallas de los equipos

Con la información disponible sobre el historial de falla de las máquinas se elaboró la

Tabla 2. Descripción de las fallas de los equipos de la , en la cual se describe los tipos de falla más comunes de cada elemento conformante de la planta, además de indicarse la frecuencia de cada falla.

Tabla 2. Descripción de las fallas de los equipos de la planta.

N°	DESCRIPCION DE LA FALLA	FRECUENCIA DE FALLAS	%	FRECUENCIA DE FALLAS ACUMULADAS	% ACUMULADO
1	Rotura de tubería	7	18%	7	17.50%
2	Falla sobrecarga	5	13%	12	30.00%
3	Falla en sensor de nivel	3	8%	15	37.50%
4	Falla en sellos mecánicos	3	8%	18	45.00%
5	Sobrecarga	2	5%	20	50.00%
6	Acumulación de sedimentos	2	5%	22	55.00%
7	Falla en filtros multimedia	2	5%	24	60.00%
8	Fallas en los ventiladores	2	5%	26	65.00%
9	Falla de recalentamiento	1	3%	27	67.50%
10	Oxidación de sus partes mecánicas	1	3%	28	70.00%
11	Eje flexado	1	3%	29	72.50%
12	Falla en panel de datos	1	3%	30	75.00%
13	Falla en sus conexiones	1	3%	31	77.50%
14	Cartuchos sucios de 5 micras	1	3%	32	80.00%
15	Filtración de agua por partes conectoras	1	3%	33	82.50%
16	Falla de conexión	1	3%	34	85.00%
17	Falla en sellos mecánicos	1	3%	35	87.50%
18	Falla de rodamientos	1	3%	36	90.00%
19	Falla por calentamiento de tablero (sistema de ventilación)	1	3%	37	92.50%
20	Falla de recalentamiento	1	3%	38	95.00%
21	Fallas en sellos mecánicos	1	3%	39	97.50%
22	Falla de rodamientos	1	3%	40	100.00%
	Total	40	100.00 %		

Fuente.Elaboración propia.

De la tabla 2, La información se analizó, mediante un gráfico de Pareto, que se puede observar en la Figura 5 , donde se muestra de forma sencilla, las fallas más frecuentes dentro de la planta (Hossen, Ahmad y Ali 2017). Muchas de las tuberías presentes en la instalación son de PVC, el cual no es un material muy resistente a los impactos. La segunda falla que ocurre con más frecuencia está relacionada con la sobrecarga eléctrica de algunos dispositivos como contactores o elementos de protección dentro de los tableros de control de la planta de ósmosis y en el tablero de control de la bomba del pozo subterráneo, que ocasiona cortes y la parada de los equipos.

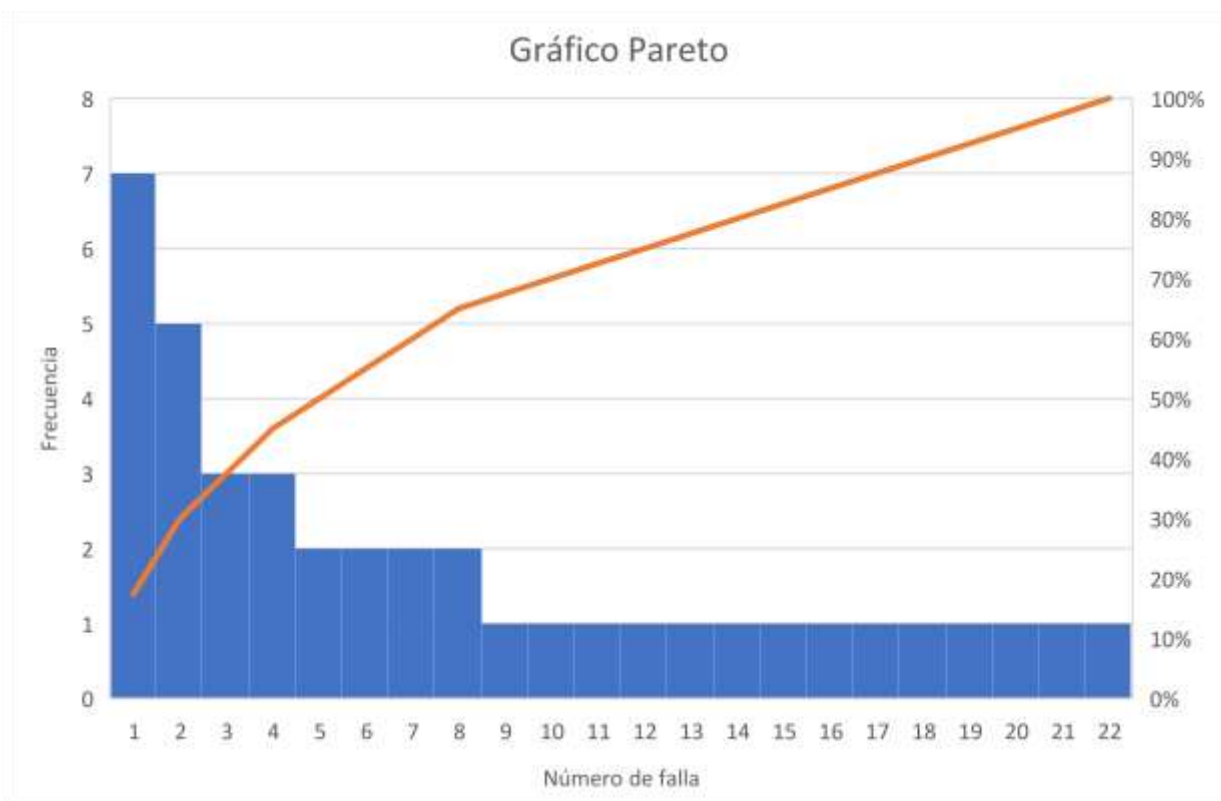


Figura 5. Gráfico de Pareto de las fallas más frecuentes de la planta.

Fuente. Elaboración propia.



#### 4.1.3 Cálculo de la disponibilidad y confiabilidad de los equipos

La disponibilidad y confiabilidad de los equipos se calculó mediante la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, respectivamente, según Kafle et al (2022):

$$Disponibilidad = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100\%$$

Para aplicar la ecuación 1, se deben calcular el tiempo medio de reparación (MTTR) y tiempo medio entre fallas (MTBF). Las ecuaciones 3 y 4, permiten calcular ambos indicadores, en este caso se tomó el número de fallas igual al número de paradas correctivas.

$$MTTR = \frac{N^{\circ} \text{ horas de reparación}}{N^{\circ} \text{ de fallas}}$$

$$MTBF = \frac{N^{\circ} \text{ horas de operación}}{N^{\circ} \text{ paradas correctivas}}$$

Para el cálculo de MTTR y MTBF, es necesario conocer el número de fallas del equipo, así como las horas de operación y paradas correctivas. La Tabla 3 muestra los valores correspondientes al número de falla, horas de mantenimiento y horas de operación de cada uno de los equipos de la planta.

Tabla 3. Número de fallas, horas de reparación y operación de los equipos.

Equipos	Nº Fallas	Horas de reparación	Horas de operación
Tablero eléctrico de control de bomba de alimentación.	5	50	307
Motor eléctrico de alimentación PEDROLLO 3~ 220/ 380 v.	7	60	214
Tablero eléctrico de control del pozo subterráneo.	4	21	224
Motor eléctrico US MOTORS 3~ 440 v de tipo vertical.	1	127	145
Bomba de tipo turbina hidrostal	1	50	431
Filtro multimedia turbidez.	3	60	323
Motor eléctrico BALDOR 3~ 230/460 v de bomba de baja presión.	4	100	431
Filtro tipo cartucho shelco de 5 micras.	3	92	256
Bomba de dosificación de anticrustante 100/220 v.	4	42	620
Motor eléctrico de bomba WEG 3~ 230/460 v.	4	16	413
Bomba de alta de tipo horizontal.	4	43	431
Tablero eléctrico de control de la planta de osmosis inversa.	5	78	297
HOUSING Hydranautics Membranes SWC5 LD 8*40 Seawater Membrane Element	3	79	431
Tablero eléctrico de control de bombas de impulsión.	5	55	550
Motor eléctrico WEG 3~ 230/460 v de bomba impulsión.	4	199	458

Fuente. Elaboración propia.

Con los valores de la Tabla 3, se puede calcular el MTTR y EL MTBF de cada uno de los equipos. A modo de ejemplo, el MTTR y MTBF para el tablero eléctrico de control de la bomba de alimentación sería de la forma siguiente:

$$MTTR_{\text{Tablero el.}} = \frac{\text{Nº horas de reparación}}{\text{Nº de fallas}} = \frac{50 \text{ horas}}{5} = 10 \text{ horas}$$

$$MTBF_{\text{Tablero el.}} = \frac{\text{Nº horas de operación}}{\text{Nº paradas correctivas}} = \frac{307}{5} = 61.4 \text{ horas}$$

El mismo procedimiento se aplicó al resto de equipos, cuyos resultados se refleja en la Tabla 4.

Tabla 4. Resumen de la disponibilidad de los equipos.

Equipos	MTBF	MTTR	CONF.	DISP.
Tablero electrico de control de bomba de alimentacion.	61.4	10.0	0.8637	0.86
Motor electrico de alimentacion 3~ 220/ 380 v.	30.6	8.6	0.7450	0.78
Tablero electrico de control del pozo subterraneo.	56.0	5.3	0.8515	0.91
Motor electrico 3~ 440 v de tipo vertical.	145.0	127.0	0.9398	0.53
Bomba de tipo turbina	431.0	50.0	0.9793	0.90
Filtro multimedia turbidez.	107.7	20.0	0.9198	0.84
Motor electrico 3~ 230/460 v de bomba de baja presion.	107.8	25.0	0.9199	0.81
Filtro tipo cartucho shelco de 5 micras.	85.3	30.7	0.8999	0.74
Bomba de dosificacion de anticrustante 100/220 v.	155.0	10.5	0.9436	0.94
Motor electrico de bomba 3~ 230/460 v.	103.3	4.0	0.9165	0.96
Bomba de alta de tipo horizontal.	107.8	10.8	0.9199	0.91
Tablero electrico de control de la planta de osmosis inversa.	59.4	15.6	0.8594	0.79
HOUSING Hydranautics Membranes SWC5 LD	143.7	26.3	0.9393	0.85
Tablero electrico de control de bombas de impulsión.	110.0	11.0	0.9214	0.91
Motor electrico 3~ 230/460 v de bomba impulsión.	114.5	49.8	0.9244	0.70

Fuente. Elaboración propia.

#### 4.2. Análisis de criticidad de los equipos y de falla.

Para poder realizar la identificación de los equipos más críticos de la planta de tratamiento de agua por ósmosis inversa, se determinaron los modos de falla de los equipos, los cuales se mencionan en la Tabla 5.

Tabla 5. Fallas comunes de los equipos.

Equipo	Falla
Tablero electrico de control de bomba de alimentacion.	Sobrecalentamiento contactor de potencia
	Sobrecarga de variador de velocidad
Bomba de tipo turbina de flecha	Oxidación de partes mecánicas
	Eje flexionado
	Falla eléctrica devanado del motor
Filtro multimedia turbidez	Falla sensor de nivel
	Falla en sellos mecánicos
	Rotura de tubería
	Falla panel de datos
Motor eléctrico 3" 230/460V de bomba de baja presión BALDOR	Falla en conexiones eléctricas
Filtro tipo cartucho Shelco de 5 micras	Filtración de agua por partes conectoras
	cartuchos sucios
Bomba de dosificación de antincrustante 100/220 V	Falla conexiones eléctricas
Motor eléctrico de bomba 3" 230/460 V de alta presión	Falla rodamientos
	Falla en sellos mecánicos
Tablero eléctrico de la planta de ósmosis inversa	Falla sistema de ventilación de tablero
Relé térmico encapsulado de bobina 220 de 10amp	Falla en sobrecarga
HOUSING Hydranautics Membranes SWC5 LD 8*40 Seawater Membrane Element	Falla en housing de filtración
Cambio de filtros	Acumulación de sedimento
Tablero eléctrico de control de bombas de impulsión	Falla sistema de ventilación de tablero
Contactador de potencia 3 " SIEMENS	Falla de recalentamiento
Motor eléctrico 3" 230/460 V de bomba de impulsión	Falla en sellos mecánicos
	Falla rodamientos

Fuente. Elaboración propia.

Para calificar el nivel de criticidad de los equipos de tratamiento de agua, se aplicó una matriz de disponibilidad – frecuencia, donde la criticidad se expresa mediante la .....(1.

$$Criticidad = Consecuencia \times frecuencia$$

Para la elaboración de la matriz de criticidad, primero se asignaron valores para ponderar el parámetro de la frecuencia de fallo, los factores asignados se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Ponderación de factores para la frecuencia de fallo.

FRECUENCIA DE FALLA DE EQUIPOS	
5	Muy Alta: 5 o más fallas al año
4	Alta: entre 3 a 4 fallas al año
3	Media: entre 1 y 2 fallas al año
2	Baja: entre 0.5 y un 1 fallas al año
1	Muy baja: menos de 0.5 fallas al año

Fuente. Elaboración propia.

Para calcular la consecuencia, se consideraron 5 factores: Impacto Operacional, Flexibilidad Operacional, costo de mantenimiento, Impacto de seguridad e impacto medio ambiental. La suma de las puntuaciones de cada factor da como resultado la consecuencia de cada equipo, según las tablas de ponderación de cada factor que se observan en el **anexo 3**.

Con la frecuencia de fallas de los equipos y los factores de consecuencia se puede elaborar una matriz de criticidad que se puede ver en el anexo 2, que muestra la puntuación por cada factor por equipo.

La criticidad de los equipos de la planta de ósmosis inversa queda tal y como se muestra en la Tabla 8, donde se muestra cada equipo, con las fallas que presenta y su clasificación según su criticidad.

Tabla 7. Fallas y factores de consecuencia.

Equipo	Falla	IO	FO	CM	IS	IMA	C
Tablero eléctrico de control del pozo subterráneo	Sobrecalentamiento contactor de potencia	4	4	4	4	3	19
	Sobrecarga de variador de velocidad	5	5	5	3	1	19
Bomba centrífuga de tipo turbina de flecha	Oxidación de partes mecánicas	2	2	2	2	2	10
	Eje flexado	5	5	5	1	3	19
	Falla eléctrica devanado del motor	5	5	5	4	1	20
Filtro multimedia turbidez	Falla sensor de nivel	3	3	2	2	1	11
	Falla en sellos mecánicos	5	5	4	5	5	24
	Rotura de tubería	5	5	4	2	1	17
	Falla panel de datos	2	4	2	1	1	10
Motor eléctrico 3" 230/460V de bomba de baja presión	Falla en conexiones eléctricas	5	5	4	3	1	18
Filtro tipo cartucho Shelco de 5 micras	Filtración de agua por partes conectoras	4	4	3	2	1	14
	cartuchos sucios	4	4	3	3	4	18
Bomba de dosificación anticrustante 100/220 V	Falla conexiones eléctricas	5	5	5	4	1	20
Motor eléctrico de bomba 3" 230/460 V	Falla rodamientos	5	5	4	2	1	17
	Falla sistema de ventilación de tablero	4	3	2	1	3	13
Tablero eléctrico de la planta de ósmosis inversa	Sobrecarga	5	4	3	4	2	18
Rele térmico	Falla en sobrecarga	2	3	2	2	2	11
HOUSING Hydranautics Membranes SWC5 LD 8*40 Seawater Membrane Element	Falla en housing de filtración	4	5	2	2	1	14
Cambio de filtros	Acumulación de sedimentos	5	5	2	1	1	14
Tablero eléctrico de control de bombas de impulsión	Falla sistema de ventilación de tablero	4	4	5	4	1	18
Contactor de potencia 3" SIEMENS	Falla de recalentamiento	5	4	5	1	1	16
Motor eléctrico 3" 230/460 V de bomba de impulsión	Falla en sellos mecánicos	5	5	3	2	3	18
	Falla rodamientos	5	5	4	2	1	17

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 8.** Criticidad de los equipos.

Equipo	Falla	FF	FF	CC	Criticidad
Tablero electrico de control del pozo subterraneo	Sobrecalentamiento contactor de potencia	Media	3	19	57
	Sobrecarga de variador de velocidad	Media	3	19	57
Bomba centrifuga de tipo turbina de flecha	Oxidación de partes mecanicas	Baja	2	10	20
	Eje flexado	Media	3	19	57
	Falla electrica devanado del motor	Media	3	20	60
Filtro multimedia turbidez	Falla sensor de nivel	Media	3	11	33
	Falla en sellos mecánicos	Media	3	24	72
	Rotura de tubería	Alta	4	17	68
	Falla panel de datos	Media	3	10	30
Motor eléctrico 3" 230/460V de bomba de baja presión	Falla en conexiones eléctricas	Media	3	18	54
Filtro tipo cartucho Shelco de 5 micras	Filtracion de agua por partes conectoras	Media	3	14	42
	cartuchos sucios	Media	3	18	54
Bomba de dosificación de anticrustante 100/220 V	Falla conexiones eléctricas	Media	3	20	60
Motor eléctrico de bomba 3" 230/460 V	Falla rodamientos	Media	3	17	51
	Falla sistema de ventilación de tablero	Media	3	13	39
Tablero eléctrico de la planta de ósmosis inversa	Sobrecarga	Media	3	18	54
Rele térmico	Falla en sobrecarga	Muy Baja	1	11	11
HOUSING Hydranautics Membranes SWC5	Falla en housing de filtración	Muy Baja	1	14	14
Cambio de filtros	Acumulación de sedimentos	Media	3	14	42
Tablero eléctrico de control de bombas de impulsión	Falla sistema de ventilación de tablero	Media	3	18	54
Contactador de potencia 3 " SIEMENS	Falla de recalentamiento	Baja	2	16	32
Motor electrico 3" 230/460 V de bomba de impulsión	Falla en sellos mecánicos	Media	3	18	54
	Falla rodamientos	Media	3	17	51

Fuente. Elaboración propia.

#### 4.2.1 Análisis de modos y efectos de falla (AMEF)

El análisis modal de fallos y efectos potenciales (AMEF), se realizó para los equipos que se clasificaron como críticos en el análisis de criticidad, para el cual se evaluaron los criterios de ocurrencia, severidad y detección, cuyas puntuaciones de valoración se pueden observar en el **anexo 11**. Las puntuaciones de los tres criterios se multiplican para obtener el índice prioritario de riesgo o NPR tal como se muestra en la fórmula siguiente:

$$NPR = Severidad \times Ocurrencia \times Detección$$

El análisis se hizo siguiendo el formato que se muestra de ejemplo en la tabla 11, donde se registra el proceso, el equipo crítico, los modos de fallo, la causa y efecto del fallo, luego se registra si existen controles, se ponderan los criterios de evaluación y se recomiendan acciones para mejorar el estado del equipo.

**Tabla 9.** Formato de ficha para AMEF.

<b>Proceso:</b> MANTENIMIENTO				<b>Proveedor del equipo:</b> Nombre de empresa				
<b>Equipo:</b> MOTOR ELÉCTRICO 1				<b>Criticidad:</b> Crítico				
<b>Fecha AMEF inicial:</b> 02/ 09 /2022				<b>Fecha AMEF final:</b> / /2022				
Modos de fallo	Efecto potencial del fallo	Causa potencial del fallo	Controles actuales	Condiciones actuales			índice prioritario del riesgo (NPR)	Acciones recomendadas
				O	S	D		
Sobrecarga	Apagado del equipo	Sobre esfuerzo del motor	Ninguno	4	5	10	200	Revisar la carga a levantar
Falla en cableado	Cortocircuito	Mal aislamiento	Revisión del cableado	6	6	4	144	Revisar aislamiento

Fuente. Elaboración propia.

El análisis de modos de fallo y efectos de falla de cada uno de ellos equipos hallados críticos en el análisis de criticidad se pueden observar en el **Anexo 12**. En la tabla 12, se muestra un resumen de los resultados del AMEF de cada uno de los equipos que fueron catalogados críticos.



**Tabla 10.** Resumen del análisis de modos de fallas y efectos.

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	MODO DE FALLA	EFFECTO POTENCIAL DEL FALLO	S	CAUSA POTENCIAL DEL FALLO	O	CONTROLES ACTUALES	D	TOTAL S*O*D	NPR	ACCIÓN RECOMENDADA
Tablero eléctrico de control del pozo subterráneo	Sobrecarga variador de velocidad	Parada del motor	7	incremento en consumo en el amperaje	7	Ninguno	6	294	Riesgo de fallo medio	Revisar la carga a levantar
	Sobrecalentamiento del contactor	Interrupción del flujo de energía	6	mala conexión en cableado	6	Revisión del cableado	4	144	Riesgo de falla medio	Revisar aislamiento
Bomba de tipo turbina de flecha hidrostal	Flexión del eje	Parada de bomba	10	desalineamiento	6	Ninguno	10	600	Riesgo de fallo alto	Cambiar filtro en succión / reponer
	Falla eléctrica de devanado	Parada de bomba	10	Recalentamiento por esfuerzo	5	Ninguno	10	500	Riesgo de fallo alto	Evitar forzar al motor- colocar filtro en succión
Filtro multimedia de turbidez	Fallas en sellos mecánicos	Filtración de sustancias	8	Desgaste del sello	6	Ninguno	6	288	Riesgo de fallo medio	Colocar correctamente los sellos
	Rotura de tubería	Expulsión de agua	10	Sobrepresión	3	Ninguno	10	300	Riesgo de fallo medio	Cambiar tubería
Motor eléctrico 3 Φ 230/460 V de Bomba de baja presión	Falla en conexiones eléctricas	Cortocircuito en conexiones	9	Mal aislamiento de los cables en bornes	6	Mtto. Del motor	10	540	Riesgo de fallo alto	Sujetar bien los cables a los bornes/ Cambiar bornera
Filtro tipo cartucho Shelco 5 micras	Cartuchos sucios	Calidad del agua	10	Acumulación de residuos	5	ninguno	8	400	Riesgo de fallo medio	Medición de calidad del agua frecuente
Bomba dosificadora antiincrustante 100/220 V	Fallas en conexiones eléctricas	Parada de bomba	10	Cables flojos en bornes	5	Revisar y ajustar cables a los bornes	9	450	Riesgo de falla medio	Revisar y ajustar cables
Motor eléctrico de bomba 3 Φ 230/460 V	Falla de rodamientos	Esfuerzo y recalentamiento del motor	9	Falta de lubricación	9	ninguno	4	324	Riesgo de fallo medio	Lubricación frecuente
Tablero eléctrico de planta de ósmosis inversa	sobrecarga	Sobrecalentamiento y disparo de alarma	8	Cableado mal conectado	6	Revisión y limpieza de cableado	8	384	Riesgo de fallo medio	Limpieza y medición de la tensión
Tablero eléctrico de control de bombas de impulsión	Recalentamiento de contactores	Disparo de protección	9	Repuesto inadecuado	6	Ninguno	9	486	Riesgo de fallo medio	Colocar repuestos de calidad/ ajuste de cableado
Motor eléctrico 3 Φ 230/460 V de bomba de impulsión	Fallas en sellos mecánicos	Cortocircuito en cableado	10	Filtración del agua	4	Ninguno	10	400	Riesgo de fallo medio	Colocar correctamente los sellos
	Falla de rodamientos	Parada del motor	10	Desalineamiento	5	Ninguno	10	500	Riesgo de fallo medio	Lubricar rodamiento frecuente

Fuente. Elaboración propia

#### 4.3. Determinar un plan de mantenimiento preventivo mediante la utilización del software MP V10 .

Para la gestión del mantenimiento de la planta de tratamiento de ósmosis se implementó un software para asistir y planificar las tareas de mantenimiento. Existen muchos softwares para gestión del mantenimiento en el mercado, por lo que se realizó una selección basada en ciertos criterios que se mencionan a continuación:

1. **Costo:** Un software para mantenimiento puede tener múltiples características o herramientas que pueden resultar confusas para el usuario, por tal razón muchos softwares diseñan sus plataformas de herramientas e interfaz gráfica que sean interactivas.
2. **Dificultad:** La interfaz debe ser entendible, sin causar confusión en el aprendizaje del usuario, por lo que se busca un software que tenga una interfaz interactiva.
3. **Soporte:** Muchos de estos softwares son procedentes de extranjero, por lo que se debe contar con asesoramiento y soporte técnico de representantes que se hallen dentro del país.
4. **Usuarios:** el software debe mantener informado al usuario en tiempo real. Permitiéndole acceso a la información disponible.

Para la selección se pondero, según la calificación que se observa en la tabla 13, donde se asigna un valor numérico a una cualidad deseada.

**Tabla 11.** Valoración de cualidades.

Criterio de puntuación			
Criterio	1	2	3
Costo	Costoso	Regular	Accesible
Dificultad	Difícil	Regular	Fácil
Soporte	No existe	Disponible	
Usuario	Inaccesible	Accesible	

Fuente. Elaboración propia.

Se consideraron cuatro softwares para la selección, y se compararon bajo los criterios anteriormente mencionado. La tabla 14 muestra la puntuación de los programas para mantenimiento, donde se escogió el software que cumpla con la mayoría de los requisitos.

**Tabla 12.** Matriz de selección.

Software	Criterios de Selección				Puntuación
	Costo	Dificultad	Soporte	Usuarios	
SAP BUSSINES ONE	1	2	2	1	6
FRACTTAL	2	2	2	1	7
MP software V10	3	2	2	1	8
MP ver. 9 SOFTWARE	2	2	2	1	7

Fuente. Elaboración propia.

El software seleccionado fue el MP software V10 que obtuvo la mayor puntuación, este programa presenta varios beneficios e interés que desarrolla la empresa, tiene una excelente relación

Entonces se desarrolla un cuadro en cual hemos elaborado en base a las necesidades que tendremos que realizar dentro de la planta de osmosis inversa tenemos un mantenimiento preventivo que se desarrollara en cada actividad o ítems mostrado en cual se considera frecuencia en la cual se llevara a cabo el mantenimiento conjuntamente con el tiempo en cual es estimado para el desarrollo del mantenimiento y el total de personas que están involucradas a dar el soporte a los equipos de planta entonces con la ayuda del software **MP software V10**, se podrá organizar todas estas tareas programadas.

## MANTENIMIENTO PREVENTIVO

SISTEMA		PLANTA DE ÓSMOSIS INVERSA (POI)		FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO						ESTATUS	TIEMPO ESTIMADO	N° PERSONAS
ITEM	EQUIPO	DESCRIPCIÓN DE TAREA	1 día	1 Semana	1 mes	4 meses	1 año	2 años				
<b>I. TABLEROS ELÉCTRICO DE CONTROL</b>												
1	Tablero eléctrico de control de la bomba del pozo subterráneo	Limpieza del tablero exterior.		X						MARCHA	00:10	1
2		Ajustar las borneras de todos los equipos eléctricos dentro del tablero.				X				PARO	01:00	2
3		Revisar el correcto funcionamiento de los interruptores.				X				PARO	01:00	2
4		Limpiar los filtros de polvo.				X				PARO	00:10	1
5		Verificar y ajustar los pernos, cable de la puesta a tierra.				X				PARO	00:20	1
6		Revisar el mecanismo de cierre hermético del tablero.				X				PARO	00:20	1
7		Cambiar los filtros de polvo.						X		PARO	00:10	1
<b>II. MOTOR TRIFÁSICO US-MOTORS 75 HP</b>												
1	Motor eléctrico trifásico vertical Marca US-Motors de 75 HP - 440VAC	Limpieza exterior del motor		X						MARCHA	00:15	1
2		Limpiar y ajustar los pernos de anclaje.				X				PARO	00:30	1
3		Limpiar, ajustar el cable de tierra y sus puntos de fijación.				X				PARO	00:15	1
4		Limpiar y verificar la carcasa, los alerones que no presenten grietas, rajaduras y decoloración en la carcasa.				X				PARO	00:30	1
5		Limpiar y revisar el interior de la caja de conexiones, los bornes de conexión, los cables de alimentación y ajustar los pernos de conexión.						X		PARO	01:30	2
6		Limpiar la tapa la caja de conexiones, verificar el estado del empaque, aplicar silicona y cerrar herméticamente.						X		PARO	00:20	2
7		Cambio de rodamientos.							X	PARO	02:00	2
8		Inspección, limpieza del devanado del rotor y estator.							X	PARO	08:00	2
<b>III. BOMBA CENTRÍFUGA DE POZO</b>												
1	Bomba centrífuga de 70 metros de profundidad.	Limpieza de bomba, desamblado de componentes (ejes, juntas de acople, retenes, eje transversal y platos de turbinas). Para el MP.					X		PARO			
2	Mantenimiento de pozo	Inspección y evaluación de pozo.					X		PARO			
<b>IV. FILTRO MULTIMEDIA</b>												
1	Filtro multimedia - turbidez	Retro lavado diario del filtro multimedia.	X						MARCHA	01:00	1	
2		Inspección visual del ensuciamiento de los filtros mediante la presión de trabajo.	X						MARCHA	00:15	1	
3		Inspección y evaluación de mangueras que sirven la medición de la presión de trabajo del filtro.				X			MARCHA	00:10	1	
4		Evaluación del material filtrante.					X		MARCHA	00:30	1	
5	Inspección de la toberas internas del filtro.						X		PARO	01:00	2	
<b>V. MOTOR ELÉCTRICO DE BAJA PRESIÓN</b>												
1	Motor eléctrico de baja presión - Marca Baldor 7.5 HP	Limpieza exterior del motor		X					MARCHA	00:15	1	
2		Limpiar y ajustar los pernos de anclaje.				X			PARO	00:30	1	
3		Limpiar, ajustar el cable de tierra y sus puntos de fijación.				X			PARO	00:15	1	
4		Limpiar y verificar la carcasa, los alerones que no presenten grietas, rajaduras y decoloración en la carcasa.				X			PARO	00:20	1	
5		Limpiar y revisar el interior de la caja de conexiones, los bornes de conexión, los cables de alimentación y ajustar los pernos de conexión.						X		PARO	01:00	2
6		Limpiar la tapa la caja de conexiones, verificar el estado del empaque, aplicar silicona y cerrar herméticamente.						X		PARO	00:15	2
<b>VI. FILTRO CARTUCHO</b>												
1	Filtro tipo cartucho Shelco de 5 micras.	Inspección visual del ensuciamiento de los filtros mediante la presión de trabajo.	X						MARCHA	00:10	1	
2		Inspección de fugas o rajaduras del contenedor del filtro.	X						MARCHA	00:10	1	
3		Cambio de filtros cartucho mensual o cuando la presión supere los 15 PSI.				X			PARO	00:45	2	
<b>VII. BOMBA DOSIFICACIÓN</b>												
1	Bomba de dosificación de anti-incrustante (Grundfos).	Inspección visual de las mangueras de succión e impulsión.	X						MARCHA	00:20	1	
2		Inspección visual del envase del líquido.	X									
3		Cebado de bomba.		X					MARCHA	00:10	1	
4		Aumentar producto ANCOTREAT 5090 dentro del envase.		X					MARCHA	00:30	1	
<b>VIII. MOTOR TRIFÁSICO - ALTA</b>												

Figura 7. Plan de mantenimiento Preventivo.

Fuente. Elaboración propia.

ITEM	EQUIPO	DESCRIPCIÓN DE TAREA	1 día	1 Semana	1 mes	4 meses	1 año	2 años	ESTATUS	TIEMPO ESTIMADO	N° PERSONAS		
4	Motor eléctrico trifásico Marca WEG 60 HP - 440VAC	Limpiar y verificar la carcasa, los alerones que no presenten grietas, rajaduras y decoloración en la carcasa.				X			PARO	00:30	1		
5		Limpiar y revisar el interior de la caja de conexiones, los bornes de conexión, los cables de alimentación y ajustar los pernos de conexión.					X		PARO	01:30	2		
6		Limpiar la tapa la caja de conexiones, verificar el estado del empaque, aplicar silicona y cerrar herméticamente.					X		PARO	00:20	2		
7		Lubricación de rodamientos						X	PARO	00:20	1		
8		Cambio de rodamientos.						X	PARO	02:00	2		
9		Inspección, limpieza del devanado del rotor y estator.						X	PARO	08:00	2		
IX	<b>BOMBA DE ALTA</b>												
1	Bomba de alta horizontal Marca FEDCO - 335 PSI	Limpieza exterior de la bomba.		X					MARCHA	00:15	1		
2		Limpiar y ajustar los pernos de fijación del acople.				X			PARO	00:20	1		
6		Limpiar y ajustar los pernos de anclaje.				X			PARO	00:20	1		
3		Inspeccionar y cambiar los sellos mecánicos.					X		PARO	00:30	2		
4		Limpiar y ajustar adecuadamente el sello.					X		PARO	00:30	2		
5		Limpiar, verificar el correcto funcionamiento de las turbinas.					X		PARO	00:30	2		
X	<b>TABLEROS ELÉCTRICO DE CONTROL</b>												
1	Tablero eléctrico de control de la Planta de ósmosis Inversa (POI)	Limpieza del tablero exterior.		X					MARCHA	00:10	1		
2		Ajustar las borneras de todos los equipos eléctricos dentro del tablero.				X			PARO	01:00	2		
3		Revisar el correcto funcionamiento de los interruptores.				X			PARO	01:00	2		
4		Limpiar los filtros de polvo.				X			PARO	00:10	1		
5		Verificar y ajustar los pernos, cable de la puesta a tierra.				X			PARO	00:20	1		
6		Revisar el mecanismo de cierre hermético del tablero.				X			PARO	00:20	1		
7		Limpiar y ajustar los pernos del variador de velocidad.				X			PARO	00:20	1		
8		Verificar la continuidad de los cables.					X		PARO	01:00	2		
9		Cambiar los filtros de polvo.					X		PARO	00:10	1		
XI	<b>Membranas de ósmosis</b>												
1	Membranas de agua de mar SWCS-LD	Monitoreo de la presión de trabajo.		X					MARCHA	00:20	1		
2		Inspección de fugas en los housing (Tubos blancos).		X					MARCHA	00:10	1		
4		Limpieza de los manómetros con biocida 4050 cuando presente micro-organismos.				X			PARO	00:15	2		
5		Limpieza química de las membranas de la 1ra Etapa - con ácido ANOCLEAN 5740 Y BIOCIDO 4050.				X			PARO	02:00	2		
6		Limpieza química de las membranas de la 1ra Etapa - con alcalino ANOCLEAN 5721.				X			PARO	03:00	2		
7		Limpieza química de las membranas de la 2ra Etapa - con ácido ANOCLEAN 5740 Y BIOCIDO 4050.				X			PARO	05:00	2		
8		Limpieza química de las membranas de la 2ra Etapa - con alcalino 5721.				X			PARO	03:00	2		
9		Cambio de manómetros de presión.					X		PARO	01:00	2		
9			Cambio de membranas cada 03 años según recomendación del fabricante.					X		PARO	00:15	4	
XII	<b>TABLEROS ELÉCTRICO DE CONTROL</b>												
1	Tablero eléctrico de control de bombas de impulsión	Limpieza del tablero exterior.		X					MARCHA	00:10	1		
2		Ajustar las borneras de todos los equipos eléctricos dentro del tablero.				X			PARO	00:30	2		
4		Limpiar los filtros de polvo, cambiar si es necesario.				X			PARO	00:10	1		
5		Verificar y ajustar los pernos, cable de la puesta a tierra.				X			PARO	00:15	1		
7		Limpiar y ajustar los pernos del variador de velocidad.				X			PARO	00:20	1		
8		Verificar la continuidad de los cables.					X		PARO	00:30	2		
XIII		<b>MOTOR ELÉCTRICO DE BOMBAS DE IMPULSIÓN</b>											
1		Motores eléctricos de bombas de impulsión - Marca WEG 15 HP	Limpieza exterior del motor		X					MARCHA	00:15	1	
2	Limpiar y ajustar los pernos de anclaje.					X			PARO	00:30	1		
3	Limpiar, ajustar el cable de tierra y sus puntos de fijación.					X			PARO	00:15	1		
4	Limpiar y verificar la carcasa, los alerones que no presenten grietas, rajaduras y decoloración en la carcasa.					X			PARO	00:20	1		
5	Limpiar y revisar el interior de la caja de conexiones, los bornes de conexión, los cables de alimentación y ajustar los pernos de conexión.						X		PARO	00:45	2		
6	Limpiar la tapa la caja de conexiones, verificar el estado del empaque, aplicar silicona y cerrar herméticamente.						X		PARO	00:15	2		
7	Cambio de rodamientos.							X	PARO	01:00	2		
XIV	<b>OTROS</b>												

Figura 8. Plan de mantenimiento Preventivo.

Fuente. Elaboración propia.





Figura 9. MP software 10 portada del GMAO.

Fuente. Elaboración propia.

Para lo cual se ingresará el plan de mantenimiento preventivo de todos los equipos que se encuentran en la planta de osmosis inversa.



Figura 10. Se ingresa los datos de los componentes que conformar la POI.

Fuente. Elaboración propia.

Se ingresa los datos de los equipos que componentes que forman parte de la planta de osmosis inversa

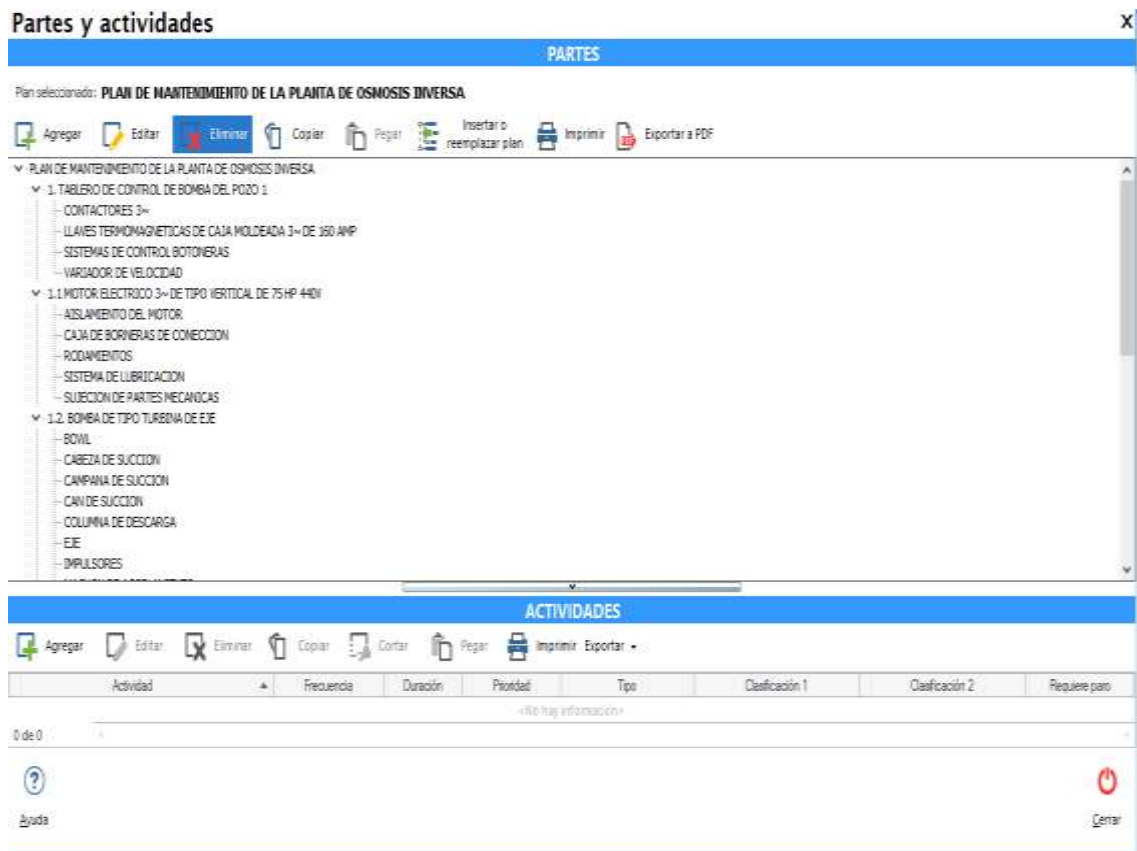


Figura 11. Plan de mantenimiento preventivo.

Fuente. Elaboración propia.

Se ingresa cada uno de los equipos con sus respectivas partes y componentes que lo constituyen para un respectivo mantenimiento, las frecuencias en las cuales se desarrollara el mantenimiento la duración y calificación del tipo del trabajo a asignado y se requiere un paro de la planta para realizar dicho trabajo.

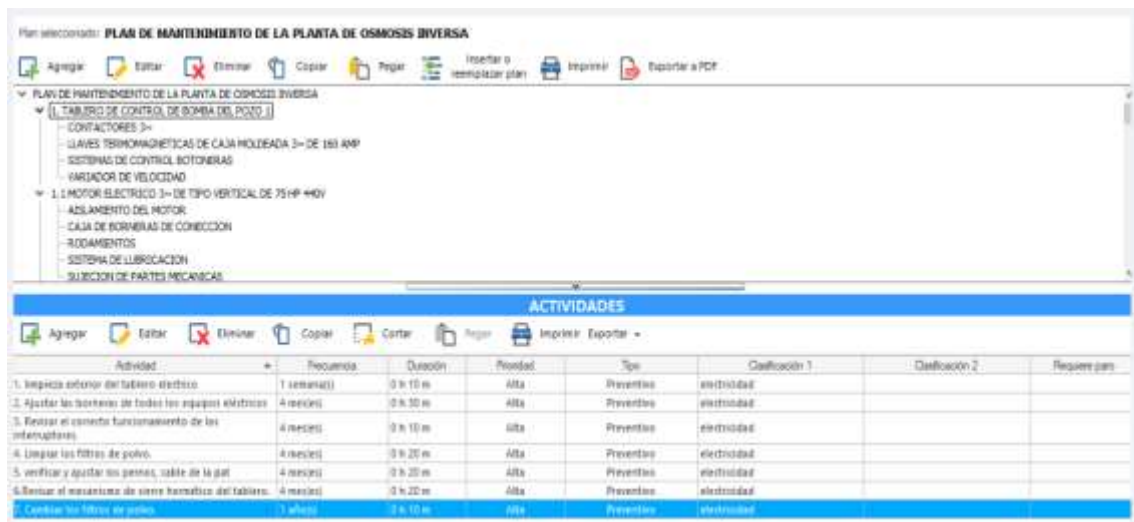


Figura 12. Ingreso de actividades para el desarrollo del mantenimiento.

Fuente. Elaboración propia.

Se ingresa al GMAO las actividades a realizar y los tiempos de para elaborar dicho mantenimiento y la frecuencia de mantenimiento, de igual manera otros datos que se puede observar en la imagen esto será desarrollado para cada actividad que se considera en el plan de mantenimiento preventivo.

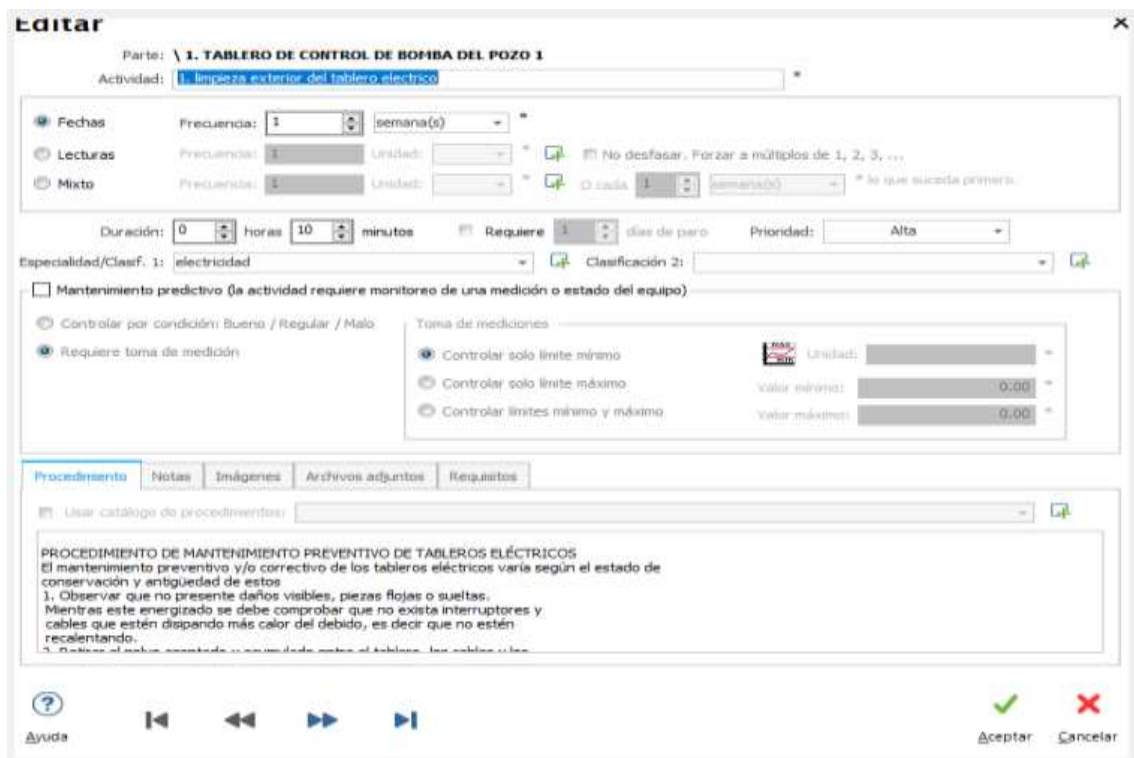


Figura 13. Ingresando los procedimientos para la elaboración del mantenimiento de la planta de osmosis inversa.



Fuente. Elaboración propia.

Dentro de ella se encuentra podemos insertar los procedimientos de trabajos a realizar como también se puede visualizar el ingreso de otros datos como notas, imágenes, archivos adjuntos. Requisitos, manuales, etc.

El software tiene otras aplicaciones como equipos, localización de inmuebles, planes de mantenimiento, mantenimientos rutinarios, trabajos rutinarios, trabajos en esperar de OT, ordenes de trabajo, repuestos y consumibles, etc. Se ve en su portada las cuales podemos utilizar de la forma que mas nos convenga.



Figura 14. Otras funciones que tiene el GMAO.

Fuente. Elaboración propia

#### 4.4. Calcular los nuevos indicadores de mejoras obtenidas mediante la proyección utilizando la base de datos Excel.

Para obtener un pronóstico de los indicadores del mantenimiento como el MTTR, MTBF y disponibilidad, se proyecta mediante la mejora del NPR, como los proponen los investigadores Miranda y Vigo (2021), del cual de los siguientes resultados: 20% de los equipos se clasifican con un índice de riesgo de fallo alto

y un 80%, se clasifica con un índice de riesgo de fallo medio, por lo tanto, se determinó los nuevos indicadores del mantenimiento.

Los nuevos indicadores MTTR y MTBF se calcularon mediante las ecuaciones aplicadas por Benites y Minaya (2021):

$$MTTR_{proy} = 0.8 \times MTTR_{inicial}$$

$$MTBF_{proy} = (MTTR_{inicial} - MTTR_{proy}) + MTBF_{inicial}$$

Los nuevos valores de disponibilidad proyectada de los equipos se pueden resumir en la tabla 13 que se muestra a continuación entonces en el anexo

**Tabla 13.** Indicadores nuevos de los equipos de mantenimiento

EQUIPOS	MTTR <sub>proy</sub>	MTBF <sub>proy</sub>	D <sub>proY</sub>	Horas mant.	Horas de op.	Conf <sub>proY</sub>
Tablero eléctrico de control de bomba de alimentación.	0.8	5.2	0.87	40	5.2	0.98
Motor eléctrico de alimentación 3~ 220/380 v.	6.9	32.3	0.82	48	223.4	0.97
Tablero eléctrico de control del pozo subterráneo.	4.2	57.1	0.93	16.8	227.8	0.98
Motor eléctrico 3~ 440 v de tipo vertical.	101.6	170.4	0.63	101.6	158.5	0.99
Bomba de tipo turbina	40.0	441.0	0.92	40	440.0	1.00
Filtro multimedia turbidez.	16.0	111.7	0.87	48	333.1	0.99
Motor eléctrico 3~ 230/460 v de bomba de baja presión.	20.0	112.8	0.85	80	447.2	0.99
Filtro tipo cartucho shelco de 5 micras.	24.5	91.5	0.79	73.6	269.5	0.99
Bomba de dosificación de antiincrustante 100/220 v.	8.4	157.1	0.95	33.6	627.9	0.99
Motor eléctrico de bomba 3~ 230/460 v.	3.2	104.1	0.97	12.8	416.1	0.99
Bomba de alta de tipo horizontal.	8.6	109.9	0.93	34.4	438.8	0.99
Tablero eléctrico de control de la planta de ósmosis inversa.	12.5	62.5	0.83	62.4	309.4	0.98
Membranas de agua de mar.	21.1	148.9	0.88	63.2	444.4	0.99
Tablero eléctrico de control de bombas de impulsión.	8.8	112.2	0.93	44	560.0	0.99
Motor eléctrico 3~ 230/460 v de bomba impulsión.	39.8	124.5	0.76	159.2	485.7	0.99
PROMEDIO TOTAL	21.6	126.6	0.86			0.99

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 14.** Matriz resumen de comparación de indicadores de mantenimiento pre -post test.

Equipos	MTTR		MTBF		Confiabilidad		Disponibilidad	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Tablero eléctrico de control de bomba de alimentación.	10.0	0.8	61.4	5.2	0.86	0.98	0.86	0.87
Motor eléctrico de alimentación 3~ 220/ 380 v.	8.6	6.9	30.6	32.3	0.75	0.97	0.78	0.82
Tablero eléctrico de control del pozo subterráneo.	5.3	4.2	56.0	57.1	0.85	0.98	0.91	0.93
Motor eléctrico 3~ 440 v de tipo vertical.	127.0	101.6	145.0	170.4	0.94	0.99	0.53	0.63
Bomba de tipo turbina	50.0	40.0	431.0	441.0	0.97	1.00	0.90	0.92
Filtro multimedia turbidez.	20.0	16.0	107.7	111.7	0.92	0.99	0.84	0.87
Motor eléctrico 3~ 230/460 v de bomba de baja presión.	25.0	20.0	107.8	112.8	0.92	0.99	0.81	0.85
Filtro tipo cartucho shelco de 5 micras.	30.7	24.5	85.3	91.5	0.90	0.99	0.74	0.79
Bomba de dosificación de antiincrustante 100/220 v.	10.5	8.4	155.0	157.1	0.94	0.99	0.94	0.95
Motor eléctrico de bomba 3~ 230/460 v.	4.0	3.2	103.3	104.1	0.92	0.99	0.96	0.97
Bomba de alta de tipo horizontal.	10.8	8.6	107.8	109.9	0.92	0.99	0.91	0.93
Tablero eléctrico de control de la planta de ósmosis inversa.	15.6	12.5	59.4	62.5	0.86	0.98	0.79	0.83
Membranas de agua de mar.	26.3	21.1	143.7	148.9	0.94	0.99	0.85	0.88
Tablero eléctrico de control de bombas de impulsión.	11.0	8.8	110.0	112.2	0.92	0.99	0.91	0.93
Motor eléctrico 3~ 230/460 v de bomba impulsión.	49.8	39.8	114.5	124.5	0.92	0.99	0.70	0.76

Fuente. Elaboración propia.

La tabla 14 resume y compara los valores obtenidos de los indicadores de mantenimiento de disponibilidad, confiabilidad, MTTR y MTBF pretest y postest.

#### 4.5. Evaluación del costo de la inversión y recuperación.

Para este apartado se tomó la inversión de la implementación del mantenimiento, los costos de manteniendo anterior al plan de mantenimiento y los costos de mantenimiento proyectados.

##### 4.5.1 Inversión inicial.

Son los gastos que implican capacitaciones, evaluación de los equipos, elaboración del plan de mantenimiento y materiales. La tabla 15 muestra a detalle los costos relacionados al plan de mantenimiento.

**Tabla 15.** Inversión para la implementación del mantenimiento.

MEJORAS REALIZADAS	NRO HORAS	COSTO HORA	PERSONAS	VALOR HH	MATERIALES	TOTAL
Capacitaciones	10	S/10.40	3	S/ 312.00	S/ 160	S/.472.00
AMEF	15	S/10.40	2	S/ 312.00	S/ 50	S/.362.00
Análisis criticidad	10	S/10.40	2	S/ 208.00	S/ 33	S/.241.00
Plan de mant.	10	S/10.40	2	S/ 208.00	S/ 0	S/.208.00
Total				S/ -	S/ 243	S/ 1,571.00

Fuente. Elaboración propia.

Los gastos en el pago de los operarios se pueden ver en la tabla 16.

**Tabla 16.** Gastos mensuales en personal.

PERSONAL	NÚMERO	SUELDO	TOTAL
Jefe de mant.	1	S/. 2500.00	S/.2500.00
Técnico mec.	2	S/.1800.00	S/.3600.00
Técnico Elec.	2	S/.1800.00	S/:3600.00
Total			S/.9700.00

Fuente. Elaboración propia.

#### 4.5.2 Gastos anteriores al mantenimiento.

Se evaluó el gasto de horas – hombre, en función del porcentaje de no disponibilidad del equipo. La información se resume en la Tabla 17, donde se observa los parámetros considerados para calcular el gasto de Horas - Hombre.

**Tabla 17.** Gastos Horas-hombre anterior al mantenimiento.

Ítem	Equipos	Disp. (%)	No Disp. (%)	Horas Mes no Disp.	Costos Hora (S/.)	Total, Gasto por HH
1	Tablero eléctrico de control de bomba de alimentación.	0.86	0.14	50	4.27	213.5
2	Motor eléctrico de alimentación 3~ 220/ 380 v.	0.78	0.22	60	4.27	256.2
3	Tablero eléctrico de control del pozo subterráneo.	0.91	0.09	21	4.27	89.7
4	Motor eléctrico 3~ 440 v de tipo vertical.	0.53	0.47	127	4.27	542.3
5	Bomba de tipo turbina	0.90	0.10	50	4.27	213.5
6	Filtro multimedia turbidez.	0.84	0.16	60	4.27	256.2
7	Motor eléctrico 3~ 230/460 v de bomba de baja presión.	0.81	0.19	100	4.27	427.0
8	Filtro tipo cartucho shelco de 5 micras.	0.74	0.26	92	4.27	392.8
9	Bomba de dosificación de antiincrustante 100/220 v.	0.94	0.06	42	4.27	179.3
10	Motor eléctrico de bomba 3~ 230/460 v.	0.96	0.04	16	4.27	68.3
11	Bomba de alta de tipo horizontal.	0.91	0.09	43	4.27	183.6
12	Tablero eléctrico de control de la planta de ósmosis inversa.	0.79	0.21	78	4.27	333.1
13	membranas de agua de mar.	0.85	0.15	79	4.27	337.3
14	Tablero eléctrico de control de bombas de impulsión.	0.88	0.12	55	4.27	234.9
15	Motor eléctrico 3~ 230/460 v de bomba impulsión.	0.70	0.30	199	4.27	849.7
<b>Total</b>						<b>S/.4577.4</b>

Fuente. Elaboración propia.

Ademas, se considero el costo de reparación de los equipos anterior al plan de mantnimiento propuesto, como se observa en la Tabla 18, donde se muestran

Tabla 18. Gastos de reparación anteriores al mantenimiento.

Ítem	Equipo	Gastos por reparaciones anteriores al mant
1	TABLERO ELECTRICO DE CONTROL DE BOMBA DE ALIMENTACION.	1320.00
2	MOTOR ELECTRICO DE ALIMENTACION 3~ 220/ 380 V.	1910.00
3	TABLERO ELECTRICO DE CONTROL DEL POZO SUBTERRANEO.	1179.00
4	MOTOR ELECTRICO 3~ 440 V DE TIPO VERTICAL.	1990.00
5	BOMBA DE TIPO TURBINA	5665.44
6	FILTRO MULTIMEDIA TURBIDEZ.	4910.05
7	MOTOR ELECTRICO 3~ 230/460 V DE BOMBA DE BAJA PRESION.	3283.69
8	FILTRO TIPO CARTUCHO SHELCO DE 5 MICRAS.	755.39
9	BOMBA DE DOSIFICACION DE ANTICRUSTANTE 100/220 V.	1068.50
10	MOTOR ELECTRICO DE BOMBA 3~ 230/460 V.	4116.89
11	BOMBA DE ALTA DE TIPO HORIZONTAL.	4116.89
12	TABLERO ELECTRICO DE CONTROL DE LA PLANTA DE OSMOSIS INVERSA.	4532.35
13	MEMBRANAS DE AGUA DE MAR.	2606.10
14	TABLERO ELECTRICO DE CONTROL DE BOMBAS DE IMPULSIÓN.	1179.00
15	MOTOR ELECTRICO 3~ 230/460 V DE BOMBA IMPULSIÓN.	1120.00
	<b>Costo mensual</b>	<b>39753.30</b>

Fuente. Elaboración propia.

#### 4.5.3 Gastos Horas-hombre posterior al mantenimiento.

Se calculó de la misma forma que los gastos anteriores al mantenimiento, bajo los mismos parámetros. La tabla 19 muestra los cálculos con los indicadores proyectados.

**Tabla 19.** Gastos Horas – hombre proyectado.

Item	Equipos	Disp. (%)	No Disp. (%)	Horas Mes no Disp.	Costos Hora (S/.)	Total, Gasto por HH
1	Tablero eléctrico de control de bomba de alimentación.	0.87	0.13	40	4.27	170.8
2	Motor eléctrico de alimentación 3~ 220/ 380 v.	0.82	0.18	48	4.27	205.0
3	Tablero eléctrico de control del pozo subterráneo.	0.93	0.07	16.8	4.27	71.7
4	Motor eléctrico 3~ 440 v de tipo vertical.	0.63	0.37	101.6	4.27	433.8
5	Bomba de tipo turbina	0.92	0.08	40	4.27	170.8
6	Filtro multimedia turbidez.	0.87	0.13	48	4.27	205.0
7	Motor eléctrico 3~ 230/460 v de bomba de baja presión.	0.85	0.15	80	4.27	341.6
8	Filtro tipo cartucho shelco de 5 micras.	0.79	0.21	73.6	4.27	314.3
9	Bomba de dosificación de antiincrustante 100/220 v.	0.95	0.05	33.6	4.27	143.5
10	Motor eléctrico de bomba 3~ 230/460 v.	0.97	0.03	12.8	4.27	54.7
11	Bomba de alta de tipo horizontal.	0.93	0.07	34.4	4.27	146.9
12	Tablero eléctrico de control de la planta de ósmosis inversa.	0.83	0.17	62.4	4.27	266.4
13	HOUSING Hydranautics Membranes SWC5 LD 8*40 Seawater Membrane Element	0.88	0.12	63.2	4.27	269.9
14	Tablero eléctrico de control de bombas de impulsión.	0.93	0.07	44	4.27	187.9
15	Motor eléctrico 3~ 230/460 v de bomba impulsión.	0.76	0.24	159.2	4.27	679.8
<b>Total</b>						<b>S/. 3662.0</b>

Fuente. Elaboración propia.

Luego de calcular los costos de hombres horas posterior al mantenimiento, se contempló los costos de reparación nuevos de cada uno de los equipos. Tales costos se pueden verificar en la tabla 20

**Tabla 20.** Gastos de mantenimiento por equipo posterior al plan de mantenimiento.

Ítem	Equipo	Gastos por reparaciones posteriores al mant.
1	TABLERO ELECTRICO DE CONTROL DE BOMBA DE ALIMENTACION.	750.9
2	MOTOR ELECTRICO DE ALIMENTACION 3~ 220/ 380 V.	500
3	TABLERO ELECTRICO DE CONTROL DEL POZO SUBTERRANEO.	500
4	MOTOR ELECTRICO 3~ 440 V DE TIPO VERTICAL.	190
5	BOMBA DE TIPO TURBINA	300
6	FILTRO MULTIMEDIA TURBIDEZ.	170
7	MOTOR ELECTRICO 3~ 230/460 V DE BOMBA DE BAJA PRESION.	180
8	FILTRO TIPO CARTUCHO SHELCO DE 5 MICRAS.	755.39
9	BOMBA DE DOSIFICACION DE ANTICRUSTANTE 100/220 V.	120
10	MOTOR ELECTRICO DE BOMBA 3~ 230/460 V.	100
11	BOMBA DE ALTA DE TIPO HORIZONTAL.	180
12	TABLERO ELECTRICO DE CONTROL DE LA PLANTA DE OSMOSIS INVERSA.	2000
13	MEMBRANAS DE AGUA DE MAR.	2000
14	TABLERO ELECTRICO DE CONTROL DE BOMBAS DE IMPULSIÓN.	500
15	MOTOR ELECTRICO 3~ 230/460 V DE BOMBA IMPULSIÓN.	600
<b>Costo mensual</b>		<b>8846.29</b>

Fuente. Elaboración propia.

Tal como se observa en los resultados, se obtiene una diferencia de S/. 915.40 con la implementación del mantenimiento en el primer año de implementación, si bien no es una diferencia muy amplia, se espera a medida que pase el tiempo los indicadores como el MTTR disminuya y el MTBF se incremente, mejorando la disponibilidad de los equipos.

El análisis del VAN, TIR y Beneficio costo se puede observar en la tabla 21, donde el van es de S/144,294.61, TIR del 56%, y un costo beneficio de 3.5 y se ve una recuperación a partir del 3 mes



**Tabla 21.** Análisis de VAN, TIR y beneficio – costo.

CONCEPTO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Gastos anteriores al mant.														
Gastos Reparaciones		39753.3	39753.3	39753.3	39753.3	39753.3	39753.3	39753.3	39753.3	39753.3	39753.3	39753.3	39753.3	
Gastos Hombres - Hora mant.		4577.44	4577.44	4577.44	4577.44	4577.44	4577.44	4577.44	4577.44	4577.44	4577.44	4577.44	4577.44	
Total		44330.74	44330.74	44330.74	44330.74	44330.74	44330.74	44330.74	44330.74	44330.74	44330.74	44330.74	44330.74	531968.88
Gastos posteriores al mant.														
Gastos en reparaciones		8846.29	8846.29	8846.29	8846.29	8846.29	8846.29	8846.29	8846.29	8846.29	8846.29	8846.29	8846.29	
Gastos Hombres - Horas mant.		3661.95	3661.95	3661.95	3661.95	3661.95	3661.95	3661.95	3661.95	3661.95	3661.95	3661.95	3661.95	
Total		12508.24	12508.24	12508.24	12508.24	12508.24	12508.24	12508.24	12508.24	12508.24	12508.24	12508.24	12508.24	150098.90
Intangibles	3675													
Tangibles	11000													
<b>Inversión</b>	14675													
<b>Saldo</b>	-14675	-31822.50	31822.50	31822.50	31822.50	31822.50	31822.50	31822.50	31822.50	31822.50	31822.50	31822.50	31822.50	
<b>Flujo de caja</b>	-14675	-46497.50	-14675.00	17147.50	48970.00	80792.49	112614.99	144437.49	176259.99	208082.49	239904.98	271727.48	303549.98	
VAN	S/144,294.61													
TIR	56%													
B/C	3.5													
Tasa	10%													

Fuente. Elaboración propia.

## V. DISCUSIÓN

Se realizó un análisis diagnóstico de la planta para verificar el estado actual del mantenimiento de los equipos, así mismo, se hizo un levantamiento de información de los equipos presentes en la planta y de la organización del área encargada de mantener los equipos. El análisis de los indicadores de mantenimiento de los equipos a partir de la documentación histórica de los equipos en todo el año 2021, arrojó una disponibilidad promedio de 70% y un total de fallas de 57. La misma metodología es usada por el autor Atahualpa y Carrasco (2020), que tuvo una muestra de 70 equipos, a los cuales aplicó un análisis de criticidad y luego un AMEF a los clasificados como críticos, obteniendo como resultado un incremento en la disponibilidad en un 1.38%, confiabilidad en 5.06% y la mantenibilidad en un 0.91%. del mismo modo, Leon aplica una metodología similar a la usada en la investigación.

Leon y Salinas (2021), aplicó una metodología similar, a la aplicada en esta investigación, partiendo desde el reconocimiento y descripción de los equipos de una planta de ósmosis inversa en un hospital, para determinar parámetros como los tiempos entre fallas, los tiempos de reparación, la frecuencia de fallas, para luego hallar la disponibilidad de los equipos, así mismo, obtenido mejora luego de la implementación donde obtuvo una reducción en los gastos de horas -hombre y reparaciones de S/. 4577.4 a S/. 3662.0 al mes.

Según la teoría para poder analizar la disponibilidad de un equipo, es necesario conocer los tiempos entre falla, el tiempo medio de reparaciones y la frecuencia de falla de los equipos. El análisis se hizo tomando el historial de los equipos durante todo el año 2021. Se obtuvo los modos de fallas y la frecuencia de estas, y mediante un diagrama de Pareto, se visualizó las más frecuentes.

Conocer cuáles son los equipos más delicados de la instalación es importante, así mismo coinciden Boero (2020b) y Alfonso et al (Alfonso et al. 2017), en que la jerarquización de los equipos por su grado de criticidad, permite elaborar un plan de mantenimiento más eficiente. Por tal motivo, realizó un análisis de criticidad para clasificar a todos los equipos críticos existentes de la empresa, para lo cual se determinan las fallas y los factores de consecuencia, los cuales se ponderan. El

criterio para el análisis de criticidad, fue el que ofrece Boero (2020), donde los factores de consecuencia que se evaluaron fueron: el impacto operacional, la flexibilidad operacional, el costo de mantenimiento, impacto de seguridad e impacto ambiental. Finalmente, el análisis de criticidad indico que 10 equipos se califican como críticos.

Con la clasificación de los equipos críticos de la planta, se realizó un análisis de modos y efectos de fallas y luego clasificarlos según su índice de riesgo prioritario. Aliaga y Grey(2021), obtuvo como primeros indicadores disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad, con valores de 40.90%,31.35% y 42.38% respectivamente, además realizo un AMEF a los equipos más críticos y priorizar su mantenimiento. Para obtener el NPR de los equipos se tuvo como factores la severidad, ocurrencia y detección, que dieron como resultado dos equipos con un índice de riesgo alto, y 8 equipos con índice de riesgo medio y aceptable.

Los autores Benites y Minaya (2021), proyectaron sus indicadores de mantenimiento, mediante la mejora del índice prioritario de riesgo (NPR), donde se estima que un cierto porcentaje de las fallas consideradas de riesgo alto se disminuyan el índice de riesgo, volviéndolas deseables. Este mismo criterio se aplico se aplicó a la investigación. Para la obtención de los nuevos indicadores de mantenimiento, se calculó mediante la proyección del NPR, con un 80% de equipos con índice de riesgo aceptable, con esto se obtuvo el valor del nuevo MTTR proyectado y el MTBF proyectado, con los cuales se obtuvo los nuevos tiempos de totales de operación, tiempos de parada y una disponibilidad promedio de 83%, lo que significa un incremento de 13%. Aliaga y Grey(2021b) obtuvo valores iniciales de 40.90%, 31.35% y 42.38%, que corresponde a la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad respectivamente, así mismo, en el mismo orden los nuevos indicadores que obtuvo fueron 89.40%, 91.47% y 55.25, lo que representa un incremento significativo en tales indicadores y disminuyendo los costos de mantenimiento. Por otro lado, Sosa Lavado (2017) consiguió un ahorro de 3011.45 dólares en mantenimiento correctivo. El autor Palma (2017), utilizó el software de estadística SPSS para proyectar los nuevos indicadores. Con los nuevos indicadores como MTTR y MTBF, se obtuvo un ahorro de 915.40 soles mensuales en los gastos hombres – horas y en los gastos de mantenimiento de los equipos se

obtuvo una disminución en S/. 1782, en tanto Atahualpa y Carrasco (2020) lograron mejorar la disponibilidad en un 1.38% lo que generó un ahorro en mantenimiento de 5076.77 soles de diferencia entre pre test y post test.

Con respecto al punto económico se tomó en cuenta la inversión del proyecto, los gastos de Hombres hora y de mantenimiento pre test y post test. El resultado obtenido fue un VAN de S/144,294.61, un beneficio – costo de 3.5%. Sosa (2017) separa los costos en costos directos del mantenimiento, como gastos en mano de obra, materiales y servicios, además de los costos indirectos que considera los gastos producidos de las pérdidas por producción y paradas.

## **VI. CONCLUSIONES**

Se logró realizar una evaluación diagnóstica de la instalación, así mismo se identificó los equipos principales de la planta de ósmosis inversa, se obtuvo la documentación necesaria sobre las fallas ocurrientes de los equipos y la organización del área de mantenimiento.

Se realizó el análisis de parámetros e indicadores de mantenimiento como MTTR, MTBF, disponibilidad y confiabilidad. El valor promedio de disponibilidad de los equipos obtenido fue de 0.7, en parte debido a que muchos equipos tenían valores de disponibilidad de 0.4, que indica una operatividad muy baja del equipo. El análisis de criticidad de los equipos se realizó con el fin de calificarlos según su criticidad y realizar el AMEF de los equipos considerados críticos que resultaron ser un total de diez con tal calificación, con el AMEF se obtuvo los índices de prioridad de riesgo obteniendo dos equipos con un índice de prioridad de riesgo alto y los ocho restantes bajo la calificación de medio o aceptable.

Se elaboró el programa de mantenimiento, el cronograma de mantenimiento y los formatos para las órdenes de trabajo, así mismo mediante el uso del programa de hojas de cálculo Excel, se proyectó los nuevos indicadores mediante el mejoramiento del NPR de los equipos, obtenido el MTTR y MTBF proyectados con valores de 21.6 y 122.9 horas, y la disponibilidad proyectada promedio obtenida fue de 0.83, por lo que se logró mejorar tal indicador en 13%.

Se logró calcular el gasto de Hombres-Hora y de mantenimiento debido a la indisponibilidad de los equipos antes de la implementación del mantenimiento y con los nuevos indicadores se hizo un nuevo cálculo de los gastos hombres- hora y mantenimiento, obteniendo una mejora de los tiempos y un ahorro de S/. 915.5 en gastos de hombre-horas y en gastos de mantenimiento se redujo en S/.1782.

El análisis de VAN arrojó un valor positivo de S/5808.85 a una tasa de 10%, un beneficio – costo de 1.40% con un tiempo de recuperación de 5 meses, por lo que la inversión para la implementación de un plan de mantenimiento preventivo es rentable para la empresa.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Se recomienda digitalizar la información recogida de las fallas e incidentes con los equipos, para poder realizar un análisis más preciso, así mismo se evita la pérdida de información muy importante.

Se recomienda mantener la sala de máquinas limpia y evitar la acumulación de polvo en equipos como tableros o motores, que puede afectar la ventilación y funcionamiento de los mismos.

Se recomienda capacitar al personal encargado de las labores de mantenimiento, aplicar los formatos elaborados para el registro de las actividades y seguir el cronograma de mantenimiento.

Se recomienda comprar y adquirir las herramientas necesarias para el mantenimiento de los equipos, así mismo, mantener un stock de los repuestos de los equipos más importantes de la instalación.

## VIII. REFERENCIAS

- ALFONSO, Y., GARCIA, A.E., DÍAZ, A., RODRIGUEZ, A.J., HOURNÉ, M.B. y CEDRÓN, G., 2017. Análisis de criticidad en los sistemas mecánicos de los grupos electrógenos: Analysis of criticality in the mechanical systems of the generators. *Revista de Ingeniería Energetica*, vol. 38, no. 3, pp. 224-230. ISSN 02535645.
- ALIAGA, Á.H. y GREY, J.A., 2021. *Sistema de gestión de mantenimiento para mejorar los indicadores de mantenimiento de los vehículos de la compañía de bomberos de Trujillo* [en línea]. Tesis. Trujillo: Universidad Cesar Vallejo. Disponible en: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/65177/Aliaga\\_NAH-Grey\\_AJA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/65177/Aliaga_NAH-Grey_AJA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- AL-KUWARI, M., 2021. Reliability And Risk Evaluation To Determine Optimum Equipment Criticality Classification. En: Accepted: 2021-02-17T09:14:50Z [en línea], [Consulta: 17 junio 2022]. Disponible en: <http://qspace.qu.edu.qa/handle/10576/17709>.
- ARIAS GONZÁLES, J.L. y COVINOS GALLARDO, M., 2021. *Diseño y metodología de la investigación* [en línea]. S.I.: Enfoques Consulting EIRL. [Consulta: 17 junio 2022]. ISBN 978-612-48444-2-3. Disponible en: <http://repositorio.concytec.gob.pe/handle/20.500.12390/2260>.
- ATAHUALPA, G.D. y CARRASCO, J.M., 2020. Implementación de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para disminuir los costos de mantenimiento de una empresa agroindustrial en Lima, 2020. *Repositorio Institucional - UCV* [en línea], [Consulta: 18 junio 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/63189>.
- BENITES, L.A. y MINAYA, V.M., 2021. *Sistema de gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad para aumentar la capacidad de producción en la red de oxígeno de una empresa industrial* [en línea]. S.I.: Universidad César

Vallejo. [Consulta: 17 junio 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/86905>.

BOERO, C., 2020. *Mantenimiento industrial* [en línea]. S.I.: Jorge Sarmiento Editor - Universitas. [Consulta: 16 junio 2022]. ISBN 978-987-572-352-8. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/bibsipan/172523>.

CUADROS, L.E., 2021. Implementación de un sistema de gestión de mantenimiento en la empresa Record S.A. En: Accepted: 2022-01-18T20:06:17Z [en línea], [Consulta: 17 junio 2022]. Disponible en: <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/4442>.

DE JONGE, B. y SCARF, P.A., 2020. A review on maintenance optimization. *European Journal of Operational Research* [en línea], vol. 285, no. 3, pp. 805-824. [Consulta: 17 junio 2022]. ISSN 0377-2217. DOI 10.1016/j.ejor.2019.09.047. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221719308045>.

ESPINOZA, E.E., 2018. Las variables y su operacionalización en la investigación educativa. Parte I. *Conrado* [en línea], vol. 14, pp. 39-49. [Consulta: 16 junio 2022]. ISSN 1990-8644. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1990-86442018000500039&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1990-86442018000500039&lng=es&nrm=iso&tlng=es).

FEAL, N., GONZÁLEZ, E. y SANTOS, R.F., 2022. Procedimiento para la evaluación y mejora de la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad en la industria química cubana. *Centro Azúcar* [en línea], vol. 49, no. 1, pp. 41-50. [Consulta: 17 junio 2022]. ISSN 2223-4861. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2223-48612022000100041&lng=es&nrm=iso&tlng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2223-48612022000100041&lng=es&nrm=iso&tlng=pt).

FILZ, M.-A., LANGNER, J.E.B., HERRMANN, C. y THIEDE, S., 2021. Data-driven failure mode and effect analysis (FMEA) to enhance maintenance planning. *Computers in Industry* [en línea], vol. 129, pp. 103451. [Consulta: 17 junio 2022]. ISSN 0166-3615. DOI 10.1016/j.compind.2021.103451. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166361521000580>.



- GALLARÁ, I. y PONTELLI, D., 2020. *Mantenimiento industrial* [en línea]. S.l.: Jorge Sarmiento Editor - Universitas. [Consulta: 16 junio 2022]. ISBN 978-987-572-358-0. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/bibsipan/172527>.
- HOSSEN, J., AHMAD, N. y ALI, S.M., 2017. An application of Pareto analysis and cause-and-effect diagram (CED) to examine stoppage losses: a textile case from Bangladesh. *The Journal of The Textile Institute*, vol. 108, no. 11, pp. 2013-2020. ISSN 0040-5000. DOI 10.1080/00405000.2017.1308786.
- KAFLE, P., BHANDARI, M. y RANA, L.B., 2022. Reliability Analysis Techniques in Distribution System: A Comprehensive Review. , pp. 14.
- KOLTE, T.S. y DABADE, U.A., 2017. Machine Operational Availability Improvement by Implementing Effective Preventive Maintenance Strategies - A Review and Case Study. , vol. 10, no. 1, pp. 9.
- LEÓN, O.A. y SALINAS, J., 2021. *Plan de mantenimiento para aumentar la disponibilidad de los equipos de una planta de osmosis inversa en un hospital de la ciudad de Trujillo* [en línea]. S.l.: s.n. [Consulta: 17 junio 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/86546>.
- LEUKEL, J., GONZÁLEZ, J. y RIEKERT, M., 2021. Adoption of machine learning technology for failure prediction in industrial maintenance: A systematic review. *Journal of Manufacturing Systems* [en línea], vol. 61, pp. 87-96. [Consulta: 17 junio 2022]. ISSN 0278-6125. DOI 10.1016/j.jmsy.2021.08.012. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278612521001849>.
- LÓPEZ, N., LÓPEZ, E.J., FABELO, J.R. y GONZÁLEZ, Y., 2022. Perfeccionamiento de gestión de riesgos ambientales en la Unidad Empresarial de Base Cayo Santa María. *Revista Universidad y Sociedad* [en línea], vol. 14, no. 1, pp. 285-294. [Consulta: 17 junio 2022]. ISSN 2218-3620. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2218-36202022000100285&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2218-36202022000100285&lng=es&nrm=iso&tlng=es).

- MAIHULLA, A.S., YUSUF, I. y BALA, S.I., 2021. Performance Evaluation of a Complex Reverse Osmosis Machine System in Water Purification using Reliability, Availability, Maintainability and Dependability Analysis. *Reliability: Theory & Applications* [en línea], vol. 16, no. 3 (63), pp. 115-131. [Consulta: 17 junio 2022]. Disponible en: <https://cyberleninka.ru/article/n/performance-evaluation-of-a-complex-reverse-osmosis-machine-system-in-water-purification-using-reliability-availability>.
- MAYORGA, A. y QUISPE, J., 2019. Deontología aplicada al mantenimiento de maquinaria industrial por ingenieros mecánicos. *Caribeña de Ciencias Sociales* [en línea], no. mayo. [Consulta: 18 junio 2022]. Disponible en: <https://www.eumed.net/rev/caribe/2019/05/deontologia-maquinaria-industrial.html>.
- MEDINA, A.M., 2022. *Análisis de fallos y planificación del mantenimiento de bombas de alta presión en una planta de tratamiento de agua salobre* [en línea]. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/183180/Madrid%20-%20Análisis%20de%20fallos%20y%20planificacion%20del%20mantenimiento%20de%20bombas%20de%20alta%20presion%20en%20una%20pl...pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- MIRANDA, L.Á. y VIGO, C.E., 2021. *Sistema de Gestión de Mantenimiento para Mejorar la Disponibilidad de los Equipos Críticos en la Planta de Agregados de la Ciudad de Trujillo – Perú* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/89208/Miranda\\_ALA-Vigo\\_RCE-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/89208/Miranda_ALA-Vigo_RCE-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- MORA, L.A., 2009. *Mantenimiento: planeación, ejecución y control* [en línea]. S.l.: s.n. [Consulta: 17 junio 2022]. ISBN 978-958-682-769-0. Disponible en: <http://site.ebrary.com/id/10757784>.
- ÖZGÜR-ÜNLÜAKIN, D., TÜRKALI, B. y AKSEZER, S.Ç., 2021. Cost-effective fault diagnosis of a multi-component dynamic system under corrective maintenance. *Applied Soft Computing* [en línea], vol. 102, pp. 107092.

[Consulta: 17 junio 2022]. ISSN 1568-4946. DOI 10.1016/j.asoc.2021.107092. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1568494621000156>.

PALMA TEJADA, V., 2017. Propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento para Instituciones Educativas. caso: Ugel Chumbivilcas- Cusco. En: Accepted: 2017-10-12T14:53:10Z, *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa* [en línea], [Consulta: 17 junio 2022]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2982>.

PALMA, V., 2017. Propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento para Instituciones Educativas. caso: Ugel Chumbivilcas- Cusco. *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa* [en línea], [Consulta: 18 junio 2022]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2982>.

PECH, M., VRCHOTA, J. y BEDNÁŘ, J., 2021. Predictive Maintenance and Intelligent Sensors in Smart Factory: Review. *Sensors* [en línea], vol. 21, no. 4, pp. 1470. [Consulta: 17 junio 2022]. ISSN 1424-8220. DOI 10.3390/s21041470. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1424-8220/21/4/1470>.

SOSA, D.M., 2019. Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para reducir los costos de mantenimiento de las unidades de transporte en la Empresa Transportes Jevrem s.a.c. en el año 2017. En: Accepted: 2019-06-10T14:18:36Z, *Universidad Nacional de Trujillo* [en línea], [Consulta: 17 junio 2022]. Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/12696>.

SUNDAY, A.A., OMOLAYO, M.I., OKWILAGWE, O., MOSES, M.E. y BERNARD, A.A., 2021. Evaluation of Effective Maintenance and Reliability Operation Management – A Review. *E3S Web of Conferences* [en línea], vol. 309. [Consulta: 17 junio 2022]. ISSN 25550403. DOI <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202130901012>. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2583082990/abstract/4EDB843ACAC848D1PQ/1>.

- SYAMSUNDAR, A., NAIKAN, V.N.A. y WU, S., 2021. Estimating maintenance effectiveness of a repairable system under time-based preventive maintenance. *Computers & Industrial Engineering* [en línea], vol. 156, pp. 107278. [Consulta: 17 junio 2022]. ISSN 0360-8352. DOI 10.1016/j.cie.2021.107278. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360835221001820>.
- SZKODA, M., KACZOR, G., PILCH, R., SMOLNIK, M. y KONIECZEK, Z., 2021. ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF PREVENTIVE MAINTENANCE ON THE RELIABILITY AND AVAILABILITY INDEXES OF DIESEL LOCOMOTIVES. *Transport Problems*, vol. 16, pp. 5-18. DOI 10.21307/tp-2021-001.
- VALEEV, A.R., ATROSHCHENKO, N.A. y KHARRASOV, B.G., 2022. History of technical diagnostics and repair organization systems in industry. *Liquid and Gaseous Energy Resources* [en línea], vol. 2, no. 1. [Consulta: 17 junio 2022]. ISSN 2669-2791. DOI 10.21595/lger.2022.22706. Disponible en: <https://www.extrica.com/article/22706>.
- WANG, L., LI, B., HU, B., SHEN, G., ZHENG, Yunxin y ZHENG, Yuanyi, 2022. Failure mode effect and criticality analysis of ultrasound device by classification tracking. *BMC Health Services Research* [en línea], vol. 22, no. 1, pp. 429. [Consulta: 17 junio 2022]. ISSN 1472-6963. DOI 10.1186/s12913-022-07843-4. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12913-022-07843-4>.
- ZDZISLAWA, M., 2022. Environmental Failure Modes and Effects Analysis (fmea) and Its Applications. a Comprehensive Literature Review. *Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ)* [en línea], vol. 21, no. 3, pp. 365-379. [Consulta: 17 junio 2022]. ISSN 15829596. Disponible en: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eih&AN=157013453&lang=es&site=ehost-live>.
- ZHAO, J., GAO, C. y TANG, T., 2022. A Review of Sustainable Maintenance Strategies for Single Component and Multicomponent Equipment. *Sustainability* [en línea], vol. 14, no. 5, pp. 2992. [Consulta: 16 junio 2022].

ISSN 2071-1050. DOI 10.3390/su14052992. Disponible en:  
<https://www.mdpi.com/2071-1050/14/5/2992>.

## IX. ANEXOS

### Anexo 1. Operacionalización de variables.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	TÉCNICAS	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b> Sistema de Gestión de mantenimiento preventivo	La gestión de mantenimiento se define como un conjunto de tareas y actividades de un mantenimiento programado	Etapas de mantenimiento.  Niveles de mantenimiento periódico.	Plan de ejecución (diario, mensual y anual PM1, PM2, PM3, PM4)	Observación. Entrevista.	Razón %
<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b> Disponibilidad y Confiabilidad	Se denomina disponibilidad a la posibilidad de una maquina o persona para realizar un trabajo La confiabilidad es la capacidad de que un ítem puede ejercer una función requerida en condiciones que son establecidas durante un tiempo	El Tiempo medio entre fallas.  El Tiempo medio entre reparaciones.	$DISPONIBILIDAD = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100\%$ <p>Ecuación.Disponibilidad.</p> $R(t) = e^{-\lambda.t} = \frac{1}{MTBF} \times t$ <p>Ecuación.Confiabilidad.</p> $MTTF = \frac{N^{\circ} \text{ horas de operacion}}{N^{\circ} \text{ de fallas}}$ $MTBF = \frac{N^{\circ} \text{ horas de operacion}}{N^{\circ} \text{ paradas correctivas}}$ <p>(Dounce Villanueva, 2019)</p>	Análisis documental.  Observación. Entrevista.	Razón %

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 2. Matriz de criticidad.

		Consecuencia (CO)																				
Frecuencia (FF)		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
<b>Muy Alta</b>	<b>5</b>	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125
<b>Alta</b>	<b>4</b>	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100
<b>Media</b>	<b>3</b>	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75
<b>Baja</b>	<b>2</b>	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
<b>Muy Baja</b>	<b>1</b>	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

Fuente (Álvarez, 2018)

### Anexo 3.

#### Factores de consecuencia.

Factor de Impacto operacional.

Ponderación	Impacto Operacional (IO)
5	Pérdidas mayores al 75% producción mes
4	Pérdidas entre 50% al 74% producción mes
3	Pérdidas entre 25% al 49% producción mes
2	Pérdidas entre 10% al 24% producción mes
1	Pérdidas inferiores al 10% producción mes

Factor de flexibilidad Operacional

Ponderación	Factor flexibilidad Operacional (FO)
5	No existe stock, tiempos reparación altos
4	Stock parcial, procedimiento de reparación complejo
3	Stock parcial, procedimiento de reparación sencillo
2	Stock suficiente, procedimiento reparación complejo
1	Stock suficiente, tiempo reparación bajos

Factor de costos de mantenimiento

Ponderación	Costos de mantenimiento (CM)
5	Costos materiales superior a S/ 19 000. 00
4	Costos materiales entre 15 000. 00 – 19 000.00
3	Costos materiales entre S/10 000.00 – 15 000.00
2	Costos materiales entre S/ 1000.00 – 10 000.00
1	Costos materiales inferiores a S/ 1000.00



#### Factor impacto al medio ambiente

Ponderación	Impacto al medio ambiente (IMA)
5	Daños irreversibles al medio ambiente
4	Daños severos al ambiente
3	Daños medios al ambiente
2	Daños mínimos al ambiente
1	Sin daños ambientales

#### Factor de impacto de seguridad

Ponderación	Impacto de seguridad (IS)
5	Muerte o incapacidad
4	Incapacidad parcial o permanente
3	Daños o enfermedades severas
2	Daños leves en personas
1	Sin impacto en la seguridad

#### Frecuencia

<b>FRECUENCIA DE FALLA DE EQUIPOS</b>	
5	Muy frecuente: 5 o más fallas al año
4	Frecuente: entre 3 a 4 fallas al año
3	Promedio: entre 1 y 2 fallas al año
2	Bueno: entre 0.5 y un 1 fallas al año
1	Excelente: menos de 0.5 fallas al año

Fuente. Elaboración propia.

Anexo 4. Presupuesto para la investigación.

<b>PRESUPUESTO PARA EL ESTUDIO DE LA INVESTIGACIÓN</b>							
Ítem	Descripción	Und	Cant.	costo. Unit.	costo Total	Tipo de Aporte	TOTAL
1	<b>RECURSOS HUMANOS E INGENIERIA</b>						
1.1.	Alimentación	día	90	6.00	540.00	NM	1100.00
1.2.	Técnico	unid	1	50.00	60.00	M	
1.3.	Software de gestión de mantenimiento	unid	1	500.00	500.00	M	
1.4.	<b>GASTOS GENERALES</b>	unid					
1.5.	Libros	unid	3	25.00	75.00	M	418.00
1.6.	Formatos de procedimientos de trabajos	unid	500	0.06	33.00	M	
1.7.	Transporte de equipos y materiales	unid	30	2.00	60.00	M	
1.8.	Materiales de escritorio	unid	2	15.00	30.00	M	
1.9.	Energía eléctrica	unid	1	70.00	70.00	M	
1.10.	Otros gastos	unid	1	50.00	50.00	M	
2	<b>IMPREVISTOS</b>	unid	1	100.00	100.00		
	15% de bienes y servicios			<b>Sub Total</b>			
					<b>TOTAL</b>		<b>1518.00</b>

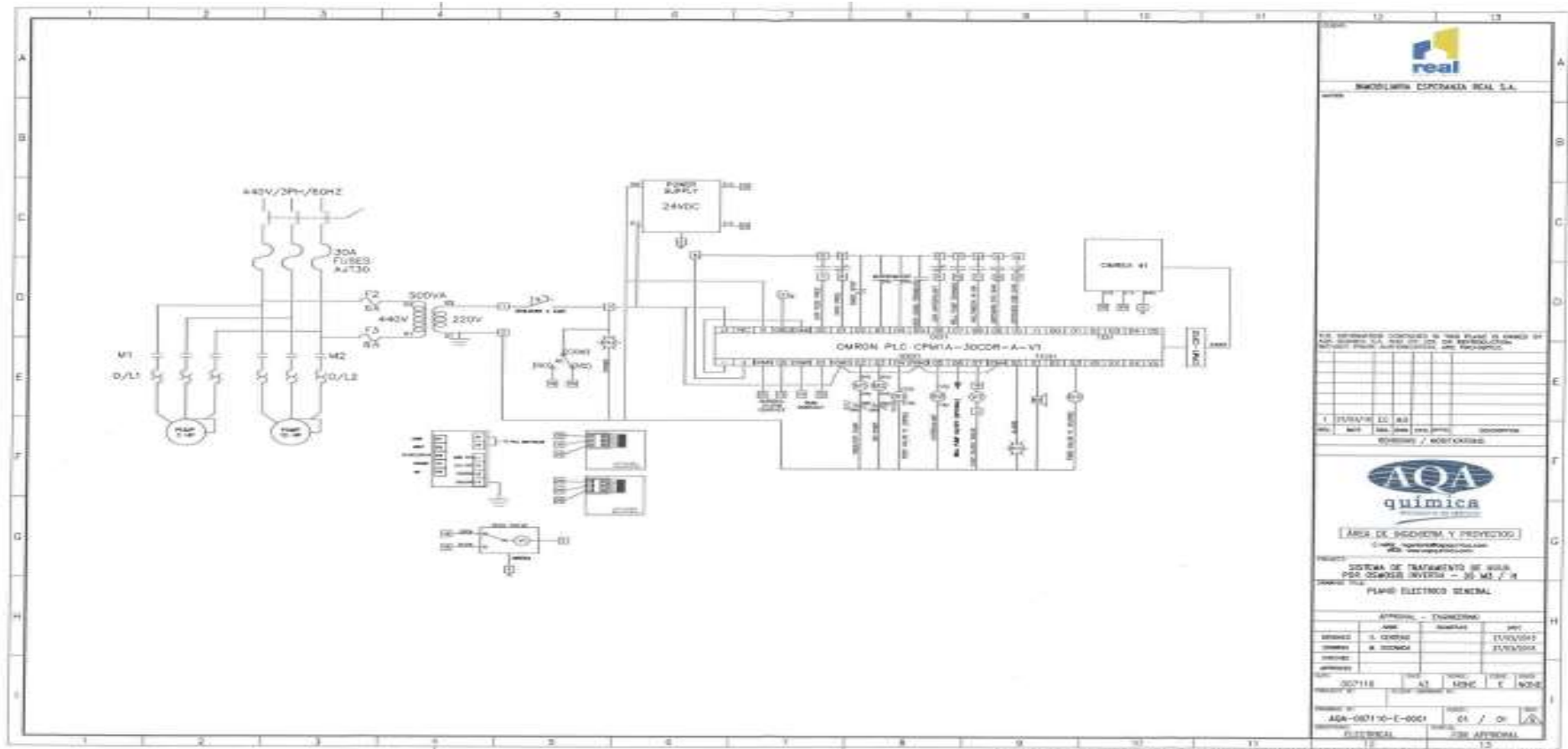
Fuente: Elaboración Propia

Anexo 5. Tabla de descripción de componentes de la planta de osmosis inversa

N°	DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS DE PLANTA
1	sedimentadores Tk de 5000 litros
2	bombas de alimentación pedrollo de 15 hp
3	Tablero de control pozo vertical de 75 hp use motors
4	filtro de carbón multimedia
5	micro filtros de 5 micras
6	Bomba de baja de presión de 7.5 hp baldor
7	flujómetro +GF+
8	bomba de alta presión de 65 hp WEG
9	membranas de mar LG SWC5-LD
10	bombas de alimentación de envío de agua permeada de 15 HP WEG
11	tableros de control POI AQA QUIMICA
12	tableros de fuerza de alimentación de energía 440 v

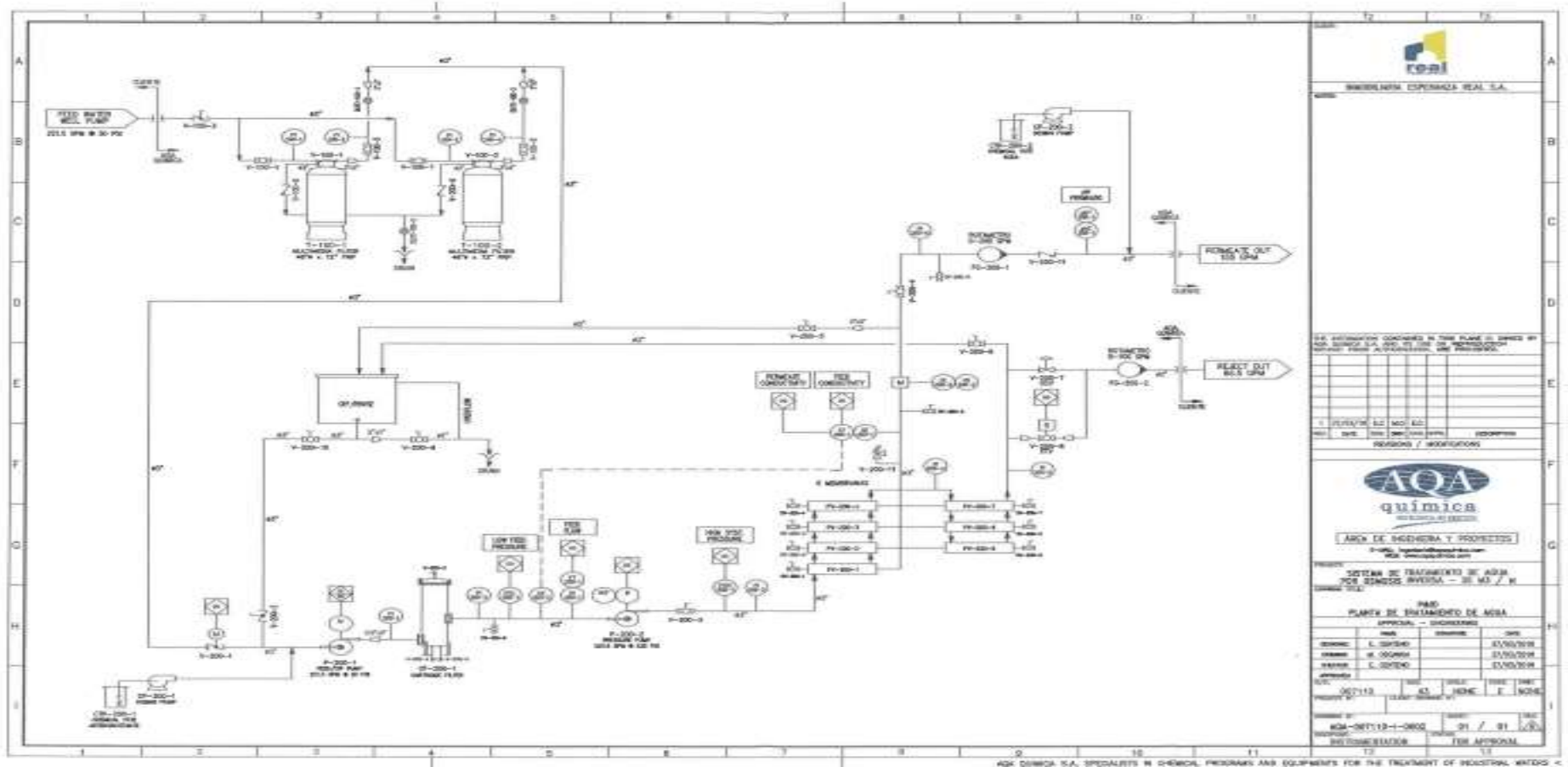
Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 6. Planos de la instalación.



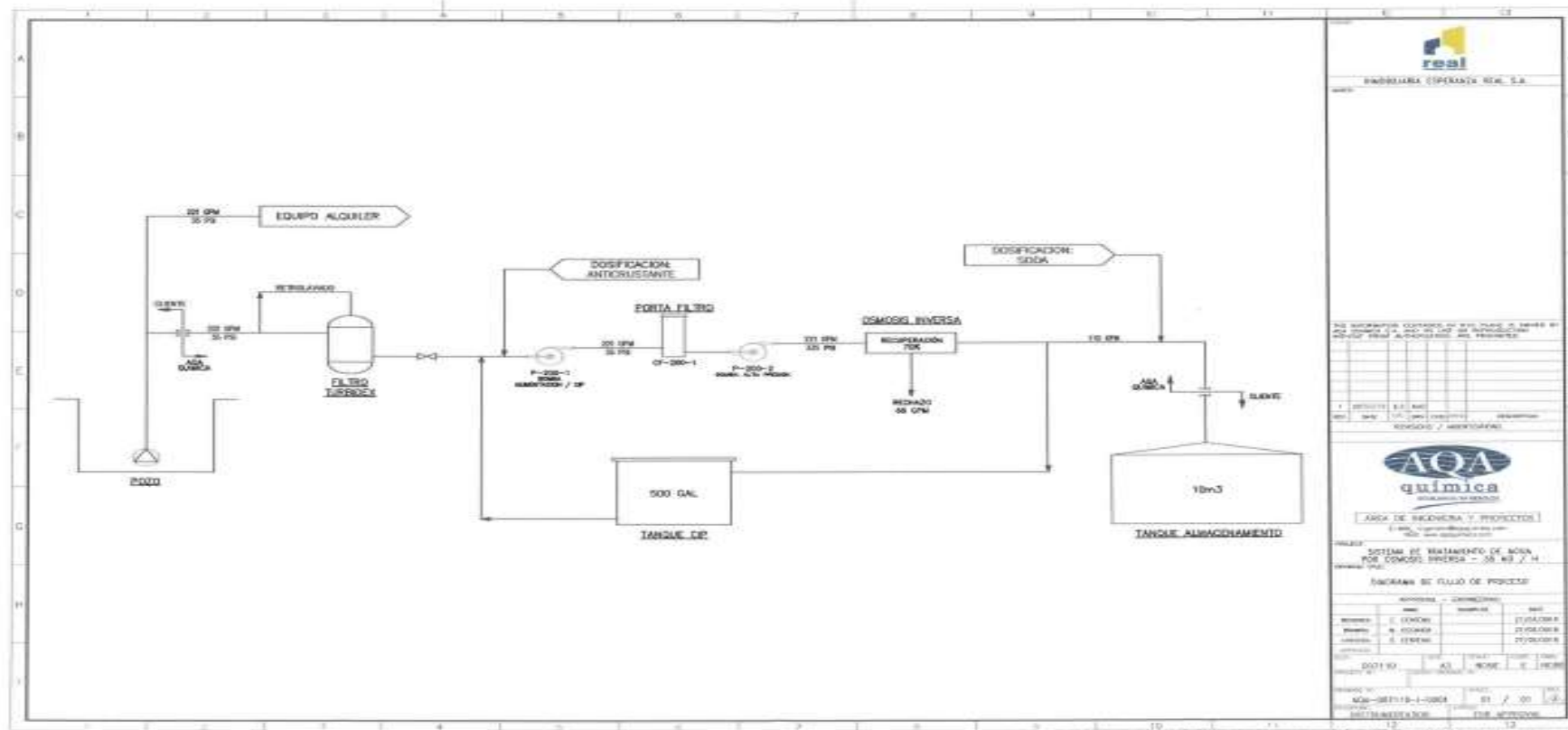
Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 7. Diagrama P&ID de la planta de ósmosis inversa.



Fuente. Elaboración propia

Anexo 8. Diagrama de flujo de la planta de ósmosis inversa



Fuente. Elaboración propia.

### Anexo 9 . Cronograma de actividades de limpieza

ITEM		CRONOGRAMA ACTIVIDADES PARA LA LIMPIEZA QUIMICA - ROYAL PACIFIC																			
		DIA 01						DIA 02						DIA 03							
		7:00am	7:30am	8:00am	10:00am	10:00pm	11:00pm	7:00am	9:00am	1:00pm	2:00pm	4:00pm	5:00pm	7:00pm	10:00pm	11:00pm	7:00am	9:00am	4:00am	5:00pm	6:00pm
		7:30am	8:00am	10:00am	10:00pm	11:00pm	12:00pm	9:00am	1:00pm	2:00pm	3:00pm	05:00pm	07:00pm	10:00pm	11:00pm	12:00am	9:00am	4:00pm	5:00pm	6:00pm	07:00pm
1	Toma de datos operacionales del equipo de osmosis Inversa.	■																			
2	Acondicionar el equipo para el lavado de la primera etapa, se hace un flushing de prueba con agua para revisar si hay fugas.		■																		
3	Dilucion del Impulsor HESA Proclean MC11.			■																	
4	Recirculacion del Impulsor alcalino primera etapa.				■																
5	Dejar solucion en inmersión.					■															
6	Nueva recirculacion de la solucion Alkalina, Al finalizar enjuagar el sistema.						■														
7	Dilucion del Impulsor HESA Proclean MC3.							■													
8	Recirculacion del impulsor acido primera etapa.								■												
9	Dejar solucion en inmersión.									■											
10	Nueva recirculacion de la solucion Acida, adiconar HESA B-30. Al finalizar enjuagar el sistema.										■										
11	Acondicionar el equipo para el lavado de la segunda etapa, se hace un flushing de prueba con agua para revisar si hay fugas.											■									
12	Dilucion del Impulsor HESA Proclean MC11.												■								
13	Recirculacion del Impulsor alcalino primera etapa.													■							
14	Dejar solucion en inmersión.														■						
15	Nueva recirculacion de la solucion Alkalina, Al finalizar enjuagar el sistema.															■					
16	Dilucion del Impulsor HESA Proclean MC3.																■				
17	Recirculacion del impulsor acido segunda etapa.																	■			
18	Dejar solucion en inmersión.																		■		
19	Nueva recirculacion de la solucion Acida, adiconar HESA B-30. Al finalizar enjuagar el sistema.																			■	
20	Limpieza sanitizante HESA B-30																				■

Fuente. Elaboración propia.

Anexo 10 . Modelo de hoja de control de producción y parámetros de de presiones de la POI

DATOS		DATOS DE OPERACIÓN DE LA POI																	USO DE ANTI-INCRUSTANTE																											
		PRESIONES DE TRABAJO							HORAS DE TRABAJO				PRODUCCIÓN DE AGUA						Consumos		Producto Usado	Observaciones																								
		PA	PP	PPC	PPM	PPMA	PPMB	PPM	TRABAJA	TRABAJA	TOTAL	SOCIAL	PRIMA	PRODUCCION	Inicio (litros)	Final (litros)																														
ORA	FECHA	TURNO	P1	1-P1	1-P2	1-P3	1-P4	PPC	PPM	PPMA	PPMB	PPM	PA	PP	PPC	TRABAJA	TRABAJA	TOTAL	SOCIAL	PRIMA	PRODUCCION	Inicio (litros)	Final (litros)																							
MARTES	1 de febrero de 2012	DIA	08	0.0	0.2	0.4	0.1	7.0	0.0	0.1	0.2	0.0	7.0	7.0	27.00.00	06.00.00	24.00.00	00000	00100	00000	000	00	10	00.00																						
MÉRCUL	2 de febrero de 2012	DIA	08	0.0	0.0	0.0	0.1	7.7	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	0.0	27.00.00	06.00.00	24.00.00	00100	00100	00100	000	00	10	00.00	Se usó 0.00 galones de anti-incrustante																					
JUEVES	3 de febrero de 2012	DIA	08	0.0	0.0	0.0	0.1	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	7.0	27.00.00	06.00.00	24.00.00	00100	00100	00100	000	00	10	00.00	Se usó 0.10 galones de anti-incrustante																					
VIERNES	4 de febrero de 2012	DIA	08	0.0	0.0	0.0	0.1	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	7.0	27.00.00	06.00.00	24.00.00	00100	00100	00100	000	00	10	00.00																						
SÁBADO	5 de febrero de 2012	DIA	08	0.0	0.0	0.0	0.1	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	7.0	27.00.00	06.00.00	24.00.00	00100	00100	00100	000	00	10	00.00	Se usó 0.00 galones de anti-incrustante																					
DOMINGO	6 de febrero de 2012	DIA	08	0.0	0.0	0.0	0.1	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	7.0	27.00.00	06.00.00	24.00.00	00100	00100	00100	000	00	10	00.00																						
LUNES	7 de febrero de 2012	DIA	08	0.0	0.0	0.0	0.1	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	7.0	27.00.00	06.00.00	24.00.00	00100	00100	00100	000	00	10	00.00	Se usó 0.00 galones de anti-incrustante																					
MARTES	8 de febrero de 2012	DIA	08	0.0	0.0	0.0	0.1	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	7.0	27.00.00	06.00.00	24.00.00	00100	00100	00100	000	00	10	00.00	Se usó 0.17 galones de anti-incrustante																					
MÉRCUL	9 de febrero de 2012	DIA	08	0.0	0.0	0.0	0.1	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	7.0	27.00.00	06.00.00	24.00.00	00100	00100	00100	000	00	10	00.00																						
JUEVES	10 de febrero de 2012	DIA	08	0.0	0.0	0.0	0.1	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	7.0	27.00.00	06.00.00	24.00.00	00100	00100	00100	000	00	10	00.00	Se usó 0.00 galones de anti-incrustante																					
VIERNES	11 de febrero de 2012	DIA	08	0.0	0.0	0.0	0.1	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	7.0	27.00.00	06.00.00	24.00.00	00100	00100	00100	000	00	10	00.00	Se usó 0.00 galones de anti-incrustante																					
SÁBADO	12 de febrero de 2012	DIA	08	0.0	0.0	0.0	0.1	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	7.0	27.00.00	06.00.00	24.00.00	00100	00100	00100	000	00	10	00.00	Se usó 0.00 galones de anti-incrustante																					
DOMINGO	13 de febrero de 2012	DIA	08	0.0	0.0	0.0	0.1	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	7.0	27.00.00	06.00.00	24.00.00	00100	00100	00100	000	00	10	00.00																						
LUNES	14 de febrero de 2012	DIA	08	0.0	0.0	0.0	0.1	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	7.0	27.00.00	06.00.00	24.00.00	00100	00100	00100	000	00	10	00.00	Se usó 0.00 galones de anti-incrustante																					
MARTES	15 de febrero de 2012	DIA	08	0.0	0.0	0.0	0.1	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	7.0	27.00.00	06.00.00	24.00.00	00100	00100	00100	000	00	10	00.00																						
MÉRCUL	16 de febrero de 2012	DIA	08	0.0	0.0	0.0	0.1	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	7.0	27.00.00	06.00.00	24.00.00	00100	00100	00100	000	00	10	00.00	Se usó 0.00 galones de anti-incrustante																					
JUEVES	17 de febrero de 2012	DIA	08	0.0	0.0	0.0	0.1	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	7.0	27.00.00	06.00.00	24.00.00	00100	00100	00100	000	00	10	00.00	Se usó 0.10 galones de anti-incrustante																					
VIERNES	18 de febrero de 2012	DIA	08	0.0	0.0	0.0	0.1	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	7.0	27.00.00	06.00.00	24.00.00	00100	00100	00100	000	00	10	00.00																						
SÁBADO	19 de febrero de 2012	DIA	08	0.0	0.0	0.0	0.1	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	7.0	27.00.00	06.00.00	24.00.00	00100	00100	00100	000	00	10	00.00	Se usó 0.00 galones de anti-incrustante																					
DOMINGO	20 de febrero de 2012	DIA	08	0.0	0.0	0.0	0.1	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	7.0	27.00.00	06.00.00	24.00.00	00100	00100	00100	000	00	10	00.00																						
LUNES	21 de febrero de 2012	DIA	08	0.0	0.0	0.0	0.1	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	7.0	27.00.00	06.00.00	24.00.00	00100	00100	00100	000	00	10	00.00	Se usó 0.10 galones de anti-incrustante																					
MARTES	22 de febrero de 2012	DIA	08	0.0	0.0	0.0	0.1	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	7.0	27.00.00	06.00.00	24.00.00	00100	00100	00100	000	00	10	00.00	CORTE DE ENERGIA ELECTRICA POR LA NOCHE, 3 CORTES DE ENERGIA POR LA NOCHE																					
MÉRCUL	23 de febrero de 2012	DIA	08	0.0	0.0	0.0	0.1	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	7.0	27.00.00	06.00.00	24.00.00	00100	00100	00100	000	00	10	00.00																						
JUEVES	24 de febrero de 2012	DIA	08	0.0	0.0	0.0	0.1	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	7.0	27.00.00	06.00.00	24.00.00	00100	00100	00100	000	00	10	00.00	Se usó 0.00 galones de anti-incrustante																					
VIERNES	25 de febrero de 2012	DIA	07	0.0	0.0	0.0	0.0	7.7	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	7.0	27.00.00	06.00.00	24.00.00	00100	00100	00100	000	00	10	00.00	CORTE DE ENERGIA ELECTRICA TODA LA NOCHE																					
SÁBADO	26 de febrero de 2012	DIA	07	0.0	0.0	0.0	0.0	7.7	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	7.0	27.00.00	06.00.00	24.00.00	00100	00100	00100	000	00	10	00.00	CORTE DE ENERGIA ELECTRICA VARIA (PORTLANDEROS)																					
DOMINGO	27 de febrero de 2012	DIA	07	0.0	0.0	0.0	0.0	7.7	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	7.0	27.00.00	06.00.00	24.00.00	00100	00100	00100	000	00	10	00.00	Se usó 0.70 galones de anti-incrustante																					
LUNES	28 de febrero de 2012	DIA	08	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	7.0	27.00.00	06.00.00	24.00.00	00100	00100	00100	000	00	10	00.00	Se usó 0.10 galones de anti-incrustante																					
																						900.0000	700.00																							

- LEYENDA:
- PA - PRESION ALIMENTACION
  - 1-P1 - PRESION ENTRADA FILTRO 1
  - 1-P2 - PRESION SALIDA FILTRO 1
  - 1-P3 - PRESION ENTRADA FILTRO 2
  - 1-P4 - PRESION SALIDA FILTRO 2
  - PPC - PRESION BOQUETA FILTRO CARTUCHO
  - PPM - PRESION SALIDA FILTRO CARTUCHO
  - PPMA - PRESION DE INGRESO MEMBRANA
  - PPMB - PRESION INTERMEDIA MEMBRANA
  - PPM - PRESION DE SALIDA MEMBRANA
  - PPR - PRESION DE ALIMENTACION
  - PPR - PRESION DE ALIMENTACION PRIMARIO
  - PPR - PRESION DE ALIMENTACION SECUNDARIO

Anexo 11. Tabla de criterios de evaluación de ocurrencia (O), severidad (S) y detección (D).

TABLA DE CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE SEVERIDAD, OCURRENCIA Y DETECCIÓN			
Ponderación	Severidad (S)	Ocurrencia (O)	Detección (D)
10	Peligro imprevisible	Muy alta	Casi imposible
9	Peligro previsible	Falla es casi inevitable	Muy remota
8	Muy alto	Alta	Remota
7	Alto	Fallado frecuentemente	Mínima
6	Moderado	Moderada	Muy baja
5	Bajo	Experimento fallas	Baja
4	Muy bajo	Ocasional	Altamente moderada
3	Pequeño	Baja	Moderado
2	Muy pequeño	Muy baja	Muy alta
1	Ninguno	Remota	Casi seguro

Fuente. Elaboración propia

Anexo 12. Tablas Análisis AMEF de los equipos críticos de la planta de ósmosis inversa.

Proceso: MANTENIMIENTO			Elaborador por:					
Equipo: Tablero eléctrico de control de pozo subterráneo			Críticidad: Crítico					
Fecha AMEF inicial: dd/ mm /2022			Fecha AMEF final: dd/ mm /2022					
Modos de fallo	Efecto potencial del fallo	Causa potencial del fallo	Controles actuales	Condiciones actuales			Acciones recomendadas	
				O	S	D		índice prioritario del riesgo (NPR)
Sobrecarga variador de velocidad	interrupción del funcionamiento del motor	incremento en el consumo en el amperaje	Ninguno	7	7	6	294	Revisar la carga a levantar
Sobrecalentamiento de contactor de potencia	Interrupción del flujo de energía	mala conexión en cableado	Revisión del cableado	6	6	4	144	Revisar aislamiento



<b>Proceso:</b> MANTENIMIENTO				<b>Elaborado por:</b>			
<b>Equipo:</b> Bomba centrífuga tipo turbina				<b>Criticidad:</b> Crítico			
<b>Fecha AMEF inicial:</b> dd/ mm /2022				<b>Fecha AMEF final:</b> dd/ mm /2022			
Modos de fallo	Efecto potencial del fallo	Causa potencial del fallo	Controles actuales	Condiciones actuales			Acciones recomendadas
				O	S	D	
Flexión del eje	Parada de la bomba	Desalineamiento desgaste de malla protectora en succión	Ninguno	6	10	10	Riesgo de fallo alto Cambiar malla de protección. Tener bomba de repuesto
Falla eléctrica devanado	Parada de la bomba	recalentamiento Por esfuerzo	Ninguno	5	10	10	Riesgo de fallo alto Evitar esforzar al motor/ colocar filtro en la succión.

<b>Proceso:</b> MANTENIMIENTO				<b>Elaborado por:</b>			
<b>Equipo:</b> Filtro multimedia de turbidez				<b>Criticidad:</b> Crítico			
<b>Fecha AMEF inicial:</b> dd/ mm /2022				<b>Fecha AMEF final:</b> dd/ mm /2022			
Modos de fallo	Efecto potencial del fallo	Causa potencial del fallo	Controles actuales	Condiciones actuales			Acciones recomendadas
				O	S	D	
Falla en sellos mecánicos	Filtración de sustancias contaminantes	Desgaste del sello	Ninguno	6	8	6	Riesgo de fallo medio Colocar adecuadamente los sellos en mtto.
Rotura de tubería	Expulsión de agua	Sobre presión	Ninguno	3	10	10	Riesgo de fallo medio Cambiar tubería por repuesto

<b>Proceso:</b> MANTENIMIENTO			<b>Proveedor del equipo:</b>					
<b>Equipo:</b> Motor eléctrico 3 $\Phi$ 230/460 V de Bomba de baja presión			<b>Criticidad:</b> Crítico					
<b>Fecha AMEF inicial:</b> dd/ mm /2022			<b>Fecha AMEF final:</b> dd/ mm /2022					
Modos de fallo	Efecto potencial del fallo	Causa potencial del fallo	Controles actuales	Condiciones actuales			Acciones recomendadas	
				O	S	D		índice prioritario del riesgo (NPR)
Falla en conexiones eléctricas	Cortocircuito en caja de conexiones	Mal aislamiento de los cables en bornes	Mtto del motor	6	9	10	Riesgo de fallo alto	Sujetar bien los cables a los bornes/cambiar bornes flojos

<b>Proceso:</b> MANTENIMIENTO			<b>Elaborado por:</b>					
<b>Equipo:</b> Filtro tipo cartucho Shelco 5 micras			<b>Criticidad:</b> Crítico					
<b>Fecha AMEF inicial:</b> dd/ mm /2022			<b>Fecha AMEF final:</b> dd/ mm /2022					
Modos de fallo	Efecto potencial del fallo	Causa potencial del fallo	Controles actuales	Condiciones actuales			Acciones recomendadas	
				O	S	D		índice prioritario del riesgo (NPR)
Cartuchos sucios	Calidad del agua	Acumulación de residuos y sedimentos	Ninguna	5	10	8	Riesgo de fallo medio	Medición calidad del agua constante

<b>Proceso:</b> MANTENIMIENTO			<b>Elaborado por:</b>					
<b>Equipo:</b> Bomba dosificadora antiincrustante 100/220 V			<b>Criticidad:</b> Crítico					
<b>Fecha AMEF inicial:</b> dd/ mm /2022			<b>Fecha AMEF final:</b> dd/ mm /2022					
Modos de fallo	Efecto potencial del fallo	Causa potencial del fallo	Controles actuales	Condiciones actuales			Acciones recomendadas	
				O	S	D		índice prioritario del riesgo (NPR)
Falla en conexiones eléctricas	Parada de bomba	Cables flojos en bornes	Revisión de bornes	5	10	9	Riesgo de falla medio	Revisar y ajustar cables a los bornes

<b>Proceso:</b> MANTENIMIENTO			<b>Elaborado por:</b>				
<b>Equipo:</b> Motor eléctrico de bomba 3 $\Phi$ 230/460 V			<b>Criticidad:</b> Crítico				
<b>Fecha AMEF inicial:</b> dd/ mm /2022			<b>Fecha AMEF final:</b> dd/ mm /2022				
Modos de fallo	Efecto potencial del fallo	Causa potencial del fallo	Controles actuales	Condiciones actuales			Acciones recomendadas
				O	S	D	
Falla de rodamientos	Esfuerzo y recalentamiento del motor	Falta de lubricación	ninguna	6	9	4	Riesgo de falla medio Lubricación frecuente de los rodamientos

<b>Proceso:</b> MANTENIMIENTO			<b>Elaborado por:</b>				
<b>Equipo:</b> Tablero eléctrico de planta de ósmosis inversa			<b>Criticidad:</b> Crítico				
<b>Fecha AMEF inicial:</b> dd/ mm /2022			<b>Fecha AMEF final:</b> dd/ mm /2022				
Modos de fallo	Efecto potencial del fallo	Causa potencial del fallo	Controles actuales	Condiciones actuales			Acciones recomendadas
				O	S	D	
Sobrecarga	Sobrecalentamiento disparo de alarma del sistema	Cableado mal conectado/ repuesto inadecuado	Limpieza y revisión de cableado	6	8	8	Riesgo de fallo medio Limpieza y medición de tensión y amperaje

<b>Proceso:</b> MANTENIMIENTO			<b>Elaborado por:</b>				
<b>Equipo:</b> Tablero eléctrico de control de bombas de impulsión			<b>Criticidad:</b> Crítico				
<b>Fecha AMEF inicial:</b> dd/ mm /2022			<b>Fecha AMEF final:</b> dd/ mm /2022				
Modos de fallo	Efecto potencial del fallo	Causa potencial del fallo	Controles actuales	Condiciones actuales			Acciones recomendadas
				O	S	D	
Recalentamiento de contactores	Disparo de protección	Repuesto inadecuado	Ninguno	6	9	9	Riesgo de fallo medio Colocar repuestos de calidad, ajustar correctamente cableado/ Cebarr bomba

<b>Proceso:</b> MANTENIMIENTO				<b>Elaborado por:</b>				
<b>Equipo:</b> Motor eléctrico 3 $\Phi$ 230/460 V de bomba de impulsión				<b>Criticidad:</b> Crítico				
<b>Fecha AMEF inicial:</b> dd/ mm /2022				<b>Fecha AMEF final:</b> dd/ mm /2022				
Modos de fallo	Efecto potencial del fallo	Causa potencial del fallo	Controles actuales	Condiciones actuales			índice prioritario del riesgo (NPR)	Acciones recomendadas
				O	S	D		
Falla en sellos mecánicos	Cortocircuito en cableado	Filtración de agua	Ninguno	4	10	10	Riesgo de Fallo medio	Colocar correctamente los sellos/ cambiar los desgastados
Falla de rodamientos	Parada del motor	desalineamiento	Ninguno	5	10	10	Riesgo de fallo medio	Lubricar rodamientos frecuentemente

Fuente. Elaboración propia.

Anexo 13. Tabla Cronograma de plan de mantenimiento de la Planta de Osmosis Inversa.





Anexo 16. Tabla Formato de trabajo de mantenimiento.

		<b>TRABAJO DE MANTENIMIENTO</b>			APROBADO:
					CODIGO:
					AREA:
<b>Fecha:</b>		<b>Orden de mantenimiento</b>			
<b>Departamento:</b>		<b>Duración</b>	<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	
<b>Equipo:</b>		<b>Inicio:</b>			
<b>N° trabajadores</b>		<b>Fin</b>			
<b>TIPO DE TRABAJO</b>		Mecanico <input type="checkbox"/>	Eléctrico <input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>	
<b>TIPO DE MANTENIMIENTO</b>		Preventivo <input type="checkbox"/>	Correctivo <input type="checkbox"/>		
<b>RESPONSABLE</b>					
<b>Propio</b> <input type="checkbox"/>	<b>Operario</b>				
<b>Tercero</b> <input type="checkbox"/>	<b>Proveedor</b>				
<b>TRABAJO EJECUTIVO</b>					
<b>PROBLEMA</b>		<b>CAUSA</b>		<b>SOLUCIÓN</b>	
<b>OBSERVACIONES:</b>					

Fuente. Elaboración propia.

### Anexo 17. Diferencia en gastos en reparación anteriores y post repaciones

Ítem	Equipo	Gastos por reparaciones anteriores al mant
1	TABLERO ELECTRICO DE CONTROL DE BOMBA DE ALIMENTACION.	1320.00
2	MOTOR ELECTRICO DE ALIMENTACION 3~ 220/ 380 V.	1910.00
3	TABLERO ELECTRICO DE CONTROL DEL POZO SUBTERRANEO.	1179.00
4	MOTOR ELECTRICO 3~ 440 V DE TIPO VERTICAL.	1990.00
5	BOMBA DE TIPO TURBINA	5665.44
6	FILTRO MULTIMEDIA TURBIDEZ.	4910.05
7	MOTOR ELECTRICO 3~ 230/460 V DE BOMBA DE BAJA PRESION.	3283.69
8	FILTRO TIPO CARTUCHO SHELCO DE 5 MICRAS.	755.39
9	BOMBA DE DOSIFICACION DE ANTICRUSTANTE 100/220 V.	1068.50
10	MOTOR ELECTRICO DE BOMBA 3~ 230/460 V.	4116.89
11	BOMBA DE ALTA DE TIPO HORIZONTAL.	4116.89
12	TABLERO ELECTRICO DE CONTROL DE LA PLANTA DE OSMOSIS INVERSA.	4532.35
13	MEMBRANAS DE AGUA DE MAR.	2606.10
14	TABLERO ELECTRICO DE CONTROL DE BOMBAS DE IMPULSIÓN.	1179.00
15	MOTOR ELECTRICO 3~ 230/460 V DE BOMBA IMPULSIÓN.	1120.00
	<b>Costo mensual</b>	<b>39753.30</b>

Ítem	Equipo	Gastos por reparaciones posteriores al mant.
1	TABLERO ELECTRICO DE CONTROL DE BOMBA DE ALIMENTACION.	750.9
2	MOTOR ELECTRICO DE ALIMENTACION 3~ 220/ 380 V.	500
3	TABLERO ELECTRICO DE CONTROL DEL POZO SUBTERRANEO.	500
4	MOTOR ELECTRICO 3~ 440 V DE TIPO VERTICAL.	190
5	BOMBA DE TIPO TURBINA	300
6	FILTRO MULTIMEDIA TURBIDEZ.	170
7	MOTOR ELECTRICO 3~ 230/460 V DE BOMBA DE BAJA PRESION.	180
8	FILTRO TIPO CARTUCHO SHELCO DE 5 MICRAS.	755.39
9	BOMBA DE DOSIFICACION DE ANTICRUSTANTE 100/220 V.	120
10	MOTOR ELECTRICO DE BOMBA 3~ 230/460 V.	100
11	BOMBA DE ALTA DE TIPO HORIZONTAL.	180
12	TABLERO ELECTRICO DE CONTROL DE LA PLANTA DE OSMOSIS INVERSA.	2000
13	MEMBRANAS DE AGUA DE MAR.	2000
14	TABLERO ELECTRICO DE CONTROL DE BOMBAS DE IMPULSIÓN.	500
15	MOTOR ELECTRICO 3~ 230/460 V DE BOMBA IMPULSIÓN.	600
	<b>Costo mensual</b>	<b>8846.29</b>



## Anexo 18. Planos de equipos.

### 2.7 Resumen de producto

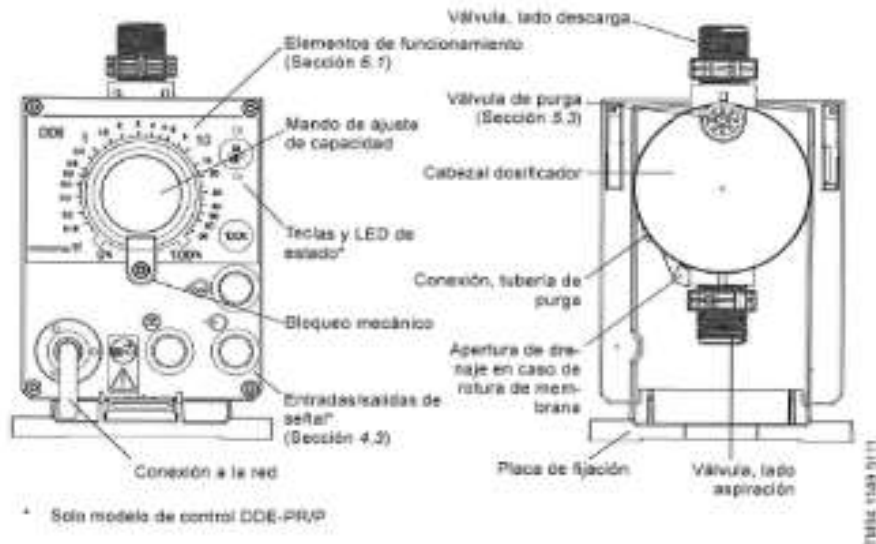


Fig. 2 Resumen

### 3. Datos técnicos / Dimensiones

#### 3.1 Datos técnicos

Datos		6-10	15-4
Relación de reducción (rango de ajustes)		[1:X]	1000
Capacidad de dosificación máxima	[l/h]	6,0	15,0
	[g/h]	1,5	4,0
Capacidad de dosificación mín.	[l/h]	0,008	0,016
	[g/h]	0,0015	0,0040
Presión máx. de funcionamiento	[bar]	10	4
	[psi]	150	60
<b>Datos mecánicos</b>			
Frecuencia máx. de cámara		[cámaras/min]	140
Volumen de cámara		[ml]	0,81
Exactitud de repetibilidad		[%]	± 5
Altura máx. de aspiración durante el funcionamiento <sup>1)</sup>		[m]	6
Altura de aspiración máx. cuando se ceba con válvulas mojadas <sup>1)</sup>		[m]	2
Diferencia mín. de presión entre el lado de aspiración y de descarga		[bar]	1

# Ampco Pumps

Sanitary Marine Industrial

<b>Date:</b>	10/24/2017	<b>Phone:</b>	
<b>Customer:</b>	AQA QUIMICA	<b>Fax:</b>	
<b>Contact:</b>		<b>Email:</b>	

Application Data – CUSTOMER SPECIFIED					
Product & Conditions	Flow Rate	TDH	Viscosity	Specific Gravity	Temperature
WATER	221 GPM	30 PSI	1.105	1.0	AMBIENT

Pump Selection-					
Model	Material	Assembly	Connection	Port Sizes	Impeller Size
ABZC2-325-100	NI-AL-BZ	CLOSE COUPLE	FLANGE	3" X 2.5"	4.875"

Seal Selection						
Type	Size	Seat	Rotating	Elastomers	Metallics	Cover Gasket
TYPE 21	1-1/4"	CERAMIC	CARBON	BUNA	T-304	LEXIDE

Motor Selection GM5G14394 (EJMM3616T)							
HP	Frame	Enclosure	Efficiency	RPM	Ph - Hz - Voltage	SF	Manufacturer
7.5	184JM	TEFC	PREMIUM	3450	230-460/3/60	1.15	BALDOR

39425.0

## Technical Proposal



Pump Data	
Model	MSB-5519
Stages	19
Flow	221 gpm
Inlet Pressure	25 psi
Discharge Pressure	335 psi
Feed Temp	77 °F
Feed TDS	4,500
Feed SG (Calc)	0.999
Efficiency	76.0%
RPM	3,348
NPSHR	13 ft
Absorbed Power	52.6 hp
Pump Weight	261 lb

Material	
Pump Shell	316SS
Shaft	Duplex SS 2205 wrought
Inlet & Outlet	316SS
Stage Bearings	Non-metallic
Motor Adapter	Aluminium Alloy (anodized)
Motor Coupling	Steel, Nickel Plated (Flexibla-disc Type)
Motor Coupling & Guard	316 SS
Leveling Foot	Steel (Powdercoated)
Motor Base	and Steel (Painted)
Mechanical Seal Faces	SiC/Graphite
Throttle Nipple	316SS
Impellers & Diffusers	316L SS
Spacer Sleeves	316L SS

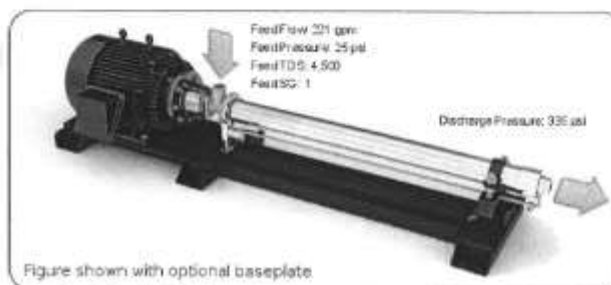
Pump Options	
Crating	
316L SS Stages	
Motor Junction Box Position F1	
Standard Inlet Orientation	

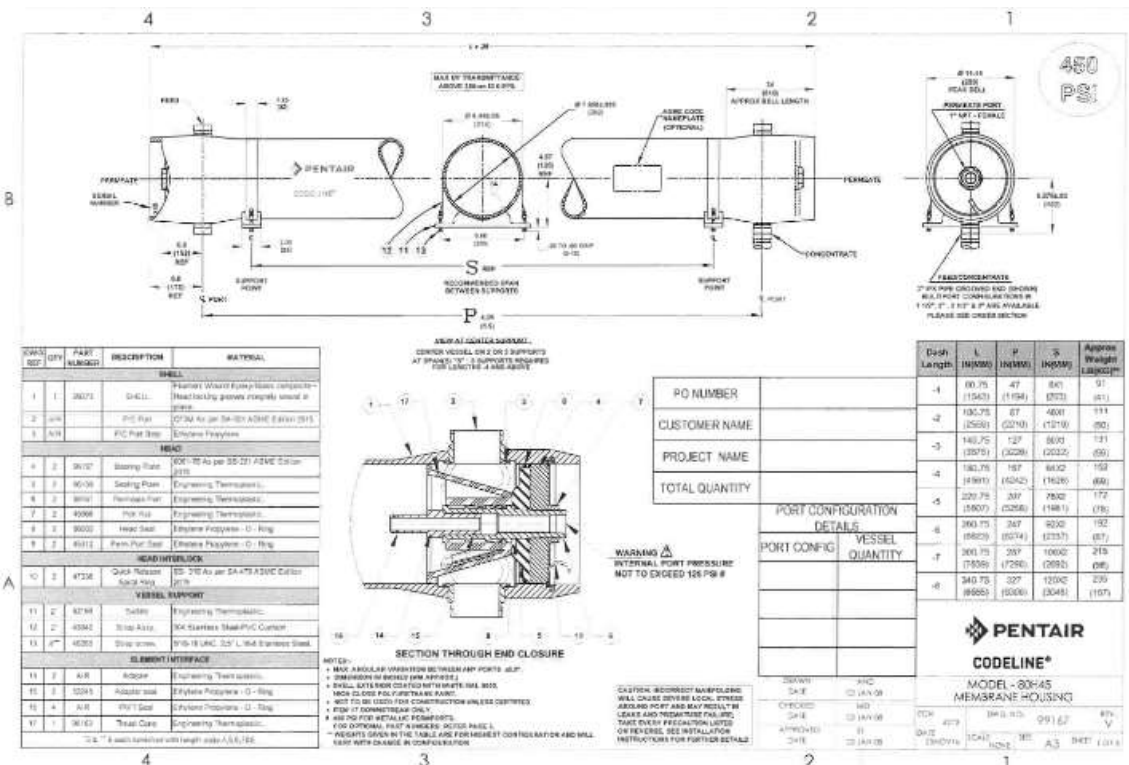
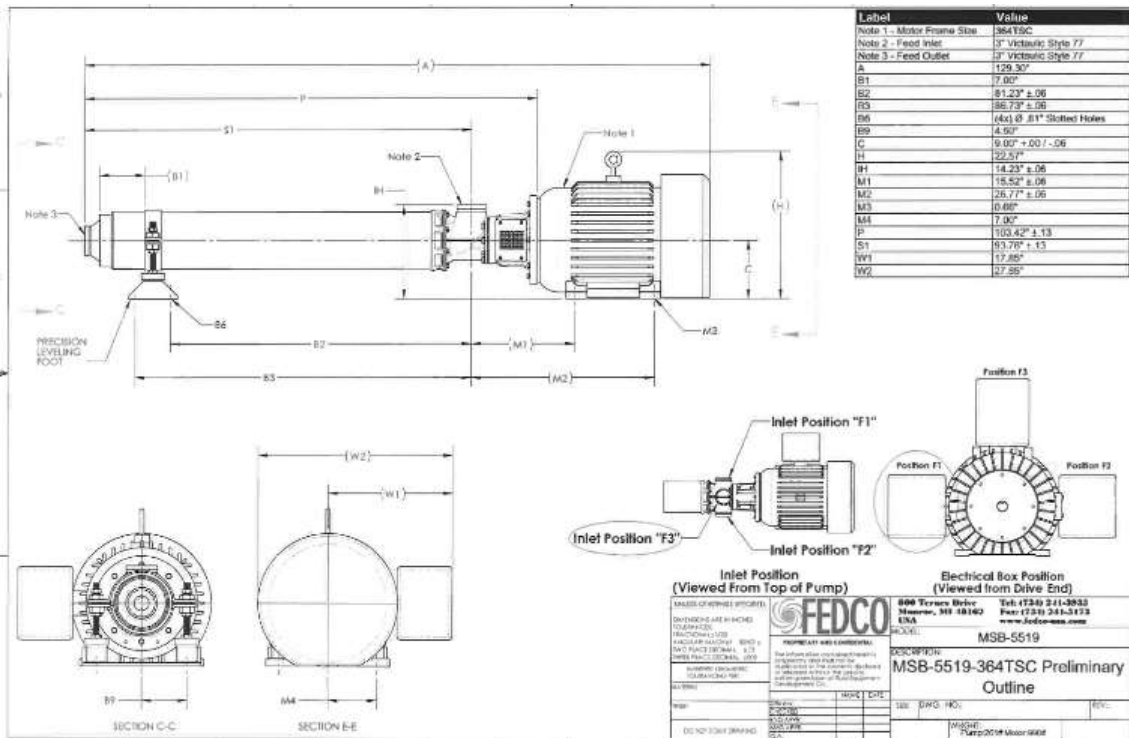
Features	
Thrust Bearing (water lubricated)	
Journal Bearings (water lubricated)	
Duty Point Performance Testing (non-witnessed)	
Hydrostatic Testing (non-witnessed)	
See Outline Drawing for additional information	

Motor Data	
Manufacturer	WEG Electric Corp. or equivalent
Power Rating (HP)	60.0 - 460/60/3
Service Factor	1
Efficiency	93.6%
Full Load Amps	67.0
Frame	364TSC
Enclosure	TEFC
Electric Power	42 kW
Unit Weight	990 lb

**Feed Pressure Control**  
 Centrifugal pumps require a way to adjust the discharge pressure to match the membrane requirement. There are two ways  
 - Use a variable frequency drive (VFD) to adjust pump speed  
 - Use a pressure control valve on the pump discharge  
 FEDCO can recommend which approach is best for your system  
 Note: Motors supplied by FEDCO are rated by the supplier for the indicated duty conditions. Contact FEDCO for details.

Drive Data	
Manufacturer	Yaskawa or equivalent
Type	VFD
Enclosure	NEMA 1
Model	4A0072FAA
Dimensions (in)	20.28x10.98x10.16
Electric Power	43 kW
Unit Weight	60 lb





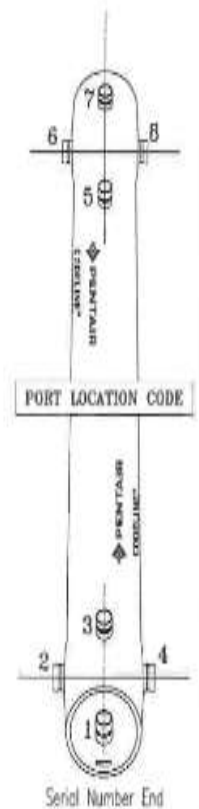
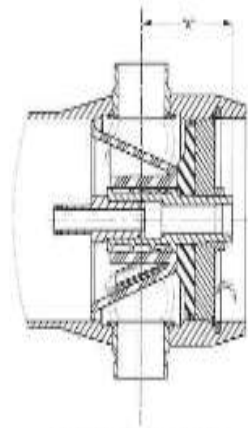
BEARING PLATE PART NUMBERS		
PERMEATE PORT SIZE	ALUMINIUM	SS316L ##
1.0" / 1.25"	96152	92476
1.5"	96411	97371

SEALING PLATE PART NUMBERS	
Standard used for Aluminium BP	96159
Optional used for SS316L BP	97404

PERM PORT RETAINER RING & PORT NUT PART NUMBERS	
SIZE	Part Number
1.0" / 1.25"	45008
1.5"	45247

STRAP ASSEMBLY PART NUMBERS		
SS304	SS316	SS316L
45042	46925	94371

F/C PORT & SEAL PART NUMBER				
SIZE	*CF3M	**CD3MN	***CD3MWCuN	SEAL
3"	97852	97903	97856	98621
2.5"	97851	97902	97855	96079
2.0"	97850	97901	97854	96078
1.5"	97849	97900	97853	96077



PERMEATE PORT PART NUMBERS & PERMPORT TO F/C PORT OFFSET DISTANCE											
SIZE	MATERIAL	FNPT		MNPT		BSPTF		BSPTM		IPS GROOVED	
		PART NUMBER	DIM "A"	PART NUMBER	DIM "A"	PART NUMBER	DIM "A"	PART NUMBER	DIM "A"	PART NUMBER	DIM "A"
1.0"	NORYL	96161	6.0	97376	7.0	97664	6.0	97384	7.0	97669	7.2
	SS316L ##	97247	6.0	97379	7.0	97382	6.0	97385	7.0	97388	7.3
	ZERON 100	97295	6.0	97380	7.0	97383	6.0	97386	7.0	97389	7.3
1.25"	NORYL	NA	NA	97665	7.0	NA	NA	97666	7.0	97667	7.2
	SS316L ##	NA	NA	97390	7.0	NA	NA	97392	7.0	97167	7.3
	ZERON 100	NA	NA	97391	7.0	NA	NA	97393	7.0	97395	7.3
1.5"	NORYL	NA	NA	97668	6.6	NA	NA	97399	6.6	97669	7.2
	SS316L ##	NA	NA	97397	6.6	NA	NA	97400	6.6	97448	7.2
	ZERON 100	NA	NA	97398	6.6	NA	NA	97401	6.6	97403	7.2

- NOTES
- DIMENSION IN INCHES (MM APPROX.)
  - \* GRADE CF3M AS PER SA-351 ASME EDITION 2015
  - \*\* GRADE CD3MN AS PER SA-995 (UNS-J92205) ASME EDITION 2015
  - \*\*\* GRADE CD3MWCuN AS PER SA-995 (J 93380) ASME EDITION 2015
  - # GRADE ZERON 100 AS PER SA-479 ASME EDITION 2015.
  - # # GRADE SS-316L AS PER SA-479 ASME EDITION 2015.
  - + OPTIONAL STRAP ASSEMBLY WITH SS316 & 316L MATERIAL SHALL BE SUPPLIED AS PER METRIC STANDARDS

CODE LINE BODY LABELS ARE PLACED AT 90° TO SERIAL NUMBER END AND AT 270° ON THE OPPOSITE SIDE END



MODEL	IPS	MODEL - 80H45			
CREATED	14 OCT 16	MEMBRANE HOUSING			
APPROVED	14 OCT 16	REV	99167	REV	V
DATE	14 OCT 16	DATE	14 OCT 16	DATE	14 OCT 16

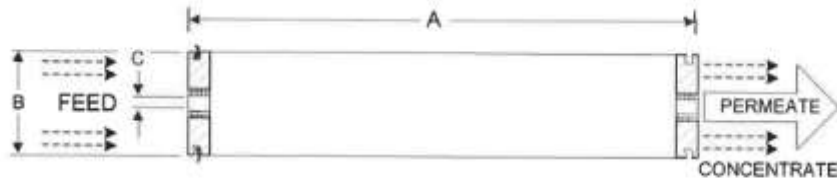
Membrane Element		SWC5-LD (Low Fouling Technology)
<b>Performance:</b>	Permeate Flow:	9,000 gpd (34.1 m <sup>3</sup> /d)
	Salt Rejection:	99.8% (99.7% minimum)
<b>Type</b>	Configuration:	Low Fouling Spiral Wound
	Membrane Polymer:	Composite Polyamide
	Membrane Active Area:	400 ft <sup>2</sup> (37.1 m <sup>2</sup> )
	Feed Spacer:	34 mil (0.864 mm)
<b>Application Data*</b>	Maximum Applied Pressure:	1200 psig (8.27 MPa)
	Maximum Chlorine Concentration:	< 0.1 PPM
	Maximum Operating Temperature:	113 °F (45 °C)
	pH Range, Continuous (Cleaning):	2-11 (1-13)*
	Maximum Feedwater Turbidity:	1.0 NTU
	Maximum Feedwater SDI (15 mins):	5.0
	Maximum Feed Flow:	75 GPM (17.0 m <sup>3</sup> /h)
	Minimum Ratio of Concentrate to Permeate Flow for any Element:	5:1
Maximum Pressure Drop for Each Element:	15 psi	

\* The limitations shown here are for general use. For specific projects, operating at more conservative values may ensure the best performance and longest life of the membrane. See Hydranautics Technical Bulletins for more detail on operation limits, cleaning pH, and cleaning temperatures.

### Test Conditions

The stated performance is initial (data taken after 30 minutes of operation), based on the following conditions:

32,000 ppm NaCl  
800 psi (5.5 MPa) Applied Pressure  
77 °F (25 °C) Operating Temperature  
10% Permeate Recovery  
6.5 - 7.0 pH Range



A, inches (mm)	B, inches (mm)	C, inches (mm)	Weight, lbs. (kg)
40.0 (1016)	7.89 (200)	1.125 (28.6)	33 (15)

Notice: Permeate flow for individual elements may vary + or - 15 percent. Membrane active area may vary +/4%. Element weight may vary. All membrane elements are supplied with a brine seal, interconnector, and o-rings. Elements are enclosed in a sealed polyethylene bag containing less than 1.0% sodium meta-bisulfite solution, and then packaged in a cardboard box.

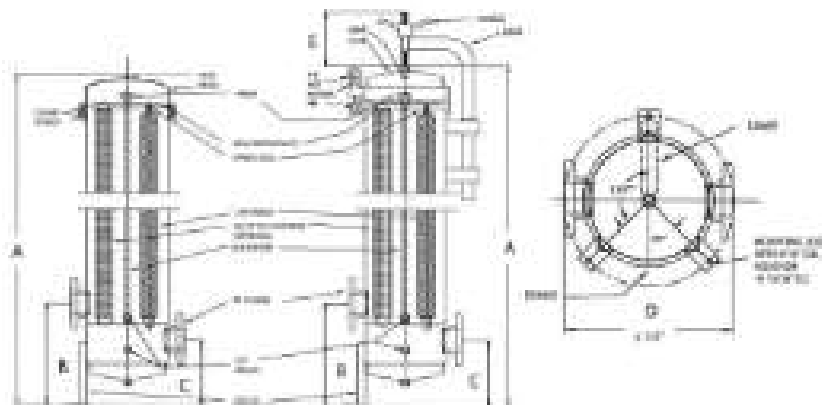
Hydranautics believes the information and data contained herein to be accurate and useful. The information and data are offered in good faith, but without guarantee, as conditions and methods of use of our products are beyond our control. Hydranautics assumes no liability for results obtained or damages incurred through the application of the presented information and data. It is the user's responsibility to determine the appropriateness of Hydranautics products for the user's specific end uses. 4/2016

Hydranautics Corporate: 401 Jones Road, Oceanside, CA 92058  
1-800-CPA-PURE Phone: 760-901-2500 Fax: 760-901-2578 info@Hydranautics.com

MODEL	STANDARD LENGTH OF CARTRIDGE	RATED FLOW CAPACITY* (GPM/LPM)	INLET / OUTLET PIPE SIZE	MAXIMUM OPERATING PRESSURE	CLAMP STYLE		FLANGE BOLT STYLE			
					A	A	B	C	B	B
12F05	12.00"	98-998	2"	2.24"	30.10" (765.2 cm)	48.10" (1221.2 cm)	11.20" (284.1 cm)	10" (254 mm)	16.11" (409.3 mm)	8" (203.2 mm)
12F09	12.00"	232-904	2"	2.24"	48.10" (1221.2 cm)	66.10" (1678.2 cm)	11.20" (284.1 cm)	10" (254 mm)	16.11" (409.3 mm)	8" (203.2 mm)
12F09A	12.00"	236-1270	2"	2.24"	58.10" (1475.2 cm)	66.10" (1678.2 cm)	11.20" (284.1 cm)	10" (254 mm)	16.11" (409.3 mm)	8" (203.2 mm)
22F09A	20.00"	480-1348	4"	2.20"	60.00" (1524.0 cm)	60.00" (1524.0 cm)	16.10" (408.7 cm)	6.10" (154.9 cm)	27.000 cm	10" (254 mm)
12F09A*	20.00"	3-9-2320	4"	2.20"	60.00" (1524.0 cm)	60.00" (1524.0 cm)	11.10" (281.3 cm)	6.10" (154.9 cm)	27.000 cm	10" (254 mm)

- \* Available in 20' cartridge length: 20' = 50.80" or 129.27" or 12' = 30.48" or 30.48" or 20' = 50.80" or 129.27"
- Flow rate is given in GPM with a 10% safety margin and a 2 PSI drop and 100% duty cycle. Flow rate not to be exceeded.
- Cartridge flow is based on 100% viscosity, cartridge type, and flow rate and other factors.
- Referencing 200-008 conversion, you may change to a 1/4" NPT housing if you need a 1/4" NPT cartridge.

### Dimensions



### Ordering Guide (Example: 12F05258-316-222-3F-GP-B)

MODEL	STANDARD LENGTH OF CARTRIDGE	FLOW RATE TYPE	MATERIAL	CARTRIDGE CONFIGURATION	CONNECTION SIZE	CONNECTION TYPE	OPTIONS	CAUTION
12F05	12.00"	98-998	316	222	3"	F	GP	B
12F05	12.00"	98-998	316	222	3"	F	GP	B

\* Available in 20' size

### Customization

Housings may be customized to meet your precise requirements. Contact Shelco's technical support staff or your distributor for more information.



**Shelco Filters**  
 100 Bradley Street  
 Middletown, CT 06457 USA  
 Tel: 800-543-3843 / Fax: 860-854-6120 / E-mail: info@shelco.com

Shelco Filters is a registered trademark of Shelco Filters, Inc. All other trademarks are the property of their respective owners.

Shelco Filters, Inc. 2010-01-01

All dimensions are given in inches unless otherwise specified.

# Data sheet

valid from: 3/24/17



Ball valve type 182 PVC-U 100-230V  
Manual emergency override  
Solvent cement sockets Inch ASTM  
Incl. 2 threaded valve

**Model:**

- Voltage 100-230V, 50-60Hz
- Factory set control range 90°<
- Heating element, position feedback (Open/Close/ Middle)
- Integrated stainless steel mounting inserts

**Option:**

- Other valve and actuator configurations available
- Optional accessories: Fail-safe return unit, Monitoring board, Position controller, Profibus DP board

Size	DN	PN	kv-value	EA	EPDM	Weight	FPM	Weight
(inch)	(mm)	(bar)	(Δp=1 bar)		Code	(kg)	Code	(kg)
			(l/min)					
1/4	10	10	70	EA25	199 182 002	2.100	199 182 012	2.100
1/4	15	10	185	EA25	199 182 003	2.474	199 182 013	2.100
1/4	20	10	350	EA25	199 182 004	2.200	199 182 014	2.200
1	25	10	700	EA25	199 182 005	2.300	199 182 015	2.300
1 1/4	32	10	1000	EA25	199 182 006	2.600	199 182 016	2.600
1 1/2	40	10	1600	EA25	199 182 007	3.000	199 182 017	3.000
2	50	10	3100	EA25	199 182 008	3.800	199 182 018	3.800
2 1/2	65	10	5000	EA45	199 182 009	7.400	199 182 019	7.400
3	80	10	7000	EA120	199 182 010	9.800	199 182 020	9.800
4	100	10	11000	EA120	199 182 011	13.900	199 182 021	13.900

Size	D	H	H1	H2	H3	H5	L	L1	L2	L4	L5	L7	z
(inch)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1/4	50	231	27	64	94	167	105	180	56	25	97	122	67
1/4	50	231	27	64	94	167	105	180	56	25	97	122	61
1/4	58	240	30	73	94	167	121	180	65	25	97	122	70
1	68	240	36	73	94	167	133	180	71	25	97	122	76
1 1/4	84	251	44	84	94	167	154	180	85	45	97	122	90
1 1/2	97	251	51	84	94	167	164	180	89	45	97	122	94

**Folleto técnico**

**Pressostatos, tipo RT**



**Caractéristiques techniques et numéros de code**

Lors de la commande, indiquer le type et le numéro de code.

Les lettres utilisées dans les désignations ont la signification suivante:  
A: L'appareil convient à l'ammoniac.  
L: L'appareil est avec zone neutre réglable



RT 113 réglage manuel et façade avec fenêtres



RT 116 réglage à outil, façade sans fenêtres et capuchon protecteur

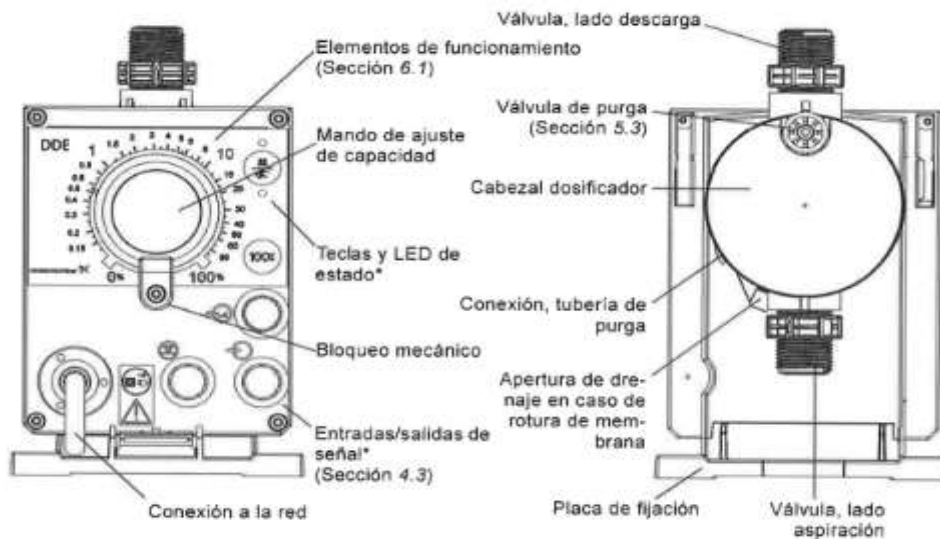
**Pressostat**

**Versions conseillées**

Plage de réglage (p <sub>0</sub> = pression relative)	Différentiel mécanique réglable/ fixe	Pression de service max. PB	Pression d'essai max. p'	Raccord de pression ISO 228/1	Code no.				Type
					017-521566	017-519566	017-519165	017-519266	
-1 → 0	0.09 → 0.4	7	8	G 3/8 A	017-521566				RT 121
0 → 0.3	0.01 → 0.05	0.4	0.5	G 3/8 A	017-519566				RT 113
0.1 → 1.1	0.07 → 0.16	7	8	G 3/8 A	017-519165			017-519366	RT 112
0.1 → 1.1	0.07	7	8	G 3/8 A			017-519266		RT 112
0.2 → 4	0.06 → 0.25	7	8	G 3/8 A	017-529166			017-529266	RT 110
0.2 → 3	0.06	7	8	G 3/8 A			017-511066		RT 110
-0.8 → 5	0.5 → 1.6	22	25	1/2 UNF	017-528566				RT 1
-0.8 → 5	0.5	22	25	1/2 UNF			017-524666		RT 1
-0.8 → 5	0.5 → 1.6	22	25	G 3/8 A *	017-500166				RT 1A
-0.8 → 5	0.5	22	25	G 3/8 A *			017-500266		RT 1A
-0.8 → 5	1.3 → 2.4	22	25	G 3/8 A *	017-500766				RT 1A
0.2 → 6	0.25 → 1.2	22	25	G 3/8 A	017-523766			017-524066	RT 200
0.2 → 6	0.25	22	25	G 3/8 A		017-523866	017-523966		RT 200
1 → 10	0.3 → 1.3	22	25	G 3/8 A	017-520366			017-520666	RT 116
1 → 10	0.3	22	25	G 3/8 A		017-520466	017-519966		RT 116
4 → 17	1.2 → 4	22	28	G 3/8 A	017-523566			017-523366	RT 5
4 → 17	1.2	22	28	G 3/8 A		017-509466 <sup>1)</sup>			RT 5
4 → 17	1.2 → 4	22	28	G 3/8 A *	017-504666 <sup>2)</sup>				RT 5A
4 → 17	1.2	22	28	G 3/8 A *		017-504766 <sup>2)</sup>			RT 5A
10 → 30	1 → 4	42	47	G 3/8 A *	017-529566			017-529666	RT 117

<sup>1)</sup> Raccord à souder Ø 8/ Ø 10 mm compris.  
<sup>2)</sup> Avec capuchon protecteur

## 2.7 Resumen de producto



\* Solo modelo de control DDE-PR/P

Fig. 2 Resumen

## 3. Datos técnicos / Dimensiones

### 3.1 Datos técnicos

Datos		6-10	15-4
	Relación de reducción (rango de ajustes)	[1:X]	1000
	Capacidad de dosificación máxima	[l/h]	6,0
		[gph]	1,5
	Capacidad de dosificación mín.	[l/h]	0,006
[gph]		0,0015	
Presión máx. de funcionamiento	[bar]	10	
	[psi]	150	
Datos mecánicos	Frecuencia máx. de carrera	[carreras/min]	140
	Volumen de carrera	[ml]	0,81
	Exactitud de repetibilidad	[%]	± 5
	Altura máx. de aspiración durante el funcionamiento <sup>1)</sup>	[m]	6
	Altura de aspiración máx. cuando se ceba con válvulas mojadas <sup>1)</sup>	[m]	2
	Diferencia mín. de presión entre el lado de aspiración y de descarga	[bar]	1
			3





## PRO Series Transmitter, Flow

**Product #:** PRO-F3A1N  
**USD Price:** Contact Hach  
**Available**

The economical PRO-F3 Transmitter is easy to use with its menu-guided user interface. The NEMA 4X enclosure can be panel, wall, pipe, or integral sensor mounted. The interface is identical to GLI's 33-series analyzers. Versatile 2, 3, or 4-wire hookup capability. Isolated 4-20 mA output. The transmitter is also passcode protected.

### Menu-guided Operation

The simple keypad and logical menu structure make this analyzer easy to use. Menu screens guide you through setup, calibration, operation, and test/maintenance functions.

### Isolated 0/4 - 20 mA Analog Output

The isolated analog output can be set to 0-20 mA or 4-20 mA, and assigned to represent the measured parameter or temperature. During calibration, the output is automatically held at the last measured value and, upon completion, returned to its active state.

### Multiple Language Capability

All screens can be selected for display in English, French, German, or Spanish.

### Passcode-protected Access

For security, use the passcode capability to restrict access to configuration settings and calibration to authorized personnel only.

### Versatile Hookup Capability

PRO-series transmitters can be wired in a two, three, or four-wire hookup arrangement to meet your application requirement.

---

## Specifications

Communication:	4-20 mA Output
Dimensions: Width:	95 mm with back cover
Display:	2-line by 16 character backlit LCD
Load:	Maximum permissible load dependent on power supply voltage, transmitter hookup arrangement, and wire resistance
Material:	Enclosure: Polycarbonate
Operating Temperature Range:	-20 to 60 °C at 0 to 95% RH (non-condensing)
Parameters:	Flow
Power Requirements (Voltage):	12 - 30 V DC
Relative Humidity:	0 - 95 % non-condensing
Repeatability:	± 0.05 % of span, at 25 °C
Response Time T90:	60 s
Storage Conditions:	-30 to 70 °C 0-95% Relative humidity, non-condensing
Temperature Compensation:	-10 -- 110 °C

**Table 1**  
**General Specifications and Pre-Installation Checklist**

Minimum/Maximum Operating Pressures	20 psi (138 kPa) -125 psi (862 kPa)		
Minimum/Maximum Operating Temperatures	40°F (4°C) – 110°F (43°C)		
Power Adapter:	U.S.		International
Supply Voltage	120V AC		230V AC
Supply Frequency	60 Hz		50 Hz
Output Voltage	20V or 24V AC	see Table 2	20V or 24V AC
Output Current	800 mA		1000 mA
No user serviceable parts are on the PC board, the motor, or the Power adapter. The means of disconnection from the main power supply is by unplugging the Power adapter from the wall.			
Service flow rate	WS2H Valve: 125 gpm (473 lpm, 28.4 m <sup>3</sup> /h) @ 15 psig (103 kPa) drop WS3 Valve: 250 gpm (946 lpm, 56.8 m <sup>3</sup> /h) @ 15 psig (103 kPa) drop		
Backwash flow rate	WS2H Valve: 125 gpm (473 lpm, 28.4 m <sup>3</sup> /h) @ 25 psig (172 kPa) drop WS3 Valve: 220 gpm (833 lpm, 50.0 m <sup>3</sup> /h) @ 25 psig (172 kPa) drop		
CV Service	WS2H Valve: 32.3 WS3 Valve: 64.6		
CV Backwash	WS2H Valve: 25.0 WS3 Valve: 44.0		
Meter:	WS2H Valve: Internal Meter		WS3 Valve: Optional External Meter
Accuracy	± 5 %		± 5 %
Flow Range	1.5 – 125 gpm (5.7 – 473 lpm)		3.5 – 350 gpm (13.3 – 1325 lpm)
Regenerant Refill Rate	WS2H and WS3 Valves: Variable - Shipped from Factory with 2.2 gpm (8.33 lpm)		
Injectors	WS2H & WS3 Valves: See Injector Graphs V3010-2A through 2H		
Brine Line Adapters Included	1" Male NPT Elbow & ¼" x 1" Solvent Weld Elbow		
Inlet, Outlet and Drain Line Openings	WS2H Valve: 2" Female NPT or BSPT or 2.5" Groove Lock WS3 Valve: 3" Female NPT or BSPT, No Groove Lock		
Distributor Tube Opening:	Female NPT Inlet & Outlet		Female BSPT Inlet & Outlet
WS2H Valve	2.375" OD (2.0" NPS)		63 mm OD
WS3 Valve	3.5" OD (3" NPS)		90 mm OD
Tank Connection:			
WS2H Valve	4"-8UN, 6" Flange, Side Mount (2" Female NPT or BSPT or 2.5" Groove Lock)		
WS3 Valve	6" Flange or Side Mount (3" Female NPT or BSPT)		
Shipping Weight	WS2H Valve with Meter: 50 lbs (22.7 kg) WS3 Valve: 57 lbs (25.9 kg) Meter Sold Separately		
PC Board Memory	Nonvolatile EEPROM (electrically erasable programmable read only memory)		
Compatible with the following typical concentrations of regenerants/chemicals	Sodium chloride, potassium chloride, potassium permanganate, sodium bisulfite, chlorine and chloramines		



**Anexo 20. Cotizaciones de algunos servicios que competen a la planta de osmosis inversa.**

Item	Descripción	Cant	Unid	Precio Unitario	Precio Subtotal
<b>EVALUACIÓN TÉCNICA EN SITIO</b>					
1	Evaluación del sistema a cargo de un ingeniero de procesos, recopilación de datos y medición de variables operativas en campo (caudales, conductividad, turbidez, SDI, pH, ORP, entre otros), toma de muestra para análisis fisicoquímicos	1	Días	\$ 690.00	\$ 690.00
<b>LIMPIEZA QUÍMICA CIP</b>					
2	Limpieza química en sitio (CIP) de membranas de ósmosis inversa, a cargo de ingeniero de procesos especializado en tratamiento de aguas. Incluye químicos de limpieza American Water Chemicals: Químico de limpieza alcalino AWC C237, carboya 60Kg Químico de limpieza ácido AWC C234, carboya 60Kg  Incluye equipos de medición portátil (TDS, pH, ORP, temperatura), mano de obra, viáticos, reporte de limpieza final y recomendaciones para optimizar el proceso	1	SG	\$ 4,388.40	\$ 4,388.40
<b>SUMINISTRO DE ANTIINCRUSTANTE AWC PUREFLUX GW</b>					
6	Suministro de antiescalante de amplio espectro para membranas de ósmosis inversa AWC Pureflux GW (La dosis recomendada va a ir en función al una simulación a realizar con un análisis completo del agua de alimentación) Presentación mínima: Carboya 20 Kg, cantidad final a determinar luego de las simulaciones	1	Kg	\$ 10.90	\$ 10.90
<b>MANTENIMIENTO DE BOMBAS Y MOTORES</b>					
7	Mantenimiento completo de bomba-motor de alimentación (Desmontaje de equipo, traslado a taller, sustitución de sello mecánico, revisión de impulsores, cambio de orings, limpieza del cuerpo de la bomba, cambio de rodajes de motor, megado y barnizado de motor, pintura externa, instalación y pruebas)	1	Pcs	\$ 869.40	\$ 869.40
8	Mantenimiento completo de bomba-motor de alta presión (Desmontaje de equipo, traslado a taller, sustitución de sello mecánico, revisión de impulsores, cambio de orings, limpieza del cuerpo de la bomba, cambio de rodajes de motor, megado y barnizado de motor, pintura externa, instalación y pruebas)	1	Pcs	\$ 2,180.40	\$ 2,180.40
9	Mantenimiento completo de bomba dosificadora (Desarmado del equipo, revisión de diafragma, revisión de motor, limpieza de sellos, checks, inyectores y mangueras, rearmado, calibración y aforo)	1	Pcs	\$ 282.90	\$ 282.90
<b>SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MEMBRANAS DE ÓSMOSIS INVERSA</b>					
10	Membranas de ósmosis inversa LG Chem BW 400 R Dura, 400 sq ft., 10500 gpd, 99.7% salt rejection, incluye envío, instalación y ajuste operativo del equipo	42	Pcs	\$ 690.00	\$ 28,980.00
Subtotal					\$ 37,402.00
IGV (18%)					\$ 6,732.36
<b>Total (\$USD)</b>					<b>\$ 44,134.36</b>

## Anexo 21. Cotización de productos de limpieza química para las membranas

<b>DATOS DEL CLIENTE</b>		<b>FECHA EMISION</b> : 01/04/2022
RUC	[REDACTED]	<b>FECHA DE VENC.</b> : 01/05/2022
DENOMINACIÓN	[REDACTED]	<b>MONEDA</b> : DÓLARES AMERICANOS
DIRECCIÓN	[REDACTED]	<b>TIPO DE CAMBIO</b> : 3.701

CANT.	UM	CÓD.	DESCRIPCIÓN	V/U	P/U	IMPORTE
60	KGM	PTP019	HISA FLOCLEAM MC-11 (02 TAMBOR X 30 KILOS C/U) LOTE: 199380222	10.500	12.390	743.40
60	KGM	PTP018	HISA FLOCLEAM MC-3 (02 TAMBOR X 30 KILOS C/U) LOTE: 199380222	10.500	12.390	743.40
30	KGM	PTL-137	HISA B38 (01 GALONERA X 30 KILOS) LOTE: 197431221	9.500	11.210	338.30
				<b>GRAVADA</b>	<b>US\$</b>	<b>1,545.00</b>
				<b>IGV 18.00 %</b>	<b>US\$</b>	<b>278.10</b>
				<b>TOTAL</b>	<b>US\$</b>	<b>1,823.10</b>

**IMPORTE EN LETRAS** : MIL OCHOCIENTOS VEINTITRÉS CON 10/100 DÓLARES AMERICANOS

**OBSERVACIONES** : SE ENTREGA LOS SIGTES DOCUMENTOS: MSDS, HOJA DE RESUMEN, CERTIFICADO DE CALIDAD. DESTINO FINAL: ALMACEN CLUB LA JOYA - AREQUIPA. ATENCION: JHON ALEXANDER SOTO COAQUIRA. DNI: 46334135. CARLOS ALBERTO CHAVARRI MATOS. DNI: 42529977. OIC : OC0001440. DESTINO: JR. ANTONIO RAYMONDI 571 - LA VICTORIA (TRANSPORTES MARVISUR)

**ORDEN DE COMPRA/SERVICIO** : OC0001440  
**GUÍA DE REMISIÓN REMITENTE** : 0003-20666

**FORMA DE PAGO** : [CREDITO POR PAGAR] CUOTA 1 2022-05-01(US\$1823.1)

## Anexo 21. Cotización de membranas de agua de mar.

Ítem	Descripción	Cant.	Und	Costo Unitario US\$.	Costo Parcial US\$.
1	Membrana de agua de mar de 8"x 40" para Osmosis Inversa Marca: LG Modelo: LG SW 400 R	42	Und.	715.00	30 030.00
Sub Total					US\$ 30 030.00
IGV 18%					US\$ 5 405.40
Total					US\$ 35 435.40

## Anexo 22. Precio de cotización por servicio de mantenimiento de las membranas de mar

Ítem	Descripción	Cant.	Und	Costo Unitario US\$.	Costo Parcial US\$.
01	Cambio de Membranas del sistema de OSMOSIS INVERSA: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Desmontaje de Árbol de tuberías.</li> <li>- Desmontaje de Tapas de housing.</li> <li>- Retiro de membranas usadas.</li> <li>- Limpieza interna de housing.</li> <li>- Instalación de membranas.</li> <li>- Arranque del sistema con parámetros operacionales según corrida del sistema.</li> <li>- Informe Final.</li> </ul> <p>Nota: El servicio se realizará en la ciudad de LA JOYA- AREQUIPA,</p>	01	01	1500.00	1 500.00
Sub Total					1 500.00
IGV 18%					270.00
Total					1 770.00