

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA SEDE DE
CONCEPCIÓN - REY BALDUINO DE BÉLGICA**

**Desarrollo de una propuesta de plan de mantenimiento para
bombas de pozo húmedo en planta elevadora de aguas servidas, Los
Conquistadores.**

Trabajo de titulación para optar al Título
de INGENIERÍA EN
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.

Nombre del Alumno:

Kevyn Jonathan Cartes Reyes.

Nombre profesor Guía:

Juan José Figueroa Cohn.

DEDICATORIA.

A mi familia, por ser mi refugio y mi mayor fortaleza, en cada paso de mi vida. Gracias por su apoyo incondicional, su amor infinito y por enseñarme a nunca desistir, este logro también es suyo.

A mi mascota Blacky, mi fiel compañero, que con su alegría y cariño llenó mis días y con su partida dejó un vacío que solo se llena con los recuerdos, este proyecto de título lleva parte del amor incondicional y la felicidad que me diste.

A ti, mi amor, mi ancla en un mar a veces tormentoso. Gracias por tranquilizarme cuando los vientos soplaron fuerte. Este proyecto de título es un reflejo del amor que nos tenemos.

Resumen.

KEYWORDS: PLAN DE MANTENIMIENTO PARA BOMBAS SUMERGIBLES, EN UNA PLANTA ELEVADORA DE AGUAS SERVIDAS.

Este proyecto tiene como finalidad crear un plan de mantenimiento, con la intención de mantener la planta elevadora de aguas servidas funcionando constantemente, estas son esenciales para la población ya que garantizan el transporte continuo y eficiente de las aguas servidas, para esto se evaluará la situación específica de una planta elevadora de aguas servidas en concreto la cual tiene el nombre de LOS CONQUISTADORES.

Este plan busca reducir la ocurrencia de fallas identificando el problema mediante un ACR y un diagrama de Pareto, por consecuencia maximizar la vida útil de los equipos y asegurar la disponibilidad operativa de las bombas, determinando la raíz del problema se ideará un plan de mantenimiento basado en esta planta en específico tanto con acciones preventivas como con acciones correctivas según se requiera.

Para lograr esto, se irá a terreno para recopilar información como por ejemplo los tipos de bomba sumergible que se encuentran en el pozo impulsando agua servida, sus componentes y como es que estas funcionan, la distribución del tablero eléctrico como es el método de partida de las bombas, entre otros.

Índice.

INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	2
1 Capítulo 1:.....	3
1.1. MARCO TEORICO.	4
1.1.1 Concepto general del mantenimiento industrial.....	4
1.2 Beneficios del mantenimiento industrial.	5
1.3 Tipos de mantenimiento.	6
1.3.1 Mantenimiento correctivo.	6
1.3.2 Mantenimiento preventivo.....	7
1.3.3 Mantenimiento predictivo.	7
1.4 Planta elevadora de aguas servidas.....	8
1.4.1 Cámara de rejas.	11
1.4.2 Pozo húmedo.....	12
1.4.3 Cámara de válvulas.	13
1.5 Bombas hidráulicas.....	14
1.5.1 Bombas de desplazamiento positivo.	14
1.5.2 Bombas centrífugas.....	21
1.6 Tipos de impulsiones.	30
1.6.1 Impulsor abierto.	30
1.6.2 Impulsor semi cerrado.	31
1.6.3 Impulsor cerrado.	32
1.7 Ishikawa.....	34
1.8 Pareto.	35
2 Capítulo 2:.....	36
2.1 Problemática.....	37
2.1.1 Ubicación.....	37
2.2 Bombas de la planta elevadora de aguas servidas LOS CONQUISTADORES.....	38
2.2.1 Bombas sumergibles FLYGT.....	41
2.2.2 Piezas de la bomba.	41
2.2.3 Dimensiones y peso.....	43

2.2.4	Bomba D (Nro 1).	44
2.2.5	Bomba N (Nro2).	46
2.3	Operadores.	48
2.4	Cámara de rejas de la planta.	49
2.5	Pozo húmedo de la planta.	51
2.6	Cámara de válvulas de la planta.	53
2.7	Tablero eléctrico de la planta.	54
2.8	Pareto.	56
2.9	Ishikawa.	59
3	CAPÍTULO 3.	60
3.1	Propuesta de plan de mantenimiento.	61
3.2	Beneficios de la propuesta de plan de mantenimiento.	61
3.3	Plan de mantenimiento preventivo.	62
3.4	Mediciones para realizar en visita.	63
3.5	Check list.	67
3.6	Cambio de reja.	69
3.7	Cambio de impulsor y voluta.	70
4	CAPÍTULO 4.	73
4.1	Costos.	74
4.1.1	Costos Horas hombre.	74
4.1.2	Costos cambio de voluta e impulsor Bomba sumergible N°1.	77
4.1.3	Evaluación costos cambio de reja.	77
4.1.4	Evaluación de costos.	78
4.1.5	Repuestos necesarios para el plan de mantenimiento.	79
4.1.6	Costo de cada bomba nueva según modelo.	79
4.1.7	Costo total anual del mantenimiento contemplando cambio de reja, de voluta e impulsor.	79
	CONCLUSIÓN.	80
	BIBLIOGRAFÍA.	81

Índice de figuras.

Figura 1-1: Tipos de mantenimiento.....	8
Figura 1-2: plano de una PEAS.	9
Figura 1-3: Plano de una PEAS vista desde arriba.	10
Figura 1-4: Foto en terreno de una cámara de rejillas.	11
Figura 1-5: Pozo húmedo.	12
Figura: 1-6: Cámara de válvulas.	13
Figura 1-7: Esquema de bombas hidráulicas.	14
Figura1-8: Funcionamiento de los engranajes externos.	16
Figura 1-9: Funcionamiento de los engranajes internos.	17
Figura 1-10: Bomba de paletas.	18
Figura 1-11: Bomba de tornillo en taller de mantenimiento.	19
Figura1-12: Bomba de tornillo con una parte del eje helicoidal al descubierto.	20
Figura 1-13: Bomba vertical una etapa.	22
Figura 1-14: Bomba centrífuga Horizontal.	23
Figura 1-15: Machón de acoplamiento entre bomba-motor.	24
Figura 1-16: Tipo de acople falk.	25
Figura 1-17: Bombas sumergibles de agua potable de distintas dimensiones.	27
Figura 1-18: Bomba sumergible de planta elevadora de agua servidas.	28
Figura 1-19: Bomba sumergible de planta elevadora de aguas servidas.	29
Figura 1-20: Impulsor abierto tipo N.	30
Figura 1-21: Impulsor semi cerrado.	31
Figura 1-22: Impulsor cerrado.	32
Figura 1-23: Impulsor cerrado.	33
Figura 1-24: impulsor cerrado.	33
Figura 1-25: Diagrama Ishikawa.	34
Figura 2-1: Ubicación en el mapa.	37
Figura 2-2: Entrada a la planta.	38
Figura 2-3: Obstrucción completa dentro de la voluta e impulsión.	39
Figura 2-4: Obstrucción completa de la voluta e impulsión.	39
Figura 2-5: Obstrucción completa voluta.	40
Fuente 2-6: Vista de las partes de una bomba.	41
Figura 2-7: Bomba D.	44

Figura 2-8: Impulsión de la bomba.	45
Figura 2-9: Bomba N.....	46
Figura 2-10: Impulsor bomba dos, junto a cuchillo incorporado en voluta.	47
Figura 2-11: Cámara de rejas completamente llena de agua.	49
Figura 2-12: Barrotes de la cámara de rejas.	50
Figura 2-13: Barrotes en mal estado.	50
Figura 2-14: Pozo húmedo de la planta.	51
Figura 2-15: Pozo húmedo de la planta con vista de ambas bombas asentadas.	52
Figura 2-16: Cámara de válvulas de la planta.....	53
Figura 2-17: Tablero eléctrico de la planta.	54
Figura 2-18: Contactor BBA nº1 y BBA nº2.....	55
Figura 2-19: Diagrama de Pareto.....	57
Figura 2-20: Diagrama Ishikawa.	59
Figura 3-1: Amperímetro.	63
Figura 3-2: Megóhmetro.....	64
Figura: 3-3: Megóhmetro.....	65
Figura: 3-4: Caudalímetro.	66
Figura 3-5: Rejas de retención de sólidos.	69
Figura 3-6: Impulsor tipo N.	70
Figura 3-7: otra vista de impulsor tipo N.	71
Figura 3-8: Voluta con cuchillo de corte.....	71
Figura 3-9: Voluta con cuchillo de corte.....	72

Índice de tablas.

Tabla 1-1: Tipos de mantenimiento.....	6
Tabla 1-2: Tipos de mantenimiento.	7
Tabla 2-1: Descripción de componentes.	42
Tabla 2-2: Historial de fallas de ambas bombas.....	56
Tabla 3-1: Check list de bombas sumergibles de aguas servidas.	67
Tabla 3-1: Check list de bombas sumergibles de aguas servidas 2.....	68
Tabla 4-1: Costos del personal.	74
Tabla 4-2: Costos horas hombre del mantenimiento.	75
Tabla 4-3: Costo de Horas hombre que se realizarán cada dos años.	75
Tabla 4-4: Costo de horas hombre de las mediciones.	76
Tabla 4-5: Costo horas hombre del cambio de impulsor y voluta.	76
Tabla 4-6: Costo horas hombre de cambio de reja.	77
Tabla 4-7: Costo total horas hombre.....	77
Tabla 4-8: Costo de voluta e impulsor.....	77
Tabla 4-9: Costo Reja nueva.	77
Tabla 4-10: Evaluación de costos.	78
Tabla 4-11: Costo de repuestos.....	79
Tabla 4-12: Costo de bombas nuevas según modelo.....	79
Tabla 4-13: Costo total anual del mantenimiento contemplando cambio de reja, de voluta e impulsor.	79

INTRODUCCIÓN.

El objetivo de las plantas elevadoras de aguas servidas (PEAS) es transportar el agua residual impulsada mediante bombas sumergibles, en dirección a una planta de tratamiento de aguas servidas (PTAS). Sin estas plantas, el sistema de alcantarillado colapsaría, produciendo desbordamientos y con esto, problemas sanitarios y ambientales, por esto es importante su existencia, junto con un buen plan de mantenimiento.

El pilar fundamental de las PEAS, son las bombas sumergibles, las cuales son las encargadas de impulsar el agua residual, el funcionamiento constante de estas bombas hace que estén propensas a sobrecalentamientos, desgastes y obstrucciones.

Por esto, vi oportuno el realizar mi proyecto de título sobre una planta en específico donde ambas bombas sumergibles se obstruyen debido a los sólidos que se atrapan en los impulsores de ambas bombas, esto hace que debido a un sobreesfuerzo del impulsor por girar y no poder hacerlo con normalidad, hace que el motor se sobrecargue y el relé térmico actúe deteniendo la bomba para protegerla de la subida de voltaje.

OBJETIVOS.

Objetivo General.

Realizar una propuesta de un plan de mantenimiento a bombas sumergibles en planta elevadora de aguas servidas Los conquistadores.

Objetivos específicos.

1-Explicar los principios fundamentales de las plantas elevadoras de aguas servidas y revisar las normativas vigentes que regulan su operación.

2- Analizar el problema de la planta en concreto que causa interrupciones en ambos equipos, mediante el uso de herramientas de gestión del mantenimiento e identificando las causas más comunes de fallos.

3- Desarrollar una propuesta de plan de mantenimiento, buscando minimizar las paradas operativas y optimizar el rendimiento de las bombas.

4- Crear una tabla detallada de costos para la implementación del plan de mantenimiento.

1 Capítulo 1:

1.1. MARCO TEORICO.

1.1.1 Concepto general del mantenimiento industrial.

El mantenimiento industrial está definido como el conjunto de actividades encaminadas a garantizar el correcto funcionamiento de las máquinas e instalaciones que conforman un proceso de producción permitiendo que este alcance su máximo rendimiento. (Olarte, Botero, & Cañon, 2010)

Historia del Mantenimiento Industrial.

En las primeras empresas, los trabajadores no solo participaban en cada fase de la producción, estos también se encargaban de reparar las máquinas cuando fallaban, esto de tener un trabajador para varias tareas, significó un elevado costo de tiempo y dinero para completar un producto y ponerlo en el mercado. (Olarte, Botero, & Cañon, 2010)

Desde los inicios las empresas han buscado generar dinero, pero invirtiendo poco, con el paso del tiempo se dieron cuenta que estaban teniendo un problema en como distribuían a sus trabajadores, ya que esta no era la opción óptima, por esto se comenzó a separar las tareas de operación de las máquinas y las tareas de reparación de estas. (Olarte, Botero, & Cañon, 2010)

El empresario automotriz Henry Ford, en 1930 puso en práctica un nuevo método de organización dentro de su empresa, la cual tiene el nombre de “Producción en cadena”. Este sistema se implementó mediante la distribución responsabilidades organizadas, este modelo consistía en que el departamento de operaciones determinaba cuando se debía detener la producción para realizar un mantenimiento en los equipos, como el departamento de operaciones tiene metas distintas al departamento de mantenimiento, claramente estamos evidenciando un problema. (Olarte, Botero, & Cañon, 2010)

Durante la segunda guerra mundial, se hizo indiscutible la relevancia del mantenimiento, ya que hubo una alta demanda en el mercado, las empresas se vieron obligadas a aumentar su producción, para esto tuvieron que aumentar la jornada de trabajo, este método que buscaba producir y producir por largos periodos de tiempo, hizo que las máquinas estuvieran funcionando sin parar, por consecuente se desgastaron y comenzaron a presentar fallas. (Toro, 2023) (Olarte, Botero, & Cañon, 2010)

Para arreglar estas máquinas se debía parar el proceso productivo, si la planta no está produciendo, cada tiempo en parada significa grandes pérdidas monetarias, por esto los empresarios le dieron una mayor importancia al mantenimiento, modificando su modelo de organización, haciendo que el departamento de operación, no se encuentre arriba del departamento de mantenimiento, si no que funcionen a la par. (Olarte, Botero, & Cañon, 2010)

El mantenimiento desde esos tiempos se vuelve una importante herramienta, desde actividades correctivas hasta actividades preventivas, hoy en día me atrevería a decir que casi todas las empresas realizan estos mantenimientos. (Olarte, Botero, & Cañon, 2010)

1.2 Beneficios del mantenimiento industrial.

Actualmente ninguna empresa toma a la ligera el correcto mantenimiento en sus equipos, si bien, estas actividades significan un costo adicional, las ventajas de tener un buen plan de mantenimiento para su proceso productivo son altas.

Beneficios como, la disminución de paradas en la producción, impedir daños irreparables, prevenir accidentes de trabajo, reducción de costes, mejora la calidad de la actividad, mantener en buenas condiciones los equipos y poder realizar un seguimiento documentado de cada equipo.

- Disminución de las paradas de producción.
- Impedir daños irreparables.
- Reducción de costos en mantenimientos.

- Prevenir accidentes en el trabajo.
- Mejora la calidad en su funcionamiento.
- Mantiene en buenas condiciones en los equipos.

1.3 Tipos de mantenimiento.

Cada tipo de mantenimiento se adapta específicamente a las necesidades de las máquinas y sistema productivo de las empresas, buscando siempre garantizar la operación/producción de estas dependiendo del presupuesto que quieran destinar para el cuidado de estas.

1.3.1 Mantenimiento correctivo.

Conjunto de tareas técnicas, que tienen el fin de corregir fallas de un equipo que necesita ser reparado o reemplazado. Este tipo de mantenimiento finalmente acaba teniendo mayor impacto financiero en las empresas ya que al tener fallas de emergencia y no planificadas, Implican una parada del equipo produciendo grandes pérdidas en la producción. (ANER, s.f)

Ventajas	Desventajas
Prolongar la vida útil de los equipos por medio de reparaciones de componentes o piezas y corregir las fallas.	La avería o falla puede aparecer en el momento más inoportuno.
Es imposible determinar la falla.	Las averías o fallas no detectadas a tiempo pueden ocasionar daños más complejos e irreparables en los equipos.
No genera gastos fijos.	Alto inventario de repuestos.
Sin programar ni prever ninguna actividad.	La producción o prestación del servicio se vuelve impredecible y poco fiable.
Solo se gasta dinero, cuando está claro que se necesita hacerlo.	Se asumen inseguridades económicas, que pueden ser muy relevantes. Presupuestos operativos mal elaborados
A corto plazo se ofrece un buen resultado económico.	"Se disminuye la vida útil de los equipos. No hay un diagnóstico confiable de las causas que provocan las fallas, pues se desconoce por qué falló. Por ello, la falla se puede repetir una y otra vez. "
Hay sistemas, máquinas y equipos en los que el mantenimiento preventivo no tiene ningún efecto, como los dispositivos electrónicos.	"Hay tareas o actividades que siempre son rentables, como la limpieza, lubricación, revisión. Determinados equipos necesitan continuamente ajustes y seguimiento. "
Estos son los argumentos para que muchas industrias no se decidan por un modelo de solo el tipo de mantenimiento correctivo.	Las averías o fallos y los comportamientos anormales de los componentes, equipos o máquinas no solo ponen en peligro las metas de producción y prestación de un servicio, sino la seguridad de las personas, el medio ambiente y otros activos. Apoyarse solamente en el mantenimiento correctivo y reparar cuando solo se presenta la avería, para esto se debe contar con técnicos muy especializados y cualificados, tener un alto inventario o stock de repuestos (alto capital inmovilizado) y también contar con medios técnicos muy variados.

Tabla 1-1: Tipos de mantenimiento.

Fuente: CMMShere,2023.

1.3.2 Mantenimiento preventivo.

El mantenimiento preventivo es una serie de labores planificadas que se realizan en un tiempo programado, el objetivo de tener un plan preventivo en tus instalaciones es que los equipos cumplan sus funciones en la línea productiva, optimizando la eficiencia del proceso, previniendo y adelantándose a las fallas de las máquinas. (CMMSHere, 2023)

Ventajas	Desventajas
Aumenta la confiabilidad de los equipos puesto que operan en mejores condiciones ya que se conoce su estado y sus condiciones de funcionamiento.	Implica realizar una inversión inicial y sostenida en infraestructura y mano de obra.
Uniformidad en la carga de trabajo para el personal de mantenimiento preventivo gracias a una programación o schedule de actividades semanales	Si no se priorizan y eligen adecuadamente la cantidad y profundidad de las tareas de mantenimiento, se llegan a generar sobrecargas de trabajo que no aportan a la operación y rendimiento de los activos.
"Mayor duración de los equipos e instalaciones. Disminución de los inventarios de repuestos en existencia y los costos asociados."	Alto costo en inspecciones frecuentes.
Disminución del downtime y tiempo de paradas no programadas de los activos.	Cambios innecesarios: al alcanzarse la vida útil de un elemento se procede a su cambio, encontrándose muchas veces que el elemento que se cambia permitiría ser utilizado durante un tiempo más prolongado (pero desconocido). En otros casos, ya con el equipo desmontado, se observa la necesidad de "aprovechar" para realizar el reemplazo de piezas menores en buen estado (sobre mantenimiento) y que esta relacionado con sesgos cognitivos (miedo a que falle) este es un caso claro de una anticipación del reemplazo o cambio prematuro.
Menor costo de las reparaciones.	Problemas iniciales de operación: cuando se desmonta el equipo y se montan piezas nuevas, para luego efectuar las primeras pruebas de funcionamiento, pueden aparecer diferencias en la estabilidad, seguridad o regularidad de la marcha.

Tabla 1-2: Tipos de mantenimiento.

Fuente: CMMSHere,2023.

1.3.3 Mantenimiento predictivo.

Es un tipo de mantenimiento donde se busca ver el desgaste o el estado de un equipo, se tiene en cuenta la medición, el seguimiento, el monitoreo de los parámetros y las condiciones de operación, se considera una técnica para ver el punto futuro de una falla, algo extraño que se aprecie como una rotura o una avería de algún componente de nuestro equipo, de forma que este componente pueda ser reemplazado, justo antes de que falle, de esta forma el tiempo donde el equipo está sin operar disminuye y el tiempo de vida del componente se prolonga. (CMMSHere, 2023)

Se realizan pruebas no destructivas orientadas a realizar un seguimiento de operación, considerando los signos de advertencia establecidos que nos indiquen si es que algún componente no esté funcionando como debería. (CMMSHere, 2023)



Figura 1-1: Tipos de mantenimiento.

Fuente: CMMSHere.,2023.

1.4 Planta elevadora de aguas servidas.

Cuando el relieve de la zona donde queremos transportar el agua servida es mayor y las fuerzas gravitacionales no funcionan, aquí es donde entran estas plantas elevadoras de aguas servidas, las cuales están distribuidas a montones y su función principal es impulsar el agua servida, de peas en peas hasta llegar a una planta de tratamiento de estas aguas.

Este sistema consta de una entrada donde el agua llega y primero pasa por unas rejas las cuales se encargan de filtrar todo lo que venga junto al agua quedando atrapado en estas rejas, en la práctica este sistema no es tan eficiente ya que de todas formas pasan sólidos que pueden causar que las bombas se obstruyan.

Luego esta agua servida "filtrada" por la cámara de rejás, cae al pozo, en el cual están ubicadas las bombas sumergibles de aguas servidas paralelamente y que por lo general suelen existir dos.

Cuando las bombas hacen su trabajo e impulsan el agua, estas pasan por una zona con válvulas de retención o válvula de chapaleta, la cual se cierra cuando la bomba deja de impulsar y que no exista un retorno de esta agua servida, siendo clave para su mantención.

Las plantas elevadoras de aguas servidas son importantes para la comunidad y se deben mantener en funcionamiento para impulsar el agua y evitar el desbordamiento de agua o acumulaciones lo que podría causar que existan olores desagradables, contaminación y problemas de salubridad.

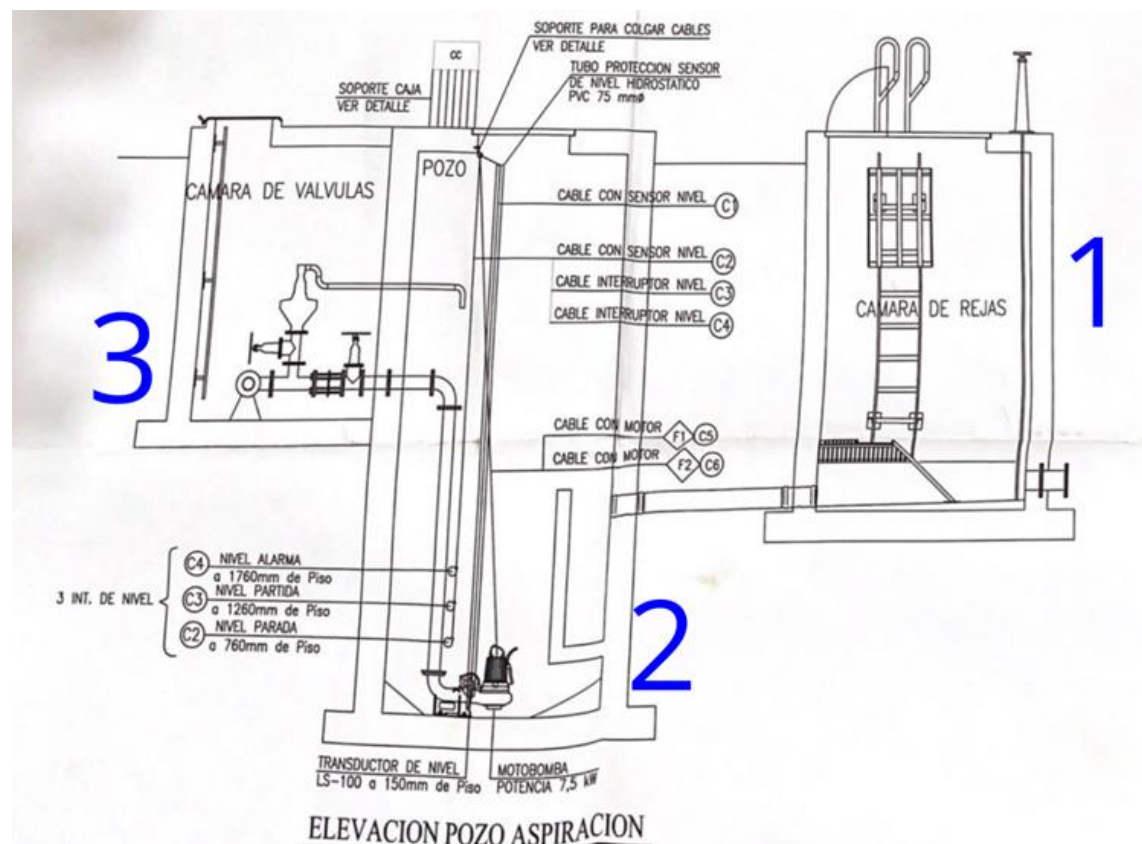


Figura 1-2: plano de una PEAS.

Fuente: elaboración propia.

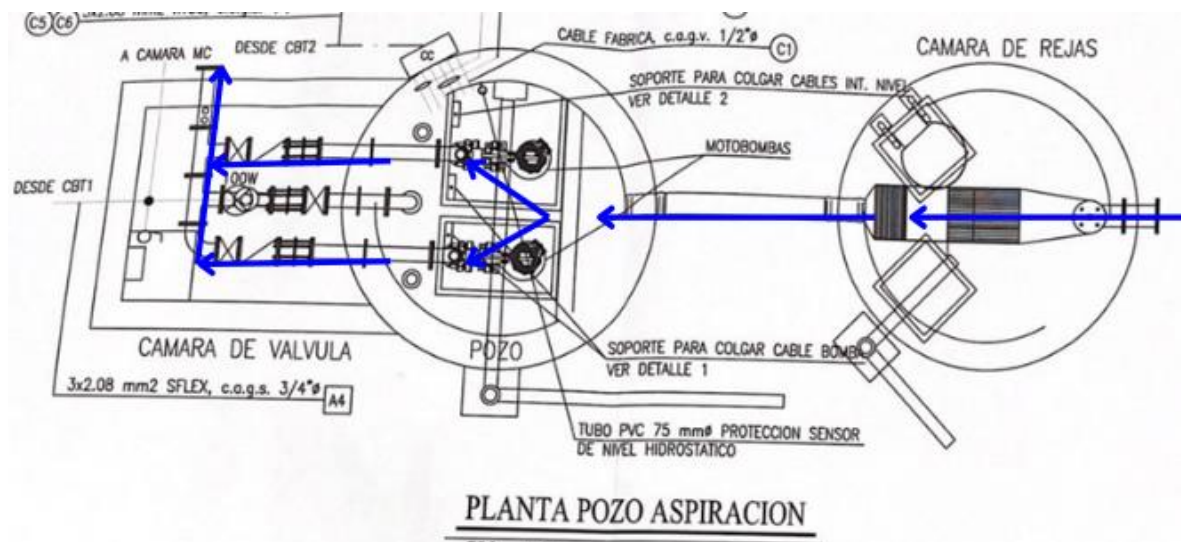


Figura 1-3: Plano de una PEAS vista desde arriba.

Fuente: elaboración propia.

1.4.1 Cámara de rejas.

El cuarto de rejas es fundamental para que atrape los sólidos que hacen ingreso a la planta junto con el agua servida, la mayoría de sólidos quedan atrapados en los barrotes de la reja y un porcentaje de sólidos más pequeños pasa junto con el agua servida a la planta.

Este sistema existe para que el pozo no se llene con sólidos que puedan causar obstrucción a las bombas que se encuentran asentadas.

Para la limpieza de estas, acude personal de rejas, los cuales se encargan de bajar a la cámara en cuestión y retirar los sólidos atrapados, esto lo realizan una vez por día.



Figura 1-4: Foto en terreno de una cámara de rejas.

Fuente: elaboración propia.

1.4.2 Pozo húmedo.

Las aguas servidas luego de pasar por la cámara de rejas caen al pozo húmedo, donde se encuentran las bombas asentadas y listas para impulsar en dirección a la cámara donde están las válvulas, dentro del pozo existe un sistema para activar el funcionamiento de las bombas mediante unas boyas de nivel que generalmente en los pozos hay tres, la que se encuentra más abajo es la boya de nivel mínimo, la cual nos indica como dice su nombre que el agua está en su nivel mínimo y la bomba que esté funcionando deja de funcionar, luego la boya del medio la cual tiene como nombre boya de partida, la que hace que una de las bombas sumergibles comience a funcionar y por último la boya de rebalse que su función es avisar en el tablero que se ha alcanzado un nivel de altura crítico en el pozo húmedo.



Figura 1-5: Pozo húmedo.

Fuente: elaboración propia.

1.4.3 Cámara de válvulas.

Luego de que el agua servida o agua negra es impulsada por la bomba del pozo húmedo, esta llega a la cámara de válvulas en donde podemos encontrar dos tipos de válvulas, válvula de retención de chapaleta o válvulas de globo, si bien, no controlamos cuanto caudal queremos que pase a través de las cañerías, podemos controlar si queremos que pase agua o no, lo cual es esencial para facilitar el mantenimiento del pozo.

Por lo general existen 2 bombas sumergibles por pozo húmedo y cada bomba sumergible cuenta con su respectivo ducto en donde esta agua es impulsada y por ende una válvula de retención y una válvula de corte por ducto, también en medio de ambos ductos existe un desagüe que también debe tener una válvula de corte que normalmente se encuentra cerrada. Entonces cuando se necesita bajar al pozo para hacer un mantenimiento como dejamos de impulsar el agua, las válvulas de retención se cierran haciendo que el agua que estaba siendo impulsada, no retorne al pozo.



Figura: 1-6: Cámara de válvulas.

Fuente: elaboración propia.

1.5 Bombas hidráulicas.

Una bomba hidráulica en la industria tiene un sinnúmero de aplicaciones y funciones, pero se utilizan mayormente para la movilización o elevación de un fluido, en la que existe una transformación de energía pasando de ser energía mecánica a hidráulica.

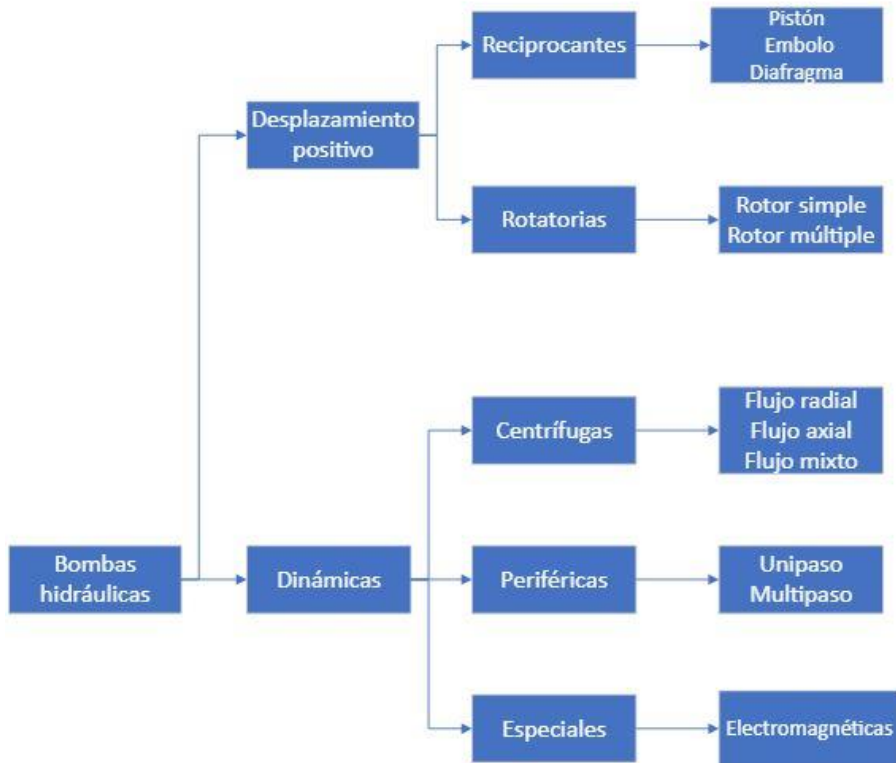


Figura 1-7: Esquema de bombas hidráulicas.

Fuente: elaboración propia.

1.5.1 Bombas de desplazamiento positivo.

Lo que hace especial a las bombas de desplazamiento positivo son sus elementos móviles que forman una pieza fija, al hacer funcionar el motor, estas piezas se desplazan creando un vacío a presión atmosférica, el líquido es empujado hasta este espacio, donde se queda confinado. El movimiento de estas piezas reduce el espacio y presuriza el líquido, el fluido es movilizado por la velocidad de giro, hasta la salida de la bomba. (Bomba-Japy, s.f)

El principio del funcionamiento de este tipo de bombas recae en las variaciones de volúmenes que permiten el desplazamiento del líquido, esto quiere decir que la bomba extrae una

cantidad de líquido, este es aspirado en el mecanismo y se traslada gracias a la presión de impulsión. (Bomba-Japy, s.f)

El caudal de una bomba de desplazamiento positivo depende de su velocidad de giro, así como del número de ciclos y del tamaño de las cámaras. (Bomba-Japy, s.f)

Este tipo de bombas son ideales para extraer líquidos homogéneos como por ejemplo líquidos viscosos. (Bomba-Japy, s.f)

1.5.1.1 Bombas rotativas.

Las bombas rotativas se caracterizan por tener una impulsión que gira dentro de una carcasa, esta impulsión puede poseer dientes, paletas o lóbulos que giran y creando un vacío, haciendo que el líquido entre a la cámara de bombeo. (Gargil, s.f)

1.5.1.2 Bomba de engranajes.

Las bombas de engranaje, especialmente utilizadas para el bombeo de fluidos con un elevado grado de viscosidad, o que por composición son nocivos para el medio ambiente, se caracterizan por dirigir el fluido a lo largo de todo el sistema, manteniendo un flujo suave de acuerdo con la velocidad a la que giran sus engranajes. (Fluideco, s.f)

Su funcionamiento es de tal forma que los engranajes crean una fuerza de succión en la entrada que hace que el fluido sea aspirado, una vez dentro este no puede pasar entre los engranajes ya que están entrelazados, esto hace que se reduzca el volumen para que el fluido sea arrastrado y finalmente expulsado a una presión mayor. (Fluideco, s.f)

Existen bombas de engranajes externos e internos, los externos se componen por dos engranajes iguales que están entrelazados. Uno de los engranajes es el que le transmite la fuerza al otro mediante un motor, el cual ejerce una fuerza suficiente para mover el otro engranaje creando la fuerza de succión necesaria. (Fluideco, s.f)

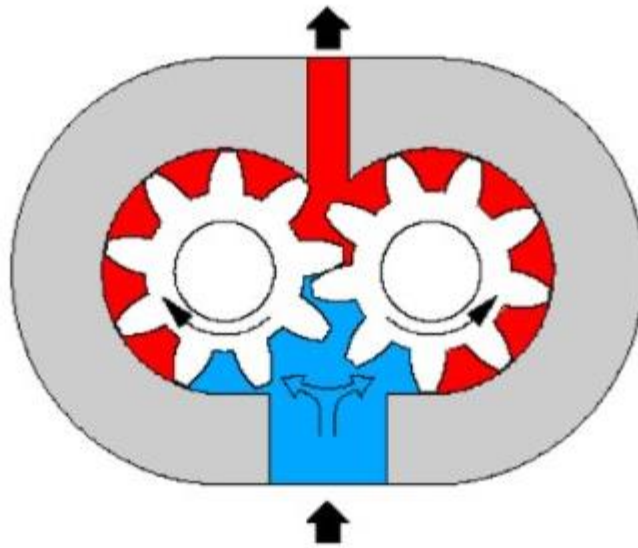


Figura1-8: Funcionamiento de los engranajes externos.

Fuente: Hydropyc,s.f

La bomba de engranajes internos es parecida a la de engranajes externos, en este caso los engranajes son de distinto tamaño y va uno dentro del otro. El engranaje motriz (el más pequeño de los dos) hace entrar el fluido, que queda entre esta pieza y el engranaje de mayor tamaño. (Hydropyc, s.f)

Las bombas de engranajes internos siguen un diseño de piñón y corona, donde el piñón es dirigido por el eje de la bomba, la corona es conducida por el piñón y a diferencia de los engranajes externos que giran en sentido opuesto, estos giran en el mismo sentido. (Hydropyc, s.f)

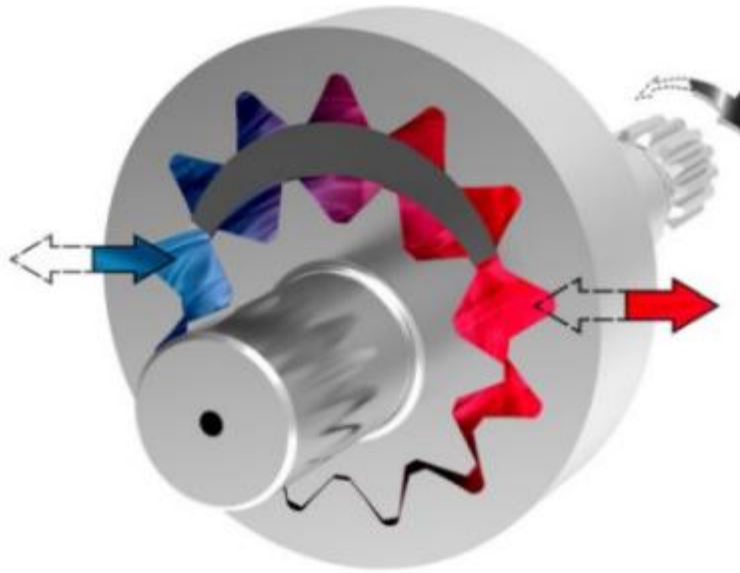


Figura 1-9: Funcionamiento de los engranajes internos.

Fuente:Hydropyc,s.f.

1.5.1.3 Bomba de paleta.

Las bombas de paletas son un tipo de bomba que utiliza paletas deslizantes dentro del rotor para transferir fluidos, las cuales se extienden y se retraen en función a la rotación del rotor, los álabes crean cámaras de volumen que varía y el fluido queda atrapado, transportándose desde la entrada hasta la salida. (Pumps, s.f)

Estas bombas son conocidas por la capacidad de mantener un flujo constante y parejo, también son conocidos por su capacidad de manejar fluidos de viscosidad. Se utiliza para la lubricación, el traslado de combustible y aceites, también en sistemas hidráulicos. (Pumps, s.f)

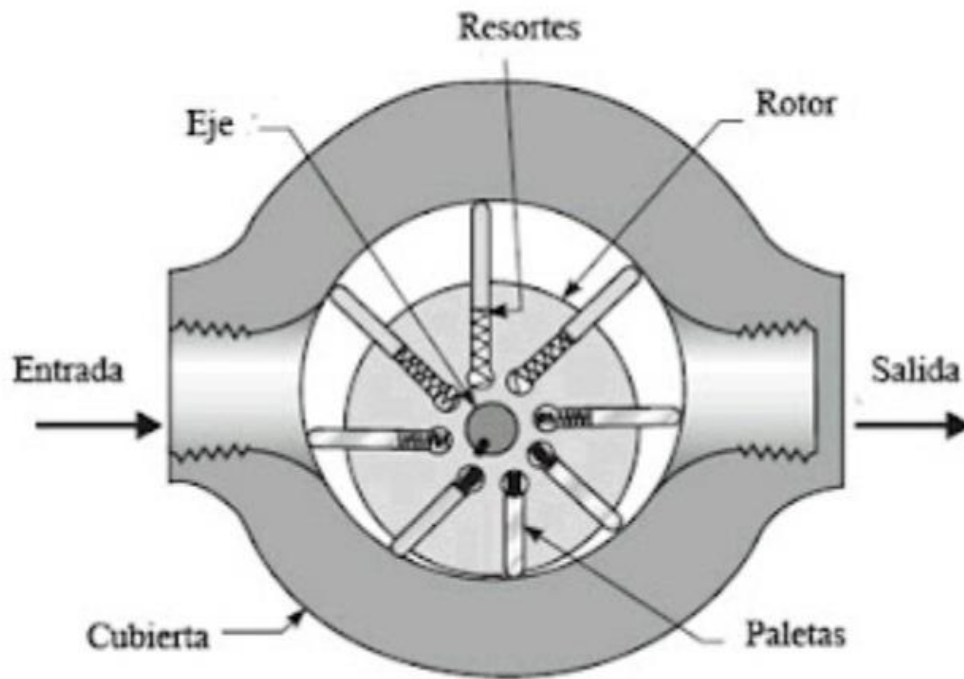


Figura 1-10: Bomba de paletas.

Fuente: Automática, 2011.

1.5.1.4 Bomba de tornillo.

Las bombas de tornillo son un tipo de bombas excéntricas porque cuentan con un eje rotatorio con forma de tornillo, al entrar el fluido o el sólido, el tornillo gira, dirigiéndolo en dirección axial. (Tecfluid., s.f)

Al entrar en funcionamiento y comienza a girar, los dos tornillos forman cámaras cerradas, este movimiento axial crea un vacío en la entrada y una presión en la salida. Por esta técnica de doble cámara, es que se consigue un trabajo casi sin pulsaciones, estas bombas son aptas para productos de alta y baja viscosidad. (Tecfluid., s.f)

Las ventajas de las bombas de tornillo son variadas, por ejemplo, El funcionamiento es relativamente sencillo y al trabajar a pocas RPM hace que la bomba dure más a lo largo del tiempo ya que el desgaste es mínimo, es una bomba versátil ya que puede impulsar líquidos con distintas viscosidades, el mantenimiento de este tipo de bombas es sencillo y no necesitan personal capacitado. (Tecfluid., s.f)



Figura 1-11: Bomba de tornillo en taller de mantenimiento.

Fuente: elaboración propia.



Figura1-12: Bomba de tornillo con una parte del eje helicoidal al descubierto.

Fuente: elaboración propia.

1.5.2 Bombas centrífugas.

Las bombas centrífugas son equipos que trabajan hidráulicamente, se caracterizan por su capacidad de transmitir energía a los fluidos, mediante el trabajo de un campo de fuerzas centrífugas, el objetivo principal es la movilización de los fluidos a través de un aumento de presión. (Robuschi., s.f)

Estos equipos cuentan con su impulsor el cual gira dentro de la carcasa de la bomba, el impulsor cuenta con unos álabes los cuales son los que transmiten la energía cinética al fluido que está entrando a la bomba. (Robuschi., s.f)

La carcasa o voluta, cuenta con una entrada (boquilla de succión) y una salida por donde el fluido es dirigido. (Robuschi., s.f)

1.5.2.1 Bomba Centrifuga de tipo vertical y multietapas.

La característica principal de una bomba Multietapas es que está conformada por más de un impulsor y se encuentran distribuidos uno tras de otro sobre el mismo eje. (Hidrotecnia., 2022)

Para proporcionar el flujo y la presión requerida, se tendrá que prestar principal atención a la cantidad y tamaño de los impulsores. (Hidrotecnia., 2022)

Existe un incremento en la presión y la velocidad del flujo cuando este ingresa a la bomba y es dirigido a la siguiente etapa donde eleva aún más la presión de salida, este proceso se repite según la cantidad de etapas de la bomba. (Hidrotecnia., 2022)



Figura 1-13: Bomba vertical una etapa.

Fuente: elaboración propia.

1.5.2.2 Bombas Centrifuga Horizontal.

Las bombas centrifuga horizontales son equipos mecánicos que utilizan la fuerza centrífuga para transportar fluidos, son las que más se pueden ver en la industria, como por ejemplo en una planta de harina de pescado, en la industria química, ya que mueve los líquidos de manera eficiente. (Rotech Pumps., s.f)

Utilizan la fuerza centrífuga para convertir la energía mecánica en energía cinética del fluido, su funcionamiento es tal que el fluido ingresa a la carcasa, pasa por el impulsor de la bomba y sus álabes transmiten energía al fluido lo que resulta en un aumento en la presión y velocidad para salir impulsado por el punto de descarga. (Rotech Pumps., s.f)



Figura 1-14: Bomba centrifuga Horizontal.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 1-15: Machón de acoplamiento entre bomba-motor.

Fuente: elaboración propia.



Figura 1-16: Tipo de acople falk.

Fuente: elaboración propia.

1.5.2.3 Bomba Centrifuga tipo sumergible.

Como dice su nombre, estas bombas lo que las caracteriza es que todo el conjunto se puede sumergir sin problemas en el fluido y bombean este mismo líquido. (Sketnos., s.f)

Las bombas sumergibles están formadas por un motor eléctrico acoplado directamente a la bomba centrifuga y este motor está sellado herméticamente. (Sketnos., s.f)

Las bombas de tipo sumergible tienen una instalación sencilla y pueden sumergirse a gran profundidad, este tipo de bombas pueden usarse para bombear agua de los pozos. (Sketnos., s.f)

Existe una gran variedad de bombas sumergibles, que pueden adaptarse según el fluido que se quiera impulsar, con solidos o sin ellos y a diferentes profundidades. (Sketnos., s.f)

- Bombas de pozo para aguas limpias.

Estas bombas son construidas enfocándose en el abastecimiento industrial, municipal y doméstico.



Figura 1-17: Bombas sumergibles de agua potable de distintas dimensiones.

Fuente: elaboración propia.

- Bombas de pozo para aguas servidas.

Su diseño está enfocado en darle paso al agua servida junto a sólidos sin que la bomba se obstruya.



Figura 1-18: Bomba sumergible de planta elevadora de agua servidas.

Fuente: elaboración propia.



Figura 1-19: Bomba sumergible de planta elevadora de aguas servidas.

Fuente: elaboración propia.

1.6 Tipos de impulsiones.

El impulsor es un componente clave en la bomba centrífuga, desempeña un papel importante en el proceso de bombeo, su función principal es transmitir energía al fluido para que este aumente su velocidad y su presión. (Cindex., s.f)

La eficiencia y el rendimiento de una bomba dependen en gran parte al tipo de impulsor y contra qué fluido se enfrentará. (Cindex., s.f)

1.6.1 Impulsor abierto.

Este tipo de impulsores las paletas están unidas al cubo central, sin ninguna forma, pared lateral o cubierta y están montadas directamente en el eje. (Cindex., s.f)

Su estructura es débil y requieren valores de la altura de aspiración positiva neta más altos, regularmente se utilizan en bombas de bajo diámetro que manejan sólidos en suspensión. (Cindex., s.f)

Son más sensibles al desgaste que los impulsores cerrados por lo que la eficiencia de estos se deteriora más rápidamente en un ambiente erosivo. (Cindex., s.f)



Figura 1-20: Impulsor abierto tipo N.

Fuente: elaboración propia.

1.6.2 Impulsor semi cerrado.

Este tipo de impulsor incorpora una cubierta que sirve para hacer que los álabes sean más duros siendo más resistentes mecánicamente. (Cindex., s.f)

Se utilizan en bombas de diámetro medio y con líquidos que contienen pequeñas cantidades de sólidos en suspensión. Ofrecen una mayor eficiencia y un menor valor en la altura de aspiración positiva neta de la bomba. (Cindex., s.f)

Es importante con este tipo de impulsores que exista una pequeña holgura entre los álabes del impulsor y la voluta, esta holgura no debe ser demasiada ya que

ocurrirá un deslizamiento y recirculación, que dará paso a una reducción en la eficiencia de la bomba y a una subida de temperatura. (Cindex., s.f)

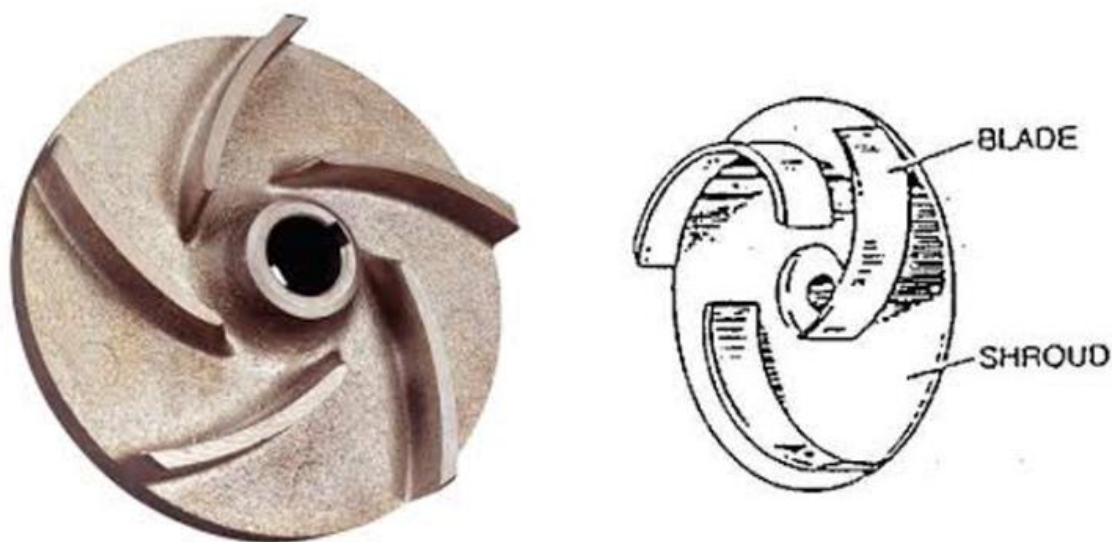


Figura 1-21: Impulsor semi cerrado.

Fuente: HeavyPumps, s.f.

1.6.3 Impulsor cerrado.

El impulsor cerrado cuenta con una pared posterior y una frontal para una resistencia máxima. (Cindex., s.f)

Se usan en bombas grandes con alta eficiencia y bajo valor en la altura de aspiración positiva neta de la bomba. Pueden funcionar en servicio de sólidos suspendidos sin obstrucciones, pero se desgastará más rápido. (Cindex., s.f)



Figura 1-22: Impulsor cerrado.

Fuente: elaboración propia.



Figura 1-23: Impulsor cerrado.

Fuente: elaboración propia.



Figura 1-24: impulsor cerrado.

Fuente: elaboración propia.

1.7 Ishikawa.

También conocido como diagrama de causa y efecto o diagrama de espina de pescado, este diagrama es una herramienta que ayuda a identificar las causas raíz de un problema, analizando todos los factores que involucran la ejecución de un proceso. (Vieira., s.f)

El método es nombrado así por su creador, el ingeniero Kaoru Ishikawa, que dio origen al gráfico visual en 1943, con el tiempo el análisis fue perfeccionado para ayudar a equipos para que llegaran a las causas reales de problemas ocurridos en su proceso. (Vieira., s.f)

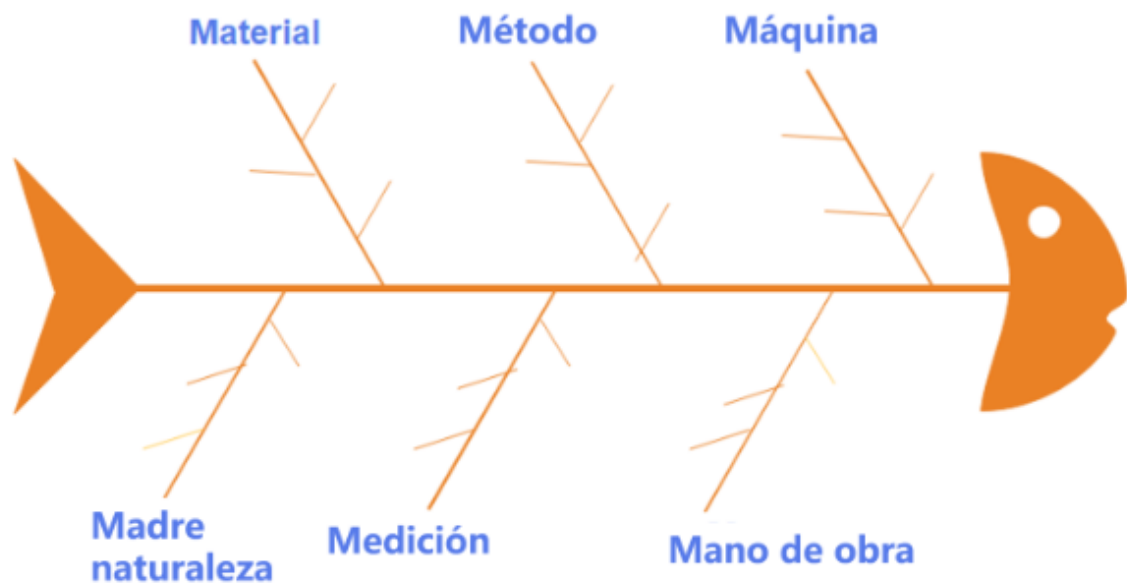


Figura 1-25: Diagrama Ishikawa.

Fuente: Edraw.,2024.

1.8 Pareto.

Un diagrama de Pareto es una técnica que permite clasificar gráficamente la información de mayor a menor relevancia, con el objetivo de identificar los problemas más críticos en los que debemos enfocarnos y solucionarlos. (Velázquez., s.f)

El principio de Pareto o la regla del 80/20 establece que el 80% de las fallas provienen del 20% de las causas. (Velázquez., s.f)

El fin de esta herramienta es distinguir las distintas fallas presentadas en los equipos, ordenándolas por criticidad de mayor a menor, identificando la o las fallas más importantes.

2 Capítulo 2:

2.1 Problemática.

2.1.1 Ubicación.

La planta elevadora de aguas servidas está ubicada en Las violetas, Pasaje uno, Concepción, Frente a cárcel El manzano.

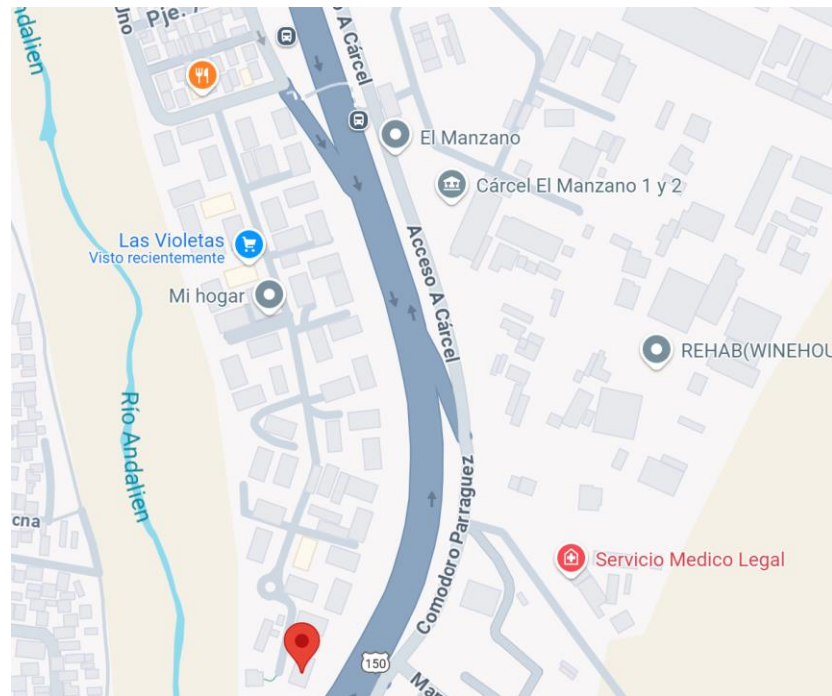


Figura 2-1: Ubicación en el mapa.

Fuente: elaboración propia.



Figura 2-2: Entrada a la planta.

Fuente: elaboración propia.

2.2 Bombas de la planta elevadora de aguas servidas LOS CONQUISTADORES.

En la planta elevadora de aguas servidas, Los conquistadores, existe un problema el cual es que los equipos constantemente se detienen, esto es debido a que ambas bombas se obstruyen con sólidos, por ende, se sobrecargan y el relé térmico es el que se encarga de proteger al motor interrumpiendo el circuito.

En esta planta hay dos bombas sumergibles de la marca FLYGT, las cuales están asentadas en su respectivo codo patín, Su misión es impulsar las aguas negras. En la planta estas bombas funcionan alternadamente, a través de contactores.



Figura 2-3: Obstrucción completa dentro de la voluta e impulsión.

Fuente: elaboración propia.



Figura 2-4: Obstrucción completa de la voluta e impulsión.

Fuente: elaboración propia.



Figura 2-5: Obstrucción completa voluta.

Fuente: elaboración propia.

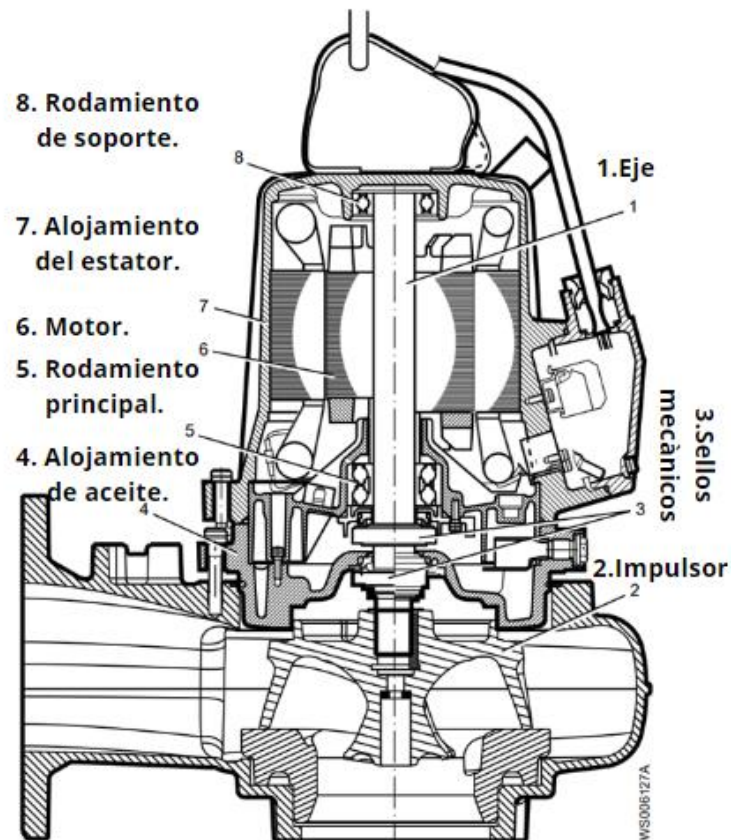
2.2.1 Bombas sumergibles FLYGT.

En la planta se encuentran funcionando dos bombas de la marca Flygt, Modelo 3102 de 50hz.

Estas bombas son del mismo modelo, pero una es más actual que la otra, esto se ve reflejado por ejemplo en que la bomba más actual funciona a mayor RPM, cuenta con un impulsor tipo N con cuchillas en sus alabes y en su voluta viene incorporada también una cuchilla de corte.

Bombas sumergibles, que cuentan con una turbina hidráulica con vórtice, utilizada para impulsar líquidos que contienen sólidos y medios abrasivos o aguas residuales ligeras.

2.2.2 Piezas de la bomba.



Fuente 2-6: Vista de las partes de una bomba.

Fuente: Xylem.,2024

Posición	Denominación	Descripción.
1	Eje	El eje está fabricado con acero inoxidable con rotor integrado.
2	Impulsor	Los impulsores utilizados por las bombas son. Impulsor N de acero inoxidable Bomba 2. Impulsor S con función de corte.
3	Sellos mecánicos	Un sello interno y uno externo en una combinación de materiales. Óxido de aluminio. Carburo de silicio. Carburo cementado resistente a corrosión.
4	Alojamiento de aceite	El alojamiento del aceite incluye un refrigerante que lubrica y enfría los sellos; la carcasa actúa como capa intermedia entre fluido bombeado y la unidad del motor.
5	Rodamiento principal	El rodamiento principal de bolas de dos filas de contacto angular.
6	Motor	Tipo de motor. Frecuencia de 50hz. Alimentación trifásica. Método de arranque: Arranque directo, estrella-triángulo, partidador suave, variador de frecuencia.
7	Alojamiento del estator	Las bombas se enfrían con el líquido/aire circundante.
8	Rodamiento de soporte	El rodamiento de bolas de una sola fila.

Tabla 2-1: Descripción de componentes.

Fuente: Xylem.,2024

Planos.

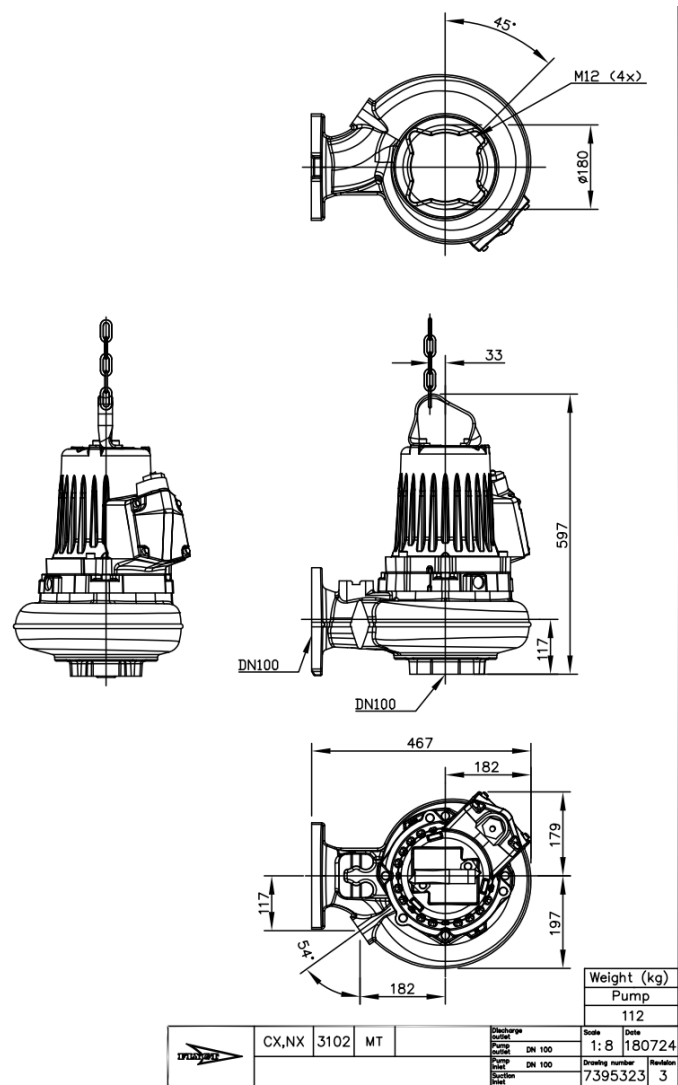


Figura 2-6: Planos de la bomba.

Fuente: Xylem.,2024.

2.2.4 Bomba D (Nro 1).

En la planta esta bomba es la más antigua, se puede apreciar visualmente, su impulsor, tiene pequeñas roturas en sus álabes, la voluta se encuentra gastada y no cuenta con una cuchilla de corte.



Figura 2-7: Bomba D.

Fuente: elaboración propia.



Figura 2-8: Impulsión de la bomba.

Fuente: elaboración propia.

2.2.5 Bomba N (Nro2).

Esta bomba es la más nueva, su voluta viene incorporada con un cuchillo de corte que junto con el impulsor Tipo N de acero Inoxidable, hacen que los sólidos sean cortados con mayor facilidad y que no se obstruya.

En la práctica con lo anteriormente mencionado, debería ser suficiente pero dado la cantidad excesiva de sólidos que llegan a la planta, la bomba se ve sobrepasada y de todas formas se obstruye.



Figura 2-9: Bomba N.

Fuente: elaboración propia.



Figura 2-10: Impulsor bomba dos, junto a cuchillo incorporado en voluta.

Fuente: elaboración propia.

2.3 Operadores.

Los operadores de estas plantas están distribuidos por sectores, esto quiere decir que un operador puede estar a cargo de varias PEAS a la vez y estos mismos son los encargados de dar aviso si detectan alguna anomalía, como por ejemplo en el tablero eléctrico, en las bombas y en la planta en general, o si el pozo se encuentra muy sucio, también se da aviso para que asista personal para limpiarlo con un camión combinado, el cual succiona todo lo que se encuentra en el pozo con una manguera de cuatro pulgadas.

Si ocurre alguna falla, el operador da aviso y asiste un equipo de mantención lo más antes posible y de acuerdo con la gravedad del asunto. En cambio, el equipo preventivo, por planificación asiste a esta planta una vez cada seis meses, ósea dos veces en el año.

2.4 Cámara de rejas de la planta.

Cuando se realizó la visita, la cámara de rejas de la planta se encontraba con gran cantidad de agua, esto es algo anormal ya que acá no debería haber esta cantidad de agua y esto significa que las bombas se encuentran sin funcionar por falla térmica.

Existe una contratista que se encarga de bajar por la escalera que se aprecia en la figura 2-11 y su trabajo es ir de planta en planta retirando los sólidos estancados en los barrotes que impiden el paso de los sólidos.



Figura 2-11: Cámara de rejas completamente llena de agua.

Fuente: elaboración propia.



Figura 2-12: Barrotes de la cámara de rejillas.

Fuente: elaboración propia.



Figura 2-13: Barrotes en mal estado.

Fuente: elaboración propia.

2.5 Pozo húmedo de la planta.



Figura 2-14: Pozo húmedo de la planta.

Fuente: elaboración propia.

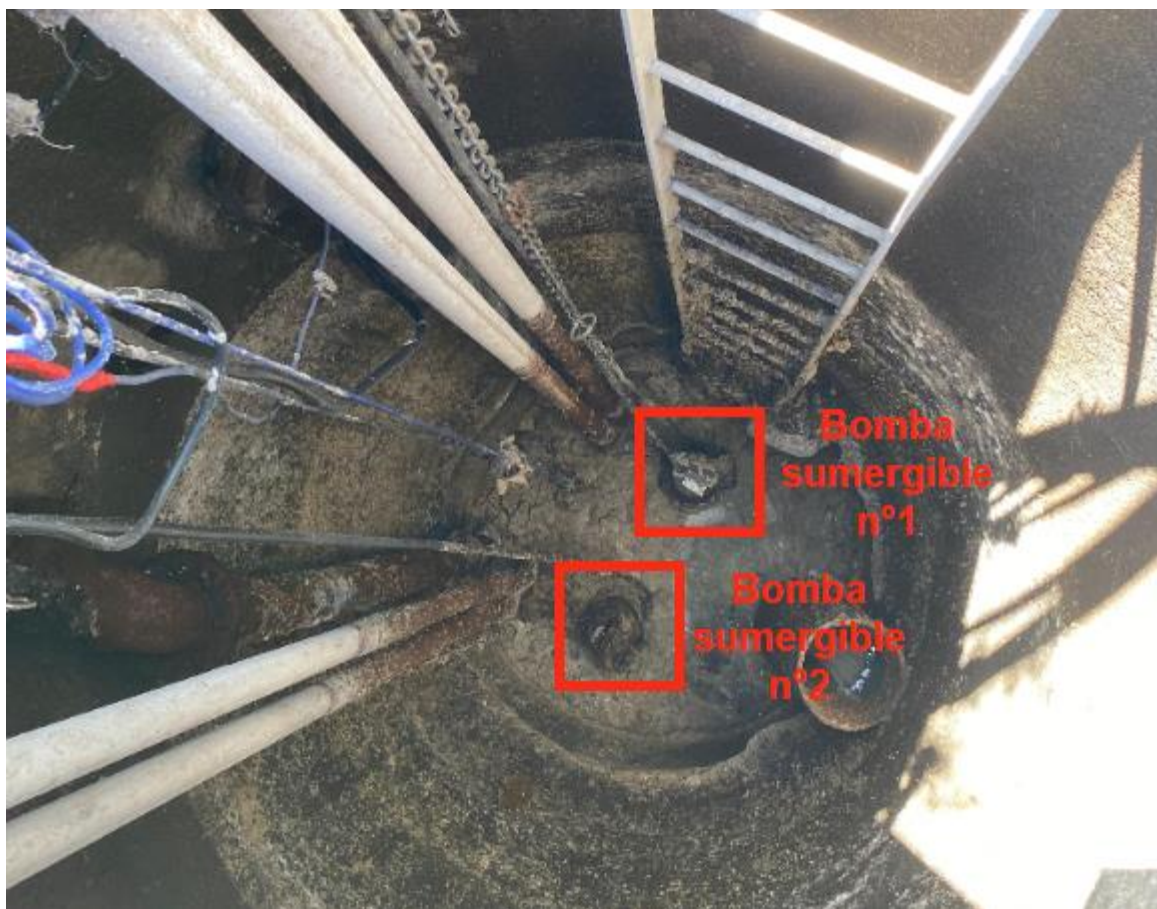


Figura 2-15: Pozo húmedo de la planta con vista de ambas bombas asentadas.

Fuente: elaboración propia.

2.6 Cámara de válvulas de la planta.

Lo normal es que la cámara de válvulas no se encuentre agua, en esta oportunidad si se encontraba, esto puede ser debido a que una empaquetadura se encuentra en mal estado o simplemente ingresó a la cámara de válvulas agua de lluvia.



Figura 2-16: Cámara de válvulas de la planta.

Fuente: elaboración propia.

2.7 Tablero eléctrico de la planta.



Figura 2-17: Tablero eléctrico de la planta.

Fuente: elaboración propia.

Existen distintas formas de realizar los arranques de las bombas en las plantas, pueden ser:

- mediante un variador de frecuencia
- un partidor suave.
- estrella-triángulo.
- Arranque directo.

Este último mencionado es el tipo de arranque de las bombas sumergibles, que constan de un solo contactor (fuerza de trabajo) junto con su relé térmico.

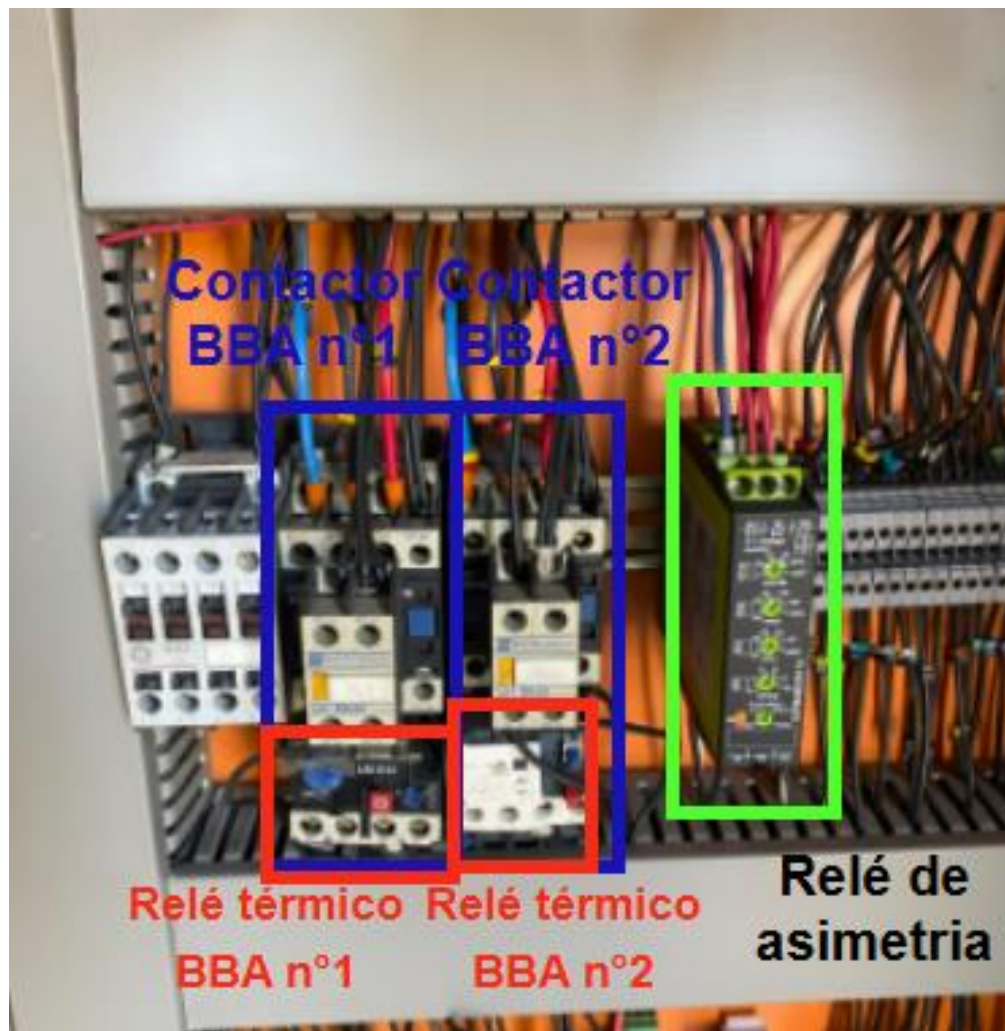


Figura 2-18: Contactador BBA n°1 y BBA n°2.

Fuente: elaboración propia.

2.8 Pareto.

Cada planta elevadora de aguas servidas cuenta con un libro de actividades, en donde se anota con fecha de ese día el nombre de las personas que ingresaron a la planta y que fue lo que realizaron o que problema encontraron. La planta Los conquistadores no es la excepción y por esto es que puedo realizar un Pareto con los datos de falla obtenidos en este libro de actividades, tomaré en consideración solo los datos de noviembre del año 2023 hasta noviembre del año 2024.

Detenciones o fallas	Frecuencia	Frecuencia acumulada	Frecuencia acumulada %
Impulsor obstruido	36	36	54%
O.ring	6	42	63%
Sellos mecánicos.	4	46	69%
Rodamientos.	4	50	75%
Soltura de bornera.	4	54	81%
Desgaste hidráulico.	3	57	85%
Corte de cables/fase.	3	60	90%
Cortocircuito del bobinado.	2	62	93%
Desgaste en hilo de perno fijador.	2	64	96%
Desgaste en hilo de voluta.	2	66	99%
Rotura de eje.	1	67	100%
Total.		67	

Tabla 2-2: Historial de fallas de ambas bombas.

Fuente: elaboración propia.

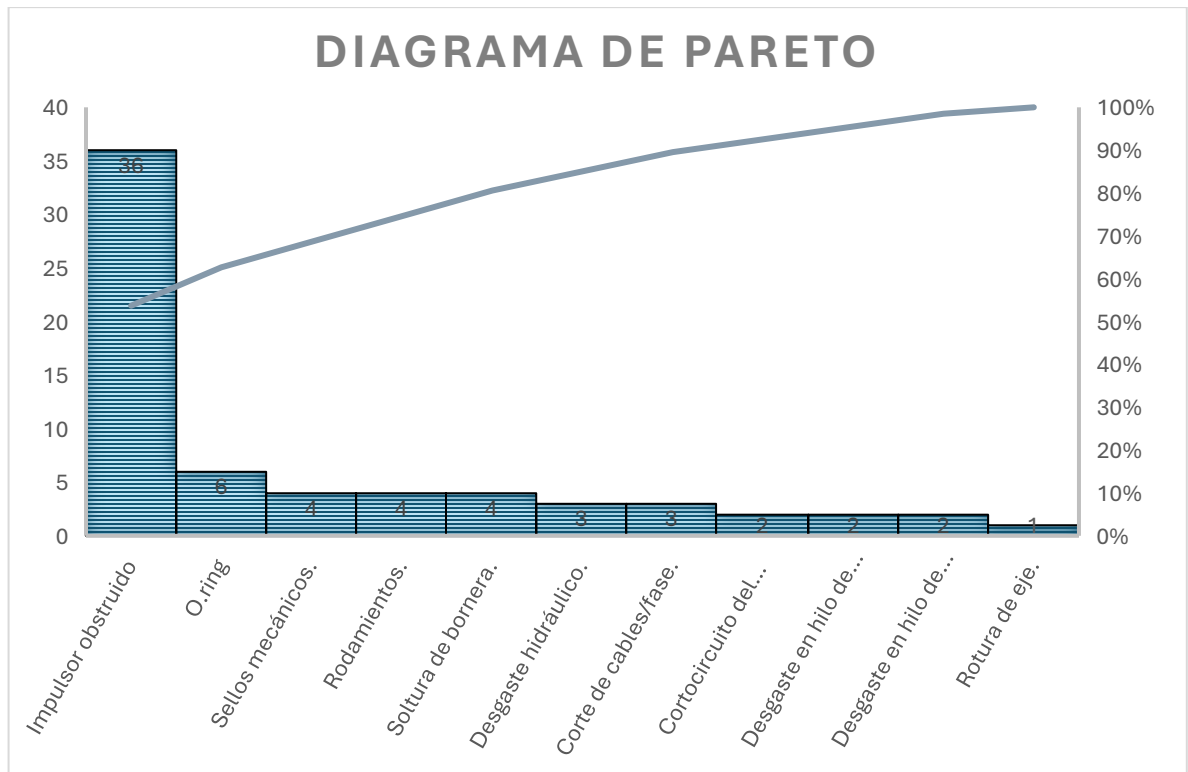


Figura 2-19: Diagrama de Pareto.

Fuente: elaboración propia.

Con los datos puestos del diagrama de Pareto obtenido gracias al libro de actividades, se puede apreciar claramente que la falla más recurrente es la obstrucción del impulsor. Siendo el orden por frecuencia de fallos la siguiente:

- Impulsor obstruido.
- O.ring
- Sellos mecánicos.
- Rodamientos.
- Soltura de bornera.
- Desgaste hidráulico.
- Corte de cables/fase.
- Cortocircuito del bobinado.
- Desgaste en hilo de perno fijador.
- Desgaste en hilo de voluta.
- Rotura de eje.

2.9 Ishikawa.

Según lo visto en el Pareto a continuación se presenta un análisis de Ishikawa con el problema que más presentan las bombas el cual es la detención por sobrecarga de los equipos debido a la obstrucción en impulsor y voluta.

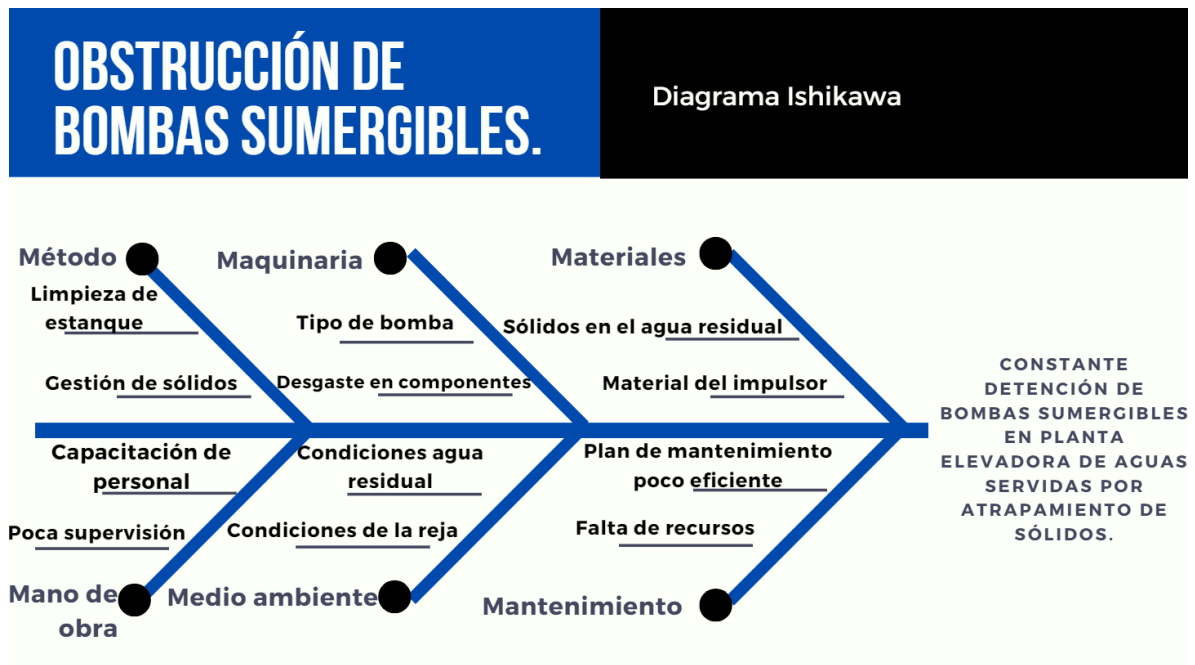


Figura 2-20: Diagrama Ishikawa.

Fuente: elaboración propia.

3 CAPÍTULO 3

3.1 Propuesta de plan de mantenimiento.

En la planta elevadora de aguas servidas, Los Conquistadores gracias al libro de actividades, se pudo realizar un Diagrama de Pareto junto a un diagrama de Ishikawa y se determinó el principal problema del por qué se detienen constantemente, esto es debido al atrapamiento de sólidos en el impulsor y en ocasiones atrapamiento completo en la voluta, por lo que se describirá un plan de mantenimiento que contemple acciones preventivas y correctivas con un Checklist por visita que anualmente serán cuatro veces en el año, junto con el cambio de impulsor y de voluta en la bomba número uno ya que la bomba número dos se encuentra en buen estado.

También se mencionará el cambio de reja, en la cámara donde esta se encuentra ubicada por una nueva que filtre el agua servida de mejor manera, ya que la actual no está cumpliendo su función de retener los sólidos.

Dado la cantidad de plantas elevadoras de aguas servidas distribuidas por toda la región del Bio-Bio, este plan de mantenimiento servirá tanto para la Planta elevadora de aguas servidas Los conquistadores, como para cualquier otra, ya que todas las plantas funcionan de la misma manera porque estas están estandarizadas por la norma Nch 2472/2000, teniendo una entrada del agua que pasa por la cámara de rejillas, cayendo al pozo donde es elevado por ambas bombas, pasando por una cámara de válvulas.

3.2 Beneficios de la propuesta de plan de mantenimiento.

Los beneficios de tener un plan de mantenimiento son realmente significativos, ya que lo esperado es que la planta se encuentre operando sin novedad y que ambas bombas estén en buenas condiciones para elevar lo que deben.

Interviniendo el problema de la sobrecarga de la bomba sumergible por atrapamiento de sólidos en el impulsor, tendríamos un aumento en la disponibilidad de ambas bombas sumergibles, aumento en la eficiencia de operación, ya que buscamos que el equipo trabaje en las mejores condiciones para alargar su vida útil, reducción de costos por mantenimiento y una mayor seguridad ya que si la planta trabaja de manera normal, reducimos los incidentes por el izaje y posteriormente la intervención de los equipos.

3.3 Plan de mantenimiento preventivo.

El plan de mantenimiento preventivo constará de las siguientes acciones:

- Revisión del estado de aceite.
- Inspección y limpieza de tablero eléctrico.
- Inspección visual y limpieza de la bomba sumergible.
- Inspección de impulsor y voluta.
- Inspección de estado de hilo de voluta.
- Cambio de sello O´ring Bomba-Motor.
- Cambio kit rodamientos.
- Cambio de sellos mecánicos.
- Cambio de terminales.
- Cambio de pernos y golillas voluta.

3.4 Mediciones para realizar en visita.

- Medición de voltaje y consumo de corriente.

En cada inspección se deberá medir el voltaje y el consumo de corriente para verificar que el equipo esté consumiendo dentro de los parámetros normales.



Figura 3-1: Amperímetro.

Fuente: elaboración propia.

- Medición de aislación del motor.

En cada inspección se debe medir la aislación del motor eléctrico, al estar sumergida la bomba constantemente, esta es una medición importante para determinar el estado del motor, que nos permite verificar si el aislamiento entre las bobinas es el adecuado.



Figura 3-2: Megóhmetro.

Fuente: elaboración propia.



Figura: 3-3: Megóhmetro.

Fuente: elaboración propia.

- Revisión de caudalímetro.

El caudalímetro nos indica cuanto es que está elevando la bomba en Litros/ segundos, esta herramienta es esencial para saber si la bomba está funcionando en la curva seleccionada, si se encuentra obstruida o si está cavitando.



Figura: 3-4: Caudalímetro.

Fuente: elaboración propia.

3.5 Check list.

Check list cada vez que se visite la planta.

Check list Bombas sumergibles de aguas servidas.									
Sección 1									
1 Datos administrativos.				2 Orden de mantenimiento.		3 Otros datos.			
Empresa:		Localidad:		Nº:		Instalación: vía pública ☐ Recinto ☐			
Planta:		Tipo de pozo:		Tipo:		Tipo de operación: +			
4 Datos de placa de Bomba sumergible.				5 Fechas y horarios.		Accionamiento: PD ☐ YD ☐ PS ☐ VDF ☐			
Marca:		Modelo:		Serie:		Fecha/ Hora de inicio.		Tº bobinado: ☐ Humedad Bornera: ☐	
Peso(Kg):	Aceite(L):	N(RPM):	V(V):	/ /		Hora:		Agua aceite: ☐ Hum. espacio motor: ☐	
Pot(Kw):	A(A):	Q(vs):	H(mca):	Fecha/ Hora de termino.		Tº rodamientos: ☐			
Tipo de impulsor:		Tipo de voluta:		/ /		Hora:			
Sección 2									
Nº		Estado.				Observaciones.			
6	Equipo instalado	Si: ☐ No: ☐ Equipo alternativo: ☐							
7	Resistencia aislación (Mohm)	Entre linea y tierra(V):		Entre lineas(V):					
		U1-T:		U1-V1:					
		V1-T:		U1-W1:					
		W1-T:		W1-V1:					
8	Tipo de protección	Si: ☐ No: ☐		Térmico: ☐ Breaker: ☐ Prot.Int: ☐					
9	Cond. Mec Inicial	Ruido: Normal: ☐ Media: ☐ Alta: ☐		Vibración: Normal: ☐ Media: ☐ Alta: ☐					
	Cond. Mec Final	Ruido: Normal: ☐ Media: ☐ Alta: ☐		Vibración: Normal: ☐ Media: ☐ Alta: ☐					
10	Corriente Inicial (A)	L1:	L2:	L3:	F1:	F2:	F3:		
	Corriente Final. (A)	L1:	L2:	L3:	F1:	F2:	F3:		
11	Voltaje (Volt)	V1:		V2:		V3:			
12	Caudal (L/S)	Caudalímetro: Si: ☐ No: ☐							
13	Presión (Bar)	Manómetro: Si: ☐ No: ☐							
14	Potencia (w)	Analizador de red: Si: ☐ No: ☐							

1

Tabla 3-1: Check list de bombas sumergibles de aguas servidas.

Fuente: elaboración propia.

Check list Bombas sumergibles de aguas servidas.

Sección 3									
Nº	Piezas y componentes.					Estado Final			Observaciones
						bueno	regular	malo	
15	Impulsor	Normal: ☐	Desgaste: ☐	Álabes roto: ☐	Suelto: ☐	☐	☐	☐	
16	Anillo desgaste Impulsor	Normal: ☐	Desgaste: ☐	Anillo roto o sin anillo: ☐	Suelto: ☐	☐	☐	☐	
17	Conjunto impulsor y voluta	Normal: ☐	Roca: ☐	Falta de ajuste: ☐	Obstruido: ☐	☐	☐	☐	
18	Voluta	Normal: ☐	Desgaste: ☐	Voluta quebrada: ☐	Suelto: ☐	☐	☐	☐	
19	Anillo desgaste Voluta	Normal: ☐	Desgaste: ☐	Anillo roto o sin anillo: ☐	Suelto: ☐	☐	☐	☐	
20	Muela	Normal: ☐	Desgaste: ☐	Quebrado: ☐	Suelto: ☐	☐	☐	☐	
21	Cámara de aceite (tapón de inspección)	Normal: ☐	Bajo nivel: ☐	Emulsionado: ☐	Sin aceite: ☐	☐	☐	☐	
22	Estator (tapón de inspección)	Normal: ☐	Con aceite: ☐	Con agua: ☐	Humedad: ☐	☐	☐	☐	
23	Cables	Normal: ☐	Dañado: ☐	Conexión suelta: ☐	Conexión sulfatada: ☐	☐	☐	☐	
24	Guías	Normal: ☐	Desgaste: ☐	Quebrada: ☐	Suelto: ☐	☐	☐	☐	
25	Cadena	Normal: ☐	Desgaste: ☐	Eslabón dañado: ☐	Suelto: ☐	☐	☐	☐	
26	Soporte de guías	Normal: ☐	Desgaste: ☐	Quebrada: ☐	Suelto: ☐	☐	☐	☐	
27	Cañería de impulsión	Normal: ☐	Fugas: ☐	Obstruida: ☐	Dañada: ☐	☐	☐	☐	
28	Válvulas de corte	Normal: ☐	Fugas: ☐	Obstruida: ☐	Dañada: ☐	☐	☐	☐	
29	Válvulas de retención	Normal: ☐	Fugas: ☐	Obstruida: ☐	Dañada: ☐	☐	☐	☐	
Sección 4									
Especialistas:		Técnico líder:			Conclusión del trabajo:				
1.									
2.									
3.									
4.									
		Firma:			Condiciones finales del equipo:				
					Operativo normal: ☐ Fuera de servicio: ☐				
					Operativo con restricciones: ☐ Traslado a taller: ☐				

2

Tabla 3-1: Check list de bombas sumergibles de aguas servidas 2.

Fuente: elaboración propia.

3.6 Cambio de reja.

Existe otra contratista que se encarga de solamente quitar los sólidos atrapados en los barrotes de la cámara de rejillas, dado la criticidad de la planta con respecto a la cantidad de sólidos, la visitan una vez al día, pero de todas formas pasan una gran cantidad de sólidos al pozo.

En el diagrama Ishikawa realizado, se puede apreciar que la cámara de rejillas cumple un rol sumamente importante cuando de filtrar el agua servida se trata, ya que con sus barrotes atrapa los sólidos evitando que estos ingresen al pozo húmedo.

Finalmente, estos sólidos son los que quedan atrapados en el impulsor de la bomba y es por esto por lo que en esta planta se recomienda el cambio de reja por una que la distancia entre cada barrote sea menor para que menos sólidos pasen al pozo húmedo.

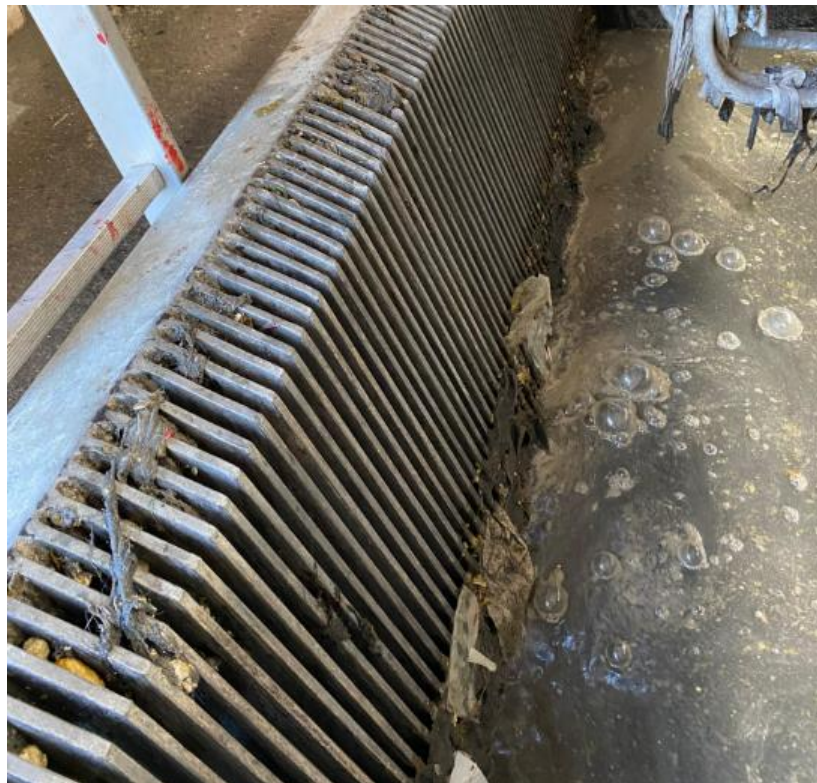


Figura 3-5: Rejas de retención de sólidos.

Fuente: elaboración propia.

3.7 Cambio de impulsor y voluta.

Según lo visto, fotografiado en planta y según el libro de actividades de esta, la bomba n°1 es la que se obstruye más veces, esto debido a que su impulsor se encuentra gastado, perdiendo todo el filo de los alabes con el paso del tiempo y su voluta no cuenta con un cuchillo de corte como la bomba n°2 que es más actual y se puede apreciar visualmente.

Es por esto por lo que se propone el cambio de impulsor y de voluta que tenga cuchillo de corte al igual que lo tiene la bomba n°2.



Figura 3-6: Impulsor tipo N.

Fuente: elaboración propia.



Figura 3-7: otra vista de impulsor tipo N.

Fuente: elaboración propia.



Figura 3-8: Voluta con cuchillo de corte.

Fuente: elaboración propia.



Figura 3-9: Voluta con cuchillo de corte.

Fuente: elaboración propia.

4 CAPÍTULO 4

4.1 Costos.

Se realizará el análisis de costos con el fin de dar a conocer los valores aproximados de lo que saldrá el plan de mantenimiento, contemplando las horas hombre por actividad, el cambio de voluta e impulsor de la BBA n°1 y el cambio de barrotes en la cámara de rejillas.

4.1.1 Costos Horas hombre.

4.1.1.1 Salario calculado por hora.

Trabajadores	Salario por hora.
Técnico electromecánico líder	\$5.000
Técnico electromecánico	\$4.000

Tabla 4-1: Costos del personal.

Elaboración propia.

4.1.1.2 Horas hombre por actividad.

Actividades de mantenimiento	Frecuencia en días.	Horas hombre.	Costo HH, Técnico líder.	Costo HH, Técnico electromecánico	Costos total horas hombre.	Costo total Anual.
Inspección visual y limpieza de la bomba sumergible.	90	1	\$5.000	\$4.000	\$9.000	\$36.000
Inspección de impulsor	90	1	\$5.000		\$5.000	\$20.000
Inspección de voluta.	90	0.30		\$4.000	\$4.000	\$16.000
Inspección de estado de hilo de voluta.	90	0.30	\$5.000	\$4.000	\$9.000	\$36.000

Cambio de sello O´ring bomba-motor.	180	1	\$5.000	\$4.000	\$9.000	\$18.000
Inspección de terminales.	180	1	\$5.000	\$4.000	\$9.000	\$18.000
Revisión del estado del aceite.	180	1	\$5.000	\$4.000	\$9.000	\$18.000
					Total Anual:	\$162.000

Tabla 4-2: Costos horas hombre del mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia.

Actividad de mantenimiento.	Frecuencia en días.	Horas hombre.	Costo HH, Técnico líder.	Costo HH, Técnico electromecánico.	Costo total Horas hombre.	Costo total cada dos años.
Cambio kit rodamientos.	730	5	\$5.000	\$4.000	\$9.000	\$9.000
Cambio de pernos y golillas de voluta.	730	1	\$5.000	\$4.000	\$9.000	\$9.000
Cambio Kit sellos mecánicos.	730	3	\$5.000	\$4.000	\$9.000	\$9.000
					Total cada dos años.	\$27.000

Tabla 4-3: Costo de Horas hombre que se realizarán cada dos años.

Fuente: Elaboración propia.

Actividades de mantenimiento	Frecuencia en días	Horas hombre.	Costo HH, Técnico líder	Costo HH, Técnico electromecánico	Costo total HH.	Costo total anual.
Medición de voltaje y consumo de corriente.	90	1	\$5.000	\$4.000	\$9.000	\$36.000
Medición de aislación del motor.	90	1	\$5.000	\$4.000	\$9.000	\$36.000
Revisión de caudalímetro.	90	0.30	\$5.000	\$4.000	\$9.000	\$36.000
					Total anual.	\$108.000

Tabla 4-4: Costo de horas hombre de las mediciones.

Fuente: Elaboración propia.

Actividades de mantenimiento.	Frecuencia en días.	Horas hombre.	Costo HH, Técnico líder.	Costo HH, Técnico electromecánico.	Costo total HH.	Costo total cada cinco años.
Cambio de voluta.	1800	2	\$5.000	\$4.000	\$9.000	\$9.000
Cambio de impulsor.	1800	2	\$5.000	\$4.000	\$9.000	\$9.000
					Total cada cinco años.	\$18.000

Tabla 4-5: Costo horas hombre del cambio de impulsor y voluta.

Fuente: Elaboración propia.

Actividades de mantenimiento.	Frecuencia en días.	Horas hombre.	Costo HH, Técnico líder.	Costo HH, Técnico electromecánico	Costo total HH.	Costo total.
Cambio de reja.	x	4	\$5.000	\$4.000	\$9.000	\$9.000
					Costo total.	\$9.000

Tabla 4-6: Costo horas hombre de cambio de reja.

Fuente: elaboración propia.

Tipo de gasto.	Costo total.
Horas Hombre	\$324.000

Tabla 4-7: Costo total horas hombre.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2 Costos cambio de voluta e impulsor Bomba sumergible N°1.

Estructura.	Costo.
Voluta con cuchilla de corte	\$2.668.744
Impulsor	\$1.675.295
Total.	\$4.344.039

Tabla 4-8: Costo de voluta e impulsor.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.3 Evaluación costos cambio de reja.

Para el cambio de reja, se buscará proveedor que realice una reja a medida, con la distancia entre cada barrote menor a la actual.

Estructura.	Costo.
Reja nueva (acero inoxidable)	\$250.000

Tabla 4-9: Costo Reja nueva.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.4 Evaluación de costos.

Actividad de mantenimiento.	Costo total anual aproximado.
Inspección visual y limpieza de la bomba sumergible.	\$10.000
Inspección de impulsor	\$15.000
Inspección de voluta.	\$15.000
Inspección de estado de hilo de voluta.	\$20.000
Cambio de sello O´ring bomba-motor.	\$15.000
Inspección de terminales.	\$35.000
Revisión del estado del aceite.	\$20.000
Cambio kit de rodamientos.	\$35.000
Cambio de kit sellos.	\$30.000
Cambio de pernos y golillas en voluta.	\$30.000
Medición de voltaje y consumo de corriente.	\$150.000
Medición de aislación del motor.	\$200.000
Inspección caudalímetro.	\$10.000
Total:	\$575.000

Tabla 4-10: Evaluación de costos.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.5 Repuestos necesarios para el plan de mantenimiento.

Repuestos.	Costo aproximado.
Kit Rodamientos.	\$300.000
Kit Sellos.	\$200.000
Kit O´ring.	\$70.000
Kit de terminales.	\$10.000
Kit tuercas.	\$5.000
Kit pernos.	\$10.000
Kit golillas.	\$5.000
Total:	\$600.000

Tabla 4-11: Costo de repuestos.

Fuente: elaboración propia.

4.1.6 Costo de cada bomba nueva según modelo.

Modelo	Costo
Bomba D Flygt modelo 3102, 50hz	\$ 7.800.000
Bomba N Flygt modelo 3102, 50hz	\$ 9.110.000

Tabla 4-12: Costo de bombas nuevas según modelo.

Fuente: elaboración propia.

4.1.7 Costo total anual del mantenimiento contemplando cambio de reja, de voluta e impulsor.

Costo total anual contemplando cambio de reja y cambio de voluta e impulsor.	\$6.093.039
Costo total del mantenimiento segundo año.	\$1.445.000
Costo total del mantenimiento cuarto año.	\$1.472.000

Tabla 4-13: Costo total anual del mantenimiento contemplando cambio de reja, de voluta e impulsor.

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIÓN.

El objetivo principal de mi proyecto fue realizar un plan de mantenimiento para dos bombas sumergibles que se encuentran en una planta elevadora de aguas servidas llamada los Conquistadores mejorando su tiempo de operación y que las paradas por atrapamiento de sólidos no fuesen tan recurrentes, para garantizar la continuidad del flujo a la siguiente planta.

Mediante el análisis que se llevó a cabo de la planta y de las bombas, se logró identificar la principal falla en ambas bombas, esta era la gran acumulación de sólidos y la falta de un mantenimiento preventivo regular. Esta propuesta de plan incluye acciones específicas como por ejemplo el cambio de impulsor y de voluta con cuchillo de corte para la bomba n°1 y se propone el cambio de reja en su respectiva cámara, ya que esta no está cumpliendo su función la cual es atrapar la mayor cantidad de sólidos antes de que estos ingresen al pozo húmedo para evitar que las bombas se obstruyan.

Esta propuesta de plan de mantenimiento aporta beneficios operativos al buscar reducir la frecuencia de fallas, también disminuir la cantidad de mantenimiento correctivo que hay que dedicar a la planta ya que como esta existen muchas más distribuidas por toda la región del Bío-Bío.

Medioambientalmente hablando es importante mantener el flujo continuo de las aguas servidas hacia la siguiente planta o para ya directamente a la planta de tratamiento, ya que el no funcionamiento de esta puede provocar el desbordamiento que puede generar malos olores y condiciones insalubres para la calidad de vida de la comunidad que por consecuencia pueden atraer insectos y roedores, la empresa mandante busca asegurar un ciclo del agua servida y que esta sea sostenible y eficiente, esto significa que toda el agua servida llegue a una planta de tratamiento.

En conclusión, este proyecto refleja la importancia de contar con un buen plan de mantenimiento para garantizar el correcto funcionamiento de la planta, que esta cuente con equipos confiables y que las condiciones en la planta sean las más cercanas a lo ideal para evitar el atrapamiento de sólidos en las bombas.

BIBLIOGRAFÍA.

- Automática., I. (2011). *Industrial Automática*. Obtenido de <https://industrial-automatica.blogspot.com/2011/08/bombas-hidraulicas-2-bombas-de.html>
- Bomba-Japy. (s.f). *Bomba-Japy*. Obtenido de Bomba-Japy: <https://www.bomba-japy.es/consejos-preguntas-frecuentes/principio-de-funcionamiento-bomba-desplazamiento-positivo#:~:text=La%20bomba%20de%20desplazamiento%20positivo,de%20aire%2C%20o%20incluso%20llenarse>.
- Cimelsa. (s.f). *Cimelsa*. Obtenido de Cimelsa: <https://www.cimelsa.com/es/para-que-sirve-el-mantenimiento-industrial/>
- Cindex. (s.f). *Cindex*. Obtenido de <https://www.cindex.com.mx/bombas/tipos-de-impulsores-cuando-y-como-utilizarlos-en-tus-bombas/>
- CMMShere. (2023). *CMMShere*. Obtenido de <https://cmmshere.com/wp-content/uploads/2023/01/art-CMMShere-tipos-mantenimiento.pdf>
- Edraw. (31 de 10 de 2024). *Edraw*. Obtenido de <https://www.edrawsoft.com/es/6m-method.html>
- Fesmex. (s.f). *Fesmex*. Obtenido de <https://www.fesmex.com.mx/article/tipos-de-impulsores/>
- Fluideco. (s.f). *Fluideco*. Obtenido de Fluideco: <https://fluideco.com/que-es-una-bomba-de-engranajes-y-como-funciona/>
- Gargil. (s.f). *Gargil*. Obtenido de <https://gargil.es/bomba-rotativa/#:~:text=La%20bomba%20rotativa%20es%20un,tambi%C3%A9n%20vemos%20en%20las%20f%C3%A1bricas>
- Hevvy Pumps. (s.f). *Hevvy Pumps* . Obtenido de <https://hevvyumps.com/es/dise%C3%B1os-de-impulsores/>
- Hidrotecnia. (12 de octubre de 2022). *Hidrotecnia*. Obtenido de <https://hidrotecnia.net/2022/10/12/conoce-que-es-una-bomba-vertical-multietapas/#:~:text=Una%20Bomba%20Multietapas%20es%20una,flujo%20y%20la%20presi%C3%B3n%20requerida>.
- Hydropyc. (s.f). *Hydropyc*. Obtenido de Hydropyc: <https://hydropyc.com/bomba-hidraulica-de-engranajes/>
- Olarte, W., Botero, M., & Cañon, B. (2010). Importancia del mantenimiento industrial dentro de los procesos de producción. *Scientia Et Technica*, 355. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84917316066>
- Pumps, H. (s.f). *Hawk Internacional*. Obtenido de Hawk Internacional: <https://www.hawkpumps.com/es/noticias/74/diferencia-entre-bombas-de-paletas-y-bombas-de-pistones#:~:text=Las%20bombas%20de%20paletas%20son%20un%20tipo%20de%20bomba%20de,de%20la%20rotaci%C3%B3n%20del%20rotor>.

- Robuschi. (s.f). *Robuschi*. Obtenido de <https://www.robuschi.com/es-es/technologies/centrifugal-pump-technology-explained#:~:text=Las%20bombas%20centr%C3%ADfugas%20son%20m%C3%A1quinas,de%20un%20aumento%20de%20presi%C3%B3n.>
- Rotech Pumps. (s.f). *Rotech Pumps*. Obtenido de <https://www.rotechpumps.com/what-is-a-horizontal-centrifugal-pump/>
- Sketnos. (s.f). *Sketnos*. Obtenido de <https://steknos.es/blog-soluciones-industriales/bombas-sumergibles-que-son-para-que-se-utilizan#:~:text=Una%20bomba%20sumergible%20es%20un,encuentran%20inmersas%20hacia%20el%20exterior.>
- Tecfluid. (s.f). *Tecnifluid*. Obtenido de <https://www.tecfluid.cl/equipos-de-bombeo/bombas-tornillo/productos>
- Toro, R. (15 de 09 de 2023). *fracttal*. Obtenido de fracttal: <https://www.fracttal.com/es/blog/evolucion-del-mantenimiento>
- Velázquez., A. (s.f). *QuestionPro*. Obtenido de <https://www.questionpro.com/blog/es/diagrama-de-pareto/>
- Vieira., D. (s.f). *Rockcontent*. Obtenido de <https://rockcontent.com/es/blog/que-es-diagrama-de-ishikawa/#:~:text=Tambi%C3%A9n%20llamado%20de%20Diagrama%20de,la%20ejecuci%C3%B3n%20de%20un%20proceso.>