



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

# REHABILITACIÓN DE FILTROS EN LA PLANTA POTABILIZADORA LOS PÁJAROS DE SMAPA

REPORTE FINAL DE RESIDENCIA  
PROFESIONAL QUE PRESENTA:

Rolando Andrés Trujillo Grajales

Como requisito para acreditar la Residencia  
Profesional de la licenciatura en:

**INGENIERÍA QUÍMICA**

## AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco al Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, por permitirme realizar mis estudios de Ingeniería química, institución de alto prestigio que me enorgullece ser egresado de esta, con gran calidad académica, agradezco a todos mis docentes que de alguna forma participaron en mi formación profesional.

Mi más sincero agradecimiento al Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado (SMAPA) por darme la oportunidad de realizar este proyecto importante para mí, que me permitió desarrollar algunas competencias relacionadas con mi carrera de Ingeniería química.

Agradezco enormemente a mi asesora externa del proyecto "Rehabilitación de filtros en la Planta potabilizadora Los Pájaros de SMAPA", la Ing. Arleth Ramos Flores, que con tanta paciencia, profesionalismo y dedicación supo guiarme para terminar de forma excelente mi proyecto.

Agradezco también a mi asesor interno el Ing. José Luis Escobar Villagrán, por el apoyo, orientación y dedicación para lograr con éxito mi proyecto, gracias por su valioso tiempo y su profesionalismo.

Agradezco a mis padres Rolando Trujillo Escandón y María de los Ángeles Grajales Pereyra, quienes siempre me han apoyado incondicionalmente para lograr todas mis metas personales y académicas. Valoro los esfuerzos realizados, el amor recibido que siempre me alentaron a seguir mis metas y no desistir de ellas ante las dificultades. También agradezco el apoyo material y económico que me brindaron sin condición para que pudiera concentrarme en mis estudios y nunca dejarlos.

Agradezco a mis hermanos Manuel Alejandro, y Violeta Trujillo Grajales, por el apoyo incondicional brindado durante mis estudios, a mi novia Daniela Jacqueline Calvo López, por su apoyo y comprensión brindados.

## RESUMEN

SMAPA (Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado) es una entidad que ofrece a los usuarios un servicio de calidad en el suministro de agua potable y alcantarillado sanitario, se encarga del tratamiento de las aguas residuales y potable para darle una nueva vida de uso para los ciudadanos. La Planta Los Pájaros, la cual es una planta de potabilización, utiliza un método de filtración lenta por gravedad. Debido a que esta planta lleva muchos años operando, presenta problemas relacionados con la instrumentación, razones por las cuales se encuentra trabajando a menos del 60% de su capacidad, lo cual afecta de manera importante el suministro de agua a la población en general. El proyecto "Rehabilitación de filtros en la Planta potabilizadora Los Pájaros de SMAPA, pretende dar solución a los problemas que se presentan en la instrumentación de los filtros, para ello es necesario optimizar el funcionamiento dichos filtros; de modo que sean más eficiente para dar cumplimiento a la NOM-127-SSA1-2021. Conocer de forma precisa el funcionamiento del filtro para comprender la función de este y cada una de sus partes, de modo que sea factible el manejo de los equipos para el personal de mantenimiento y operadores de la planta. Realizar una propuesta para la rehabilitación de las placas y coladeras de los filtros, así como una propuesta para la rehabilitación de las válvulas de control de los filtros. La filtración lenta se caracteriza por realizar un tratamiento de aguas con concentraciones bajas de sólidos en suspensión. El agua fluye muy lentamente a través de un lecho de arena fina, en estos filtros, quedando las partículas más grandes en la superficie del filtro, formándose una biocapa porosa muy fina, donde la superficie de contacto en los poros es grande, lo que favorece la adsorción de impurezas. El funcionamiento de los filtros; se forma una biopelícula gruesa entre 1-2cm en la superficie del lecho filtrante, la cual se compone de varios tipos de microorganismos filtrantes capaces de eliminar materia orgánica disuelta y bacterias coliformes. El filtro que ha estado funcionando durante mucho tiempo, debe limpiarse, durante este proceso, se vacía el tanque y se elimina el biofilm. Después de limpiar estos filtros, el agua filtrada es de calidad insatisfactoria y debe drenarse, después esperar un tiempo hasta que se formen nuevamente la biopelícula.

## Índice

AGRADECIMIENTO .....	1
RESUMEN .....	2
Introducción .....	6
Capítulo I: Generalidades.....	8
1.1 Justificación.....	8
1.2 Objetivo.....	10
1.3 Caracterización del área donde se participó.....	11
1.3.1 Misión.....	11
1.3.2 Visión .....	11
1.3.3 Datos generales de la Empresa.....	11
1.4 Problemas a resolver .....	12
Capítulo II: Fundamento teórico.....	13
2.1 Agua potable .....	13
2.2 Proceso de potabilización .....	13
2.2.1 Captación: .....	14
2.2.2 Conducción: .....	14
2.2.3 Floculación: .....	14
2.2.4 Sedimentación: .....	15
2.2.5 Filtración: .....	16
2.2.6 Desinfección:.....	16
2.2.7 Almacenamiento y Distribución: .....	17
2.3 Filtración lenta de arena o por gravedad .....	18
2.3.1 Canal de entrada. ....	19
2.3.2 Lecho filtrante.....	19
2.3.3 Compartimento de agua de lavado.....	19
2.3.4 Sifón .....	19
2.3.5 Coladeras o sistema de drenaje.....	20
2.3.6 Canal de efluentes .....	21
2.4 Arena de sílice .....	21
2.4.1 Variedades: .....	22
2.4.2 Formas comerciables: .....	22
2.4.3 Proceso productivo de la arena de sílice .....	23
2.5 Normas oficiales mexicanas .....	24

2.5.1 Especificaciones sanitarias:.....	24
2.6 Válvulas .....	24
2.6.1 Válvula de diafragma.....	24
2.6.2 Válvula de bola.....	25
2.6.3 Válvula de compuerta.....	26
2.7 Recubrimiento epóxico .....	27
2.8 Boquillas filtrantes (Toberas) .....	28
2.8.1 Métodos de fijación de las boquillas .....	28
2.9 Sandblasting.....	29
2.9 Marco conceptual .....	30
2.10 Marco legal .....	32
Capitulo III: Descripción de actividades desarrolladas .....	33
3.0.1 Diagrama de flujo del proceso de filtración de la planta Los pájaros de SMAPA.....	37
3.0.2 Descripción del proceso.....	38
3.1 Análisis para la identificación de los problemas. ....	38
3.2 Propuestas para la solución de los problemas presentados .....	44
3.2.1 Boquillas Filtrantes (Toberas filtrantes).....	44
3.2.2 Placas del falso fondo .....	46
3.2.3 Válvulas.....	46
Capitulo IV: Resultados y conclusiones. ....	49
4.1 Resultados .....	49
4.1.1 Plano Isométrico con medidas.....	50
4.2 Conclusión.....	54
4.3 Competencias desarrolladas: .....	55
Referencias .....	56
Anexos.....	59
Anexo I: Ficha técnica de recubrimiento epóxico para placas del filtro y paredes, Proporcionada por el fabricante impermequimia.....	59
Anexo II: Componentes de la válvula de membrana, proporcionado por el fabricante Aliaxis en su catálogo de válvulas de diafragma.....	62
Anexo III: Métodos de montaje y desmontaje de la válvula de membrana, proporcionado por el fabricante Aliaxis en su catálogo de válvulas de diafragma...	63

Anexo IV: Requerimientos necesarios de seguridad para el procedimiento de Sandblast, proporcionado por la guía de seguridad y salud ocupacional al ejecutar el proceso de Sandblasting por la Empresa Halliburton Base Yopa. ....	64
Anexo V: Foto de las válvulas rotas.....	67

## Introducción

El agua potable es un recurso indispensable para los seres vivos por ende el ser humano intenta recuperar el agua que ha sido contaminada a través de diversos métodos de potabilización, estos van desde hervir el agua para matar las bacterias, hasta el uso de filtros y la desinfección química. Por lo que, el gobierno y las empresas realizan un gran esfuerzo para llevar a cabo este proceso y podamos hacer uso del agua potable.

El agua es el recurso natural más abundante e indispensable en la Tierra, ya que es la base fundamental de toda forma de vida, y principalmente para uso del ser humano en sus diferentes actividades diarias, esta puede ser obtenida mediante procesos naturales como el ciclo hidrológico. Haciendo énfasis en el agua como recurso renovable, obtenemos que, si se controla cuidadosamente, en su uso, tratamiento, liberación o circulación tendríamos un recurso renovable para mucho tiempo, de lo contrario se convierte en no renovable en determinada localidad. El agua como servicio público; es decir, llevar a los usuarios un bien común que comienza a escasear y que es vital para todo tipo de vida y para la producción de bienes. Se trata de cuantiosas inversiones para la distribución de agua potable y en la recolección de aguas residuales, por lo que cuidarla y distribuirla de forma racional es una tarea compleja.

En México existen leyes que sustentan la política hídrica como La Ley de Aguas Nacionales, que declara que:” El agua es un bien de dominio público federal, vital, vulnerable y finito, con valor social, económico y ambiental, cuya preservación en cantidad, calidad, y sustentabilidad es tarea fundamental del estado y la sociedad, así como prioridad y asunto de seguridad nacional, por lo que en SMAPA, se cuenta con un control interno, con el fin de optimizar los procesos de potabilización, para incrementar la eficiencia y eficacia en la prestación de los servicios, de esta forma puede atender las demandas básicas de interés público y el bienestar de la sociedad, cumpliendo así con los requisitos de Ley como es el caso del artículo 4o. de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, párrafo IV, se dice que: Toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible. El estado garantizará este derecho y la ley definirá las bases, apoyos y modalidades para el acceso y uso equitativo y sustentable de los recursos hídricos, estableciendo la participación de la federación, las entidades federativas y los municipios, así como la participación de la ciudadanía para la consecución de dichos fines (Witker,2015).

SMAPA (Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado) es un entidad que ofrece a los usuarios un servicio de calidad en el suministro de agua potable y alcantarillado sanitario, se encarga del tratamiento de las aguas residuales y potables para darle una nueva vida de uso para los ciudadanos, por esta razón en Tuxtla Gutiérrez se cuenta con

alrededor de 10 plantas de tratamiento 6 potabilizadoras las cuales son: Ciudad del agua, Lecho filtrante, La chacona, galería la Chacona, Rancho viejo, Real del bosque y Los Pájaros; Las otras 4 plantas restantes son de tratamiento de agua residual y son: Paso limón, Tuxtlan, El Jobo y Copoya, que recolecta y trata el agua residual de la capital de nuestro estado.

En este caso en particular nos enfocaremos en la Planta Los Pájaros, la cual es una planta de potabilización, que fue construida en 1981, el cual el proceso de potabilización es tradicional, esta planta utiliza un método de filtración lenta por gravedad y posteriormente se explicara el funcionamiento en capítulos siguientes, debido a que esta planta lleva muchos años operando, presenta algunos problemas con respecto a la instrumentación, es por eso que ha estado trabajando a menos del 60% de su capacidad lo cual ha afectado de manera importante a la ciudad en el suministro de agua.

Mediante este proyecto se dará posible solución a los problemas que se presentan en la instrumentación de los filtros y se dará a conocer de una forma concisa el funcionamiento de dicha etapa, como están conformados, para un claro entendimiento y así poder facilitar al personal de mantenimiento y operadores de la planta el manejo de los equipos.



## Capítulo I: Generalidades

### 1.1 Justificación

El agua potable es un recurso indispensable para la población, esta se utiliza en los hogares, oficinas, centros comerciales entre otros, ya que el agua potable tiene distintos usos desde el riego de plantas, hasta el uso humano como bañarse, lavarse las manos y las actividades domésticas.

Para decir que el agua es potable, esta se debe someter a un tratamiento, el cual va a depender de las características del agua y de su origen, no es lo mismo tratar el agua de un río o de un pozo que tratar las aguas residuales de la ciudad, es por eso por lo que el gobierno y las empresas privadas se esfuerzan cada día para poder ofrecernos un agua potable de calidad que cumpla con los estándares establecidos para el uso y consumo humano.

SMAPA es una empresa que brinda sus servicios a la población de Tuxtla Gutiérrez dándonos agua potable, abasteciendo gran parte de la ciudad y colonias aledañas a esta, sin embargo, se presenta un grave problema debido a que tiene serias deficiencias en la infraestructura de las plantas de tratamiento, Para abastecer de agua potable a la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, se aprovechan las aguas superficiales y subterráneas que afloran de los ríos Santo Domingo, Grijalva y de pozos.

La planta potabilizadora Los pájaros, tiene su captación de agua en el río Santo Domingo, la cual es llevada a través de 3 cárcamos de bombeo hasta la planta potabilizadora localizada en la colonia los Pájaros, esta planta cuenta con las 7 etapas de la potabilización estas son: Captación, Conducción, Floculación, Sedimentación, Filtración, Desinfección y Almacenamiento y distribución, debido a la antigüedad de esta que ya es de aproximadamente 40 años los equipos utilizados, presentan serios problemas que producen una ineficiencia en el proceso, es por ello por lo que la planta ha estado trabajando a menos del 60% de su capacidad total.

La etapa de filtración es una parte muy importante del proceso ya que en esta es donde se retiene los sólidos que no se lograron sedimentar, además de proporcionar un proceso de degradación biológico al retener los microorganismos en el lecho filtrante, la problemática que requerimos resolver es que la instrumentación como las válvulas, boquillas filtrantes de las placas y el recubrimiento de estas y las paredes, son obsoletos por lo que es de gran importancia, realizar una propuesta para el cambio de estas así efectuando una mayor eficiencia en el proceso de filtración, debido a los problemas que se presentan en los filtros, varios de estos se encuentran sin operar, al realizar los cambios, se podrá poner a operar y aumentar la capacidad de producción de agua potable que tiene la planta.

Los problemas presentados se van a resolver, a través de un análisis de los componentes que tienen las deficiencias, como las válvulas de control del filtro, las boquillas de las placas, además de que se requiere poner un recubrimiento a las placas y a las paredes del filtro, debido a que el agua tiene cloro, sulfato de aluminio y polímero catiónico, este corroe el metal y el concreto, oxidándolo por lo que es necesario hacer una propuesta, para protegerlo.

## 1.2 Objetivo

Objetivo general:

- Elaborar la propuesta necesaria para la rehabilitación del área de filtración de la planta potabilizadora Los Pájaros para optimizar el funcionamiento de los filtros; de modo más eficiente para el cumplimiento de la NOM-127-SSA1-2021.

Objetivos específicos:

- Investigación bibliográfica del funcionamiento del filtro para comprender la función de este y cada una de sus partes.
- Realizar una propuesta para la rehabilitación de las placas y coladeras de los filtros.
- Realizar una propuesta para la rehabilitación de las válvulas de control de los filtros

### 1.3 Caracterización del área donde se participó

La parte experimental o presencial se llevó a cabo en el área de filtros la cual corresponde a la identificación de los problemas que presentan y la resolución de estos en la planta de potabilización Los Pájaros de SMAPA ubicada en Tuxtla Gutiérrez Calle: Avenida concretera, Col. Los pájaros, Chiapas.

#### 1.3.1 Misión

Ofrecer a los usuarios un servicio de calidad en el suministro de agua potable y alcantarillado sanitario, concientizando a la población del uso y la preservación del agua como elemento indispensable en la vida.

#### 1.3.2 Visión

Consolidarse como uno de los mejores organismos a nivel nacional, con base en la ética de trabajo en equipo y tecnología de vanguardia, capaz de satisfacer las necesidades actuales y futuras de la comunidad.

#### 1.3.3 Datos generales de la Empresa.

SMAPA (Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado)

Colonia Los Pájaros

C.P. 29096.

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas,

México Teléfonos: 961-614-2968

RFC: SMA851212RLO



*Figura 1 Vista aérea de la planta potabilizadora Los Pájaros de SMAPA*

#### **1.4 Problemas a resolver**

A través de una inspección y por información proporcionada por el personal de la planta se identificaron problemas en las válvulas de los filtros, debido a la antigüedad de estos, algunos filtros están fuera de operación por lo que es necesario hacer una propuesta para cambiar las válvulas, estas deben tener el mismo propósito que las anteriores.

Además de que se presentaron problemas en las boquillas que tienen los filtros dentro, de igual forma al ser equipo de hace varias décadas, las boquillas están obsoletas, lo por que es necesario realizar la propuesta para el cambio de estas garantizando una mayor eficiencia en la filtración y poder alargar más la vida útil de los filtros.

Al ser una etapa de hace muchos años los planos de este no están actualizados con las modificaciones previas de otros proyectos, por eso es necesario realizar los planos, esquemas y croquis para proporcionarlos a la empresa y así puedan tener un recurso visual para futuros proyectos o para facilitar el entendimiento del funcionamiento del equipo.

## Capítulo II: Fundamento teórico

### 2.1 Agua potable

El agua potable es aquella que es apta para el consumo humano y que no supone ningún riesgo para su salud, es decir, está libre de microorganismos y sustancias tóxicas.

Las características en función de lo que establece la OMS, el agua potable:

- Debe ser limpia y segura: tanto su consumo como su uso en la producción de otros alimentos no puede conllevar ningún riesgo de contraer enfermedades infecciosas u otro tipo de enfermedades (cólera, tifus, salmonelosis o metahemoglobinemia).
- Debe ser incolora: esto implica que el agua debe ser transparente, aunque a veces puede ser un poco blanquecina debido a los carbonatos.
- Debe ser inodora: es decir, no debe tener olor ya que no debería tener nada que pueda generarlo.
- Debe ser insípida: al igual que en el caso anterior tampoco debería tener ningún sabor.
- Libre de elementos en suspensión: el agua no debería tener nada que pueda generar turbidez. En algunos casos puede estar un poco translúcida, pero puede deberse a la presión de las tuberías y debería desaparecer al poco tiempo.
- No debe tener contaminantes orgánicos como pesticidas (DDT, por ejemplo), ni otros contaminantes inorgánicos (metales pesados), ni tampoco ningún elemento radiactivo.
- Debe tener una determinada proporción de gases y de sales inorgánicas disueltas.
- No debe contener microorganismos patógenos que pongan en peligro la salud. Para ello se realizan análisis exhaustivos de la concentración de bacterias coliformes y otras de origen fecal.

### 2.2 Proceso de potabilización

El agua se potabiliza en lo que técnicamente se conoce como una ETAP o Estación de Tratamiento de Agua Potable. Se suele referir a estas instalaciones como plantas potabilizadoras.

El proceso de potabilización del agua varía en función de las condiciones naturales del territorio.

- Si la fuente del agua es superficial (agua de un río o lago), el tratamiento de potabilización suele consistir en un proceso de separación de ciertos componentes del agua natural, seguido de la precipitación de impurezas, filtración y desinfección con cloro u ozono.
- Si la fuente de agua tiene presencia de sales y/o metales pesados los procesos de eliminación de este tipo de impurezas son más complicados y costosos. En zonas con escasez de recursos hídricos y costeras se puede obtener agua potable por desalinización, que se suele llevar a cabo por ósmosis inversa o destilación.

Las aguas superficiales necesitan de un proceso específico para llegar a ser potables, el cual tiene como objetivo la conversión del agua desde su estado natural hacia agua potable. Este proceso es complejo y costoso, y consta de varias etapas según (COMAPA, 2022).

- Captación.
- Conducción.
- Floculación.
- Sedimentación:
- Filtración.
- Desinfección.
- Almacenamiento y Distribución.

### **2.2.1 Captación:**

La captación de aguas superficiales como ríos, lagos y embalses es una estructura a nivel del terreno mediante la cual se hace uso y aprovechamiento del agua de la fuente que corresponda, ya sea por gravedad (nivel del terreno) o por bombeo, para garantizar el suministro del recurso a una población. Las características y tamaño de la infraestructura de captación van a depender de la cantidad o caudal de agua que necesite la comunidad (Barrios, 2009).

En esta etapa el agua se extrae desde las fuentes naturales, donde la misma se encuentra en estado crudo o natural.

### **2.2.2 Conducción:**

Una vez que el agua ha sido captada, debe ser conducida hacia la Planta Potabilizadora. Para ello pueden utilizarse dos tipos de sistemas: aducción (gravedad) o impulsión (bombeo) (COMAPA, 2022).

Entre la captación y la planta de potabilización del agua, como entre esta y la red de distribución urbana, El trazado y el tipo de conducción, en sus efectos sobre los suelos y la propiedad, son factores ambientales que deben ser convenientemente valorados en la etapa de diseño. De acuerdo con lo establecido por la CONAGUA, Aducción es aquel componente a través del cual se transporta agua cruda, ya sea a flujo libre o presión y Conducción es el componente a través del cual se transporta agua tratada (CONAGUA, 2020).

### **2.2.3 Floculación:**

Las partículas disueltas y suspendidas están presentes en la mayoría de las aguas naturales. Estos surgen principalmente de la erosión de la tierra, la disolución de minerales y la descomposición de la vegetación, así como de algunos vertidos de desechos

domésticos e industriales. Tal material puede incluir materia orgánica y/o inorgánica suspendida, disuelta, así como varios organismos biológicos, tales como bacterias, algas o virus. Este material debe eliminarse, ya que causa un deterioro de la calidad del agua al reducir la claridad (por ejemplo, causar turbidez o color) y, eventualmente, transportar organismos patógenos o compuestos tóxicos, adsorbidos en sus superficies (TZOUPANOS, 2008).

La floculación es una técnica química de tratamiento del agua que se aplica, generalmente antes de un proceso físico de separación como puede sedimentación o filtración, con el objetivo de mejorar su capacidad de eliminación de partículas. La coagulación neutraliza cargas y forma una masa gelatinosa que atrapa (o une) partículas, aumentando su tamaño de modo que puede quedar atrapada en el filtro o sedimentar. La floculación mueve suavemente o agita tales partículas, haciendo que se unan formando masas mayores que sedimentan con más facilidad o pueden ser filtradas.

En este proceso se aplican agentes químicos, denominados coagulantes, que producen que estas partículas se unan formando los "flocs". Esta aglomeración de partículas, al ser más pesada que cada partícula individual, se asienta, eliminando la turbiedad y permitiendo que el agua pueda clarificarse (COMAPA, 2022).

#### **2.2.4 Sedimentación:**

La sedimentación es el proceso por el cual los sólidos que se encuentran en suspensión en el agua caen al fondo del recipiente donde el agua esté contenida. La sedimentación es un proceso natural que ocurre por el efecto de la gravedad. Aunque sucede en ríos y lagos, las personas hemos utilizado este fenómeno para conseguir un agua más pura y segura.

La sedimentación se basa en la Ley de Stokes, según la cual las partículas más grandes o pesadas que el agua tendrán una mayor capacidad de sedimentación. También influye la viscosidad del líquido, a menor viscosidad mayor capacidad y velocidad de sedimentación. Las partículas en suspensión pueden clasificarse en función de su diámetro y del estado de suspensión:

- Partículas en suspensión de hasta  $10^{-4}$  cm.
- Coloides con partículas de tamaños de entre  $10^{-4}$  y  $10^{-6}$  cm.
- Soluciones con partículas de tamaño menor de  $10^{-6}$  cm.

En base a esta clasificación, existe una forma paralela de clasificar los métodos o tipos de sedimentación del agua según estos tipos de partículas:

- 1 Sedimentación simple. Las partículas de hasta  $10^{-4}$  cm son capaces de sedimentar solo por procesos físicos, como la gravedad.



- 2 Los coloides deben coagular para que formen flóculos sedimentables. Es necesario añadir productos químicos.
- 3 Las sustancias solubles deben convertirse en insolubles para poder formar flóculos sedimentables. Al igual que en el caso anterior es necesaria la adición de productos químicos.

Para que se produzca la sedimentación de las partículas es necesario que la velocidad del flujo del agua sea menor de la velocidad de sedimentación de los sólidos en suspensión que contienen. Este concepto de carga superficial es fundamental a la hora de construir los tanques de sedimentación (Garcia, 2018).

#### **2.2.5 Filtración:**

La filtración es el proceso de remover sólidos suspendidos del agua al pasar ésta a través de una estructura permeable o un lecho poroso de materiales. El agua subterránea es filtrada naturalmente cuando fluye a través de capas porosas del suelo. Sin embargo, las aguas superficiales y el agua subterránea bajo la influencia de agua superficial están sujeta a contaminación de varias fuentes. Algunos de estos contaminantes ponen en riesgo la salud humana, y la filtración es uno de los métodos más antiguos y simples para removerlos.

Los métodos de filtración incluyen: filtración rápida y lenta con arena, filtración con tierra de diatomáceas, filtración directa, filtración con membranas, filtración empacada, y filtración con cartuchos (Guime, 2002).

#### **2.2.6 Desinfección:**

Es el proceso en el que se destruyen los agentes microbianos que pudiesen estar presentes en el agua.

Las actividades de desinfección son consideradas como los mecanismos principales en la desactivación o eliminación de patógenos (organismos microscópicos) para prevenir la dispersión de enfermedades transmitidas a través del agua tanto a las personas como al ganado. Entre los principales contaminantes biológicos del agua encontramos diferentes agentes patógenos que provienen en su mayoría de residuos orgánicos; esta contaminación está relacionada con los desechos de origen doméstico e industrial vertidos a los cuerpos de agua. La carga contaminante de los residuos de origen doméstico está representada por altos porcentajes de materia orgánica y microorganismos de origen fecal. Estos microorganismos son causantes de enfermedades de origen hídrico, que generan altos porcentajes de morbimortalidad en la población. (CONAGUA, 2022)

La desinfección es un proceso de oxidación que conlleva a la eliminación, la desactivación o eliminación de microorganismos presentes en el agua, sean o no patógenos. La acción de los desinfectantes se puede explicar mediante cuatro mecanismos:

- Daño a la pared celular
- Alteración de la permeabilidad de las células
- Alteración de la naturaleza coloidal del protoplasma

- Inhibición de la actividad enzimática

En la desinfección del agua, la meta es destruir o al menos inactivar a los organismos patógenos, con el objeto de prevenir epidemias de infecciones gastrointestinales como cólera, tifoidea, disentería, entre otras. La desinfección constituye la etapa final de todo tratamiento del agua. Su práctica es aceptada en todo el mundo, y aunque la cloración es el método dominante, algunos países como Francia (desde 1910), Alemania y Canadá prefieren la desinfección con ozono. Además, también son empleadas otras opciones como la luz ultravioleta (UV), el yodo y la radiación gamma. (CONAGUA, 2022)

Un desinfectante ideal para el agua debe cumplir con los siguientes parámetros:

- Eliminación de todas las clases de agentes patógenos y en cantidad suficiente
- No ser tóxico para el hombre ni animales domésticos
- No tener un sabor desagradable
- Tener un costo razonable
- Ser de manejo, transporte y almacenamiento accesible y seguro
- Contrarrestar la posible contaminación en líneas de conducción y tanques de almacenamiento en el caso de agua potable
- No reaccionar con los compuestos presentes en el agua para producir sustancias tóxicas

Los compuestos químicos más utilizados para la desinfección del agua son:

- Hipoclorito de sodio, NaClO
- Hipoclorito de calcio, Ca (ClO)<sub>2</sub>
- Ácido hipocloroso, HClO
- Clorito de sodio, NaClO<sub>2</sub> • Dióxido de cloro, ClO<sub>2</sub>
- Ozono, O<sub>3</sub>
- Halógenos: Yodo
- Metales • cobre, Cu<sub>2</sub><sup>+</sup>
- Plata, Ag<sup>+</sup>
- Permanganato HMnO<sub>4</sub>

### **2.2.7 Almacenamiento y Distribución:**

El agua tratada en las Plantas Potabilizadoras se almacena en cisternas, desde donde es distribuida por red a los domicilios. Entre las mejores soluciones de almacenamiento de agua potable cabe destacar las siguientes, haciendo la salvedad de que la potabilidad del agua dependerá de los métodos de tratamiento implementados durante la captación, depósito y distribución del líquido. (COMAPA, 2022)

#### **Cisternas**

Son reservorios de agua cerrados, construidos con diversos tipos de material donde destaca el PVC (cloruro de polivinilo). Básicamente, se componen del estanque de almacenamiento, un sistema filtrante y el área de captación. (Sondagua, 2018)

Son ideales para guardar la escorrentía de techos, agua generalmente más limpia que la captada de otras fuentes. Y en cuanto a su capacidad de almacenaje pueden alcanzar los 50 metros cúbicos. (FAO, 2013)

### **Tanques o reservorios**

Los tanques o estanques destinados a la reserva de agua pueden ser elevados, apoyados o enterrados, y están diseñados para almacenar líquidos y/o procesarlos. Además, presentan diversas formas (rectangular, cuadrado, trapezoidal, etc.) y diferentes materiales constructivos, siendo los más comunes el hormigón y la mampostería. En todo caso, resulta de vital importancia el revestimiento impermeabilizante ya que es el que evita las pérdidas de volumen por infiltración. Entre estos, son bastante eficaces la argamasa y los productos sintéticos como el PVC. (SONDAGUA, s.f.)

Ahora bien, enfocándonos en la etapa de interés que son los filtros podemos entender más este tema con los siguientes conceptos:

### **2.3 Filtración lenta de arena o por gravedad**

La filtración lenta de arena consiste en circular agua cruda a través de arena. El principio consiste en la formación de una capa biológica, desarrollándose procesos de degradación química y biológica que reducen la materia retenida a formas más simples. Los filtros contienen los siguientes componentes:

- Caja del filtro: se determina por lecho de arena, capa de soporte y sistema de drenaje, agua sobrenadante y borde libre.
- Capa sobrenadante de agua cruda: proporciona carga hidráulica para pasar agua sobre el lecho filtrante, crea un periodo de retención.
- Lecho de arena filtrante: compuesto por material granular (arena). Se describe en función de diámetro efectivo y coeficiente de uniformidad.
- Sistema de drenaje: sirve para soporte de material filtrante, asegura recolección uniforme del agua, llenado de los filtros.
- Estructura de entrada y salida: sirve para regular caudales de ingreso, ingreso de flujo uniforme, drenaje, graduación del líquido sobrenadante
- Dispositivos reguladores: sirven para controlar operaciones más importantes por medio de válvulas, vertederos y otros dispositivos.

Ventajas de este tratamiento: mejoran la calidad física, química y bacteriológica del agua sin uso de químicos, además de una operación sencilla, económica y eficaz. (Blacio & Palacios, 2011)

El filtro está dividido en distintas secciones las cuales son:

- Canal de entrada
- Lecho Filtrante
- Compartimento de agua de lavado.

- Sifón
- Coladeras o sistema de drenaje.
- Canal de efluentes

### **2.3.1 Canal de entrada.**

Es por donde entra el agua que sale de la etapa de sedimentación al filtro, esta pasa a través de un collarín el cual puede regular el flujo de agua cruda, en esta zona el agua está libre de sólidos grandes, debido a la previa adición de floculante y la sedimentación.

### **2.3.2 Lecho filtrante.**

Está compuesto por material granular (arena). Se describe en función de diámetro efectivo y coeficiente de uniformidad. El medio filtrante debe estar compuesto por granos de arena duros y redondeados, libres de arcilla y materia orgánica. La arena no debe contener más de 2% de carbonato de calcio y magnesio. Experimentalmente se ha encontrado que el diámetro efectivo de la arena debe ser del orden de 0.15 a 0.35mm. La profundidad del lecho puede variar entre 0.50 y 1.00 m, pudiendo el filtro operar con un espesor mínimo de 0.30 m. El coeficiente de uniformidad puede ser menor de 3.0, se recomienda un rango de 1.8 a 2.0. En última instancia, cualquier material inerte puede utilizarse como medio filtrante. (BLACIO & PALACIOS, 2011)

Coeficiente de uniformidad:

Coeficiente de uniformidad (Cu) Este coeficiente mide qué tan uniforme es la muestra. Se considera que un suelo con Cu inferior a 4 es mal gradado, un Cu superior a 4 es bien graduado y Cu igual a 1 corresponde a que todas las partículas tienen el mismo tamaño. (González, 2014)

### **2.3.3 Compartimento de agua de lavado.**

Es una cámara que se encuentra al aire libre, en donde se almacena el agua de lavado, donde se dan los mecanismos de transporte y adherencia que actúan sobre las partículas acarreadas por el agua en el proceso de remoción por filtración lenta, son los mismo que actúan en el proceso de filtración rápida, la diferencia fundamental está en el mecanismo biológico adicional que actúa en el filtro lento. Mientras que en el filtro rápido los microorganismos quedan entre el lodo retenido en el lecho filtrante y salen del filtro con el agua de lavado, quedando nuevamente liberados, en el filtro lento mueren como consecuencia del proceso de degradación biológica.

### **2.3.4 Sifón**

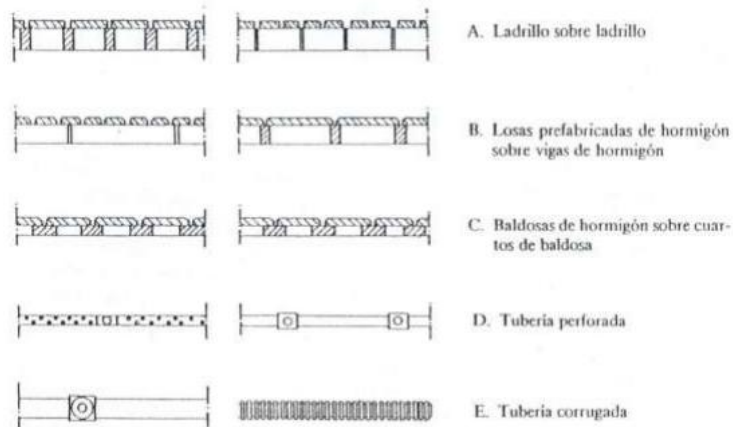
Es utilizado para proporcionar una carga hidráulica que permite realizar un retrolavado al filtro, cuando él está completo genera un vacío que permite succionar el agua que se encuentra en el compartimento de agua de lavado a través del lecho filtrante retirando las impurezas que quedaron en este y desechando el agua con estas, por medio de un drenaje de desechos.

### 2.3.5 Coladeras o sistema de drenaje.

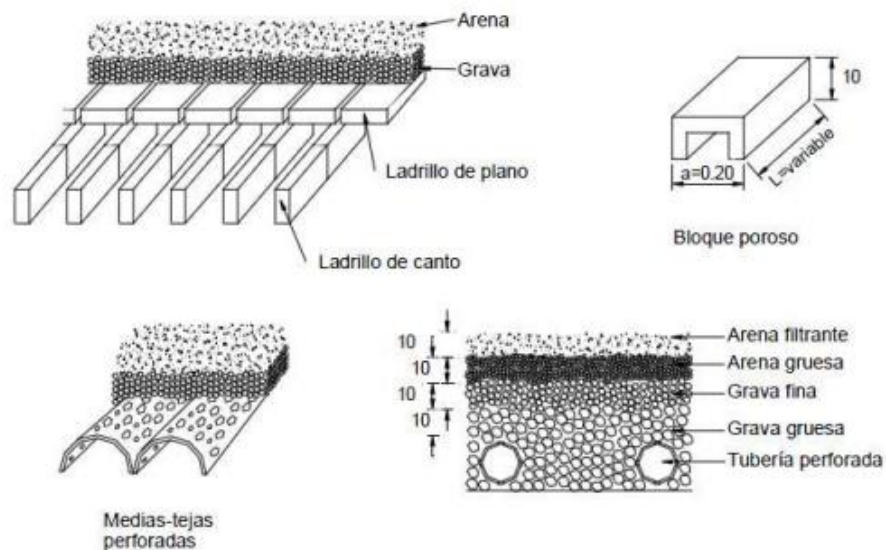
El drenaje puede estar conformado por drenes o por ladrillos de construcción. Los tubos de drenaje están compuestos de un dren principal y ramificaciones o drenes laterales. Los drenes laterales se unirán al principal mediante tubería T o cruces y podrán ser de concreto, de cerámica o de PVC (BLACIO & PALACIOS, 2011).

*Ilustración 1 Tipos de sistema de drenaje, Universidad de Cuenca, 2011*

#### TIPOS DE SISTEMAS DE DRENAJE



En los drenajes de ladrillo, los bloques que van sobre el fondo de la caja del filtro deben asentarse con mortero y los que techan los canales se colocarán dejando separaciones o aberturas de 2 cm para que pase el agua filtrada. (BLACIO & PALACIOS, 2011)



*Ilustración 2 Sistemas comunes de drenaje utilizados en filtros lentos de arena, Universidad de Cuenca, 2011*

### 2.3.6 Canal de efluentes

Es por donde el agua filtrada pasa, para su posterior desinfección, almacenamiento y distribución en la ciudad.

### 2.4 Arena de sílice

La arena sílica es un compuesto resultante de la combinación de la sílice con el oxígeno. Su composición química está formada por un átomo de sílice y dos átomos de Oxígeno, formando una molécula muy estable:  $\text{SiO}_2$ .

El cuarzo  $\text{SiO}_2$  es el principal constituyente de las arenas de sílice y procede de rocas ricas en este mineral, tanto intrusivas como extrusivas y sedimentarias, como lo son las areniscas. Es por causa de su estabilidad química y física el mineral detrítico más abundante, y entre todos los minerales casi el único que constituye un compuesto químico puro, ya que su composición suele ser 100% de  $\text{SiO}_2$  (46.7% de Si y 53.3% de O2). (SE, 2014)

Esta molécula es insoluble en agua y en la naturaleza se encuentra en forma de cuarzo. Si el cuarzo está cristalizado se denomina Cristal de Roca.

Pertenece a la clase de los silicatos y al sistema cristalino trigonal. Este mineral es muy rico en variedades, los que se pueden agrupar en Macro cristalinas, con cristales bien visibles a simple vista, y Criptocristalinas, formada por cristales microscópicos.

La arena sílica se usa en la filtración de aguas municipales, industriales o residenciales. Su propósito es retener sólidos suspendidos, que en el lenguaje coloquial se conocen como "sedimentos". Se obtiene de fuentes naturales y se produce por la trituración y cribado, o por el simple cribado de arena que pueda catalogarse como "sílica" por su alto contenido de sílice ( $\text{SiO}_2$ ) y una baja presencia de compuestos solubles (como calcio y magnesio). La sílice, prácticamente no es soluble en agua, por lo que no le aporta sabor ni modifica su composición. (Carbotecnia, 2020)

Propiedades Físicas	
Dureza escala Mohs	7
Peso específico	2.65
índice de refracción	1.548
Carece de exfoliación	si
Propiedades piroeléctricas y piezoeléctricas	Si
Punto de fusión	1650°C
Resistencia a la compresión	160 kg/cm <sup>2</sup>

Tabla 1 Propiedades físicas de la arena sílica, secretaria de Economía, 2018

### 2.4.1 Variedades:

La sílice se puede encontrar en la naturaleza en tres formas principales:

#### 2.4.1.1 Puras

Bajo esta forma se localiza como cristal de roca o veta de cuarzo, en donde el mineral es obtenido del núcleo central de pegmatitas zonales, de vetas, diques y tapones de dentro de otras rocas. Se cree que los principales depósitos se formaron por procesos hidrotermales, algunos depósitos aparecen como relleno de fisuras y relleno de cavidades y en menor medida en cuerpos de reemplazamiento meta somático. La principal fuente de cuarzo puro son las intrusiones graníticas asociadas a pegmatitas micro clínicas. Las vetas macizas de cuarzo de origen hidrotermal tienen una estructura zonal constituida por varias generaciones de cuarzo. (SE, 2014)

#### 2.4.1.2 Arenas no consolidadas

La arena sílica con estas características comprende el material de cuarzo que ha sido segregado o desprendido de rocas de diversos orígenes y que ha sido refinada por procesos de intemperismo y erosión. Este tipo de arenas se concentran para formar yacimientos casi Mono mineral de aceptable pureza. La forma desconsolidada se presenta en forma de arena de ríos, playas y dunas. (SE, 2014)

#### 2.4.1.3 Rocas consolidadas

En este tipo de rocas destaca la cuarcita, la cual es una roca metamórfica de gran dureza, derivada de la arenisca formada por la consolidación de areniscas cuarzosas. La cuarcita presenta un amplio rango de variación en textura, friabilidad, color y pureza química en función del material presentado en la cementación, tamaño del grano y composición mineral de la roca de arena donde se encuentra originalmente. (SE, 2014)

### 2.4.2 Formas comerciables:

<b>Cristal de cuarzo</b>	<b>Grava sílica</b>	<b>Arena sílica</b>	<b>Harina sílica</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuarzo fundido</li> <li>• Electrónica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundición</li> <li>• Aleaciones</li> <li>• Ladrillado</li> <li>• Agregados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vidrio y fibra de vidrio</li> <li>• Textil</li> <li>• Filtración</li> <li>• Sandblasteo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cerámica,</li> <li>• Alfarería</li> <li>• Material de carga</li> <li>• Abrasivo</li> </ul>

Tabla 2 Formas comerciables de la arena sílica en México, secretaria de Economía, 2018

### 2.4.3 Proceso productivo de la arena de sílice

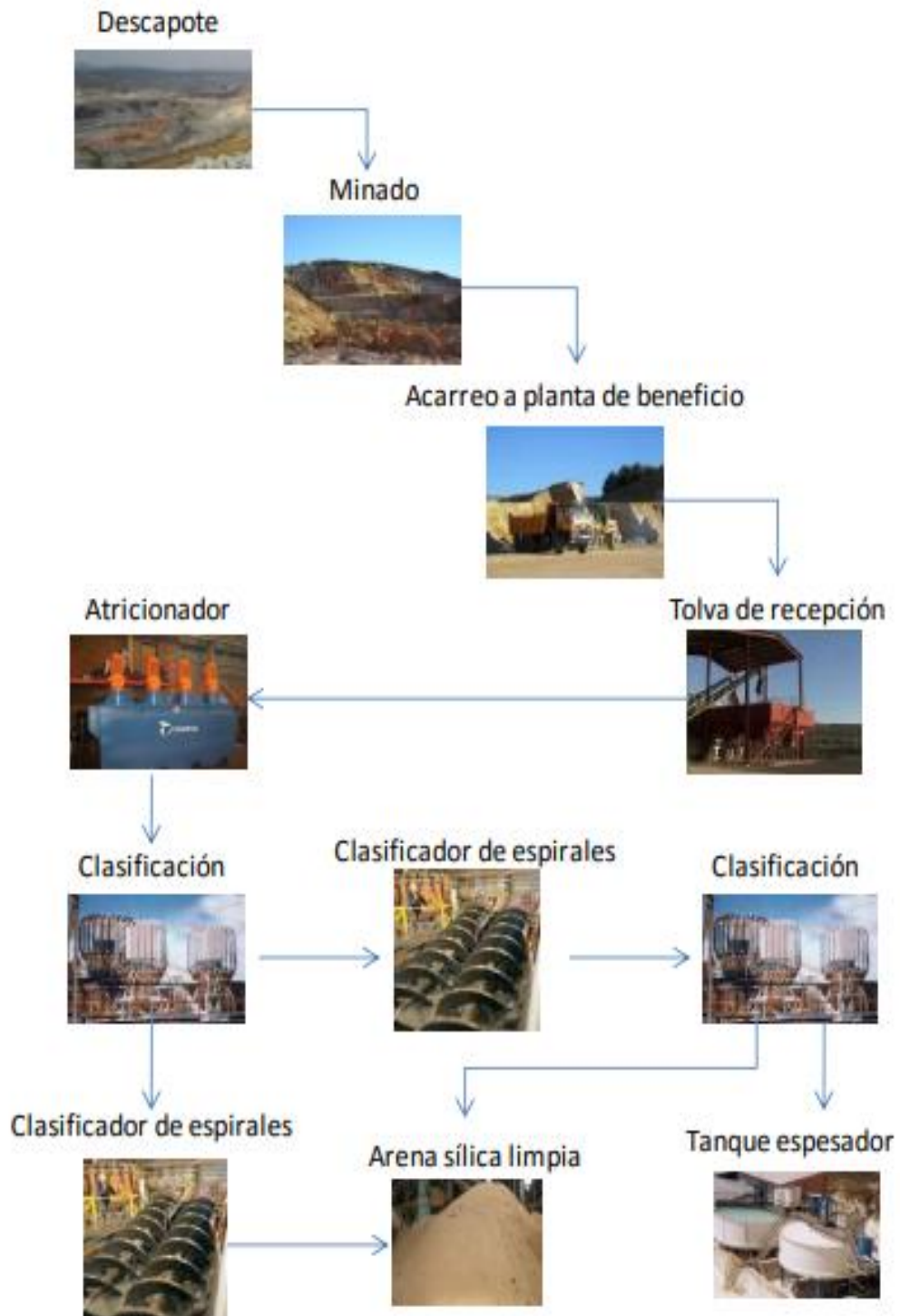


Ilustración 3 López Víctor (2013), *Diseño de operaciones Mineras a cielo Abierto*. México: Facultad de ingeniería UNAM



Para la filtración tenemos las siguientes opciones:

#### Arena para filtración

Tamaño de grano típico		Composición química	
Tamaños (mm)	Coefficiente de uniformidad	Tamaños (mm)	Coefficiente de uniformidad
0.40 a 0.50	1.60 Máx.	SiO <sub>2</sub>	99.39
0.50 a 0.60	1.60 Máx.	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.24
0.60 a 0.70	1.60 Máx.	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.19
0.70 a 0.80	1.60 Máx.	TiO <sub>2</sub>	0.12
0.80 a 1.00	1.65 Máx.	CaO	0.01
1.00 a 1.50	1.70 Máx.	MgO	0.004
1.00 a 1.50	1.70 Máx.	MgO	
1.00 a 1.50	1.70 Máx.	Pérdida por ignición	0.046

Tabla 3 Tabla de tamaños y composiciones de la arena para filtración, secretaria de economía, (2018)

## 2.5 Normas oficiales mexicanas

Las normas oficiales mexicanas (NOM), son normas de cumplimiento obligatorio para las empresas que proporcionan productos o prestan servicios a la población.

### 2.5.1 Especificaciones sanitarias:

El agua para uso y consumo humano de los sistemas de abastecimiento debe cumplir con las siguientes especificaciones:

5.1 El agua de los sistemas de abastecimiento no debe tener como fuente de abastecimiento agua residual tratada.

5.2 Físicas:

Parámetros	Límite permisible	Unidades
Turbiedad <sup>a</sup>	4.0	UNT
pH	6.5 a 8.5	Unidades de pH
Color Verdadero	15	UC

Tabla 4 Especificaciones sanitarias físicas de la NOM-127-SSA1-2021

## 2.6 Válvulas

### 2.6.1 Válvula de diafragma

Las válvulas de diafragma sirven principalmente para controlar el flujo de líquidos viscosos, parcialmente sólidos o bien con partículas sólidas en su composición. Operan de manera totalmente abierta o cerrada, y a su vez tienen el servicio de estrangulación de la conducción. (Valco Industrial, 2018)

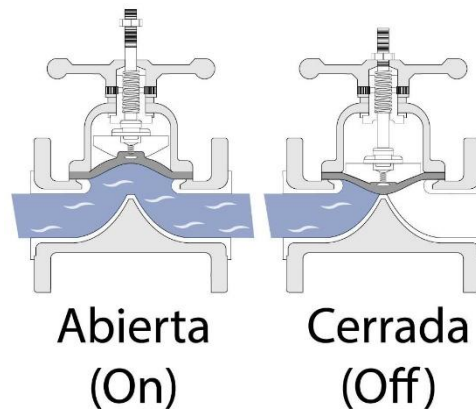
Este tipo de válvulas son un poco complejas ya que hay muchas variables a elegir en los diferentes modelos y materiales que existen en el mercado, pero básicamente, y lo que debe recordar de estas válvulas, es que no operan por disco, esfera o una compuerta, sino

más bien por un plástico plano grueso (diafragma flexible) que recibe la fuerza de un compresor, el cual depende del movimiento del vástago para abrir, cerrar o estrangular el fluido. (Valco Industrial, 2018)

Las válvulas de diafragma operan mediante vueltas múltiples al volante para mover el vástago, el cual mueve de posición al compresor, y éste a su vez dilata o contrae la membrana, es decir, al diafragma. (Valco Industrial, 2018)

Cuenta en la parte superior con un indicador de presión, el cual, dependiendo de la fuerza de trabajo se moverá de posición para indicar si la presión es apta o perjudicial.

Como su nombre indica, un diafragma es el elemento de apertura y cierre en una válvula de diafragma que está hecho de un material blando/flexible que es elástico, no corrosivo y no permeable, como el caucho y el plástico, que separa el fluido dentro de la cavidad del cuerpo de la válvula de la cavidad de la tapa y el miembro de accionamiento, lo que evita la contaminación del medio de trabajo y la corrosión de las piezas de funcionamiento. (NTGDvalve, 2020)



*Ilustración 4 Funcionamiento de válvula de diafragma, Alloy valve stockist, 2022*

### 2.6.2 Válvula de bola

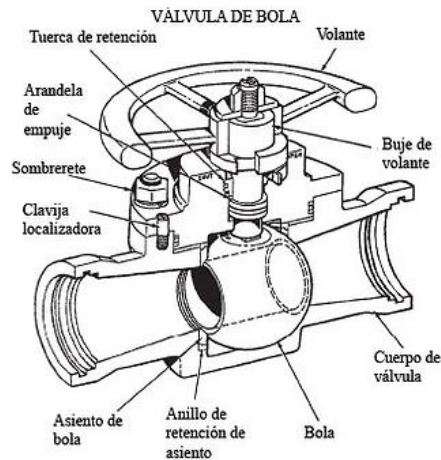
Las válvulas de bola, también conocidas como válvulas esfera o válvulas de un cuarto, son las más utilizadas por distintas industrias.

Cuentan con una esfera interna que ayuda a controlar el paso de los fluidos y líquidos, tales como vapor, agua, aire, aceite, gas, sustancias corrosivas, materiales pulverizados secos y pastas aguadas. Además, poseen una excelente capacidad de cierre, lo que las hace ideales para cualquier aplicación. (Dincorsa, 2017)

Se abre mediante el giro del eje unido a la esfera o bola, de tal forma que permite el paso del fluido cuando está alineada la perforación, con la entrada y la salida de la válvula. Cuando la válvula está cerrada, el agujero estará perpendicular a la entrada y a la salida. La posición de la maneta o palanca, en línea a la tubería o perpendicular, indica el estado de la válvula (abierta o cerrada). (Emerson, 2022)

## Tipos de válvula

- Válvulas de bola bronce: Debido a que el bronce es un material que no se oxida con mucha facilidad, las válvulas de bola bronce son utilizadas para regular el paso de agua, líquidos y vapor.
- Válvulas de bola acero: Con frecuencia, las válvulas de bola acero son utilizadas para controlar el paso de vapor.
- Válvulas de bola acero inoxidable: Debido a las innumerables propiedades del acero inoxidable, las válvulas de este material son utilizadas para controlar el paso de fluidos altamente corrosivos. (Dincorsa, 2017)



*Ilustración 5 Partes de una válvula de bola, Instrumentación de procesos industriales. Escuela de ingeniería Eléctrica, 2016*

### 2.6.3 Válvula de compuerta

Las válvulas de compuerta están diseñadas para un servicio completamente abierto o cerrado. Se instalan en conducciones como válvulas de aislamiento, y no deben usarse como válvulas de control o regulación. La operación de una válvula de compuerta se realiza haciendo un movimiento giratorio del vástago en sentido horario para cerrar (CTC) o en sentido horario para abrir (CTO). Al operar el vástago de la válvula, la compuerta se mueve hacia arriba o hacia abajo a través de la parte roscada del vástago. (AVkvalvulas, 2022)



*Ilustración 6 Partes de una válvula de compuerta. Tipos de válvulas, Valvias, 2013.*

Las válvulas de compuerta se usan a menudo cuando se necesita una pérdida de carga mínima y un paso total. Cuando está completamente abierta, en general una válvula de compuerta no presenta obstrucción al paso del fluido, lo que resulta en una pérdida de carga muy baja, este diseño permite además utilizar aparatos para limpiar las conducciones. Una válvula de compuerta es una válvula multivuelta, lo que significa que el funcionamiento de la válvula se realiza mediante un vástago roscado. (AVkvalvulas, 2022)

## 2.7 Recubrimiento epóxico

Un recubrimiento epóxico grado sanitario, ecológico en dispersión acuosa de dos componentes, formulado a partir de resinas epóxicas que al mezclarse le permiten adherirse perfectamente a superficies secas o húmedas. Las materias primas con las que esta formulado este recubrimiento deben cumplir con la regulación que nos indica que pueden estar en contacto directo con alimentos o productos para el consumo humano. (Imperquimia, 2017)

Recubrimiento de altos sólidos desarrollado a base de resina epóxica y pigmentación libre de plomo, que endurece por la acción de un reactivo químico a base de una resina poliamídica.

Es ideal para el pintado anticorrosivo y decorativo de maquinaria y equipo en la industria alimenticia ya que las materias primas con las que esta formulado este recubrimiento cumplen con la regulación, que nos indica que pueden estar en contacto directo con alimentos.

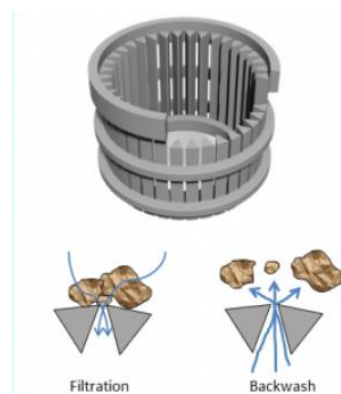
Como recubrimiento impermeable para cisternas y tanques de agua potable ya que al no contener solventes no es tóxico durante ni después de la aplicación.

Se emplea como recubrimiento protector de superficies de concreto, mortero, piedra, ladrillo, acero, entre otros. (Imperquimia, 2017)

## 2.8 Boquillas filtrantes (Toberas)

Las boquillas filtrantes tienen como objetivo permitir el paso del agua, y retener los sólidos como la arena del lecho filtrante para que esta no pase con el agua filtrada, además en el retrolavado, las boquillas hacen que las corrientes de agua no sean tan agresivas con el lecho filtrante evitando la deformación o desacomodo de las capas del lecho.

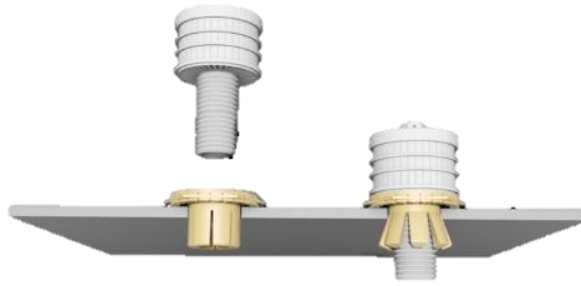
Las geometrías de las boquillas suelen ser cilíndricas o algo cónicas. Las boquillas moldeadas por inyección utilizan ranuras verticales en forma de V que evitan las incrustaciones, las boquillas cilíndricas se fabrican con nervaduras de pantalla de refuerzo robustas que aseguran una mayor longevidad. El tamaño de una boquilla es directamente proporcional al caudal. Tanto el servicio como las tasas de retrolavado para determinar las condiciones de diseño de control. (ORTHOS, 2020)



*Ilustración 7 Boquillas con ranuras verticales en forma de V, ORTHOS, 2020*

### 2.8.1 Métodos de fijación de las boquillas

- En primer lugar, y lo que requiere más tiempo, se perforan agujeros en la placa y se enroscan boquillas en los agujeros.
- En segundo lugar, se pueden perforar orificios en la placa, insertar boquillas y enroscar una tuerca de respaldo desde la parte inferior que debe ser accesible.
- En tercer lugar, una tuerca de bloqueo y una arandela tipo MUZ asegurarán permanentemente una boquilla desde la parte inferior.
- La cuarta es utilizar un anillo expansible. La junta se monta en el anillo de expansión y se coloca en la ubicación del orificio. A medida que la boquilla se enrosca en el anillo de expansión, sus patas aseguran la boquilla en su lugar como un perno de palanca. Todos estos componentes se pueden instalar fácilmente desde el lado superior de la placa de desagüe inferior. (ORTHOS, 2020)



*Ilustración 8 Representación del método de fijación de las boquillas, ORTHOS, 2020*

## **2.9 Sandblasting**

Esta técnica consiste en la limpieza o remoción de materiales de una superficie por la acción de un material abrasivo granulado que es expulsado por una máquina de aire comprimido a través de una boquilla, dentro de la máquina de aire comprimido se mezcla el aire y la arena desplazándola a través de una boquilla de mano para poder dirigir las partículas hacia la superficie que estemos trabajando. (Enrique, 2021)

El Sandblasting es usado usualmente para remover óxido, o cualquier tipo de cobertura de superficies para prepararlas para un recubrimiento, pero no es solamente esa su función, hay muchas más funciones de Sandblasting además de lo ya antes mencionado.

Esta técnica no utiliza únicamente arena, podemos utilizar otros materiales abrasivos como sustitutos para la arena, a continuación, mencionaremos algunos:

- Arena sílica
- Óxido de aluminio
- Carburo de silicio
- Bicarbonato de sodio
- Granate
- Escoria de cobre
- Perla de vidrio
- Abrasivo plástico
- Granalla de acero

Para requisitos de seguridad al emplear el proceso de Sandblast.

Ver anexo IV.

## 2.9 Marco conceptual

Retro lavado:

Es un proceso que se utiliza en el tratamiento de agua y aguas residuales para bombear el agua hacia atrás a través de medios de filtros, lo que incluye cualquier elemento colocado en un filtro que cambie la calidad del agua que pasa por él. (Gardnerdenver, 2022)

Collarín:

Accesorio de tubería se utilizan para ajustar tuberías, de tal forma que no pueda quedar un hueco entre ellas que produzca una filtración de agua. (SUSTRAIAK grupo, 2022)

Venteo:

Los venteos de aire automáticos son adecuados para la descarga de aire y otros gases durante la operación normal. Mediante su instalación en lugares donde el aire tiende a acumularse, es posible evitar problemas causados por el aire atrapado en las tuberías de suministro de agua. (TVL, 2022)

Falso fondo:

Falso Fondo (Bajo Dren) colecta el agua filtrada durante el funcionamiento del filtro, y distribuye aire y agua durante el ciclo de retrolavado. (AWASA, 2022)

Tamiz:

Es una malla metálica constituida por barras tejidas y que dejan un espacio entre sí por donde se hace pasar el sólido previamente triturado. Las aberturas que deja el tejido y, que en conjunto constituyen la superficie de tamizado, pueden ser de forma distinta, según la clase de tejido. (INSUTEC, 2011)

Serie Tyler

Es una serie de tamices estandarizados usados para la medición del tamaño y distribución de las partículas en un rango muy amplio de tamaño. Las aberturas son cuadradas y se identifican por un número que indica la cantidad de aberturas por pulgada cuadrada. (INSUTEC, 2011)

Vernier:

Llamado pie de rey es un instrumento de medida lineal con alta precisión, consta de dos partes principales: una parte fija que es una regla ésta puede venir con dos sistemas métricos: el sistema internacional en cm y el sistema inglés en pulgadas. La segunda parte sería móvil, está es una parte corredera que se desliza con la regla. (Revista española de tecnología, 2020)

Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP):

Es un sistema de estructuras y sistemas de ingeniería con el objetivo de tratar el agua y lograr que sea del consumo humano, Hay muchas tecnologías en cuanto al proceso de tratamiento de agua potable, pero todas deben cumplir con los mismos principios. (Grace, 2016)

Coagulación:

Aglutinación de las partículas suspendidas y coloidales presentes en el agua mediante la adición de coagulantes. (Brigard, 2007)

Dosificación:

Acción mediante la cual se suministra una sustancia química al agua. (Puerto & Daniel, 2008)

Sedimentación:

Proceso en el cual los sólidos suspendidos en el agua se decantan por gravedad. (Rojas, 2009)

Carga hidráulica:

Cabezal hidráulico (del inglés head), carga hidráulica, altura piezométrica, o nivel piezométrico es una medida específica de la presión del líquido por encima de un datum geodésico. (Mulley, 2004)

Turbiedad:

Es la propiedad óptica que tiene una sustancia líquida o sólida, de diseminar en todas direcciones la luz que pasa por ella (Macias, 2013).

Carda:

Herramientas de alto rendimiento, que disponen de una serie de hilos de acero y sirven para el mecanizado de superficies de todo tipo de materiales (desde acero hasta madera), especialmente para el acabado y limpieza de superficies y para el desbarbado. Existen diferentes tipos de alambre que sirven para distintos propósitos dependiendo de la aplicación, siendo las más utilizadas las cardas con alambre de acero y las de alambre de latón. (Cough, 2019)



### **2.10 Marco legal**

NORMA Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021, Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua.

- Esta Norma establece los límites permisibles de calidad que debe cumplir el agua para uso y consumo humano.
- Esta Norma es de observancia obligatoria en el territorio nacional para los organismos responsables de los sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados.

NORMA Oficial Mexicana NOM-179-SSA1-2020, Agua para uso y consumo humano. Control de la calidad del agua distribuida por los sistemas de abastecimiento de agua.

NORMA Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-2002, Sistema General de Unidades de Medida.

- Esta Norma Oficial Mexicana tiene como propósito establecer un lenguaje común que responda a las exigencias actuales de las actividades científicas, tecnológicas, educativas, industriales y comerciales, al alcance de todos los sectores del país.

### Capítulo III: Descripción de actividades desarrolladas

Este proyecto toma lugar en la planta potabilizadora Los pájaros de SMAPA, ubicada en la avenida concretera S.N., colonia Los pájaros.



*Ilustración 9 Foto aérea de la planta Los Pájaros*

Para poder tener un mejor entendimiento del proyecto, se explicará de forma detallada el proceso de potabilización que se lleva a cabo en la planta, para después hacer un hincapié en los problemas a resolver.

El agua del río Santo Domingo es bombeada a la planta, esta se lleva a un canal donde pasa a través de un dosificador de sulfato de aluminio que es un floculante que sirve para que las partículas finas suspendidas de agregados formen flóculos más grandes, de modo que los sólidos pueden separarse del agua más fácilmente.



*Ilustración 10 Canal de entrada del agua al proceso y dosificación del floculante.*

El flujo de agua se hace pasar a través de un canal con deflectores que permite tener una mezcla homogénea hasta llegar al floculador.



*Ilustración 11 Foto de floculadores*

Después de un tiempo de 2 horas aproximadamente, el agua va hacia un sedimentador en el cual se asientan las partículas más grandes los flóculos



*Ilustración 12 foto de sedimentadores*

posterior pasa por un canal de collarines el cual lleva el agua a los filtros.



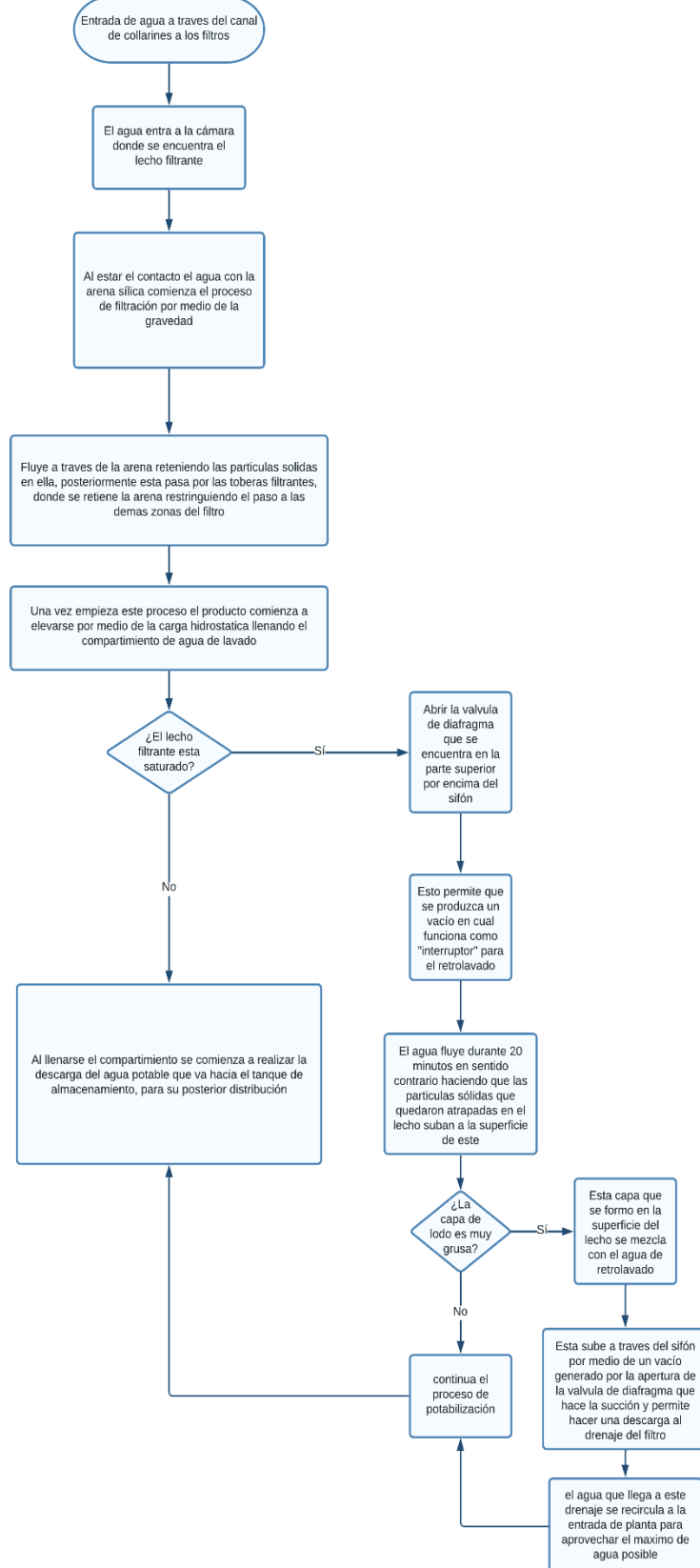
*Ilustración 13 Foto del canal de collarines*

Y finalmente el agua llega a los filtros donde serán removidas las partículas finas que contenga el agua



*Ilustración 14 Fotos de los filtros*

### 3.0.1 Diagrama de flujo del proceso de filtración de la planta Los pájaros de SMAPA



### 3.0.2 Descripción del proceso

#### Proceso de filtración

1. El agua pretratada que ya paso por los floculadores y sedimentadores entra a través del canal de collarines hacia los filtros.
2. Esta fluye por una tubería con un diámetro de 14in la cual conduce a una cámara denominada "gaveta" donde se encuentra el lecho filtrante de arena sílica de cuarzo, este lecho tiene un volumen de aproximadamente 21.08m<sup>3</sup> de arena.
3. Esta es filtrada por acción de la gravedad dirigiéndose al falso fondo donde se encuentra un total de 12 placas de acero al carbón de dimensiones: 4.75m x 0.6 x 0.01m con 63 orificios en los cuales van ubicadas las toberas filtrantes, el total de toberas por filtro es de 756, las toberas filtrantes o boquillas tienen un diámetro de 1,89in.
4. Después de su filtración gracias al lecho pasa a través de las aperturas que tienen dichas toberas donde se retiene la arena para que no pase a otras partes del filtro como es el sistema de drenaje. El sistema de drenaje o "coladera" son una estructura en forma de cuadro que permite que el agua filtrada fluya hacia un tubo con un diámetro de 30in donde comienza a subir debido a la carga hidrostática que proporciona el agua.
5. Una vez el agua comienza a elevarse dentro del tubo de 30in se empieza a llenar el compartimiento de agua de lavado al llegar a una altura de aproximadamente 1.90m.
6. Se comienza a descargar el agua en el canal de efluentes mediante una tubería de 14in como consecuencia de la carga hidrostática que sigue ejerciendo.
7. El agua que entra por el collarín también introduce aire al filtro sin embargo este se libera al pasar a través de las gavetas y subir por el tubo que conduce al canal de efluente, este tubo contiene un venteo en la parte superior con un diámetro de 4in, ya que el aire dentro del equipo puede ocasionar una baja en la eficiencia y un desacomodo en el lecho filtrante es necesario extraerlo del filtro mediante dicho venteo.
8. El filtro contiene un sistema de interlock el cual conecta un filtro con los demás con la finalidad de que los otros filtros succionen agua del compartimiento de lavado para ayudar a llenar la línea de vacío de agua de otro filtro en su retrolavado.
9. El canal de efluentes abarca los 12 filtros de la planta 6 de estos van de izquierda a derecha y los otros 6 van de derecha a izquierda y se unen en el medio de los 12 filtros así también cumpliendo con la siguiente etapa del proceso de potabilización la cual es la desinfección mediante cloro el agua fluye hacia el tanque reservorio para su almacenamiento y posteriormente para dar paso a su distribución a la ciudad.



### Proceso de retrolavado

1. El retrolavado del filtro comienza cerrando el canal de collarines por lo que el flujo de los sedimentadores al filtro se corta.
2. Una vez hecho esto se abre la válvula de diafragma que está en la parte superior del sifón expulsando el aire que se encuentra dentro de este a través de la línea de vacío.
3. Este envía el aire al eyector a través de la línea de vacío expulsándolo en el vertedor sin embargo cuando se crea el vacío esta línea se llena de fluido, y libera agua de lavado al registro del vertedor.
4. El agua que se encuentra en las gavetas es succionada retirando la capa de lodo que se forma en la superficie del lecho el agua fluye hacia arriba y pasa a través de 4 tubos horadados con un diámetro de 12in llegando a la gaveta de la parte superior que une las cámaras con el sifón. Esta mezcla que pasa a través del sifón contiene todas o la mayor parte de partículas sólidas que quedan atrapadas en el lecho.
5. El agua con los sólidos removidos que viene del sifón cae al registro y comienza a llenarse.
6. Al llenarse el registro el agua cae por el vertedor debido al desbordamiento de esta.
7. Se descarga a un compartimiento con una tubería en la parte inferior que pasa por debajo del registro donde se encuentra el sifón y la línea de vacío y conduce el fluido a un canal de recirculación
8. Al llegar al canal de recirculación el agua es mandada a la entrada de la planta para un mejor aprovechamiento de esta.
9. Posteriormente el nivel del compartimiento de agua de lavado baja al ser descargado
10. Después de 10 minutos el nivel llega donde se encuentra el sello de agua y este se rotura permitiendo pasar el aire a través del rompedor de sifón
11. Al introducir aire al sifón este termina el vacío haciendo que deje de haber una succión, así también acabando con el proceso de retrolavado, el agua que aun se encuentra en el sifón cae en el vertedor y una pequeña parte se regresa a la gaveta por acción de la gravedad
12. Se cierra la válvula de diafragma y se abre el collarín lentamente para evitar que entre el agua de forma brusca y se produzca un desacomodo del lecho filtrante, después de realizar esto se continua con el proceso de filtración
13. El filtro se puede retrolavar de forma manual, gracias a que este posee una línea de tubería que está conectado a una bomba de 40hp, esta bomba manda agua que entra por la línea de suministro de agua a presión llenando la línea de vacío y el sifón con fluido y creando el vacío necesario para que se pueda dar este proceso de lavado. Una vez comienza el retrolavado de esta forma es el mismo proceso que efectúa el filtro que si se hiciera de forma automática.



### 3.1 Análisis para la identificación de los problemas.

Se realizó un análisis según lo observado en los filtros, los principales problemas que encontramos fueron; las placas las cuales al estar en contacto con el agua potable no pueden estar oxidadas ya que el agua debe cumplir con la norma NOM-127-SSA1-2021 esta tiene los siguientes parámetros para metales y metaloides:

Parámetros	Límite permisible	Unidades
Aluminio	0.20	mg/L
Arsénico <sup>a</sup>	0.025	mg/L
Bario	1.3	mg/L
Cadmio <sup>b</sup>	0.005	mg/L
Cobre	2.00	mg/L
Cromo total	0.05	mg/L
Hierro	0.30	mg/L
Manganeso	0.15	mg/L
Mercurio	0.006	mg/L
Níquel	0.07	mg/L
Plomo	0.01	mg/L
Selenio	0.04	mg/L

NOTA 1 Los límites permisibles de metales y metaloides se refieren a su concentración total en el agua, la cual incluye los suspendidos y los disueltos.

*Tabla 5 Especificaciones sanitarias de metales y metaloides, NOM-127-SSA1-2021*

Al tener cloro y sulfatos el agua que pasa a través de las placas y al estar en contacto con una cantidad de aire que entra a través del canal de collarines, se produce una capa de óxido de hierro y de manganeso en la superficie de esta, esto representa un problema para la salud de la población.

El consumo prolongado podría causar vómitos, náusea, dolores de cabeza y diarrea. Bañarse con agua con óxido puede ser dañino para su piel y cabello. Este mineral saca humedad de su cuerpo, cuando debería estar absorbiéndola. Lo que causa que se sequen y se vuelvan quebradizos.



*Ilustración 15 Foto de Placas del fondo falso*

Otro de los puntos a resolver son las boquillas filtrantes varias de estas ya no funcionan o se rompieron, al ser un modelo antiguo estas ya no se encuentran disponibles para hacer un recambio, y al ser una de las piezas más esenciales del filtro se requiere conseguir boquillas con características similares a las usadas anteriormente.



*Ilustración 16 Foto de las boquillas filtrantes*

Para poder hacer una propuesta del cambio se hizo una investigación previa con el fin de saber los requerimientos necesarios para la nueva boquilla filtrante. Las características principales son el diámetro de la boquilla, y la separación que deben tener las entradas de agua de la boquilla con el fin de que la arena que se encuentra en el lecho filtrante no pase con el agua filtrada y quede retenida por fuera de la boquilla.

Para saber el diámetro de las boquillas se hizo una medición en las placas del fondo falso, en el cual tuvimos un diámetro de 1.89 in



*Ilustración 17 Medición del diámetro del lugar de colocación de boquillas en las placas*

Por lo que es necesario utilizar una boquilla que se acople a ese diámetro.

Para la separación en las entradas de la boquilla se hizo un análisis gravímetro a la arena sílica con el fin de obtener el tamaño de malla de esta, Este procedimiento se hizo a través de una tamizadora, el equipo de serie de Tyler, para eso fue necesario hacer uso de 3 mallas de número 10, 16 y 20.



*Ilustración 18 Mallas utilizadas en la serie de Tyler*



*Ilustración 19 Tamizadora del ITTG*

Al realizar el tamizado se encontró que la arena presentaba distintos tipos de granulometría por lo que fue necesario pesar la cantidad de arena que quedó retenida en cada malla para poder obtener una composición másica en función del número de malla.

Numero de Malla	Peso	Composición
10	548.76	0.3958
16	507.10	3658
20	330.32	0.2384
Total	1386.18	1

*Tabla 6 Composición de la arena sílica*



*Ilustración 20 Pesaje de la arena sílica para obtener la composición en función del No. de malla*

Para la selección del ancho de las ranuras en la boquilla se considerará el número más pequeño de partícula teniendo un número de abertura de 0.841mm, con el fin de que las partículas pequeñas de arena no se filtren a través de estas y se vayan junto con el agua purificada, permitiéndonos no tener pérdidas en la arena depositada en el lecho, y manteniendo sin impurezas el agua potable, así cumpliendo de forma adecuada la NOM-127-SSA1-2021.

Por otro lado, tenemos en la parte de la instrumentación muchas de las válvulas se encuentran rotas o averiadas, por lo que es de gran importancia realizar el cambio de estas principalmente de las válvulas que generan el vacío en el sifón, que es indispensable para el retrolavado de los filtros.

Las válvulas que actualmente posee el filtro para el sifón son válvulas de diafragma, debido al uso y la antigüedad de estas, las membranas se deterioran por la deformación que reciben al abrir y cerrar el paso del fluido y al estar en contacto con él.

Además de otras válvulas que presentan desgastes y están rotas como las de compuerta.

Ver Anexo V.

### 3.2 Propuestas para la solución de los problemas presentados

#### 3.2.1 Boquillas Filtrantes (Toberas filtrantes).

Para escoger el ancho de la ranura se debe tomar una consideración la cual es tomar el tamaño más pequeño de la partícula y multiplicarlo por un 50 o 70% con el fin de que esas partículas se retengan por lo que el ancho de la ranura de nuestra boquilla será de:

$$\text{Ancho de ranura} = \text{Tamaño de partícula} * (50\% - 70\%)$$

$$\text{Ancho de ranura} = 0.841\text{mm} * (0.6) = 0.504\text{mm}$$

Después de hacer el análisis se llegó a un resultado de escoger una boquilla (tobera filtrante) de tipo P, este es apropiado para filtros de arena y antracita, de fácil limpieza en contra lavado y la forma de fijarlo puede ser de rosca entre otros.

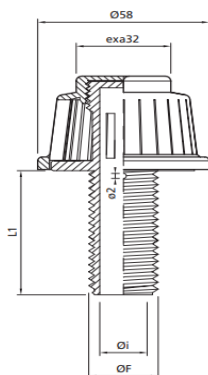


Ilustración 21 Boquilla (Tobera filtrante) tipo P, Catalogo Toberas filtrantes para tratamiento de agua, ILMAP, 2022

Esta boquilla se deberá tener un ancho de ranura de 0.5mm y la cantidad de ranuras esta en función de y se puede observar en la siguiente tabla

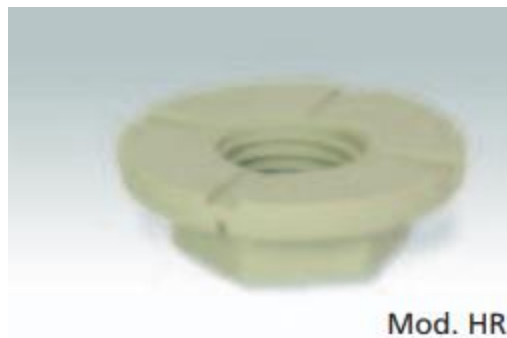
Tipo Type	Ranura Slot width mm	N. Ranuras Slots No.	Area Area mm <sup>2</sup>
<b>P</b>	0,25	30	165
	0,5	26	286
	1	20	440
	2	18	774
	3	12	684

Tabla 7 Boquilla filtrante, ranuras y numero de ranuras, Catalogo Toberas filtrantes para tratamiento de agua. ILMAP, 2022

El diámetro que presenta la boquilla es de hasta 58 mm por lo que es viable escoger este modelo, y el material de este será PPFV (Polipropileno reforzado con fibra de vidrio) este material tiene una buena resistencia mecánica, maquinabilidad, estabilidad dimensional y una resistencia a las temperaturas de hasta 100°C además de una resistencia a la luz UV y posee una resistencia mejorada a productos químicos oxidantes, por lo que su tiempo de vida útil es de varios años.

El método de fijación de esta se presentarán distintas alternativas en primera instancia tenemos:

- Tuerca de alta resistencia HR de PP o PPFV: Esta tuerca por su geometría presenta una gran resistencia al torque y por el material de elaboración una resistencia a químicos oxidantes.



*Ilustración 22 Tuerca de fijación alta resistencia, Catalogo Toberas filtrantes para tratamiento de agua, ILMAP, 2022.*

- Tuerca de expansión TS: Esta tuerca es adecuada para filtros sin acceso a la parte inferior de las placas, en el caso de elegir esta opción el tipo tendrá que ser TS1 debido al espesor de la placa que es de 10mm el rango de aplicación para esta tuerca es de 5 a 12mm de igual manera el material de esta será PP o PPFV para tener una buena resistencia y aumentar la vida útil de la Tuerca.



*Ilustración 23 Tuerca de expansión, Catalogo Toberas filtrantes para tratamiento de agua, ILMAP, 2022.*

- Manguitos para placa: Estos son adecuados para filtros sin acceso a la parte inferior de las placas el material de elaboración de estos puede ser PVC Compuesto a 60°SH.A o PP/EPDM 65°Sh.A



*Ilustración 24 Manguito para placa, Catalogo Toberas filtrantes para tratamiento de agua, ILMAP, 2022.*

### **3.2.2 Placas del falso fondo**

Para la rehabilitación de estas, se propone un lijado con cardas para quitar la mayor parte de costras de óxido que presentan las placas, después de aplicar el lijado se propone realizar un Sandblasting, para dar un acabado fino y poder realizar un recubrimiento con resina epóxica. Dicha resina tiene que ser de grado sanitario debido a que es agua para consumo humano no debe tener disolventes que contaminen el agua, es por lo que se recomienda usar GUARDQUIM EPOXI 650 AQUA G/S el cual es un recubrimiento epóxico a base de agua de dos componentes anticorrosivo e impermeable grado sanitario.

Este recubrimiento tiene buena adherencia a superficies secas o húmedas lo que lo hace ideal para áreas cerradas o abiertas. Las materias primas con la que esta formulado cumplen con la regulación que indica que puede estar en contacto directo con alimentos.

Como sugerencia, este recubrimiento también puede ser usado en las paredes y techos de la cámara donde se encuentran las placas, así teniendo una mayor proyección a la filtración y desgaste en las paredes.

Ficha técnica Ver Anexo 1

### **3.2.3 Válvulas**

#### *3.2.3.1 Válvula de diafragma o membrana*

Para esta válvula se propone cambiarla por una válvula de membrana DK DIALOCK Bridada, La geometría interna del cuerpo optimiza la eficiencia fluidodinámica aumentando considerablemente el caudal y garantiza una óptima linealidad de la curva de regulación.

El volante está dotado con un mecanismo patentado de bloqueo de la maniobra, inmediato y ergonómico, que permite bloquear cualquier posición de regulación establecida. Para un DN de 1 in, esta válvula no tiene contacto directo el mecanismo con los fluidos del proceso por lo que, además de que está elaborada con materiales anticorrosivos y antioxidantes el cual es PPVF





*Ilustración 25 válvula de membrana bridada manual, DK DIALOCK.*

### 3.2.3.2 Válvula de compuerta

En este caso la propuesta es una válvula de compuerta de cuerpo plano en fundición nodular PN 16 (EN-GJS-400-15) con un DN de 3 ½" y 1" para agua potable esta válvula soporta una temperatura de 65°C y una presión de hasta 16 Bar es de accionamiento con volante manual.



*Ilustración 26 válvula de compuerta bridada de hierro fundido, de accionamiento con volante manual*

El motivo de seleccionar válvulas bridadas es que para dar el mantenimiento o realizar el cambio de estas no se tiene que retirar tramos largos de tubería, por lo observado en los filtros las válvulas de compuerta son roscadas, y para realizar el mantenimiento hay que retirar todo el tramo de tubería para poder extraer la válvula, es por ello por lo que se optó por un diseño bridado para facilitar el cambio.

### 3.2.3.3 Válvula de bola

Para las válvulas de bola que posee el filtro que estén averiadas o desgastadas, se recomienda realizar un cambio por unas válvulas de Acero inoxidable marca TITAN modelo: BV25-SS esta válvula tiene una conexión macho hembra a hembra esta es ideal para descargas de alta presión, clase ANSI 600 900 y 1500





*Ilustración 27 válvula de bola de acero inoxidable, catalogo TITAN*

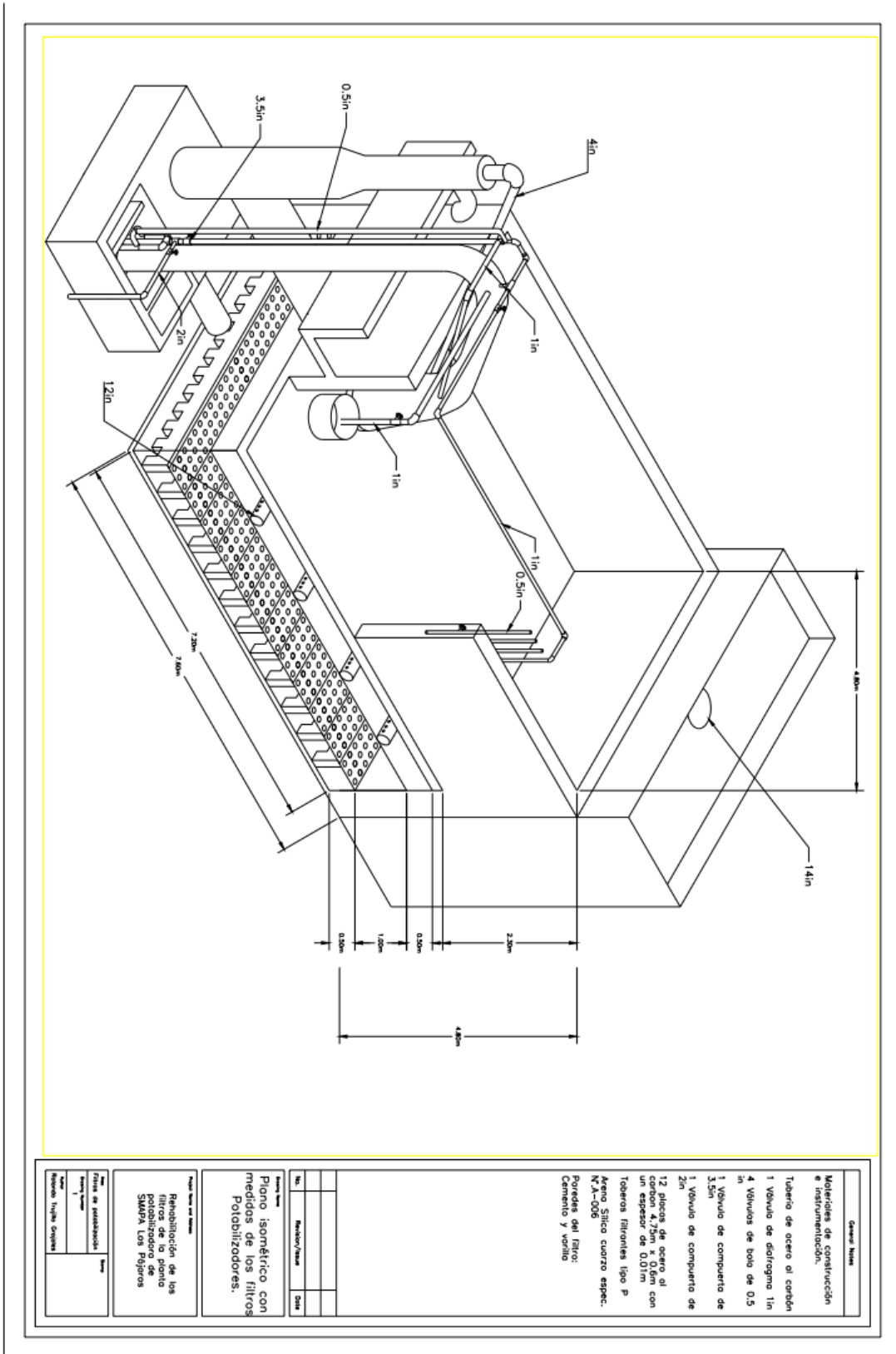
## **Capítulo IV: Resultados y conclusiones.**

### **4.1 Resultados**

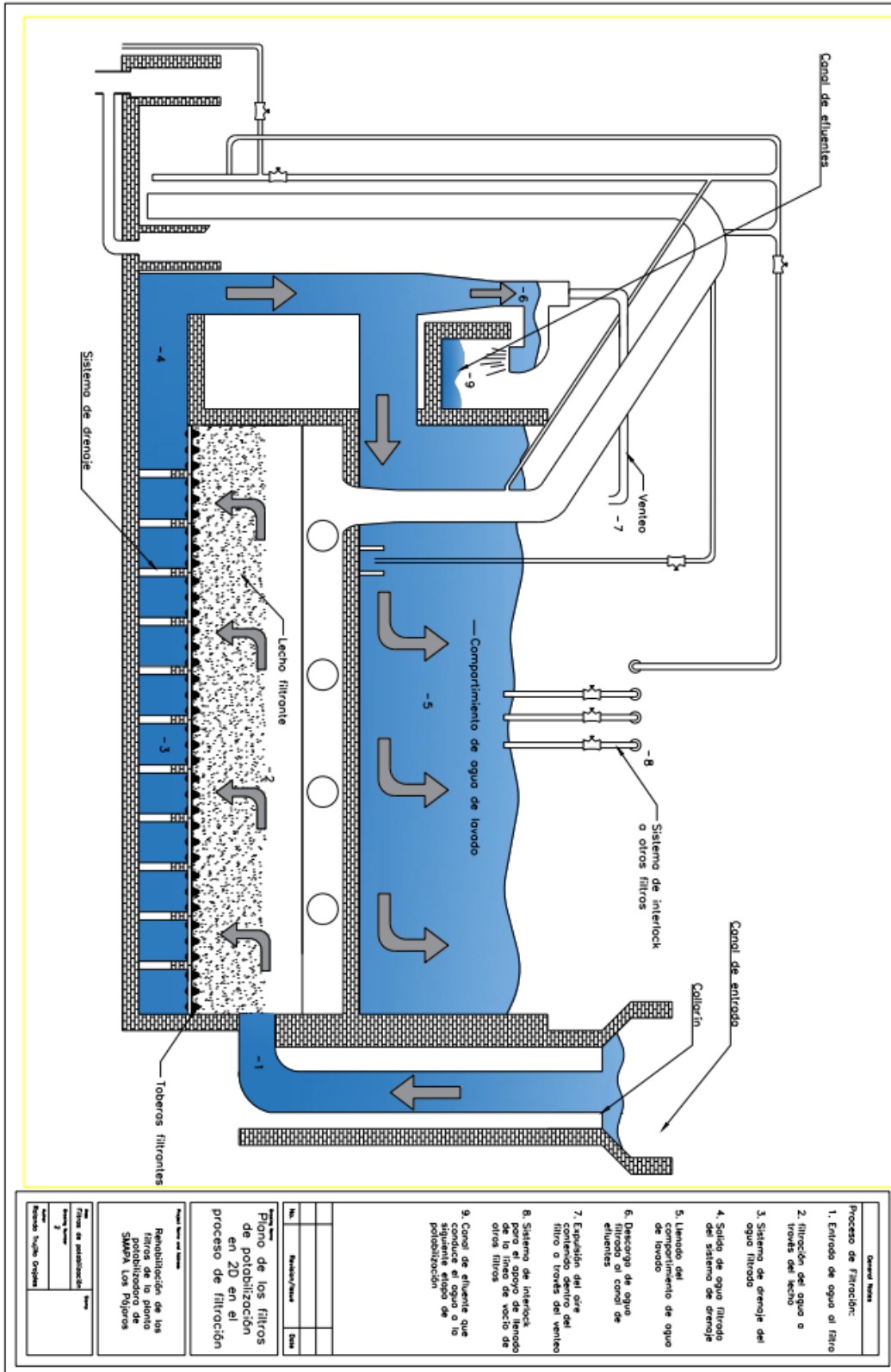
Como resultados del proyecto presente, podemos decir que los objetivos generales y específicos se cumplieron ya que se realizaron las propuestas para la rehabilitación de las placas, boquillas del filtro, válvulas y además una propuesta para el recubrimiento de las paredes y placas con la finalidad de aumentar su tiempo de vida de estas.

También se realizaron diagramas de los filtros, para el mejor entendimiento, así facilitando el mantenimiento y funcionalidad de los filtros, se realizaron 3 diagramas: uno en 2D donde se muestra la instrumentación con las dimensiones de cada válvula y tubería. El segundo diagrama es un plano isométrico de equipo con el fin de tener un diagrama claro, y de sencilla interpretación en este se pueden observar los componentes internos del filtro, como los tubos por donde pasa el agua de retrolavado, la cámara del lecho filtrante, las coladeras, boquillas entre otros más. Por último, se realizó un diagrama en 3D en el cual viene representado de manera explícita todas las partes y componentes, así como también la instrumentación del filtro este diagrama se proporcionará en formato editable para que se puedan hacer futuros ajustes para nuevos proyectos y en un disco en formato de video, para poder facilitar la comprensión de los elementos que componen el filtro.

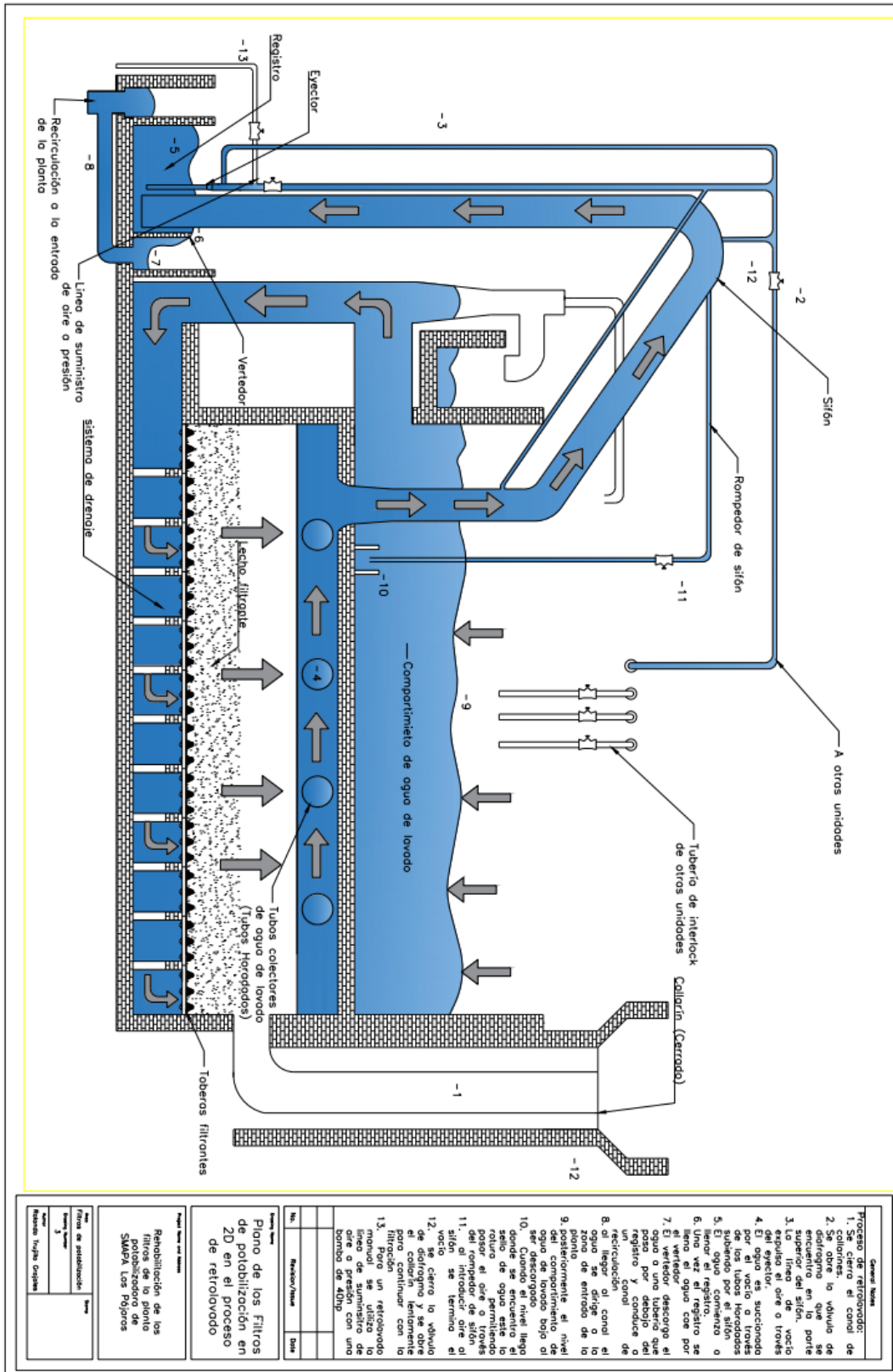
### 4.1.1 Plano Isométrico con medidas



4.1.2 Plano 2D con el proceso de filtración



4.1.3 Plano 2D con el proceso de retrolavado



#### 4.1.4 Plano 3D del filtro de la planta Los Pájaros

[Plano 3D Filtros de la planta Los Pájaros](#)

## 4.2 Conclusión

En definitiva, como bien sabemos, la cantidad de agua en la Tierra no aumenta ni disminuye, la población humana y sus necesidades se disparan debido a diversas actividades que requieren de los recursos hídricos. Aunque la cantidad de agua es constante, no se puede distribuir al mismo tiempo, sino que se presenta de manera irregular a lo largo del año, además de las fluctuaciones de un año a otro, dependiendo de las condiciones climáticas globales, porque afectan la forma y cantidad de agua en acuíferos, o en las áreas de almacenamiento, o cuando son transportados a la atmósfera, lo que cambia la disponibilidad de agua en cada región.

Por tanto, el principal objetivo de la rehabilitación de una planta potabilizadora de agua es maximizar la cantidad de agua producida, teniendo en cuenta su calidad, por lo que es necesario determinar qué sustancias contiene, ya sean en suspensión o disueltas.

Durante la renovación, también es importante darles mantenimiento a los filtros para evitar la corrosión y el óxido en los mismos y en las tuberías de distribución, para esto es necesario limpiar el agua ajustando el pH o agregando inhibidores de incrustaciones, como los fosfatos siempre y cuando se cumpla con los parámetros establecidos en la norma. También es muy importante renovar o reemplazar las válvulas de control de filtros y coladeras (boquillas) filtrantes, considerando las propuestas presentadas en este trabajo, para la optimización de los recursos, la cantidad y calidad del agua.

Considerando que la escasez de recursos para un óptimo funcionamiento de la planta es un problema común, no solo en SMAPA sino en cualquier industria del agua, que generalmente se da con frecuencia el mal funcionamiento de estas, aún en tiempos normales, podemos asegurar que con estas implementaciones se cumplirá con la NOM-127-SSA1-2021, lo que tendrá como consecuencia lograr la misión de esta planta, que es ofrecer a los usuarios un servicio de calidad en el suministro de agua potable y alcantarillado sanitario. También es importante realizar un seguimiento, de dichas propuestas para comprobar periódicamente la calidad y cantidad del agua producida en la instalación para asegurarse de que todo funciona correctamente y que el agua producida cumple los requisitos mínimos. Esto aliviará las preocupaciones acerca de la disponibilidad de agua y ayudará a reducir el desperdicio o deterioro de los instrumentos útiles que conforman la planta, sobre todo si se detecta e identifican los problemas de manera preventiva así dándoles un mantenimiento que haga que se alargue la vida útil de los filtros, y no mantenimiento correctivo, debido a que son más costosos y tardados.

### **4.3 Competencias desarrolladas:**

Se aplica los conceptos, principios, métodos y criterios para el diseño, selección, operación y adaptación de equipos industriales utilizados en procesos de separación mecánica

Se Selecciona de los sistemas de tratamiento preliminares, primarios, secundarios, terciarios y avanzados

Selección y aplicación de la instrumentación de control de procesos químicos y bioquímicos a partir de los requerimientos óptimos de operación

Se Comprende, aplica y relaciona los fundamentos, métodos gravimétricos de química analítica utilizados para la evaluación de materiales, intermediarios y productos de procesos industriales y recursos bióticos.

Se Identifica por sus propiedades físicas y químicas a los elementos, compuestos inorgánicos y orgánicos que intervienen en procesos industriales; como elementos de riesgo

Competencias instrumentales:

- Capacidad de análisis, síntesis y abstracción.
- Capacidad de comunicación oral y escrita.
- Habilidad en el uso de tecnologías de información y comunicación.
- Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.
- Capacidad para gestionar y formular proyectos.



## Referencias

- AVkvalvulas. (Octubre de 2022). *¿Qué es una válvula de compuerta?* Obtenido de <https://www.avkvalvulas.com/es-es/más-información-y-soluciones/características-de-los-productos/válvulas-de-compuerta/qué-es-una-válvula-de-compuerta>
- AWASA. (2022). *AWASA*. Obtenido de <https://awasa.com.mx/productos-tratamiento-de-aguas/filtracion-separacion-de-solidos-leopold/falso-fondo/>
- Barrios, C. T. (2009). *Guía de orientación en saneamiento básico para alcaldías de municipios rurales y pequeñas comunidades*. Lima (Perú): Organización panamericana de la salud.
- Blacio, D., & Palacios, J. (2011). *FILTROS BIOLÓGICOS PARA LA POTABILIZACIÓN DEL AGUA POSIBILIDADES DE USO DE FLA (FILTROS LENTOS DE ARENA) CON AGUA SUPERFICIAL DE NUESTRA REGIÓN*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- BLACIO, D., & PALACIOS, J. (2011). *FILTROS LENTOS DE ARENA*. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca.
- Brigard, M. (2007). *Purificación de aguas*. Bogotá: Escuela colombiana de ingeniería.
- Carbotecnia. (2020). *Arena sílica*.
- COMAPA. (2022). *Potabilización*. Altamira: COMAPA. Recuperado el Septiembre de 2022
- CONAGUA. (2020). *Manual de Agua Potable, alcantarillado y saneamiento fenómenos transitorios de líneas de conducción*. México D.F. Tlalpan: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- CONAGUA. (2022). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Desinfección para sistemas de agua potable y saneamiento*. México D.F.: Publicaciones de SEMARNAT.
- Cough, R. (12 de Agosto de 2019). *Laminas y Aceros*.
- Dincorsa. (30 de Enero de 2017). *Tipos, aplicaciones y ventajas de las válvulas de bola*. Obtenido de <https://www.dincorsa.com/blog/valvulas-bola-tipos-aplicaciones-ventajas/#:~:text=Válvulas%20de%20bola%20bronce%3A%20Debido,controlar%20el%20paso%20de%20vapor.>
- Emerson, i. (16 de Octubre de 2022). *Válvulas de control, Válvula de bola*. Estados Unidos.
- Enrique. (28 de Diciembre de 2021). *Airman*. Obtenido de *¿Qué es el sandblasting, arenado o chorro de arena?*: <https://compresoresairman.com/que-es-el-sandlasting-arenado-o-chorro-de-arena/>
- FAO. (2013). *CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA*. Santiago: FAO.

- García, A. (17 de Septiembre de 2018). *Ecología verde*. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/que-es-la-sedimentacion-del-agua-potable-1507.html>
- Gardnerdenver. (2022). *Soplantes y retrolavados*. Obtenido de <https://www.gardnerdenver.com/es-mx/hoffmanandlamson/industries/water-and-wastewater-treatment/filter-backwash#:~:text=El%20retrolavado%20es%20un%20proceso,agua%20que%20pasa%20por%20él>.
- González, K. (2014). *Análisis Granulométrico*. Bogotá: Universidad de los Andes.
- Grace, M. (2016). *Performance of novel media in stratified filters to remove organic carbon from lake water*.
- Guime, F. (2002). Filtración Agua potable. *Agua Latinoamerica #60*, 10-13.
- Imperquimia. (2017). *GUARDQUIM EPOXI 650 AQUA G/S*. México, D.F.: Imperquimia.
- INSUTEC. (2011). *INSUTEC*. Obtenido de instituto superior tecnológico : <http://insutecmza.blogspot.com/2011/06/tamices-definicion.html>
- Jorge, W. i. (2015). *EL AGUA COMO RECURSO NATURAL DESDE LA PERSPECTIVA DEL DERECHO ECONÓMICO*. Obtenido de <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/8/3977/28.pdf>
- Macías, J. (2013). *Academia de ingeniería de México*. Ciudad de México: Retrived.
- Mulley, R. (2004). *Flow of Industrial Fluids: Theory and Equations*. CRC.
- NTGDvalve. (2020). *Válvula de diafragma*. Gillingham.
- ORTHOS. (06 de Noviembre de 2020). *Boquillas filtrantes Tipos, Aplicaciones y metodos de fijación*. Obtenido de ORTHOS: <https://orthosfilters.com/nozzle-geometries-and-mounting-methods/>
- Puerto, S., & Daniel, S. (2008). *REHABILITACION FILTRO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA*. Bogotá.
- Revista española de tecnología. (2020). *redeweb*. Obtenido de <https://www.redeweb.com/actualidad/vernier/>
- Rojas, J. (2009). *Calidad del agua tercera*. Bogotá: Escuela colombiana de ingeniería.
- SE, S. d. (2014). *Perfil de mercado del sílice*. D.F.: Secretaría de economía.
- SINA. (noviembre de 2022). *Agua renovable*. Obtenido de <https://sina.conagua.gob.mx/sina/index.php?p=2>
- SONDAGUA. (s.f.). *¿Cuál es la mejor solución de almacenamiento de agua potable?* Recuperado el 10 de Octubre de 2022, de SONDAGUA Ingenieros civiles: <https://www.sondagua.cl/blog/la-mejor-solucion-almacenamiento-agua-potable/>

Sondagua. (16 de Abril de 2018). *¿Cuál es la mejor solución de almacenamiento de agua potable?* Obtenido de <https://www.sondagua.cl/blog/la-mejor-solucion-almacenamiento-agua-potable/>

SUSTRAIAK grupo. (2022). *SUSTRAIAK*. Obtenido de <https://www.sustraiakgrupo.com/abastecimiento-de-agua/accesorios/collarines-de-toma/>


TVL. (2022). *TVL compañía especialista en vapor*. Obtenido de <https://www.tlv.com/global/LA/product-solutions/automatic-air-vents.html#1>

TZOU PANOS, N. y. (2008). *Coagulation Flocculation Processes in Water Wastewater Treatment*. Grecia: IASME.

Valco Industrial. (22 de Mayo de 2018). *Valco Industrial*. Obtenido de VÁLVULAS DE DIAFRAGMA: <http://valcoindustrial.com.mx/2018/05/22/valvulas-de-diafragma/#:~:text=Las%20válvulas%20de%20diafragma%20sirven,de%20estranulación%20de%20la%20conducción.>


## Anexos

### Anexo I: Ficha técnica de recubrimiento epóxico para placas del filtro y paredes, Proporcionada por el fabricante impermeqimia.



# Ficha Técnica

1 / 3



CSI. 099656

## GUARDQUIM EPOXI 650 AQUA G/S

RECUBRIMIENTO EPOXICO BASE AGUA DE DOS COMPONENTES ANTICORROSIVO E IMPERMEABLE GRADO SANITARIO, CON BUENA ADHERENCIA EN SUPERFICIES SECAS O HÚMEDAS. IDEAL PARA ÁREAS CERRADAS O MAL VENTILADAS.

**DESCRIPCIÓN**

GUARDQUIM EPOXI 650 AQUA G/S es un recubrimiento epóxico grado sanitario, ecológico en dispersión acuosa de dos componentes, formulado a partir de resinas epóxicas de la más alta calidad y productos químicos que al mezclarse le permiten adherirse perfectamente a superficies secas o húmedas. Las materias primas con las que está formulado este recubrimiento cumplen con la regulación que nos indica que pueden estar en contacto directo con alimentos.

**USOS**

- GUARDQUIM EPOXI 650 AQUA G/S es ideal para el pintado anticorrosivo y decorativo de maquinaria y equipo en la industria alimenticia ya que las materias primas con las que está formulado este recubrimiento cumplen con la regulación, que nos indica que pueden estar en contacto directo con alimentos.
- Como recubrimiento impermeable para cisternas y tanques de agua potable ya que al no contener solventes no es tóxico durante ni después de la aplicación.
- GUARDQUIM EPOXI 650 AQUA G/S se emplea como recubrimiento protector de superficies de concreto, mortero, piedra, ladrillo, acero, entre otros.
- Como recubrimiento protector de fácil mantenimiento en locales húmedos como son: cervecerías, lavanderías, cocinas industriales, etc.
- GUARDQUIM EPOXI 650 AQUA G/S Transparente se puede mezclar con nuestra GUARDQUIM ARENA SÍLICE, formando un mortero a base de resinas epóxicas base acuosa, el mortero epóxico se emplea para resanar pisos de concreto, piedra, ladrillo, etc. Además de adherir tenazmente sobre cualquier superficie, por lo que se usa para hacer reparaciones en piezas precoladas, postes, vigas, fachadas, etc.
- Como boquilla y adhesivo sanitario en pisos de azulejo.
- El uso de este producto contribuye a sumar puntos para la certificación LEED.

**VENTAJAS**

- GUARDQUIM EPOXI 650 AQUA G/S permite el recubrimiento epóxico de pisos y otras superficies sin los peligros de incendio, explosión ó intoxicación que producen los recubrimientos que contienen solventes.
- GUARDQUIM EPOXI 650 AQUA G/S sella pisos y paredes que presenten humedad y forma un excelente ligante químico con el recubrimiento epóxico ó recubrimiento poliuretánico final.
- Al no contener solventes es ideal para la impermeabilización y recubrimiento sanitario de cisternas y tanques que contengan agua potable. Se pueden instalar aún con poca ventilación.
- Buena adherencia sobre superficies ligeramente húmedas, así como a los materiales de construcción: concreto, mortero, ladrillo, piedra, etc.
- El mortero de GUARDQUIM EPOXI 650 AQUA G/S Transparente y GUARDQUIM ARENA SÍLICE No.2 proporciona:
  - Buenas resistencias mecánicas y químicas.
  - Excelente resistencia a la abrasión y al tránsito.
  - Rápida puesta en uso.

**FORMA DE EMPLEO**

**a) PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE**

**MORTERO o CONCRETO:** Las superficies deben de estar estructuralmente sanas, limpias, libre de polvo, grasas y materiales mal adheridos.

**METAL:** Las superficies metálicas que van a ser recubiertas por el GUARDQUIM EPOXI 650 AQUA G/S deberán ser tratadas con un chorro de arena, o bien con nuestro GUARDQUIM PREP LIMPIAMETAL, con el fin de obtener una superficie limpia, libre de óxido, cascarrillas de laminación, grasas u otras sustancias que impidan la correcta adherencia del primer epóxico. Se recomienda que las superficies no deban de estar mojadas ni saturadas de agua; ya que GUARDQUIM EPOXI 650 AQUA G/S adhiere sobre sustratos ligeramente húmedos.

Se recomienda que la limpieza de la superficie que va a recibir GUARDQUIM EPOXI 650 AQUA G/S se haga por medio de un chorro de arena, chorro de agua de presión, carda metálica o granalladora para obtener una mejor adherencia del sustrato. También recomendamos imprimir las superficies metálicas oxidadas con nuestro GUARDQUIM PREP QUIMOX, que convierte al óxido en un material inerte y protector, formando una magnífica base para GUARDQUIM EPOXI 650 AQUA G/S.

**b) PREPARACIÓN DEL PRODUCTO**

Revolver cada componente antes de usarse. Verter completamente el componente "B" dentro del componente "A" mezclar manualmente o con un taladro de bajas revoluciones, hasta obtener una mezcla homogénea y de color uniforme.

Para preparaciones menores, mézclase proporcionalmente 83% en peso del componente "A" y 17% en peso del componente "B".

**NOTA:** En estos casos proporcione los componentes con precisión, de lo contrario se corre el riesgo que no endurezca correctamente el producto.

Déjese reposar de 5 a 10 minutos.

GUARDQUIM EPOXI 650 AQUA G/S mezclado tiene una vida útil en el envase de 1hr 30min a 25 °C, puede variar dependiendo de la temperatura ambiente. Tapar dejar reposar el producto durante 5 minutos (Tiempo de inducción), antes de aplicarlo.

**NOTA:** La viscosidad del producto aumenta sensiblemente después de un correcto mezclado de ambos componentes.

Nº DE FAMILIA  
31

GUARDQUIM  
RECUBRIMIENTOS EPOXICOS Y DE POLIURETANO

MARZO 2017

Este documento está en línea. Para más información contacte con el fabricante.  
IMPRESIÓN RESERVADA. 01-2017-000104000-01

15

resuelve@imperqimia.com.mx
01800 (RESUELVE) 737 8358
SOLUCIÓN Y CALIDAD EN SU CONSTRUCCIÓN

## GUARDQUIM EPOXI 650 AQUA G/S

RECUBRIMIENTO EPÓXICO BASE AGUA DE DOS COMPONENTES ANTICORROSIVO E IMPERMEABLE GRADO SANITARIO, CON BUENA ADHERENCIA EN SUPERFICIES SECAS O HÚMEDAS. IDEAL PARA ÁREAS CERRADAS O MAL VENTILADAS.

### c) APLICACIÓN

Después del periodo de inducción mezclar nuevamente **GUARDQUIM EPOXI 650 AQUA G/S** y aplíquese directamente sobre toda el área a recubrir por medio de una brocha o rodillo procurando aplicar 2 capas para obtener un buen cubrimiento de la superficie.

La segunda capa se aplica cuando la primera esté completamente seca al tacto. Debe aplicarse todo el producto preparado dentro de un tiempo no mayor de 1 hr 30 minutos. Deje secar 24 hrs la aplicación del **GUARDQUIM EPOXI 650 AQUA G/S**. Posteriormente puede aplicar el recubrimiento epóxico o poliuretánico de su elección. Las herramientas y equipos se lavan con agua y jabón mientras **GUARDQUIM EPOXI 650 AQUA G/S** aún este fresco.

También se puede elaborar un mortero Epóxico de altas resistencias siguiendo la siguiente relación:

**GUARDQUIM ARENA SILICE No. 2 - 6 PARTES**  
**CEMENTO PORTLAND - 2 PARTES**  
**GUARDQUIM EPOXI 650 AQUA G/S - 2 PARTES.**

Se deberá agregar la arena y el cemento al **GUARDQUIM EPOXI 650 AQUA G/S** una vez integrados sus dos componentes.

El **MORTERO EPÓXICO** ya preparado se coloca en una capa de 1 a 2 cm de espesor compactando la capa perfectamente, enrasando y nivelando la superficie. Para mejorar resultados, es necesario usar el **MORTERO EPÓXICO** durante su vida útil de aplicación o sea mientras no haya iniciado su endurecimiento.

### Vida útil aproximadamente (Extendido en charola)

TIEMPO DE VIDA ÚTIL	TEMPERATURA AMBIENTE
1 hora	Hasta 20 °C
45 minutos	De 20 °C a 25 °C
30 minutos	De 25 °C a 30 °C

Cuando se trate de bachear en pisos con el mortero epóxico, es recomendable abrir cajas de sección regular con una profundidad mínima de 1 cm y con sus lados cortados a 90°.

### RECOMENDACIONES

- Durante la aplicación el lugar debe de estar convenientemente ventilado para permitir la evaporación del agua contenida en el **GUARDQUIM EPOXI 650 AQUA G/S**.
- Es preciso proteger **GUARDQUIM EPOXI 650 AQUA G/S** contra la lluvia al menos durante 8 hrs a 25 °C.
- No aplicar el primer epóxico después de transcurrido el tiempo de vida útil ya que la aplicación será defectuosa.
- Usar guantes de hule, mascarillas y gafas protectoras durante su manipulación.

### RENDIMIENTO TEÓRICO

Un litro de **GUARDQUIM EPOXI 650 AQUA G/S** rinde de 4 a 6 m<sup>2</sup> a dos manos, sobre superficies lisas.

**NOTA:** El rendimiento del **GUARDQUIM EPOXI 650 AQUA G/S** puede variar considerablemente dependiendo de la porosidad de la superficie.

El **MORTERO EPÓXICO** preparado con **GUARDQUIM EPOXI 650 AQUA G/S**: Tiene una densidad de 2.4 Kg/lt, lo que significa que se requiere 2.4 Kg de **MORTERO EPÓXICO** para cubrir 1 m<sup>2</sup> a 1 mm de espesor.

### PRESENTACIÓN

**GUARDQUIM EPOXI 650 AQUA G/S** se surte en:

- Juego de 18 lts.
- Juego de 4 lts.

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

PRUEBA	MÉTODO	ESPECIFICACIÓN
Apariencia	-----	Líquido viscoso
Color	-----	Bianco y colores de línea
% Material no volátil (peso) • Componente "A" • Componente "B"	ASTM D - 2369 ASTM D - 2369	28 +/- 1% 99 +/- 1%
Densidad • Componente "A" • Componente "B"	ASTM D - 1475 ASTM D - 1475	1.05 - 1.10 g/cc 1.20 - 1.25 g/cc
Vida útil (Pot Life)	ASTM C - 881	1 hr. 30 min a 25 °C
Relación de la mezcla A/B	Funcional	76% / 24% peso para transparente 80% / 20% peso para blanco
Estabilidad en el envase	ASTM D - 1849	12 meses

**NOTA:** Los datos incluidos fueron obtenidos en condiciones de laboratorio.

### ALMACENAJE

En un lugar seco y fresco y sin mezclar los componentes, **GUARDQUIM EPOXI 650 AQUA G/S** conserva sus propiedades durante 12 meses.



### COMPROMISO ECOLÓGICO

Actualmente este producto tiene una formulación que es amigable con el medio ambiente; sin embargo, se siguen haciendo esfuerzos para la mejora continua de la formulación.



## GUARDQUIM EPOXI 650 AQUA G/S

RECUBRIMIENTO EPÓXICO BASE AGUA DE DOS COMPONENTES ANTICORROSIVO E IMPERMEABLE GRADO SANITARIO, CON BUENA ADHERENCIA EN SUPERFICIES SECAS O HÚMEDAS. IDEAL PARA ÁREAS CERRADAS O MAL VENTILADAS.

### USOS

GUARDQUIM EPOXI 650 AQUA G/S es ideal para el pintado anticorrosivo y decorativo de maquinaria y equipo en la industria alimenticia ya que es totalmente libre de solventes y se diluye con agua. Recubrimiento impermeable para sistemas y tanques de agua potable.

### RENDIMIENTO TEÓRICO

Un litro de GUARDQUIM EPOXI 650 AQUA G/S rinde de 4 a 6 m<sup>2</sup> a dos manos, sobre superficies lisas. Nota: El rendimiento puede variar considerablemente dependiendo de la porosidad de la superficie.

### TABLA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

PRUEBA	METODO	ESPECIFICACIÓN
VOC g/l	ASTM D - 3960	31.4
Reflectancia solar (0-1)	ASTM C - 1549	0.78
Emitancia térmica (0-1)	ASTM C - 1371	0.85
Índice de reflectancia solar (IRS)	ASTM E - 1990	96
Conductividad térmica (W/mK)	NMX - C - 181, NMX - G - 258	---
Permeabilidad al vapor de agua (ng/Pa <sup>2</sup> m)	NMX - C - 210	0.0000
Contenido de reciclado	---	0 %
Transparencia radical	---	Resinas epóxicas 30%, Agregados inertes 20%, Agua 45.8%, Alcohol isopropílico 3.2%
Reciclabilidad	---	Una vez cumplido su ciclo de vida, se recomienda aplicar sobre el mismo sin retirar la pintura del mismo tipo
Consejos de gestión de residuos	---	Con lo anterior no genera residuos, una vez utilizado el producto el envase vacío puede ser reciclado en cualquier sucursal.



**LUGAR DE PRODUCCIÓN:**  
Carretera Federal, México-Pachuca Km. 47.6, Col. Reyes Acazac, Tecámac, Edo. de México, C.P. 55755

**RADIO DE 800 KM:** Edo. de México, D.F., Tlaxcala, Hidalgo, Querétaro, Guanajuato, Morelos, Puebla, Veracruz, Guerrero, Michoacán, Jalisco, Colima, Oaxaca, San Luis Potosí, Aguascalientes, Zacatecas, Nayarit.  
Gran parte del territorio de: Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila, Durango, Sinaloa, Chiapas, Tabasco y Campeche.

### LEED

### GUARDQUIM EPOXI 650 AQUA G/S

► GUARDQUIM EPOXI 650 AQUA G/S contribuye a aumentar la demanda de materiales de construcción y productos que se extraen y se fabrican en la región y apoya la reducción de los impactos ambientales del transporte. El consumo de materiales regionales deberá ser del 10 y 20% extraído, procesado y fabricado regionalmente en un radio de 800 kilómetros del sitio.

- Un mínimo de 10 y 20% (basado en el costo) de valor total de los materiales (costo real de los materiales).
- Si sólo es una fracción del producto, únicamente ese porcentaje (según su peso) contribuirá al valor regional.

$$\text{Porcentaje local de los materiales} = \frac{\text{total del costo del material local (\$)}}{\text{total del costo del material (\$)}} \times 100$$

Este producto cumple con los requisitos del crédito 5 de Materiales y Recursos (MRc5) por el costo, debido al lugar donde se produce.

► GUARDQUIM EPOXI 650 AQUA G/S contribuye en la calidad del ambiente interior al reducir la cantidad de contaminantes que tienen mal olor, causan irritación y son dañinos para el bienestar de los instaladores y ocupantes ya que cumple con el bajo contenido de VOC. Este producto cumple con los requisitos de bajas emisiones del crédito 4.2 de Calidad del Ambiente Interior (IEQc4.2).

Referencia: LEED reference guide BD+C 2009

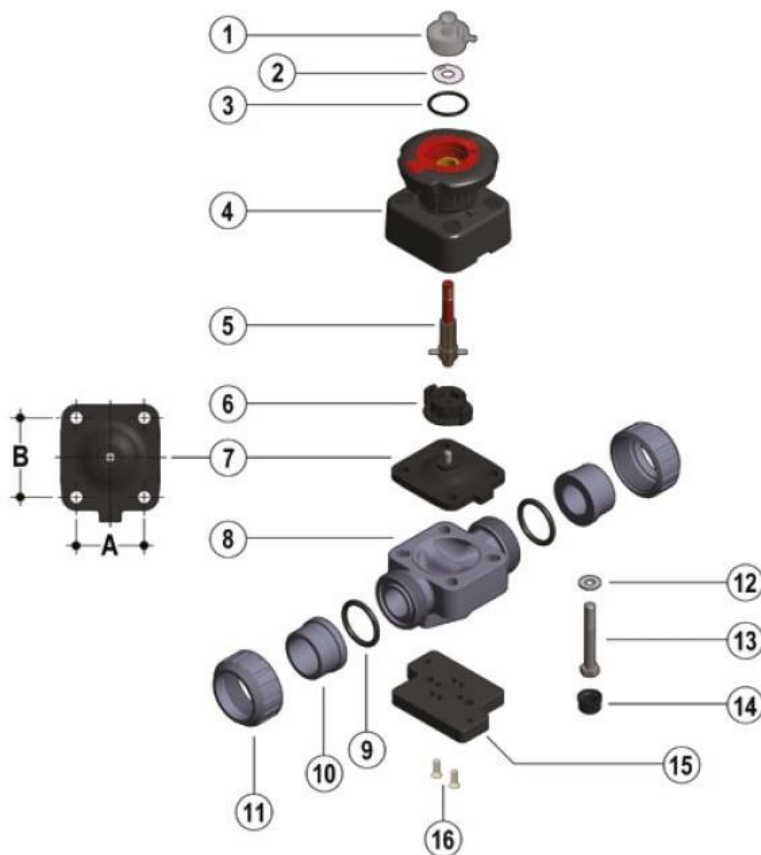
IMPERQUIMIA, S.A. de C.V. Periferico Sur No. 5/83, Colonia Isidro Pabala, Del. Tlalpa, C.P. 14038, Ciudad de México. Planta: Car. Fed. Méx - Pachuca Km. 47.6, Col. Reyes Acazac, Tecámac, Edo. de México, CP 55755. Atención al Cliente: 01800 (RESUELVE) 737 8358 | [resuelve@imperquimia.com.mx](mailto:resuelve@imperquimia.com.mx) | [www.imperquimia.com](http://www.imperquimia.com)

**GARANTÍA LIMITADA.** IMPERQUIMIA, S.A. DE C.V. garantiza que sus productos están libres de defectos al embarcarse desde nuestra planta, y que las recomendaciones contenidas en esta información están basadas en pruebas que consideramos confiables, sin embargo, como las condiciones en que se emplean están fuera de nuestro control, el usuario deberá hacer las pruebas necesarias para su correcta aplicación, limitándose la garantía exclusivamente a la reposición del producto probablemente defectuoso. Las reclamaciones deberán hacerse por escrito dentro de un periodo de seis meses a partir de su embarque, en caso contrario cesará nuestra responsabilidad.

**Anexo II: Componentes de la válvula de membrana, proporcionado por el fabricante Aliaxis en su catálogo de válvulas de diafragma.**

## COMPONENTS

### EXPLODED VIEW DN 15÷65



DN	15	20	25	32	40	50	65
A	40	40	46	46	65	78	78
B	44	44	54	54	70	82	82

- |  |  |  |
|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>1 · Transparent protection cap (PVC - 1)*</li> <li>2 · Customisation plate (PVC-U - 1)</li> <li>3 · O-Ring (EPDM - 1)</li> <li>4 · Operating mechanism (PP-GR / PVDF - 1)</li> <li>5 · Threaded stem - Indicator (STAINLESS steel - 1)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>6 · Compressor (PA-GR IXEF® - 1)</li> <li>7 · Diaphragm seal (EPDM, FPM, PTFE - 1)*</li> <li>8 · Valve body (PVC-U - 1)*</li> <li>9 · Socket seal O-ring (EPDM-FPM - 2)*</li> <li>10 · End connector (PVC-U - 2)*</li> <li>11 · Union nut (PVC-U - 2)*</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>12 · Washer (STAINLESS steel - 4)</li> <li>13 · Bolt (STAINLESS steel - 4)</li> <li>14 · Protection plug (PE - 4)</li> <li>15 · Distance plate (PP-GR - 1)**</li> <li>16 · Screw (STAINLESS steel - 2)**</li> </ul> |
|--|--|--|

\* Spare parts

\*\* Accessories

The material of the component and the quantity supplied are indicated in brackets

## Anexo III: Métodos de montaje y desmontaje de la válvula de membrana, proporcionado por el fabricante Aliaxis en su catálogo de válvulas de diafragma.

### DISMOUNTING

- 1) Isolate the valve from the line (release the pressure and empty the pipeline).
- 2) Unlock the handwheel if necessary by pushing it downwards (fig.5), and open the valve completely by turning it counter-clockwise.
- 3) Unscrew the union nuts (11) and extract the valve.
- 4) Remove the protection plugs (14) and remove the bolts (13) with the relative washers (12).
- 5) Separate the valve body (8) from the operating mechanism (4).
- 6) Rotate the handwheel clockwise until the threaded stem (5), the compressor (6) and the diaphragm (7) are released.
- 7) Unscrew the diaphragm (7) and remove the shutter (6).

### MOUNTING

- 1) Insert the compressor (6) onto the threaded stem (5), aligning it correctly with the stem pin.
- 2) Screw the diaphragm (7) onto the threaded stem (5).
- 3) Lubricate the threaded stem (5) and insert it into the operating mechanism (4), then turn the handwheel counter-clockwise until the stem is fully screwed in (5). Make sure that the compressor (6) and the diaphragm are properly aligned with the respective slots in the operating mechanism (4) (fig. 7).
- 4) Assemble the operating mechanism (4) on the body of the valve (8) and tighten the bolts (13) with the relative washers (12).
- 5) Tighten the bolts (13) evenly (diagonally) to the tightening torque suggested on the relative instruction sheet.
- 6) Replace the protection plugs (14).
- 7) Position the valve body between the end connectors (10) and tighten the union nuts (11), making sure that the socket seal O-rings (9) do not exit their seats.
- 8) If necessary, lock the handwheel by gripping it and pulling it upwards (fig.6).



**Note:** during assembly operations, it is advisable to lubricate the threaded stem. Mineral oils are not recommended for this task as they react aggressively with EPDM rubber.

Fig. 5



Fig. 6



Fig. 7





**Anexo IV: Requerimientos necesarios de seguridad para el procedimiento de Sandblast, proporcionado por la guía de seguridad y salud ocupacional al ejecutar el proceso de Sandblasting por la Empresa Halliburton Base Yopa.**

**Regla 1. Pantallas y carpas de protección**

Pantallas y carpas de protección para sectorizar la zona de trabajo y evitarla disipación en el área del polvo de arena residual.

**Regla 2. Proveer suficiente ventilación al lugar de trabajo**

Mantener ventilación suficiente del sector de trabajo, especialmente en recintos cerrados, confinados o poco accesibles, esto permitirá una renovación constante del aire contaminado evitando riesgos de intoxicación, explosión incendio. Mantener dicha ventilación durante toda la tarea.

**Regla 3. Buena iluminación del sitio.**

Mantener ventilación suficiente del sector de trabajo, especialmente en recintos cerrados, confinados o poco accesibles.

**Regla 4. Usar equipo eléctrico blindado**

Equipos eléctricos inadecuados o en mal estado son de riesgo inminente en las tareas. Se debe dar un especial cuidado a los equipos de iluminación, por la temperatura que desarrollan y por ser particularmente frágiles.

**Regla 5. Evitar chispas por electricidad estática**

Se debe evitar cualquier posibilidad de chispas provocadas por electricidad estática. La acumulación de electricidad estática por falta de conexiones a tierra de los equipos o ropa del personal que puede producir chispas por descarga.

**Regla 6. Contar con extinguidor de incendios**

Para responder de manera rápida a cualquier eventualidad que se pueda presentar en el área de trabajo.

**Regla 7. No permitir personas solas en el área de riesgo**

Siempre se debe trabajar en equipo de dos o más personas en presencia de un supervisor que se encuentre fuera del área directa de trabajo, pero bajo su alcance visual.

### **Regla 8. Orden y aseo**

El mantener el área de riesgo despejada, aseada y limpia antes y después del trabajo de Sandblast, permite la evacuación en caso de intoxicación, accidente o situación de emergencia.

### **Regla 9. Señalización**

Mantener una señalización adecuada del área, indicando la prohibición de fumar y el peligro de incendio o explosión; y prohibiendo además el ingreso al área de personal no autorizado.

### **Regla 10. Capacitación y educación de los empleados**

Todos los trabajadores expuestos o potencialmente expuestos a polvo de cuarzo respirable serán informados en un lenguaje apropiado de los riesgos, las consecuencias de la exposición, los procedimientos de emergencia, los métodos apropiados para el uso seguro y las precauciones para minimizar la exposición. La información requerida deberá ser registrada en una hoja de datos de seguridad o en una forma similar y se mantendrán en sus archivos, de fácil acceso para los empleados.

### **Regla 11. Todo personal debe usar el equipo de seguridad adecuado**

El no utilizar los equipos de seguridad atenta directamente contra la salud y seguridad del personal que trabaja en labores de Sandblast.

- Las gafas de seguridad que cubren toda la superficie del ojo.
- Un respirador diseñado para uso con equipos de alta presión de chorro de arena.
- Compresor de aire de gran capacidad y alta presión. Para suministrar aire al trabajador y evitar la inhalación del polvo de arena que puede dañar los pulmones.
- Filtro purificador de aire Elimina polvo, humedad y vapores de aceite de la línea de alimentación de aire del operario, generados por el compresor. • Además de mantener al operador en una atmósfera fresca y cómoda. • Escafandra o capucha
- Sistema de suspensión de la cabeza para permitir que el dispositivo se mueva con la cabeza del conductor.

- Visor frontal muy amplio de policarbonato traslúcido con la lente reemplazable o protección de la lente.
- Una manguera de alimentación de aire.

#### **La protección del oído**

- Orejeras o tapones para los oídos

#### **Ropa de protección**

- Guantes
- Camisa o blusa de mangas largas
- Overol

#### **Calzado de seguridad**

- botas con punta de acero

### **Regla 12. Higiene personal**

Los hábitos de higiene personal evitan el traslado de la contaminación por polvo de sílice cristalina respirable a otras dependencias de trabajo o incluso, al propio hogar, ya sea en la ropa, pelo, etc. Con el riesgo de atentar la salud de personas no expuestas profesionalmente a estas sustancias.

- No comer, beber o fumar en el lugar de trabajo.
- Antes de comer, beber o fumar, los trabajadores deben lavarse las manos y cara con agua y jabón. Además de quitarse la ropa de protección.
- Disponer de lugares separados para guardar la ropa de protección o de trabajo de la ropa limpia u otras prendas personales.
- Al finalizar la jornada de trabajo, los trabajadores expuestos deben asearse, ducharse si es necesario, y utilizar ropa limpia antes de abandonar el trabajo.
- Prohibición de llevarse la ropa de protección y el calzado de trabajo a su domicilio.

Es de vital importancia también tomar en cuenta el clima atmosférico en que se va a desarrollar el trabajo, ya que ello implica otras medidas de seguridad para el personal.

**Anexo V: Foto de las válvulas rotas**

