



UNIVERSIDAD  
**DE ATACAMA**

FACULTAD TECNOLÓGICA  
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍAS DE LAS  
ENERGÍAS

**OPTIMIZACIÓN Y MEJORA AL CIRCUITO DE ABASTECIMIENTO Y  
CALIDAD DE AGUA POTABLE EN EDIFICIO PARQUE ALAMEDA, CIUDAD  
DE COPIAPÓ.**

Trabajo de titulación presentado en conformidad a los requisitos para obtener el título  
de Ingeniera de Ejecución en Mantenimiento Industrial.

Profesor Guía: Jorge Reyes Huencho

Loreto Cepeda Espinoza  
Constanza Maichil Muñoz

Copiapó, Chile 2022

## DEDICATORIA

*A mi madre Claudia Muñoz por los valores, principios, y educación entregada, su constancia en enseñar es reflejada en todo lo que he logrado y la calidad de persona que soy.*

*Gracias por enseñarme a nunca rendirme, darme cada palabra de aliento cuando alguna vez dude, me consentías y aconsejabas que me debo superar constantemente, con empeño y perseverancia para llegar a la meta y cumplir mis sueños, por sus palabras comprendí que nada es imposible si uno realmente lo anhela.*

*Me facilito todas las herramientas para conseguir lograr mis objetivos, fue un apoyo incondicional durante toda mi etapa de estudiante.*

*Constanza Maichil Muñoz.*

*Dedico este proyecto de título a mi hijo Valentín que es el motor principal de mí día a día y el que me impulsa a seguir pese a las adversidades. También se lo dedico a mi familia, amigas y amigos que creyeron en mí, en especial a mi madre y padre, a mis hermanos, cuñada, hermana y sobrinas quienes han estado conmigo ayudándome, apoyándome y alentándome, sobre todo con el cuidado de mi hijo, sin ellos no podría haberlo logrado.*

*Loreto Cepeda Espinoza.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente, agradecemos a nuestras familias por el apoyo incondicional, por aconsejarnos, por su cariño, comprensión y cada palabra de aliento para lograr que esto sea posible.

Nuestros agradecimientos al Profesor Jorge Reyes Huencho, por su dedicación, paciencia de ayudarnos ante cualquier duda, motivación y criterio profesional.

A la Universidad, por acogernos durante toda la etapa de estudiante, brindarnos conocimientos y darnos la posibilidad de conocer a excelentes personas.

Gracias a cada persona que desinteresadamente nos ayudaron de una u otra forma en lograr dar este gran paso, terminar nuestra etapa universitaria y en conseguir llevar a cabo este proyecto de titulación, fueron personas claves en este proceso.

Constanza Maichil Muñoz y Loreto Cepeda Espinoza.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN.....</b>	<b>12</b>
---------------------	-----------

### **CAPÍTULO I**

MARCO INTRODUCTORIO .....	11
<b>1.1 Introducción .....</b>	<b>11</b>
<b>1.2 Objetivo general.....</b>	<b>13</b>
<b>1.3 Objetivos específicos .....</b>	<b>13</b>
<b>1.4 Planteamiento del problema .....</b>	<b>14</b>
<b>1.5 Hipótesis.....</b>	<b>14</b>
<b>1.6 Antecedentes generales.....</b>	<b>15</b>
<b>1.7 Antecedentes específicos.....</b>	<b>16</b>
<b>1.8 Justificación.....</b>	<b>17</b>
<b>1.9 Alcance.....</b>	<b>19</b>

### **CAPÍTULO II**

MARCO TEÓRICO.....	20
<b>2.1 Fundamentos del Mantenimiento.....</b>	<b>20</b>
<b>2.2 Tipos de Mantenimiento.....</b>	<b>21</b>
2.2.1 Mantenimiento correctivo.....	21
2.2.2 Mantenimiento preventivo.....	22
2.2.3 Mantenimiento predictivo.....	22
2.2.4 Mantenimiento proactivo.....	23
<b>2.3 Conceptos relacionados a la hidráulica .....</b>	<b>23</b>
2.3.1 Hidráulica.....	23
2.3.1.1 Conceptos elementales de la hidráulica.....	24
2.3.2 Magnitudes fundamentales .....	26

2.3.3	Ley de flujo.....	26
2.3.4	Ley de la conservación de la energía.....	28
2.3.5	Sistema hidroneumático, definición, funcionamiento y ventajas.....	29
2.3.5.1	¿Qué es un sistema hidroneumático? .....	29
2.3.5.2	Ventajas de emplear un sistema hidroneumático .....	29
2.3.5.3	Componentes del sistema hidroneumático .....	30
2.3.5.3.1	Tanque a presión.....	30
2.3.5.3.2	Electrobomba .....	32
2.3.5.3.3	Válvula de retención .....	32
2.3.5.3.4	Manómetro .....	33
2.3.5.3.5	Control de presión (presostato).....	33
2.3.5.3.6	Tablero de potencia y control.....	34
2.3.5.4	Sistema hidroneumático de uso doméstico.....	34
2.3.5.5	Sistema hidroneumático industrial .....	34
2.3.6	Bombas centrífugas.....	35
2.3.6.1	Principio de Operación .....	36
2.3.6.2	¿Para qué sirve una bomba centrífuga? .....	37
2.3.6.3	¿Cómo funciona una bomba centrífuga?.....	38
2.3.6.4	Funcionamiento de bombas centrífugas en paralelo .....	39

### **CAPÍTULO III**

DESARROLLO DEL TRABAJO .....	42
------------------------------	----

#### **3.1 Componentes presentes en la sala de bombas..... 43**

3.1.1	Filtro ablandador de agua .....	44
3.1.1.1	Aplicación.....	45
3.1.1.2	Funcionamiento .....	46

3.1.1.3	Características constructivas .....	46
3.1.1.4	Componentes .....	47
3.1.1.5	Problemas que presenta el filtro ablandador .....	47
3.1.1.6	Solución al problema presente del filtro ablandador.....	48
3.1.1.6.1	Condiciones previas para el montaje .....	48
3.1.1.6.2	Montaje .....	49
3.1.1.6.3	Mantenimiento .....	51
3.1.1.6.4	Correcta instalación del manifold filtro ablandador .....	52
<b>3.2</b>	<b>Estanques acumuladores.....</b>	<b>53</b>
3.2.1	Problema presente.....	54
3.2.2	Solución .....	54
<b>3.3</b>	<b>Manifold alimentación bombas .....</b>	<b>55</b>
3.3.1	Problema presente.....	56
3.3.2	Solución .....	56
<b>3.4</b>	<b>Bombas centrífugas en paralelo.....</b>	<b>57</b>
3.4.1	Problema presente.....	58
3.4.2	Solución .....	58
3.4.2.1	Solución orientada a Eficiencia energética.....	59
<b>3.5</b>	<b>Estanques hidroneumáticos .....</b>	<b>60</b>
3.5.1	Descripción de funcionamiento del sistema estanque hidroneumáticos.....	61
3.5.2	Presostatos .....	63
3.5.3	Problema presente.....	64
3.5.4	Solución .....	64
<b>3.6</b>	<b>Bomba sentina.....</b>	<b>65</b>

3.6.1	Problema presente.....	66
3.6.2	Solución.....	66
<b>3.7</b>	<b>Lógica cableada.....</b>	<b>67</b>
3.7.1	Problema presente.....	67
3.7.2	Solución a inmediata.....	68
3.7.3	Solución a mediano plazo.....	68
3.7.3.1	Beneficios y mejorar que aportaría el PLC: .....	69
<b>3.8</b>	<b>Diagrama de Pareto para Análisis de Fallas .....</b>	<b>70</b>
<b>3.9</b>	<b>Comparación económica propuesta de mejoras v/s planta de osmosis inversa.....</b>	<b>71</b>
3.9.1	Análisis económico para realizar reparaciones en sala de bombas: ...	71
3.9.2	Análisis económico para la implementación sistema de osmosis inversa:.....	72
3.9.3	Comparación de valores totales de ambos análisis económicos.....	72

## **CAPÍTULO IV**

	MANUAL DE USO Y PLAN DE MANTENIMIENTO BÁSICO.....	74
<b>4.1</b>	<b>Propuesta recomendada en base al análisis de problemáticas y tipo de mantenimiento a aplicar. ....</b>	<b>75</b>
4.1.1	Manual de operación y mantenimiento sala de bombas Edificio Parque Alameda, Copiapó. ....	76
4.1.1.1	Condiciones generales .....	76
4.1.1.2	El sistema se compone de los siguientes elementos:.....	77
4.1.1.3	Herramientas a utilizar para el mantenimiento.....	77
4.1.2	Filtro ablandador.....	77
4.1.2.1	Mantenimiento.....	78
4.1.3	Estanques de acumulación de agua.....	79

4.1.3.1	Equipamiento.....	79
4.1.3.2	Mantenimiento.....	80
4.1.4	Bombas y manifold de distribución.....	81
4.1.4.1	Cantidad de bombas .....	81
4.1.4.2	Mantenimiento y funcionamiento.....	81
4.1.4.3	Desacoplamiento de la bomba.....	83
4.1.5	Estanques hidroneumáticos.....	83
4.1.5.1	Mantenimiento.....	83
4.1.6	Tablero de protección y control eléctrico .....	85
4.1.6.1	Elementos eléctricos .....	85
4.1.6.2	Funcionamiento .....	85
4.1.6.3	Presostatos .....	86
4.1.6.4	Mantenimiento.....	86
4.1.7	Bomba sentina.....	88
4.1.7.1	Mantenimiento.....	88
4.1.8	Diagnóstico y solución de fallas en sala de bombas.....	89
4.1.9	Sugerencia de implementación planilla Check List de inspección. ....	91

## **CAPÍTULO V**

5	CONCLUSIONES .....	92
	Bibliografía.....	95
	ANEXO A .....	96
	ANEXO B .....	97
	ANEXO C .....	98
	Glosario .....	99



## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. N°1, Magnitudes fundamentales. ....	26
Fig. N°2, Ley de Flujo.....	26
Fig. N°3, Caudal. ....	27
Fig. N°4, Tanque a presión (hidroneumático).....	30
Fig. N°5, Válvula de retención seccionada .....	32
Fig. N°6, Interruptor de Control de presión de bomba hidroneumática (presostato)..	33
Fig. N°7, Principio de la Bomba Centrífuga. ....	36
Fig. N°8, Bomba centrífuga. ....	38
Fig. N°9, Funcionamiento bombas centrífugas en paralelo .....	39
Fig. N°10, Bombas en paralelo. ....	41
Fig. N°11, Filtro ablandador y su conexión. ....	45
Fig. N°12, Filtro ablandador.....	51
Fig. N° 13, Diagrama filtro ablandador y componentes.....	52
Fig. N°14, Manifold de distribución. ....	53
Fig. N°15, Estanques Acumuladores A (derecha) y B (izquierda). ....	54
Fig. N°16, Bombas centrífugas. ....	55
Fig. N°17, Bombas centrífugas. ....	57
Fig. N°18, Estanques hidroneumáticos. ....	60
Fig. N°19, Estanque sala de bombas. ....	62
Fig. N°20, Presostatos. ....	63
Fig. N°21, Bombas sentinas. ....	65
Fig. N°22, Grafico análisis de falla con Pareto. ....	70
Fig. N°23, Grafico comparación económica reparación v/s osmosis.....	73
Fig. N°24, Check list sala de bombas, parte 1.....	91
Fig. N°25, Check list sala de bombas, parte 2.....	91

## RESUMEN

El presente trabajo consiste en evaluar y mejorar el sistema de distribución de agua potable de la sala de bombas del Edificio Parque Alameda de la ciudad de Copiapó. Al realizar un alivio en el mantenimiento correctivo y posteriormente preventivo. Todo esto pensado para aumentar la presión y calidad de agua potable para la comunidad del edificio.

Se realiza un levantamiento de los equipos y componentes involucrados, con el fin de comprender el circuito que se está llevando a cabo y por consiguiente un análisis del sistema que se está generando, partiendo en el punto de ingreso desde la red exterior. Primer componente; filtro ablandador de agua, se encuentra fuera de servicio. Segundo componente, estanques de acumulación de agua, sensor de alarma de llenado se encuentra averiado. Tercer componente, bombas centrifugas, bomba número uno falla, esta no tiene arreglo ya que el rotor se encuentra completamente dañado. Cuarto componente, estanques hidroneumáticos, membranas y sistema de alimentación en mal estado, quinto componente, relé de bomba sentina en tablero de lógica cableada sin funcionamiento. Esto por mencionar lo más relevante, hasta pasar por los componentes internos, válvulas, manifold de tuberías de acero inoxidable, entradas y salidas de alimentación de agua y funcionamiento de toda la red de lógica cableada. Todo este análisis se realiza para con ello dimensionar las ventajas y desventajas que estas reparaciones conllevan. De igual forma cabe destacar la mala calidad que posee el agua de la ciudad. Una vez recopilada toda esta información base se llevan a cabo parámetros que permiten poder analizar y trabajar en la puesta en marcha de este estudio.

Mediante una estrategia de mantenimiento se determina realizar rutinas de inspección dinámica, para establecer el estado de los componentes y con ello los estándares adecuados para las condiciones de trabajo, todo esto a través de un plan de mantenimiento básico anexado al proyecto de título.

# CAPÍTULO I

## MARCO INTRODUCTORIO

### 1.1 Introducción

El agua es uno de los elementos más importantes para la conservación de la vida, tanto de las personas, como del resto de los animales y seres vivos que habitan en este planeta. No obstante, durante las últimas décadas, y en beneficio del progreso, el ser humano ha abusado de este elemento incluso en perjuicio de su propia especie. Materiales industriales, exceso de sales minerales, sulfato, entre otros desechos arrojados a las vertientes causados por diferentes factores, han provocado estragos en la calidad de vida a lo largo de los años.

La acumulación de estas partículas en los ductos, filtros y componentes, ocasionan que los sistemas de distribución colapsen y se busquen soluciones que duren y se extiendan a un largo plazo, aportando al correcto funcionamiento de estos servicios en beneficio de la sociedad.

En el área de Mantenimiento Industrial, es parte de la labor preocuparse de que se realice una correcta mantención, para un óptimo desarrollo de las indumentarias que brindan agua potable a los hogares de 134 familias del Edificio Parque Alameda de la ciudad de Copiapó.

Es aquí donde, este presente proyecto de título, desarrolla sus fundamentos y soluciones de mejoramiento al circuito hidráulico con corregir las fallas ya existentes en funcionamientos paralelos y entregar recomendaciones como manual de usuario y Check List de inspección en el Edificio Parque Alameda, ciudad de Copiapó.

Cabe destacar que, la tierra está compuesta por un 70% de agua, al igual que el cuerpo humano. Por ende, este elemento es esencial para la existencia y sobrevivencia de la especie. Por tales motivos, tener un adecuado funcionamiento de las bombas, cañerías y

una excelente calidad en los filtros, hacen de este servicio prioritario para mejorar la calidad de vida de los residentes de este condominio.

Para transformar el agua en agua potable, debe ser sometida a tratamientos que van desde la desinfección y filtración, hasta la desalinización.

La finalidad de la red de suministros de agua es garantizar que en todos los puntos de la instalación exista el caudal preciso, la presión conveniente y la cantidad de agua requerida.

De la acometida exterior a la planta, parte la red interior de distribución organizándose en distribuidores, ascendentes o descendentes y derivaciones.

A continuación, les presentaremos una serie de fallas, problemas y soluciones que brindarán una adecuada conservación de los equipos e instalaciones desde la red pública hacia el ingreso de agua al edificio.

## **1.2 Objetivo general**

Mejorar la disponibilidad del sistema de distribución de agua potable en el Edificio Parque Alameda, ubicado en la ciudad de Copiapó.

## **1.3 Objetivos específicos**

- Realizar un diagnóstico de la situación actual del sistema de distribución de agua.
- Definir mantenciones necesarias para dejar totalmente operativo el sistema de distribución de agua potable.
- Analizar el historial de los equipos que componen el sistema de distribución de agua potable.
- Elaborar planillas de Inspección tipo Check List para revisar de manera guiada y periódicamente el sistema de distribución.
- Crear un Manual de Usuario donde se indiquen la función de cada componente del sistema de distribución de agua y los parámetros normales de funcionamiento.
- Definir un programa de Mantenimiento Preventivo para el sistema de distribución de agua potable.

## **1.4 Planteamiento del problema**

Acorde a información recopilada en la página web de la Organización Mundial de Salud (OMS), se define como “agua dura” aquella que contenga 120 partes por millón de carbonato de calcio. Esto quiere decir que, sobre 180 es “extremadamente dura”.

En la ciudad de Copiapó, el grado de dureza es de 900 partes por millón de carbonato de calcio, casi ocho veces más de lo permitido para considerarla “agua dura”.

En consecuencia, y debido a los antecedentes mencionados anteriormente, surgen problemáticas de mantenimiento y durabilidad de los equipos. Los cuales, al no tomar las condiciones geográficas y técnicas sobre la calidad del agua existentes en la ciudad, colapsan, provocando reclamos y discusiones entre los residentes debido a las constantes fallas, ocasionadas por hacer un estudio superficial de las aguas potables por parte de la constructora a cargo.

Estos argumentos avalan el plantear un posible cambio o mejora del ingreso de la calidad del agua desde la red pública hacia el interior del edificio Parque Alameda; mejorando el filtro, reparar el equipo ablandador de agua, y añadir paralelamente un eficaz mantenimiento correctivo a otros equipos y componentes que presentan fallas.

## **1.5 Hipótesis**

La propuesta de optimización y de mejoras a los equipos y componentes, reparación y rediseño del cableado y colocación efectiva al ingreso del agua desde el suministro público, al edificio Parque Alameda de la ciudad de Copiapó, en conjunto con la creación e implementación de un manual de usuario, con su sistema operativo previo que permita un desarrollo con fluidez, con mayor presión, aumentando consigo el caudal, lo que proporcionará una mejora en la calidad del agua del edificio que alimenta a 134 hogares, disminuyendo con ello, las fallas sistemáticas y constantes; los reclamos y las discusiones entre habitantes. A su vez, aumentará la vida útil de los equipos reduciendo los costos asociados.

## 1.6 Antecedentes generales

Condominio Edificio Parque Alameda, construido por inmobiliaria “Los Carrera Copiapó S.A”, dio inicio a sus obras de construcción en abril del año 2012, para posteriormente ser habitado en septiembre del año 2014.

Este consiste en un edificio de quince pisos de altura, conformado por condominio Tipo A. Cuenta con acceso por calle Rancagua, compuesto en sus instalaciones por un número de 134 departamentos, 151 estacionamientos, 138 bodegas y 4 locales comerciales.

Su ubicación geográfica es en la región de Atacama, ciudad de Copiapó, exactamente en la dirección de Rancagua número 449.



## 1.7 Antecedentes específicos

Las particularidades de la sala de bombas son de funcionamiento hidroneumático, convirtiéndolo en un equipo básicamente por tanques herméticamente cerrados en los cuales se almacena agua y aire a presión con valores convenientes para su distribución.

Las características del sistema de agua potable del Edificio Parque Alameda son: tres estanques hidroneumáticos marca VAO, con capacidad de 800 litros en total, con una presión de 100bar, de posición horizontal y con una presión de aire dependiente de la regulación del presostato. Sumado a cuatro bombas marca REGGIO modelo SB3 1250T, con potencia de 12.5 HP, de una tensión de 380 V, con un consumo de 18.5 AMP, con un caudal de entre que fluctúa entre los 200 Lts. a 500Lts. Una altura de H que va desde los 58MT a 90MT. Además, cuenta con una bomba Sentina marca COMPATTA, modelo 3M/G, con potencia de 1.0 HP, de una tensión de 220 V, con un consumo de 5.1 AMP, con un caudal que está en rango de 55lts a 255lts, y una altura de 1MT a 9MT.

Por otro lado, el ablandador de agua funciona siempre con las válvulas abiertas que se encuentren en línea con éste, mientras que la regulación del producto a inyectar –anti incrustante- tiene que ser de 160 impulsos por 1.000 litros de agua (1 m<sup>3</sup>). Por lo que, en caso de falla en el ablandador las válvulas se deben cerrar. Inmediatamente después se debe abrir la válvula de paso que se ubica en la parte superior del ablandador (bypass).

Las tuberías del alimentador de la toma y salida de agua de las bombas son de acero inoxidable de 2” con HI, o sea un sistema rígido que no permite retirar estas piezas para una limpieza preventiva, lo cual aumenta el problema debido a la dureza del agua en la ciudad de Copiapó. Asimismo, las tuberías de acero inoxidable de 2”, sostienen un sistema rígido de tuberías de conexión hacia los estanques hidroneumáticos, las que también son de acero inoxidable de 4”. Esta unión provoca mayor tensión que interrumpe con fragilidad al momento de realizar reparaciones.

En la actualidad, se trabaja en un mantenimiento correctivo, es decir “a la falla”, lo que conlleva a un mantenimiento esporádico de los equipos, sin prever con anterioridad los



errores. Y, debido a esto, es que las constantes fallas han causado molestias y momentos difíciles entre los habitantes del edificio Parque Alameda.

A su vez, se debe recordar la característica de “agua extremadamente dura” de la ciudad de Copiapó, que, sumado a ser considerada una zona sísmica, la prevención debe ser la piedra angular para evitar cualquier falla en el sistema.

## **1.8 Justificación**

Al analizar las instalaciones del sistema hidráulico de cualquier edificio, sea corporativo o habitacional, los resultados arrojan que lo más relevante para los ingenieros es realizar un trabajo operacional técnico lo más eficiente, pero también lo más rápido posible sin hacer estudios exhaustivos y diferenciales sobre las características geográficas, físicas, biológicas y sociales de la zona donde se desarrollan las construcciones e instalaciones de los circuitos operacionales, lo que repercute en un desenlace con posibles dificultades con el pasar de los años.

La ciudad de Copiapó posee una gran problemática con respecto al agua y su alto contenido en sulfato de calcio debido a que, la extracción del agua es cada vez más subterránea, lo cual la vuelve más fósil. En consecuencia, trae consigo mayores dificultades a la hora del mantenimiento de los sistemas que no tienen una debida estructura acorde a las condiciones de cada ciudad, provincia, o región.

En el caso de la comuna de Copiapó, debiese existir un sistema de mayor alcance de eficiencia de filtros para mejorar la calidad del agua proveniente del sistema público para poder recuperar y lograr un mantenimiento acorde a las necesidades y requerimientos de los habitantes.

En paralelo, también existen factores sociales que se ven afectados debido a una mala mantención y prevención de errores y fallas. El gasto por consumo incrementa a causa de que el sistema se encuentra obstruido por el alto contenido de cal en las tuberías. Asimismo, al dañarse el sistema hidráulico pueden ocurrir inundaciones, o accidentes

graves para los profesionales de mantenimiento, como para las personas que habitan el edificio.

Es por esto que, se plantea realizar un cambio o mejora en el sistema de ingreso de la calidad del agua desde la red pública, optimizando las instalaciones y recomendar cambios de piezas y componentes que posean una mejor calidad y sus características sean las adecuadas a los requerimientos existentes. Por consecuencia mejoraría el funcionamiento del filtro y equipo ablandador de agua. Las tuberías del alimentador de la toma y salida de agua de las bombas se deben cambiar por otras piezas de material y particularidad que permitan retirar estos componentes para su correcta limpieza, mientras que los materiales de acople se sustituyan por otros que permitan mayor flexibilidad y amortiguación para incorporar el mantenimiento preventivo futuro. No obstante, esta característica propicia disminuir fallas en caso de movimientos telúricos.

Por otra parte, se plantea también, colocar válvulas de bypass en las líneas de agua dentro de la sala de bombas, lo que permitiría darle una continuidad operacional al sistema, ya que, fácilmente con un juego de abrir/cerrar válvulas, se desvía el caudal y deja fuera el tramo en el que se trabajará, sin la necesidad de cortar el suministro de agua del edificio mientras se realizan las labores de mantenimiento preventivo, sumando como resultado continuidad, eficiencia y eficacia a la hora de programar las reparaciones.

Una de las formas de alcanzar las condiciones óptimas en el funcionamiento de los equipos y su continua disponibilidad, es a través del establecimiento e implementación de Mantenimiento Correctivo inmediato, para posteriormente realizar periódicamente inspecciones de tipo Mantenimiento Preventivo que nos arrojen prematuramente posibles fallas, y así poder garantizar la disponibilidad, confiabilidad y eficiencia en su más alto nivel. De esta manera se espera disminuir la cantidad de errores y fallas, trayendo consigo una mayor calidad de vida de los habitantes del condominio Parque Alameda.

## 1.9 Alcance

El objetivo de este Proyecto de Título, es generar una mejora en el sistema de alimentación de agua potable en el Edificio Parque Alameda de la ciudad de Copiapó que alimenta 134 hogares; en conjunto con la creación e implementación de un manual de usuario y planillas de Check List de inspección de equipos y componentes, para que este manual cumpla la premisa se dirigirá una charla de carácter técnico y operacional por parte de personal capacitado, a las personas idóneas que realizan labores y prestan servicio en el edificio, en conjunto se instruirá y capacitará al área de administración y comité administrativo.

Para lograr la mejora se realizarán mantenimientos correctivos a; manifold del filtro ablandador de agua incluyendo su unidad motriz, manifold tubería de bombas centrífugas, estanques hidroneumáticos y cambio de cableado lógico a un PLC, lo cual permitan incorporar un trabajo del circuito hidráulico del agua potable eficiente y eficaz.

A su vez, se instaure el mantenimiento básico que garantizará la confiabilidad y duración de los equipos, que, apegado a las especificaciones y normas de mantenimiento proporcionada por los proveedores de los mismos, llevan a su correcto funcionamiento con resultados satisfactorios para los residentes.

Se incorpora también, chequeos de mantenimiento en los procedimientos operacionales estándar para el equipo en cuestión. La lista de chequeos se encuentra en la pared o en la cabina de control.

Todas estas mejoras van a reducir las fallas y en consecuencia habrá menos reparaciones correctivas, por lo cual realizar un mantenimiento correctivo en conjunto inspecciones rutinarias a equipos y componentes, mejorara calidad de vida de las 134 familias que cohabitan en el edificio Parque Alameda.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Fundamentos del Mantenimiento**

En este sistema estamos abordando dos situaciones, el funcionamiento hidráulico y del mantenimiento

El mantenimiento se define como una disciplina cuya finalidad consiste en mantener las máquinas y el equipo en un estado de operación, lo que incluye servicio, pruebas, inspecciones, ajustes, reemplazo, reinstalaciones, calibración, reparación, y reconstrucción. Principalmente, se basa en el desarrollo de conceptos, criterios y técnicas requeridas para el mantenimiento, proporcionando una guía de políticas o criterios para toma de decisiones en la administración y aplicación de programas de mantenimientos. Asimismo, el mantenimiento es un conjunto de actividades programadas y planificadas que permite conservar o restablecer un SP (Sistemas Productivos) a un estado específico, para que pueda cumplir un servicio determinado. Mientras que, el objetivo principal del mantenimiento es mantener un SP (Sistemas Productivos) en forma adecuadas de manera que pueda cumplir su misión. Por otro lado, el diseño e implementación de cualquier sistema organizativo y su posterior informatización siempre debe tener presente que está al servicio de unos determinados objetivos. Cualquier sofisticación del sistema debe ser contemplada con gran prudencia en evitar, precisamente, de que se enmascaren dichos objetivos o se dificulte su consecución. (1)

## **2.2 Tipos de Mantenimiento**

Existen cuatro métodos de mantenimiento principales que se efectúan en una industria, la aplicación de cada uno de estos métodos va en directa relación con la organización de los departamentos de mantención y los posibles imprevistos que se puedan generar en un proceso productivo. (1)

### **2.2.1 Mantenimiento correctivo**

Es una acción reactiva no programada, que consiste en la reparación de averías o fallas funcionales a medida que se van produciendo. La desventaja más predominante de este tipo de mantenimiento, es que se genera un mayor daño y desgaste en los componentes del equipo reduciendo la vida útil de estos. A causa de lo anterior se detiene el proceso de producción de forma imprevista, como consecuencia se incrementa el tiempo del mantenimiento y se genera un mayor presupuesto en mano de obra, puesto que los equipos se deben reparar en el tiempo más acotado posible. El hecho de que se deban reparar maquinas sin previo aviso dificulta la posibilidad de mantener un gasto fijo en mantenimiento, puesto que no siempre se producirán las fallas, o también, puede que se produzcan de manera más reiterativa incurriendo así en mayores gastos. El mantenimiento correctivo se caracteriza principalmente por ser un mantenimiento de tipo de emergencia, lo cual aumenta el riesgo de accidentes en el personal de mantenimiento. Un punto positivo es que requiere de poca planeación del mantenimiento, ya que se repara sólo el punto donde se produjo la falla. (1)

### **2.2.2 Mantenimiento preventivo**

El método más utilizado en la industria, corresponde al mantenimiento preventivo. Este permite disminuir la frecuencia de las paradas no programadas aprovechando el momento más oportuno para realizar las intervenciones tanto para la producción como para el de mantenimiento. Frecuentemente, se utiliza este método en un “Plan de Mantenimiento”, puesto que, permite planificar las mantenciones a efectuar; preparar herramientas, repuestos, insumos y designar al personal más capacitado para realizar la acción. La principal ganancia de este tipo de mantenimiento es que permite utilizar de la forma más eficiente posible los tiempos permitiendo adecuar y moldear las acciones dentro de los periodos más favorables para la empresa y/o cualquier tipo de administración en mantenimiento. Para poder intervenir los equipos, ya sea en sala de bombas como en este caso a presentar, este método utiliza tiempos regulares bien definidos por el planificador de las mantenciones para evitar detener los procesos. Las mantenciones se realizan sin importar el estado del ítem a mantener (ya sea en buen o mal estado), sustituyendo o reparando cíclicamente los componentes según designación de fabricantes o acciones adoptadas por el mantenedor de servicio a cargo. Para este tipo de mantenimiento es necesario justificar la rentabilidad económica del método, puesto que, posiblemente y dependiendo de cada administración, estas acciones sean un poco costosas. (1)

### **2.2.3 Mantenimiento predictivo**

El mantenimiento de tipo predictivo es otro de los métodos más utilizados, este tipo de mantención permite detectar posibles síntomas de desperfectos o desgastes prematuros de un equipo antes de que ocurra una falla, y por consiguiente, una detención no deseada para la empresa. Es posible utilizar este método gracias a que los componentes de cierta forma demuestran al personal de inspección que alguna anomalía está ocurriendo. Existen varias formas de detectar las fallas antes de que ocurran, y principalmente se utiliza tecnología creada para detectarlas, así como también, la experticia del personal ante estas situaciones. Los métodos más básicos para detectar potenciales fallas son los sentidos del ser humano;

realizar inspecciones visuales; detectar olores; sentir excesivas vibraciones o temperaturas elevadas; ruidos anómalos y, posiblemente por el sentido del gusto, detectar alguna anomalía en el proceso de avance que infiera en alguna contaminación del producto. Otros métodos utilizados son mediante la creación de nuevas tecnologías que detecten posibles fallas en los equipos, existen diferentes herramientas tales como: Cámaras Termográficas, análisis de vibraciones, ultrasonido, etc. Dadas las características de este tipo de mantenimiento es necesario realizar constantes inspecciones, en medida de lo posible, lo ideal es que se realicen diariamente. Esto requiere personal exclusivo de inspección, por lo cual se utiliza en procesos de alta criticidad operacional. (1)

#### **2.2.4 Mantenimiento proactivo**

El mantenimiento proactivo, al igual que el predictivo, consiste en monitorear las propiedades de ciertos parámetros en los componentes antes de decidir una intervención. La diferencia entre ambos, es que el proactivo pretende determinar la causa raíz de las averías, una posible falla dentro de la línea que incurra en el deterioro prematuro de otros componentes adyacentes del proceso. (1)

### **2.3 Conceptos relacionados a la hidráulica**

#### **2.3.1 Hidráulica**

Dentro de la rama de la física encontramos la hidráulica, que es la ciencia que estudia el comportamiento de los fluidos en función de sus propiedades específicas. Es decir, estudia las propiedades mecánicas de los líquidos dependiendo de las fuerzas a que pueden ser sometidos.

La hidráulica comenzó a utilizarse en el siglo XVII, y concierne al empleo y características de los líquidos.

### 2.3.1.1 Conceptos elementales de la hidráulica

Las características elementales de la hidráulica son las siguientes:

- Características de los líquidos: viscosidad, tensión superficial, adherencia, y capilaridad.
  - a) Viscosidad: es la oposición de un fluido a las deformaciones tangenciales, debida a las fuerzas de cohesión moleculares.
  - b) Tensión superficial: se denomina así en física a un líquido, a la cantidad de energía necesaria para aumentar su superficie por unidad de área.
  - c) Adherencia: la adhesión es la propiedad de la materia por la cual se unen y plasman dos superficies de sustancias iguales o diferentes cuando entran en contacto, y se mantienen juntas por fuerzas intermoleculares.
  - d) Capilaridad: es un proceso de fluidos que depende de su tensión superficial la cual, a su vez, depende de la cohesión del líquido y le confiere la capacidad de subir o bajar por un tubo capilar.
  
- **Características del agua (H<sub>2</sub>O)**

Las características del agua son las siguientes:

- a) Líquida en condiciones normales de presión y temperatura.
- b) Densidad 1 Kg/dm<sup>3</sup>, un kilogramo por sobre un decímetro cúbico o un litro.
- c) Calor específico 1Cal/g °C. una caloría por sobre un gramo por un grado centígrado.
- d) Calor latente de vaporización 540 cal/g °C. 540 calorías sobre un gramo por un grado centígrado.
- e) El punto de ebullición se relaciona directamente con la presión atmosférica.
- f) Miscible con gran cantidad de líquidos.



- **Hidrostática**

Se encarga de estudiar los líquidos en reposo, estudia los siguientes principios más característicos

- a) Principio de Pascal
- b) Principio de Arquímedes
- c) Presión; que es igual a, presión inicial + la densidad del fluido x la gravedad x la altura. Y se manifiesta de la siguiente manera:  $P = P_0 + \rho * g * h$

- **Hidrodinámica**

Se encarga del estudio de los líquidos en movimiento. Los principios que se relacionan con esta son:

- a) Ley de Torricelli
- b) Ley de Bernoulli
- c) Numero de Reynolds.

### 2.3.2 Magnitudes fundamentales

- Presión

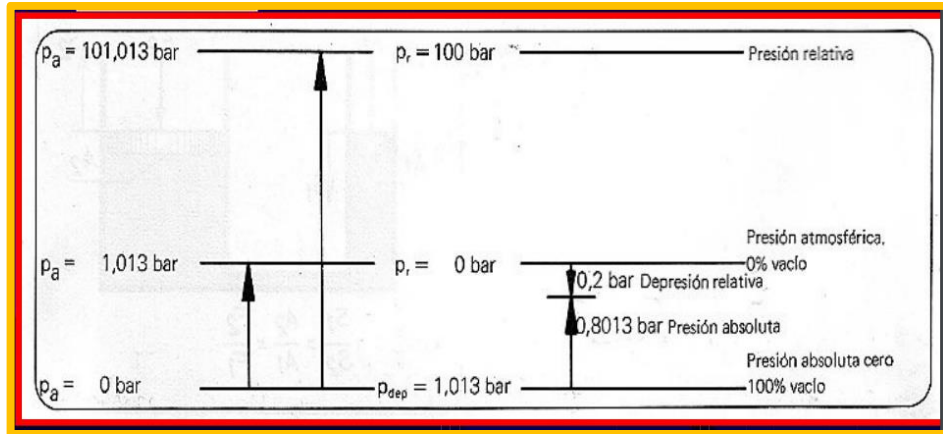


Fig. N°1, Magnitudes fundamentales.

$$1 \text{ Bar} = 14,5 \text{ PSI}$$

$$1 \text{ Kg/cm}^2 = 14,223 \text{ PSI}$$

### 2.3.3 Ley de flujo

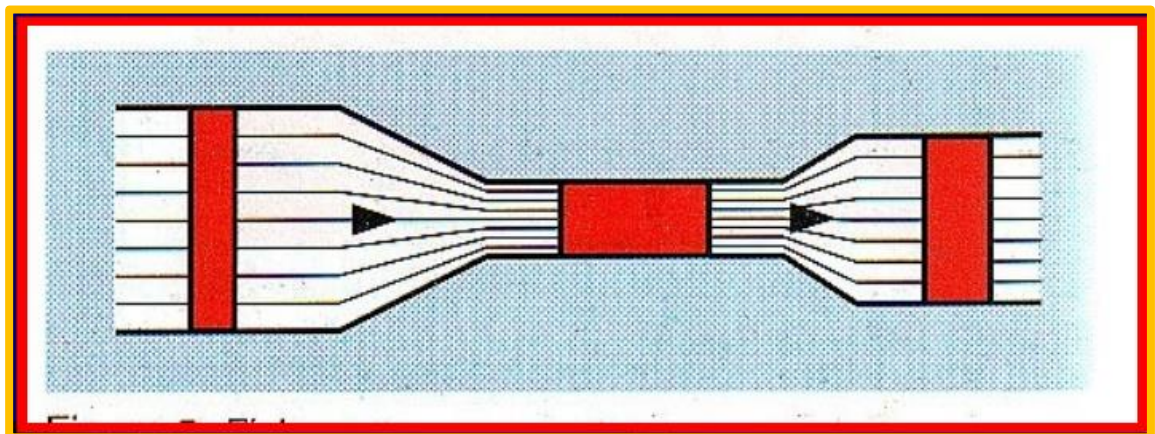


Fig. N°2, Ley de Flujo.

A través de un tubo con distintas secciones transversales fluyen en igual tiempo volúmenes iguales.

- El caudal  $Q$ : es el cociente del volumen del fluido  $V$  y del tiempo  $t$ .

$$Q = V / t$$

- El volumen del fluido

$$V = A * s.$$

A: área; S: longitud.

Luego tenemos:

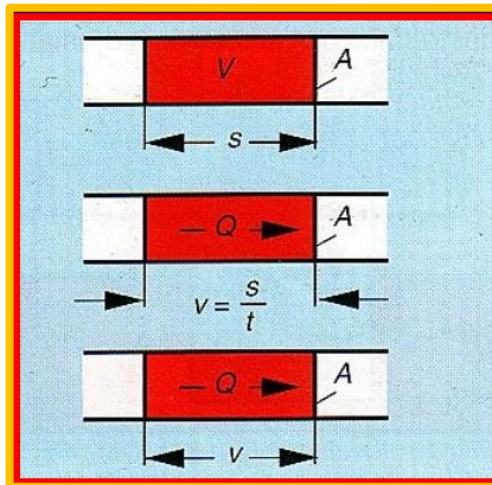
$$Q = A * S / t$$

$$v = s / t$$

v: velocidad.

Entonces nos da:

$$Q / A * v$$



**Fig. N°3, Caudal.**

- El caudal  $Q$  en l/min (LPM) es igual en todo tubo.

#### **2.3.4 Ley de la conservación de la energía.**

La energía total de un caudal de líquido no varía mientras no se introduzca energía desde el exterior ni se entregue hacia el exterior. (2)

La energía total se compone de:

- a) Energía potencial (en función de la columna de líquido y de la presión estática).
- b) Energía cinética (en función de la velocidad de flujo y de la presión dinámica)

De allí surge la ecuación de Bernoulli.

### **2.3.5 Sistema hidroneumático, definición, funcionamiento y ventajas.**

#### **2.3.5.1 ¿Qué es un sistema hidroneumático?**

Es un sistema diseñado con la finalidad de mantener la presión de agua en las redes de abastecimiento en un rango establecido. Está conformado por una o varias Bombas Centrífugas las cuales succionan el agua desde un reservorio y la transportan a un recipiente presurizado denominado Pulmón. El tanque pulmón, está provisto de un presostato en el que se configuran las presiones de trabajo que determinan los puntos de arranque y parada de las Bombas.

El principio de funcionamiento se basa en la compresibilidad del aire; dentro del tanque pulmón existe un colchón de aire que aumenta su presión con el ingreso de agua y descende por la demanda del líquido en la red. Al llegar a la presión mínima el presostato envía la señal para el arranque de la bomba, ésta permanece encendida hasta alcanzar la presión máxima configurada. El aire puede ser suministrado mediante un compresor u otros mecanismos como los cargadores incorporados directamente al sistema. (3)

#### **2.3.5.2 Ventajas de emplear un sistema hidroneumático**

- a) Presiones de trabajo más o menos constantes en la red de distribución. Este incremento de presión permite alcanzar alturas de suministro mayores a las proporcionadas por las empresas de servicios básicos.
- b) Elimina el uso de tanques elevados para el abastecimiento de edificios.
- c) Velocidades idóneas del fluido en las tuberías, lo que elimina la formación de lodos y obstrucciones propias de bajos caudales.

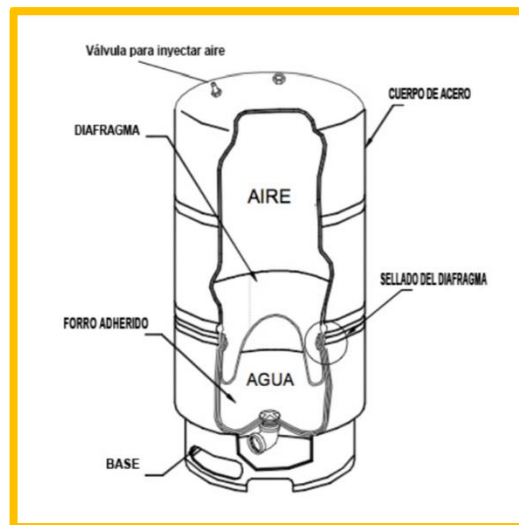
### 2.3.5.3 Componentes del sistema hidroneumático

Un sistema hidroneumático debe estar constituido por los siguientes componentes:

- a) Un tanque de presión
- b) Electrobomba
- c) Válvula de retención instalada antes de la succión de la bomba
- d) Manómetro
- e) Control de presión (presostato)
- f) Tablero de potencia y control de motores. (aplica cuando se tiene 2 o más bombas), en este caso, 4 bombas.

#### 2.3.5.3.1 Tanque a presión.

Los tanques a presión o tanques hidroneumáticos son recipientes cerrados donde se acumula agua bajo presión. Al ingresar el agua a presión dentro del tanque, el aire confinado dentro se va comprimiendo dándole lugar al líquido, esto se debe a que el aire por ser un gas tiene sus moléculas más separadas y por ello tiende a comprimirse mucho más fácilmente que el agua. Se diferencian por la forma constructiva y por los materiales utilizados. Estas diferencias los hacen más propicios para una u otra utilización. Además de los materiales utilizados la diferencia más notable que se puede marcar es en la utilización de una membrana para separar aire y agua.



**Fig. N°4, Tanque a presión (hidroneumático).**

a) Sin membrana:

En la actualidad estos tanques son mayormente utilizados para uso naval o servicios pesados en la industria, sin dejar de satisfacer las necesidades de la presurización en construcciones de uso civil, sistemas contra incendio, riego, etc. Son construidos en chapa de acero (o acero inoxidable), el metal se protege en el interior con pintura epoxi que evita su deterioro al estar en contacto con el agua. El aire está en contacto directo con el agua, lo que hace que poco a poco el volumen de aire dentro del tanque se pierda. Esto se debe a que el agua tiene la capacidad de absorber aire. Cuentan con un visor de vidrio para visualizar el nivel de agua-aire dentro del tanque. Tienen otros orificios que se utilizan para colocar los manómetros, presostatos y válvulas de seguridad. En los de mayor tamaño se deja preparada una boca “paso de hombre” para poder ingresar dentro del mismo y realizar el mantenimiento de la pintura o reparaciones necesarias.

b) Con membrana:

Este tipo de tanques en los últimos años han ganado amplio terreno el mercado de la presurización domiciliaria tanto como en pequeñas y medianas obras. Están construidos en distintos materiales predominan los de chapa de acero, pero también los hay en acero inoxidable, zinc y materiales plásticos (polietileno reforzado con fibra de vidrio y resinas epóxicas). En todos los casos poseen una membrana interna que puede según el fabricante y el uso para que han sido preparados, tener distinta disposición dentro del tanque. Hay modelos en que la membrana está colocada como una bolsa que recibe y se llena con el agua, por lo que la chapa nunca se moja y queda protegida contra la corrosión; en otros modelos el tanque está dividido en dos hemisferios y en la unión de estos casquetes o hemisferios está sujeta a la membrana central que contiene el aire mientras que el agua se ubica rodeándola. Concretamente en todos los casos la principal función de la membrana es evitar que el aire sea absorbido por el agua, evitando así los mecanismos descritos con anterioridad. La durabilidad de las membranas en instalaciones bien construidas y con bajos niveles de sarro es de muchos años.

### 2.3.5.3.2 Electrobomba

Es una bomba hidráulica accionada por motor eléctrico, están las bombas sumergibles, tipo turbina vertical y la mayormente conocida bombas centrífugas horizontal.

### 2.3.5.3.3 Válvula de retención

La válvula de retención está destinada a impedir una inversión de la circulación. La circulación del líquido en el sentido deseado abre la válvula; al invertirse la circulación, se cierra.



**Fig. N°5, Válvula de retención seccionada**

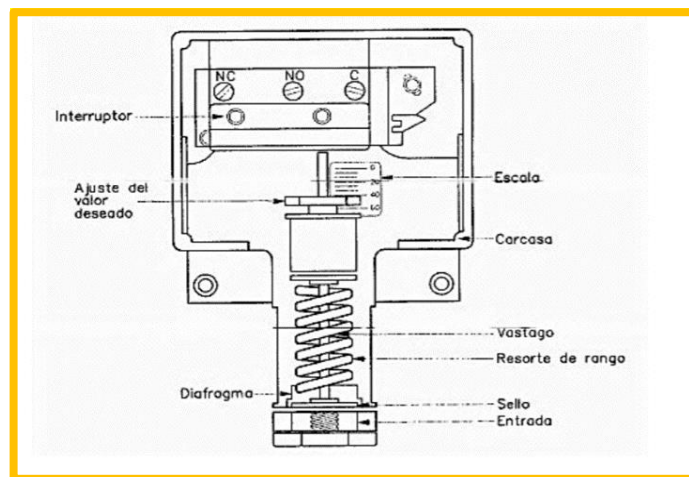


#### 2.3.5.3.4 Manómetro

Es un instrumento que se emplea para la medición de la presión en los fluidos y que generalmente procede determinando la diferencia que hay entre la presión del fluido y la presión local.

#### 2.3.5.3.5 Control de presión (presostato)

El presostato también es conocido como control de presión. Es un aparato que cierra o abre un circuito eléctrico dependiendo de la lectura de presión de un fluido. El fluido ejerce una presión sobre un pistón interno haciendo que se mueva hasta que se unen dos contactos. Cuando la presión baja un resorte empuja el pistón en sentido contrario y los contactos se separan. Ver figura N° 15.



**Fig. N°6, Interruptor de Control de presión de bomba hidroneumática (presostato)**

#### **2.3.5.3.6 Tablero de potencia y control**

Es una caja o gabinete que contiene los dispositivos de conexión, maniobra, comando, medición y protección. Con estos tableros se proporciona el correcto funcionamiento del equipo, desde su puesta en marcha, apagado, detección de alto y/o bajo voltaje, caídas de fases entre otros parámetros.

#### **2.3.5.4 Sistema hidroneumático de uso doméstico**

Los sistemas hidroneumáticos con tanques de 320 galones o menos y en edificaciones con 30 piezas servidas o menos se denominan hidroneumáticos de quintas o de uso doméstico. (3)

#### **2.3.5.5 Sistema hidroneumático industrial**

Los sistemas hidroneumáticos de uso industrial, son muy variables y en algunos casos son tan prolongados como los sistemas utilizados para uso doméstico. (3)

### 2.3.6 Bombas centrífugas

Una bomba centrífuga puede definirse en forma general como una bomba que usa la fuerza centrífuga para desarrollar velocidad en el líquido manipulado, cuya velocidad se convierte posteriormente en presión. Las bombas centrífugas, sin embargo, pueden subdividirse en los siguientes tipos (4):

- a) Espiral
- b) Difusora
- c) De flujo axial
- d) De flujo mixto
- e) Regenerativa.

Estas pueden también dividirse según el:

- a) Número de etapas: simples o multi etapas
- b) Entrada de succión: simples o doble succión.
- c) Posición axial: horizontal o vertical.
- d) Tipo de cubierta: de división horizontal o vertical
- e) Montaje: montada en tubo o en base.

Las bombas centrífugas pueden clasificarse también de acuerdo a la aplicación tales como: bomba de alimentación de caldera, bomba de propósito general, bomba de vacío y bomba de circulación. Cada aplicación requiere un diferente diseño de bomba.

### 2.3.6.1 Principio de Operación

En la Figura N°13, se aprecia en forma diagramática el principio de funcionamiento de una bomba centrífuga. La rotación del impulsor hace que el líquido contenido en ésta fluya hacia la periferia debido a la fuerza centrífuga generada. El centro u ojo del impulsor es así evacuado y el líquido del tubo de succión luego fluye hacia el interior para llenar el espacio vacío.

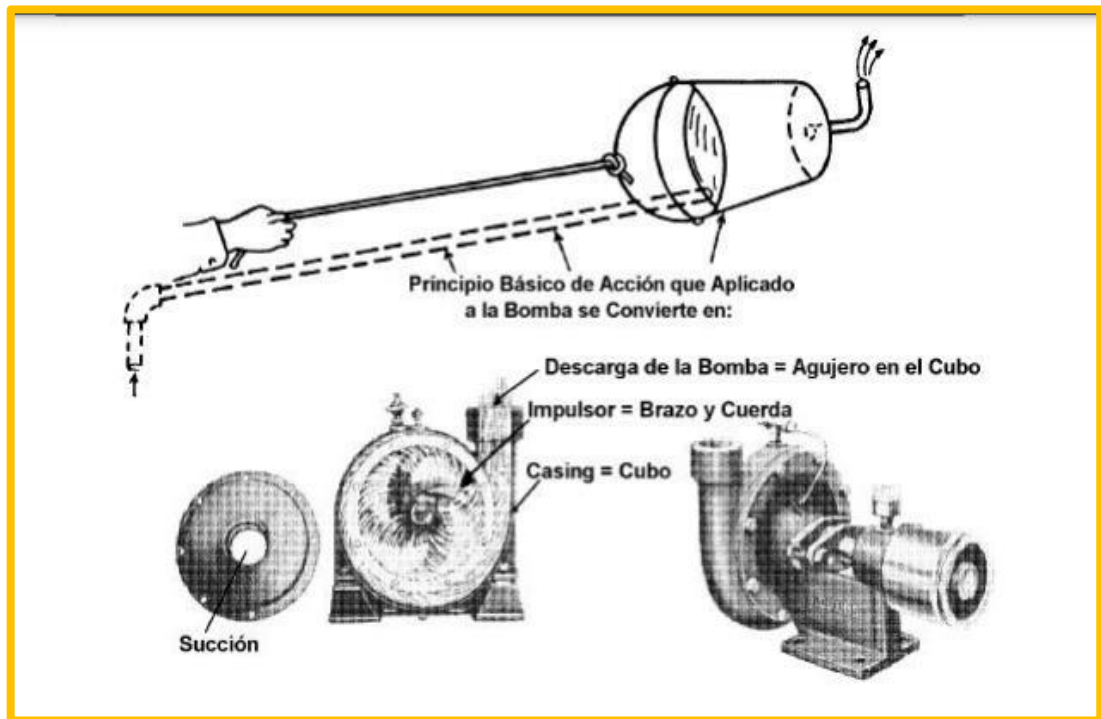


Fig. N°7, Principio de la Bomba Centrífuga.

Se nota, que la bomba baja la presión en la succión de la bomba, luego confía en la presión disponible en el tubo de succión para empujar el líquido hacia la bomba. Otro módulo detallará esta elevación requerida en la succión de la bomba y mostrará cómo debe ser calculada. Las bombas centrífugas no son bombas de desplazamiento positivo. Una bomba de desplazamiento positivo es aquella en la cual las bolsas de líquido son atrapadas, presurizadas y luego liberadas hacia la descarga. Una bomba centrífuga opera suministrando energía en forma de velocidad para el líquido manipulado. Una bomba de desplazamiento positivo, como su nombre lo indica, desplazará una determinada cantidad de líquido en un tiempo dado. La altura de descarga aumentada no le impide hacer esto, pero simplemente dará como resultado un incremento de la presión de descarga en una cantidad correspondiente. (Estas bombas deben estar protegidas contra la producción de una presión peligrosamente alta en el caso de una válvula de descarga cerrada).

El volumen de salida de una bomba centrífuga varía según los cambios en la presión de descarga (elevación). Conforme se incrementa altura de caída en la bomba, el flujo disminuye. Cuando el flujo se reduce a cero generalmente la bomba está produciendo una altura de caída máxima.

### **2.3.6.2 ¿Para qué sirve una bomba centrífuga?**

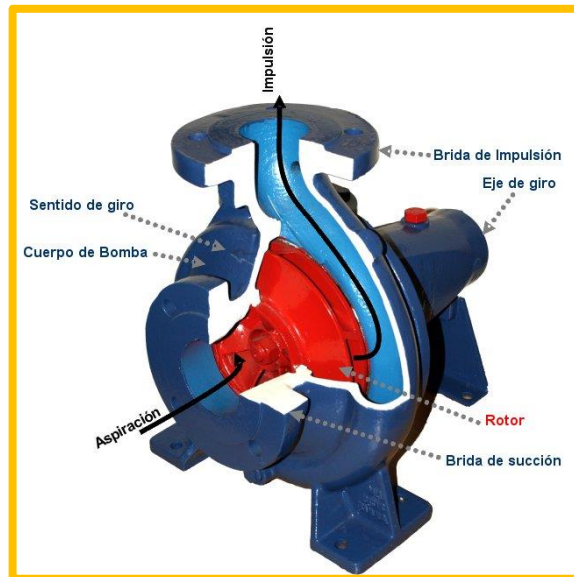
Una bomba centrífuga suele complementar a otras instalaciones hidráulicas, ya sea de uso industrial, en comercios, o viviendas, según el tipo de bomba centrífuga que escojamos.

Su objetivo es el de proporcionar una solución práctica a la falta de presión de un suministro de agua en aquellos lugares donde no haya una gran pendiente, ya que en tal caso se recurriría a otros sistemas.

Sirven también, para aumentar la presión al inicio y se usa tanto para sistemas de agua domésticos como en los de protección contra incendios. Es por tanto un sistema útil para proporcionar una fuente de presión continuada en ese caso concreto. (4)

### 2.3.6.3 ¿Cómo funciona una bomba centrífuga?

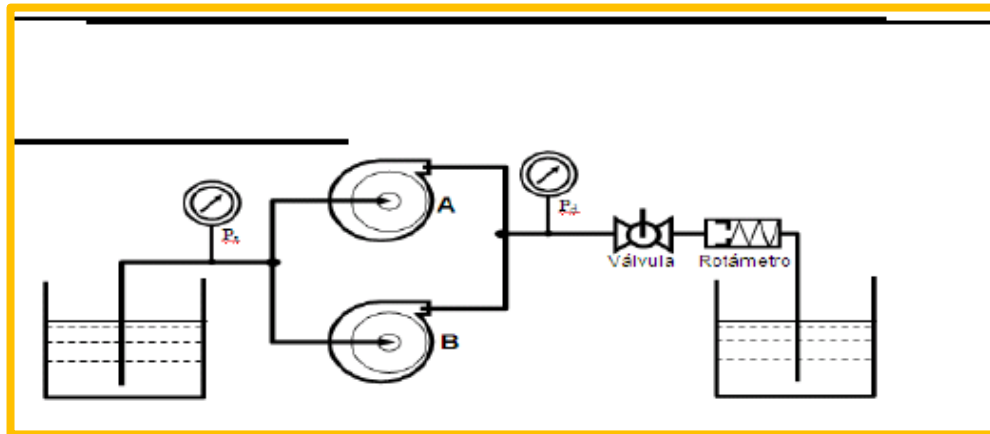
El funcionamiento de una bomba centrífuga es especialmente sencillo. En primer lugar, el líquido entra por el rodete o impulsor, donde a través de unos álabes se dirige el fluido, y gracias a la fuerza centrífuga, se expulsa dicho líquido o fluido hacia el exterior. Una vez en el exterior es la carcasa la encargada de recogerlo.



**Fig. N°8, Bomba centrífuga.**

#### 2.3.6.4 Funcionamiento de bombas centrífugas en paralelo

(tipo de instalación en sala de bombas en Edificio Parque Alameda)



**Fig. N°9, Funcionamiento bombas centrífugas en paralelo**

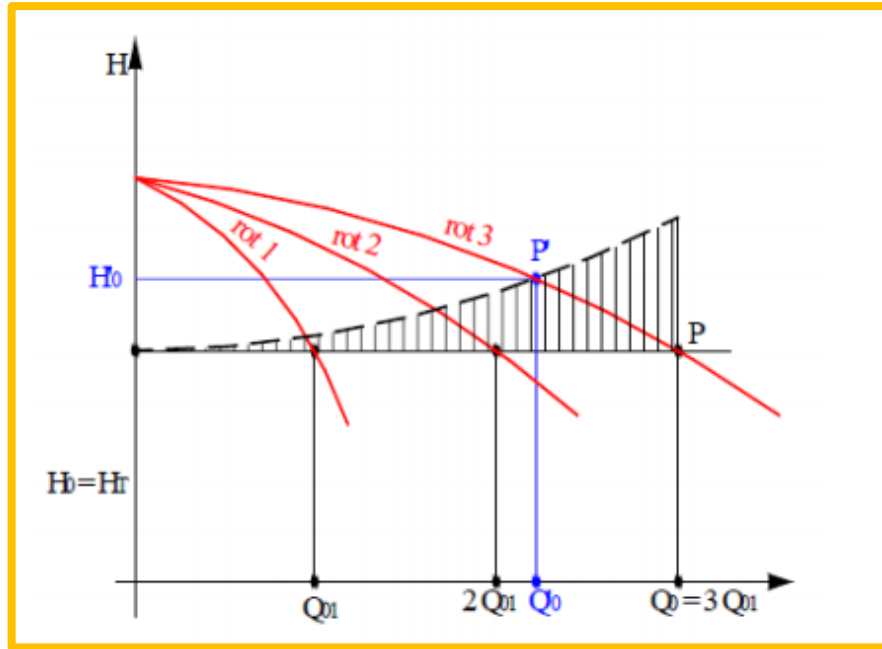
Las instalaciones de bombeo constan generalmente de varias máquinas acopladas en paralelo a un sistema general de tuberías. Esto está condicionado principalmente por la necesidad del trabajo de la instalación para cubrir el gráfico de gasto variable. Aunque normalmente se piensa que la colocación de bombas en paralelo se hace para aumentar el caudal en un sistema existente, lo más común es que las instalaciones de bombas en paralelo se dispongan para fraccionar un caudal total en caudales parciales para resolver situaciones especiales de operación. Se plantea que varias bombas están operando en paralelo, cuando sus caudales van a parar a una tubería común, sumándose para obtener una mayor descarga. Como la carga a presión en la tubería común es una sola, cada bomba ajustará su funcionamiento a dicha carga, luego el resultado de la operación de bombas en paralelo será que: Se sumarán las capacidades o caudales de las distintas bombas a cargas iguales, para así obtener el caudal total de bombeo. La potencia necesaria resultante será la suma de las potencias para las cargas iguales correspondientes a cada caudal. La eficiencia de la combinación se determina para cada carga, a través de la potencia de la combinación como suma de las potencias individuales para cargas iguales. Si las bombas colocadas en paralelo son iguales, la capacidad y la potencia necesaria para cargas iguales

se duplicarán, triplicarán, etc.; según sean dos, tres o más bombas iguales las colocadas en paralelo. La eficiencia será igual que en la bomba original para el punto de la curva de la combinación que signifique doble o triple capacidad. Como característica fundamental a resaltar en un acoplamiento de bombas en paralelo, es que el caudal total entregado por la combinación siempre es menor que el número de bombas por el caudal que suministra una sola bomba. La relación existente entre el caudal que suministra una bomba y el que suministra la combinación dependerá de las características de cada una de las bombas acopladas, del conjunto en paralelo y de la curva característica del sistema de tuberías. Utilizar varias bombas en paralelo es útil cuando se exige una gran variación de caudal. La fiabilidad del servicio es otra de las ventajas. Es frecuente encontrar tres bombas en paralelo cada una con una capacidad del 50%. Así se puede hacer trabajar una o dos bombas según el caudal requerido, y tener otra en previsión de averías y para mantenimiento. De esta forma se aumenta mucho la seguridad sin elevar demasiado los costes de instalación (Otra opción es cuatro bombas, cada una con capacidad del 33%).(4)

- Objetivos:
  - a) Obtener la curva de gasto
  - b) carga, gasto-potencia y gasto
  - c) eficiencia de un sistema de dos bombas centrífugas en paralelo.

Se disponen las bombas en paralelo cuando se requiere aumentar el caudal a elevar a una determinada altura. En este caso, las características de los rotores se suman en el sentido del eje Q tal como puede apreciarse en la Figura N°16, esquemáticamente la disposición de una instalación de tres bombas en paralelo.





**Fig. N°10, Bombas en paralelo.**

A diferencia de las bombas en paralelo, para el arreglo de las bombas en serie se desea elevar un mismo caudal a distintas alturas e impulsar un determinado caudal, venciendo grandes resistencias debidas a grandes longitudes de las conducciones. (4)

### **CAPÍTULO III**

#### **DESARROLLO DEL TRABAJO**

Entre los diferentes equipos de abastecimiento y distribución de agua en edificios e instalaciones industriales, las salas de bombas hidroneumáticas han demostrado ser una opción eficiente y versátil, con grandes ventajas frente a otras; este sistema evita construir cisternas elevados, colocando tanques parcialmente llenos con aire a presión. Lo cual produce que la red hidráulica mantenga una presión excelente. Una deficiente mantención conlleva a una mala distribución de agua potable y a su vez desperdicia la energía tanto hidráulica como eléctrica, siendo necesario contar con un equipo adecuado de mantenimiento para lograr que la utilización de estos recursos sea eficiente. Además, todos los componentes de la sala de bombas deben estar instalados correctamente y recibir un mantenimiento adecuado, para que se tenga la seguridad de que el sistema trabajará óptimamente y por largo tiempo. Para lo anterior se propuso la elaboración de un manual de usuario y criterios para obtener mejores resultados en el mantenimiento de sala de bombas hidroneumáticas. Además, incluyendo la información de cómo realizar las mejoras, de acuerdo con las normas establecidas por el fabricante.

### 3.1 Componentes presentes en la sala de bombas.

<b>SISTEMA GENERAL Y COMPONENTES DE SALA DE BOMBAS EDIFICIO PARQUE ALAMEDA.</b>	
<i>NOMBRE DEL COMPONENTE</i>	<i>ORDEN DE FUNCIONAMIENTO</i>
FILTRO ABLANDADOR DE AGUA	<b>Primer componente</b> , al ingreso del agua desde la red pública de agua potable. Ablandador de agua. Para pasar a los estanques acumuladores.
ESTANQUES DE ACUMULACION	<b>Segundo componente</b> , Dos estanques de acumulación A y B acumulando 12mil lts. De agua entre ambos estanques, con salida a manifold de distribución.
MANIFOLD DE DISTRIBUCION	<b>Tercer componente</b> , tuberías de acero con salida de agua hacia las bombas.
BOMBAS CENTRÍFUGAS EN PARALELO	<b>Cuarto componente</b> , 4 bombas centrífugas en paralelo, dirigen caudal hacia estanques hidroneumáticos.
ESTANQUES HIDRONEUMATICOS	<b>Quinto componente</b> , 3 estanques hidroneumáticos que realizan presión para cumplir con la distribución de verticalidad de ascenso según la construcción del Edificio. 16 pisos.
BOMBA SENTINA	<b>Sexto componente</b> , permite acumular y evacuar el agua que eventualmente puede tener origen producto del rebalse de los estanques de acumulación.
TABLERO DE LOGICA CABLEADA	<b>Séptimo componente</b> , conexión de los contactos de los diferentes elementos involucrados

### **3.1.1 Filtro ablandador de agua**

El filtro CILLIT®- MULTIPUR sirve para eliminar arenas y otras impurezas que las aguas de red, pozo u otras fuentes de origen siempre contienen. El filtro es adecuado para la filtración de agua para uso potable, tecnológico o de proceso. Impide que las partículas extrañas como arenas, virutas metálicas, etc. penetren en la instalación, lo que significa proteger de daños, averías y contra la corrosión la propia instalación de tuberías, válvulas, grifería y cualquier otro accesorio y equipo conectado a la instalación. Para determinar el modelo adecuado de filtro, consultar con nuestro personal técnico y comercial en cualquiera de nuestras delegaciones de zona o directamente llamando a nuestro departamento comercial. El filtro no es adecuado para filtrar sustancias que estén disueltas en el agua, como grasas, disolventes, colorantes, etc. El filtro CILLIT®- MULTIPUR va equipado de serie con un elemento filtrante de 90 micras. También puede suministrarse, bajo demanda, un elemento filtrante de 200 micras. El filtro CILLIT®- MULTIPUR es adecuado para el tratamiento de aguas potables de conformidad con las nuevas normativas europeas.

- Los filtros CILLIT®- MULTIPUR contienen elemento filtrante en acero inoxidable.
- Se utilizan para la protección de las conducciones de agua y los componentes y accesorios acoplados a la red hidráulica.
- Se utilizan tanto de aguas de consumo como en aguas de procesos industriales.

La instalación de un filtro de protección antes de los circuitos hidráulicos de agua caliente y fría a consumo, de circuitos de aguas de proceso o de uso tecnológico está también prescrita en las nuevas normativas en vigor.

Cita información obtenida desde, Manual de filtro CILLIT MULTIPUR.

### 3.1.1.1 Aplicación

Los filtros sirven para clarificar agua potable o agua de servicio industrial. Protegen las conducciones, así como todos los dispositivos o equipos conductores de agua conectados de las posibles averías y de la corrosión ocasionadas por partículas extrañas como óxidos, arenillas, estopada, virutas metálicas etc. hasta un diámetro máximo de 2 mm. Los filtros no son adecuados para la filtración de aguas de circuitos con tratamiento químico. Para usarlo en la filtración de aguas de procesos y aguas de refrigeración de circuitos cerrados es necesario consultar previamente con un técnico especialista. Si se desea usar el filtro para aguas con partículas extrañas de gran tamaño, es preciso anteponer un separador para la suciedad más gruesa. Los filtros no son adecuados para la filtración de aceites, grasas, disolventes, detergentes u otros productos lubricantes. Los productos disueltos en el agua tampoco pueden ser filtrados.



**Fig. N°11, Filtro ablandador y su conexión.**

### **3.1.1.2 Funcionamiento**

El flujo de agua circula desde la entrada del filtro hacia su interior, a través del elemento filtrante hasta la salida como agua filtrada. Las partículas de tamaño superior a 90 µm quedarán retenidas en la superficie interior de la malla filtrante. Estas partículas caen directamente a la parte inferior del elemento filtrante o se quedan adheridas a la malla, dependiendo de su peso y tamaño. El elemento filtrante puede ser limpiado a intervalos regulares mediante una limpieza por enjuague contracorriente. Esta auto limpieza se efectúa de manera manual. Funciona por el eficaz principio del enjuague en el retorno con aspiración. El proceso de filtración continúa durante la auto limpieza sin ninguna interrupción, ya que alrededor del 90% de la superficie filtrante sigue disponible para la acción filtradora. (filtración nonstop).

### **3.1.1.3 Características constructivas**

- a) Frecuencia de lavado programable mínimo cada 56 días, máximo cada hora.
- b) Sensor para lavados suplementarios como soporte al programa por tiempo.
- c) Presión mínima tras el filtro de 2,5 bar principalmente durante la fase de lavado.
- d) Sensor de control de efectividad de lavado.
- e) Repetición del lavado cuando el sensor indica tal necesidad.
- f) Repetición del lavado hasta un máximo de 9 veces.
- g) Tras el 9º lavado si persiste la suciedad se enciende señal de avería, el filtro sigue dando agua filtrada.
- h) Posibilidad de distanciar la señal de alarma o avería.
- i) Proporciona agua filtrada, sin reducción de caudal, incluso durante la fase de lavado.
- j) Posibilidad de colocación en paralelo hasta un máximo de 4 filtros con programa automático secuencial.
- k) Tensión de seguridad de la maniobra a 12 V. Alimentación eléctrica 220/50.
- l) Apertura y cierre automáticos de la válvula de desagüe.
- m) Enlace de desagüe según DIN, para desagüe libre con tubo flexible.

- n) Duración del lavado 20 segundos a 4 bar (prefijado de fábrica). Puede variarse accionando sobre el int. S-2.
- o) Presión nominal 10 bar.
- p) Presión de trabajo 10 bar.
- q) Test de resistencia presión dinámica.
- r) 2 manómetros de control incluidos.
- s) Elemento filtrante, de serie, a 100 micras.
- t) A petición puede suministrarse elementos filtrantes de 200 micras
- u) Elemento filtrante en acero inoxidable indeformable.
- v) Cuerpo en bronce de una sola pieza con bridas DIN incluidas
- w) Lavado del filtro M (manual) a través del volante.
- x) También el filtro manual proporciona agua filtrada durante el lavado.

#### **3.1.1.4 Componentes**

El suministro comprende de:

- Filtro.
- Dos manómetros.
- Volante.
- Enlace desagüe rígido.
- Enlace desagüe a manguera.

#### **3.1.1.5 Problemas que presenta el filtro ablandador**

En la actualidad este filtro ablandador se encuentra fuera de servicio, las válvulas de corte que se visualizan en la *fig. N°20* a los costados de la bomba, no están cumpliendo su función, no abren, ni cierran. El mantenimiento que sea realiza es esporádico y no periódico, por ende, la limpieza necesaria que requiere este componente no está siendo abordada correctamente.

En tema operacional la cantidad de anti-incrustante que le aplicaba en su momento, el mantenedor del edificio, no era la indicada, el sobre exceso de este químico, sumado a lo mencionado previamente provoco la avería del filtro ablandador.

### **3.1.1.6 Solución al problema presente del filtro ablandador.**

Se requiere retirar, enviar a reparación y limpieza el componente en su totalidad, para posteriormente realizar reinstalación. A la hora de montar seguir los pasos adecuadamente como indica el fabricante.

#### **3.1.1.6.1 Condiciones previas para el montaje**

Deben observarse las normas generales para instalaciones de agua, prescritas por las ordenanzas locales, así como los datos técnicos del filtro. Para la auto limpieza tiene que haber una cantidad de agua de enjuague de al menos 3,5 m<sup>3</sup> por hora, o una presión de al menos 2 bar detrás del filtro durante el lavado a contracorriente. Es conveniente disponer de una acometida a la canalización (desagüe) de al menos 50 DN. El lugar de instalación debe estar protegido contra las heladas, y debe garantizar la seguridad del filtro contra la acción del vapor de disolventes, fuel-oil, detergentes, productos químicos de cualquier tipo, contra la radiación solar directa y contra cualquier fuente de radiación calorífica de más de 40°C. Mantener las piezas de plástico exentas de aceites y grasas, disolventes y detergentes de aceites y grasas, disolventes y detergentes ácidos y básicos. Si son sometidas a fuerte presión o golpes (por ejemplo, cuando se utilizan herramientas inadecuadas o caídas a suelos de piedra etc.) es conveniente su sustitución por otras nuevas, aunque no se observen daños apreciables (peligro de reventón por agrietamiento).



### 3.1.1.6.2 Montaje

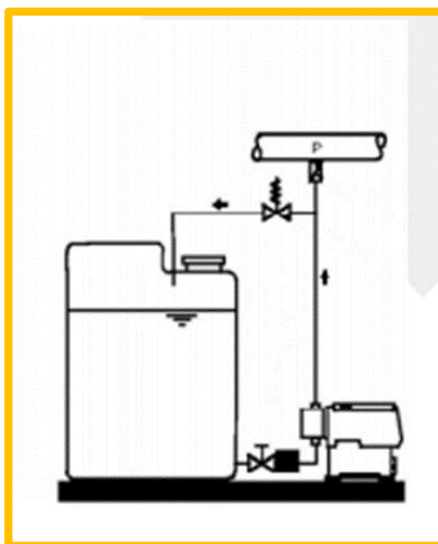
- a) Montar el filtro en conducciones de agua fría delante de los objetos que deba proteger. Deberán preverse siempre válvulas de cierre.
- b) Montar el módulo o la pieza de conexión en la tubería horizontal o vertical de agua fría.
- c) Montarla teniendo en cuenta la flecha grabada, que indica el sentido de la circulación del agua.
- d) Conexión al módulo de conexión 3/4" - 1 1/4": Conexión al módulo de conexión 3/4" - 1 1/4":
  - Girar el anillo rojo de seguridad hacia la izquierda hasta que haga tope.
  - Introducir los dientes del filtro en las cavidades del módulo con una ligera presión y girarlo 45° en el sentido de las agujas del reloj hasta que haga tope.
  - Tirar del anillo rojo de seguridad con ambas manos hacia el aparato hasta que encaje. Así el aparato queda protegido contra desajustes accidentales.
  - Para soltar el filtro, empujar el anillo de seguridad en dirección al módulo de conexión.
- e) Conexión a la pieza de conexión 1 1/2" y 2": Conexión a la pieza de conexión 1 1/2" y 2":
  - Fijar el filtro con 4 tornillos hexagonales y la junta a la pieza de conexión (4 tornillos y arandelas incluidos).
  - Verificar la correcta colocación de la junta.
  - Apretar los tornillos alternativamente y en oposición y con presión uniforme. Llevar el tubo de extracción hacia el desagüe de tal forma que el agua no se estanque.
  - El tubo de extracción deberá fijarse a una distancia de al menos 22 mm del nivel más alto posible de las aguas residuales (salida libre).
- f) Puesta en servicio:
  - Comprobar la correcta instalación del filtro y del conducto de extracción. Si no se dispone de conexión a la canalización, preparar un recipiente de unos 10 litros.

- Tirar el anillo protector hacia abajo y comprobar que la llave de paso de seguridad esté abierta (poner la ranura en vertical con un destornillador si es preciso). La llave de paso debe permanecer siempre abierta.
- Volver a colocar el anillo protector en su sitio.
- Abrir lentamente las válvulas de cierre montadas delante y detrás del filtro. Purgar el tubo por el primer grifo posterior al filtro.
- Comprobar la estanqueidad de la instalación y del filtro. El filtro quedará en disposición de servicio.
- Debe efectuarse una limpieza contracorriente si la presión del agua baja como consecuencia de un creciente ensuciamiento del elemento filtrante. En todo caso, debe efectuarse como mínimo cada 2 meses. Para recordar la fecha de la próxima limpieza se puede usar el anillo calendario.
- Recomendamos efectuar una auto limpieza una vez al mes, para evitar la adhesión de partículas extrañas en la malla filtrante (si el agua entra muy sucia, debe procederse a la limpieza con más frecuencia).
- Si no se dispone de conexión a la canalización, preparar un recipiente de unos 10 litros.
- Extraer e invertir el botón de manivela.
- Para abrir, girar el volante giratorio en contra del sentido de las agujas del reloj 3-4 vueltas.
- Volver a cerrar inmediatamente hasta que haga tope.

Este proceso se puede repetir en caso de mayor suciedad. La limpieza de las piezas de plástico debe realizarse sólo con un paño húmedo suave; No utilizar disolventes, detergentes o productos ácidos.

### 3.1.1.6.3 Mantenimiento

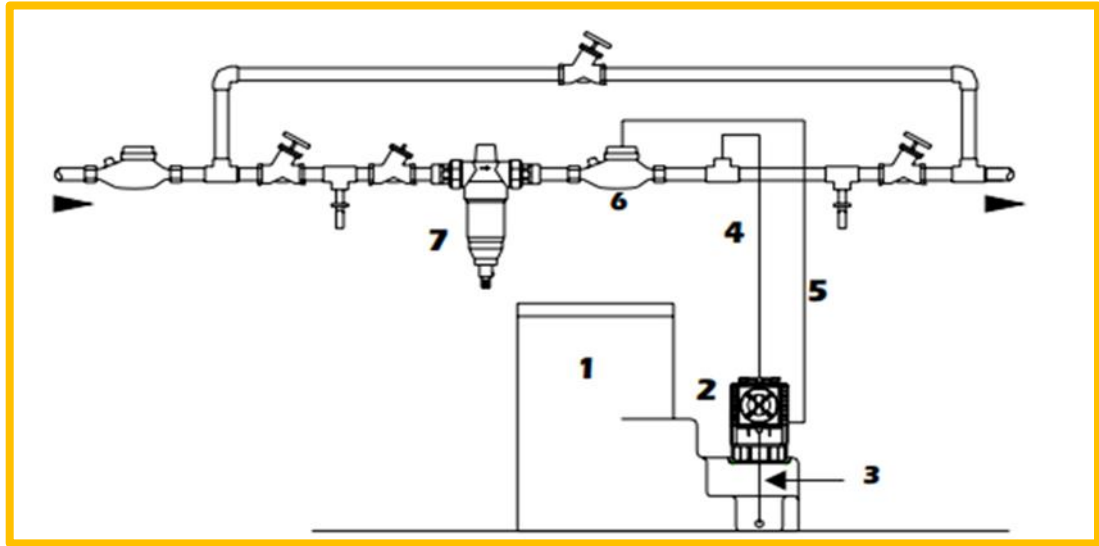
Cualquier aparato o instalación técnica necesita de un mantenimiento regular. Según la norma DIN 1988, deberá realizarse siempre por personal especializado, lo que incluye la posible sustitución de las piezas desgastadas por el uso. El mantenimiento debe realizarse como mínimo una vez al año. Si se trata de instalaciones comunitarias, deberá ser de dos veces por año. Lo puede realizar el instalador o el Servicio Post-Venta.



**Fig. N°12, Filtro ablandador.**

### 3.1.1.6.4 Correcta instalación del manifold filtro ablandador

A continuación, se muestra el diagrama correcto, que debería tener el equipo con todos sus componentes involucrados.



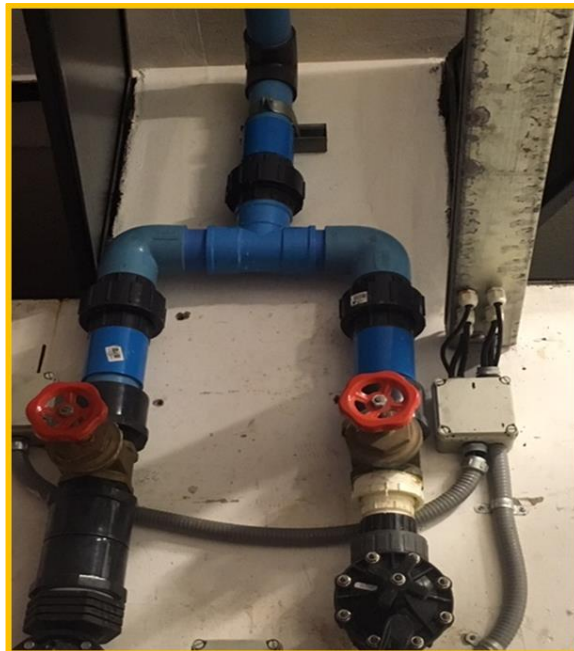
**Fig. N° 13, Diagrama filtro ablandador y componentes**

Detalle de los componentes según numerología de la figura:

1. Tanque estándar
2. Bomba dosificadora
3. Tubería de succión
4. Tubería de ingreso
5. Conexión eléctrica al medidor
6. Medidor
7. Pre-filtro.

### 3.2 Estanques acumuladores

Dos estanques de acumulación construidos desde la edificación misma, donde se encuentra ubicada la sala de bombas, uno al lado de otro, estanque A y estanque B. Disponer de estanques acumuladores de agua permite que las bombas operen siempre en el punto de mayor eficiencia. Estas estructuras permiten acumular el agua, comunicadas entre sí, por medio de tuberías ubicadas en la parte superior y unidas por una T de PVC de 75 mm de espesor, para que posteriormente derive a cada tubería también de PVC de entrada. Cada estanque se encuentra controlado por una válvula de compuerta y electroválvula de 24 VAC de 3", conectados en un punto desde donde las bombas centrífugas captan el agua necesaria para el abastecer el edificio. Desde las tuberías grises que se logran visualizar en la *Fig. N°23*, llega el agua potable, desde la red pública, para pasar a ser parte de agua potable de consumo residencial hacia la cañería azul, hasta llegar a estos estanques acumuladores A y B.



**Fig. N°14, Manifold de distribución.**



**Fig. N°15, Estanques Acumuladores A (derecha) y B (izquierda).**

### **3.2.1 Problema presente**

El manifold de distribución actual de los estanques acumuladores presenta problemas de goteo frecuente, derivado de un movimiento telúrico con una intensidad considerable sumado a la rigidez del circuito, a consecuencia de esto se averió la bomba centrífuga N°1. Este problema es complejo de solucionar, debido a que la estructura por su diseño y conexión inmediata con las válvulas de la compuerta, no permite retirar fácilmente los acoples y reemplazar en la misma ubicación.

### **3.2.2 Solución**

Se reemplazará la conexión de tubería tipo “T”. Esta nueva unión “T”, tendrá un diseño modificado, para facilitar el reemplazo futuro de esta misma estructura. El nuevo diseño considerará darle holgura ascendente a la línea de unos 40 cms. aproximadamente, desde las válvulas manuales de ingreso de agua potable, para luego ubicar la instalación de la nueva unión “T”, que tiene como propósito dirigir el flujo hacia los estanques acumuladores.

### 3.3 Manifold alimentación bombas

Desde los estanques acumuladores pasa el agua que va desde la parte inferior con una salida en cada estanque uniéndose hacia un manifold de distribución, dirigiendo el flujo a los alimentadores de las bombas, construidas con una base de cobre que distribuye a los alimentadores de ingreso del agua con uniones americanas y tuberías de salida de 2" hacia una tubería general que sostiene estas tuberías de salida.



**Fig. N°16, Bombas centrífugas.**

### **3.3.1 Problema presente**

La estructura del manifold de distribución de las bombas, carece de pilares de soporte que brinden un descanso a las tuberías, además, las líneas de agua en general se encuentran con desgaste por motivos de corrosión y abrasión, debido a la alta cantidad de partículas y materiales de índole mineral presentes en el agua de la ciudad. En consecuencia de lo mencionado anteriormente, se genera una tensión constante en las tuberías del manifold, por lo que ha sido necesario que, como solución inmediata al problema en su momento, se le aplicara soldadura en diferentes puntos, no obteniendo resultados, ya que, esta falla es persistente y repetitiva en el tiempo.

### **3.3.2 Solución**

Como solución raíz al problema, se llevará a cabo la fabricación y montaje de estructura de soporte para el manifold de distribución. En conjunto se optimizará el manifold, realizando cambio de tuberías, a unas de 4" material acero inoxidable y reemplazaran todas las tuberías que se encuentren en mal estado o deterioradas.

También se considerará el cambio de válvulas, codos y flanges, con medidas de 2" y 4", todas por material de acero inoxidable, lo que nos aportará a tener una menor corrosión y abrasión, por la características físicas y técnicas que posee este material.

Los nuevos flanges, tendrán la particularidad de ser brida/brida, es decir, se podrán retirar, para permitir futuros mantenimientos y limpieza, en la alimentación y descarga de las bombas.



### 3.4 Bombas centrífugas en paralelo

El sistema está compuesto por 4 bombas centrífugas marca Reggio, modelo SB3 1250T, con una potencia nominal de 12,5 HP, su tensión de trabajo es 380 V, con un consumo de 18,5 amp, estas bombas cuentan con la capacidad de entregar un caudal de 500 lts/min -25 lts/min, con una presión de altura H 58 mts – 93,4 mts. Estas bombas constan de dos impulsores centrífugos contrapuestos que logran elevadas presiones de descarga. Se utilizan para la presurización de redes de agua potable, posee protector térmico incorporado en motores monofásicos. Sus límites de empleo: temperatura del agua 90°C, temperatura ambiente 40°C, altura de succión 7m. Motor con aislación clase F y protección IP55.

El sistema de bombeo (partir/parar) está controlada por tres switch de presión con rangos de 90 – 130 PSI (90 PSI enciende sistema de bombeo y 130 PSI detiene), las cuatro bombas están comunicadas en paralelo junto a tres estanques hidroneumáticos horizontales de 800 litros PGIC

Estas bombas son las encargadas de impulsar el flujo hacia los estanques hidroneumáticos.



**Fig. N°17, Bombas centrífugas.**

### **3.4.1 Problema presente**

Actualmente se encuentran funcionando 3 bombas, la cuarta bomba esta no está físicamente operativa, debido a los problemas de cortocircuito presentados en la bomba N°1 por consecuencia de un goteo constante, se cambió de posición la bomba N°4, para suplir el puesto y necesidad de la bomba que falló.

El informe detallado que presenta la bomba en falla que es la N°1, es el siguiente; estator abierto, rotor averiado, lo último y más importante, bobinas en cortocircuito(quemadas).

### **3.4.2 Solución**

La solución más viable para solucionar el tema de la bomba N°1 y volver la bomba N°4 a su posición real, es realizar la compra de una nueva bomba de las mismas características. Considerar al momento de la instalación, aplicar un cambio en la partida de las bombas, que es el siguiente; configurar el sistema de lógica, de tal manera que entren en funcionamiento las dos primeras bombas, quedando las bombas N°3 y N°4 en stand by, en caso de necesitar más impulsión de caudal entra en funcionamiento la bomba N°3 o N°4, alternando su uso para evitar el desgaste acelerado de los componentes de las bombas.

También se sugiere ampliar el rango de presión de inicio y de detención para que exista una holgura y la partida de la bomba 1 se mantenga en un nivel de menor tensión, ya que, en este momento, la partida es muy fuerte en su encendido cuando el consumo es requerido, provocando así, un gasto de energía eléctrica considerable.

### **3.4.2.1 Solución orientada a Eficiencia energética**

Se estima conveniente reemplazar las válvulas instaladas actualmente, su estado es en evidente deterioro, con corrosión y óxido presente, no cumpliendo su función de diseño. La instalación de válvulas check o válvulas de retención, cumplirá una función sumamente importante, la razón de esto; contribuir a la eficiencia energética y durabilidad de los componentes, evitando mantenimientos consecutivos en periodos cortos, lo que reflejaría una disminución de costos, por ambas razones.

De partida y en principio físico, este cambio evitará el golpe de ariete y la bomba no tendrá la necesidad de volver a cargar la presión desde el inicio, ya que la válvula de retención o válvula check cumple la función de mantener la presión del caudal en una altura estimada, o sea una presión de caudal constante en la línea de flujo, creando así una curva continua de presión. Al evitar el golpe de ariete y mantener una curva continua de presión se desestimará el hecho que la bomba siempre esté generando una fuerza mayor encendiéndose cada vez que se requiera generar presión, por ende, la energía que se requiere para esta partida bajará considerablemente. Además de este ahorro de energía que este cambio producirá, es que traerá consigo una consecuencia de efectos positivos; primero, al no tener que generar tanta fuerza a los seguidos inicios de encendidos para la presión, los nuevos acoples de línea perderán tensión y posibilidades de fisurarse, quebrarse y/o romperse. Se ahorrará energía también ya que, al mantener una curva de presión constante, se podrá programar el tiempo de las bombas optimizando su funcionamiento, evitando así el desgaste y sobrecarga de trabajo de las bombas. Y en desenlace; la información de presión de agua hacia los estanques hidroneumáticos, ya no será de golpe, evitando que estos se debiliten y rompan los hidropack, blades, en tiempos tan cortos que es como ocurre en la actualidad, lo que genera gasto de energía, porque al romperse los hidropack se pierde compresión y generando pérdida de presión, además de costos elevados de reparación y cambios.

### 3.5 Estanques hidroneumáticos

Este sistema posee tres estanques hidroneumáticos marca Vao, con una capacidad de 800 lts. cada uno, la presión nominal es de 100 bar, instalados en posición horizontal.

Para que el sistema hidroneumático funcione es necesario utilizar agua y aire a presión, ya que son sistemas basados en el principio de compresibilidad. El proceso de funcionamiento se produce de la siguiente manera.

[Cuando la bomba se pone en marcha el estanque hidroneumático comienza a realizar su función. De este modo el aumento del nivel de agua del estanque hace que el aire se comprima en el interior del recipiente.

Cuando la presión del estanque alcanza un límite que está establecido en el interruptor de presión, la bomba deja de funcionar hasta que el estanque esté completamente lleno. En el proceso contrario, cuando el agua se va utilizando, el nivel dentro del estanque hidroneumático va descendiendo de igual forma. También disminuye por tanto la presión del presostato o interruptor de presión, esto hará que se cierre un circuito.

Cuando el nivel del agua descienda hasta que el estanque esté vacío de nuevo, la presión aumentará, de tal forma que se vuelve a cargar el estanque con agua, de la misma forma que al comienzo de su funcionamiento.



**Fig. N°18, Estanques hidroneumáticos.**

### 3.5.1 Descripción de funcionamiento del sistema estanque hidroneumáticos

Los estanques hidroneumáticos presurizados están conformados en el interior por un blade de goma de tamaño proporcional al estanque. Entre las paredes interiores del estanque y las exteriores del blade, se inyecta aire a una presión determinada y el interior del blade se llena de agua. Con este sistema, se obtiene un rango de presión constante sobre el agua del estanque ya que, cuando el contenido del estanque va disminuyendo automáticamente, mediante un presostato, activa el sistema de bombeo y al agua faltante es inyectada al interior del blade. El principio de funcionamiento de este sistema se basa en trabajar en un rango de presión, teniendo una presión de partida ( $P_a$ ) y una presión de corte de las bombas ( $P_b$ ). La presión  $P_a$ , es la mínima presión que debe tener el sistema para que el artefacto más desfavorable cuente con al menos 7 m.c.a de presión. Cuando la presión baja del nivel de  $P_a$ , un presóstato hace partir la primera bomba de manera de llevar agua hasta el último artefacto con la presión indicada anteriormente. Cuando las bombas no están en funcionamiento, el estanque hidroneumático presurizado es el encargado de mantener con presión el sistema, cuando el agua que hay dentro del estanque se empieza a acabar, le presión pasará por debajo del nivel  $P_a$  y hará partir las bombas de manera de presurizar la red y llenar el estanque hidroneumático nuevamente. Como se puede observar, la presión esta permanente variando entre el nivel  $P_a$  y  $P_b$ , debido a esto las bombas se encuentran partiendo y parando de manera constante.

Los estanques hidroneumáticos italianos PGIC, están hechos de un acero muy resistente y por membranas de EPDM de gran calidad. La producción estándar está diseñada para presión máxima de trabajo 10 bar, disponiendo también de versiones para mayor presión (máximo 16 bar).

El **caucho de etileno propínelo dieno** o **EPDM** (Etileno Propínelo Dieno tipo M ASTM) es un termopolímero elastómero que tiene buena resistencia a la abrasión y al desgaste. La composición de este material contiene entre un 45% y un 75% de etileno, siendo en general más resistente cuanto mayor sea este porcentaje. Tiene buenas propiedades como aislamiento eléctrico, una resistencia muy buena a los agentes atmosféricos, ácidos y álcalis, y a los productos químicos en general, siendo susceptible a

ataque por aceites y petróleos. La temperatura de trabajo oscila entre los -40 y los 140 °C. Se obtiene como un tercer monómero, y resulta especialmente útil para el sellado de líquidos hidráulicos de éster fosfatado, y en sistemas de frenado que utilicen líquidos con base de glicol. También se utiliza en el sellado de juntas en los automóviles, y como lámina impermeabilizante de cubiertas en la edificación.

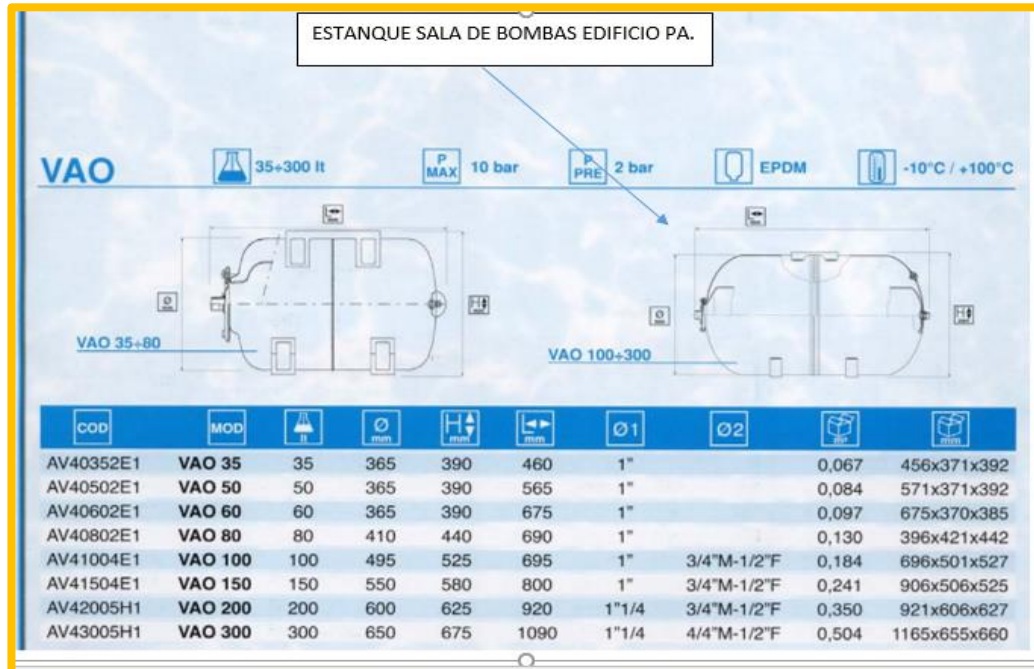


Fig. N°19, Estanque sala de bombas.

### 3.5.2 Presostatos

La presión que controlan los presostatos llega a través de una línea de cañerías de acero inox. De 4" desde las bombas a los estanques.

El presostato también es conocido como interruptor de presión. Es un aparato que cierra o abre un circuito eléctrico dependiendo de la lectura de presión de un fluido.

Características:

- Voltaje: 220V
- Rango de presión: 5,6 a 10 bar



**Fig. N°20, Presostatos.**

### **3.5.3 Problema presente**

Estanque inferior y central, presentan filtraciones, esto se detectó al realizar una prueba de aire en ambos estanques, al momento del desarrollo de la prueba se pudo verificar que filtraban agua. Lo mencionado anteriormente se ocasiona porque los blades (membranas) interiores de cada estanque están fracturados, esto genera pérdida de presión por presencia de agua al interior de los estanques, lo que conlleva a que el material se corroe paulatinamente abarcando cada vez más tramo, y al momento de repartir el flujo de agua hacia los departamentos, esta se encuentra contaminada con partículas de óxido.

Además, el estanque central, en su flange ciego, hay una rotura de aproximadamente 5 mm generada igualmente por la abrasión y corrosión, por lo cual de no ser reparada en corto plazo aumentará su diámetro de forma rápida.

### **3.5.4 Solución**

Se cambiarán los blades 600-750-800 aquasystem PGIC, en conjunto se programará una limpieza frecuente de los estanques, que consistirá en aspirar, con posterior llenado de aire. Se reemplazarán y dejarán los flanges ciegos de los estanques en posición horizontal, que corresponderán al modelo aquasystem 200-500 conex 2p.



### 3.6 Bomba sentina

Bomba sentina marca Compatta, modelo 3M, su potencia es de 1,0 HP, la tensión de trabajo es de 220 V con un consumo de 5,1 amp.

La sentina, es un sistema de cámara ubicada en el piso al exterior del estanque, dentro de la Sala de Bombas, que permite acumular y evacuar el agua que eventualmente puede tener origen producto del rebalse de estos y, así evitar, una potencial inundación. Si eso acontece y no es detectado, la inundación puede no solo dañar la Sala de Bombas y sus equipos, sino cualquier otro bien que se encuentre en el mismo nivel o inferior al que se ubican los estanques. La sentina, tiene un sistema de alarma asociado que se activará en caso de un rebalse del agua del o los estanques. Esta bomba de sentina es moderna y su sistema es eléctrico, dispone de un interruptor que ante una eventualidad se acciona mediante un flotador, dejando en servicio la bomba tan pronto como el nivel del agua en la sentina llega al umbral de activación.



**Fig. N°21, Bombas sentinas.**

### **3.6.1 Problema presente**

Recientemente hubo una falla en uno de los estanques acumuladores, su sensor de nivel no funcionó correctamente por encontrarse dañado, lo que provoco inundación en la sala de bombas. Al inspeccionar porque no entro en funcionamiento la bomba sentina, se detecta que la bomba esta desactivada, es decir, desde tablero de lógica cableada el relé esta desconectado y fuera de servicio, esto fue debido a que un mantenedor con poca experiencia y conocimiento en el tema, en un trabajo de mantención, la dejo deshabilitada.

### **3.6.2 Solución**

Se recomienda contactar a personal calificado y con experiencia en el tema, para que inspeccionen la causa raíz de la falla del estanque acumulador, reemplacen el sensor de nivel que falló y verifiquen el sistema lógico cableado. Igualmente se sugiere consultar al mismo personal si es viable instalar un PLC que sustituya a la lógica cableada, para que haya un mayor control sobre las interacciones de los equipos.

Respecto a la bomba sentina, se pondrá en servicio y verificará su conexión desde tablero, para asegurar el correcto funcionamiento y así evitar eventos del tipo mencionado, que dañen componentes y equipos.

### **3.7 Lógica cableada**

Es lo que se encuentra instalado ahora en la sala de bombas del Edificio Parque Alameda, que se trata de; forma de realizar controles, en la que el tratamiento de datos (botonería, fines de carrera, sensores, presostatos, etc.), se efectúa en conjunto con contactores o relés auxiliares, frecuentemente asociados a temporizadores y contadores. A través de la conexión de los contactos de los diferentes elementos involucrados, se ejecutan secuencias de activación, desactivación y temporizaciones de los diferentes elementos que permiten realizar el manejo de la maquinaria (contactores, válvulas, pistones, calefactores, motores, etc.). El uso de relés auxiliares hace posible incrementar la cantidad de contactos disponibles para realizar la lógica, lo cual habitualmente es necesario, además de servir de interfaz al manejar diferentes niveles de voltaje (24 a 220 Vac y viceversa, por ejemplo). Las temporizaciones también son recurrentes, por lo cual uno o más temporizadores son comúnmente encontrados en estos sistemas.

#### **3.7.1 Problema presente**

Actualmente la conexión de lógica cableada es inestable, para realizar modificaciones o ampliaciones es muy complejo, cuando los terminales se sueltan o falla alguna conexión es exhaustivo buscar a lo largo de todo el diagrama el punto preciso de donde se origina el problema. Por otra parte, para realizar los diagnósticos, es de alta complejidad con este método, igualmente posee poca flexibilidad, debido a que sus modelos se enfocan solamente a un proceso.

### **3.7.2 Solución a inmediata**

Lo que se realizará como medida de control es mejorar la respuesta y tomar acción de forma inmediata ante una emergencia, inundación o problema mayor en sala de bombas. Esto consiste en la instalación de una central de alarma WIFI – GPRS – GSM con sus respectivos sensores de nivel en estanques acumuladores A y B, sensor nivel en canaleta de rebalse, sensor de nivel pozo bomba sentina, sensor de nivel en estanque de anti-incrustante, para mejorar la respuesta cuando llegue a bajo nivel y así el sistema este operativo y la bomba no funcione en vacío, sensores de temperatura en sala de bombas, sensores de humo, entre otros.

Toda alarma generada en sala de bombas, llegara a la central WIFI – GPRS – GSM y emitirá una alarma sonora y en paralelo a través de un chip de celular avisara remotamente al mantenedor, el cual dará aviso inmediato a la administración para acudir en el transcurso que el mantenedor está en camino, evitando problemas de mayor envergadura ante una emergencia.

### **3.7.3 Solución a mediano plazo**

Instalar un controlador lógico programable, más conocido por sus siglas en inglés PLC (Programmable Logic Controller), se trata de una computadora, utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar procesos electromecánicos, tales como el control de la maquinaria de la fábrica en líneas de montaje o atracciones mecánicas. Sin embargo, la definición más precisa de estos dispositivos es la dada por la NEMA (Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos) que dice que un PLC es: “Instrumento electrónico, que utiliza memoria programable para guardar instrucciones sobre la implementación de determinadas funciones, como operaciones lógicas, secuencias de acciones, especificaciones temporales, contadores y cálculos para el control mediante módulos de E/S analógicos o digitales sobre diferentes tipos de máquinas y de procesos”.

### **3.7.3.1 Beneficios y mejorar que aportaría el PLC:**

1. hacer comprender a los mantenedores y administración del edificio qué es un PLC y observar cuáles son sus ventajas sobre otros dispositivos similares
2. conocer la estructura general de estos dispositivos, componentes principales y sus funciones
3. observar cuales son los tipos de PLCs que existen, en especial, el que utiliza la arquitectura “maestro-esclavo”.
4. definir cuáles son los tipos de señales más utilizados en este tipo de dispositivos.
5. saber cómo es el principio de funcionamiento de un PLC que se instalará en la sala de bombas del edificio.

El fin de este cambio solicitado por la administración del Edificio Parque Alameda, es lograr que los componentes mantengan una operación más avanzada y con una comunicación más directa en sus operaciones, por ejemplo, la sentina reaccione a su función de manera inmediata cuando fallen algunos de los sensores de los estanques acumuladores, como pasó en alguna oportunidad hace unos meses atrás. El sensor de nivel de llenado del estanque acumulador B se desactivó y la sentina estaba apagada, un mantenedor de visita realizó este cambio, nunca supimos bien porque lo hizo, y la sentina no reaccionó ante este hecho, lo que provocó una inundación considerable y de emergencia, a lo cual la respuesta del mantenedor actual fue cambio, que en este momento acudió por primera vez a la sala de bombas del edificio, fue la del cambio total de esta lógica cableada a un PLC ya que la que se encuentra está quedando obsoleta y no cumple los requerimientos necesarios para un buen funcionamiento y repercuten en desenlaces como este.

### 3.8 Diagrama de Pareto para Análisis de Fallas

En la siguiente tabla y gráfico se observan algunas de las fallas más recurrentes en la sala de bombas del edificio. Los siguientes datos son recaudados en un periodo de 4 meses mientras se lleva a cabo este proyecto.

MOTIVO DE FALLA	FRECUENCIA	% FRECUENCIA	% FREC. ACUM.
Rotura de rodamientos bbas.	7	29%	29%
Lubricación bbas.	5	21%	50%
Soportes y estructuras corroídas.	4	17%	67%
Error en instalación de filtro ablandador.	3	13%	79%
Cortocircuito bbas. (por inundación)	2	8%	88%
Sensor de nivel descalibrado.	2	8%	96%
Error de conexión cableado.	1	4%	100%
	24	100%	

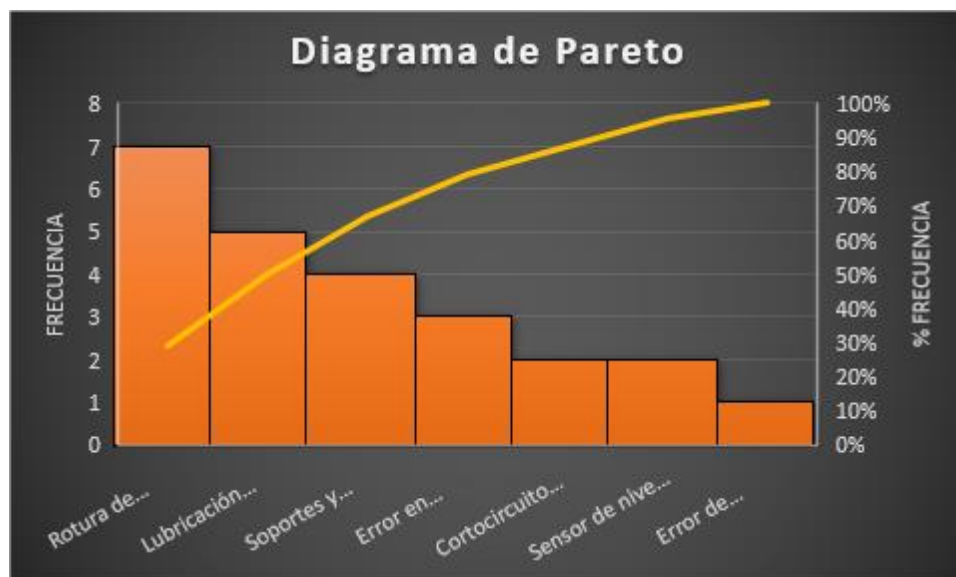


Fig. N°22, Grafico análisis de falla con Pareto.

### 3.9 Comparación económica propuesta de mejoras v/s planta de osmosis inversa

#### 3.9.1 Análisis económico para realizar reparaciones en sala de bombas:

MATERIALES			
NOMBRE	CANT.	VALOR	TOTAL
Válvula tipo compuerta de 2"	3	\$80.000	\$240.000
Válvula de presión 3/4"	1	\$76.900	\$76.900
Interruptor 40 amp. Termomagnético trifásico legrand	1	\$50.000	\$50.000
Válvula compuerta 3"	1	\$50.000	\$50.000
Switch de nivel, interruptor nivel 3 mts.	1	\$20.000	\$20.000
		<b>TOTAL</b>	\$436.900
MANO DE OBRA			
NOMBRE	CANT.	VALOR	TOTAL
Mantenimiento bomba dosificadora de ablandador	1	\$120.000	\$120.000
Mejora en cableado y control de dosificación	1	\$50.000	\$50.000
Cambio de válvula compuerta 2"	2	\$100.000	\$200.000
Cambio de válvula de presión 3/4"	1	\$150.000	\$150.000
Visita técnica; falla eléctrica bba 1, revisión nivel estanque b y bba sentina	1	\$50.000	\$50.000
Cambio de interruptor trifasico en bomba 4	1	\$30.000	\$30.000
Cambio sensor de nivel mantt. válvula de compuerta, diafragma y regularización alarmas de nivel alto, reubicación de bba 4 y habilitación de bba 1, pruebas de funcionamiento y puesta en servicio de sistema de bombeo	1	\$300.000	\$300.000
		<b>TOTAL</b>	\$900.000

### 3.9.2 Análisis económico para la implementación sistema de osmosis inversa:

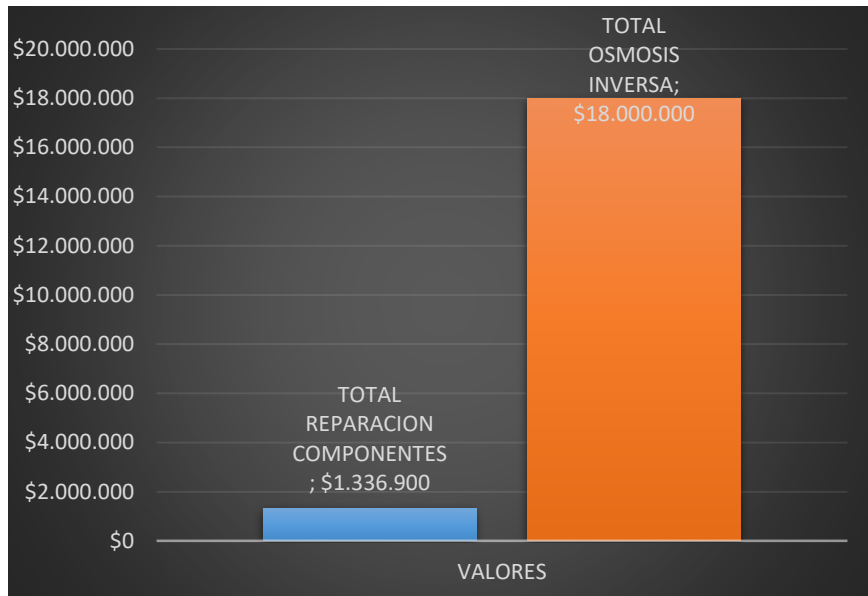
COMPONENTE			
NOMBRE DEL COMPONENTE	CANT.	VALOR	TOTAL
Ro-r0: 1 membrana 2,5x21: producción 32 l/h a 15°. Incluye, 3 pre filtros, polipropileno 20x2,5 en 1 y 5 micras. Filtro de carbón 20x2,5. Tipo de voltaje monofásica.	1	\$15.000.000	\$15.000.000

INSTALACIÓN			
NOMBRE	CANT.	VALOR	TOTAL
Instalación en edificio y comprobación de correcto funcionamiento. (puesta en marcha)	1	\$3.000.000	\$3.000.000

### 3.9.3 Comparación de valores totales de ambos análisis económicos.

ITEMS	VALORES
TOTAL REPARACION COMPONENTES	\$1.336.900
TOTAL OSMOSIS INVERSA	\$18.000.000





**Fig. N°23, Grafico comparación económica reparación v/s osmosis.**

## CAPÍTULO IV

### MANUAL DE USO Y PLAN DE MANTENIMIENTO BÁSICO

En el desarrollo de la investigación y debido a los altos contenidos de minerales, sulfato de calcio y otras sustancias en el agua potable que expende la empresa abastecedora en esta ciudad y de acuerdo a lo expuesto en el punto (filtro ablandador de agua), hacía necesaria la instalación de un filtro con sistema de **osmosis inversa**, el cual pretendía generar dos razones esenciales; primero, un caudal adecuado el cual contribuiría a una mejora en la distribución con las presiones necesarias y adecuadas en cada uno de los pisos y departamentos del edificio. Segundo; el agua que va ingresar al edificio tuviese una calidad tal que, no se viera la obligación comprar bidones de agua para el consumo humano, por otra parte, de acuerdo a lo empíricamente comprobado el vital líquido usado actualmente, ha provocado corrosión en todos los elementos que se utilizan, tanto electrodomésticos, como equipos industriales para la distribución interna del edificio, provocando roturas, abrasiones, obstrucciones, bajas de presión, incluso problemas de salud en las personas, tales como; cálculos renales y cálculos biliares.

**Esta propuesta se torna invalida debido al alto costo del filtro de osmosis inversa y también por lo que se detalla en el párrafo siguiente. Por lo mencionado anteriormente, se aspiró por la optimización, mejora, aplicación de un mantenimiento de tipo correctivo a los equipos y componentes ya instalados, en conjunto con la creación de un manual de usuario que se encontrará detallado más adelante en este capítulo.**

Conforme a la investigación desarrollada en el tema, se reúne información de la empresa abastecedora de agua, NUEVA ATACAMA S.A, dentro de lo más importante; el ingeniero proyectista señala que, durante el año 2021, distribuirá agua tratada por el sistema de osmosis inversa conforme a las normas exigidas por la Superintendencia de Servicios Sanitarios. También se encuentran trabajando en el proyecto de la desalinizadora para abastecer a varias comunas de la Región de Atacama. Lo que refuta la inversión en el filtro de osmosis inversa, no es viable con proyección a corto ni largo plazo.

Para darle fuerza a las propuestas de soluciones, diseñaremos un manual de usuario que se basará en las fallas halladas y un Check List de inspección de equipos y componentes, los que abarcarán todo el circuito hidráulico, desde el ingreso del agua potable que suministra la red de la empresa prestadora de servicios sanitarios de la ciudad, hasta los puntos de distribución de paso de agua potable de cada piso dentro del edificio, los cuales presentaremos más adelante detalladamente en el desarrollo.

Esto facilitara a las personas y/o trabajadores/ras encargadas de la sala de bomba realizar la actividad de mantenimiento preventivo de manera eficiente, detectando prematuramente posibles fallas o desviaciones. El principal motivo a realizar toda esta mejora es optimizar la presión de agua para esta distribución.

#### **4.1 Propuesta recomendada en base al análisis de problemáticas y tipo de mantenimiento a aplicar.**

El motivo principal de realizar estas propuestas, es dar continuidad operacional a los equipos y alargar la vida útil de los mismos. Luego de que se lleve a cabo el mantenimiento correctivo sugerido, se comprobará que este problema nació por un mal o nulo mantenimiento y la falta de información a la hora de realizar acciones de tipo operacional. Con las herramientas, sugerencias y soluciones que se entregará, siendo consecuentes que se realizará periódicamente un mantenimiento de tipo preventivo, en este caso aplica la inspección o Check List de equipos y componentes, se dará énfasis en que la sala de bombas tendrá un mejor desempeño operacional, aumentando la disponibilidad del conjunto de equipo, entregando un servicio de calidad.

#### **4.1.1 Manual de operación y mantenimiento sala de bombas Edificio Parque Alameda, Copiapó.**

Por la presente, ambas alumnas de la carrera de Ingeniería en Ejecución en Mantenimiento Industrial, con apoyo del equipo técnico profesional de mantenimiento de la sala de bombas, realiza el siguiente **Manual de Operaciones de los Equipos de elevación de Agua Potable y Alimentación**, suministrado e instalado en obra en el Edificio Parque Alameda, dada su recepción el año 2015, ubicado en la ciudad Copiapó, con los siguientes componentes:

- Bombas
- Estanques hidroneumáticos
- Filtro ablandador
- Fitting, tuberías y válvulas
- Estanques acumuladores
- Tablero de cableado eléctrico

##### **4.1.1.1 Condiciones generales**

Para que este manual de usuario sea efectivo, es necesario que a los equipos indicados se les realice un servicio de mantenimiento preventivo cada 2 meses, como mínimo, por el personal autorizado desde la administración del Edificio Parque Alameda. La NO realización de este mantenimiento deja FUERA de garantía un correcto y fluido servicio de distribución de agua desde la sala de bombas.

La intervención de personal NO autorizado deja INHABILITADO el presente manual.

El sistema de elevación de agua del Edificio Parque Alameda abastece, con una alta eficiencia de consumo de energía, las necesidades de agua consumos variables a la presión requerida por la demanda de los residentes.

#### **4.1.1.2 El sistema se compone de los siguientes elementos:**

1. Manifold de filtro ablandador.
2. Estanques de acumulación A y B.
3. Manifold de distribución.
4. Bombas centrífugas en paralelo.
5. Estanques hidroneumáticos.
6. Bomba sentina.
7. Tablero de lógica cableada.

#### **4.1.1.3 Herramientas a utilizar para el mantenimiento**

- Tester para medir voltajes
- Amperino para medir corrientes, entre fases, voltajes.
- Medidor de presión
- Herramientas básicas, como alicates, desatornilladores, taladros, juegos de llaves Alen y punta corona.
- EPP de seguridad, zapatos dieléctricos, guantes dieléctricos, casco de seguridad dieléctrico y chaqueta geóloga.
- Ítem de repuestos más solicitados en fallas repetitivas.

#### **4.1.2 Filtro ablandador**

El equipo consta de un tanque que contiene la mezcla, agua anti-incrustante, es gobernado por un flujómetro ablandador con pulsaciones programadas, envía 180 pulsos de mezcla anti-incrustante x cada 1 mt<sup>3</sup>, siendo esta una pulsación cada 2 segundos, la relación de tiempo de esta señal para esa medida, no tiene parámetro preestablecido ya que cambia según el consumo de agua requerido por la comunidad del Edificio. La línea de continuidad es dirigida posteriormente a los estanques acumuladores. El sistema cuenta con un controlador eléctrico en pantalla.

#### **4.1.2.1 Mantenimiento**

**Mantenimiento preventivo de tipo visual**, con apoyo del personal del edificio se realiza cada una semana y consta del siguiente procedimiento:

Revisar e inspeccionar, visualmente, los acoples, cañerías y válvulas del manifold de esta línea de distribución y accionamiento de filtración. Se revisa la pantalla del controlador eléctrico, que se encuentre totalmente seca y no húmeda y que a su vez se encuentre firme, ya que las pulsaciones a veces pegan fuerte y pueden soltarla y/o dañarla. Se revisa el nivel de agua suficiente y sin sedimentos, para que el centro distribuidor no succione barro o alguna partícula indebida ya que puede dañar el mecanismo, aspas o lo que sea parte de este.

La relación de agua – anti-incrustante en el tanque es de 100 litros De agua x 550 gramos de anti-incrustante.

**Mantenimiento preventivo programado**, con intervención de personal técnico calificado se realiza cada dos semanas y consta del siguiente procedimiento:

Realizar limpieza de todas las partes necesarias del manifold del filtro ablandador y del tanque, acoples, mangueras, válvulas. Aplicar la ración de anti-incrustante necesaria según la relación indicada, 100 litros de agua, 550 gramos de anti-incrustante. Realizar pruebas en controlador eléctrico, limpiarlo, secarlo y ajustarlo si es necesario. Limpieza en la versión manual; el lavado del filtro se produce girando el volante superior. La válvula de desagüe se abre y cierra automáticamente accionándolo.

#### **Mantenimiento correctivo:**

En el caso de existir falla, se repara a la brevedad posible dependiendo de la gravedad del circuito y del sistema. Si es falla de acople, se cambian acoples, fallas de válvulas, se cambian válvulas, fallas de fugas en cañerías se cambian piping de tramo completo. Si es falla de filtro mismo, se lleva a reparación y revisión completa, con tiempo estimado de entrega una semana máxima, lo mismo en el caso que falle el controlador eléctrico y su pantalla y/o el tanque y su mecanismo de accionamiento.

### **4.1.3 Estanques de acumulación de agua**

El volumen de un estanque de acumulación de agua para viviendas está determinado por el porcentaje de la dotación por habitante multiplicado por el número de habitantes. La dotación se establece por el consumo en litros por habitante en un día.

Cada estanque se encuentra con disposición de llenado a los 12 m<sup>3</sup>, con el objeto de mantener a un poco más de la mitad de llenado para cada estanque, y en el caso de aviso de alarma de llenado, este tenga un rango de tiempo estimado.

#### **4.1.3.1 Equipamiento**

Los estanques de acumulación tienen los siguientes elementos:

1. Escotillas de acceso con escalones que sirven para reparación, revisión de sensores de alarmas y limpieza.
2. Desagüe para vaciado y/o rebalses de estanques. Es un conducto que comunica el estanque al exterior. Va instalado al nivel más bajo para permitir la evacuación completa del estanque y lleva una válvula de corta en un lugar accesible. T de alimentación a nivel superior de los estanques.
3. Rebalse, sirve para evacuar el agua que excede el nivel máximo cuando falla la válvula de flotador de cada estanque. El diámetro de rebalse permite la salida total del agua en caso de ruptura completa de la válvula de los flotadores.
4. Alimentación del estanque: Se realiza mediante una válvula de flotador instalada en la matriz que bien del M.A.P, medidor de agua potable. La válvula queda contigua a la escotilla de acceso para su fácil reparación. Entre la válvula flotador y el M.A.P hay una válvula de corta que permite cortar el flujo para reparar o reponer la primera.
5. Ventilación, se logra mediante ventanas con rejillas para impedir la entrada de objetos o animales.

**Es de suma importancia una buena ventilación de la sala de bombas, ya que la condensación resulta muy dañina para los elementos eléctricos del equipo y rodamientos de las bombas.**

#### **4.1.3.2 Mantenimiento**

##### **Mantenimiento preventivo de tipo visual:**

Se revisa cada una semana, revisar nivel de estanques acumuladores de agua, hacer funcionar y revisar los sensores de llenados y vaciados, que se encuentren en correctas condiciones, funcionando. Revisar que no existan anomalías, objetos u animales al interior de los estanques.

##### **Mantenimiento preventivo programado:**

Los estanques de acumulación deben lavarse cada seis meses. El procedimiento para vaciar el estanque antes de lavarlo es el siguiente.

- Cerrar la válvula de paso de la alimentación del estanque que se va a lavar.
- Cerrar la válvula de paso de la aspiración correspondiente al otro estanque.
- Esperar observando hasta que el consumo agote la mayor parte de agua del primer estanque o del estanque a lavar. Llegado ese momento, abrir la válvula de desagüe del primer estanque hasta que quede seco;
- Proceder a limpiarlo cuidando los cascajos y piedras no ingresen por el conducto de desagüe.

La limpieza del estanque consiste en escobillar paredes y piso para desprender materias ajenas adheridas. Luego el estanque se enjuaga y el residuo se bota. Posteriormente el estanque se llena con agua limpia agregándole una porción de cloro que debe fluctuar 2 a 4 p.p.m. el cloro actúa como agente de bactericida y alguicida y en la proporción señalada no daña el agua para consumo inmediato.



### **Mantenimiento correctivo:**

En caso de exista fallas de fugas cañerías, se cambia línea de piping completo a la brevedad posible, frenando el paso por aquella línea. En caso de falla de acoples, se cambian acoples, en caso de fallas de válvulas, se cambian válvulas, en caso de fallas de sensores y alarmas de nivel, estos se cambian por completo. Todo a la brevedad posible, ya que los estanques no pueden estar más de un día sin recibir alimentación de agua potable.

#### **4.1.4 Bombas y manifold de distribución**

##### **4.1.4.1 Cantidad de bombas**

El número de bombas, en este caso 4, del sistema es igual o mayor que el  $QMP$  dividido por el caudal  $Q$  de bombeo, es decir, el caudal de la bomba a la presión mínima o de conexión del sistema. Al número de bombas se le agrega una de las mismas características que queda de reserva para reemplazar a cualquiera que falle, permitiendo que el sistema siga funcionando en las mismas condiciones mientras se repara la bomba afectada.

##### **4.1.4.2 Mantenimiento y funcionamiento**

Una bomba entrega agua a presión. A medida que la presión aumenta, el caudal impulsado disminuye. Tanto el caudal como la presión tienen límites máximos, un mayor caudal requiere mayor potencia.

La bomba centrífuga no requiere engrase ni aceite.

Toda bomba se refrigera y lubrica con el agua que impulsa. Nunca debe hacerse funcionar una bomba en seco, pues el sello puede fundirse y el eje se deteriora si tiene acoplamiento.

Revisar estado de las bombas, si existen fallas se revisan los relés térmicos, su estado de operación, se le da funcionamiento manual a la bomba, si los relés no funcionan, estos se

cambian, las fallas generalmente se encuentran en el switch de presión o en las bobinas de los contactores, medir corriente en tablero, voltajes, todo ok.

### **Mantenimiento preventivo de tipo visual:**

Se realiza cada una semana, revisar visualmente y con herramientas de medidas, estados de las bombas, de los relés, contactores. Revisar los acoples de entradas y salidas, fugas en las cañerías. Revisar bombas.

### **Mantenimiento preventivo programado:**

Se realiza cada dos semanas, limpieza a acoples, válvulas, bombas, pruebas de funcionamiento manual y eléctricos con cableado lógico, en relés y contactores. Toma de medidas con Tester de voltajes en el tablero lógico de cableado y con multímetros en las bombas.

### **Mantenimiento correctivo:**

Acoples en mal estado, se retiran y se cambian. Si la bomba se encuentra en mal estado o más bien dañada, lo ideal es repararla sin detener las bombas. Cuando implica detención de bombas, primero que todo se debe tener listo el repuesto, dependiendo de la falla, si la falla da para reponerla y cambiar repuesto al instante, si la falla se desconoce, la bomba será enviada a reparación, procediendo al funcionamiento bypass de las bombas, bomba uno, dos o tres se reemplaza por bomba cuatro, esta última se encuentra instalada exclusivamente para bypass.

#### **4.1.4.3 Desacoplamiento de la bomba**

Para sacar una bomba se debe seguir los siguientes pasos:

1. Interrumpir la energía eléctrica
2. Cerrar las válvulas de corta en la aspiración y en la impulsión.
3. Aflojar uniones americanas o bridas.
4. Desconectar los cables eléctricos del motor.
5. Desatornillar los pernos del anclaje del motor.

#### **4.1.5 Estanques hidroneumáticos**

Es un estanque hidroneumático con aire pre inyectado de conexión de la presión de la última bomba (aquella con rango más alto) y separado del agua mediante un balón de caucho que la mantiene, el Blade.

Tiene por finalidad acumular agua a presión para abastecer el consumo cuando éste es menor que el caudal a la presión de desconexión o máxima de la primera bomba. Abastece el consumo cuando la bomba se detiene. regula la frecuencia entre partidas de las (s) bomba y (s)en funcionamiento.

Cuando la demanda del consumo sobre el O el bombeo a presión de desconexión, el equipo comienza a funcionar como tankless, es decir, la primera bomba no se detiene, y las otras (exceptuando la bomba de reserva) entra a funcionar, a su vez, a medida que la demanda lo exija. El retardo necesario lo efectúa el agua que acumula el estanque Hidroneumático.

##### **4.1.5.1 Mantenimiento**

Los estanques Hidroneumáticos estarán descompuestos si con poca demanda de consumo la frecuencia entre partidas de la primera bomba es excesiva (menor de 1 minuto). Este fenómeno es causado por fuga del aire a presión.

Los estanques Hidroneumáticos se encuentran presurizados a 40 psi, sin agua dentro del Blade. Al estar conectadas a las líneas de bombas, el switch de presión trabaja a 70 psi, (cuando las bombas se encuentran en funcionamiento) y cuando llegan a la presión 110 psi, las bombas se detienen. Esta presión es regulada en cada piso del Edificio: si las bombas se encuentran trabajando sobre 70 psi hacia arriba, a los pisos solo llegará 60 psi como máximo, este se vuelve una presión constante para cada piso.

#### **Mantenimiento preventivo de tipo visual:**

Cada una semana, visualizar e inspeccionar si existen filtraciones en acoples de entradas y salidas de los estanques, cañerías y manómetros.

#### **Mantenimiento preventivo programado:**

Se realiza cada dos semanas, revisar presiones de los estanques con medidores especiales de presión, tomar atención a la salida de aire, válvula de aire, orificio posterior horizontal colocar tubo pequeño especial para la comprobación de aire o agua.

#### **Mantenimiento correctivo:**

Si el estanque no contiene agua (se detecta si por la válvula de aire no escapa agua) debe inyectársele aire a presión con una compresora hasta que la presión de conexión de la última bomba menos de 29 psi. Debe investigarse la causa de la fuga de aire; se puede deber a un poro en el estanque o alguna fuga a través de la válvula de aire, del hilo porta-válvula o del flange del estanque. Medir la presión del aire con un marcador de presión para neumáticos.

Si aparece agua por la válvula de aire, el balón está roto. Este debe extraerse y repararse o cambiarse si fuera necesario. Al igual como lo mencionamos anteriormente, debe buscarse el origen de la falla y corregirla.

Para que el equipo siga funcionando mientras se repara el estanque Hidroneumático, se debe dejar como tankless: cerrar la válvula del Hidroneumático y hacer funcionar el

manual del equipo, es importante mantener algún consumo mínimo (lavatorio) para asegurar la refrigeración y lubricación de la bomba.

#### **4.1.6 Tablero de protección y control eléctrico**

##### **4.1.6.1 Elementos eléctricos**

El tablero eléctrico capsulado y metálico contiene los siguientes elementos de protección y control eléctrico para cada motor:

1. Interruptor manual – automático.
2. Protector de cortocircuito para un amperaje levemente mayor al consumido por el motor en la partida.
3. Protector térmico para un amperaje igual consumido por el motor a plena carga. El amperaje indicado en placa + 5% debe ser igual al del protector.
4. Contactor magnético con bobina actuada por presostato.
5. Alternador o selector manual de secuencia.

**Las bombas se deben alternar al menos cada 7 días, cuando estén detenidas.**

##### **4.1.6.2 Funcionamiento**

Sistema Eléctrico Primario: la cometa llega a un interruptor de cortocircuito, ramificándose luego a tantos actuadores como bombas tenga el equipo, cada actuador tiene protección térmica y de cortocircuito, y contadores magnéticos, si los motores son de baja potencia, el actuador es de partida directa y usa un contactor, si son de alta potencia, son partida estrella triángulo automático y lleva tres contactores y un relé de tiempo.

Sistema Eléctrico Secundario: la entrada de la bobina del contactor está conectada a la fase “R” del sistema primario. Las salidas de las bobinas están conectadas a la entrada del alternador manual de secuencia, cuyas salidas están, a su vez, conectadas a los presostatos.

Las salidas de éstos están unidas y conectadas a la fase “T” si las bobinas son de 380 voltios, o al polo neutro si éstas son de 200 voltios. Esta fase o polo único pasa por un bloqueo que está en línea con un pulsador de desbloqueo.

La determinación de la secuencia de las bombas, es decir, cuál bomba debe conectarse con tal presostato y cuál queda de reserva, se realiza en el alternador manual. Para ello basta con girar la perilla de secuencia, hacerlo cuando las bombas estén detenidas, en la presión 0 no funcionará ninguna bomba.

#### **4.1.6.3 Presostatos**

El presostato es un interruptor eléctrico de presión que conecta a la presión mínima y desconecta a la presión máxima a las que se ha regulado previamente. Se llama diferencial a la diferencia entre la presión mínima y la presión máxima.

El sistema tiene tantos presostatos como bombas en funcionamiento sin incluir en éstas a la reserva, los presostatos están reguladas en fábrica con diferencias de rango de 2 metros de presión entre cada uno, y con diferencial de 10 metros de presión.

El alternador manual de secuencia tiene por finalidad poder seleccionar cualquier bomba con cualquier presostato. Debe alternarse con cierta frecuencia la secuencia de las bombas para que éstas sufran un desgaste parejo (semanal a quincenal).

El interruptor de nivel de bloqueo tiene como objetivo bloquear el sistema cuando se agota el agua en el estanque de acumulación, una vez recuperado el nivel de agua en el estanque el equipo se reactivará en forma automática.

#### **4.1.6.4 Mantenimiento**

El ambiente necesario para el buen funcionamiento del tablero y todas las conexiones debe ser seco y limpio. No existiendo estas condiciones, los elementos son susceptibles a sufrir de platinos y fallas en general.

### **Mantenimiento preventivo de tipo visual:**

Cada una semana, realizar observaciones visuales, que se encuentren los circuitos no sulfatados ni en mal estado, encendidos todos como deben estar. Tener al conocimiento lo siguiente:

- a) Tipo y marca del interruptor de cortocircuito.
- b) Tipo y marca del interruptor térmico.
- c) Tipo y marca del contactor.
- d) Regulación del interruptor térmico.
- e) Capacidad del automático de control.
- f) Tensión de la bobina del contactor.

### **Mantenimiento preventivo programado:**

Cada dos semanas, realizar revisión del switch de presión de partida de las partidas y detenciones de las bombas. Revisar sensores de nivel de los estanques acumuladores y de la bomba sentina. Medir voltajes con Tester.

Pruebas para la partida de un equipo:

- a) Verificar que haya suficiente agua en el estanque de acumulación y que las válvulas de succión, impulsión y salida a la red estén abiertas.
- b) Desconectar todos los acumuladores (Automáticos).
- c) Conectar la palanca general y verificar que llegan las tres fases.
- d) Conectar la bomba que aparezca en primer lugar en el selector de secuencia.
- e) Esperar diez segundos y conectar la segunda bomba según secuencia.
- f) Una vez detenidas las dos bombas, conectar las otras, de este modo se asegura de que no partan todas juntas provocando un peak muy alto de consumo eléctrico que podría botar el automático general.

### **Mantenimiento correctivo:**

En el caso de algún contactor, relé, sensores de nivel o bobinas de estos fallen, se realiza el cambio a la brevedad posible. Dependiendo de la carga de responsabilidad de cada elemento eléctrico. Tener repuestos en inventario. Relés de avisos jamás deben estar apagados.

#### **4.1.7 Bomba sentina**

La bomba sentina, cumple la función de controlar el nivel de llenado máximo de los estanques de acumulación, desaguando. También cumple esta función de desaguar cuando ocurren rebalses de alguno de los estanques de acumulación. Ésta bomba de sentina es moderna, es eléctrica y dispone de un interruptor accionado por un flotador que la pone en funcionamiento tan pronto como el nivel del agua en la sentina llega al umbral de activación.

##### **4.1.7.1 Mantenimiento**

#### **Mantenimiento preventivo de tipo visual:**

Una vez por semana, revisar bomba sentina y el nivel correcto de agua, cada dos semanas revisar que el sensor de la bomba sentina se encuentre en correctas condiciones y funcionando.

#### **Mantenimiento preventivo programado:**

Cada un mes, se prueba todo el funcionamiento para revisar si se han filtrado las líneas de algún componente que pueda filtrar a sentina. Revisar también la loza de la sala de bombas si existe filtraciones. Y en lo principal revisar el nivel de desagüe de esta bomba sentina.



### Mantenimiento correctivo:

En caso de fallar esta bomba, se debe colocar otra bomba de succión, en el caso que exista algún tipo de rebalse, por pequeño que este sea. No debe existir agua filtrada en la sala de bombas.

#### 4.1.8 Diagnóstico y solución de fallas en sala de bombas

SINTOMA	DIAGNOSTICO	SOLUCION
Ruido excesivo de motor	1) Rodamientos gastados 2) Gomas de machón malas 3) Motor suelto 4) cañerías sueltas.	Cambiar rodamientos Cambiar gomas Apretar pernos de anclaje Afianzar.
Vibración de bomba	1) Rodete desbocado 2) Falta lubricación 3) Rodamientos gastados 4) Bomba suelta	Cambiar rodete Lubricar Cambiar rodamientos Apretar pernos de anclaje
Filtración por eje bomba	1) Sello sucio 2) Sello roto 3) Prensa estopa suelta 4) Estopa gastada	Limpiar sello Cambiar sello Reapretar Cambiar estopa
Calentamiento de bomba	1) Bomba descebada 2) Falta lubricación 3) Estanque seco	Cebar Lubricar Llenar y cebar
No eleva agua	1) Bomba descebada 2) Válvulas cerradas	Cebar Abrir válvulas
Eleva poca presión	1) Rotación al revés 2) aspira aire 3) rodete gastado	Intercambiar dos fases Quitar filtración en succión Cambiar rodete

Se devuelve agua por bomba detenida	1) válvula retención mala	Reparar o cambiar válvula
Calentamiento de motor y salida térmico	1) fases disperejas 2) motor malo 3) rodamientos gastados 4) Bomba agripada	Llamar a CGE Reembobinar motor Cambiar rodamientos Desagripar
Salida del térmico	1) Térmico mal regulado 2) Térmico sujeto a calor	Regular térmico Aislar
Motor no parte y salta térmico	1) bomba o motor agripado 2) motor en dos fases	Desagripar Reparar tercera fase
Partida con frecuencia excesiva	1) Balón roto 2) presostato desregulado	Vulcanizar balón Regular presostato
Chispazo en contactos del contactor	1) contactos sucios 2) alambres sueltos	Limpiar contactos Reapretar presostato
Vibración se transmite al edificio	1) vibración de bomba 2) cañerías sueltas	Reparar bomba Anclar cañerías
Ruido fuerte cuando bomba se detiene	1) cañerías sueltas 2) válvula de retención excesivamente ruidosa	Anclar cañerías Instalar válvula supercheck.

#### 4.1.9 Sugerencia de implementación planilla Check List de inspección.

CHEK LIST SALA DE BOMBAS					
ITEM	CARACTERISTICAS DE CALIDAD A CONTROLAR	CUMPLE			OBSERVACIONES
		SI	NO	N.A.	
1	Area se encuentra limpia y seca				
2	Existe buena Iluminacion del sector				
3	Tablero electrico se encuentra cerrado y buen estado				
4	Identificacion de voltaje en tableros y cajas de paso				
5	Luces pilotos, selectores y componentes electricos en buen estado				
6	Interior tablero electrico se encuentra ordenado y con capacidad suficiente				
7	Protecciones electricas operativas				
8	Soportes de estructuras y bombas se encuentra en buen estado				
9	Bandejas, flexibles metalicos y conduit electricos en buen estado				
10	Ductos, cables sellados y fijador por boquillas o prensas estopas				
11	Caja de conexiones a bombas se encuentras bien sellados				
12	Revision de valvulas de compuertas 2" en maniflods y lineas de estanques				
13	Revision de electrovalvula de diafragma 3" hacia estanques				
14	Canalizado electricos a sensores de estanques en buen estado				
15	Revision de filtraciones en lineas de agua				
16	Estados de bombas perifericas (1, 2, 3, 4)				
17	Revision de aire y filtraciones en estanques hidroneumaticos				
18	Revision de switch de presion				

**Fig. N°24, Check list sala de bombas, parte 1.**

19	Sistema de alarma se encuentra operativa				
20	Bomba sentina operativa y en buen estado				
21	Sensor de nivel bomba sentina operativa				
22	sistema de bombeo antiincrustante operativo				
23	Nivel de estanque antiincrustante				
24	Cantidad de quimico antiincrustante (Saco de 25 kilos)				
25	Revision valvulas reguladoras de presion en pisos 1 al 15				

**Fig. N°25, Check list sala de bombas, parte 2.**

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES**

Basada en la información antes mencionada podemos concluir que el agua es un recurso sumamente importante, esto va de la mano con la calidad que posee, es aquí la gran problemática existente en la ciudad de Copiapó, ya que es extremadamente dura, debido a la presencia de iones de calcio, la dureza del agua en esta ciudad es de 900 PPM de carbonato de calcio.

Con el transcurrir del tiempo y el agua con estas características, en el edificio Parque Alameda de Copiapó, comenzaron aparecer problemas severos tangibles, como la obstrucción de las tuberías, daños en componentes y equipos de la sala de bombas o electrodomésticos. Por lo anterior se incrementaron los costos de la energía, hubo una excesiva utilización de los recursos hídrico o eléctrico, esperando que los equipos o artefactos cumplieren su función de diseño.

Al realizar inspección a la sala de bombas ubicado en subterráneo del edificio, notamos varios componentes y estructuras corroídas y con incrustaciones calcáreas de calcio y magnesio visibles. Otra de las desviaciones halladas fue la nula o mala mantención de los equipos y componentes existentes en la sala bombas

Luego de realizar estudios y ver la manera más eficaz de mitigar, reducir o eliminar estos problemas, recomendamos y damos las siguientes sugerencias;

1. Habilitar filtro ablandador que actualmente se encuentra fuera de servicio, para esto es necesario retirar el equipo para enviarlo a reparación, luego reinstalar siguiendo instrucciones de fabricante.
2. Realizar cambio completo de manifold de las bombas que se encuentra con desgastes y fisuras, se recomienda poner pilares adicionales para soportar el peso de la estructura, que actualmente descansa sobre un pilar y los acoples de las bombas.
3. Reemplazar los acoples actuales de 2" que son uniones americanas, por flanges de unión brida/brida, para disminuir la tensión y poder gestionar futuros

mantenimientos preventivos de limpieza y lubricación, ya que en la condición actual no existe posibilidad de desacople.

4. Orientado hacia la eficiencia energética, se propone la instalación de válvulas check o válvulas de retención, a la salida de cada bomba, para mantener una presión constante en el sistema, evitando el golpe de ariete, se busca mantener una curva a presión constante para ahorrar energía, evitando desgaste y sobrecarga de las bombas.
5. Instalar un PLC moderno, para programar las funciones que deben realizar los equipos y componentes ante determinadas situaciones a través tiempos designados.
6. Confeccionar un manual de instrucciones para los mantenedores y administradores del edificio, se optimizará la información a un vocabulario no tan técnico y de fácil comprensión, para que pueda ser entendido rápidamente por cualquier trabajador.

Se presume que el mantenimiento es el motor principal de todo sistema, ya que, el buen funcionamiento de los equipos es un factor decisivo en la continuidad operacional, es por esto la importancia del personal que va intervenir sea el idóneo y capacitado. Conocer todas las partes de los equipos, es fundamental para poder mantenerlos operando de la mejor forma, para ello es necesario contar con manuales de reparación, manuales de operación, listas de repuestos, etc.

Realizar un mantenimiento correctivo y preventivo, es fundamental en cualquier área, debido a que proporciona las condiciones para aumentar la disponibilidad y reducir los tiempos de fallas, porque ayuda a minimizar gastos y hacer más rentable el negocio.

Con todas las recomendaciones y soluciones entregadas a lo largo del trabajo se buscó que las problemáticas que aquejaban a los residentes y trabajadores del Edificio Parque Alameda Copiapó, fueran resueltas de manera efectiva y eficiente. La propuesta fue exitosa, pero es muy importante que siga manteniéndose en el tiempo la aplicación del mantenimiento correctivo y preventivo, para prolongar la vida útil de los equipos y componentes, disminuyendo los tiempos de fallas y así, aumentar la disponibilidad de la sala de bombas en general.

Las limitantes para no desarrollar un análisis económico más detallado, como flujo de caja, para ver la viabilidad de instalación de una planta de osmosis inversa, son principalmente las siguientes; Alto costo de inversión que esto conlleva, y además sabiendo que un edificio se mantiene económicamente con los gastos comunes de los residentes y/o copropietarios, los cuales no son suficientes para generar un fondo de reserva que permitiera implementar el sistema de osmosis inversa, optando a mejorar el sistema que ya se encuentra instalado en la sala de bombas.

## Bibliografía

- (1) Oliverio, P. (2015). Gestión moderna del mantenimiento industrial - Principios fundamentales. Colombia: Ediciones de la u.
- (2) Vickers, (1994). Manual de Hidráulica Industrial. Barcelona: Vickers.
- (3) Anónimo, (2017). Sistema de hidroneumáticos 01-08-17.  
<https://es.scribd.com/document/371404849/Sistema-Hidroneumatico-01-08-17> ,  
Visita: Enero 2021.
- (4) Pan American Health Organization, (1966). Bombas para agua potable; apuntes del curso intensivo. Washington: OPS Publicación Científica.

### Manuales:

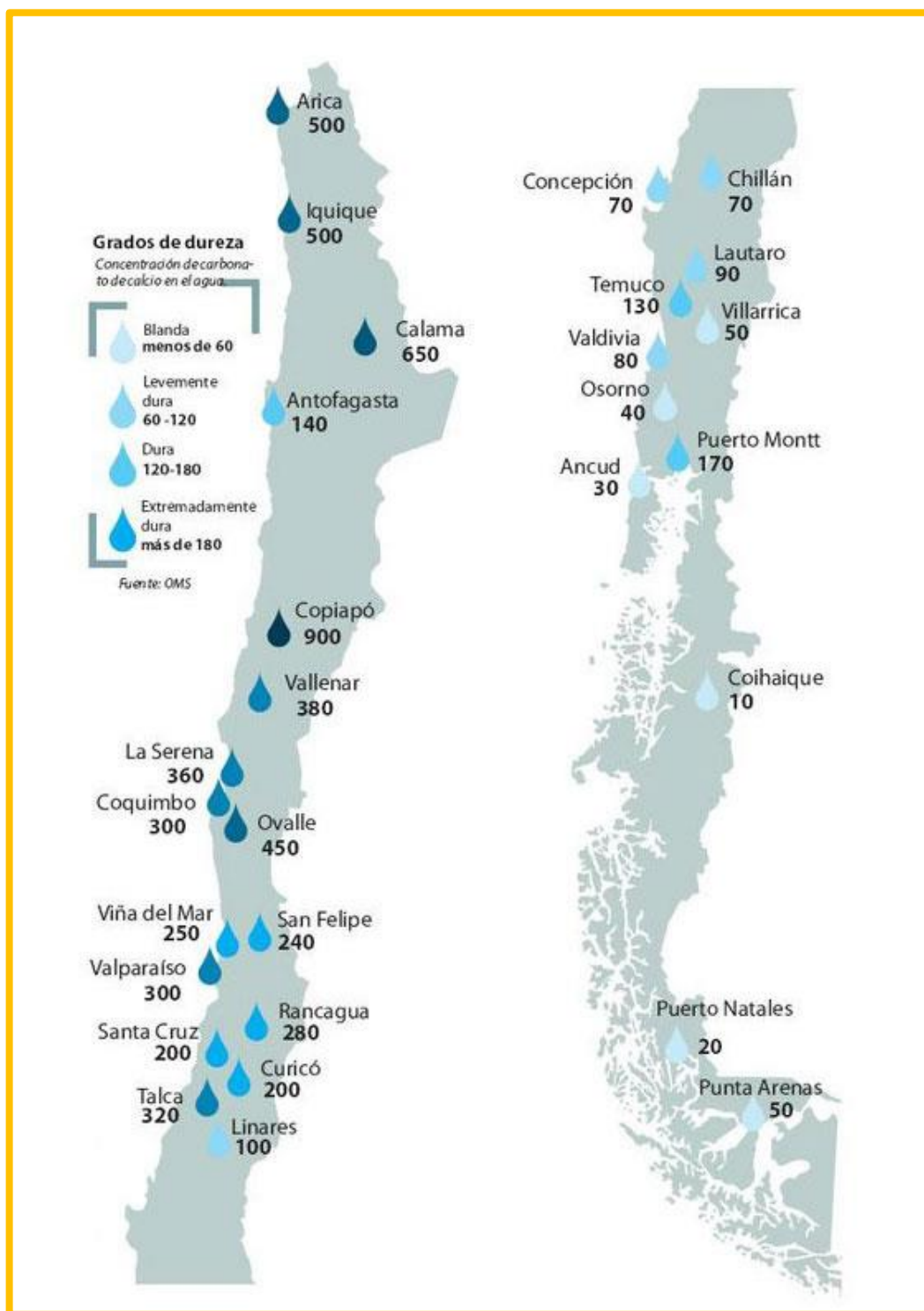
<https://www.pgic.cl/producto/estanque-800-lt-horizontal/> Visita: Diciembre 2020.

<https://www.prodesem.cl/catreggio.pdf> Visita: Diciembre 2020.

<https://www.saneamientosdimasa.es/adjunto/pur.pdf> Visita: Diciembre 2020.

Es importante mencionar que este Proyecto de Título esta realizado de forma empírica, por ende, mucha de la información la fuimos obteniendo a medida del desarrollo del proceso, además de información técnica que nos proveyó el técnico de mantenimiento de sala de bombas del Edificio Parque Alameda.

## ANEXO A



Mapa de sarro Chile.



## ANEXO B

### DATOS TÉCNICOS

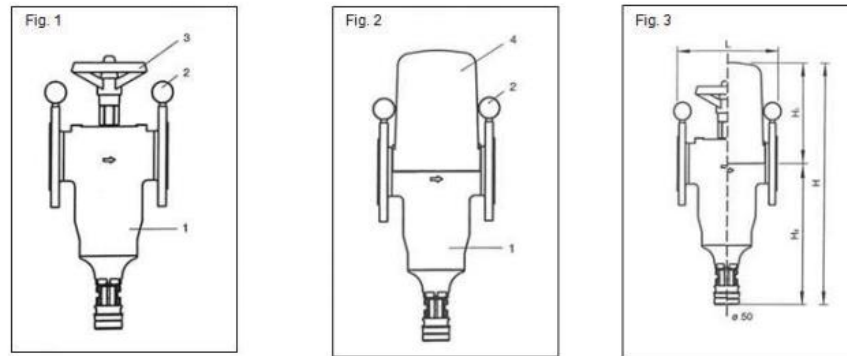
CILLIT®- MULTIPUR		65 M/AP	80 M/AP
Enlaces Conexión	DN	65	80
Caudal con $\Delta p= 0,2$ bar	m <sup>3</sup> /h.	22	36
Capacidad filtrante	micras	100 (bajo demanda 200)*	
Presión nominal (PN)	bar	10	
Presión de trabajo mín/máx.	bar	2,5/10	
Presión mínima tras el filtro	bar	2,5	
Consumo de agua en cada lavado a 4 bar	L	30	
Velocidad de lavado mín.	L/seg	1,7	
Temperatura máx. agua/ambiente	°C	30/40	
Tensión de alimentación (sólo filtro automático)	V/ Hz	230/50	
Tensión de maniobra	V	12	
Potencia absorbida	W	12	
Tipo de protección	IP	54	
Bridas de acoplamiento	-	DIN 2501	
L Ancho	mm	220	
H Altura total	mm	550	
H <sub>1</sub> Altura superior desde centros	mm	230	
H <sub>2</sub> Altura desde base a centros	mm	320	
Canalización a desagüe mín.	DN	50	
Peso en funcionamiento	Kg	15	18

\*Si se requiere el filtro equipado con elemento filtrante de 200 micras, debe especificarse al cursar la demanda. De serie se suministra con elemento de 100 micras.

### Datos técnicos filtro ablandador.

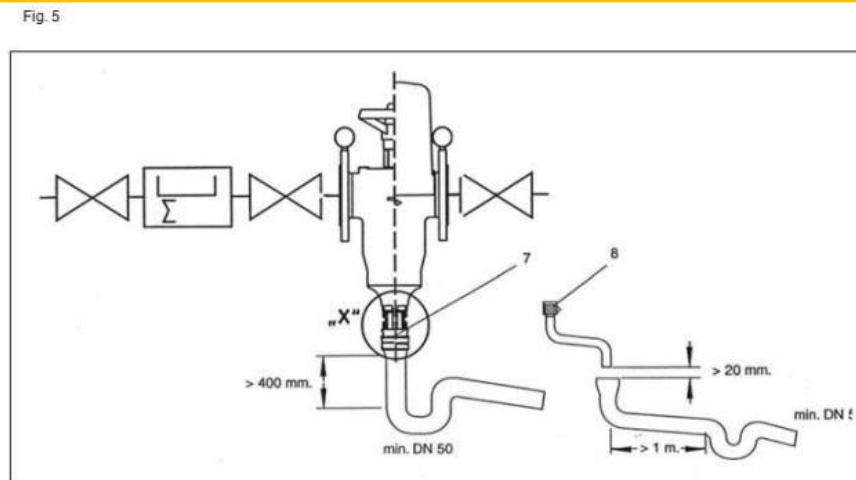
## ANEXO C

### ESQUEMA DE INSTALACIÓN



Esquema de instalación 1, filtro ablandador.

## ANEXO D



Esquema de instalación 2, filtro ablandador.

## Glosario

- **Acople:** Es el mecanismo de transmisión que conecta el eje del motor con el eje del mecanismo de impulsión. Pueden ser rígidos o flexibles. Los acoples flexibles pueden absorber una leve desalineación entre los dos ejes.
- **Bomba:** Una bomba es una máquina que transforma energía mecánica en energía de presión y velocidad en un fluido. Toda bomba consta de tres elementos básicos: un motor, mecanismo de transmisión y un mecanismo de impulsión.
- **Bomba centrífuga:** Bomba que aprovecha la rotación de su impulsor para poder producir un aumento de presión y velocidad al fluido que se desea desplazar. Es una de las más utilizadas.
- **Bomba Hidráulica:** Una bomba hidráulica o bomba de agua es una máquina generadora que transforma la energía con la que es accionada (generalmente energía mecánica) en energía del fluido incompresible que mueve. El fluido incompresible puede ser líquido o una mezcla de líquidos y sólidos como puede ser el hormigón antes de fraguar o la pasta de papel. Al incrementar la energía del fluido, se aumenta su presión, su velocidad o su altura, todas ellas relacionadas según el principio de Bernoulli. En general, una bomba se utiliza para incrementar la presión de un líquido añadiendo energía al sistema hidráulico, para mover el fluido de una zona de menor presión a otra de mayor presión.
- **Bomba hidroneumática:** Bomba centrífuga a la que se le acopla en la tubería de descarga un cilindro, un manómetro y un interruptor eléctrico que la hacen operar de manera automática.

- **Bomba sumergible:** Es la utilizada para extraer agua de pozos mecánicos. La bomba sumergible tiene como característica que se encuentra debajo del nivel del agua dentro del pozo y posee un motor eléctrico cerrado de forma hermética.
- **Caudal:** En dinámica de fluidos, caudal es la cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto (tubería, cañería, oleoducto, río, canal, etc) por unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo. Menos frecuentemente, se identifica con el flujo másico o masa que pasa por un área dada en la unidad de tiempo. Es el volumen de líquido bombeado por unidad de tiempo) y se puede expresar en litros por segundo (l/s.), metros cúbicos por segundo (m<sup>3</sup> /s.) o galones por minuto (GPM).
- **Cavitación:** Se denomina cavitación a la formación y ruptura de burbujas de vapor en el medio líquido que está siendo bombeado. Podríamos describir el proceso de cavitación imaginando una burbuja que se adhiere a una parte metálica, al desprenderse la burbuja de la parte metálica ocasiona una presión de succión que desprende partículas de material.
- **Cebar:** Proceso que consiste en llenar la bomba con agua de manera que el impulsor pueda crear succión.
- **Golpe de ariete:** Es un choque violento que se produce cuando el movimiento del fluido es modificado bruscamente. En otras palabras, es una sobre presión que puede afectar a los componentes internos de una bomba, tubería o válvula.
- **Impulsor:** Elemento de máquina que tiene la función de impulsar un fluido dentro de una bomba. Comercialmente, es conocido como impeler (impulsor en inglés).

- **Manómetro:** Un manómetro es un instrumento de medida de la presión en fluidos (líquidos y gases) en circuitos cerrados. Miden la diferencia entre la presión real o absoluta y la presión atmosférica, llamándose a este valor, presión manométrica.
- **Potencia:** La potencia expresa la capacidad de efectuar un trabajo por unidad de tiempo. En el sistema inglés se expresa en caballos de fuerza (HP, y derivan del idioma inglés HorsePower) y en el sistema internacional Watt.
- **Presión:** El agua ejerce un empuje o presión sobre la pared del tubo o depósito que la contiene, y se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado - atmósferas - metros por columna de agua. En el seno de una corriente uniforme, el valor es el mismo para todos los puntos de una sección transversal.
- **Sobrepresión:** Presión superior a la adecuada.
- **Tubería:** Conducto formado de tubos por donde se lleva el agua, los gases combustibles, etc.
- **Válvula de alivio:** Mecanismo que impide el retroceso de un fluido que circula por un conducto.
- **Válvulas de interceptación o corte:** son componentes fundamentales dentro de los sistemas termo hidráulicos modernos. En efecto, estos dispositivos permiten regular el flujo de agua o combustible de manera que la temperatura del fluido no sea demasiado alta y no presente riesgo de daños al sistema con un aumento de presión.

- **Válvula de retención:** La función de una válvula de retención o cheque es impedir el paso de fluido en un sentido contrario al predeterminado.
- **Válvulas de interceptación o corte:** son componentes fundamentales dentro de los sistemas termo hidráulicos modernos. En efecto, estos dispositivos permiten regular el flujo de agua o combustible de manera que la temperatura del fluido no sea demasiado alta y no presente riesgo de daños al sistema con un aumento de presión.