

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

**Estudio de plan de mantenimiento preventivo en planta elevadora de aguas  
servidas aguas san pedro-conavicoop**

Trabajo de Titulación para optar al Título  
Profesional de INGENIERO EN  
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Nombre del Alumno:

Jaime Patricio Gaytán Quiroz

Nombre profesor guía:

Juan José Figueroa Cohn

**2022**

INDICE DE MATERIA

INTRODUCCIÓN .....1

OBJETIVOS.....2

    OBJETIVO GENERAL .....2

    OBJETIVO ESPECIFICO .....2

CAPITULO 1 .....3

1  MARCO TEORICO.....4

    1.1  AGUAS SAN PEDRO. ....4

        1.1.1  Objeto Social .....4

        1.1.2  Constitución legal de la Empresa .....4

        1.1.3  Inscripción en el Registro de Valores .....4

        1.1.4  Reseña histórica .....4

        1.1.5  Ubicación.....7

        1.1.6  Marco Regulatorio Sector Sanitario.....7

    1.2  BOMBAS HIDRAULICAS. ....8

        1.2.1  Bombas centrífuga .....8

            A.    Bombas Centrífuga tipo Sumergibles.....9

            B.    Bombas Centrífuga De Tipo Vertical Y Multietapas.....10

        1.2.2  Tipos De Impulsores.....11

        1.2.3  Bombas De Desplazamiento Positivo .....13

    1.3  MANTENIMIENTO .....16

        1.3.1  Historia Del Mantenimiento. ....16

        1.3.2  Diagrama De Ishikawa.....17

        1.3.3  Pareto.....18

CAPÍTULO 2 .....19

2  PROBLEMA.....20

|       |                                                        |    |
|-------|--------------------------------------------------------|----|
| 2.1   | BOMBAS DE LA PLANTA ELEVADORA DE AGUAS SERVIDA         |    |
|       | CONAVICOOP.....                                        | 20 |
| 2.1.1 | Bombas sumergible GRUNDFOS .....                       | 22 |
| 2.1.2 | Bomba wilo .....                                       | 24 |
| 2.1.3 | Controlador de bombas io113 .....                      | 25 |
| 2.2   | MANTENCIONES REALIZADAS EN DYNAPUMPS CHILE SPA.        | 26 |
| 2.3   | PARETO DE BOMBAS SUMERGIBLES EN CONAVICOOP .....       | 32 |
| 2.4   | DIAGRAMA DE ISHIKAWA EN CONAVICOOP .....               | 33 |
|       | CAPÍTULO 3 .....                                       | 34 |
| 3     | ESTUDIO DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y MEJORA   |    |
|       | DE DISEÑO.....                                         | 35 |
| 3.1   | PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO .....                 | 35 |
| 3.1.1 | Implementación de cuchillas .....                      | 36 |
| 3.1.2 | Beneficios del plan de mantenimiento y su mejora. .... | 36 |
| 3.2   | DISPONIBILIDAD Y CALCULO. ....                         | 37 |
| 3.3   | Inspección de rutina.....                              | 40 |
| 3.3.1 | Puntos para controlar .....                            | 42 |
| 4     | COSTOS .....                                           | 47 |
| 4.1   | COSTOS.....                                            | 48 |
| 4.2   | HISTORIAL DE COSTOS EN MANTENIMIENTOS .....            | 48 |
| 4.3   | COSTO DE PLAN DE MANTENIMIENTO MÁS INCORPORACIÓN       |    |
|       | DE CUCHILLAS .....                                     | 49 |
| 4.4   | DIFERENCIA ENTRE EL MANTENIMIENTO PROPUESTO Y EL       |    |
|       | SISTEMA ACTUAL.....                                    | 51 |
|       | CONCLUSIÓN .....                                       | 53 |
|       | BIBLIOGRAFÍA.....                                      | 54 |

## ÍNDICE DE FIGURA

|                                                      |    |
|------------------------------------------------------|----|
| Figura 1-1 ubicación aguas san pedro conavicoop..... | 7  |
| Figura 1-2 Esquema de bombas .....                   | 9  |
| Figura 1-3 bombas sumergibles .....                  | 10 |
| Figura 1-4 Bombas verticales.....                    | 10 |
| Figura 1-5 bombas horizontales .....                 | 11 |
| Figura 1-10 Impulsor abierto.....                    | 12 |
| Figura 1-11 Impulsor semi cerrado .....              | 12 |
| Figura 1-12 Impulsor cerrado.....                    | 13 |
| Figura 1-6 bomba engranaje.....                      | 14 |
| Figura 1-7 bomba de paleta .....                     | 14 |
| Figura 1-8 bomba de tornillo.....                    | 15 |
| Figura 1-9 Bombas peristálticas .....                | 15 |
| Figura 1-13 Historia del mantenimiento .....         | 17 |
| Figura 1-14 Ishikawa.....                            | 18 |
| Figura 2-1 Bombas conavicoop.....                    | 20 |
| Figura 2-2 obstrucción en impulsor .....             | 21 |
| Figura 2-3 bomba Grundfos .....                      | 22 |
| Figura 2-4 planos bomba grundfos.....                | 23 |
| Figura 2-5 Bomba sumergible wilo.....                | 24 |
| Figura 2-6 Planos bomba grundfos .....               | 25 |
| Figura 2-7 Controlador io113.....                    | 26 |
| Fuente: propia.....                                  | 33 |
| Figura 2-8 Ishikawa de asp conavicoop .....          | 33 |
| Figura 3-1 cuchilla .....                            | 36 |

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| Figura 3-2 medición de corriente .....         | 42 |
| Figura 3-3 Medición de aislación.....          | 43 |
| Figura 3-4 Caudalímetro .....                  | 44 |
| Figura 3-5 Tablero de fuerza conavicoop .....  | 45 |
| Figura 3-6 Tablero de control conavicoop ..... | 46 |

**ÍNDICE DE TABLA**

|                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 2-1 estado de componentes de bomba sumergible grundfos N°1 .....                              | 27 |
| Tabla 2-2 estado de componentes de bomba sumergible grundfos N°2 .....                              | 28 |
| Tabla 2-3 estado de componentes de bomba sumergible grundfos N°2 .....                              | 29 |
| Tabla 2-4 estado de componentes de bomba sumergible grundfos N°1 .....                              | 30 |
| Tabla 2-5 estado de componentes de bomba sumergible grundfos N°1 .....                              | 31 |
| Tabla 2:6 de detenciones y fallas. ....                                                             | 32 |
| Tabla de 3-1 Disponibilidad de los equipos sin plan de mantenimiento.....                           | 37 |
| Tabla de 3-2 Disponibilidad de los equipos sin plan de mantenimiento.....                           | 38 |
| Tabla de 3-3 Disponibilidad de los equipos sin plan de mantenimiento.....                           | 38 |
| Tabla 3-4 Disponibilidad de los equipos con el plan de mantenimiento .....                          | 39 |
| Tabla 3-5 Disponibilidad de los equipos con el plan de mantenimiento .....                          | 39 |
| Tabla 3-6 Disponibilidad de los equipos con el plan de mantenimiento .....                          | 40 |
| Tabla 3-7 Promedio de disponibilidad de los equipos. ....                                           | 40 |
| Tabla 3-8 check list semanal .....                                                                  | 41 |
| Tabla 4-1 Costos de reparación.....                                                                 | 48 |
| Tabla 4-2 Costo hora técnico en terreno .....                                                       | 49 |
| Tabla 4-3 Costos en mano de obra solo por liberación de solidos en el impulsor en el año 2021 ..... | 49 |
| Tabla 4-4 Costo del mantenimiento más mejora.....                                                   | 50 |

Tabla 4-5 Promedio de costos reparación en los últimos años .....51

Tabla 4-6 Costos mano de obra por detenciones, más promedio de costos de  
reparación anual. ....51

Tabla 4-7 Comparación .....52

## **Sigla y simbología**

### **Siglas:**

ASP: Aguas San Pedro

NPSH: Altura neta positiva de aspiración

Clp: Peso chileno

Kw: kilowatt

Rpm: Revoluciones por minuto

Cm: Centímetro

H: Hora

HH: hora hombre

Km: kilometro

M: Metro

Mm: Milímetro

L: litro

m<sup>3</sup> /hr: Metro cúbico / hora

\$: Peso chileno

%: Por ciento

Mop: ministerio de obras publicas

M\$: millones de dólares

## **INTRODUCCIÓN**

A mediados del siglo XIX en Chile se incorporó a los tiempos modernos, al construir algunas importantes obras de ingeniería sanitarias de los servicios que proveen el agua potable y recolección de las aguas servidas, con la creación de la ciudad de Santiago, la capital de Chile comienza los primeros trazados de calles con quien Don Pedro de Gamboa, quien el cabildo le encomendó la construcción de canales de riego y acequias de desagüe.

En 1977 se creó el servicio nacional de obras sanitarias que tenía como función de operar y mantener los sistemas sanitarios, para el servicio de la población urbana, así como dotar de agua potable a las poblaciones rurales.

Posteriormente en el año 2005 se incorporaron las empresas privadas u operadas por privados con un porcentaje de más de 94% de la población que le prestan de sus servicios.

Actualmente en aguas san pedro distribuye a más de 7 comunas y 4 regiones de nuestro país, el cual se encuentra operando con la explotación de los servicios de producción, distribución de agua potable y recolección a de agua potable.

Las aguas residuales se derivan a tratamiento, por medio de plantas elevadoras de agua servidas, esto permite impulsar el agua a través de bombas centrifugas de tipo sumergibles hacia donde se comienza el tratamiento, estas se pueden utilizar para remplazar el agua dulce para riego, procesos industriales o a fines.

En la planta elevadora de aguas servidas, conavicoop, de aguas san pedro se presenta una problemática de detención de los equipos por alza de corriente, esto se debe a que las bombas se estancan por exceso de sólidos y sedimento que se encuentra dificultando un correcto trabajo

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Realizar una propuesta de mejora en mantenimiento a bombas sumergibles en planta elevadora de agua servidas en conavicoop.

### **OBJETIVO ESPECIFICO**

- Describir conceptos generales de plantas elevadoras de aguas servidas y sus normas.
- Análisis de la problemática de detención de los equipos a través de herramientas de gestión del mantenimiento.
- Realizar una propuesta de mejora del mantenimiento para dar una solución a las detenciones de la planta.
- Evaluar costos de la propuesta del plan de mantenimiento.

## **CAPITULO 1**

## 1 MARCO TEORICO

### 1.1 AGUAS SAN PEDRO.

#### 1.1.1 Objeto Social

La Sociedad tendrá por objeto único exclusivo la explotación de los servicios públicos de producción y distribución de agua potable y de recolección y disposición de aguas servidas y demás prestaciones relacionadas con estas actividades (aguas san pedro, 2021)

#### 1.1.2 Constitución legal de la Empresa

Aguas San Pedro Sociedad Anónima, fue constituida por escritura pública de fecha 27 de abril del 2005 otorgada por el notario público de Talca señor Juan Bianchi Astaburuaga, el extracto de la misma fue inscrita a fojas 362 N° 188 del registro de comercio de Talca, correspondiente al año 2005, publicado en diario oficial de fecha 6 de mayo 2005. (aguas san pedro, 2021)

#### 1.1.3 Inscripción en el Registro de Valores

Para dar cumplimiento al DFL Nro.382 y N° 70 de 1988 del Ministerio de Obras Públicas (MOP), la sociedad realiza inscripción voluntaria en el registro de Valores con el número 920 de fecha 21 de Octubre de 2005, y en consecuencia se encuentra bajo la fiscalización de la Comisión para el Mercado Financiero (CMF)

Con la entrada en vigor de la Ley 20.382.- de octubre del 2009, se procedió a cancelar su inscripción número 920 en el registro de valores y paso a formar parte del registro especial de entidades informantes con el número 145. (aguas san pedro, 2021)

#### 1.1.4 Reseña histórica

Aguas San Pedro S.A. nace en 2005 para cumplir con los requerimientos de la Licitación de las Concesiones caducadas a Aguacor S.A. realizada por la Superintendencia de Servicios Sanitarios. Es una sociedad de giro exclusivo tal como lo establece la legislación para las empresas que participan del sector Sanitario y está sujeta a las Leyes y Reglamentos del Sector las cuales son supervisadas por la Superintendencia del ramo. Inicia sus operaciones el 1 de Septiembre del año 2005.

A la fecha la sociedad se encuentra operando y realizando la explotación de los servicios de Producción y Distribución de Agua Potable y la Recolección y Tratamiento de Alcantarillado en las concesiones adjudicadas las que están ubicadas entre las ciudades de San Pedro de la Paz y Coronel en la VIII Región del Biobío, concesión que fuera otorgada mediante Decreto MOP N° 498 de fecha 17.06.2005, para los sectores denominados "PARQUE INDUSTRIAL CORONEL" Y UNA ZONA DE EXPANSION "CAMINO SAN PEDRO -- CORONEL", ambas de la VIII Región, para un área de aproximada de 3.508 há.

Mediante Decreto MOP N°172 del 28 de febrero 2007 se concede la concesión para el Sector Los Alerce, Comuna de Puerto Montt, correspondiente a una zona de expansión con un área aproximada de 80 hectáreas aprox.

En el ejercicio del año 2009 se inicia operación de la concesión de Buin, otorgada por Decreto MOP N°267 de fecha 30.10.2009, denominada “ Sector Estación “, para un área de 102,89 há., Región Metropolitana

- Para el año 2010, se otorga por Decreto MOP N° 115 de fecha 28.01.2010, la concesión “San Luis” y “Brisa Norte” para un área de 197,62 há, Región Metropolitana.
- Con fecha 30 de Agosto de 2013, se adjudica mediante Decreto Nro. 260 del Ministerio de Obras Públicas, el Sector Alto de Zapallar, comuna de Curicó con un total aproximado de 105,79 hectáreas.
- Con fecha 23 de enero de 2014, se adjudica mediante Decreto Nro 130 del Ministerio de Obras Públicas, el sector de las Mariposas correspondientes a los loteos Doña Rosa, Doña Victoria y Peñafiel, de Chillan, para un área de 80,76 há.
- Con fecha 02 de septiembre de 2014, se adjudica mediante Decreto Nro. 405 del Ministerio de Obras Públicas, el sector “Ampliación Territorial Operacional San Pedro de la Paz “, VIII Región del Bio Bio, para un área de 123 há.
- Con fecha 13 de octubre de 2014, se adjudica mediante Decreto Nro. 423 del Ministerio de Obras Públicas, el sector de “Alto Jahuel”, Comuna de Buin, Región Metropolitana, para un área de 8 há.
- con fecha 13 de octubre de 2014, se adjudica mediante Decreto Nro. 424 del Ministerio de obras Públicas, el sector “Parque Los Fundadores”, Comuna de Puerto Montt, X Región de los Lagos, para un área de 142,7 há.
- Con fecha 10 de junio de 2015, se adjudica mediante Decreto Supremo N°165 y 164 los sectores de ampliación territorial “Brisas Norte I “ y “San Luis I”, ambos de la Comuna de Colina, Región Metropolitana, para un área de 4,3 y 3,7 há respectivamente..
- Con fecha 09 de octubre de 2015, se adjudica Decreto N°288 del sector Loteo Parque Universitario de la Comuna de Chillán, VIII Región del Bio Bio, para un área de 21,97 há.

- Con la misma fecha 09 de octubre de 2015, el Ministerio de Obras Públicas, adjudica mediante Decreto N°289, concesión para el sector Condominio Los Ingleses de la Comuna de Colina, para un área de 1,56 há.
- Con fecha 02 de marzo de 2016, se adjudica Decreto N° 146 del Ministerio de Obras Públicas, para atención del sector denominado “Loteo la Peña” de la comuna de coronel, provincia de Concepción, VIII región, correspondiente a una zona de expansión con un área aproximada de 25,8 hectáreas.
- Con fecha 10 de abril de 2017, se adjudica Decreto N°38 del Ministerio de Obras Públicas, para atención del sector loteo “Estación de Servicio”, correspondiente a una zona de expansión con un área aproximada de 2,34 hectáreas.
- Con fecha 08 de marzo de 2018, se adjudica Decreto N° 47 del Ministerio de Obras Públicas, para atención del sector La Catana Norte de la comuna de Colina, correspondiente a una zona de expansión con un área aproximada de 5,51 hectáreas.
- Con fecha 24 de junio de 2019, se adjudica Decreto N° 64 del Ministerio de Obras Públicas, para atención del “Sector 9” de la comuna de Chillán, correspondiente a una zona de expansión con un área aproximada de 50,5 ha.
- El día 31 de julio de 2019 Aguas San Pedro S.A. realizó la compra del 99,99997% de las acciones de Empresa de Servicios Sanitarios Lo Prado S.A.
- Con fecha 19 de marzo de 2020, se adjudica Decreto N° 46 del Ministerio de Obras Públicas, para atención del “Sector Las Chacras” de la comuna de Curicó, correspondiente a una zona de expansión con un área aproximada de 12,63 ha.
- Con fecha 22 de octubre de 2020, se adjudica Decreto N° 127 del Ministerio de Obras Públicas, para atención del “Sector Cacique del Sur” de la comuna de Colina, correspondiente a una zona de expansión con un área aproximada de 10,8 ha.
- Con fecha 22 de octubre de 2020, se adjudica Decreto N° 128 del Ministerio de Obras Públicas, para atención del “Sector Colina Oriente” de la comuna de Colina, correspondiente a una zona de expansión con un área aproximada de 53,3 ha.
- Con fecha 22 de Enero de 2021, se adjudica Decreto N°17 del Ministerio de Obras Públicas, para atención del Sector “La Catana II” de la comuna de Colina, correspondiente a una zona de expansión con un área aproximada de 17,7 ha.
- Con fecha 07 de abril de 2021, se adjudica Decreto N°65 del Ministerio de Obras Públicas, para atención del “Sector La Victoria” y “Sector Los Aromos I y II” de la comuna de Chillan, correspondiente a una zona de expansión con un área aproximada de 58,5 ha
- Con fecha 22 de Abril de 2021, se adjudica Decreto N°73 del Ministerio de Obras Públicas, para atención del Sector “Loteo Buin Oriente” de la comuna de Buin, correspondiente a una zona de expansión con un área aproximada de 33,83 ha.

- Con fecha 22 de Abril de 2021, se adjudica Decreto N°75 del Ministerio de Obras Públicas, para atención del “Sector Huertos de Escuadrón V” de la comuna de Coronel, correspondiente a una zona de expansión con un área aproximada de 7,96 ha
- Con fecha 26 de mayo de 2021, se adjudica Decreto N°99 del Ministerio de Obras Públicas, para atención del Sector “Condominio El Diamante de Buin” de la comuna de Buin, correspondiente a una zona de expansión con un área aproximada de 6,98 h (aguas san pedro, 2021)

#### 1.1.5 Ubicación

La planta elevadora de aguas servidas conavicoop, ubicada en sector de conavicoop de san pedro de la paz, a un costado de la ruta 160 en calle pablo Neruda #8459.



Fuente: propia

Figura 1-1 ubicación aguas san pedro conavicoop

#### 1.1.6 Marco Regulatorio Sector Sanitario.

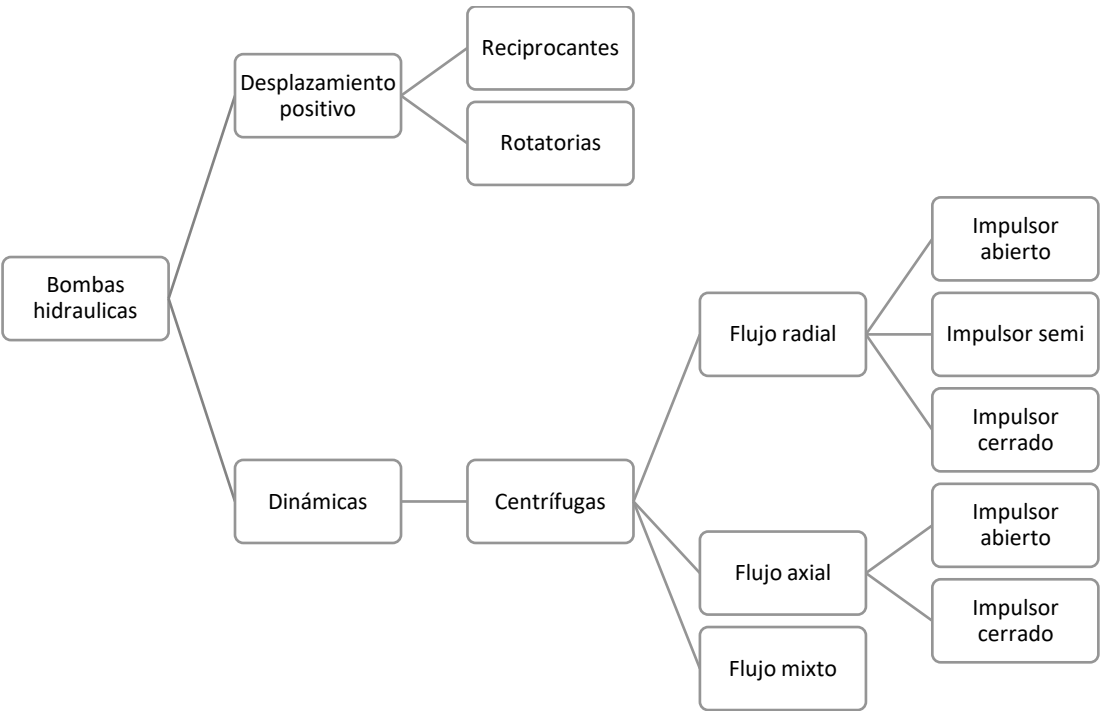
La super intendencia de servicios sanitarios le corresponde fiscalizar que las Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas cumplan con un estándar de calidad que permita la disposición de las aguas servidas. Esta acción se realiza a través de la fiscalización sobre el autocontrol, la realización de controles directos e inspecciones en terreno.

De acuerdo con el artículo 11 de la Ley N°18.902, la Superintendencia está habilitada para sancionar a los prestadores de servicios sanitarios que incurran en alguna infracción a las leyes, reglamentos y demás normas relacionadas con los servicios sanitarios, o que incumplan las instrucciones, órdenes y resoluciones que dicte la Superintendencia. (La superintendencia de servicios sanitarios, s.f.)

1.2 BOMBAS HIDRAULICAS.

Una bomba hidráulica es una máquina de transporte y elevación de un fluido en la que se produce una transformación de energía mecánica en hidráulica. Por lo tanto, estas tienen un orificio donde absorbe el fluido y otro de salida donde se impulsa.

Estas se pueden clasificar en dos tipos que son de desplazamiento positivo y centrífugas. Las cuales se seleccionan según el tipo de fluido, caudal, presión, etc.



1.2.1 Bombas centrífuga

Una bomba centrífuga transforma la energía cinética y potencial a un líquido con el fin de moverlo de un punto a otro. Esta energía hará que el líquido efectúe trabajo, tal como circular por una tubería o subir a una mayor altura.

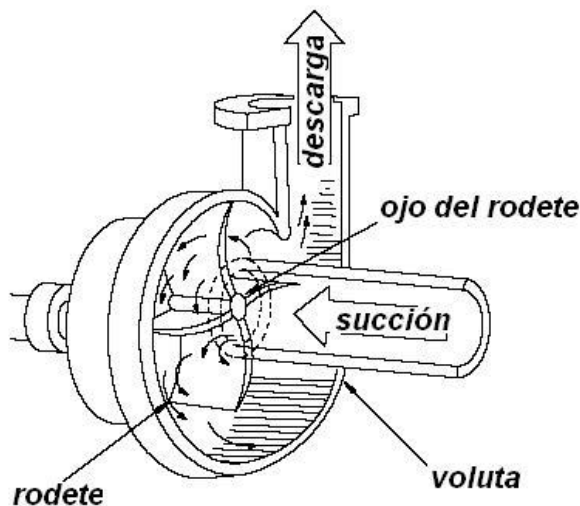
La energía cinética que transforma la bomba a través de un impulsor rotatorio que genera la energía mecánica en la energía cinética y potencial requerida, aunque esta fuerza depende de la velocidad en la punta de los alabes o periferia del impulsor y de la densidad del líquido, la cantidad de energía que se aplica por libras de líquido es independiente de la densidad del líquido. Por tanto, en una bomba dada que funcione a cierta velocidad y que maneje un volumen definido de líquido, la energía que se aplica y se transfiere el líquido. Por tanto, la carga o energía de la bomba en ft-lb/lb ese debe expresar en pies (ft).

Para el sistema de bombeo se debe recordar que (Bombas hidráulicas y aplicaciones, s.f.)

1. La carga se puede medir en diversas unidades de medidas del líquido, en presión, etc.
2. Las lecturas de presión y carga pueden ser manométrica o absolutas.

Las bombas centrífugas es el medio mecánico para obtener una conducción o transferencia de un fluido y por ello es parte esencial de todos los procesos. A su vez, el crecimiento y perfeccionamiento de los procesos están ligados con las mejoras en el equipo de bombeo y con un mejor conocimiento de cómo funcionan las bombas.

Las bombas centrífugas constituyen no menos de un 80% de la producción mundial de bombas, porque es la más adecuada para manejar más cantidad de líquido que las bombas de desplazamiento positivo.



Fuente: <http://www.fullmecanica.com/definiciones/b/1677-bombas-centrifugas>

Figura 1-2 Esquema de bombas

#### A. Bombas Centrífuga tipo Sumergibles.

Las bombas sumergibles son máquinas que cuentan con un motor sellado herméticamente que se sumergen por completo en el fluido que van a bombear. Funcionan empujando el líquido a la superficie, mientras que las bombas de superficie lo que hacen es extraer el líquido.



Fuente: <https://www.soltex.cl/articulos/bombas-sumergibles-grundfos>

Figura 1-3 bombas sumergibles

#### B. Bombas Centrifuga De Tipo Vertical Y Multietapas

Estas bombas centrifugas están compuesta por un motor y bomba en disposición vertical el cual además pueden poseer más de un impulsor en la bomba para lograr mayor presión en la línea de descarga.



Fuente: <https://www.sihichile.cl/bombas-verticales>

Figura 1-4 Bombas verticales

### C. Bomba Centrifuga Horizontal

Estas bombas debido a su diseño horizontal se coloca la succión por encima de ella por lo tanto estas están diseñadas para trabajar en la superficie, una parte importante de esta es que no pueden trabajar en seco debido a que por medio del bombeo lubrica el sello mecánico. El flujo de esta bomba es radial, es decir que entra por la succión de forma vertical y sale su descarga de forma perpendicular al eje.



Fuente: <https://www.seguas.com/bombas-centrifugas-instalaciones-hidraulicas/>

Figura 1-5 bombas horizontales

#### 1.2.2 Tipos De Impulsores.

La selección del impulsor esta enlazado por la eficiencia de la bomba, el fluido que va a transportar y presiones o caudal que requerirán. De este modo hay tres tipos de impulsor en estas bombas centrifugas que son abierto, semi cerrado y cerrado.

##### A. Impulsor abierto

Los impulsores abiertos son estructuralmente débiles y requieren de npsh altos, estos normalmente se utilizan cuando bombean gran cantidad de solido en el fluido, además son más propensos a desgaste que los demás impulsores, por tanto, estos no elevan presiones elevadas



Fuente: <https://franklinlinkmx.wordpress.com/2019/12/04/que-diseno-de-impulsor-requiere-mi-aplicacion-de-aguas-negras-y-residuales/>

Figura 1-10 Impulsor abierto

#### B. Impulsor semicerrado

El impulsor semicerrado incorpora una cubierta alrededor de los alabes que sirven como aletas y adiciona una resistencia mecánica, se utilizan en bombas de tamaño mediano y pequeñas. Estas ofrecen una mayor eficiencia y menos nps<sub>hr</sub> que los impulsores abiertos ya que este además puede trabajar con un fluido con presencias de solidos de pequeña dimensión.

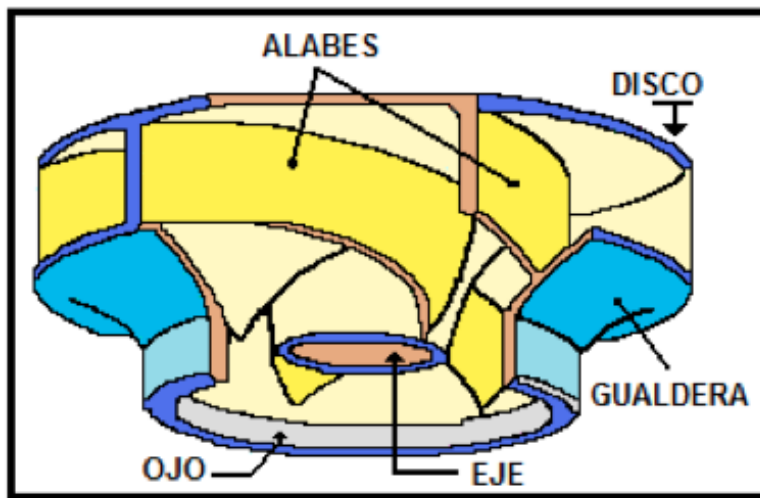


Fuente : <https://www.bombascentrifugas.net/tipos-de-impulsores-para-bombas-centrifugas/>

Figura 1-11 Impulsor semi cerrado

#### C. Impulsor cerrado.

El impulsor cerrado cuenta con una pared posterior y frontal, el cual ofrece una mayor resistencia mecánica al sentido del flujo, estas se utilizan en bombas de gran tamaño debido a su alta eficiencia y bajo nps<sub>hr</sub>, son ideales para trabajar con un fluido con baja suspensión de solidos debido a que puede lograr a sufrir obstrucción y presentar mayor desgaste en las zonas inferior del alabe.



Fuente: <https://predictiva21.com/2-1-impulsores/>

Figura 1-12 Impulsor cerrado

### 1.2.3 Bombas De Desplazamiento Positivo

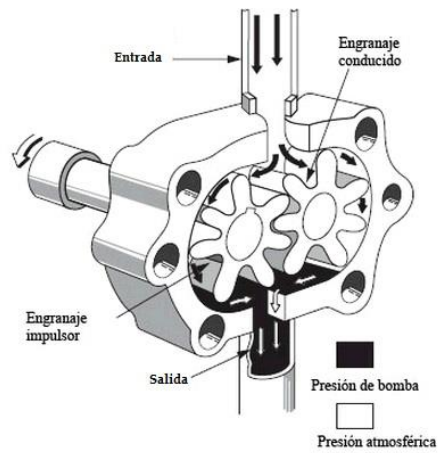
Las bombas de desplazamiento positivo se utilizan en numerosas aplicaciones que exceden las capacidades de las bombas centrífugas, una bomba de desplazamiento positivo se puede dividir en bombas rotativas y reciprocantes estas aprovechan la actuación del elemento de bombeo, ya sea con movimiento alternativo o giratorio.

#### A. Bombas rotativas

Las bombas rotatorias se describen como una bomba de desplazamiento positivo que contiene en una cámara en donde están situados; engranes, excéntricas, tornillos, alabes, émbolos o elementos similares para un accionamiento rotativo conducido por un eje.

#### B. Bomba de engranaje

Estas bombas están compuestas por lo general de dos engranajes dentadas dentro de la carcasa del equipo, el cual estas ruedas dentadas poseen el mismo diámetro, el engranaje motriz cuando gira provocan un vacío en la cámara de entrada y el fluido se introduce a la bomba y este fluido queda en la cámara de engranaje y por medio de la rotación de los dientes empujan hacia la descarga de la bomba.

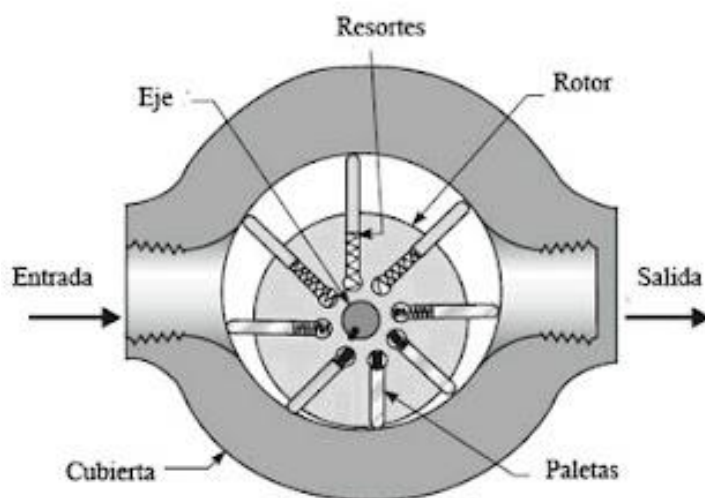


Fuente: <http://industrial-automatica.blogspot.com/2011/08/bombas-hidraulicas-2-bombas-de.html>

Figura 1-6 bomba engranaje

### C. Bomba de paleta

Estas bombas de paletas están compuestas por una carcasa circular que mediante un eje rotor ranurado en el cual se alojan unas paletas que pueden desplazarse radialmente. El fluido entra por la bomba llenando el área de vacío que forma el rotor descentrado y cuando las paletas empujan el fluido de alrededor provocando una disminución del volumen y hace que lo llevan hacia la descarga.

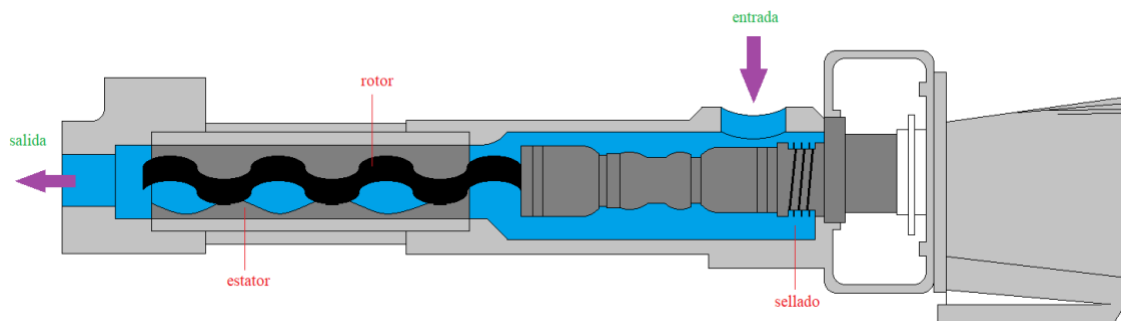


Fuente: <http://industrial-automatica.blogspot.com/2011/08/bombas-hidraulicas-2-bombas-de.html>

Figura 1-7 bomba de paleta

### D. Bomba de tornillos

Las bombas de tornillo cuentan con un eje rotor con forma de tornillo helicoidal que hace que el líquido se encierre en los huecos de tal manera que circule en una dirección axial de un extremo hacia otro.



Fuente: <https://motoresygeneradores.com/tipos-de-bombas/>

Figura 1-8 bomba de tornillo

#### E. Bomba peristáltica

Las bombas peristálticas son aquellas que cuentan con una tubería flexible que, al ser comprimidas sucesivamente por unas ruedas giratoria, exigen a que circule el líquido en el sentido del giro de estas.



Fuente: <https://gargil.es/bomba-peristaltica-cual-es-su-funcionamiento-y-sus-usos/>

Figura 1-9 Bombas peristálticas

## 1.3 MANTENIMIENTO

### 1.3.1 Historia Del Mantenimiento.

El mantenimiento industrial, es considerado como una actividad o conjunto de acciones necesarias para garantizar el funcionamiento óptimo del equipo o máquina, pero al menor costo posible, esto con el fin de asegurar la correcta operación de la productividad.

1° generación data de la Revolución Industrial hasta a fines de la Segunda Guerra Mundial, donde el mantenimiento se aplicaba solo una vez que el equipo llegaba a su falla, así sucesivamente hasta el término de su vida útil (mantenimiento correctivo).

2° generación del mantenimiento, la que se sitúa entre después de la Segunda Guerra Mundial y a fines de los años 70. En este punto se descubre la relación entre la edad de los equipos y la probabilidad de fallo, esto quiere decir que el mantenimiento se realizará antes de la producción de la falla y se comienzan con las sustituciones preventivas de los elementos internos y externos de un equipo (mantenimiento preventivo). Con esto se obtuvieron ganancias desde el punto de vista del funcionamiento del equipo, pero de igual manera tiene sus desventajas, ya que al hacer este tipo de mantenimiento puede que se llegue al cambio de una pieza que su vida útil todavía perdure durante el tiempo y no sea necesario su cambio.

3° generación del mantenimiento aparece a principio de los años 80, donde se realizan estudios causa-efecto (espina de pescado) para identificar el origen de las fallas o que también sirve para la detección de síntomas que puedan generar daños en las máquinas, que pueden conllevar consecuencias indeseables para el óptimo funcionamiento del equipo. Este tipo de mantenimiento es el predictivo. En conjunto con el análisis causa-efecto, también aparecen los 5 porque, arboles de falla y se hace partícipe a la producción en la detección de fallos el Mantenimiento Productivo Total (TPM), donde el operador es el primer encargado del mantenimiento.

4° generación del mantenimiento, esta se desarrolla en los primeros años de los 90 y se genera el mantenimiento basado en el riesgo (MBR), esto con el fin del proceder con una adecuada gestión del mantenimiento para aumentar la disponibilidad de los equipos y reducir los costos. Esto se mantiene hasta hoy en día, el mantenimiento es mirado como una fuente de beneficios, donde el compromiso para que los activos de la empresa permanezcan en óptimas condiciones, depende de la comunicación de todos los departamentos, permitiendo que el plan ejecutado sea efectivo y llegue a ser parte de la cultura organizacional de la empresa.

Fuente: Apuntes del curso “Gestión del mantenimiento industrial”, UTFSM, Sede concepción, 2022.



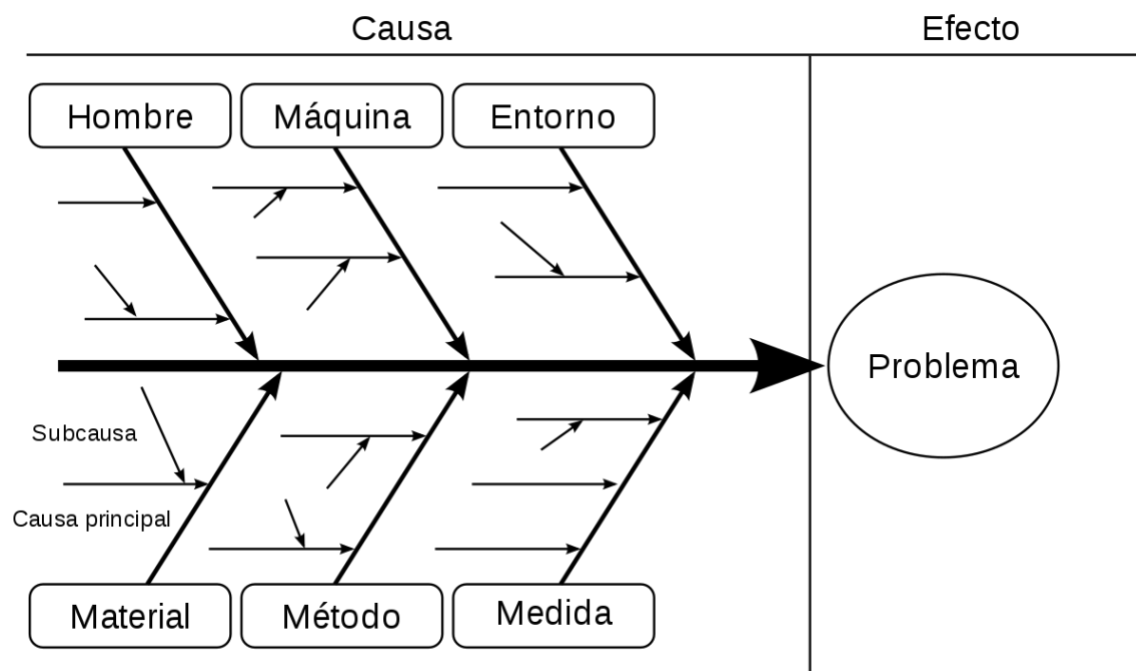
Fuente: <https://maquinautos.com/mantenimiento-4-0/>

Figura 1-13 Historia del mantenimiento

### 1.3.2 Diagrama De Ishikawa

El nombre del método viene de su creador, el ingeniero Koichi Ishikawa, que dio origen al gráfico visual en 1943. En las décadas siguientes, el análisis fue perfeccionado para ayudar a equipos a llegar a las causas reales de problemas enfrentados en los procesos.

Este método también llamado de diagrama de causa y efecto, diagrama de espina de pescado o diagrama de los 6M, el diagrama de Ishikawa es una herramienta que ayuda a identificar las causas raíz de un problema, analizando todos los factores involucrados en la ejecución de un proceso.



Fuente: <https://think-productivity.com/diagrama-ishikawa/>

Figura 1-14 Ishikawa

### 1.3.3 Pareto

El diagrama de Pareto o también conocido como curva cerrada, es una de las herramientas básicas de calidad que permite otorgar un orden de prioridad a eventualidades. El propósito de esta herramienta es estudiar distintas fallas, para este caso, en el ámbito industrial y poder tomar decisiones dentro de la organización de la empresa. Esta será una de las herramientas a utilizar para jerarquizar las fallas descritas de la bomba

## **CAPÍTULO 2**

## 2 PROBLEMA.

### 2.1 BOMBAS DE LA PLANTA ELEVADORA DE AGUAS SERVIDA CONAVICOOP.

En la planta elevadora de aguas servidas, conavicoop, de aguas san pedro se presenta una problemática de detención de los equipos

En esta planta hay 2 bombas sumergibles de la marca GRUNDFOS y 1 bomba marca WILO que son las encargadas de transferir este fluido, estas modulan a través de un variador de frecuencia que hace que estos equipos funcionen alternadamente, además cuentan con protecciones por temperatura, humedad y agua.



Fuente: propia

Figura 2-1 Bombas conavicoop



Fuente: propia

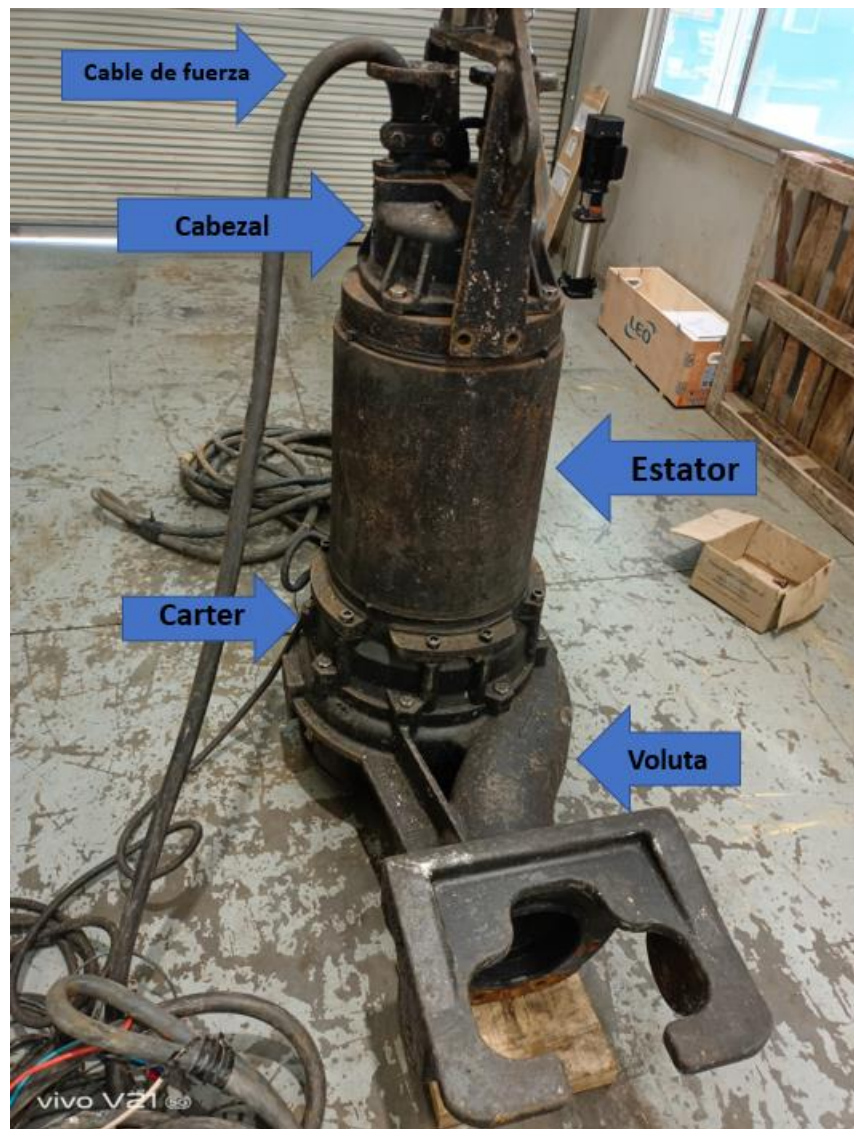
Figura 2-2 obstrucción en impulsor

Actualmente, la organización trabaja de acuerdo con el mantenimiento correctivo, el que es realizado cada 1 año aproximadamente. De acuerdo lo mencionado se identificará cada uno de sus componentes que conforman.

### 2.1.1 Bombas sumergible GRUNDFOS

las bombas sumergibles Grundfos representan un avanzado diseño hidráulico y ofrecen alta eficiencia, gran resistencia a la arena y otros agentes abrasivos, protección frente al quemado destructivo del motor y fácil mantenimiento. Fabricado integralmente a partir de acero inoxidable resistente a la corrosión, las bombas sumergibles Grundfos son ideales para aplicaciones que incluyen el suministro de agua subterránea, el riego, el descenso del nivel freático y el aumento de presión.

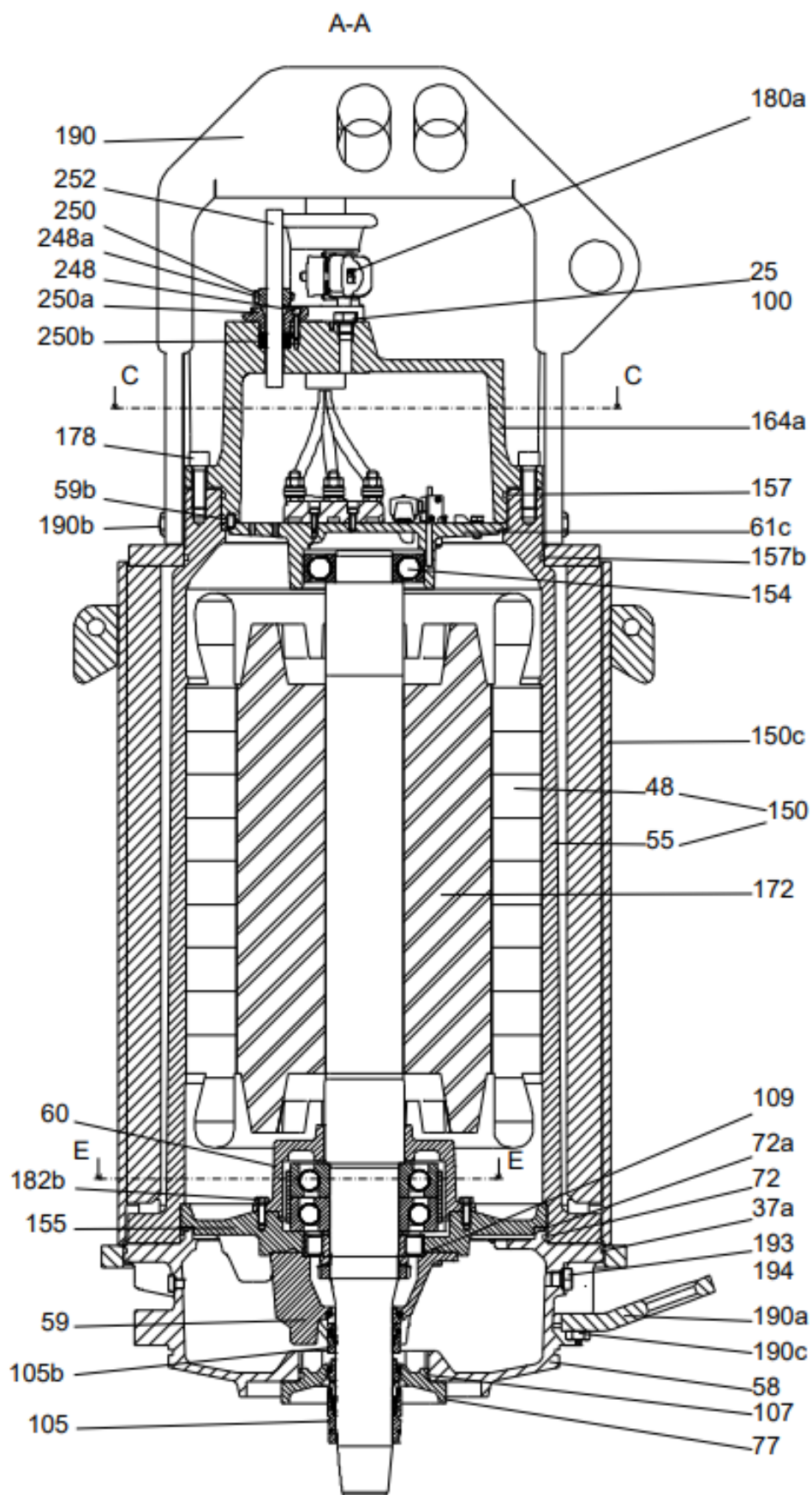
La bomba centrífuga modelo S1.100.200.650.4.66H.S.406.Q.N.D.511 de una etapa, no autocebante, diseñada específicamente para la gestión de aguas residuales, aguas de proceso y aguas fecales sin filtrar. La bomba está diseñada para el funcionamiento intermitente y continuo, como parte de instalaciones sumergidas. El impulsor mono canal admite sólidos de 100 mm de tamaño máximo.



Fuente: propia

Figura 2-3 bomba Grundfos

- Planos bomba GRUNDFOS.



Fuente: Grundfos

Figura 2-4 planos bomba grundfos

### 2.1.2 Bomba wilo

Bomba sumergible de agua residuales, de una etapa, para instalación fija vertical. Para el bombeo de aguas residuales crudas que no dañen química ni mecánicamente la bomba. Bomba con impulsión en posición radial y aspiración en posición axial.



Fuente: propia

Figura 2-5 Bomba sumergible wilo

- Planos bomba wilo

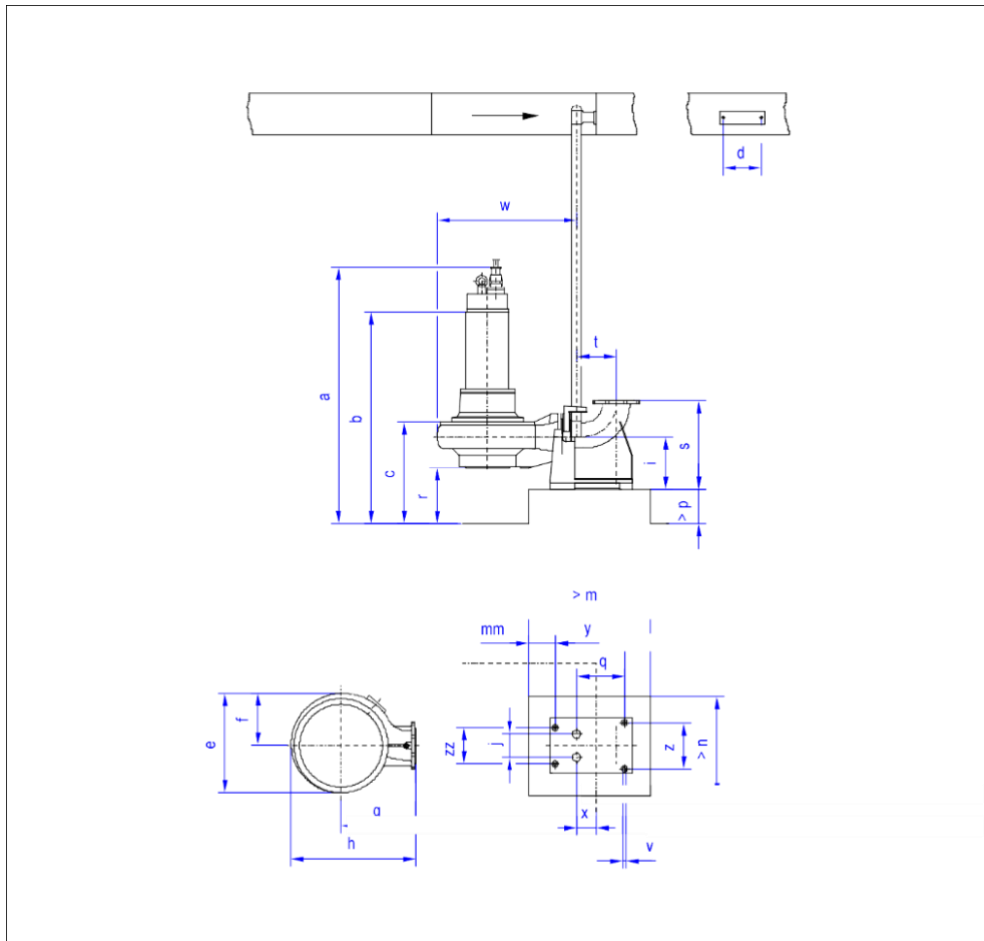
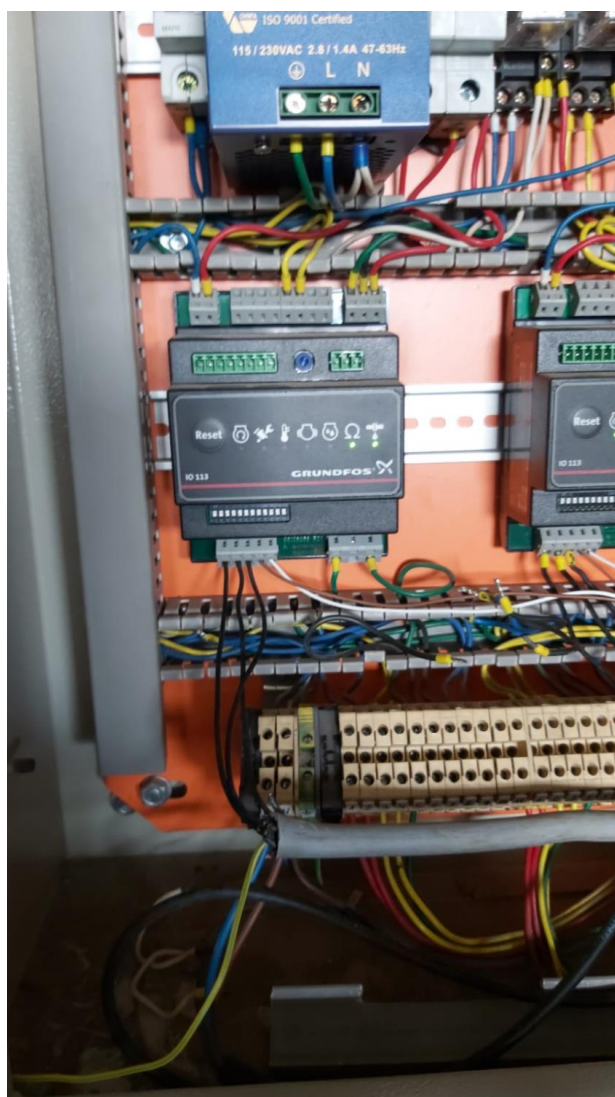


Figura 2-6 Planos bomba grundfos

### 2.1.3 Controlador de bombas io113

El módulo IO 113 permite conectar una bomba de aguas residuales Grundfos a sensores y controladores de bomba. La información más importante sobre el estado del sensor se muestra en el panel frontal. Un módulo IO 113 admite la conexión de una bomba. El módulo IO 113 proporciona, junto con los sensores, un aislamiento galvánico entre la tensión del motor de la bomba y los controladores conectados. De serie, el módulo IO 113 puede realizar las siguientes funciones de monitoreo:

- temperatura del bobinado del motor
- fugas (WIO/WIA)\*
- humedad en la bomba.
- Medir la resistencia de aislamiento del estátor
- Detener la bomba en caso de alarma
- Monitorizar la bomba en modo remoto por medio de una interfaz RS-485 (Modbus o GENibus)



Fuente: propia

Figura 2-7 Controlador io113

## 2.2 MANTENCIONES REALIZADAS EN DYNAPUMPS CHILE SPA.

El mantenimiento de estos equipos se ha realizado de forma correctiva de acuerdo con el método que lleva la organización sanitaria, estas reparaciones la ha realizado la empresa Dynapumps chile spa que le ha proporcionado sus servicios.

Reparación de equipo N°1

Fecha:15/05/2020

Tiempo de reparación: 15 días.

Tabla 2-1 estado de componentes de bomba sumergible grundfos N°1

| Bomba Grundfos N°1            |        |                                                               |
|-------------------------------|--------|---------------------------------------------------------------|
| COMPONENTE                    | ESTADO | TRABAJO                                                       |
| Voluta                        | Bueno  | Ninguno.                                                      |
| Garra                         | Bueno  | Ninguno                                                       |
| Sello goma garra              | Bueno  | Ninguno                                                       |
| Impulsor                      | Bueno  | Ninguno                                                       |
| Porta estacionaria(inferior)  | Malo   | Encamisar zona de o-ring debido a que se encuentra erosionada |
| Porta estacionaria (superior) | Buena  | Ninguno                                                       |
| Flexión eje                   | Bueno  | Ninguno                                                       |
| Chavetero impulsor            | Bueno  | Ninguno                                                       |
| Chaveta                       | Bueno  | Ninguno                                                       |
| Estator bobinado              | Bueno  | Ninguno                                                       |
| Rotor                         | Bueno  | Ninguno                                                       |
| Amarras devanado              | Bueno  | Ninguno                                                       |
| Barniz                        | Bueno  | Ninguno                                                       |
| Caja de rodamiento superior   | Bueno  | Ninguno                                                       |
| Cable de fuerza               | Malo   | Cambio de cable                                               |
| Goma prensa                   | Malo   | Cambio de goma prensa                                         |
| Cable de control              | Malo   | Cambio de cable                                               |
| Goma prensa                   | Malo   | Cambio de goma prensa                                         |
| Sensor wio                    | Bueno  | Ninguno                                                       |
| Pintura                       | Malo   | Mal estado                                                    |
| Sellos mecánicos              | Malo   | Cambio de sello mecánico                                      |
| Rodamiento.                   | Malo   | Cambio de rodamiento                                          |

Fuente: dynapumps chile spa

Reparación de equipo N°2

Fecha:18/02/2020

Tiempo de reparación: 15 días.

Tabla 2-2 estado de componentes de bomba sumergible grundfos N°2

| Bomba Grundfos N°2            |        |                                                               |
|-------------------------------|--------|---------------------------------------------------------------|
| COMPONENTE                    | ESTADO | TRABAJO                                                       |
| Voluta                        | Bueno  | Ninguno.                                                      |
| Garra                         | Bueno  | Ninguno                                                       |
| Sello goma garra              | Bueno  | Ninguno                                                       |
| Impulsor                      | Bueno  | Ninguno                                                       |
| Porta estacionaria(inferior)  | Malo   | Encamisar zona de o-ring debido a que se encuentra erosionada |
| Porta estacionaria (superior) | Buena  | Ninguno                                                       |
| Flexión eje                   | Bueno  | Ninguno                                                       |
| Chavetero impulsor            | Bueno  | Ninguno                                                       |
| Chaveta                       | Bueno  | Ninguno                                                       |
| Estator bobinado              | Malo   | Rebobinar equipo                                              |
| Rotor                         | Bueno  | Ninguno                                                       |
| Amarras devanado              | Bueno  | Ninguno                                                       |
| Barniz                        | Bueno  | Ninguno                                                       |
| Caja de rodamiento superior   | Bueno  | Ninguno                                                       |
| Cable de fuerza               | Malo   | Cambio de cable                                               |
| Goma prensa                   | Mala   | Cambio de goma prensa                                         |
| Cable de control              | Malo   | Cambio de cable                                               |
| Goma prensa                   | Mala   | Cambio de goma prensa                                         |
| Sensor wio                    | Bueno  | Ninguno                                                       |
| Pintura                       | Malo   | Mal estado                                                    |
| Sellos mecánicos              | Malo   | Cambio de sello mecánico                                      |
| Rodamiento.                   | Malo   | Cambio de rodamiento                                          |

Fuente: dynapumps chile spa

Reparación de equipo N°2

Fecha:08/02/2021

Tiempo de reparación: 15 días.

Tabla 2-3 estado de componentes de bomba sumergible grundfos N°2

| Bomba Grundfos N°2                     |        |                          |
|----------------------------------------|--------|--------------------------|
| COMPONENTE                             | ESTADO | TRABAJO                  |
| Voluta                                 | Bueno  | Ninguno                  |
| Garra                                  | Bueno  | Ninguno                  |
| Sello goma garra                       | Bueno  | Ninguno                  |
| Impulsor                               | Malo   | Cambio de impulsor       |
| Porta<br>estacionaria(inferior)        | Bueno  | Ninguno                  |
| Porta       estacionaria<br>(superior) | Buena  | Ninguno                  |
| Flexión eje                            | Bueno  | Ninguno                  |
| Chavetero impulsor                     | Bueno  | Ninguno                  |
| Chaveta                                | Bueno  | Ninguno                  |
| Estator bobinado                       | Bueno  | Ninguno                  |
| Rotor                                  | Bueno  | Ninguno                  |
| Amarras devanado                       | Bueno  | Ninguno                  |
| Barniz                                 | Bueno  | Ninguno                  |
| Caja de rodamiento<br>superior         | Bueno  | Ninguno                  |
| Cable de fuerza                        | Bueno  | Ninguno                  |
| Goma prensa                            | Bueno  | Ninguno                  |
| Cable de control                       | Bueno  | Ninguno                  |
| Goma prensa                            | Bueno  | Ninguno                  |
| Sensor wio                             | Bueno  | Ninguno                  |
| Pintura                                | Malo   | Mal estado               |
| Sellos mecánicos                       | Malo   | Cambio de sello mecánico |
| Rodamiento.                            | Malo   | Cambio de rodamiento     |

Fuente: dynapumps chile spa

Reparación de equipo N°1

Fecha:16/06/2021

Tiempo de reparación: 15 días.

Tabla 2-4 estado de componentes de bomba sumergible grundfos N°1

| Bomba Grundfos N°1            |        |                          |
|-------------------------------|--------|--------------------------|
| COMPONENTE                    | ESTADO | TRABAJO                  |
| Voluta                        | Bueno  | Ninguno                  |
| Garra                         | Bueno  | Ninguno                  |
| Sello goma garra              | Bueno  | Ninguno                  |
| Impulsor                      | Malo   | Cambio de impulsor       |
| Porta estacionaria(inferior)  | Bueno  | Ninguno                  |
| Porta estacionaria (superior) | Buena  | Ninguno                  |
| Flexión eje                   | Bueno  | Ninguno                  |
| Chavetero impulsor            | Bueno  | Ninguno                  |
| Chaveta                       | Bueno  | Ninguno                  |
| Estator bobinado              | Bueno  | Ninguno                  |
| Rotor                         | Bueno  | Ninguno                  |
| Amarras devanado              | Bueno  | Ninguno                  |
| Barniz                        | Bueno  | Ninguno                  |
| Caja de rodamiento superior   | Bueno  | Ninguno                  |
| Cable de fuerza               | Malo   | Cambio de cable          |
| Goma prensa                   | Malo   | Cambio de goma prensa    |
| Cable de control              | Malo   | Cambio de cable          |
| Goma prensa                   | Malo   | Cambio de goma prensa    |
| Sensor wio                    | Bueno  | Ninguno                  |
| Pintura                       | Malo   | Mal estado               |
| Sellos mecánicos              | Malo   | Cambio de sello mecánico |
| Rodamiento.                   | Malo   | Cambio de rodamiento     |

Fuente: dynapumps chile spa

Reparación de equipo N°1

Fecha:15/07/2022

Tiempo de reparación: 15 días.

Tabla 2-5 estado de componentes de bomba sumergible grundfos N°1

| Bomba Grundfos N°1            |        |                                                               |
|-------------------------------|--------|---------------------------------------------------------------|
| COMPONENTE                    | ESTADO | TRABAJO                                                       |
| Voluta                        | Bueno  | Ninguno.                                                      |
| Garra                         | Bueno  | Ninguno                                                       |
| Sello goma garra              | Bueno  | Ninguno                                                       |
| Impulsor                      | Bueno  | Ninguno                                                       |
| Porta estacionaria(inferior)  | Malo   | Encamisar zona de o-ring debido a que se encuentra erosionada |
| Porta estacionaria (superior) | Buena  | Ninguno                                                       |
| Flexión eje                   | Bueno  | Ninguno                                                       |
| Chavetero impulsor            | Bueno  | Ninguno                                                       |
| Chaveta                       | Bueno  | Ninguno                                                       |
| Estator bobinado              | Bueno  | Ninguno                                                       |
| Rotor                         | Malo   | Zona de sello mecánico metalizada                             |
| Amarras devanado              | Bueno  | Ninguno                                                       |
| Barniz                        | Bueno  | Ninguno                                                       |
| Caja de rodamiento superior   | Bueno  | Ninguno                                                       |
| Cable de fuerza               | Bueno  | Ninguno                                                       |
| Goma prensa                   | Mala   | Cambio de goma prensa                                         |
| Cable de control              | Bueno  | Ninguno                                                       |
| Goma prensa                   | Malo   | Cambio de goma prensa                                         |
| Sensor wio                    | Malo   | Cambio de sensor wio                                          |
| Pintura                       | Malo   | Mal estado                                                    |
| Sellos mecánicos              | Malo   | Cambio de sello mecánico                                      |
| Rodamiento.                   | Malo   | Cambio de rodamiento                                          |

Fuente: dynapumps chile spa

2.3 PARETO DE BOMBAS SUMERGIBLES EN CONAVICOOP

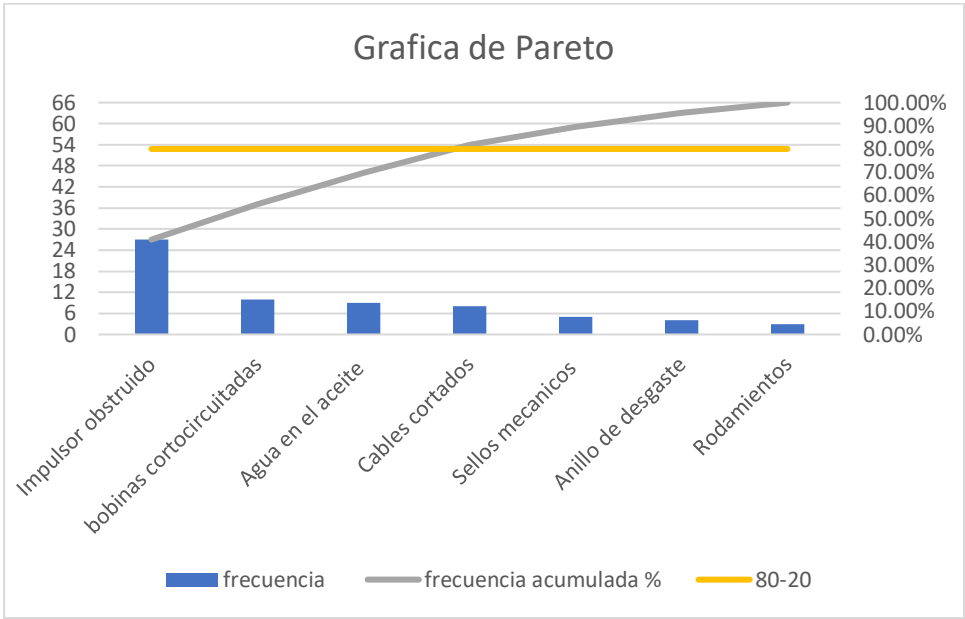
Según el principio de Pareto indica que el 80% de los problemas que ocurren en cualquier actividad es ocasionada por el 20 % de los que intervienen en producirlo, con este método se puede obtener ventajas como la mejora continua del problema, analizar y evaluar los equipos según registro de reparaciones en estas bombas.

Tabla 2:6 de detenciones y fallas.

| Frecuencia de falla en 1 año |            |                      |                        |       |
|------------------------------|------------|----------------------|------------------------|-------|
| Detenciones o fallas         | Frecuencia | Frecuencia acumulada | Frecuencia acumulada % | 80-20 |
| Impulsor obstruido           | 27         | 27                   | 40,91%                 | 80%   |
| Bobinas cortocircuitadas     | 10         | 37                   | 56,06%                 | 80%   |
| Agua en el aceite            | 9          | 46                   | 69,70%                 | 80%   |
| Cables cortados              | 8          | 54                   | 81,82%                 | 80%   |
| Sellos mecánicos             | 5          | 59                   | 89,39%                 | 80%   |
| Anillo de desgaste           | 4          | 63                   | 95,45%                 | 80%   |
| Rodamientos                  | 3          | 66                   | 100,00%                | 80%   |
| Total                        | 66         |                      |                        |       |

Fuente Dynapumps Chile spa.

Ver diagrama de Pareto



Fuente: dynapumps chile spa

Diagrama de Pareto

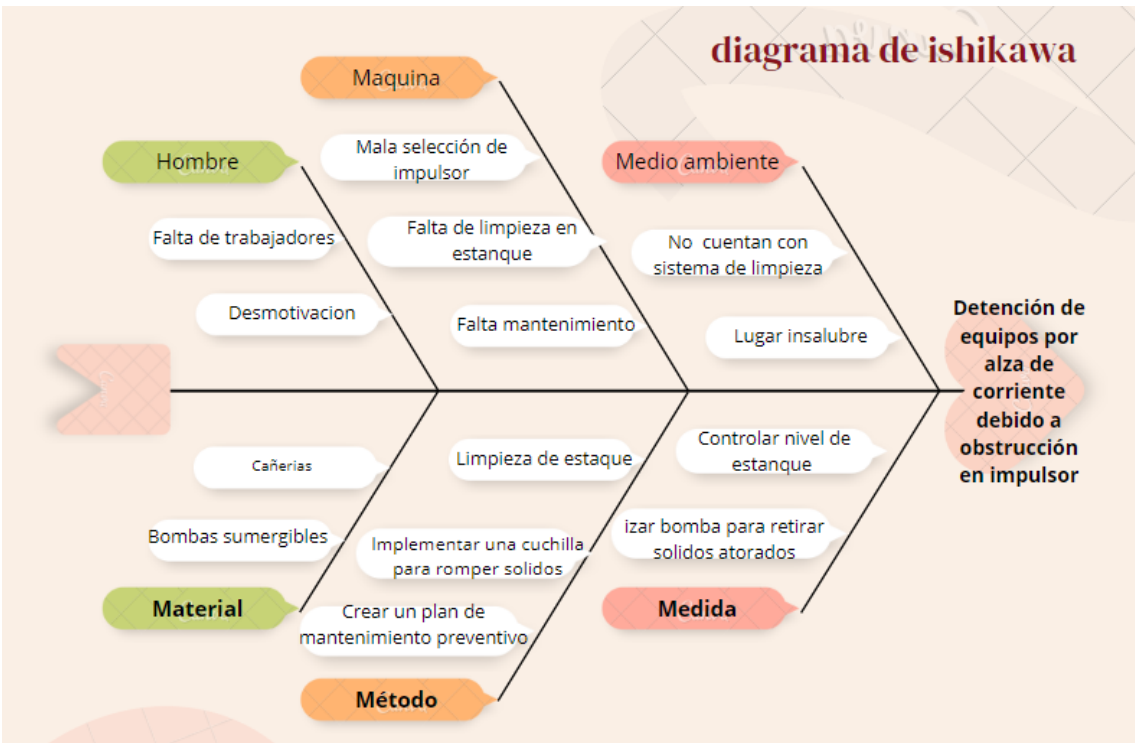
Con los datos obtenidos del diagrama de Pareto obtenido por dynapumps, se puede deducir que las fallas más recurrentes en los equipos sumergible son los siguientes, según orden decreciente.

- 1. Impulsor obstruido
- 2. Bobinas cortocircuitadas
- 3. Agua en el aceite
- 4. Cables cortados
- 5. Sellos mecánicos
- 6. Anillo de desgaste
- 7. Rodamientos

Se logra observar que la frecuencia de falla más alta corresponde a impulsor obstruido con un 40% atribuible a esta causa con que este nos permitirá disminuir el tamaño del problema en un 80% aproximadamente.

2.4 DIAGRAMA DE ISHIKAWA EN CONAVICOOP

Según lo indicado en el punto anterior se procederá a realizar el diagrama de Ishikawa respectivo según la tasa de falla más alta, que es el problema con el impulsor obstruido.



Fuente: propia

Figura 2-8 Ishikawa de asp conavicoop

### **CAPÍTULO 3**

### 3 ESTUDIO DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y MEJORA DE DISEÑO.

En la planta elevadora de aguas servidas, conavicoop, de aguas san pedro se presenta una problemática de detención de los equipos por alza de corriente, esto se debe a que las bombas se estancan por exceso de sólidos y sedimento que se encuentra dificultando un correcto trabajo, Por medio herramientas de gestión del mantenimiento se dará la solución de esta problemática que se mejorará en el diseño a través de esta nueva incorporación de cuchilla y un plan de mantenimiento preventivo de acuerdo al tiempo de trabajo que son 8.000 horas o 1 año de acuerdo al que se cumpla primero este se debe realiza.

#### 3.1 PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Se considerará dentro del plan de mantenimiento preventivo los siguientes cambios:

- A. Considera reparación de sellos mecánicos superior.
- B. Considera reparación de sellos mecánicos inferior.
- C. Cambio de kit de O-ring bomba.
- D. Cambio de kit de O-ring motor.
- E. Cambio de sensor de humedad.
- F. Cambio de gomas prensa cable de fuerza (02 unidades)
- G. Golillas goma prensa cables 2c/u
- H. Cambio de gomas prensa de control (01 unidades)
- I. Cambio de kit de rodamiento 3c/u
- J. Incorporación de cuchilla
- K. Reemplazo de pernos inoxidables faltantes y golillas.
- L. Mantenimiento de motor eléctrico 68 (kw)  
-Incluye: mantenimiento, lavado, secado y barnizado
- M. Pruebas de sensor wio
- N. Terminales de ojo e insumos eléctricos
- O. Resina cabezal
- P. Insumos, aceite y pintura
- Q. Disposición final aceite, limpieza, desinfección bomba.
- R. Aplicación de recubrimiento de cerámica y balanceo de impulsor.

### 3.1.1 Implementación de cuchillas

Este programa de mantenimiento cuenta con la implementación de unas cuchillas de acero inoxidable AISI 316, que su función será cortar estos sólidos para evitar que obstruya el paso del fluido, para lograr que se incorpore esta cuchilla se le añadirá un eje postizo el cual ira enlazado al eje rotor de la bomba.



Fuente: propia

Figura 3-1 cuchilla

### 3.1.2 Beneficios del plan de mantenimiento y su mejora.

Estos beneficios son implementados este plan de mantenimiento anual más la nueva implementación de cuchillas trituradoras de sólidos.

- Reduce las fallas de los equipos, disminuyendo los tiempos de detención y con esto aumentando la disponibilidad del equipo.
- Aumento en las condiciones de seguridad para los trabajadores.
- Disminuye costos de reparación al prevenir las mantenciones correctivas.
- Mejoras en los recursos destinados de la empresa para reparar fallas en los equipos.

3.2 DISPONIBILIDAD Y CALCULO.

Por medio de este indicador que es fácil de utilizar se realizara la disponibilidad de los equipos con y sin el plan mantenimiento preventivo. La disponibilidad está relacionada directamente con la posibilidad de utilización de una instalación, vista desde el punto de vista técnico, es decir, excluyendo las detenciones no originadas por falla del sistema.

La disponibilidad puede definirse como: El porcentaje de tiempo de buen funcionamiento del sistema productivo, calculada sobre un período de tiempo lo suficientemente largo

El factor al cual nos referiremos a continuación considera dos términos, uno es la frecuencia de falla y el otro el tiempo necesario para la reparación. A este indicador se le denomina disponibilidad, que también es posible calcular con la siguiente ecuación:

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

D = Disponibilidad

MTBF= Tiempo medio entre fallas

MTTR= Tiempo medio de reparación

Tabla de 3-1 Disponibilidad de los equipos sin plan de mantenimiento

- Equipo N°1

| MTTR (días)                   |                        |
|-------------------------------|------------------------|
| Tiempo total de mantenimiento | Número de reparaciones |
| 40                            | 10                     |

|      |   |
|------|---|
| MTTR | 4 |
|------|---|

| MTBF (días)             |                       |                        |
|-------------------------|-----------------------|------------------------|
| Tiempo total disponible | Tiempo de inactividad | Número de reparaciones |
| 365                     | 40                    | 10                     |

|      |        |
|------|--------|
| MTBF | 32,500 |
|------|--------|

$$D = \frac{32,500}{32.500 + 4} \times 100$$

$$D = 89.04\%$$

Tabla de 3-2 Disponibilidad de los equipos sin plan de mantenimiento

- Equipo N°2

| MTTR (días)                   |                        |
|-------------------------------|------------------------|
| Tiempo total de mantenimiento | Número de reparaciones |
| 42                            | 11                     |
| MTTR                          | 3,818181818            |

| MTBF (días)             |                       |                        |
|-------------------------|-----------------------|------------------------|
| Tiempo total disponible | Tiempo de inactividad | Número de reparaciones |
| 365                     | 42                    | 11                     |
| MTBF                    | 29,364                |                        |

$$D = \frac{29,364}{29.364 + 3.81} \times 100$$
$$D = 88.04\%$$

Tabla de 3-3 Disponibilidad de los equipos sin plan de mantenimiento

- Equipo N°3

| MTTR (días)                   |                        |
|-------------------------------|------------------------|
| Tiempo total de mantenimiento | Número de reparaciones |
| 25                            | 8                      |
| MTTR                          | 3,125                  |

| MTBF (días)             |                       |                        |
|-------------------------|-----------------------|------------------------|
| Tiempo total disponible | Tiempo de inactividad | Número de reparaciones |
| 365                     | 25                    | 8                      |
| MTBF                    | 42,500                |                        |

$$D = \frac{42,500}{42,500 + 3.125} \times 100$$
$$D = 93.15\%$$

Tabla 3-4 Disponibilidad de los equipos con el plan de mantenimiento

- Equipo N°1

| MTTR (días)                   |                        |
|-------------------------------|------------------------|
| Tiempo total de mantenimiento | Número de reparaciones |
| 10                            | 1                      |
| MTTR                          | 10                     |

| MTBF (días)             |                       |                        |
|-------------------------|-----------------------|------------------------|
| Tiempo total disponible | Tiempo de inactividad | Número de reparaciones |
| 365                     | 10                    | 1                      |
| MTBF                    | 355,000               |                        |

$$\frac{355,000}{355,000 + 10} \times 100$$
$$D = 97.26\%$$

Tabla 3-5 Disponibilidad de los equipos con el plan de mantenimiento

- Equipo N°2

| MTTR (días)                   |                        |
|-------------------------------|------------------------|
| Tiempo total de mantenimiento | Número de reparaciones |
| 10                            | 1                      |
| MTTR                          | 10                     |

| MTBF (días)             |                       |                        |
|-------------------------|-----------------------|------------------------|
| Tiempo total disponible | Tiempo de inactividad | Número de reparaciones |
| 365                     | 10                    | 1                      |
| MTBF                    | 355,000               |                        |

$$\frac{355,000}{355,000 + 10} \times 100$$
$$D = 97.26\%$$

Tabla 3-6 Disponibilidad de los equipos con el plan de mantenimiento

- Equipo N°3

| MTTR (días)                   |                        |
|-------------------------------|------------------------|
| Tiempo total de mantenimiento | Número de reparaciones |
| 10                            | 1                      |
| MTTR                          | 10                     |

| MTBF (días)             |                       |                        |
|-------------------------|-----------------------|------------------------|
| Tiempo total disponible | Tiempo de inactividad | Número de reparaciones |
| 365                     | 10                    | 1                      |
| MTBF                    | 355,000               |                        |

$$\frac{355,000}{355,000 + 10} \times 100$$
$$D = 97.26\%$$

Lo que conseguimos realizar de acuerdo con la disponibilidad de los equipos es que se vería aumentada en un 7%, con este resultado podemos decir que hacer el plan de mantenimiento más las mejoras a estos equipos tendrían mayor confiabilidad y tiempo de trabajo seguro en un determinado tiempo evitando trabajos en horario crítico y eliminado reparaciones por obstrucción en la planta peas conavicoop.

Tabla 3-7 Promedio de disponibilidad de los equipos.

| Con mantenimiento | Sin mantenimiento |
|-------------------|-------------------|
| 97.26%            | 90.07%            |

3.3 Inspección de rutina

La rutina de inspección de las bombas sumergible se tiene que llevar controlada de acuerdo con lo que dice el fabricante, en este proceso realizaremos mediciones del sistema para verificar si hay una pérdida de rendimiento, anomalías en tablero o cualquier tipo de datos anormales que nos permitan anticipar fallas además nos permitirá llevar un registro de una forma ordena de todos los antecedentes que se aporten de estas rutinas.

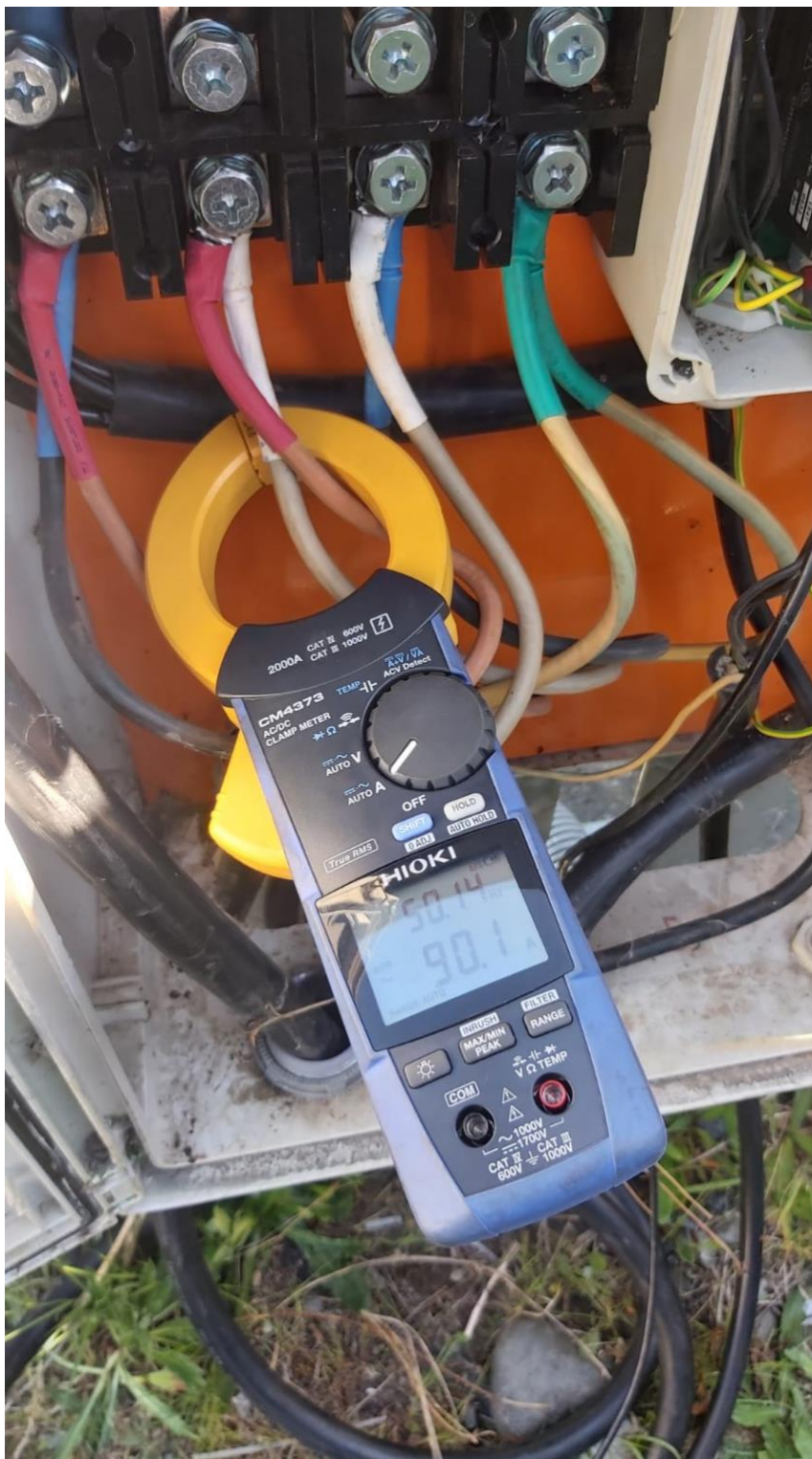
Tabla 3-8 check list semanal

| Check list semanal: Bombas de planta elevadora de aguas servidas |                               |             |          |          |          |
|------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------|----------|----------|----------|
| Fecha                                                            |                               | Marca       |          |          |          |
| Planta                                                           |                               | Controlador |          |          |          |
| Técnico                                                          |                               | Referencia  |          |          |          |
| ítem                                                             | Característica para controlar | Parámetros  | Bomba N1 | Bomba N2 | Bomba N3 |
| 1                                                                | Aislación                     | 2000 mΩ     |          |          |          |
| 2                                                                | Consumo de corriente          | 134 A       |          |          |          |
| 3                                                                | Resistencia                   | 0.2 Ω       |          |          |          |
| 4                                                                | Sensor wio                    | 3.8 ma      |          |          |          |
| 5                                                                | Bimetales                     | Cerrado     |          |          |          |
| 6                                                                | Sensor de humedad             | Cerrado     |          |          |          |
| 7                                                                | Voltaje                       | 380 V       |          |          |          |
| 8                                                                | Tablero eléctrico             | Bueno       |          |          |          |
| 9                                                                | Cable de fuerza               | Bueno       |          |          |          |
| 10                                                               | Pi-ping                       | Bueno       |          |          |          |
| 11                                                               | Presión                       | 3.5 Bar     |          |          |          |
| 12                                                               | Caudal                        | 115 L/S     |          |          |          |
| Observaciones: _____                                             |                               |             |          |          |          |
| _____                                                            |                               |             |          |          |          |
| _____                                                            |                               |             |          |          |          |
| _____                                                            |                               |             |          |          |          |
| _____                                                            |                               |             |          |          |          |
| _____                                                            |                               |             |          |          |          |
| _____                                                            |                               |             |          |          |          |

### 3.3.1 Puntos para controlar

#### A. Inspección de voltaje y consumo de corriente

En cada inspección se debe medir en el tablero de fuerza consumo de corriente y voltaje para lograr calcular eficiencia la eficiencia de estas y llevar registro por alguna anomalía que se presente.



Fuente: Propia

Figura 3-2 medición de corriente

B. Medición de aislación del motor.

Para asegurar que el equipo no tenga humedad dentro del motor o ya dentro del cable se realiza esta prueba de aislación ya que estos equipos están sumergidos en este estanque a 6 metros de profundidad y con esta prueba identificaremos el estado del motor.



Fuente: Propia

Figura 3-3 Medición de aislación

### C. Mediciones de caudal y presión.

Para saber si el equipo está en la curva seleccionada o ya está teniendo problemas de cavitación o tiene problemas en el claro axial se debe realiza estas mediciones en el manómetro y caudalímetro el cual visualmente toma lectura de estos.



Fuente: Propia

Figura 3-4 Caudalímetro

### D. Inspección visual del tablero de fuerza

Esta inspección se realiza con el fin de verificar si se encuentra alguna anomalía en los cables, variador de frecuencia, contactores, guardamotores, relés, etc.

Durante una inspección visual de equipos eléctricos, Es necesaria porque puede revelar la mayoría de las fallas potenciales, y funciona también como precursora de las subsecuentes [pruebas eléctricas](#), las cuales dejan al descubierto los problemas que no se pueden apreciar a simple vista.

Cabe resaltar que la inspección no sustituye componentes defectuosos, sin importar que la visual no haya arrojado alguna advertencia.

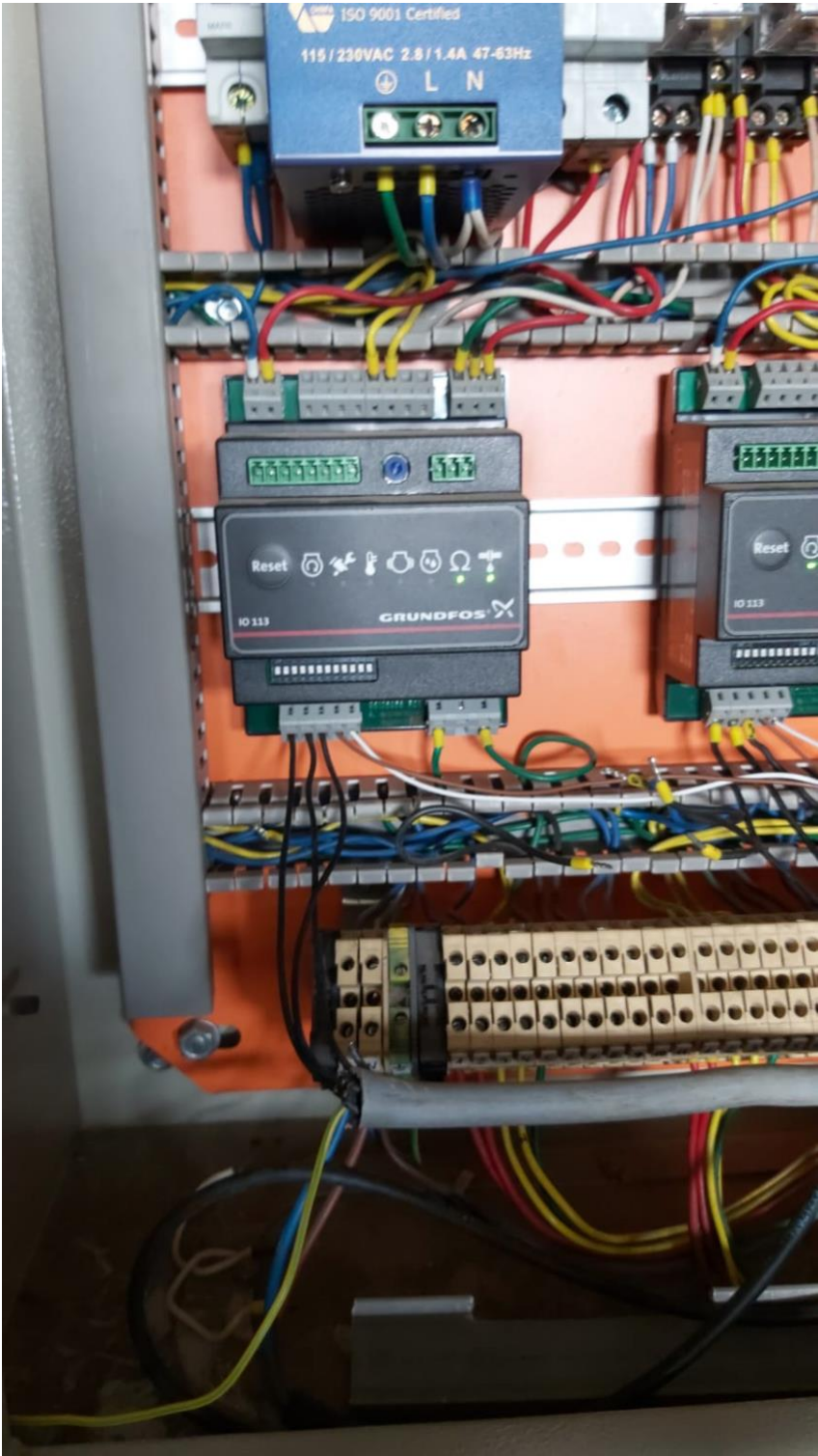


Fuente: Propia

Figura 3-5 Tablero de fuerza conavicoop

E. Inspección visual al tablero de control

La inspección al tablero de control se realiza para ver si la bomba tiene alguna alarma encendida, ya que en el controlador que se utiliza (io113) contiene una serie de luces testigos que nos ayudan a proteger el equipo eventualmente cuando este este operando estas luces se encienden cuando se encuentre con baja aislación, sensores de humedad abierto, sensor wio con agua en el aceite, exceso de temperatura y cuando este componente requiera de mantenimiento.



Fuente: Propia

Figura 3-6 Tablero de control conavicoop

## 4 COSTOS

4.1 COSTOS

Para que este estudio plan de mantenimiento sea exitoso debemos demostrar y concluir la rentabilidad de este proyecto por lo tanto debemos realizar un análisis de costo asociado a nuestra propuesta, de acuerdo que incluiremos todos los recursos y variables al presupuesto.

Consecutivamente tendremos que comparar el plan de mantenimiento que proponemos versus el mantenimiento que se rige actualmente, es decir a los costos del mantenimiento correctivo que se está aplicando en esta plantea de aguas servidas en conavicoop.

4.2 HISTORIAL DE COSTOS EN MANTENIMIENTOS

Actualmente aguas san pedro sigue trabajando con un mantenimiento correctivo que altamente costo para la empresa y acorta la vida útil considerando lo siguiente mostraremos la lista del costo de las ultimas mantenciones por equipos el cual ha sido bastante significativo por los elevados precios que forma este tipo de mantención

Tabla 4-1 Costos de reparación

| BOMBA    | FECHA      | COSTOS (CLP) |
|----------|------------|--------------|
| Bomba N1 | 15-05-2020 | \$5.041.472  |
| Bomba N2 | 18-05-2020 | \$6.549.420  |
| Bomba N1 | 16-06-2021 | \$5.558.482  |
| Bomba N2 | 08-02-2021 | \$5.069.372  |
| Bomba N1 | 15-07-2022 | \$5.987.458  |

Fuente: Propia

Considerando estos elevados costos de mantenimiento en los últimos años, también tendremos en cuenta las horas hombre debido a las detenciones repentinas, en cada trabajo realizado por izar la bomba demandaba de 3 hombres que sacaban la obstrucción del equipo para quede operativo, de acuerdo con esto presentaremos la siguiente tabla con las horas hombres y sus costos.

Tabla 4-2 Costo hora técnico en terreno

| Cargo      | Costo HH | Terreno | Costo HH |
|------------|----------|---------|----------|
| Supervisor | \$17.000 | \$3.400 | \$20.400 |
| Técnico 1  | \$10.000 | \$2.000 | \$12.000 |
| Técnico 2  | \$6.667  | \$2.944 | \$9.611  |
| TOTAL      |          |         | \$42.011 |

Fuente: Propia

En el año 2021 se reportaron 12 detenciones por alzas de corriente el cual se tuvo que realizar el trabajo de izar los equipos y eliminar sedimentos que obstruían el impulsor el cual tuvo los siguientes costos.

Tabla 4-3 Costos en mano de obra solo por liberación de solidos en el impulsor en el año 2021

| Hora hombre en conavicoop   |      |                          |              |                    |
|-----------------------------|------|--------------------------|--------------|--------------------|
| ITEM                        | CANT | DESCRIPCION              | Costo en clp | Valor total en clp |
| 1                           | 81   | HH supervisor en terreno | \$ 20.400    | \$ 1.652.400       |
| 2                           | 81   | HH técnico N1 en terreno | \$ 12.000    | \$ 972.000         |
| 3                           | 81   | HH técnico N2 en terreno | \$ 9.611     | \$ 778.491         |
| TOTAL, DE MANO DE OBRA Y HH |      |                          |              | \$ 3.402.891       |

Fuente: Propia

4.3 COSTO DE PLAN DE MANTENIMIENTO MÁS INCORPORACIÓN DE CUCHILLAS

En el siguiente listado se detallará el costo del plan de mantenimiento preventivo propuesto incluyendo la incorporación de las cuchillas, en este detalle contiene los costos de las horas hombres, este plan de mantenimiento tiene un plazo de entrega de 8 a 10 días hábiles desde que el equipo llega a taller.

Tabla 4-4 Costo del mantenimiento más mejora

| Descripción del trabajo                              | Precio total en clp |
|------------------------------------------------------|---------------------|
| Considera reparación de sellos mecánicos superior.   | \$ 3.933.353,00     |
| Considera reparación de sellos mecánicos inferior.   |                     |
| Cambio de kit de O-ring bomba.                       |                     |
| Cambio de kit de O-ring motor.                       |                     |
| Cambio de sensor de humedad.                         |                     |
| Cambio de kit de rodamiento 3c/u                     |                     |
| Incorporación de cuchilla                            |                     |
| Remplazo de pernos inoxidables faltantes y golillas. |                     |
| Resina sellado cabezal                               |                     |
| Insumos, aceite y pintura                            |                     |
| Cambio de sensor wio.                                |                     |
| Mantención motor de 68(kw)                           |                     |
| Terminales e insumos eléctricos                      |                     |
| HH técnicos de taller                                |                     |

Fuente: dynapumps chile spa

4.4 DIFERENCIA ENTRE EL MANTENIMIENTO PROPUESTO Y EL SISTEMA ACTUAL

Ahora hemos hecho recomendaciones para el mantenimiento preventivo, pero el costo de la mayor confiabilidad que hemos mostrado a nuestros clientes debe sopesarse con los costos de mantenimiento correctivo pagados hasta ahora. Hay problemas, así que volvamos a los costos presentados en este estudio, refinemos agregando los costos asociados con la falla en sí, luego describamos los costos anteriores y finalmente comparemos los costos.

Tabla 4-5 Promedio de costos reparación en los últimos años

| BOMBA    | FECHA      | COSTOS (CLP) |
|----------|------------|--------------|
| Bomba N1 | 15/05/2020 | \$5.041.472  |
| Bomba N2 | 18/05/2020 | \$6.549.420  |
| Bomba N1 | 16/06/2021 | \$5.558.482  |
| Bomba N2 | 08/02/2021 | \$5.069.372  |
| Bomba N1 | 15/07/2022 | \$5.987.458  |
| Promedio |            | \$5.641.240  |

Fuente: Propia

Obteniendo este promedio se le sumara los costos de horas hombres que se obtuvieron en los izajes de los equipos para sacar la obstrucción del impulsor.

Tabla 4-6 Costos mano de obra por detenciones, más promedio de costos de reparación anual.

| COSTOS                       |              |
|------------------------------|--------------|
| Promedio de mantenciones     | \$ 5.641.240 |
| mano de obra por detenciones | \$ 3.402.891 |
| Total                        | \$ 9.044.131 |

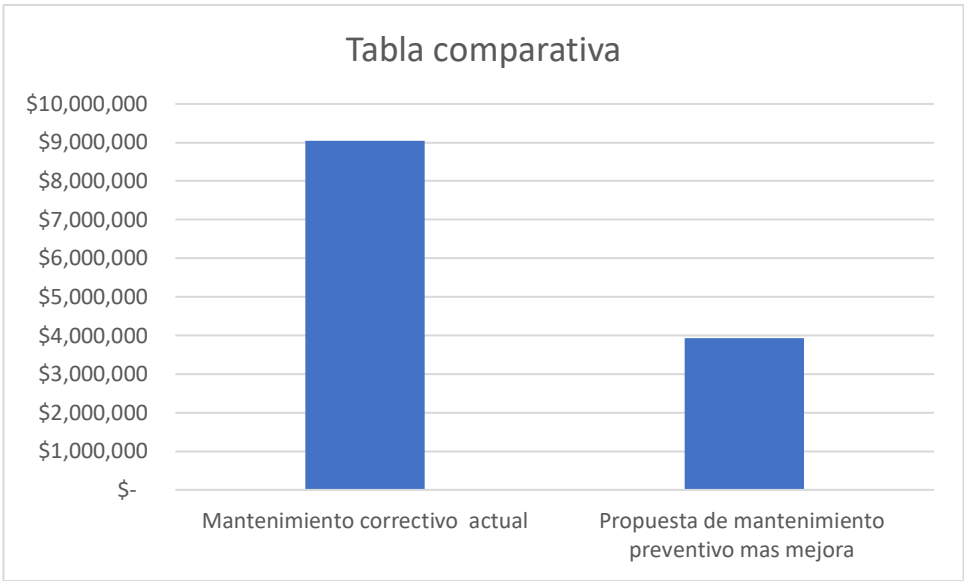
Fuente: propia

Con estos resultados se podrá realizar una tabla comparativa para ver que tan conveniente es el nuevo plan de mantenimiento con la mejora en el diseño de la bomba sumergible versus el mantenimiento correctivo que se realiza en esta planta elevadora de agua servidas, en conavicoop, empresa aguas san pedro.

Tabla 4-7 Comparación

| Tabla comparativa de costos de mantenimiento anual |              |
|----------------------------------------------------|--------------|
| Sistema de mantenimiento                           | Costo        |
| Mantenimiento correctivo actual                    | \$ 9.044.131 |
| Propuesta de mantenimiento preventivo más mejora   | \$ 3.933.353 |

Fuente: propia



## CONCLUSIÓN

La implementación de un plan de mantenimiento preventivo y más aún, el cumplimiento y seguimiento de este a conciencia trae grandes beneficios económicos a corto plazo y en este caso nos ayuda a presentarnos como una planta sanitaria confiable.

Al analizar el costo de intervenir un equipo cuando este presenta una falla versus el costo de adelantarse y realizar este plan de mantenimiento preventivo, con esta mejora de cuchillas y prevenir detenciones en horario crítico, el gasto de recursos es mayor en el mantenimiento correctivo, pero asimismo se encuentran otros costos, como la horas hombres en cada detención, el cual genera más gastos de los que no se consideran, por tanto a mediano plazo nos formara perdidas mayores a la inversión de establecer un plan preventivo.

Finalizando y en base a lo desarrollado en este estudio, por medio de herramientas de gestión del mantenimiento, logramos distinguir este plan de mantenimiento preventivo con esta mejora de cuchilla que alcanzara a disminuir los sólidos que se encuentren en el momento que pasen por la succión de la bomba, evitando así detenciones por obstrucción en el impulsor.

## **BIBLIOGRAFÍA**

aguas san pedro. (29 de Abril de 2021). *aguas san pedro*. Obtenido de [https://www.cmfchile.cl/sitio/aplic/serdoc/ver\\_sgd.php?s567=7359d335581c253ef892001315184628VFdwQmVVMXFRVEJOUkVVeVQwUlZNazEzUFQwPQ==&secuencia=-1&t=1672702317](https://www.cmfchile.cl/sitio/aplic/serdoc/ver_sgd.php?s567=7359d335581c253ef892001315184628VFdwQmVVMXFRVEJOUkVVeVQwUlZNazEzUFQwPQ==&secuencia=-1&t=1672702317)

Bombas hidráulicas y aplicaciones. (s.f.). *01 Bombas hidráulicas y aplicaciones en linea* . Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/39167018/01-Bombas-hidraulicas-y-aplicaciones>

La superintendencia de servicios sanitarios. (s.f.). *SISS*. Obtenido de <https://www.siss.gob.cl/586/w3-propertyvalue-6331.html>

superintendencia de servicios sanitarios . (s.f.). *siss*. Obtenido de <https://www.siss.gob.cl/586/w3-propertyvalue-6331.html>