

EVALUACIÓN TÉCNICO - FINANCIERA DE LA PLANTA DE POTABILIZACIÓN
DE AGUA POR ÓSMOSIS INVERSA PARA LA IMPLEMENTACIÓN COMO
SERVICIO ADICIONAL DE LA EMPRESA BAWER COMPANY S.A.S.

PAULA JOHANNA GARZÓN MARTÍNEZ

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ D.C
2019

EVALUACIÓN TÉCNICO - FINANCIERA DE LA PLANTA DE POTABILIZACIÓN
DE AGUA POR ÓSMOSIS INVERSA PARA LA IMPLEMENTACIÓN COMO
SERVICIO ADICIONAL DE LA EMPRESA BAWER COMPANY S.A.S.

PAULA JOHANNA GARZÓN MARTÍNEZ

Proyecto Integral de Grado para optar al título de:
INGENIERO QUÍMICO

Director:
KAREN ROJAS
Ingeniero Químico

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ D.C
2019

Nota de aceptación:

Presidente de Jurados. Ing. Sandra Liliana Mesa Espitia

Jurado 1. Ing. Nubia Liliana Becerra Ospina

Jurado 2. Ing. Juan Camilo Cely Garzón

Bogotá D.C, febrero de 2019

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Jaime Posada Díaz

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectoría Académica y de posgrado

Ing. Ana Josefa Herrera Vargas

Decano General de la Facultad de Ingenierías

Dr. Julio César Fuentes Arizmendi

Director del Programa de Ingeniería Química

Dr. Leonardo De Jesús Herrera Gutiérrez

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsable por los criterios e ideas expuestas en el presente documento, ya que estos corresponden únicamente a los autores.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a mi familia, particularmente a mi madre Myriam Garzón que a lo largo de toda mi vida se han esforzado por formarme como una persona íntegra. A Dios por mostrarme el camino correcto y el tiempo adecuado para dar cumplimiento a mis metas.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la empresa Bawer Company S.A.S (Tocancipá) por apoyarme en mi proceso de formación y guiarme durante el planteamiento, desarrollo y ejecución de este proyecto, al ingeniero Ibrahim Duarte y a la ingeniera María Gámez por asignarme el tema, los recursos y las herramientas necesarias y a la ingeniera Karen Rojas por su seguimiento y colaboración durante el proceso que se realizó.

Agradezco a mi orientadora Sandra Mesa por su conocimiento, constancia e interés demostrado a lo largo de todo el proyecto.

A la ingeniera Camila De la Torre por aportar sus enseñanzas y experiencia adquirida, así como por su amistad durante todo mi proceso de formación como profesional.

Finalmente agradezco a Dios y mi familia que constantemente me apoyan y guían de la mejor forma posible, a todos mil gracias.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	20
OBJETIVOS	21
1. MARCO REFERENCIAL	22
1.1 MARCO TEÓRICO	22
1.1.1 Agua	22
1.1.1.1 Agua subterránea	22
1.1.1.2 Agua superficial	22
1.1.1.3 Agua lluvia	22
1.1.2 Características físicas del agua potable	22
1.1.2.1 Color	23
1.1.2.2 Conductividad	23
1.1.2.3 Olor y sabor	23
1.1.2.4 Sólidos totales	23
1.1.2.5 Sólidos disueltos	23
1.1.2.6 Sólidos en Suspensión	23
1.1.2.7 Turbidez	24
1.1.2.8 Temperatura	24
1.1.3 Características químicas del agua potable	24
1.1.3.1 Alcalinidad.	24
1.1.3.2 Dureza	24
1.1.3.3 Fosfatos.	25
1.1.3.4 Potencial de hidrogeno	25
1.1.3.5 Sustancias tóxicas inorgánicas	25
1.1.3.6 Sustancias tóxicas orgánicas	25
1.1.3.7 Sulfatos	25
1.1.3.8 Nitratos y nitritos.	25
1.1.3.9 Cloruros	26
1.1.4 Características microbiológicas del agua potable	26
1.1.4.1 Coliformes totales	26
1.1.4.2 Escherichia Coli	26
1.1.5 Procesos de potabilización del agua	26
1.1.5.1 Coagulación-floculación	26
1.1.5.2 Sedimentación	27
1.1.5.3 Filtración	27
1.1.5.4 Desinfección	27
1.1.6 Ósmosis inversa	27
1.1.6.1 Principio de operación de la ósmosis inversa	28
1.1.6.2 Membranas de ósmosis inversa	28
1.2 MARCO LEGAL	30

2. DIAGNÓSTICO	34
2.1 GENERALIDADES	34
2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	35
2.2.1 Sistema de filtración	37
2.2.2 Sistema de limpieza de filtración	38
2.2.3 Sistema de ósmosis inversa	39
2.2.1 Sistema de limpieza – Clean in Place	41
2.3 DESCRIPCIÓN Y DIAGNÓSTICO VISUAL DE EQUIPOS	42
2.4 DIAGNÓSTICO FUNCIONAL DE LA PLANTA DE POTABILIZACIÓN	50
2.4.1 Puesta en marcha de la planta	51
3. SELECCIÓN DE LA FUENTE A TRATAR	55
3.1 ALTERNATIVAS DE LA FUENTE A TRATAR	55
3.1.1 Alternativa 1: aguas subterráneas	56
3.1.2 Alternativa 2: aguas superficiales	57
3.1.3 Alternativa 3: aguas lluvia	59
3.2 PROCEDIMIENTO DE SELECCIÓN DE ALTERNATIVA	60
3.3 CRITERIOS DE SELECCIÓN Y VALORACIÓN	60
3.4 COMPARACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS EN FUNCIÓN DE LOS CRITERIOS	62
3.5 MATRIZ DE SELECCIÓN	63
4. DESARROLLO EXPERIENTAL	64
4.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE LA FUENTE SELECCIONADA	64
4.2 PLANTEAMIENTO POSIBLES ALTERNATIVAS PARA REALIZAR CORRIDAS	65
4.2.1 Alternativa corrida 1: filtro multimedia – Ósmosis Inversa	66
4.2.2 Alternativa corrida 2: un filtro de carbón activado – Ósmosis Inversa	67
4.2.3 Alternativa corrida 3: dos filtros de carbón activado – Ósmosis Inversa	67
4.2.4 Alternativa corrida 4: filtro multimedia – Un filtro de carbón activado – Ósmosis Inversa	67
4.2.5 Alternativa corrida 5: filtro multimedia – Dos filtros de carbón activado – Ósmosis Inversa	67
4.3 SELECCIÓN DE LAS CORRIDAS A REALIZAR	67
4.4 EJECUCIÓN DE LAS CORRIDAS SELECCIONADAS	68
4.4.1 Ejecución corrida 1: un filtro de carbón activado – Ósmosis Inversa	69
4.4.2 Ejecución corrida 2: dos filtros de carbón activado – Ósmosis Inversa	70
4.4.3 Ejecución corrida 3: filtro multimedia – Un filtro de carbón activado – Ósmosis Inversa	71
4.5 SELECCIÓN DE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN	71
4.6 AJUSTE DE CLORO Y pH	75
4.6.1 Equipos y reactivos	75
4.7 DOSIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE REACTIVOS	79
4.7.1 Dosificación de hipoclorito de sodio	80
4.7.2 Selección y dosificación de neutralizante	82

5. EVALUACIÓN FINANCIERA	87
5.1 COSTOS DE ACONDICIONAMIENTO	87
5.2 COSTOS DE ARRANQUE	88
5.3 ANÁLISIS FINANCIERO	90
5.3.1 Costo de venta	90
5.3.2 Costo de alquiler	91
5.3.2.1 Cálculo de indicadores financieros	92
6. CONCLUSIONES	99
7. RECOMENDACIONES	100
BIBLIOGRAFÍA	101
ANEXOS	106

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Condiciones de retrolavado para filtro multimedia y filtros de carbón activado	39
Tabla 2. Condiciones límites de operación ósmosis inversa	40
Tabla 3. Condiciones de operación de la planta de potabilización de acuerdo con manual de operación	51
Tabla 4. Escala de valores para criterios	60
Tabla 5. Matriz de pares de criterios	61
Tabla 6. Ejemplo de matriz de alternativas en función del criterio disponibilidad de la fuente	62
Tabla 7. Factor de ponderación de cada una de las alternativas en función de los criterios de selección.	63
Tabla 8. Matriz final de selección	63
Tabla 9. Parámetros fuera del valor de referencia	65
Tabla 10. Condiciones de operación para las corridas	68
Tabla 11. Resultados corrida 1	69
Tabla 12. Resultados corrida 2	70
Tabla 13. Resultados corrida 3	71
Tabla 14. Resultados ajuste de Cloro residual libre conde Hipoclorito de sodio.	81
Tabla 15. Resultados ajuste de pH con Bicarbonato de sodio	83
Tabla 16. Resultados ajuste de pH con Hidróxido de sodio	84
Tabla 17. Volumen de reactivos para ajuste de cloro y pH al mes	86
Tabla 18. Costos contemplados adicionales	87
Tabla 19. Depreciación planta de agua	88
Tabla 20. Costos de insumos requeridos	89
Tabla 21. Costos de operador	89
Tabla 22. Resumen de la viabilidad de poner en alquiler la planta	98

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Diagrama de bloques planta de potabilización	36
Figura 2. Filtro multimedia pretratamiento ósmosis inversa	37
Figura 3. Filtros de carbón activado pretratamiento ósmosis inversa	38
Figura 4. Filtro cartucho pretratamiento ósmosis inversa	39
Figura 5. Sistema de ósmosis inversa	41
Figura 6. Ciclo de limpieza Clean in Place de ósmosis inversa	42
Figura 7. Flujos registrados en la puesta en marcha de la planta	52
Figura 8. condiciones en que se activa el Sistema de limpieza CIP	53
Figura 9. Diagrama de bloques alternativa sugerida para potabilizar aguas lluvia	74
Figura 10. Procedimiento para determinar cloro libre	79
Figura 11. Procedimiento para ajustar pH	80

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Descripción de membranas de ósmosis inversa según su configuración	29
Cuadro 2. Características físicas del agua para consumo humano	30
Cuadro 3. Características químicas que tienen efecto adverso sobre la salud humana.	31
Cuadro 4. Parámetros químicos que tienen implicaciones sobre la salud humana.	31
Cuadro 5. Características químicas que tienen mayores consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana.	32
Cuadro 6. Características microbiológicas del agua para consumo humano.	32
Cuadro 7. Especificaciones de los equipos de la planta	44
Cuadro 8. Diagnóstico visual y acciones ejecutadas	50
Cuadro 9. Condiciones de operación en las cuales se activa el sistema de limpieza CIP	54
Cuadro 10. Hallazgos y acciones correctivas ejecutadas	54
Cuadro 11. Descripción de las aguas subterráneas	56
Cuadro 12. Descripción de las aguas superficiales	58
Cuadro 13. Descripción de las aguas lluvia	59
Cuadro 14. Necesidad de las unidades de la planta de acuerdo con la calidad de agua a tratar	66
Cuadro 15. Recursos y equipos necesarios por corrida	72
Cuadro 16. Descripción de materiales y equipos	75
Cuadro 17. Características de los compuestos clorados.	77
Cuadro 18. Descripción de estabilizante de pH	78
Cuadro 19. Ventajas y desventajas de alquilar o vender la planta	90

LISTA DE GRÁFICAS

	pág.
Gráfica 1. Representación curva de demanda de cloro	82
Gráfica 2. pH final en función de la concentración del Bicarbonato de sodio	84
Gráfica 3. pH final en función de la concentración del Hidróxido de sodio	85

LISTA DE IMÁGENES

	pág.
Imagen 1. Ósmosis directa Vs. Ósmosis inversa	28
Imagen 3. Sistema de captación de aguas lluvia	64
Imagen 4. Sistema de captación de agua para corridas	68
Imagen 5. Representación de break-point	81
Imagen 6. pH inicial de la muestra de aguas lluvia	83

LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Factor de ponderación	61
Ecuación 2. Dosificación de reactivos	86
Ecuación 3. Depreciación	88
Ecuación 4. Depreciación acumulada	88
Ecuación 5. Utilidad	90
Ecuación 6. Precio de venta	91
Ecuación 7. Costo de alquiler mensual	91
Ecuación 8. Valor Presente Neto	92
Ecuación 9. Tasa Interna de Retorno	93

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Procedimiento cargue de lechos	107
Anexo B. Procedimiento limpieza de membranas	109
Anexo C. Cargue de membranas en tubos de presión	110
Anexo D. Desarrollo de matrices de pares entre alternativas	118
Anexo E. caracterización de aguas lluvias	120
Anexo F. Resultados analisis de corridas	121
Anexo G. Ficha técnica hipoclorito de sodio	127
Anexo H. Ficha tecnica reguladores de pH	129
Anexo I. Procedimiento medición de cloro libre	131
Anexo J. Procedimiento medición de pH	132
Anexo K. Cotizaciones de complementos	133
Anexo L. Cotización de reactivos	136
Anexo M. Cotización de planta de ósmosis inversa en el mercado	137

GLOSARIO

AFLUENTE: flujo de agua que ingresa a la planta de tratamiento.

AGUA POTABLE: agua que, al cumplir los requisitos organolépticos, químicos, físicos y microbiológicos, de la Resolución 2115 de 2007 puede ser de consumo humano, sin producir efectos adversos a la salud.

AGUAS GRISES: son aguas residuales de aspecto turbio generadas por las actividades domésticas, tales como la lavandería, el lavado de platos y el baño.

ANÁLISIS GRAVIMÉTRICO: método de análisis cuantitativo utilizado para determinar la masa o la concentración de una sustancia midiendo un cambio en la masa o concentración en una mezcla.

ANTIINCRUSTANTE: compuesto químico que tiene la propiedad de evitar que las sales del agua se depositen en conducciones, depósitos, membranas o cualquier superficie.

COAGULANTE: agente químico que desestabiliza las cargas eléctricas del coloide, por lo general son sales metálicas.

DOSIFICACIÓN: actividad de adicionar agentes químicos al agua que se va a tratar.

EFLUENTE: flujo de agua que sale de la planta de tratamiento.

INCRUSTACIÓN: deposición de partículas en una membrana, causando su taponamiento.

NEUTRALIZACIÓN: proceso mediante el cual se ajusta el pH con un agente químico para lograr un valor deseado.

PRESIÓN OSMÓTICA: presión que ejercen las moléculas de solvente que se mueven del medio líquido con mayor concentración de solvente hacia la solución con menor concentración de solvente sobre la membrana semipermeable.

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE (PTAP): conjunto de tratamientos, materiales, equipos e insumos necesarios para llevar a cabo el proceso de potabilización del agua cumpliendo con las normas de calidad de agua potable.

RETROLAVADO: inversión del flujo de agua a presión para llevar a cabo el mantenimiento de filtros.

RESUMEN

La empresa Bawer Company S.A.S¹ es una empresa de servicios especializada en el diseño, venta, alquiler, manejo y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas de inyección y vertimiento; lubricación de válvulas de proceso y cabezales de pozo; reparación y mantenimiento de válvulas de bola, compuerta, globo, tapón y de seguridad; alquiler de equipos. Actualmente la compañía cuenta con una planta de potabilización de agua por ósmosis inversa que se encuentra en bodega, por lo cual se ha propuesto realizar una evaluación técnico- financiera para la implementación de esta como servicio adicional.

Con el fin de evaluar dicha implementación se desarrolla un diagnóstico con una puesta en marcha de la planta, identificando el estado inicial y general, los elementos faltantes y las condiciones de operación que permiten garantizar un funcionamiento adecuado.

Posteriormente se plantearon las posibles fuentes de agua a tratar, seleccionando como mejor alternativa agua lluvia, la cual se caracteriza con los parámetros fisicoquímicos plasmados en la Resolución 2115/2007, lo que permite identificar tanto los parámetros que cumplen la normatividad como aquellos que no lo hacen y de acuerdo a esto plantear tres corridas donde la variable son las unidades empleadas que podrían dar el tratamiento para cumplir con la resolución.

Según los análisis obtenidos en la caracterización del efluente no se cumple con el cloro libre ni con el pH, por tanto, se realizó la experimentación donde se ajustó a nivel laboratorio el cloro con Hipoclorito de sodio al 0,5% en 1,6 ppm y el pH se ajustó con Hidróxido de sodio al 0,1% en 4 ppm.

Finalmente se realiza un análisis financiero en el que se evidencia la viabilidad económica de la implementación de la planta y se determina que es viable venderla, sin embargo, se recomienda evitar mantener equipos sin uso alguno por un largo periodo de tiempo dado que se deprecian.

Palabras clave: Potabilización, ósmosis inversa, efluente, aguas lluvias.

¹ Bawer Company S.A.S Consultado el Abril 15,2017. Disponible en: <http://www.bawercom.com/>

INTRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta la crisis que se presentó en los años 2014 y 2015 en el sector de hidrocarburos, es pertinente buscar nuevas alternativas de negocio para aquellas empresas especializadas en el sector petrolero, con el fin de independizarse de este mercado y ampliar sus posibilidades de negocio; para ello es necesario invertir en nuevas tecnologías que permitan buscar soluciones para el tratamiento de agua en el sector industrial.

Bawer Company S.A.S es una empresa de servicios especializada en el sector de hidrocarburos, ante la realidad que presenta dicho sector surge la idea de maximizar el uso que ofrece una planta de potabilización de agua que posee actualmente, lo que permite abrir la posibilidad de una futura alternativa para ofrecer agua de consumo a quienes lo requieran.

Siendo Colombia uno de los países con mayor cantidad de recursos hídricos y donde se puede encontrar aguas subterráneas, aguas superficiales, agua lluvia, entre otras; se hace necesario considerar esta ventaja para el desarrollo del presente proyecto, en el cual se espera mostrar una forma de utilizar adecuadamente este recurso para el bienestar social e invitando a los lectores a concientizarse sobre la importancia del recurso hídrico y de su uso responsable.

Es de resaltar que por su ubicación geográfica Colombia cuenta con una abundancia de precipitaciones anuales promedio 3000mm, comparando con el promedio a nivel mundial 900mm, lo que implica que se debe tener un manejo adecuado y muy responsable del recurso hídrico.

Este proyecto surge como respuesta a la necesidad de hacer uso adecuado del recurso hídrico y a su vez de la planta de potabilización de agua con la que cuenta la empresa Bawer Company S.A.S, dado que actualmente se tiene una inversión improductiva que se puede aprovechar, según lo anterior se establece el objetivo de evaluar técnico - financieramente la implementación de un servicio adicional y generar una posible alternativa de negocio para la empresa Bawer Company S.A.S, eligiendo una fuente a tratar, caracterizándola e identificando los parámetros físico químicos que presenta antes y después del tratamiento y relacionándolos con la normatividad vigente.

Finalmente, se espera contribuir en el aspecto ambiental y social evaluando una alternativa donde se hace uso adecuado del recurso hídrico y a su vez abre la posibilidad de brindar un servicio que hasta ahora no se ha implementado en la empresa a poblaciones o sectores que no tienen la facilidad de acceso a agua para su consumo y que lo requieren.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la viabilidad técnica y financiera de la planta de potabilización de agua por ósmosis inversa para la implementación como servicio adicional de la empresa Bawer Company S.A.S.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar el estado de la planta para la potabilización del agua.
- Seleccionar la fuente a tratar en la planta de potabilización de agua por ósmosis inversa.
- Determinar las condiciones de operación con diferentes corridas para la obtención de agua potable.
- Realizar el análisis financiero de la implementación de la propuesta.

1. MARCO REFERENCIAL

1.1 MARCO TEÓRICO

Teniendo en cuenta que el propósito del proyecto es determinar la viabilidad de una planta potabilizadora de agua se proporciona información relacionada con los diferentes tipos de agua según su procedencia; las características físicas, químicas y microbiológicas del agua potable y los tratamientos para obtener agua apta para el consumo humano haciendo énfasis en el funcionamiento del tratamiento por ósmosis inversa ya que este es el que se utilizara para el desarrollo del proyecto.

1.1.1 Agua. Es un líquido incoloro, inoloro y sin sabor, compuesto molarmente por dos átomos de hidrogeno y uno de oxígeno. Según el SIAC² el agua es un compuesto básico e insustituible con características únicas, de gran significación para la vida, el más abundante en la naturaleza y determinante en los procesos físicos, químicos y biológicos que gobiernan el medio natural. Por lo tanto, es el elemento estructurante de la dinámica natural y social del territorio, sin el cual no es posible la vida ni la actividad del hombre. El agua puede clasificarse en diferentes categorías, por ejemplo, según la procedencia.

1.1.1.1 Agua subterránea. Es aquella que se encuentra bajo la superficie terrestre y satura completamente los poros y fisuras del terreno, fluye a la superficie de forma natural a través de manantiales, áreas de rezume, cauces fluviales, o directamente al mar. Puede también dirigirse artificialmente a pozos, galerías y otros tipos de captaciones.

1.1.1.2 Agua superficial. Es la que circula sobre la superficie del suelo, se produce por la escorrentía generada a partir de las precipitaciones o por el afloramiento de aguas subterráneas. Una vez producida, el agua superficial se pueden presentar masas de agua que se mueven siempre en una misma dirección como ríos, manantiales, riachuelos, arroyos o como masas de agua quietas o estancadas tales como los lagos, lagunas, charcas, humedales y pantanos.

1.1.1.3 Agua lluvia. Es la que se genera debido a un fenómeno atmosférico de carácter meteorológico donde el vapor de agua se condensa en las nubes y cae por efecto de gravedad a la superficie terrestre. La medición de la lluvia o precipitaciones se realiza con pluviómetros y se expresa en milímetros de agua por unidad de área (mm o L/m²).

1.1.2 Características físicas del agua potable. Son las características que responden a los sentidos de la vista, tacto, gusto y olfato, tales como los sólidos, turbiedad, color, sabor, olor, temperatura, pH y conductividad.

² Sistema De Información Ambiental de Colombia. 2018

1.1.2.1 Color. El color en el agua es el resultado de la presencia en solución de diferentes sustancias como iones metálicos naturales, humus y materia orgánica disuelta. Por sí mismo, el color no descalifica a un agua como potable, pero la puede hacer rechazable por estética, en aguas de proceso puede colorear el producto y en circuito cerrado algunas de las sustancias colorantes hacen que se produzcan espumas. La unidad de color denominada unidades de platino-cobalto (UPC) es el color producido por un (1) mg/L de platino, en la forma de ion cloroplatino.

1.1.2.2 Conductividad. Es la capacidad del agua para conducir la electricidad y depende de la presencia de iones, concentración, movilidad, valencia y de la temperatura de la medición. El agua concentrada en compuestos inorgánicos es buena conductora, mientras que si está concentrada en compuestos orgánicos estos al no disociarse generan baja conductividad.

La medición de la conductividad en aguas se lleva a cabo mediante instrumentos comerciales de lectura directa en $\mu\text{mho/cm}$ a 25°C , con un error menor del 1%.

1.1.2.3 Olor y sabor. Son propiedades organolépticas cuya determinación se realiza de manera subjetiva ya que no existe un método analítico para establecer un valor. El olor y sabor dependen de la presencia de materia orgánica en solución, sustancias químicas, algas, hongos entre otros los cuales pueden generar poca aceptabilidad por parte del consumidor

1.1.2.4 Sólidos totales. “Analíticamente, se define el contenido de sólidos totales como la materia que se obtiene como residuo después de someter al agua a un proceso de evaporación a entre 103 y 105°C .”³. Matemáticamente es la suma de los sólidos suspendidos y los sólidos disueltos.

1.1.2.5 Sólidos disueltos. También denominados salinidad total, es una medida de la cantidad de materia disuelta en el agua. Se determinan directamente por filtración o por diferencia entre los sólidos totales y los suspendidos.

1.1.2.6 Sólidos en Suspensión. Son sólidos sedimentables, no disueltos, que pueden ser retenidos por filtración. Los sólidos en suspensión se pueden determinar en línea con los métodos de luz dispersa o absorción. Bajo condiciones normales, la relación con el análisis gravimétrico es muy buena.

³ Metcalf & Eddy. Ingeniería De Aguas Residuales: Tratamiento, Vertido y Reutilización. tercera ed. España: McGraw-Hill, 1995. 504 p. ISBN 84-481-1727-1 (vol 1)

1.1.2.7 Turbidez. Es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos, es uno de los parámetros que se emplean para indicar la calidad de las aguas vertidas o de las aguas naturales. Generalmente se mide con un turbidímetro y sus resultados se expresan en unidades de turbidez nefelométrica (UTN); aunque actualmente es más usado el método nefelométrico por ser más sensible que el método visual del turbidímetro

1.1.2.8 Temperatura. Es un parámetro que influye sobre el desarrollo de la vida acuática como sobre las reacciones químicas y velocidades de reacción, por otro lado, el oxígeno presente es menos soluble a mayor temperatura. Se puede medir en tres diferentes escalas; grados Kelvin, Celsius y Fahrenheit. “En agua potable se recomienda que la temperatura por debajo de 25 °C o por encima de 50 °C porque entre los 25°C y los 50°C existe un mayor riesgo de proliferación de bacterias”⁴

1.1.3 Características químicas del agua potable. Relacionados con la capacidad del agua para disolver diversas sustancias, entre las que se destacan: alcalinidad, dureza, materia orgánica, metales y nutrientes. Los múltiples compuestos químicos disueltos en el agua pueden ser de origen natural o industrial, y de acuerdo con su composición y concentración son beneficiosos o dañinos.

1.1.3.1 Alcalinidad. Es la capacidad del agua para neutralizar ácidos, reaccionar con iones de hidrogeno, aceptar protones o la medida del contenido total de sustancias alcalinas (OH^-). El índice de alcalinidad se debe principalmente a la presencia de compuestos como bicarbonatos, carbonatos e hidroxilos. La alcalinidad es medida por la titulación de una alícuota de una muestra con ácido clorhídrico (HCl) o ácido sulfúrico (H_2SO_4) utilizando indicadores como la fenoftaleína, metil naranja o metacresol, y se expresa como la concentración equivalente de $CaCO_3$ en mg/L⁵.

1.1.3.2 Dureza. Es la propiedad que expresa la concentración de todos los cationes metálicos no alcalinos presentes, “se expresa en miligramos equivalentes de carbonato de calcio por litro y tiene en cuenta la determinación de nitratos, sulfatos, cloruros, fluoruros, metales, sílice, fosforo, hierro, manganeso”⁶

⁴ LÓPEZ MARTÍN, María José. Diseño de planta de tratamiento de agua potable por ósmosis inversa para un buque de pasaje. Universidad de Cantabria, 2015. p. 31.

⁵ ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Calidad Del Agua. Tercera edición. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2009. ISBN 9789588060

⁶ ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Calidad Del Agua. Tercera edición. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2009. ISBN 9789588060

1.1.3.3 Fosfatos. Los fosfatos y compuestos de fósforo se encuentran en las aguas naturales en pequeñas concentraciones. La presencia de fosfatos en agua potable puede modificar las características organolépticas y el consumo de agua con exceso de fosfatos puede causar problemas de salud, entre los que sobresalen el daño renal y la osteoporosis.

1.1.3.4 Potencial de hidrógeno. El pH indica la concentración de iones hidrógeno $[H]^+$ presentes en el agua determinando el grado de acidez o alcalinidad se mide con indicadores o pH-metro, donde su valor depende de la concentración molar de iones de hidronio H_3O^+ y se calcula por medio del logaritmo en base 10 de la concentración de H_3O^+ . En agua potable se considera que cuando el pH es inferior a 6.5 se trata de un agua acida la cual puede tener un sabor metálico o amargo.

1.1.3.5 Sustancias tóxicas inorgánicas. Son aquellos compuestos químicos y mezclas de compuestos tales como arsénico, cadmio, cromo total, cianuros, mercurio, níquel, plomo, antimonio y selenio que al sobrepasar los valores máximos aceptables tienen reconocido efecto adverso en la salud debido a la interferencia en los procesos enzimáticos causando daños a nivel celular en órganos vitales del ser humano y de animales.

1.1.3.6 Sustancias tóxicas orgánicas. La presencia de compuestos como Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP), en el agua siempre es por causas antropogénicas (generadas o inducidas por el hombre). Cuando se integran al agua, aún en muy pequeñas cantidades son sumamente nocivas y cuando sus valores son mayores a los máximos permisibles, hacen inadecuada el agua para su consumo.

1.1.3.7 Sulfatos. El sulfato ($SO_4^{=}$) se distribuye ampliamente en la naturaleza en concentraciones que van desde unos pocos a varios miles de miligramos por tanto es muy común encontrarlo en aguas naturales. La presencia de sulfatos en alta concentración en agua potable puede generar contraindicaciones a la salud humana generando problemas estomacales y de deshidratación.

1.1.3.8 Nitratos y nitritos. Son compuestos inorgánicos que pueden provenir de la descomposición natural de las proteínas de las plantas o animales de acuerdo con el ciclo del nitrógeno, una concentración alta de nitrógeno orgánico es característica de una polución fresca o reciente. El amoniaco es el producto inicial en la descomposición del nitrógeno orgánico. A medida que transcurre el tiempo, en condiciones aeróbicas, el nitrógeno amoniacal es oxidado en nitritos y estos en nitratos, los cuales son el producto final de la descomposición del nitrógeno orgánico.

1.1.3.9 Cloruros. El cloruro, en forma de ion (Cl⁻), es uno de los aniones inorgánicos principales en el agua natural y residual. En el agua potable, el sabor salado producido por el cloruro es variable y depende de la composición química del agua. En agua potable se debe realizar la medición del cloro libre y cloro total residual parámetros que indican que se llevó a cabo un correcto tratamiento de desinfección.

1.1.4 Características microbiológicas del agua potable. El agua apta para el consumo humano debe cumplir con características físicas, químicas y adicionalmente debe estar libre de virus y bacterias, dentro de los parámetros microbiológicos que se analizan para determinar la calidad del agua están las coliformes totales y la Escherichia Coli.

1.1.4.1 Coliformes totales. Son bacterias clasificadas como aerobias o anaerobias facultativas, no forman esporas y pueden ser consideradas patógenas y no patógenas, pero aun así su presencia indica contaminación microbiana del agua para el consumo humano.

1.1.4.2 Escherichia Coli. Es el indicador microbiológico preciso de contaminación fecal en el agua para consumo humano. La E-coli son bacterias cuya presencia indica que el agua podría estar contaminada con heces fecales humanas o de animales. Los microbios que provocan enfermedades (patógenos) y que están presentes en las heces, causan diarrea, retortijones, náuseas, cefaleas u otros síntomas. Estos patógenos podrían representar un riesgo de salud.

1.1.5 Procesos de potabilización del agua. Para potabilizar el agua se requiere de una serie de tratamientos los cuales se llevan a cabo según las características del agua a tratar lo cual varía según el tipo de fuente de agua, dado que la calidad del agua de ríos, embalses y acuíferos son diferentes. “los procesos convencionales son coagulación-floculación, sedimentación, filtración y desinfección”⁷.

1.1.5.1 Coagulación-floculación. Proceso por el cual las partículas que no sedimentan de forma simple, son desestabilizadas químicamente por medio de un coagulante que generalmente es un metal trivalente desestabilizando las características superficiales de los sólidos en suspensión de modo que se adhieren unos a otros y se precipitan, este proceso se complementa con la floculación cuyo fin es aglutinar las partículas formadas en la coagulación para dar paso a la formación de flóculos, sometiendo el agua a una mezcla lenta.

⁷ HENRY, Glynn y HEINKE, Gary. Abastecimiento De Agua. En: [Anónimo] Ingeniería Ambiental. 1999.

1.1.5.2 Sedimentación. “Operación por la cual se remuevan las partículas salidas de una suspensión mediante la fuerza de gravedad; en algunos casos se denomina clarificación o espesamiento”⁸. Después de la coagulación-floculación la sedimentación se usa con el fin de remover los sólidos (flóculos) que han sido generados en dicha operación.

1.1.5.3 Filtración. La filtración consiste en separar un sólido del líquido en el que está contenido a través de un medio filtrante que retiene el sólido y por el cual el líquido (filtrado) puede pasar fácilmente. Dentro de los medios filtrantes más comunes se encuentran “el carbón activo capaz de adsorber moléculas ligeramente polares y sustancias de elevados pesos moleculares, adsorbentes inorgánicos como la alúmina y otros óxidos metálicos con elevadas superficies específicas, adsorbentes orgánicos como resinas macromoleculares y adsorbentes naturales como la bentonita, sílices, entre otros.”⁹

1.1.5.4 Desinfección. Al tratarse de agua para el consumo humano se debe garantizar que el agua no tenga agentes contaminantes realizando un proceso de desinfección el cual mediante la adición de agentes químicos extrae, desactiva o elimina los microorganismos patógenos que existen en el agua con el fin de garantizar la potabilidad del agua desde el punto de vista microbiológico.

Como el eje central del proyecto es obtener agua potable haciendo uso de la planta potabilizadora que cuenta con un sistema de filtración y un sistema de ósmosis inversa en la sección 1.1.6 se describe y explica el funcionamiento de la ósmosis inversa.

1.1.6 Ósmosis inversa. Es el fenómeno por el cual un solvente pasa a través de una membrana semipermeable de una disolución de menor concentración a una de mayor concentración para lograr un equilibrio iónico entre ambos lados de la membrana. “Se utilizada como alternativa para potabilizar agua debido a que a través de esta tecnología se logra retener contaminantes con diámetros de 0,0001µm lo que significa que aproximadamente se puede eliminar hasta un 99% de contaminantes inorgánicos y orgánicos presentes en el agua”¹⁰.

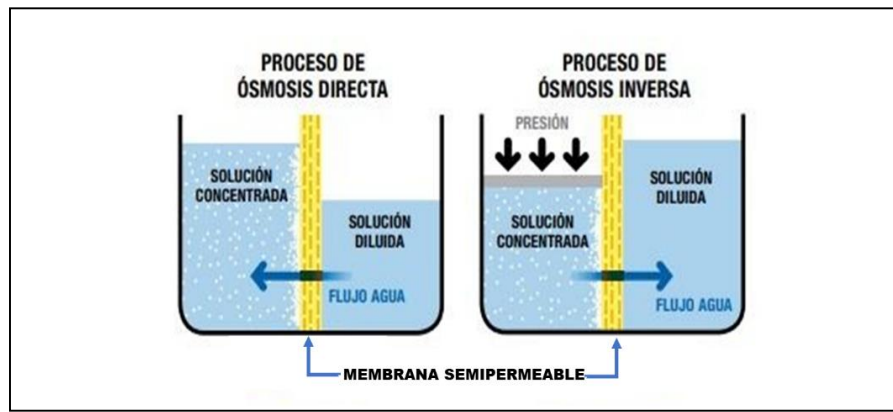
⁸ ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Purificación Del Agua. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2006. ISBN 9588060664

⁹ SEMINO ZELADA, Fiorella Francesca. Producción de agua de mesa por ósmosis inversa para autoabastecimiento de UDEP; Universidad de Piura, 2015.

¹⁰ SEMINO ZELADA, Fiorella Francesca. Producción de agua de mesa por ósmosis inversa para autoabastecimiento de UDEP; Universidad de Piura, 2015.

1.1.6.1 Principio de operación de la ósmosis inversa. La ósmosis es un tipo de difusión pasiva caracterizada por el paso del agua a través de la membrana semipermeable desde la solución diluida a la más concentrada hasta que las soluciones tengan la misma concentración es decir alcancen el equilibrio iónico. El agua impulsada por una fuerza ocasionada por la diferencia de energía originada a su vez por una concentración (la presión osmótica) pasa por la membrana a la solución concentrada. El flujo del agua continúa hasta que la solución concentrada está diluida, y la contrapresión evita que se produzcan otros flujos a través de la membrana. La Imagen 1 representa la ósmosis y la ósmosis inversa.

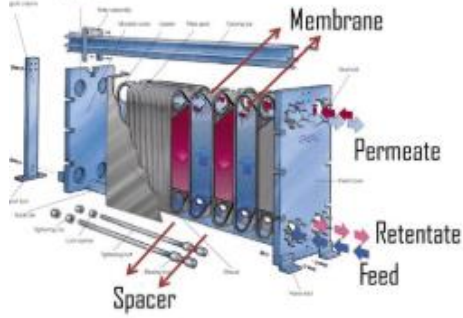
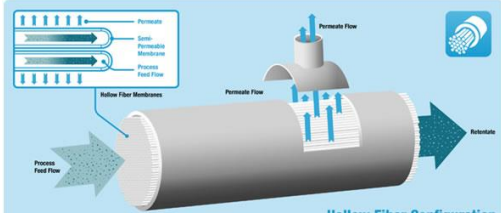
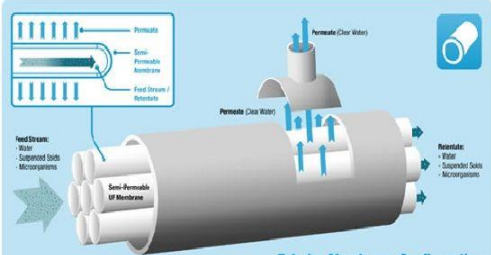
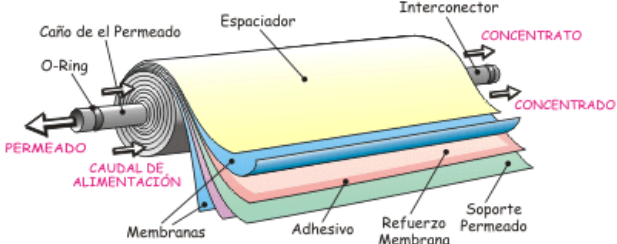
Imagen 1. Ósmosis directa Vs. Ósmosis inversa



Fuente. Aquasalud. Agosto 2018,. [Consultado el Enero 27,2019].
Disponible en: <https://www.aquasalud.com/blog2/227-el-agua-es-un-elemento-imprescindible.html>

1.1.6.2 Membranas de ósmosis inversa. Las membranas se definen como son barreras físicas semipermeables que separan dos fases, impidiendo su íntimo contacto y restringiendo el movimiento de las moléculas a través de ella de forma selectiva. Permitiendo la separación de las sustancias contaminantes del agua, generando un efluente acuoso depurado. Algunas de las configuraciones más comunes se describen en el Cuadro 1

Cuadro 1. Descripción de membranas de ósmosis inversa según su configuración

CONFIGURACIÓN	DESCRIPCIÓN
<p data-bbox="418 327 824 361">Membrana de placa y marco</p> 	<p data-bbox="954 327 1474 611">Conformada por una lámina colocada dentro de un bastidor para darle consistencia y permitir el enlace con la siguiente lamina, ya que se colocan una encima o al lado de las otras. Representa una superficie pequeña y por tanto de poca capacidad productiva.</p>
<p data-bbox="440 747 803 781">Membrana de fibra hueca</p> 	<p data-bbox="954 732 1474 1016">Están constituidas por un haz de cientos de tubos capilares, del tamaño de un cabello humano, interiormente huecos, empaquetados dentro de un tubo cilíndrico, que constituye la carcasa protectora y es además el camino por el que circula el agua a tratar</p>
<p data-bbox="467 1020 776 1054">Membranas tubulares</p> 	<p data-bbox="954 1026 1474 1121">Utilizan como soporte un tubo perforado o poroso, el cual contiene las membranas tubulares.</p>
<p data-bbox="467 1346 771 1379">Membrana en espiral</p> 	<p data-bbox="954 1325 1474 1715">Están formadas por varias láminas rectangulares enrolladas alrededor de un eje cilíndrico provisto de perforaciones, por donde se recoge el permeado. Entre cada membrana se colocan un separador impermeable, para evitar la comunicación entre dos membranas contiguas y una malla que constituye la vía de paso del agua a tratar y el rechazo</p>

Fuente. APARTADO MANCILLA, Luis Alberto. Determinación del número de etapas y arreglo óptimo de módulos en un sistema de ultrafiltración; Universidad Nacional Autónoma de México, 2009. p. 6-13.

1.2 MARCO LEGAL

Para el desarrollo del proyecto se debe tener en cuenta la normatividad vigente referente al agua para consumo humano, lo anterior permite contemplar desde los parámetros mínimos y máximos que se obtienen como resultado de la caracterización hasta el control de la calidad, de esta forma se consolida aún más el proyecto y se genera un desarrollo global del mismo.

Teniendo en cuenta lo anterior, la primera disposición legal que se contempla es la Resolución 2115 del 22 de Junio del 2007 la cual hace referencia a las características físicas, químicas y biológicas del agua, teniendo en cuenta los valores mínimos y máximos permitidos para cada parámetro.

En el artículo 2 de la Resolución 2115/2007 se establecen los valores máximos aceptables de las características físicas del agua potable (ver Cuadro 2).

Cuadro 2. Características físicas del agua para consumo humano

Características físicas	Expresadas como	Valor máximo aceptable
Color aparente	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	15
Olor y Sabor	Aceptable ó no aceptable	Aceptable
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de turbiedad (UNT)	2

Fuente. República de Colombia. Ministerio De La Protección Social Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial. Resolución 2115/07. En línea <http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Res_2115_de_2007.pdf>. Consultado 20 de noviembre de 2018.

En los artículos 5, 6 y 7 de la resolución 2115/2007 se establecen las características químicas aceptables del agua para consumo humano relacionado los elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos que tienen efectos adversos, implicaciones y consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana.

En el Cuadro 3 se presentan las características expuestas en el artículo 5 de la resolución 2115/2007.

Cuadro 3. Características químicas que tienen efecto adverso sobre la salud humana.

Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos diferentes a los plaguicidas y otras sustancias	Expresados como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Antimonio	Sb	0,02
Arsénico	As	0,01
Bario	Ba	0,7
Cadmio	Cd	0,003
Cianuro libre y disociable	CN ⁻	0,05
Cobre	Cu	1,0
Cromo total	Cr	0,05
Mercurio	Hg	0,001
Níquel	Ni	0,02
Plomo	Pb	0,01
Selenio	Se	0,01
Trihalometanos Totales	THMs	0,2
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)	HAP	0,01

Fuente. República de Colombia. Ministerio De La Protección Social Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial. Resolución 2115/07. En línea <http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Res_2115_de_2007.pdf>. Consultado 20 de noviembre de 2018.

En el Cuadro 4 se presentan las características expuestas en el artículo 6 de la resolución 2115/2007.

Cuadro 4. Parámetros químicos que tienen implicaciones sobre la salud humana.

Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos que tienen implicaciones sobre la salud humana	Expresados como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Carbono Orgánico Total	COT	5,0
Nitritos	NO ₂ ⁻	0,1
Nitratos	NO ₃ ⁻	10
Fluoruros	F ⁻	1,0

Fuente. República de Colombia. Ministerio De La Protección Social Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial. Resolución 2115/07. En línea <http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Res_2115_de_2007.pdf>. Consultado 20 de noviembre de 2018.

En el Cuadro 5 se presentan las características expuestas en el artículo 7 de la resolución 2115/2007.

Cuadro 5. Características químicas que tienen mayores consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana.

Elementos y compuestos químicos que tienen implicaciones de tipo económico	Expresadas como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Calcio	Ca	60
Alcalinidad Total	CaCO ₃	200
Cloruros	Cl ⁻	250
Aluminio	Al ³⁺	0,2
Dureza Total	CaCO ₃	300
Hierro Total	Fe	0,3
Magnesio	Mg	36
Manganeso	Mn	0,1
Molibdeno	Mo	0,07
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	250
Zinc	Zn	3
Fosfatos	PO ₄ ³⁻	0,5

Fuente. República de Colombia. Ministerio De La Protección Social Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial. Resolución 2115/07. En línea <http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Res_2115_de_2007.pdf>. Consultado 20 de noviembre de 2018.

En el artículo 11 de la resolución 2115/2007 se establecen las características microbiológicas del agua para consumo humano las cuales enmarcarse dentro de los valores máximos aceptables presentados en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Características microbiológicas del agua para consumo humano.

Técnicas utilizadas	Coliformes Totales	Escherichia coli
Filtración por membrana	0 UFC/100 cm ³	0 UFC/100 cm ³
Enzima Sustrato	< de 1 microorganismo en 100 cm ³	< de 1 microorganismo en 100 cm ³
Sustrato Definido	0 microorganismo en 100 cm ³	0 microorganismo en 100 cm ³
Presencia – Ausencia	Ausencia en 100 cm ³	Ausencia en 100 cm ³

Fuente. República de Colombia. Ministerio De La Protección Social Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial. Resolución 2115/07. En línea <http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Res_2115_de_2007.pdf>. Consultado 20 de noviembre de 2018.

Se contempla la Resolución 1096 del 17 de Mayo del 2000 en la que se adopta el reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico RAS-2000 Finalmente, se contempla el Decreto 1575 del 9 de Mayo de 2007 en el que se establece el sistema para la protección y control de la calidad de agua para consumo humano.

Es preciso considerar la normatividad vigente y las autoridades delegadas para regular la captación de las diferentes aguas con las que cuenta el país. Las

autoridades encargadas de otorgar los permisos para hacer uso del recurso hídrico son la corporación autónoma regional de Cundinamarca (CAR), Secretaría Distrital de Ambiente y La Autoridad Nacional De Licencias Ambientales (ANLA). En el caso que se esté realizando la captación de aguas superficiales o subterráneas sin la debida concesión conlleva a dichas autoridades a aplicar sanciones establecidas en la Ley 1333 de 2009, donde se las multas diarias pueden llegar hasta los cinco mil salarios mínimos mensuales legales vigentes. En cuanto a las aguas lluvias en el artículo 148 del decreto 2811 de 1974 se establece que “El dueño, poseedor o tenedor de un predio puede servirse de las aguas lluvias que caigan o se recojan en éste y mientras por él discurran. Podrá, en consecuencia, construir dentro de su propiedad las obras adecuadas para almacenarlas y conservarlas, siempre que con ellas no cause perjuicios a terceros”¹¹.

¹¹ Código Nacional De Recursos Naturales Renovables Y De Protección Al Medio Ambiente. Decreto 2811 De 1974. (Dic 18,). 1974.

2. DIAGNÓSTICO

2.1 GENERALIDADES

La empresa Bawer Company S.A.S¹², situada en el parque industrial Acrópolis en el municipio de Tocancipá nace en 1995 como un proyecto de inyección de agua de campo Cusiana e incursionando en el mercado del tratamiento de agua de producción.

Actualmente cuenta con una trayectoria de más de 20 años, brindando soluciones que abarcan desde el alquiler de plantas tempranas de tratamiento de agua operadas manualmente hasta la implementación de operaciones completamente automáticas y a control remoto; para las cuales desarrolla las fases de ingeniería conceptual, básica y de detalle, además extienden el servicio en un servicio post venta personalizado.

El sector petrolero presentó una crisis que inició con “la caída imprevista de los precios a finales de 2014, cuando el barril de crudo WTI¹³ se desplomó de más de 100 dólares a menos de 45 dólares en unas pocas semanas. Esta caída súbita e intensa obligó a las empresas que operan en Colombia a replantear sus planes de expansión”¹⁴, por otro lado, un estudio citado en el periódico El Tiempo realizado por “Campetrol indica que en el 2016 el sector petrolero colombiano habría dejado de contribuir con un 11 por ciento a la generación de riqueza del país frente a lo registrado en el 2015”¹⁵ situación que impacta directamente las empresas que presentan servicios para el sector de hidrocarburos.

Aunque actualmente el sector de hidrocarburos se está reactivando Bawer sigue pensando en ampliar su mercado y portafolio de servicios manteniendo su calidad y prestigio con sus clientes y asegurando mantenerse en el mercado compitiendo de manera fuerte. Uno de los servicios adicionales que se pretende brinde la empresa es la venta u operación de plantas de ósmosis inversa para la potabilización de agua.

En el año 2014 Bawer planteó un nuevo proyecto de investigación y desarrollo adquiriendo una planta de potabilización de agua marca Culligan con una capacidad de flujo de 34 galones por minuto (gpm), la cual al momento no se ha utilizado quedando almacenada en la bodega de la compañía.

¹² Bawer Company S.A.S Consultado el Abril 15,2017. Disponible en: <http://www.bawercom.com/>

¹³ West Texas Intermediate o Texas Light Sweet

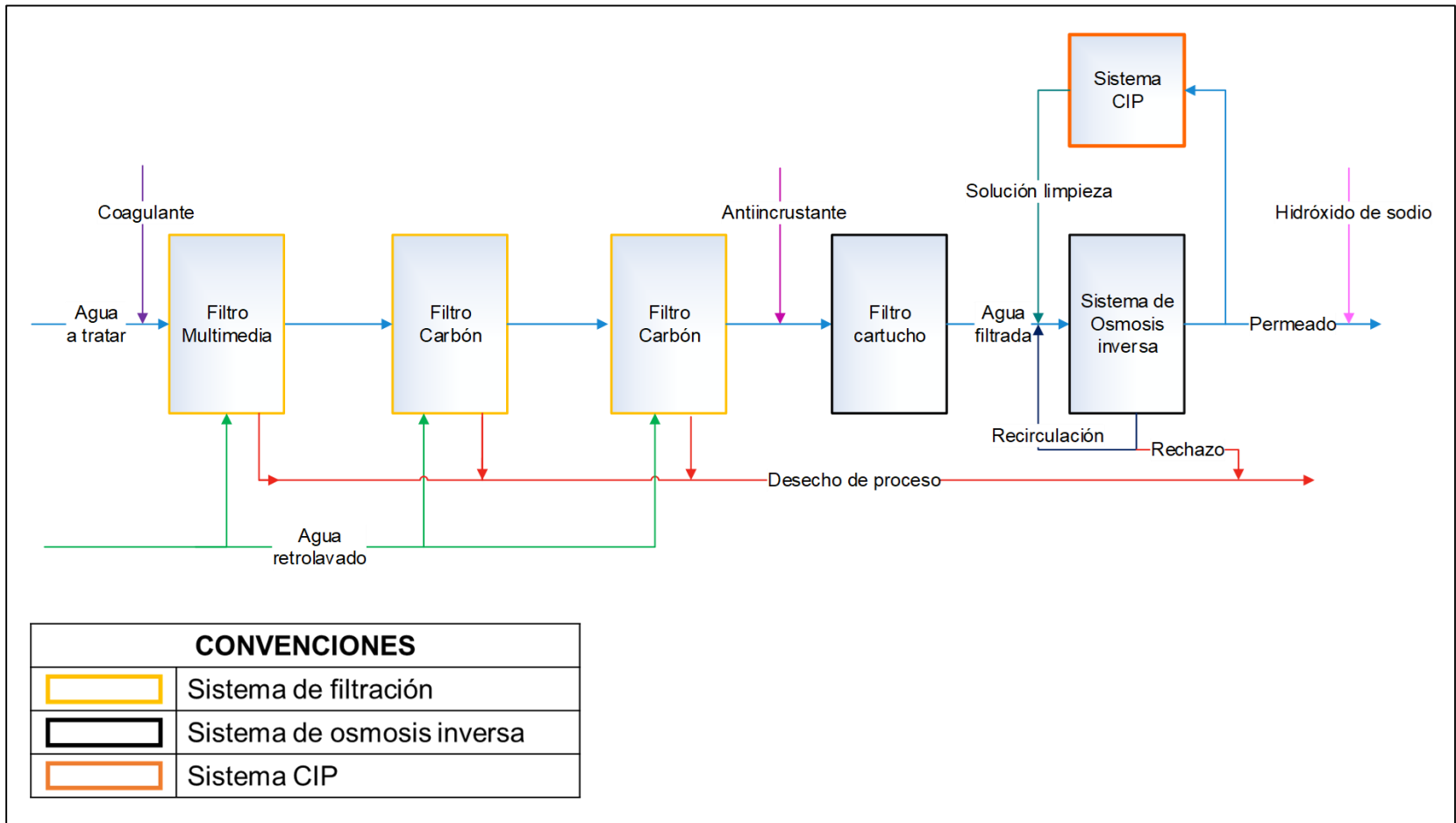
¹⁴ OSPINA, Alejandro. La industria petrolera en crisis: sus causas y sus remedios. Jun 21, [Consultado Ago 12,2017]. Disponible en: <https://www.razonpublica.com/index.php/economia-y-sociedad/8542-la-industria-petrolera-en-crisis-sus-causas-y-sus-remedios.html>

¹⁵ GALINDO, Mauricio. Inversión en petróleo en Colombia. En: EL TIEMPO. Feb 23

2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

A continuación, se presenta la descripción del proceso para potabilizar agua con la planta de ósmosis inversa, en la Figura 1 se observa la secuencia detallada de cada uno de los sistemas de la planta, posteriormente se muestra cada uno de los sistemas junto con una descripción específica de su función dentro del proceso. Es de resaltar que este proceso y funcionamiento no se ha probado hasta la actualidad

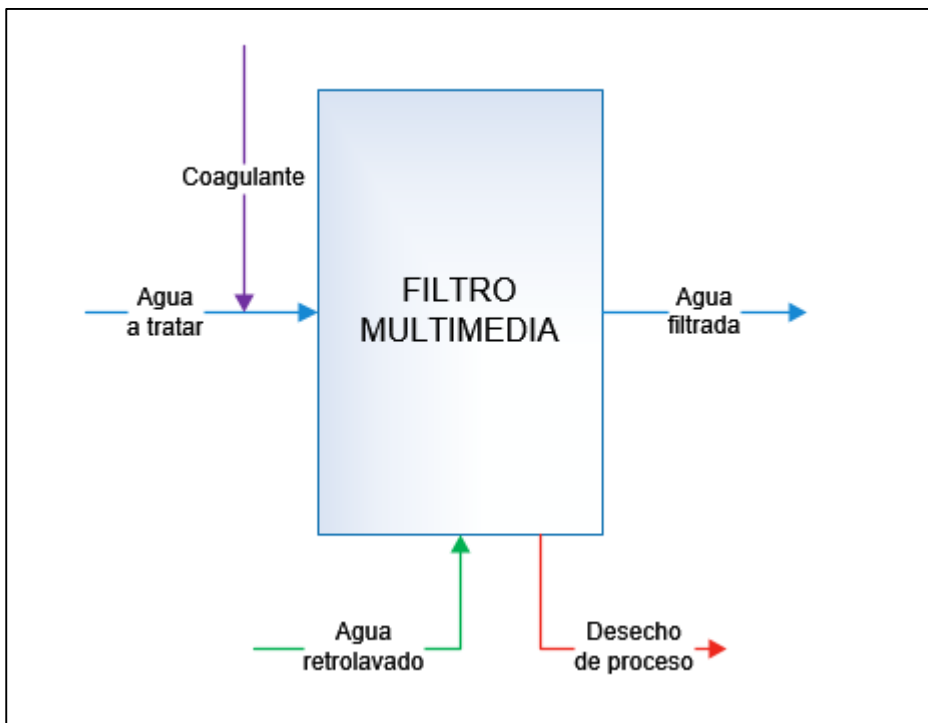
Figura 1. Diagrama de bloques planta de potabilización



2.2.1 Sistema de filtración. El agua que proviene de la zona de captación o del tanque de agua a tratar se recibe generalmente con una adición de coagulante si la “turbidez es mayor a 64 NTU”¹⁶, de lo contrario ingresa directamente a una primera etapa de filtración con un filtro multimedia cuyo lecho está compuesto de 5 capas de minerales con diferentes características para facilitar la remoción de sólidos disueltos y suspendidos y a su vez la turbidez , dicha etapa se puede visualizar en la Figura 2.

El filtro multimedia hace parte del pretratamiento de la ósmosis inversa, permite acondicionar el agua para evitar taponamiento de las membranas, preservar el buen estado general de la planta y garantizar una adecuada calidad de agua tratada

Figura 2. Filtro multimedia pretratamiento ósmosis inversa

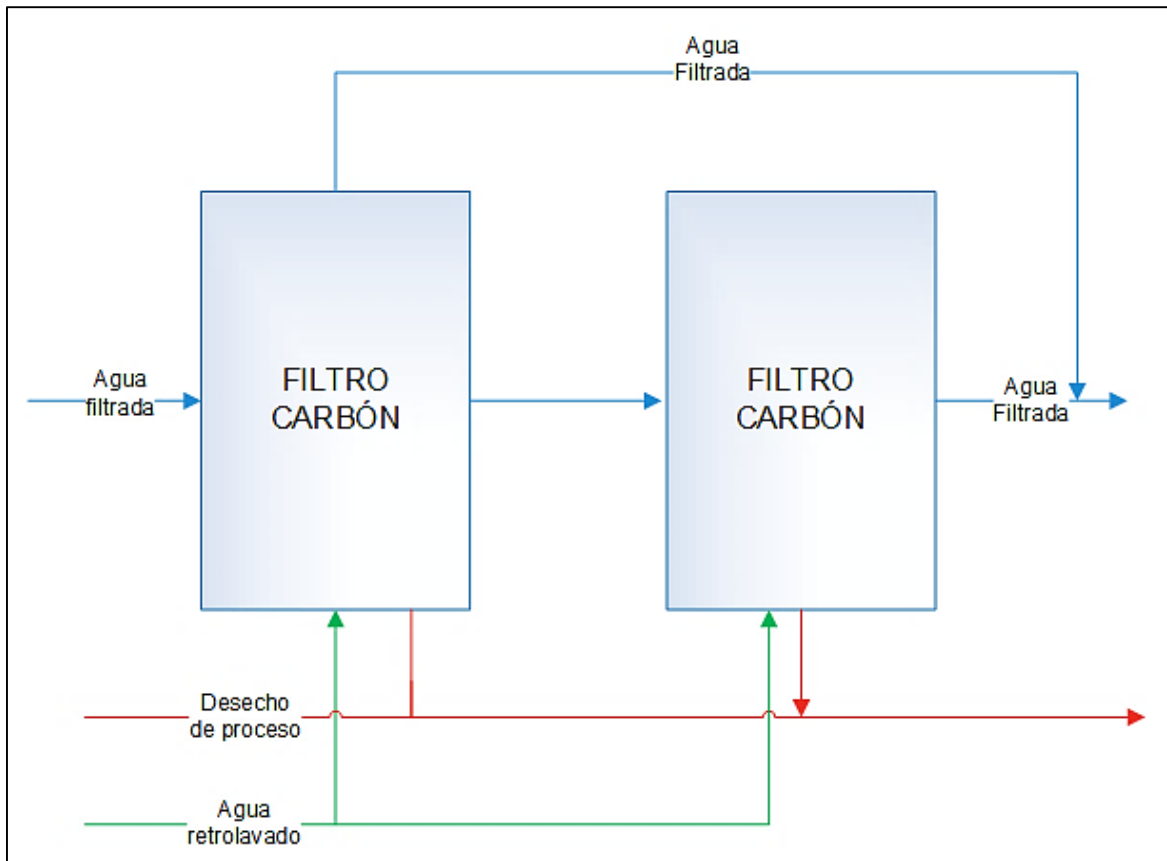


Fuente. FONSECA, Laura Angélica. Manual de operación y funcionamiento. Bawer Company S.A.S., 2016.

La segunda etapa de filtración descrita en la Figura 3 está compuesta de dos filtros de carbón activado con lechos de 3 capas de diferentes características que remueven compuestos orgánicos, metales y compuestos clorados. La etapa está diseñada para hacer uso de un filtro de carbón activado o de los dos en serie.

¹⁶ Fuente. FONSECA, Laura Angélica. Manual de operación y funcionamiento. Bawer Company S.A.S., 2016. 3

Figura 3. Filtros de carbón activado pretratamiento ósmosis inversa



Fuente. FONSECA, Laura Angélica. Manual de operación y funcionamiento. Bawer Company S.A.S., 2016.

2.2.2 Sistema de limpieza de filtración. El sistema de filtración se limpia mediante la operación de retrolavado para lo cual se apaga la bomba de alimentación y se enciende la bomba de retrolavado, el agua requerida proviene de un tranque independiente ingresando a contraflujo y el agua cargada de contaminantes es recolectada en otro contenedor, en el manual de funcionamiento de la planta se establecen las condiciones de operación para llevar a cabo el retrolavado del filtro multimedia y del filtro de carbón activado¹⁷ las cuales se presentan en la Tabla 1.

¹⁷ FONSECA, Laura Angélica. Manual de operación y funcionamiento. Bawer Company S.A.S., 2016. 8-9

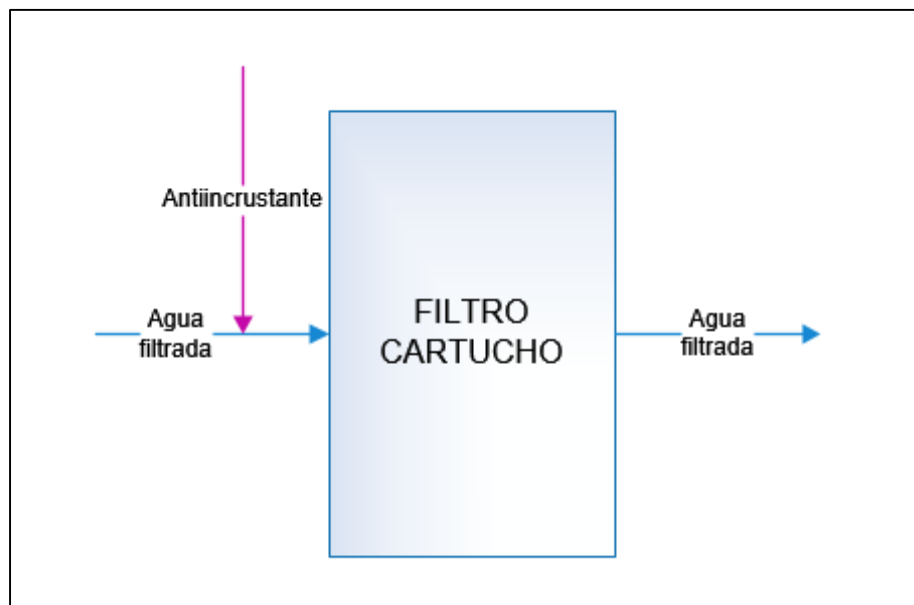
Tabla 1. Condiciones de retrolavado para filtro multimedia y filtros de carbón activado

EQUIPO	FLUJO DE RETROLAVADO (m ³ /h)	AGUA REQUERIDA (m ³)	TIEMPO TOTAL (h)
Filtro multimedia	17,26	6,23	0,366
Filtro carbón activado	15,67	5,74	0,366

Fuente. FONSECA, Laura Angélica. Manual de operación y funcionamiento. Bawer Company S.A.S., 2016. 8-9.

2.2.3 Sistema de ósmosis inversa. Una vez el agua sale de los filtros de carbón activado y previo al ingreso a la ósmosis inversa, se realiza la inyección de un antiincrustante tal como se observa en la Figura 4, el agua pasa por un filtro de cartucho de 5 micras que remueve los sólidos remanentes.

Figura 4. Filtro cartucho pretratamiento ósmosis inversa



Fuente. FONSECA, Laura Angélica. Manual de operación y funcionamiento. Bawer Company S.A.S., 2016.

Antes de iniciar el proceso de ósmosis inversa se debe asegurar que el agua cumpla con los parámetros descritos en la Tabla 2. Acondicionada el agua mediante el sistema de filtración pasa al último sistema, es decir al sistema de ósmosis inversa, donde se busca remover sales, iones, sustancias orgánicas, pesticidas, metales pesados, algunos virus y bacterias buscando que el efluente sea apto para el consumo humano.

Tabla 2. Condiciones límites de operación ósmosis inversa

PARÁMETRO	VALOR
Caída de presión máxima	15 psi
Presión de operación máxima	600 psi
Flujo de alimentación máximo	75 gpm (17 m ³ /h)
Flujo de concentrado mínimo	16 gpm (3,6 m ³ /h)
Temperatura máxima	113°F (45°C)
pH de operación	2 - 11
Turbidez máxima	1.0 NTU
Índice de densidad de sedimentos (SDI) máximo	5.0
Cloro libre máximo	<0.1 mg/L
Hierro máximo	<0,05 mg/L
Manganeso máximo	<0,05 mg/L
Aluminio	<0,05mg/L

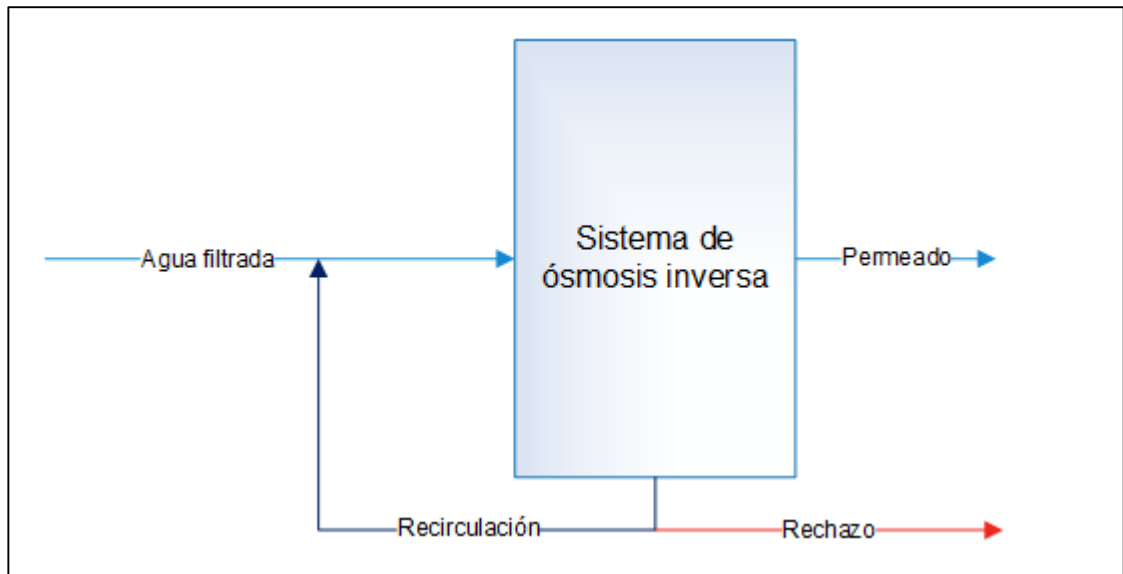
Fuente. FONSECA, Laura Angélica. Manual de operación y funcionamiento. Bawer Company S.A.S., 2016. 26-28

El proceso de ósmosis inversa inicia cuando la bomba de alta presión inyecta el agua filtrada a los dos tubos de presión los cuales cuentan con tres membranas cada uno. Por medio de un proceso semipermeable el agua pasa hacia el otro lado de la membrana separando parte de los compuestos como sales, metales, iones entre otros, de este “proceso sale la corriente de permeado que corresponde al 75% del flujo de alimentación, al agua tratada o permeada se le hace un ajuste de pH y se almacena en un tanque externo. También se obtiene la corriente de concentrado que corresponde al 25% del flujo de alimentación y a su vez que se divide en dos líneas, una de recirculación que corresponde al 15 % del flujo de alimentación y otra de rechazo que corresponde al 10% del flujo de alimentación”¹⁸.

La corriente de recirculación se une con la de agua filtrada para ingresar nuevamente al sistema de ósmosis inversa, mientras que el agua de rechazo se almacena en un tanque recolector. El agua de rechazo se caracteriza por su elevada concentración en sales. En la Figura 5 se observa el diagrama de bloques del proceso de ósmosis inversa.

¹⁸ FONSECA, Laura Angélica. Manual de operación y funcionamiento. Bawer Company S.A.S., 2016. 10

Figura 5. Sistema de ósmosis inversa



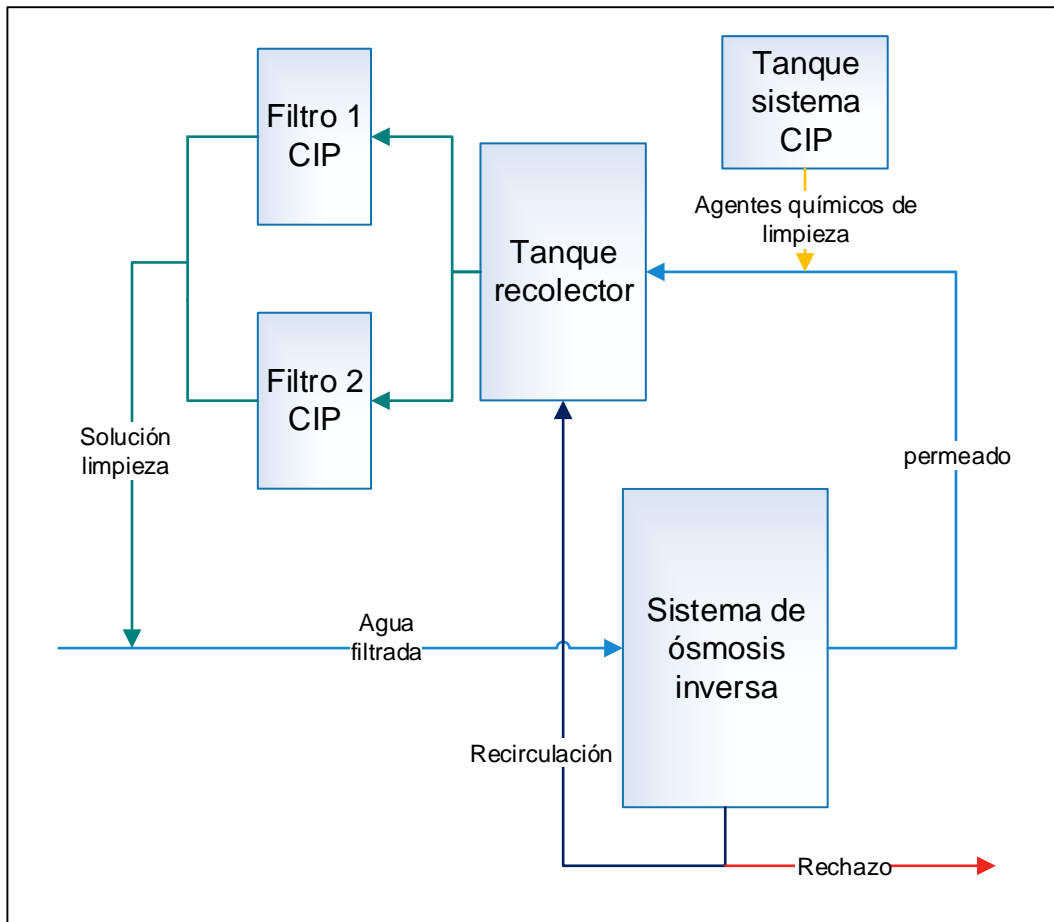
Fuente. FONSECA, Laura Angélica. Manual de operación y funcionamiento. Bawer Company S.A.S., 2016.

2.2.1 Sistema de limpieza – Clean in Place. El sistema de ósmosis inversa cuenta con un sistema de limpieza (CIP), conformado por un tanque de solución y dos filtros de 5 micras, se encarga de limpiar las membranas mediante agentes alcalinos (pH 12) y ácidos (pH 2), la solución de limpieza homogénea y filtrada (agua de permeado, concentrado y agentes químicos) es impulsada hacia los tubos de presión por la misma entrada de la corriente por donde viene el agua filtrada, pero con la válvula de alimentación cerrada para evitar disoluciones. Debe hacerse el ciclo de limpieza cuando se detecte una o más de las condiciones indicadas “pérdida de flujo de permeado del 10 al 15 %, pérdidas del 0,5% en rechazo o la presión diferencial (Presión de alimentación y concentrado) incrementa en 15% desde las condiciones de referencia (establecidas durante las primeras 24 a 48 horas de operación)”¹⁹.

El sistema de limpieza consta del tanque de sistema CIP que contiene la solución con los agentes alcalinos y ácidos, dos filtros cartucho y el tanque de recolección donde se realiza la preparación de la solución a emplear, permitiendo limpiar las membranas y evita el desarrollo bacteriano dejando el hábitat con un bajo contenido de nutrientes. En la Figura 6 se observa el procedimiento cuando se activa el sistema CIP.

¹⁹ FONSECA, Laura Angélica. Manual de operación y funcionamiento. Bawer Company S.A.S., 2016. 39

Figura 6. Ciclo de limpieza Clean in Place de ósmosis inversa



Fuente. FONSECA, Laura Angélica. Manual de operación y funcionamiento. Bawer Company S.A.S., 2016.



2.3 DESCRIPCIÓN Y DIAGNÓSTICO VISUAL DE EQUIPOS

La planta potabilizadora marca Culligan opera principalmente mediante un sistema de filtración denominado: pretratamiento y un sistema de ósmosis inversa. La finalidad del pretratamiento es proporcionar la mejor calidad de agua antes de ingresar al sistema de ósmosis inversa evitando disminuir su vida útil, mientras que el propósito de la ósmosis inversa es reducir considerablemente concentración de sales y materia orgánica.



El sistema de ósmosis inversa este compuesto por una unidad de control, una bomba de alta presión, una unidad dosificadora de antiincrustante, un filtro cartucho, dos tubos de presión y seis membranas de poliamida en espiral. El mantenimiento se realiza a través de un sistema clean in place (CIP) el cual consta de un tanque de almacenamiento de solución limpieza y dos filtros cartucho.

Adicionalmente la planta cuenta con un sistema de ajuste de pH, conformado por una bomba dosificadora, el tanque de almacenamiento del reactivo y medidor de pH. En el Cuadro 7 se pueden observar cada una de las especificaciones de los sistemas mencionados y las observaciones que provienen de una inspección visual realizada.



Cuadro 7. Especificaciones de los equipos de la planta

EQUIPO	FUNCIÓN	CARACTERÍSTICAS	DIAGNÓSTICO VISUAL
SISTEMA DE FILTRACIÓN			
<p>Bombas de alimentación</p> 	<p>Generar la energía necesaria para mover el fluido de alimentación a la planta.</p>	<p>Bomba multietapa vertical modelo Goulds-XYLEM, con potencia de 3 HP y una capacidad de 40 gpm.</p>	<p>Se encuentran en buen estado según inspección visual. Se verifica el sentido de giro es correcto.</p>
<p>Unidad de control</p> 	<p>Se encarga administrar, ordenar, dirigir o regular el comportamiento de los filtros, bombas y válvulas de la planta. Permite iniciar el proceso de potabilización, pruebas o trabajos de mantenimiento</p>	<p>Cuenta con tableros de arrancadores que operan en modo automático y manual, en el caso de las bombas siempre deben estar en modo manual para realizar pruebas y trabajos de mantenimiento de lo contrario siempre debe estar en modo automático.</p>	<p>Se encuentran en buen estado según inspección visual, los lazos de control son programados por el controlador instalado en cada filtro y una válvula Brunermatic operada por medio de una válvula de solenoide y un dial de posición.</p>



Cuadro 7. (Continuación)

EQUIPO	FUNCIÓN	CARACTERÍSTICAS	DIAGNÓSTICO VISUAL
SISTEMA DE FILTRACIÓN			
<p>Unidad de dosificación de coagulante</p> 	<p>Permite controlar la cantidad de coagulante que se inyecta en la planta.</p>	<p>El punto de dosificación se encuentra a la entrada del filtro multimedia, la unidad cuenta con las bombas dosificadoras y el tanque de almacenamiento de agente químico.</p>	<p>El sistema se encuentra disponible y en buen estado según inspección visual, pero no se han estipulado los productos químicos ni las condiciones para la operación de coagulación.</p>
<p>Filtro multimedia</p> 	<p>Remover solidos suspendidos, disminuir turbidez.</p>	<p>Es la primera etapa de la planta, contiene 5 materiales filtrantes</p> <ul style="list-style-type: none"> - carbón de Antracita (cullcite) - silicato de aluminio (cullsan A) - Granate en una mezcla de $Fe^{+3}, Al_2 (SiO_4)_3$ con Mg y Mn en sustitución parcial de Fe (cullsan G50) - Arena de cuarzo (cullsan U) - sílice (Med Gravel) 	<p>El filtro se encuentra vacío, por lo que es necesario adicionar los sacos de los minerales filtrantes, tal como se encuentra en los manuales de operación Las cantidades de los mismos son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 350 lb carbón de Antracita - 330 lb silicato de aluminio -200 lb Granate en una mezcla de $Fe^{+3}, Al_2 (SiO_4)_3$ con Mg y Mn en sustitución parcial de Fe - 150 lb Arena de cuarzo - 150 lb sílice

Cuadro 7. (Continuación)

EQUIPO	FUNCIÓN	CARACTERÍSTICAS	DIAGNÓSTICO VISUAL
SISTEMA DE FILTRACIÓN			
<p>Filtros de carbón activado</p> 	<p>Remover compuestos orgánicos, metales y compuestos clorados.</p>	<p>Es la segunda etapa de la planta, este filtro tiene un volumen total de 18 ft³, cada uno con una capacidad de 17 gpm, contienen 3 capas de material filtrante los cuales son carbon activado (collar D plus), arena de cuarzo (cullsan U), sílice (Med Gravel)</p>	<p>El filtro se encuentra vacío, por lo que es necesario adicionar los sacos de los minerales filtrantes. Según el manual de operación las cantidades de estos son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 495 lb Carbón activado - 250 lb Arena de cuarzo - 350 lb Sílice
SISTEMA DE LIMPIEZA DE FILTRACIÓN			
<p>Bomba de retrolavado</p> 	<p>Generar la energía necesaria para mover el fluido de limpieza de los filtros, maneja hasta 40psi.</p>	<p>Bomba con potencia de 5 HP y una capacidad de 80 gpm.</p>	<p>Se encuentran en buen estado según inspección visual.</p>



Cuadro 7. (Continuación)

EQUIPO	FUNCIÓN	CARACTERÍSTICAS	DIAGNÓSTICO VISUAL
SISTEMA DE ÓSMOSIS INVERSA			
<p>Filtro de cartucho</p> 	<p>Remueve los sólidos remanentes y pasa a la bomba de alta presión</p>	<p>Está compuesto por 4 Cartuchos de 20 pulgadas hecho en polipropileno de 5 micras. Además, cuenta con dos manómetros para monitorear la presión diferencial.</p>	<p>Los cartuchos se encuentran en buen estado según la inspección visual. Los filtros no se encuentran instalados.</p>
<p>Bomba de alta presión</p> 	<p>Impulsar agua filtrada a través de los tubos de presión</p>	<p>Modelo CRN 10-14, con presión de operación de 273 psi para flujo de 34 gpm, potencia de 15 HP</p>	<p>Se encuentra en buen estado según inspección visual. El sentido de giro es correcto.</p>

Cuadro 7. (Continuación)

EQUIPO	FUNCIÓN	CARACTERÍSTICAS	DIAGNÓSTICO VISUAL
SISTEMA DE ÓSMOSIS INVERSA			
<p>Tubos de presión</p> 	<p>Sostener, mantener el acoplamiento y el flujo en las membranas de ósmosis</p>	<p>Tubos de presión Wave-300p-8 de 8x120 pulgadas, con una presión de operación máxima de 300 psi y una temperatura de 20 °C</p>	<p>Se encuentran en buen estado según inspección visual, hace falta realizar limpieza respectiva.</p>
<p>Membranas de ósmosis inversa</p> 	<p>Remover sales (99,7%), iones sustancias orgánicas, pesticidas, metales pesados, algunos virus y bacterias.</p>	<p>6 membranas de 8x40 pulgadas agrupadas en 2 tubos de presión, es un arreglo con 2 tubos de presión en serie y una corriente de recirculación. Las membranas están Compuestas de una película fina en espiral de poliamida</p>	<p>Falta realizar cargue de las membranas en los tubos de presión, las membranas se encuentran sucias.</p>

Cuadro 7. (Continuación)

EQUIPO	FUNCIÓN	CARACTERÍSTICAS	DIAGNÓSTICO VISUAL
SISTEMA DE LIMPIEZA CLEAN IN PLACE (CIP)			
<p>Sistema de limpieza (CIP)</p> 	<p>Reducir el ensuciamiento de las membranas ya que es un fenómeno normal.</p>	<p>Consta de varios depósitos, conteniendo las diversas soluciones de limpieza, normalmente soluciones alcalinas hasta</p>	<p>Se encuentra en buen estado según inspección visual, debe verificarse la disponibilidad de las soluciones de limpieza. no se encuentra con la correspondiente conexión al sistema de ósmosis inversa.</p>
SISTEMA DE AJUSTE DE pH			
<p>Bomba dosificadora de NaOH</p> 	<p>Permite controlar la cantidad de hidróxido de sodio necesario para neutralizar el agua.</p>	<p>Bomba Culligan</p>	<p>Está en buen estado según inspección visual, pero no se ha definido la cantidad de reactivo a dosificar.</p>

Fuente. FONSECA, Laura Angélica. Manual de operación y funcionamiento. Bawer Company S.A.S., 2016.

Como resultado de la inspección visual se obtiene un diagnóstico y de acuerdo a ello se toman acciones correctivas (ver Cuadro 8) con el fin de realizar las corridas posteriormente.

Cuadro 8. Diagnóstico visual y acciones ejecutadas

Diagnóstico visual	Acciones
Filtros sin lechos	Cargue de lechos filtrantes, procedimiento en el Anexo A
Se presenta toma muestras quebrado en la línea de succión a las bombas de alimentación a filtros. Lo que ocasionaría una fuga.	Se reemplaza toma muestras por uno metálico.
Sacos de Sílice (Med gravel) incompletos	Compra 140 lb de sílice (Med Gravel)
Membranas sucias	Limpieza de membranas con solución salina, procedimiento en el Anexo B
Unidad de filtros de cartucho vacíos	Adición de filtros de cartucho
Falta de tanques recolectores de agua a tratar, tratada y de rechazo	Compra de tres tanques recolectores de agua
Tubos de presión sucios y sin membranas	Limpieza de tubos y cargue de membranas Anexo C
Sistema de dosificación de hidróxido de sodio (NaOH) sin reactivo	Compra de Hidróxido de sodio (NaOH) y cargue solución diluida al 0,1%
Sistema Clean in Place (CIP) desconectado y sin filtros	Conexión de sistema Clean in Place (CIP) y cargue de filtros
Falta conexión sistema de recolección y entrada a la planta	Conexión en PVC y bomba de succión.

Fuente. Elaboración propia

Nota: los procedimientos evidenciados en las acciones se realizaron a solicitud de la empresa

Finalmente se concluye que la planta no se encuentra en óptimas condiciones para su operación, sin embargo, al realizar las acciones correctivas la planta se encontrará en la capacidad de operar normalmente.

2.4 DIAGNÓSTICO FUNCIONAL DE LA PLANTA DE POTABILIZACIÓN

Actualmente la planta no se ha puesto en operación, lo cual hace necesario realizar un diagnóstico funcional por medio de una corrida bajo las condiciones descritas en el manual de operación en la Tabla 3 y así determinar el estado real de la planta en funcionamiento.

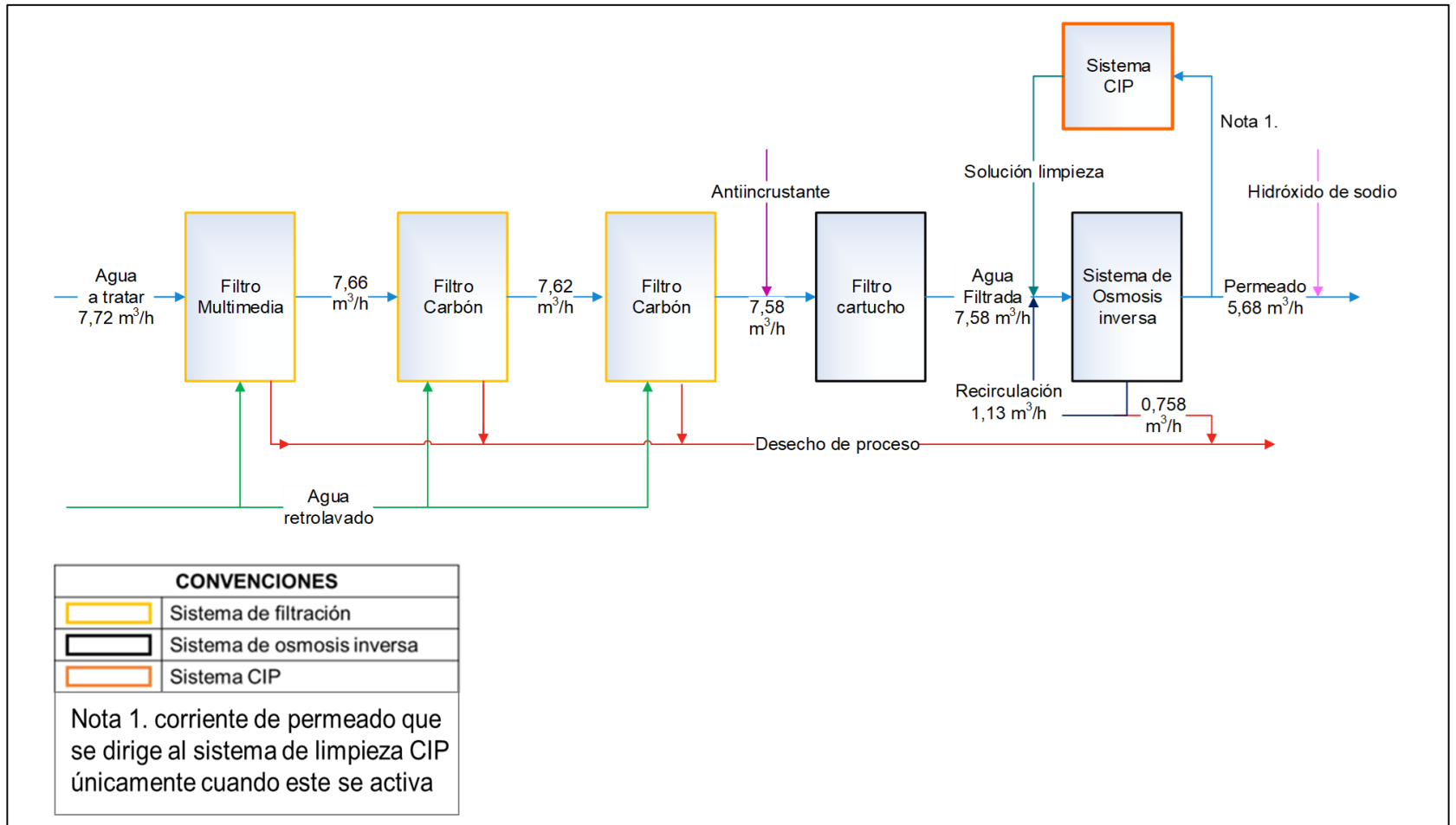
Tabla 3. Condiciones de operación de la planta de potabilización de acuerdo con manual de operación

Tiempo de operación (min)	Flujo alimentación m³/h	Volumen de alimentación (m³)	Presión bomba de alimentación (psi)	Presión bomba de alta presión (psi)
30	7,72	3,86	60	273

Fuente. Elaboración propia

2.4.1 Puesta en marcha de la planta. Se realiza la puesta en marcha considerando los siguientes flujos en las entradas y salidas de cada uno de los sistemas. La medición se realizó por medio de los medidores de flujo con los que se cuenta en la planta, los valores registrados se evidencian en el diagrama de bloques de la Figura 7.

Figura 7. Flujos registrados en la puesta en marcha de la planta

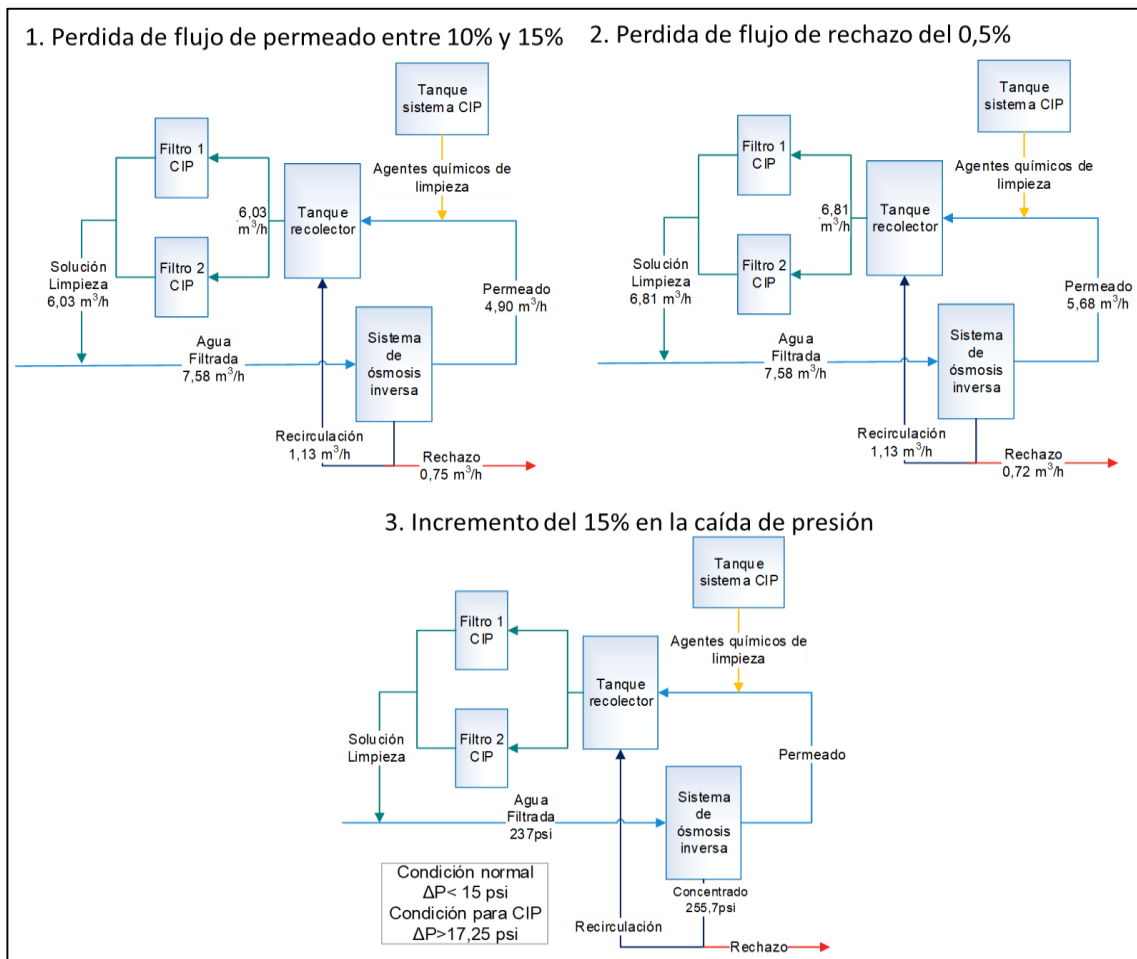


Fuente. Elaboración propia

Para comprender el funcionamiento del sistema de limpieza CIP se exponen las condiciones de proceso teóricas en caso de activarse el sistema CIP, sin embargo, es de resaltar que no se utilizó este sistema dado que durante las corridas no se presentó “pérdida de flujo de permeado del 10% - 15%, pérdida del 0,5% en el rechazo o la presión diferencial (presión de alimentación y concentrado) incrementa en 15% conociendo que la máxima caída de presión debe ser de 15 psi”²⁰.

En la figura se presentan las tres condiciones que deben ocurrir para que se active el sistema de limpieza CIP asumiendo que el flujo de entrada a la ósmosis inversa es el que marcó el medidor de caudal que en este caso sería de 7,58 m³/h, que la presión de alimentación a la ósmosis inversa es de 273 psi y que la máxima caída de presión es debe ser de 15 psi.

Figura 8. Condiciones en que se activa el Sistema de limpieza CIP



Fuente. Elaboración propia

²⁰ FONSECA, Laura Angélica. Manual de operación y funcionamiento. Bawer Company S.A.S., 2016. 26

Para completar en el Cuadro 9 se explica en qué casos se activa el sistema de limpieza CIP, es importante recordar que el sistema se activa cuando ocurra una o más de las tres condiciones.

Cuadro 9. Condiciones de operación en las cuales se activa el sistema de limpieza CIP

	Flujo de alimentación m³/h	Flujo de permeado m³/h	Flujo de rechazo m³/h	Presión diferencial psi
condición normal	7,58	5,68	0,75	<15
condición CIP	-	4,83 - 5,11	<0,68	>17,25

Fuente. Elaboración propia

Dejando claro el funcionamiento de la planta de potabilización finalmente con la puesta en marcha se obtienen los hallazgos presentados en el Cuadro 10 con la acción correctiva ejecutada.

Cuadro 10. Hallazgos y acciones correctivas ejecutadas

Hallazgo	Acción correctiva
Se presenta una fuga en la válvula de alimentación al filtro multimedia	Ajuste de válvula
Se encuentran dos fusibles quemados para la bomba de alimentación.	Reemplazo de fusibles
Se requiere generador de energía para encender la bomba de alta presión	Uso de generador de energía

Fuente. Elaboración propia

Con las observaciones realizadas en el diagnóstico preliminar y las acciones correctivas realizadas a raíz de la corrida, la planta se encuentra en las condiciones adecuadas en cuanto a funcionamiento general de los equipos y ausencia de fugas para realizar la evaluación de la fuente y determinar la calidad de agua.

3. SELECCIÓN DE LA FUENTE A TRATAR

La selección de la fuente a tratar consiste en proponer diferentes alternativas describiendo y destacando aspectos de cada una de ellas teniendo en cuenta las características y requerimientos de la planta. Considerando el contexto actual de la empresa y la calidad de agua propia de cada posible fuente, se preferiría realizar el tratamiento de agua subterránea, superficial o agua lluvia, teniendo en cuenta la disponibilidad, su sistema de captación, la calidad y los requisitos ambientales. Sin embargo, se requiere realizar el análisis completo de las posibles fuentes a tratar y realizar la selección de la mejor alternativa.

3.1 ALTERNATIVAS DE LA FUENTE A TRATAR

El tratamiento preliminar como se ha mencionado en el capítulo anterior, cuenta con un filtro multimedia capaz de remover “sólidos suspendidos en el agua de tamaños de hasta 15µm, dos filtros de carbón activado que remueven principalmente compuestos orgánicos y clorados y un filtro de cartucho de 5 µm apto para remover sólidos remanentes de los procesos anteriores, por tanto es posible acondicionar diferentes fuentes de agua tales como aguas grises, residuales, subterráneas, superficiales y aguas lluvia”²¹.

No obstante, las aguas grises se caracterizan por tener “alta concentración de sólidos suspendidos, sólidos disueltos, suspensiones coloidales, agentes tensoactivos y surfactantes”²² lo que significa que se requiere de un pretratamiento riguroso para acondicionar el agua antes de pasar por la unidad de ósmosis inversa debido a que se pueden generar obstrucciones y daños en las membranas provocando que el agua no cumpla con los parámetros requeridos para el agua potable. En cuanto a las aguas residuales cabe la posibilidad de ser tratadas en la planta, pero no con el fin de potabilizarlas debido a las “altas concentraciones de materia orgánica, inorgánica, sólidos y grasas, lo que implica invertir en tecnología e investigaciones para su tratamiento adecuado”²³.

Teniendo en cuenta que el agua que pasa al sistema de ósmosis inversa debe cumplir con los parámetros previamente descritos en la Tabla 2 se descartan las aguas grises y residuales puesto que estas a pesar de poder ser sometidas a un

²¹ MUÑOZ ARAUJO, Maria Fernanda and CASTRO ARROYO, Paola Isabel. Metodología para la selección de alternativas sostenibles para el suministro de agua potable y saneamiento básico en comunidades rurales dispersas. Universidad de Cartagena, 2017.

²² NIÑO RODRÍGUEZ, Elkin Darío; MARTÍNEZ MEDINA, Néstor Camilo. estudio de las aguas grises domésticas en tres niveles socioeconómicos de la ciudad de Bogotá. pontificia universidad javeriana, 2013. p. 34-35

²³ AGENCIA ID/DICYT. Logran potabilizar agua residual y de mar para consumo industrial en Arabia Saudí. [0]. Mayo 11,. [Consultado el Enero 9,2018]. Disponible en: <http://www.dicyt.com/noticias/logran-potabilizar-agua-residual-y-de-mar-para-consumo-industrial-en-arabia-saudi>

pretratamiento requieren mayor inversión de tiempo e insumos para su acondicionamiento, lo cual no es del interés de la empresa, por tanto se da prioridad a las fuentes convencionales como aguas subterráneas, superficiales y aguas lluvias la cuales requieren tratamientos menos exigentes para alcanzar la calidad del agua potable.

3.1.1 Alternativa 1: aguas subterráneas. Se considera como alternativa debido a que las aguas subterráneas han sido aprovechadas desde la antigüedad para el desarrollo y abastecimiento de poblaciones gracias a la “amplia distribución geográfica, buena calidad en general y resistencia ante las fluctuaciones estacionales y la contaminación”²⁴. En el Cuadro 11 se describen diferentes aspectos de este tipo de fuente.

Cuadro 11. Descripción de las aguas subterráneas

Aspecto	Descripción
Disponibilidad	Según el Estudio Nacional de Agua de 2014 (ENA 2014) Colombia cuenta con un rendimiento hídrico promedio que equivale a 6 veces el promedio mundial y a 3 veces el de Latinoamérica; además de reservas de aguas subterráneas que triplican esta oferta y se distribuyen en el 74% del territorio nacional, lo que significa que la disponibilidad de la fuente no es un impedimento para el desarrollo del proyecto. Específicamente la fuente provendría de “la zona que se encuentra dentro de la subcuenca hidrogeológica del sinclinal de Teusacá – Suesca.” ²⁵
Sistema de captación	Para extraer el agua subterránea es necesario diseñar un sistema de captación que permita poner a disposición del usuario el agua, algunos métodos de captación son: <ul style="list-style-type: none"> • “Pozos: perforación mecánica vertical, por lo regular en forma cilíndrica revestidos de tubería metálica o PVC. Se realizan mediante hincados de tubería o perforación con taladros y se dotan de sistemas de extracción. • Aljibes: Receptáculo hallado mediante excavación, que almacena agua subterránea con profundidades pequeñas (5 a 10 metros) y diámetros grandes (hasta 1 metro), cuyas paredes se revisten con ladrillo, tubería de cemento o concreto para evitar su derrumbamiento. Para extraer el agua se puede hacer uso de bombas manuales o sistema de bombeo muy simples. • Es una sugerencia del agua que emerge de las rocas y están concentrados en la zona de descarga del agua subterránea, y cuando brota a la superficie, se convierte en un afluente temporal o permanente. Generalmente se realizan galerías y drenes, las cuales son perforaciones horizontales de baja pendiente de sección circular que interceptan el flujo de agua subterránea en el acuífero, permitiendo que el agua salga a la superficie del terreno por gravedad”²⁶.

²⁴ BELLINO, Norberto. AGUAS SUBTERRANEAS Conocimiento y Explotación. Universidad de Buenos Aires, p. 10

²⁵ Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. Oferta de agua subterránea en la zona franca de los municipios de Sopó, Tocancipá y Gachancipá en la cuenca alta del río bogotá; [0]:Bogotá: 2

²⁶ VÉLEZ OTÁLVARO, María Victoria; ORTIZ PIMIENTA, Carolina y VARGAS QUINTERO, María Consuelo. Las Aguas Subterráneas un enfoque práctico. Instituto Colombiano De Geología y Minería INGEOMINAS., 2011.

Cuadro 11. (Continuación)

Aspecto	Descripción
Calidad	La composición del agua subterránea depende del tipo y las características del suelo, de la composición del agua filtrada y de los procesos microbiológicos y químicos del suelo, pero en general el agua posee “sustancias disueltas que se encuentran en estado iónico. Algunos iones están presentes casi siempre y su suma representa casi la totalidad de los iones disueltos. Estos iones son cationes: calcio, magnesio, sodio y potasio; y aniones: bicarbonato, sulfato y cloruro” ²⁷ .
Requisitos ambientales	<p>Para explotar las aguas subterráneas se debe contar con permiso de las autoridades ambientales competentes en este caso de la corporación autónoma regional de Cundinamarca (CAR), Secretaría Distrital de Ambiente y La Autoridad Nacional De Licencias Ambientales (ANLA), requiriendo de los siguientes “tramites:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Permiso de exploración de aguas subterráneas: se requiere para realizar la perforación y construcción de un pozo de aguas subterráneas. • Concesión para explotación de las aguas subterráneas: se solicita una vez construido el pozo, es el acto administrativo mediante el cual la autoridad ambiental autoriza el uso y aprovechamiento de un caudal de agua subterránea específico, con un plazo y condiciones determinadas. • Prórroga de la concesión: La concesión se otorga por un plazo determinado y esta puede ser prorrogada, elevando la respectiva solicitud antes del vencimiento de la concesión. • Modificación de la concesión: se solicita cuando se requiere alguna modificación de la respectiva concesión y durante el tiempo concedido, en la cual se puede solicitar aumento/disminución del caudal o cambio en los regímenes del tiempo de bombeo”²⁸.

3.1.2 Alternativa 2: aguas superficiales. Se plantea como alternativa debido a la extensión de la cuenca del río Bogotá por Cundinamarca donde específicamente “quebradas como la Quindingua, quebrada Honda, quebrada el Pino entre otras”²⁹ pertenecen a las corrientes de agua de Tocancipá ubicadas en la cuenca media, las cuales bajo el correcto tramite están a disposición del ser humano, en cuanto a la calidad del agua es importante considerar que “la cantidad de sustancias químicas que se encuentran disueltas en el agua tanto de ríos como de embalses dependen de la dirección del curso fluvial donde se encuentre la captación, por lo que existe una relación directa entre el tiempo que haya estado en contacto las rocas y suelos con el agua y el contenido de minerales que tendrá”³⁰, en el Cuadro 12 se describen otros aspectos característicos de este tipo de agua .

²⁷ LÓPEZ-GETA, Juan Antonio, et al. Investigación y gestión de los recursos del subsuelo. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, 2008. 25-26 p

²⁸ Secretaria Distrital de Ambiente. Recurso hídrico subterráneo. [Consultado el Enero 10, 2018]. Disponible en: <http://ambientebogota.gov.co/aguas-subterranas>

²⁹ Codificación Nacional de Cuencas Hidrográficas. Guía técnico-científica para la ordenación y manejo de cuencas hidrográficas en Colombia (DECRETO 1729 DE 2002) – Bogotá 2004

³⁰ DIAZ DELGADO, Carlos; ESTELLER ALBERICH, Maria Vicenta y LOPEZ-VERA, Fernando. Recurso hídrico, conceptos básicos y estudio de caso en Iberoamérica. 205. 170 p.

Cuadro 12. Descripción de las aguas superficiales

Aspecto	Descripción
Disponibilidad	Este tipo de fuente está constituida por los ríos, lagos, quebradas, embalses entre otros, su volumen depende principalmente de la intensidad de las precipitaciones, clima y vegetación, lo que significa que es accesible haciendo los correspondientes trámites para hacer la captación.
Sistema de captación	“Las aguas superficiales son una gran alternativa de suministro que generalmente utilizan equipos de bombeo para su aprovechamiento directo desde la fuente, dado su requerimiento en obras de captación” ³¹ “Por lo general la calidad de agua de río es similar en cuanto a la amplitud y profundidad del lecho del río; por ello se puede colocar la captación en cualquier punto adecuado de donde se pueda extraer el agua del río en cantidad suficiente”. ³²
Calidad	La calidad del agua en “períodos de lluvia puede tener una baja concentración de sólidos disueltos, pero a generalmente tiene una turbiedad alta, en periodos de sequía, el caudal de los ríos es bajo y la concentración de sólidos disueltos es menos diluida” ³³ . Las fuentes superficiales son más susceptibles a la contaminación debido al vertimiento de aguas residuales domésticas e industriales a los ríos, lagos y lagunas por tanto la calidad va a depender del cuerpo hídrico donde se desee hacer la captación, pero al contar con un tratamiento preliminar esta fuente puede ser acondicionada.
Requisitos ambientales	“La Autoridad Nacional de Licencias Ambientales tiene la capacidad de evaluar, otorgar y dar seguimiento de los permisos de concesión de Aguas Superficiales, cuando quien solicita corresponde a Corporaciones Autónomas Regionales o Autoridades Ambientales para su beneficio o para los casos en los cuales son financiadores de los proyectos o en el marco de convenios interadministrativos, de igual manera en aquellos casos donde se asuma la competencia por facultad discrecional del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible” ³⁴ . La captación de aguas superficiales sin la debida concesión conlleva a las autoridades a aplicar sanciones establecidas en la Ley 1333 de 2009, donde se las multas diarias pueden llegar hasta los cinco mil salarios mínimos mensuales legales vigentes.

³¹ SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: Obras de Captación Superficiales.:México: 2015.

³² GUEVARA, Willer. Especialización en gerencia para el manejo de los recursos naturales, del medio ambiente y riesgos y desastres con énfasis en gestión ambiental urbana. Universidad Sergio Arboleda, 2005

³³ GUEVARA,Willer. Especialización en gerencia para el manejo de los recursos naturales, del medio ambiente y riesgos y desastres con énfasis en gestión ambiental urbana. Universidad Sergio Arboleda, 2005

³⁴ ANLA. Concesión de Aguas Superficiales.[Consultado el Enero 10,2018]. Disponible en: <http://www.anla.gov.co/concesion-aguas-superficiales>

3.1.3 Alternativa 3: aguas lluvia. Se propone como alternativa ya que “Colombia se ve favorecida al estar ubicada en la línea ecuatorial, lo que hace que sea un país privilegiado en la producción e implementación de sistemas con aprovechamiento de aguas lluvias”³⁵, por otro lado, el sistema captación de aguas lluvia es viable, en el Cuadro 13 se describen otros aspectos de este tipo de fuente.

Cuadro 13. Descripción de las aguas lluvia

Aspecto	Descripción
Disponibilidad	Existe un régimen de lluvias muy variado, el cual depende de las características de la circulación atmosférica y a las diferencias en el contenido de humedad. En el caso particular de Tocancipá según la Subdirección de Meteorología el promedio de días con lluvia total anual del municipio se encuentre entre 150 y 200 y el promedio de precipitación anual esta entre 500mm y 1000 mm.
Sistema de captación	Los sistemas de captación de agua lluvia consisten en captar el fluido antes de continuar con su ciclo natural para su aprovechamiento en múltiples usos. Unas de las formas de captar agua lluvia son las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> • “In situ en el suelo, es decir, a través de distintas técnicas que permitan facilitar la infiltración del agua de escorrentía y acumularla en el perfil de suelo. • Recoger el agua lluvia y conducirla por caminos colectores, para finalmente acumularla en pequeños tranques construidos en el predio. • Colectarla desde los techos de las casas y bodegas de los productores, y conducirla por sistemas de canaletas y tuberías hasta un estanque acumulado”³⁶.
Calidad	“El nivel de contaminación del agua lluvia depende de los componentes presentes en la atmósfera local, debido a que allí habitualmente se concentran partículas, microorganismos, metales pesados y sustancias orgánicas, los cuales se precipitan inmersos en las gotas de lluvia, lo que hace que el agua de lluvia pura sea difícil de encontrar” ³⁷ .
Requisitos ambientales	Legalmente según el artículo 148 del decreto 2811 de 1974 “El dueño, poseedor o tenedor de un predio puede servirse de las aguas lluvias que caigan o se recojan en éste y mientras por él discurren. Podrá, en consecuencia, construir dentro de su propiedad las obras adecuadas para almacenarlas y conservarlas, siempre que con ellas no cause perjuicios a terceros” ³⁸ .

Colombia es un país privilegiado en recursos hídricos, con precipitaciones abundantes, buen número de ríos con apreciables caudales y con un potencial de

³⁵ ROBAYO PARGA, José Luis y PEREZ MARTINEZ, Rafael Eduardo. Análisis de la captación y aprovechamiento del agua lluvia para utilización en el campus de la universidad, de acuerdo con las características de sus sedes. En: Universidad Católica De Colombia

³⁶ CARRASCO, Jorge. Sistema de captación y acumulación de aguas lluvias; En: INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS. vol. 3

³⁷ ESTUPIÑÁN PERDOMO, Jorge Luis ZAPATA GARCÍA, Héctor Ovidio. Requerimientos de infraestructura para el aprovechamiento sostenible del agua lluvia en el campus de la Pontificia Universidad Javeriana, sede Bogotá. a Pontificia Universidad Javeriana, 2011. p. 26

³⁸ Código Nacional De Recursos Naturales Renovables Y De Protección Al Medio Ambiente. Decreto 2811 De 1974. (Dic 18,). 1974.

aguas subterráneas lo que significa una ventaja para las tres alternativas consideradas pero la selección final de la alternativa se realiza mediante de una matriz.

3.2 PROCEDIMIENTO DE SELECCIÓN DE ALTERNATIVA

La selección de una de las tres alternativas planteadas anteriormente se realiza a través de una matriz de selección descrita en el libro los métodos de decisión multicriterio y su aplicación al análisis del desarrollo³⁹ donde se asigna una puntuación a cada alternativa utilizando el siguiente procedimiento:

1. Definir criterios relevantes que influyan directamente en la decisión final.
2. Valorar cada uno de los criterios mediante la escala establecida en la Tabla 4, para determinar el peso de cada criterio mediante una matriz de pares.

Tabla 4. Escala de valores para criterios

Definición	Calificación
Mucho más importante	10
Más importante	5
Igual de importante	1
Menos importante	1/5=0,2
Mucho menos importante	1/10 =0,1

Fuente. Elaboración propia

3. Valorar y comparar cada alternativa en función de cada uno de los criterios a través de matrices de pares nuevamente con base a la escala de la Tabla 3.
4. Construir la matriz final relacionando las alternativas con los criterios realizando la suma de los ponderados para seleccionar la alternativa de mayor puntuación.

3.3 CRITERIOS DE SELECCIÓN Y VALORACIÓN

Se plantean cuatro criterios que influyen directamente en cada una de las alternativas. Se toma como referencia el proyecto de grado “Metodología para la selección de alternativas sostenibles para el suministro de agua potable y saneamiento básico en comunidades rurales dispersas”⁴⁰

³⁹ LLAMAZARES REDONDO, Francisco. Los métodos de decisión multicriterio y su aplicación al análisis del desarrollo local. 2011, p. 60

⁴⁰ MUÑOZ ARAUJO, Maria Fernanda and CASTRO ARROYO, Paola Isabel. Metodología para la selección de alternativas sostenibles para el suministro de agua potable y saneamiento básico en comunidades rurales dispersas. Universidad de Cartagena, 2017. p. 18-20.

- Disponibilidad de la fuente: tiene en cuenta la cantidad de fuente hídrica.
- Sistema de captación: considera la facilidad para obtener el agua a tratar.
- Calidad del agua: contempla la mínima diferencia entre las características de la fuente hídrica y las de la Resolución 2115 de 2007.
- Requisitos ambientales: estima la viabilidad del cumplimiento de las normas y procedimientos a seguir para hacer uso del recurso hídrico.

La valoración de los criterios de selección consiste en compararlos por medio de una matriz de pares asignando un valor tal como se describió en el punto 2 de la sección 3.2, en la Tabla 5 se presenta la correspondiente matriz donde el factor de ponderación es calculado con la Ecuación 1.

Tabla 5. Matriz de pares de criterios

Criterios	Disponibilidad de la fuente	Sistema de captación	Calidad del agua	Requisitos ambientales	Suma (α)	Factor de ponderación (fp)
Disponibilidad de la fuente	1,00	0,20	1,00	5,00	7,20	0,24
SISTEMA DE CAPTACIÓN	5,00	1,00	1,00	5,00	12,00	0,41
CALIDAD DEL AGUA	1,00	1,00	1,00	0,20	3,20	0,11
REQUISITOS AMBIENTALES	1,00	0,20	5,00	1,00	7,20	0,24
TOTAL					29,60	1

Fuente. Elaboración propia

Ecuación 1. Factor de ponderación

$$FP = \frac{\alpha_i}{Total}$$

3.4 COMPARACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS EN FUNCIÓN DE LOS CRITERIOS

Se realiza la comparación de las alternativas en función de cada uno de los criterios, teniendo en cuenta una vez más la escala de la Tabla 4. A modo de ejemplo se toma la disponibilidad de la fuente y se compara las aguas subterráneas con aguas subterráneas, al ser igual de importantes se coloca 1 en la matriz, posteriormente se compara aguas subterráneas con aguas superficiales, al existir mayor disponibilidad de aguas subterráneas que de aguas superficiales se coloca 5 en la matriz, finalmente se compara aguas subterráneas con aguas lluvias, al existir mayor disponibilidad de aguas subterráneas que de aguas lluvia se coloca 5 en la matriz (ver Tabla 6). De esta forma se obtienen los valores de la primera fila; para obtener los valores de las otras dos filas correspondientes a las aguas superficiales y las aguas lluvias se realiza la misma comparación de acuerdo con cómo se indique en la matriz de este criterio.

Tabla 6. Ejemplo de matriz de alternativas en función del criterio disponibilidad de la fuente

Disponibilidad de la fuente					
Alternativas	Aguas subterráneas	Aguas superficiales	Aguas lluvias	Suma (α)	Factor de ponderación (FP)
Aguas subterráneas	1,00	5,00	5,00	11,00	0,59
Aguas superficiales	0,20	1,00	5,00	6,20	0,33
Aguas lluvias	0,20	0,20	1,00	1,40	0,08
TOTAL				18,60	1,00

Fuente. Elaboración propia

Es necesario realizar una matriz por cada criterio, por lo que se debe realizar en total cuatro matrices y determinar en cada una el factor de ponderación haciendo uso de la Ecuación 1. A continuación, se presenta la matriz resumen (Tabla 7) y en el Anexo D se encuentran cada una de las matrices de pares.

Tabla 7. Factor de ponderación de cada una de las alternativas en función de los criterios de selección.

Criterios	Disponibilidad de la fuente	Sistema de captación	Calidad del agua	Requisitos ambientales
Alternativa 1	0,59	0,06	0,45	0,10
Alternativa 2	0,33	0,26	0,09	0,11
Alternativa 3	0,08	0,68	0,45	0,79

Fuente. Elaboración propia

3.5 MATRIZ DE SELECCIÓN

La matriz de selección final corresponde a la suma de los factores de ponderación obtenidos en la matriz de la Tabla 7 multiplicado por los factores de ponderación de los criterios obtenidos en la matriz de la Tabla 5, en la Tabla 8 se observa los resultados finales.

Tabla 8. Matriz final de selección

Criterios	Disponibilidad de la fuente	Sistema de captación	Calidad del agua	Requisitos ambientales	Total
Alternativa 1	0,14	0,02	0,05	0,03	0,24
Alternativa 2	0,08	0,11	0,01	0,03	0,22
Alternativa 3	0,02	0,28	0,05	0,19	0,54

Fuente. Elaboración propia

De acuerdo con la matriz final de selección la mejor alternativa es la 3 (agua lluvia), por tanto, la experimentación se basa en la potabilización de aguas lluvias, siendo los requisitos ambientales una de sus mayores ventajas, puesto que la captación es libre para la empresa, lo que a su vez permite almacenar y conservar el agua a criterio propio, lo que abre la posibilidad de utilizarla según se requiere, además Bawer Company S.A.S cuenta con un sistema de captación de agua que es bastante funcional ya que de él se utiliza el agua empleada en los baños, lo que permite suponer que la obtención del agua necesaria para el desarrollo del proyecto será muy viable.

4. DESARROLLO EXPERIENTAL

El desarrollo experimental está dividido en dos partes la primera consiste en analizar todos los parámetros de calidad de agua a tratar según la Resolución 2115/2007, y la segunda consiste en seleccionar las unidades; filtro multimedia, filtros de carbón activado y ósmosis inversa, para realizar las corridas y determinar los parámetros obtenidos del agua tratada según la misma resolución, identificando de esta manera si se cumple o no con la obtención de agua potable.

4.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE LA FUENTE SELECCIONADA

La recolección de la muestra se realizó aprovechando el sistema de captación de la empresa que se emplea para obtener el agua que se utiliza en los baños. En la Imagen 2 se puede observar las canaletas que conducen a un tanque de almacenamiento de agua lluvia de 450 litros de capacidad.

Imagen 2. Sistema de captación de aguas lluvia



Fuente. Elaboración propia

Para la toma de la muestra y ejecución de los análisis descritos en la resolución 2115/2007 se contrató a un laboratorio externo certificado (Analquim LTDA), quienes tomaron los análisis de pH, temperatura, conductividad eléctrica, cloro residual libre y cloro residual combinado en sitio y tomaron dos muestras de agua cruda para el posterior análisis de los demás parámetros contemplados en la resolución.

Los resultados se obtuvieron 10 días hábiles después de tomada la muestra y en el informe suministrado por el laboratorio se resalta que los valores de cloro residual libre, pH y coliformes totales no cumplen con la Resolución 2115/2007.

Según lo mencionado anteriormente, se realiza el análisis completo (Ver Anexo E), en el que se identifican los parámetros mencionados en la Tabla 9 que se encuentran por fuera del rango estipulado por la Resolución y los parámetros que no se ajustan a lo indicado para ingresar a la ósmosis inversa según el manual de operación sugerido por el proveedor mencionados anteriormente en la Tabla 2.

Tabla 9. Parámetros fuera del valor de referencia

Parámetro	Unidades	Valor de referencia proveedor ósmosis inversa	Valor de referencia límite resolución 2115/2007	Resultado de laboratorio	Cumple Res. 2115/2007
Turbidez	NTU	<1	2	1,6	si
pH	Unidades	2 – 11	6,5 – 9,0	4,19	No
Cloro residual libre	mg/L Cl ₂	<0,1	0,3 – 2.0	<0,3	No
Hierro total	mg/L Fe	<0,05	0,3	<0,1	Si
Aluminio	mg/L Al	<0,05	0,2	0,08	Si
Coliformes Totales	UFC/100mL	N/A	0	10	No

Fuente. Elaboración propia

Nota: Se presentan únicamente los parámetros que no cumplen según la resolución 2115/2007 o los requisitos de entrada a ósmosis inversa según manual de operación del proveedor.

4.2 PLANTEAMIENTO POSIBLES ALTERNATIVAS PARA REALIZAR CORRIDAS

De acuerdo con la caracterización físico-química de la fuente seleccionada, se proponen cinco alternativas para realizar las corridas haciendo uso de las diferentes unidades que componen cada uno de los sistemas y de acuerdo a la necesidad para potabilizar la fuente seleccionada de acuerdo a los parámetros requeridos. Se descarta el sistema de dosificación de coagulante y floculante debido a que la función principal de estos es disminuir la turbidez, parámetro que se puede ajustar con las unidades previas a la Ósmosis Inversa. La necesidad de cada unidad se presenta en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Necesidad de las unidades de la planta de acuerdo con la calidad de agua a tratar

Unidad	Necesidad
Filtro multimedia	El valor máximo de turbidez para ingreso a la ósmosis inversa es 1 NTU y en el análisis de laboratorio se obtuvo un resultado de 1,6 NTU, si bien la diferencia se puede considerar pequeña no es despreciable teniendo en cuenta la susceptibilidad de este equipo. Se contempla la posibilidad de incluir el filtro multimedia para disminuir el valor de turbidez.
Filtro de carbón activado	Se considera que los dos filtros cumplen con las mismas características. Su función es remover compuestos clorados, dado que el análisis de laboratorio indica que el resultado para Cloro libre residual es <0,3 mg/L y la ósmosis Inversa requiere que sea menor a 0,1 mg/L es preferible utilizar el filtro como medida preventiva pues el Cloro en las diferentes muestras de agua lluvia a tratar puede variar y afectar las membranas de la unidad de ósmosis inversa.
Ósmosis Inversa	Se requiere para remover al 99,7% las bacterias presentes, Coliformes.

Fuente. Elaboración propia

A continuación, se presentan las posibles corridas a realizar de acuerdo al cumplimiento de todas las necesidades y empleando las unidades aptas para suplirlas de acuerdo al Cuadro 14

4.2.1 Alternativa corrida 1: filtro multimedia – Ósmosis Inversa. Esta alternativa permitiría disminuir la turbidez del agua a tratar, cumpliendo con el requerimiento para este parámetro a la entrada de la ósmosis Inversa, sin embargo, no se asegura la remoción de los compuestos clorados y de hierro lo que representa un riesgo considerando que no se tiene certeza de que el valor sea inferior a 0,1 mg/L y a 0,05 mg/L respectivamente, valores requeridos en la entrada de la ósmosis Inversa, dado que el rango de medición por el laboratorio es <0,3 mg/L y <0,1.

4.2.2 Alternativa corrida 2: un filtro de carbón activado – Ósmosis Inversa.

Esta alternativa permitirá remover compuestos orgánicos, metales y compuestos clorados, lo que posiblemente puede asegurar que el valor del cloro libre, del hierro y del aluminio se encuentren dentro de los requerimientos de entrada a la ósmosis Inversa. Adicionalmente el paso por el lecho filtrante hace que probablemente la turbidez se disminuya.

4.2.3 Alternativa corrida 3: dos filtros de carbón activado – Ósmosis Inversa.

Esta alternativa puede ser igual de viable que usar sólo un filtro de carbón activado, con la ventaja de tener mayor certeza de la disminución de cloro libre, aluminio, hierro y turbidez, cumpliendo ampliamente con el requerimiento de entrada para la ósmosis inversa.

4.2.4 Alternativa corrida 4: filtro multimedia – Un filtro de carbón activado – Ósmosis Inversa.

Esta alternativa permite asegurar que todos los parámetros requeridos por la ósmosis inversa se cumplen, adicionalmente, es importante considerar que el diseño convencional de la planta contempla estas unidades.

4.2.5 Alternativa corrida 5: filtro multimedia – Dos filtros de carbón activado – Ósmosis Inversa.

Esta alternativa al igual que la anterior permite garantizar los parámetros requeridos por la ósmosis inversa, sin embargo, considerando la calidad del agua a tratar no se necesita un pretratamiento tan riguroso, es decir, tres unidades previas a la ósmosis inversa.

4.3 SELECCIÓN DE LAS CORRIDAS A REALIZAR

Considerando que lo que se busca con las unidades previas de la ósmosis inversa es remover compuestos clorados, hierro, aluminio y disminuir la Turbidez se plantea realizar las alternativas presentadas en las secciones 4.2.2, 4.2.3 y 4.2.4.

Alternativa un filtro de carbón activado – Ósmosis Inversa: permite ajustar el valor del cloro libre, hierro y aluminio dentro de los requerimientos de entrada a la ósmosis inversa.

Alternativa dos filtros de carbón activado – Ósmosis Inversa: disminuye el cloro libre, aluminio, hierro y turbidez.

Alternativa filtro multimedia – Un filtro de carbón activado – Ósmosis Inversa: asegura que todos los parámetros requeridos por la ósmosis inversa se cumplen

Se contemplan estas alternativas para cumplir con el propósito, sin poner en riesgo el sistema de ósmosis inversa y evitando la generación de sobrecostos por la utilización de unidades innecesarias.

4.4 EJECUCIÓN DE LAS CORRIDAS SELECCIONADAS

La ejecución de las corridas consiste en utilizar las unidades contempladas en cada una de las alternativas seleccionadas, para ello se captó el agua durante 2 meses en dos filtros tipo cartucho que funcionaron como almacenamiento, de igual forma se aprovechó el sistema de captación con el que cuenta la empresa, adaptando una conexión en PVC desde el tanque de almacenamiento (1) de aguas lluvias con capacidad de 450 litros a los filtros de cartucho (2) tal como se puede observar en la Imagen 3.

Imagen 3. Sistema de captación de agua para corridas



Fuente. Elaboración propia

De acuerdo con lo anterior, se realizan las corridas seleccionadas con las condiciones de operación descritas en la Tabla 10.

Tabla 10. Condiciones de operación para las corridas

Tiempo de operación (min)	Flujo alimentación m ³ /h	Volumen de alimentación (m ³)	Presión bomba de alimentación (psi)	Presión bomba de alta presión (psi)
30	7,72	3,86	60	273

Adicionalmente, se realizan los análisis físico-químicos del agua a la entrada y salida de la ósmosis, para aquellos parámetros que no cumplen con la resolución o con los requisitos indicados en el manual de operación de la planta de acuerdo a los resultados del análisis efectuado para el agua a tratar.

Para la determinación de los parámetros de la muestra de agua en la entrada de la ósmosis inversa se sugiere al laboratorio externo utilizar un método analítico con mayor rango de medición dado que es necesario conocer estos valores con mayor exactitud porque de estos depende el correcto funcionamiento del sistema de ósmosis inversa, por ejemplo, para el Cloro el laboratorio reporta un valor de menor a 0,3 ppm sin embargo se requiere saber si es menor a 0,1 ppm, al ser el dato suministrado un rango impide asegurar que se cumple con este parámetro, es por esta razón que el laboratorio decide optar por un método de mayor exactitud o mayor cobertura de acuerdo a el requerimiento que se plantea. En el Anexo F se encuentran los resultados de los análisis realizados por Analquim LTDA para cada una de las corridas.

La recolección se hizo para cubrir el agua requerida para las tres corridas, por lo tanto, el volumen total de agua lluvia almacenada fue de aproximadamente 13 m³, para obtener esta cantidad de agua lluvia se hizo necesario captar el agua durante 2 meses de forma continua, la forma de recolección del agua permite además minimizar la diferencia entre las características físicas y químicas del agua a tratar.

4.4.1 Ejecución corrida 1: un filtro de carbón activado – Ósmosis Inversa.

En la Tabla 11 se presentan los resultados del análisis realizado a las muestras de agua en la entrada y salida de la ósmosis inversa, identificando que el filtro de carbón activado acondiciona correctamente el agua que va a ingresar al sistema de ósmosis inversa.

Tabla 11. Resultados corrida 1

Parámetro	Unidades	Entrada al filtro de carbón activado	Valor de referencia Manual de operación planta	Entrada Ósmosis Inversa	Salida Ósmosis Inversa	Valor límite requerido Resolución 2115/2007	Cumple Res. 2115/2007
pH	Unidades	4,19	2 - 11	4,21	4,33	6,5 – 9,0	No
Turbidez	NTU	1,60	<1	0,8	0,62	2	Si
Cloro residual libre	mg/L Cl ₂	<0,30	<0,1	<0,05	<0,05	0,3 – 2,0	No
Hierro total	mg/L Fe	<0,10	<0,05	<0,02	<0,02	0,3	Si
Aluminio	mg/L Al	0,08	<0,05	0,03	<0,01	0,2	SI
Coliformes Totales	UFC/100mL	10	N/A	8	0	0	SI

Nota: se toman los valores de referencia como requisito para la entrada de la ósmosis inversa indicados por en el manual de operación de la planta (ver Tabla 2)

Según los resultados obtenidos se puede analizar que es necesario realizar un ajuste de pH y cloro dado que son los únicos parámetros que con este tratamiento no estarían cumpliendo con el requisito indicado por la Resolución 2115/2007. Es de resaltar que el filtro de carbón activado realiza una gran contribución en cuanto a la disminución de la turbidez ya que se disminuye en un 50% pasando de 1,6 NTU en la entrada a 0,8 NTU en la salida. Adicionalmente se puede observar que contrario a lo que se esperaría la ósmosis inversa logra remover por completo los coliformes totales presentes en el agua.

4.4.2 Ejecución corrida 2: dos filtros de carbón activado – Ósmosis Inversa.

En esta corrida se corrobora que usando los dos filtros de carbón activado se logra disminuir la turbidez, el cloro residual libre, el Hierro total y el Aluminio, permitiendo que el agua sea apta para ingresar al sistema de ósmosis inversa. En la Tabla 12 se presentan los resultados del análisis realizado a las muestras de agua en la entrada y salida de la ósmosis inversa.

Tabla 12. Resultados corrida 2

Parámetro	Unidades	Entrada al primer filtro de carbón activado	Valor de referencia Manual de operación planta	Entrada Ósmosis Inversa	Salida Ósmosis Inversa	Valor límite requerido Resolución 2115/2007	Cumple Res. 2115/2007
pH	Unidades	4,19	2 - 11	4,34	4,41	6,5 – 9,0	No
Turbidez	NTU	1,60	<1	0,6	0,38	2	Si
Cloro residual libre	mg/L Cl ₂	<0,30	<0,1	<0,05	<0,05	0,3 – 2,0	No
Hierro total	mg/L Fe	<0,10	<0,05	<0,02	<0,02	0,3	Si
Aluminio	mg/L Al	0,08	<0,05	0,02	<0,01	0,2	SI
Coliformes Totales	UFC/100mL	10	N/A	5	0	0	SI

Nota: se toman los valores de referencia como requisito para la entrada de la ósmosis inversa indicados por en el manual de operación de la planta (ver Tabla 2)

De acuerdo a los resultados obtenidos en la Tabla 12 se puede observar que la única diferencia con respecto a los resultados de la ejecución de la primera corrida en la que se emplea sólo un filtro de carbón activado es que la turbidez disminuye 0,02 ppm, sin embargo, este valor no es representativo y tampoco justifica el empleo de una unidad adicional como lo es un filtro de carbón activado, para la obtención de los mismos valores en los parámetros analizados.

4.4.3 Ejecución corrida 3: filtro multimedia – Un filtro de carbón activado – Ósmosis Inversa. Esta corrida permite usar el diseño convencional de la planta identificando que el filtro multimedia y un filtro de carbón activado dejan en condiciones aptas el agua que ingresa a la unidad de ósmosis inversa. En la Tabla 13 se presentan los resultados del análisis realizado a la muestra de agua en la entrada y salida de la ósmosis inversa.

Tabla 13. Resultados corrida 3

Parámetro	Unidades	Entrada al filtro multimedia	Valor de referencia Manual de operación planta	Entrada Ósmosis Inversa	Salida Ósmosis Inversa	Valor límite requerido resolución 2115/2007	Cumple Res. 2115/2007
pH	Unidades	4,19	2 - 11	4,28	4,31	6,5 – 9,0	No
Turbidez	NTU	1,60	<1	0,5	0,2	2	Si
Cloro residual libre	mg/L Cl ₂	<0,30	<0,1	<0,05	<0,05	0,3 – 2,0	No
Hierro total	mg/L Fe	<0,10	<0,05	<0,02	<0,02	0,3	Si
Aluminio	mg/L Al	0,08	<0,05	<0,01	<0,01	0,2	Si
Coliformes Totales	UFC/100mL	10	N/A	3	0	0	Si

Nota: se toman los valores de referencia como requisito para la entrada de la ósmosis inversa indicados por en el manual de operación de la planta (ver Tabla 2)

Según los resultados obtenidos en la Tabla 13 se puede observar que con la corrida en la que se emplea un filtro multimedia, un filtro de carbón activado y la ósmosis inversa se obtiene el valor de turbidez menor de las corridas realizadas, cumpliendo con el requisito tanto del manual de operación de la planta como de la resolución 2115/2007, sin embargo, es de resaltar que se obtienen los mismos valores para los parámetros requeridos empleando una unidad adicional como lo es el filtro multimedia, a comparación de la primera alternativa; un filtro de carbón activado y la ósmosis inversa.

Finalmente, se puede concluir que en las tres corridas se obtuvo valores para los parámetros que permiten el cumplimiento de la resolución 2115/2007, así mismo, se hace necesario hacer un ajuste de pH y de cloro libre dado que los valores obtenidos para estos parámetros se encuentran por debajo de lo requerido por la resolución.

4.5 SELECCIÓN DE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos en la ejecución de cada una de las corridas, se analiza que en las tres se cumple con los parámetros requeridos por el manual de operación de la planta para la entrada a la ósmosis inversa, sin embargo,

ninguna de las corridas cumple con el requerimiento de pH ni cloro residual libre en la salida de la planta, por lo que se encuentra fuera de la Resolución 2115/2007 para agua potable.

Según lo anterior la decisión de la mejor opción para las condiciones finales de operación se centra en los recursos necesarios para obtener el agua, es decir, entre menos recursos o unidades se empleen así mismo disminuirán los costos. Considerando que para cada corrida se emplearon los recursos del Cuadro 15. Recursos y equipos necesarios por corrida, se determina que la mejor condición para cumplir con el requerimiento de los parámetros de entrada a la ósmosis inversa es; un filtro de carbón activado y la ósmosis inversa.

Cuadro 15. Recursos y equipos necesarios por corrida

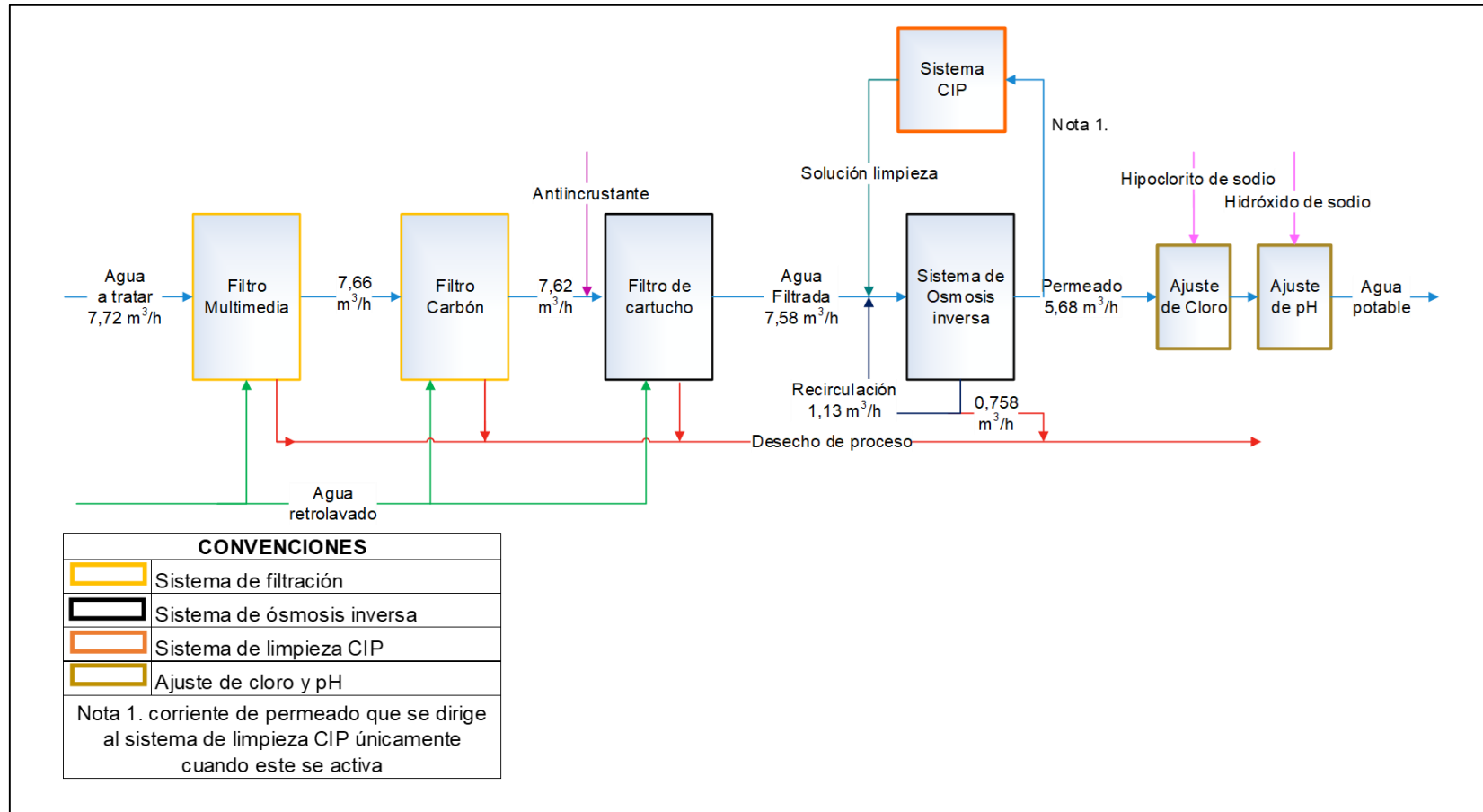
Corrida	Recurso	Cantidad
Corrida 1: un filtro de carbón activado – Ósmosis Inversa	Filtro de carbón activado • Lechos filtrantes para un filtro	495 lb collar D plus 250 lb Culsan U 350 lb Med Gravel
	Sistema de ósmosis inversa • Tubos de presión • Membranas de ósmosis inversa	2 tubos de presión 6 membranas de ósmosis inversa
Corrida 2: dos filtros de carbón activado – Ósmosis Inversa	Filtro de carbón activado • Lechos filtrantes para cada filtro	990 lb collar D plus 500 lb Culsan U 700 lb Med Gravel
	Sistema de ósmosis inversa • Tubos de presión • Membranas de ósmosis inversa	2 tubos de presión 6 membranas de ósmosis inversa
Corrida 3: filtro multimedia - un filtro de carbón activado – Ósmosis Inversa	Filtro multimedia Lechos filtrantes	350 lb Cullcite 330 lb Culsan A 200 lb Culsan G50 150 lb Culsan U 250 lb Med Gravel
	Filtro de carbón activado Lechos filtrantes para un filtro	495 lb collar D plus 250 lb Culsan U 350 lb Med Gravel
	Sistema de ósmosis inversa • Tubos de presión Membranas de ósmosis inversa	2 tubos de presión 6 membranas de ósmosis inversa

Fuente. Elaboración propia

Finalmente, se propone un sistema de cloración a fin de ajustar el cloro libre y un acondicionamiento del sistema de ajuste de pH, para lo cual se realiza una prueba experimental determinando tanto los reactivos a emplear como la cantidad a dosificar. Actualmente la planta cuenta con el sistema de dosificación de pH, mientras que carece del sistema de cloración.

En la Figura 9 se presenta el diagrama de la alternativa seleccionada, teniendo en cuenta que se debe acondicionar el sistema de cloración y de ajuste de pH.

Figura 9. Diagrama de bloques alternativa sugerida para potabilizar aguas lluvia






4.6 AJUSTE DE CLORO Y pH

Es necesario ajustar el cloro residual libre y el pH del agua que se obtuvo de la ósmosis inversa puesto que como se ha mencionado estos parámetros están por debajo del límite de la Resolución 2115/2007. La importancia del cloro residual libre radica en que es el compuesto que permite desinfectar el agua, por lo que al presentarse en una concentración menor a la indicada en la resolución 2115/2007 se corre el riesgo de exponer el agua a contaminación microbiológica que puede ser nociva para la salud.




A través de diferentes reactivos y dosificaciones a nivel laboratorio se acondiciona el agua para que así finalmente pueda ser apta para el consumo humano.

4.6.1 Equipos y reactivos. En el Cuadro 16 se pueden observar los materiales y equipos a utilizar durante el desarrollo experimental.

Cuadro 16. Descripción de materiales y equipos

Equipo / Material	Descripción
<p>Pipetas</p> 	<p>Pipetas de vidrio de 0,1 ml, 0,5ml, 1ml y 5ml para llevar acabo la dosificación de reactivos.</p>
<p>Vidrio de reloj</p> 	<p>Lámina cóncava apta para pesar reactivos.</p>
<p>Espátula</p> 	<p>Lámina metálica con un extremo cóncavo para tomar cantidades pequeñas de reactivo sólido.</p>

Cuadro 16. (Continuación)

Equipo / Material	Descripción
<p data-bbox="456 323 753 359">Vasos de precipitado</p> 	<p data-bbox="927 428 1377 569">Vasos de precipitado de vidrio de 250 ml, 600 ml y 100 ml para la preparación de reactivos y experimentos.</p>
<p data-bbox="483 680 727 716">Balanza analítica</p> 	<p data-bbox="927 793 1377 863">Balanza Lexus, apta para pesar con precisión reactivos.</p>
<p data-bbox="542 989 667 1024">pHmetro</p> 	<p data-bbox="1029 1157 1273 1192">pHmetros Phywe</p>

Fuente. Elaboración propia

La adición de cloro es necesaria debido a que el agua obtenida de la ósmosis inversa no cumple con el rango estipulado en la Resolución 2115/2007, por tanto, se propone acoplar un sistema de dosificación de un compuesto clorado que permita ajustar el cloro residual libre con el fin de cumplir con la normatividad de agua potable.

Algunos de los reactivos clorados posibles a utilizar se encuentran en el Cuadro 17 resaltando características principales, la estabilidad y la seguridad.

Cuadro 17. Características de los compuestos clorados.

Compuesto	Nombre común	Características	%cloro activo	Estabilidad en el tiempo	Seguridad
Cloro gaseoso	Cloro licuado Cloro gaseoso	Gas licuado a presión	99.5%	Muy buena	Toxico
Hipoclorito de calcio	Cal clorada	Polvo blanco seco	15 a 35%	Media, se deteriora rápidamente al exponerse a altas temperaturas, humedad y/o luz solar	Corrosivo
Hipoclorito de sodio	Blanqueador líquido	Solución líquida amarillenta	1 a 15 %	Media, perdida cuando se expone a temperaturas superiores a 30°C	Corrosivo
	Hipoclorito de sodio por electrolisis in situ	Solución líquida amarillenta	0.1 a 0.6%	Baja	Oxidante

Fuente. BVSDE Tratamiento de agua para consumo humano. Disponible en <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/caliagua/mexicon/R-0060.pdf>>.

El cloro gaseoso podría ser una opción para ajustar el cloro libre pero es un reactivo peligroso y se requiere de medios técnicos y personal capacitado para minimizar y controlar los riesgos que conlleva manejar este compuesto, ya que una fuga no detectada y/o no controlada a tiempo podría ocasionar accidentes y poner en peligro vidas humanas.

El hipoclorito de calcio es considerado como un buen desinfectante, bactericida alguicida y blanqueador, pero es poco estable ya que se descompone fácilmente en ambientes húmedos, cuando se expone a la luz solar o a fuentes térmicas, por otro lado, la solubilidad en agua es de 26 mg/L a 20°C lo que significa que al preparar una solución con este reactivo se debe mantener en constante agitación para poder dosificarlo.

Por último, el hipoclorito de sodio es uno de los reactivos más utilizados como desinfectante con la capacidad de eliminación de gérmenes, bacterias, virus, entre

otros microorganismos. Es de fácil adquisición y manipulación por tanto es el reactivo más apropiado para ajustar el cloro en el agua obtenida de la ósmosis inversa. Se recomienda preparar la solución a dosificar al 0,5%. En el Anexo G se puede encontrar la su ficha técnica.

En cuanto al pH del agua lluvia se analiza que es de carácter ácido y por tanto requiere de un proceso de neutralización para ajustar el pH a un rango entre 6,5 a 9,0 tal como está establecido en la Resolución 2115/2007

“En el tratamiento de agua potable existen varios productos químicos como bases fuertes o carbonatos alcalinos utilizados para estabilizar el pH del agua, aumentando la alcalinidad, lo que cambia el pH del agua y la distribución de las especies de carbonato”⁴¹. En el Cuadro 18 se describen los reactivos considerados para estabilizar el pH y en el Anexo H se encuentran las fichas técnicas de cada uno de ellos.

Cuadro 18. Descripción de estabilizante de pH

Nombre	Descripción	Preparación
Bicarbonato de sodio/ NaHCO_3	El NaHCO_3 es una sal formada por una base fuerte (NaOH) y un ácido débil (H_2CO_3), siendo fácil de manipular y bastante soluble, es cristalina de color blanco utilizado para neutralizar el pH en aguas residuales y potables.	Para la neutralización “se recomienda preparar una solución al 5%” ⁴²
Soda caustica / Hidróxido de sodio NaOH	Base fuerte en escamas o líquido incoloro e inoloro utilizado para la neutralización de aguas residuales y potables.	“La sobredosificación del producto ocasionaría un incremento súbito del pH por eso se recomienda preparar la solución al 0,1%” ⁴³

Fuente. Elaboración propia

⁴¹ BUENO ZABALA, Karen Alejandra. Evaluación Del Proceso De Estabilización Del pH Del Agua Tratada Del Río Cauca. Universidad del Valle, 2014. p. 21.

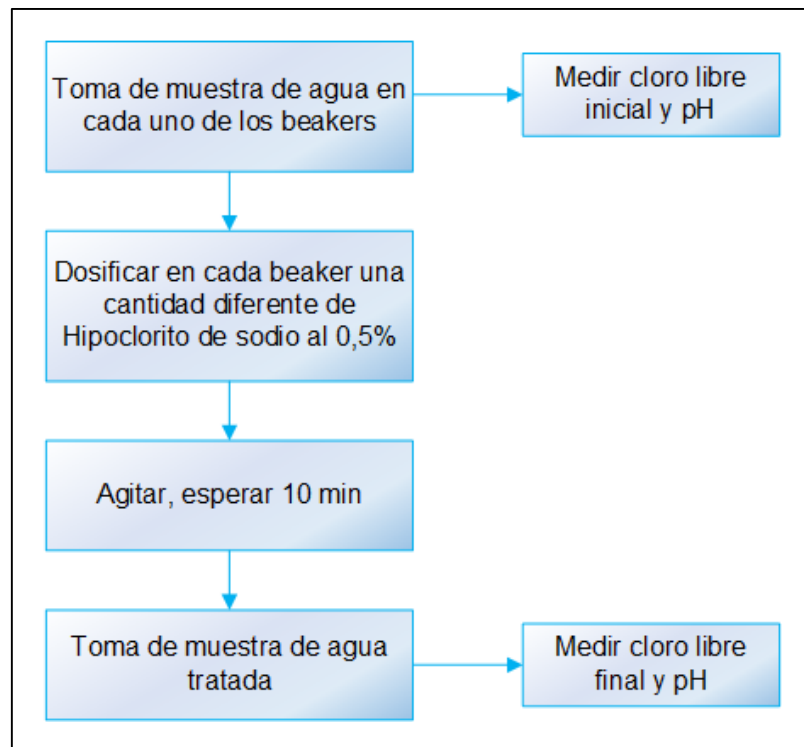
⁴² FORIGUA MEDINA, Margarita María. Desarrollo de una propuesta de mejoramiento para el tratamiento de aguas residuales de la planta de nitrato de amonio en Fertilizantes Colombianos Ferticol S.A. Fundación Universidad de América, 2016. p. 77.

⁴³ BUENO ZABALA, Karen Alejandra. Evaluación Del Proceso De Estabilización Del pH Del Agua Tratada Del Río Cauca. Universidad del Valle, 2014. p. 24.

4.7 DOSIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE REACTIVOS

El ajuste de cloro para el agua proveniente de la planta de ósmosis inversa consiste en “preparar una solución de hipoclorito de sodio al a una concentración de 0,5% y dosificarla progresivamente de 0,2mg/l hasta 2mg/l”⁴⁴ tal como se indica en el proyecto de grado Propuesta de mejoramiento de la línea de insumos del proceso de tratamiento de agua potable en la planta regional de la empresa de acueducto, alcantarillado y aseo de Zipaquirá. Es importante llevar el control del pH para así saber cómo interactúa el reactivo y posteriormente poder hacer un ajuste de pH adecuado, en la Figura 10 se encuentra el procedimiento correspondiente para seleccionar la dosificación adecuada para ajustar el cloro libre.

Figura 10. Procedimiento para determinar cloro libre



Fuente. Elaboración propia

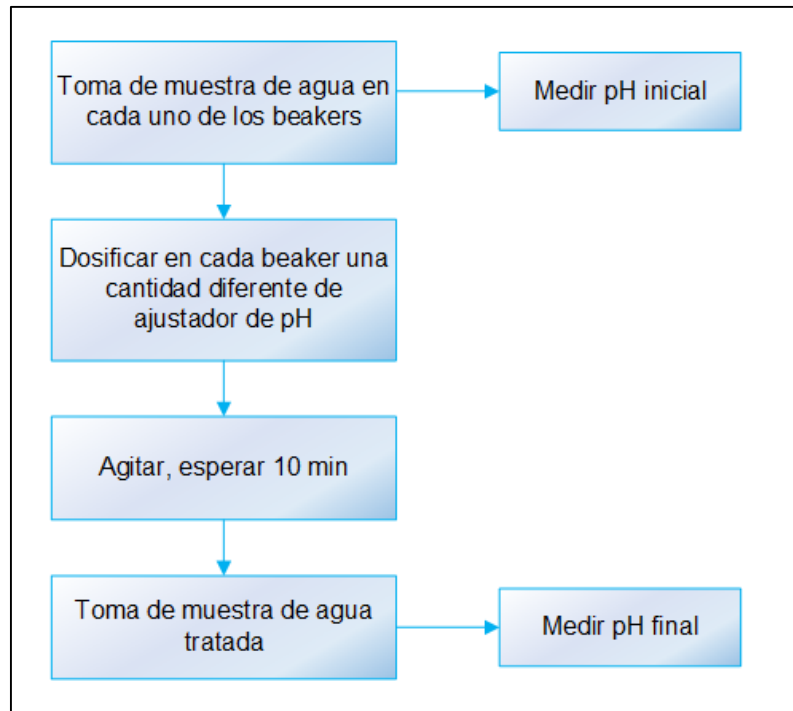
NOTA: el procedimiento de medición de Cloro libre se encuentra en el Anexo I

El ajuste de pH debe hacerse a través de diferentes dosificaciones de Bicarbonato de sodio o de Hidróxido de sodio según la tesis de grado Optimización de la

⁴⁴ BUSTOS MONTAÑO, Leidy Viviana y SILVA VARGAS, Yuly Daniela. PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA LINEA DE INSUMOS DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA PLANTA REGIONAL DE LA EMPRESA DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO DE ZIPAQUIRÁ. Fundación Universidad de América, 2016. p. 88

coagulación-Floculación en la planta de tratamientos de agua potable de la sede recreacional campoalegre-Cajasan, se recomienda hacer dosificaciones en un rango de 100ppm a 200ppm de bicarbonato de sodio, en cuanto al “hidróxido de sodio se recomienda dosificar entre 2ppm y 20ppm”⁴⁵. En la Figura 11 se representa el procedimiento a seguir para seleccionar el reactivo con su respectiva dosificación para llevar a cabo la neutralización del pH

Figura 11. Procedimiento para ajustar pH



Fuente. Elaboración propia

Nota: el procedimiento de medición de pH se encuentra en el Anexo J

Los beakers utilizados en este procedimiento son de 600ml, sin embargo, el aforo se realizó hasta los 500ml.

4.7.1 Dosificación de hipoclorito de sodio. Para dosificar el hipoclorito de sodio se debe preparar una solución concentrada al 0,5%, dicha solución se dosifica en cada beacker obteniendo los resultados de la Tabla 14.

⁴⁵ BUENO ZABALA, Karen Alejandra. Evaluación Del Proceso De Estabilización Del pH Del Agua Tratada Del Río Cauca. Universidad del Valle, 2014. p. 30.

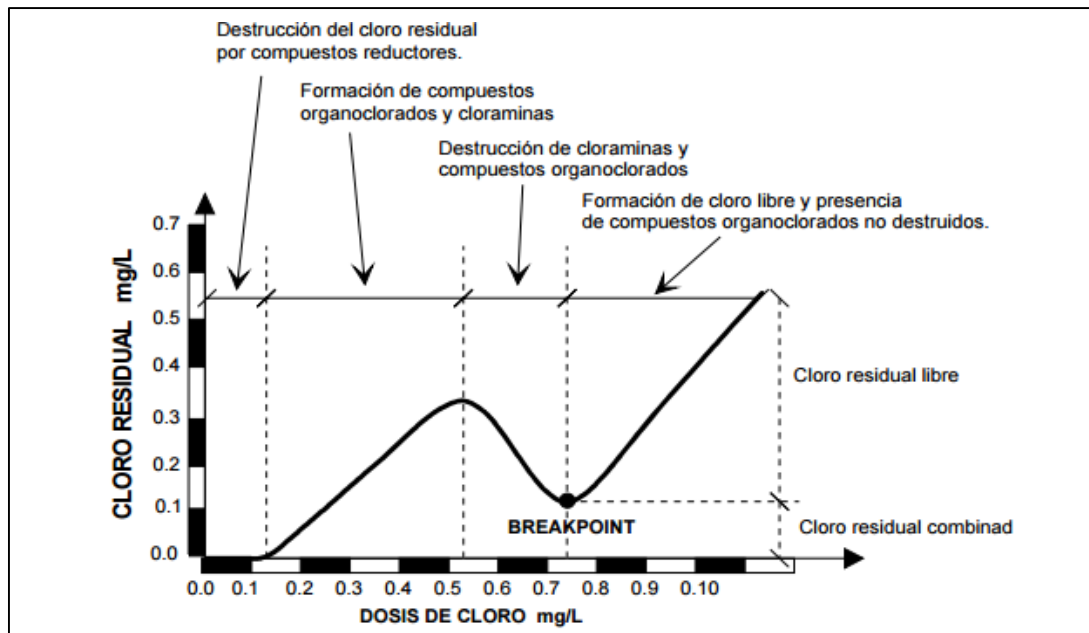
Tabla 14. Resultados ajuste de Cloro residual libre conde Hipoclorito de sodio.

Beaker	Concentración ppm	Dosificación ml	Cloro residual libre ppm	pH final
1	0,2	0,02	0,2	4,55
2	0,4	0,04	0,3	4,59
3	0,6	0,06	0,6	4,60
4	0,8	0,08	0,6	4,58
5	1	0,1	0,8	4,61
6	1,2	0,12	1,0	4,60
7	1,4	0,14	1,0	4,62
8	1,6	0,16	1,5	4,62
9	1,8	0,18	1,5	4,63
10	2	0,2	1,8	4,64

Fuente. Elaboración propia

Una vez obtenido la concentración de cloro residual libre final se determina la demanda de cloro identificando el punto de quiebre (break-point) el cual corresponde a la caída significativa del cloro residual (Imagen 4).

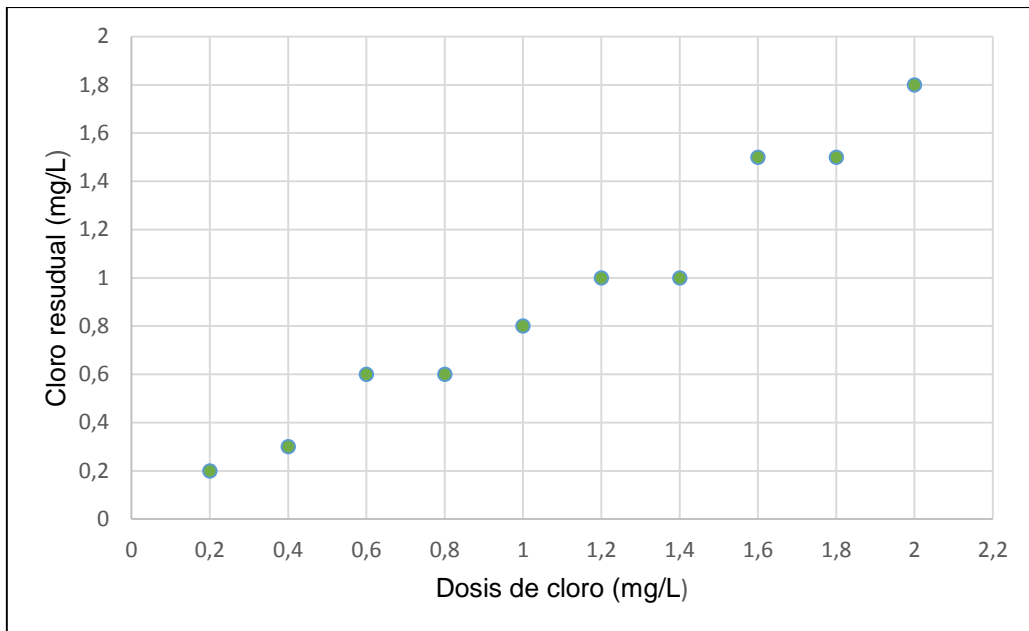
Imagen 4. Representación de break-point



Fuente. Rodríguez, Marcos Gabriel. Propuesta de plan director de agua potable para las localidades de Unquillo y mendiolaza; Universidad Nacional De Córdoba, 2010. p. 134.

En la Gráfica 1 representa el cloro residual vs la dosis de cloro observando un comportamiento diferente al de la Imagen 4 debido a “que por los bajos niveles de amoníaco y aminas orgánicas presentes en el agua genera poco cloro combinado por tanto no se observa el incremento característico en la curva y no se puede determinar el punto de quiebre que permite obtener la demanda de cloro”⁴⁶. Finalmente, la correcta dosificación se define calculando la media aritmética de la concentración de cloro residual entre los beakers 2 y 10 obteniendo un valor de 1,01 mg/L lo que es equivalente a la concentración obtenida en el beaker 6, siendo necesario dosificar 1,2 mg/L de hipoclorito de sodio preparado al 0,5%.

Gráfica 1. Representación curva de demanda de cloro



Fuente. Elaboración propia

4.7.2 Selección y dosificación de neutralizante: partiendo de un pH de 4,59 (Imagen 5) se realizan dos ensayos, en el primero se busca neutralizar el agua con bicarbonato de sodio y en el segundo con hidróxido de sodio.

⁴⁶ IBARGUEN CASTAÑEDA, Monica y BERNAL MEJÍA, Lina Marcela. Establecer la demanda de cloro en el acueducto tribunas córcega de la ciudad de PEREIRA. Universidad Tecnológica De Pereira, 2008. p. 33.

Imagen 5. pH inicial de la muestra de aguas lluvia



Fuente. Elaboración propia

Ensayo 1. Ajuste de pH con bicarbonato de sodio. Se realiza el ajuste en beakers con un aforo de 500 ml haciendo dosificaciones entre 2 y 4 ml obteniendo los resultados de la Tabla 15, donde a partir del Beaker 2 el agua tratada empieza a cumplir con el valor establecido en la normatividad.

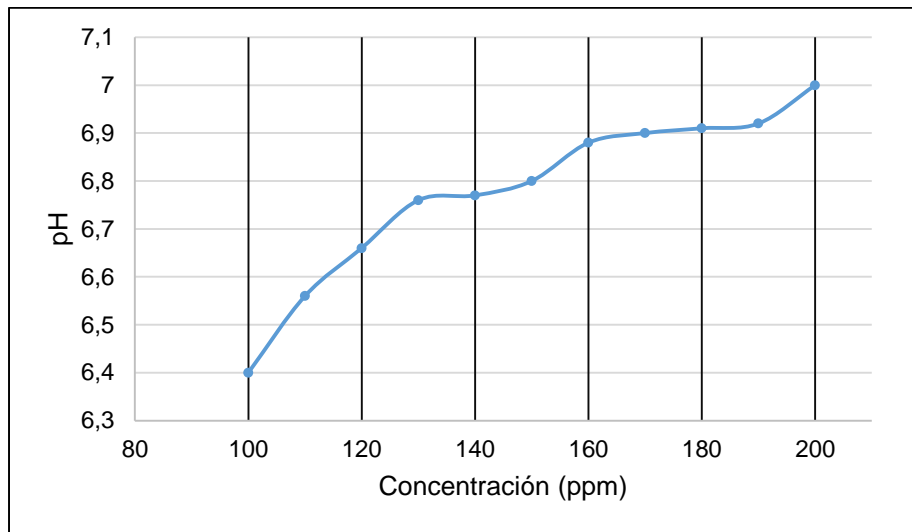
Tabla 15. Resultados ajuste de pH con Bicarbonato de sodio

Beaker	Concentración ppm	Dosificación ml	pH final
1	100	1	6,40
2	110	1,1	6,56
3	120	1,2	6,66
4	130	1,3	6,76
5	140	1,4	6,77
6	150	1,5	6,80
7	160	1,6	6,88
8	170	1,7	6,90
9	180	1,8	6,91
10	190	1,9	6,92
11	200	2	7,00

Fuente. Elaboración propia

En la Gráfica 2 se representan los resultados del ensayo donde se evidencia el incremento del pH a medida que la concentración de Bicarbonato de sodio aumenta.

Gráfica 2. pH final en función de la concentración del Bicarbonato de sodio



Fuente. Elaboración propia

Ensayo 2. Ajuste de pH con hidróxido de sodio. Se realiza el ensayo en jarras de 500 ml haciendo dosificaciones entre 1 y 10 ml obteniendo los resultados de la Tabla 16.

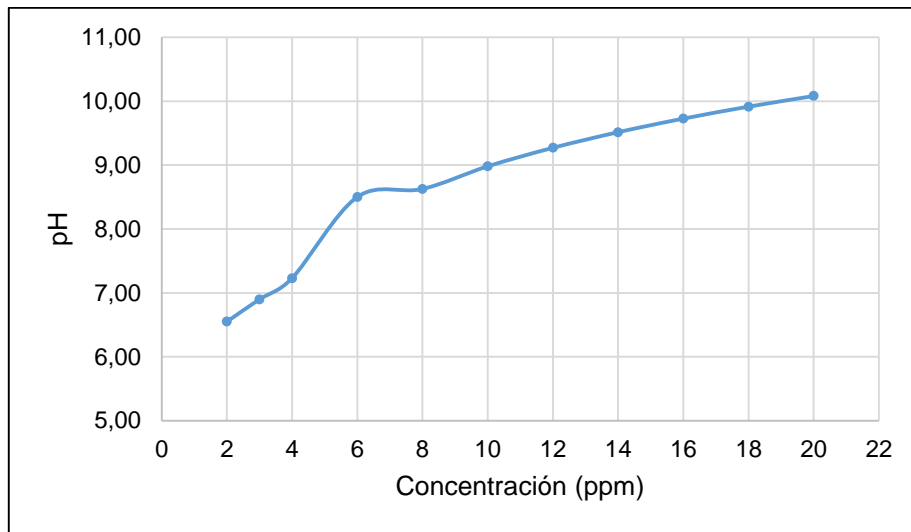
Tabla 16. Resultados ajuste de pH con Hidróxido de sodio

Beaker	Concentración ppm	Dosificación ml	pH final
1	2	1	6,55
2	3	1,5	6,90
3	4	2	7,23
4	6	3	8,50
5	8	4	8,63
6	10	5	8,98
7	12	6	9,27
8	14	7	9,51
9	16	8	9,73
10	18	9	9,91
11	20	10	10,08

Fuente. Elaboración propia

En la Gráfica 3 se representan los resultados del ensayo donde a partir de la jarra 7 el pH supera el valor máximo que exige la normatividad.

Gráfica 3. pH final en función de la concentración del Hidróxido de sodio



Fuente. Elaboración propia

El bicarbonato de sodio y el hidróxido de sodio permitieron ajustar el pH al rango especificado en la Resolución 2115, sin embargo, se selecciona el hidróxido de sodio al 0,1% dosificado en 4 ppm logrando subir el pH de 4,59 a 7,23 valor cercano al pH neutro.

Para lograr obtener un efluente que cumpla con todos los parámetros estipulados por la Resolución 2115/2007 se debe suministrar a través del sistema de dosificación 4 ppm de hidróxido de sodio concentrado al 0,1%, en cuanto al ajuste de cloro residual libre se propone un sistema para dosificar 1,2 ppm de hipoclorito de sodio concentrado al 0,5% el cual consta principalmente de un tanque para preparar la solución de hipoclorito de sodio y de una bomba dosificadora Marca Emec referencia Kcolpv-0510 apta para este tipo de compuestos.

La metodología y análisis realizado se desarrolla a nivel laboratorio puesto que como se mencionó anteriormente no se cuenta con los equipos e insumos necesarios para verificar que la dosificación propuesta satisface las necesidades a nivel industrial, es por esto que se recomienda a Bawer Company S.A.S que al adquirir los equipos mencionados se realice una corrida adicional para validar las dosificaciones propuestas.

En cuanto a la evaluación técnica se puede concluir que la implementación de la planta de ósmosis inversa como servicio adicional de la empresa Bawer Company S.A.S para potabilizar agua es viable siempre y cuando se ejecuten las recomendaciones indicadas. Adicionalmente, para la venta de plantas similares que operen bajo las mismas condiciones de operación es posible eliminar dos unidades;

filtro multimedia y un filtro de carbón activado, lo que permite disminuir los costos de la misma y generar un costo de venta que puede ser más competitivo comparado al del diseño convencional de la planta.

Finalmente, contemplando que el volumen mensual de agua a tratar a nivel industrial según la capacidad máxima de la planta es de 5559 m³, en el Tabla 17 se presentan resultados de los cálculos basados en la Ecuación 2 para determinar el volumen a dosificar de Hipoclorito de sodio e hidróxido de sodio necesario mensualmente para ajustar el cloro residual libre y el pH.

Ecuación 2. Dosificación de reactivos

$$c_1 \times v_1 = c_2 \times v_2$$

Donde:

C₁: concentración inicial del reactivo

C₂: concentración final del reactivo

V₁: volumen de reactivo necesario para ajustar pH y cloro residual

V₂: volumen en que se va a dosificar

Tabla 17. Volumen de reactivos para ajuste de cloro y pH al mes

REACTIVO	C₁ (ppm)	V₁ (m³)	V₂ (m³)	C₂ (ppm)
Hipoclorito de sodio	5000	1,33	5559	1,2
Hidróxido de sodio	1000	22,2	5559	4

Fuente. Elaboración propia

Según lo mencionado anteriormente se requiere de 1,33 m³ de hipoclorito de sodio preparado al 0,5% (5000 ppm) y de 22,2 m³ de hidróxido de sodio preparado al 0,1% (1000 ppm). Dichos valores deben ser corroborados una vez se cuente con las instalaciones, equipos e insumos necesarios para la validación de las condiciones seleccionadas desde la experimentación.

5. EVALUACIÓN FINANCIERA

En la evaluación financiera se considera la posibilidad de vender y alquilar la planta, para lo cual inicialmente se describirán y totalizarán tanto los costos de acondicionamiento como los costos de arranque, posteriormente se hace el análisis financiero contemplando para el precio de venta de acuerdo al valor en el mercado y para el precio de alquiler se evalúan cuatro posibles alternativas: alquiler planta, alquiler planta con operador, alquiler planta con operador e insumos y alquiler planta con insumos.

5.1 COSTOS DE ACONDICIONAMIENTO

Los costos de acondicionamiento contemplan el valor de la planta más el valor de los complementos adicionales necesarios según la evaluación técnica. Los complementos adicionales y su respectivo costo junto con la vida útil técnica se pueden observar en la Tabla 18, en el Anexo K, se encuentran las cotizaciones respectivas.

Tabla 18. Costos contemplados adicionales

Unidad	Costo	Vida útil técnica (Años)	Vida útil técnica (Meses)
Generador eléctrico	\$16.900.000	12	144
Tanque para Hipoclorito de sodio (1m ³)	\$346.900	0	0
Tanque recolector de Permeado (10 m ³)	\$6.031.900	8	96
Tanque recolector de rechazo (1 m ³)	\$346.900	0	0
Bomba dosificadora de Hipoclorito de Sodio	\$5.890.000	10	120
Total	\$29.515.700		

Fuente. Elaboración propia

La planta potabilizadora se adquirió por un valor de \$373.842.342 en el año 2014, para obtener el precio en el año actual es necesario calcular la depreciación acumulada de acuerdo a la vida útil. En la Tabla 19 se puede observar esta información.

Tabla 19. Depreciación planta de agua

Unidad	Costo en el 2014	Vida útil Años	Vida útil Meses	Depreciación acumulada	Costo en el 2018
Planta de agua potable en container	\$ 373.842.342	20	240	\$74.768.468	\$299.073.874

Fuente. Elaboración propia

La depreciación se calcula según la Ecuación 3 como depreciación en línea recta, para lo cual la vida útil está en meses y el valor residual adquiere un valor de 0 porque contablemente no se tiene este valor contemplado.

Ecuación 3. Depreciación

$$\text{Depreciación} = \frac{\text{Costo} - \text{Valor residual}}{\text{vida util}}$$

$$\text{Depreciación} = \frac{\$373.842.342 - \$0}{240}$$

$$\text{Depreciación} = \$1.557.676$$

Posteriormente se debe calcular la depreciación acumulada, para lo cual se emplea la Ecuación 4.

Ecuación 4. Depreciación acumulada

$$\text{Depreciación acumulada} = \text{Depreciación mensual} * \text{Meses}$$

$$\text{Depreciación acumulada} = \$74.768.468$$

Para obtener el costo total de acondicionamiento a la fecha 2018, se suma el valor de la planta \$299.073.874 más los complementarios adicionales \$29.515.700, con esto concluimos que es de \$328.589.574

5.2 COSTOS DE ARRANQUE

Los costos de arranque incluyen los insumos y el operador capacitado para realizar el arranque, entendiéndose insumos como el “Conjunto de elementos que toman parte en la producción de otros bienes” para poner en funcionamiento la planta potabilizadora. La Tabla 20 muestra el costo de

los insumos basada en la cotización realizada por la empresa Materquim presentada en el Anexo L, es de aclarar que los insumos se suministrarán una única vez durante el arranque de la planta.

Tabla 20. Costos de insumos requeridos

Producto	consumo mensual (Kg)	Costo unitario	Costo mensual	Costo anual
Hidróxido de sodio	0,022	\$3.000	\$66	\$792
Hipoclorito de sodio	0,066	\$1.500	\$99	\$1.188
Solución Limpieza	1	\$6.000	\$6.000	\$72.000
Antiincrustante	1	\$31.000	\$31.000	\$372.000
Total			\$37.165	\$445.980

Fuente. Elaboración propia

Los costos del operador capacitado se presentan en la Tabla 21 Es de aclarar que el costo de operador se contempla durante un mes, dado que en este periodo de tiempo el operador estará en la capacidad de realizar el arranque y dejar la planta en funcionamiento.

Tabla 21. Costos de operador

Concepto	Valor mensual
Salario mensual	\$781.242,00
Auxilio de transporte	\$88.211,00
Cesantías (8,33%)	\$65.077,46
Intereses de cesantías (1%)	\$7.812,42
Vacaciones (4,17%)	\$32.577,79
Prima (8,33%)	\$65.077,46
Salud (8,5%)	\$66.405,57
Pensión (12%)	\$93.749,04
ARL (Nivel I – 0,52%)	\$4.078,08
Parafiscales (9%)	\$70.311,78
Dotación aproximada	\$39.062,10
Total	\$1.313.604,70

Fuente. Elaboración propia

Adicionalmente, se incluye un costo de seguridad fijo equivalente a \$1.200.000, este costo se incluye para financiar posibles daños o alteraciones que se puedan presentar, como por ejemplo saturación de las membranas de ósmosis inversa,

adición de lecho filtrante, cambios de sellos mecánicos, acoples de bombas, entre otros.

Para calcular el costo total de arranque se suma el valor de los insumos \$445.980 más el valor del operador \$1.313.604 y el costo de seguridad obteniendo un total de \$ 2.959.584.

5.3 ANÁLISIS FINANCIERO

Se considera la posibilidad de vender o alquilar la planta tal como se ha mencionado anteriormente, previo a ello se tiene en cuenta las ventajas y desventajas de cada uno de los escenarios tal como se muestra en el Cuadro 19.

Cuadro 19. Ventajas y desventajas de alquilar o vender la planta

Escenario posible	Ventajas	Desventajas
Venta	<ul style="list-style-type: none"> • Disponer del dinero instantáneamente. • Mayor espacio en la bodega 	<ul style="list-style-type: none"> • No hay entradas de dinero a futuro al no tener la planta. • No se pueden realizar pruebas para futuros clientes
Alquiler	<ul style="list-style-type: none"> • Se deja de ocupar espacio en la bodega • Ingresos fijos mensuales 	<ul style="list-style-type: none"> • Depreciación asociada al uso de la planta • Se deben considerar mantenimientos

Fuente. Elaboración propia

5.3.1 Costo de venta. En el costo de venta se incluye el costo de acondicionamiento y el costo de arranque, sin embargo, excluye gastos adicionales tales como transporte, seguros, aranceles, etc.

Para calcular el precio de venta se realiza una cotización de valor de mercado que avalúa la planta en un costo aproximado de \$ 496.697.075, considerando la información de la cotización realizada para una planta de tratamiento por ósmosis inversa con capacidad de 32 GPM. Ver Anexo M.

Actualmente, por políticas internas la empresa trabaja con un margen de ganancia mínimo de 30%, con lo cual la utilidad se calcula según la Ecuación 5, en la que el costo es la suma del costo de arranque y el costo de acondicionamiento.

Ecuación 5. Utilidad

$$Utilidad = Costo * Margen de ganancia$$

$$Utilidad = (\$328.589.574 + 2.959.584) * 30\%$$

$$Utilidad = \$99.464.747$$

Finalmente, se calcula con la Ecuación 6 el precio de venta de la siguiente manera:

Ecuación 6. Precio de venta

$$Precio\ de\ venta = Costo + Utilidad$$

$$Precio\ de\ venta = \$331.549.158 + \$99.464.747$$

$$Precio\ de\ venta = \$431.013.905$$

Como conclusión la empresa debe garantizar dentro de la negociación un valor mínimo de venta igual a \$431.013.905 y tomará como valor máximo el cotizado en el mercado equivalente a \$ 496.697.075.

5.3.2 Costo de alquiler. En el costo de alquiler se contemplan cuatro posibilidades; alquiler planta, alquiler planta con operador, alquiler planta con operador e insumos y alquiler planta con insumos. De esta forma se analiza y selecciona la viabilidad para la empresa según el análisis financiero.

- **Alquiler planta:** para el alquiler de la planta se contempla los costos de acondicionamiento como base para el cálculo de costo de alquiler mensual. El departamento comercial establece como política para este tipo de arrendamientos el 3% como canon de arrendamiento, de acuerdo a lo anterior se calcula el precio de alquiler de la planta utilizando la Ecuación 7.

Ecuación 7. Costo de alquiler mensual

$$Costo\ mensual\ alquiler = Costo\ acondicionamiento * 3\%$$

$$Costo\ mensual\ alquiler = \$328.589.574 * 3\%$$

$$Costo\ mensual\ alquiler = \$9.857.687$$

- **Alquiler planta con operador:** en cuanto al alquiler de la planta con operador se contemplan los costos de acondicionamiento más los costos del operador mencionados en la Tabla 21 de igual forma se calcula con el porcentaje del 3% y se contempla un 0,2% adicional porque se transfiere el riesgo al operador de la empresa ya que la planta sería manejada directamente por la empresa. El porcentaje mencionado también se estipula en base a la política del departamento comercial para el canon de arrendamiento.

$$\text{Costo mensual alquiler} = (\text{Costo acondicionamiento} + \text{Costo operador}) * 3,2\%$$

$$\text{Costo mensual alquiler} = (\$328.589.574 + \$1.313.604) * 3,2\%$$

$$\text{Costo mensual alquiler} = \$10.556.901$$

- **Alquiler planta con operador e insumos:** al alquilar la planta con insumos se contemplan los costos de acondicionamiento más los costos de arranque, de igual forma se calcula con el porcentaje del 3% y el 0,2% adicional porque de igual forma se transfiere el riesgo al operador de la empresa.

$$\text{Costo mensual alquiler} = (\text{Costo acondicionamiento} + \text{Costo arranque}) * 3,2\%$$

$$\text{Costo mensual alquiler} = (\$328.589.574 + \$2.959.584) * 3,2\%$$

$$\text{Costo mensual alquiler} = \$10.609.573$$

- **Alquiler planta con insumos:** para el alquiler de la planta con insumos se totaliza los costos de acondicionamiento y los costos de insumos, ya que en este caso no se transfiere el riesgo, se considera un 3% como canon de arrendamiento.

$$\text{Costo mensual alquiler} = (\text{Costo acondicionamiento} + \text{Costo insumos}) * 3\%$$

$$\text{Costo mensual alquiler} = (\$328.589.574 + \$445.980) * 3\%$$

$$\text{Costo mensual alquiler} = \$9.871.067$$

5.3.2.1 Cálculo de indicadores financieros. A fin de determinar la opción más viable para la empresa se hace uso de indicadores financieros como lo son el VPN y la TIR para cada uno de los escenarios de alquiler, esto con el fin de determinar si son viables considerando otras opciones de inversión de menor riesgo, como lo son los diferentes escenarios de alquiler o el escenario de venta de la planta.

Para el cálculo del VPN se emplea la Ecuación 8

Ecuación 8. Valor Presente Neto

$$VPN = -I_0 + \sum_{j=1}^n \frac{Fn}{(1+i)^j}$$

Donde:

VPN= Valor Presente Neto del proyecto

Io=Valor de la Inversión inicial

F_n = Flujo de efectivo en el periodo j
 j = Periodo
 i = Tasa de interés o costo de oportunidad

Para el cálculo de la TIR se iguala el valor presente neto a 0 y la tasa de interés o costo de oportunidad será la incógnita a despejar según la Ecuación 9.

Ecuación 9. Tasa Interna de Retorno

$$0 = -I_0 + \sum_{j=1}^n \frac{F_n}{(1 + TIR)^j}$$

Donde:

TIR: Tasa Interna de Retorno

I_0 =Valor de la Inversión inicial

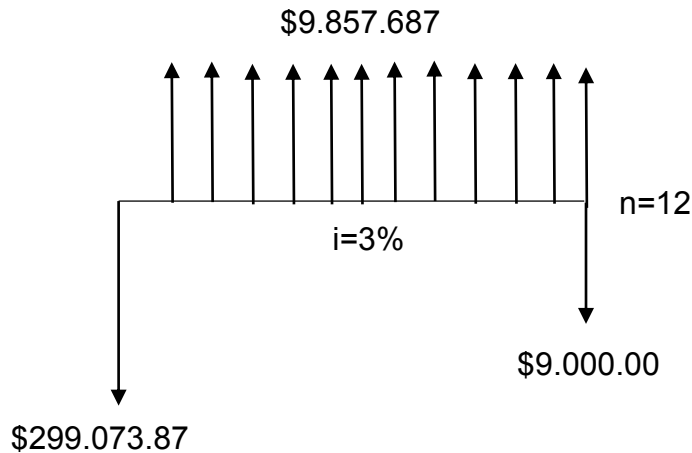
F_n = Flujo de efectivo en el periodo j

j = Periodo

Es de resaltar que para que se justifique invertir en el proyecto el valor del VPN debe ser mayor a cero, mientras que la TIR dará como resultado un porcentaje que permitirá medir la viabilidad de cada uno de los escenarios, para que el proyecto sea viable la TIR debe adquirir un valor mayor a la tasa de oportunidad de la empresa.

En el cálculo de los indicadores financieros mencionados se tiene en cuenta la inversión inicial en el 2018, un periodo de 12 meses, la tasa de oportunidad de la empresa, el costo de alquiler mensual y una inversión al final del periodo de alquiler por un mantenimiento anual que se debe realizar.

- Alquiler planta.



$$\begin{aligned}
 VPN = & -\$299.073.874 + \frac{\$9.857.687}{(1 + 0,03)} + \frac{\$9.857.687}{(1 + 0,03)^2} + \frac{\$9.857.687}{(1 + 0,03)^3} + \frac{\$9.857.687}{(1 + 0,03)^4} \\
 & + \frac{\$9.857.687}{(1 + 0,03)^5} + \frac{\$9.857.687}{(1 + 0,03)^6} + \frac{\$9.857.687}{(1 + 0,03)^7} + \frac{\$9.857.687}{(1 + 0,03)^8} + \frac{\$9.857.687}{(1 + 0,03)^9} + \frac{\$9.857.687}{(1 + 0,03)^{10}} \\
 & + \frac{\$9.857.687}{(1 + 0,03)^{11}} + \frac{\$9.857.687 - \$9.000.000}{(1 + 0,03)^{12}}
 \end{aligned}$$

$$VPN = -\$207.262.837$$

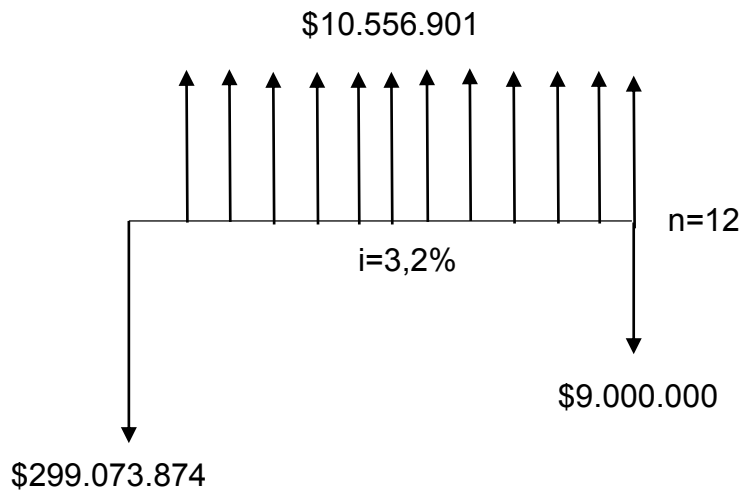
$$\begin{aligned}
 0 = & -\$299.073.874 + \frac{\$9.857.687}{(1 + TIR)} + \frac{\$9.857.687}{(1 + TIR)^2} + \frac{\$9.857.687}{(1 + TIR)^3} + \frac{\$9.857.687}{(1 + TIR)^4} \\
 & + \frac{\$9.857.687}{(1 + TIR)^5} + \frac{\$9.857.687}{(1 + TIR)^6} + \frac{\$9.857.687}{(1 + TIR)^7} + \frac{\$9.857.687}{(1 + TIR)^8} + \frac{\$9.857.687}{(1 + TIR)^9} + \frac{\$9.857.687}{(1 + TIR)^{10}} \\
 & + \frac{\$9.857.687}{(1 + TIR)^{11}} + \frac{\$9.857.687 - \$9.000.000}{(1 + TIR)^{12}}
 \end{aligned}$$

$$TIR = -13,78\%$$

$$TIR < 3\%$$

Como conclusión al ser negativo el valor presente neto y al adquirir la TIR un valor menor a la tasa de oportunidad de la empresa se considera que no es viable alquilar la planta.

- **Alquiler planta con operador.**



$$\begin{aligned}
 VPN = & -\$299.073.874 + \frac{\$10.556.901}{(1 + 0,032)} + \frac{\$10.556.901}{(1 + 0,032)^2} + \frac{\$10.556.901}{(1 + 0,032)^3} + \frac{\$10.556.901}{(1 + 0,032)^4} \\
 & + \frac{\$10.556.901}{(1 + 0,032)^5} + \frac{\$10.556.901}{(1 + 0,032)^6} + \frac{\$10.556.901}{(1 + 0,032)^7} + \frac{\$10.556.901}{(1 + 0,032)^8} + \frac{\$10.556.901}{(1 + 0,032)^9} \\
 & + \frac{\$10.556.901}{(1 + 0,032)^{10}} + \frac{\$10.556.901}{(1 + 0,032)^{11}} + \frac{\$10.556.901 - \$9.000.000}{(1 + 0,032)^{12}}
 \end{aligned}$$

$$VPN = -\$201401.212$$

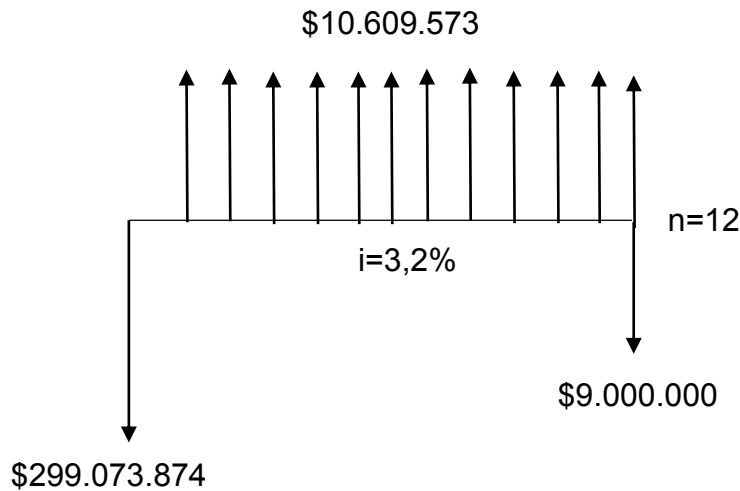
$$\begin{aligned}
 0 = & -\$299.073.874 + \frac{\$10.556.901}{(1 + TIR)} + \frac{\$10.556.901}{(1 + TIR)^2} + \frac{\$10.556.901}{(1 + TIR)^3} + \frac{\$10.556.901}{(1 + TIR)^4} \\
 & + \frac{\$10.556.901}{(1 + TIR)^5} + \frac{\$10.556.901}{(1 + TIR)^6} + \frac{\$10.556.901}{(1 + TIR)^7} + \frac{\$10.556.901}{(1 + TIR)^8} + \frac{\$10.556.901}{(1 + TIR)^9} \\
 & + \frac{\$10.556.901}{(1 + TIR)^{10}} + \frac{\$10.556.901}{(1 + TIR)^{11}} + \frac{\$10.556.901 - \$9.000.000}{(1 + TIR)^{12}}
 \end{aligned}$$

$$TIR = -12,85\%$$

$$TIR < 3,2\%$$

Como conclusión nuevamente al ser negativo el valor presente neto y la TIR un valor menor a la tasa de oportunidad de la empresa se considera que no es viable alquilar la planta con el operador.

- **Alquiler planta con operador e insumos.**



$$\begin{aligned}
 VPN = & -\$299.073.874 + \frac{\$10.609.573}{(1 + 0,032)} + \frac{\$10.609.573}{(1 + 0,032)^2} + \frac{\$10.609.573}{(1 + 0,032)^3} + \frac{\$10.609.573}{(1 + 0,032)^4} \\
 & + \frac{\$10.609.573}{(1 + 0,032)^5} + \frac{\$10.609.573}{(1 + 0,032)^6} + \frac{\$10.609.573}{(1 + 0,032)^7} + \frac{\$10.609.573}{(1 + 0,032)^8} + \frac{\$10.609.573}{(1 + 0,032)^9} \\
 & + \frac{\$10.609.573}{(1 + 0,032)^{10}} + \frac{\$10.609.573}{(1 + 0,032)^{11}} + \frac{\$10.609.573 - \$9.000.000}{(1 + 0,032)^{12}}
 \end{aligned}$$

$$VPN = -\$200.883.119$$

$$\begin{aligned}
 0 = & -\$299.073.874 + \frac{\$10.609.573}{(1 + TIR)} + \frac{\$10.609.573}{(1 + TIR)^2} + \frac{\$10.609.573}{(1 + TIR)^3} + \frac{\$10.609.573}{(1 + TIR)^4} \\
 & + \frac{\$10.609.573}{(1 + TIR)^5} + \frac{\$10.609.573}{(1 + TIR)^6} + \frac{\$10.609.573}{(1 + TIR)^7} + \frac{\$10.609.573}{(1 + TIR)^8} + \frac{\$10.609.573}{(1 + TIR)^9}
 \end{aligned}$$

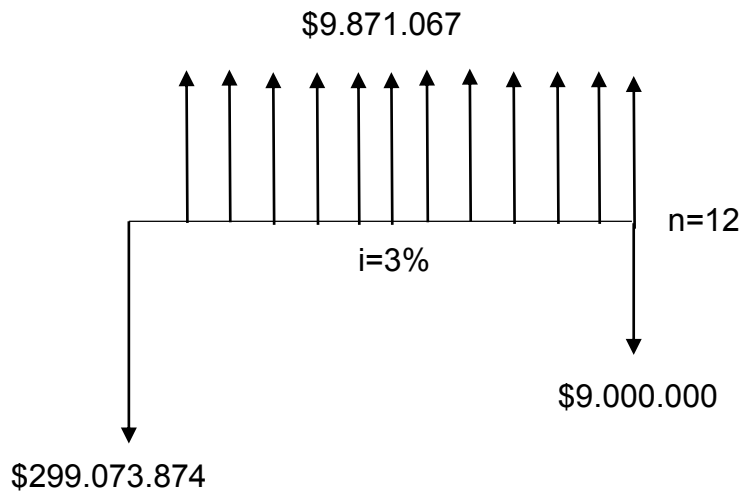
$$+ \frac{\$10.609.573}{(1 + TIR)^{10}} + \frac{\$10.609.573}{(1 + TIR)^{11}} + \frac{\$10.609.573 - \$9.000.000}{(1 + TIR)^{12}}$$

$$TIR = -12,79\%$$

$$TIR < 3,2\%$$

El valor presente neto adquiere un valor menor a cero y la TIR es menor a la tasa de oportunidad de la empresa, por lo que se considera que tampoco es viable alquilar la planta con operador e insumos.

- **Alquiler planta con insumos.**



$$VPN = -\$299.073.874 + \frac{\$9.871.067}{(1 + 0,03)} + \frac{\$9.871.067}{(1 + 0,03)^2} + \frac{\$9.871.067}{(1 + 0,03)^3} + \frac{\$9.871.067}{(1 + 0,03)^4}$$

$$+ \frac{\$9.871.067}{(1 + 0,03)^5} + \frac{\$9.871.067}{(1 + 0,03)^6} + \frac{\$9.871.067}{(1 + 0,03)^7} + \frac{\$9.871.067}{(1 + 0,03)^8} + \frac{\$9.871.067}{(1 + 0,03)^9} + \frac{\$9.871.067}{(1 + 0,03)^{10}}$$

$$+ \frac{\$9.871.067}{(1 + 0,03)^{11}} + \frac{\$9.871.067 - \$9.000.000}{(1 + 0,03)^{12}}$$

$$VPN = -\$207.129.653$$

$$0 = -\$299.073.874 + \frac{\$9.871.067}{(1 + TIR)} + \frac{\$9.871.067}{(1 + TIR)^2} + \frac{\$9.871.067}{(1 + TIR)^3} + \frac{\$9.871.067}{(1 + TIR)^4}$$

$$+ \frac{\$9.871.067}{(1 + TIR)^5} + \frac{\$9.871.067}{(1 + TIR)^6} + \frac{\$9.871.067}{(1 + TIR)^7} + \frac{\$9.871.067}{(1 + TIR)^8} + \frac{\$9.871.067}{(1 + TIR)^9} + \frac{\$9.871.067}{(1 + TIR)^{10}}$$

$$+ \frac{\$9.871.067}{(1 + TIR)^{11}} + \frac{\$9.871.067 - \$9.000.000}{(1 + TIR)^{12}}$$

$$TIR = -13,76\%$$

$$TIR < 3\%$$

Se puede observar que en el cuarto escenario es reiterativo el valor presente neto con un valor negativo y la TIR es menor a la tasa de oportunidad de la empresa, por lo que tampoco es viable alquilar la planta con insumos (ver Tabla 22)

Tabla 22. Resumen de la viabilidad de poner en alquiler la planta

Escenario	TIR	TO	Viabilidad
Alquiler planta	-13,78%	3%	No es viable
Alquiler planta con operador	-12,85%	3%	No es viable
Alquiler planta con operador e insumos	-12,79%	3%	No es viable
Alquiler planta con insumos	-13,76%	3%	No es viable

Fuente. Elaboración propia

Finalmente, al unificar en un análisis el escenario de alquiler se puede concluir que no es viable bajo ninguna circunstancia realizar el alquiler de la planta, esto puesto que la tasa de oportunidad es mayor en todos los escenarios a la tasa interna de retorno. Por lo anterior, la recomendación financiera es que al momento de realizar una negociación se opte por realizar la venta de la planta.

6. CONCLUSIONES

- La implementación de la planta de potabilización de agua por ósmosis inversa como servicio adicional para la empresa Bawer Company S.A.S es viable siempre y cuando se realicen las recomendaciones técnicas, ya que de esta manera se encontrará completamente apta para ofrecerla en el mercado.
- La planta se encuentra en buen estado en cuanto al funcionamiento general de los equipos y la verificación visual realizada, sin embargo, con la puesta en marcha de la planta se evidencio la necesidad de diferentes acciones y acondicionamientos para el correcto funcionamiento unificado de la planta.
- El agua lluvia es una fuente a tratar en la planta de potabilización de agua bastante beneficiosa, su disponibilidad y requisitos ambientales permiten que la captación, almacenamiento y tratamiento sean decisión del dueño del predio, particularmente de la empresa, lo que permite que se pueda emplear como fuente para potabilizar, adicionalmente el tratamiento de la calidad de agua hace que sea viable técnicamente.
- La obtención de agua potable es viable haciendo uso del filtro de carbón activado, ya que la calidad de agua obtenida de esta corrida tiene el mismo comportamiento que las corridas en las que se emplean más unidades. La ventaja de la corrida con sólo un filtro de carbón activado y la ósmosis inversa radica en que el costo de operación de la planta disminuiría, ya que se requiere de menos insumos.
- La propuesta de la implementación es viable financieramente siempre y cuando el precio de venta sea mínimo de \$431.013.905, sin embargo, dado que la planta se adquirió en el 2014 se hace necesario realizar una depreciación bajo el modelo de línea recta, por lo que se sugiere en el futuro evitar adquirir equipos sin darles uso alguno.

7. RECOMENDACIONES

- Se recomienda adquirir un generador eléctrico que según sugerencias del ingeniero eléctrico debe ser de mínimo 30 KVA trifásico más neutro a una tensión de 220 VAC.
- Se recomienda adquirir un tanque recolector de permeado de 10 m³, un tanque recolector de rechazo de 1 m³ y una bomba dosificadora de Hipoclorito de Sodio con su respectivo tanque para preparar reactivo, esto con el fin de garantizar la operación completa y correcta con la planta.
- Explorar nuevos clientes potenciales que estén dispuestos a invertir en la planta potabilizadora ya que técnicamente es viable hacer uso de ella y está perdiendo valor comercial.
- Una vez evidenciado el correcto funcionamiento de la planta potabilizadora en las condiciones establecidas en el manual de operación, se recomienda realizar pruebas variando flujos y presión para determinar otras condiciones operación de la planta.
- Se recomienda evitar adquirir equipos que no se utilizarán por largos periodos de tiempo, dado que una vez se adquieren y se dejan de recibir los posibles ingresos que se podrían obtener, se empiezan a depreciar a lo largo del tiempo.
- Se recomienda realizar corridas con diferentes fuentes de agua, midiendo los parámetros de entrada y salida, a fin de evaluar la aplicación de la ósmosis inversa en otros campos.
- Se recomienda verificar la automatización completa de la planta, incluyendo los respectivos lazos de control de flujo y presión.

Realizar una comparación con membranas de diferente naturaleza que se puedan emplear de acuerdo con la calidad de agua suministrada, evaluando ventajas y desventajas del material y la configuración de cada una.

BIBLIOGRAFÍA

AGENCIA ID/DICYT. Logran potabilizar agua residual y de mar para consumo industrial en Arabia Saudí. [0]. Mayo 11,. [Consultado el Enero 9,2018]. Disponible en: <http://www.dicyt.com/noticias/logran-potabilizar-agua-residual-y-de-mar-para-consumo-industrial-en-arabia-saudi>

ANDIA CARDENAS, Yolanda. Tratamiento de agua: coagulación y floculación. [0]:Lima: SEDAPAL, 2000. 40

ANLA. Concesión de Aguas Superficiales. [0]. [Consultado el Enero 10,2018]. Disponible en: <http://www.anla.gov.co/concesion-aguas-superficiales>

APARTADO MANCILLA, Luis Alberto. Determinación del número De etapas y arreglo óptimo de módulos En un sistema de ultrafiltración; Universidad Nacional Autónoma de México, 2009. p. 6-13.

Aquara. Filtros multimedia. [0]. [Consultado el Octubre 16,2018]. Disponible en: <http://www.aquara.com.pe/productos/filtros-multimedia>

Aquasalud. Aquasalud. [0]. [Consultado el Enero 27,2019]. Disponible en: <https://www.aquasalud.com/blog2/227-el-agua-es-un-elemento-imprescindible.html>

AVILA BAREÑO, Ivan Ricardo y MORENO FIGUEROA, Mario Arturo. diseño, propuesta e implementación de un filtro para tratamiento de aguas de uso doméstico en tanques de reserva en la población del casco urbano de la inspección de San Antonio De Anapoima. Universidad Libre, 2016. p. 15.

bawercom. Bawer company S.A.S . [0]. [Consultado el Abril 15,2017]. Disponible en: <http://www.bawercom.com/>

BELLINO, Norberto. AGUAS SUBTERRANEAS Conocimiento y Explotación. Universidad de Buenos Aires, p. 10.

BUENO ZABALA, Karen Alejandra. Evaluación del proceso de estabilización del ph del agua tratada del río Cauca. Universidad del Valle, 2014. p. 21.

BUSTOS MONTAÑO, Leidy Viviana y SILVA VARGAS, Yuly Daniela. Propuesta de mejoramiento de la línea de insumos del proceso de tratamiento de agua potable en la planta regional de la empresa de acueducto, alcantarillado y aseo de Zipaquirá. Fundación Universidad de América, 2016. p. 55.

CARRASCO, Jorge, et al. Sistema de captación y acumulación de aguas lluvias En: INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS. vol. 3,

CHULLUNCUY-CAMACHO, Nadia Cristina. Tratamiento de agua para consumo humano. En: UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS. Mar 11, .

COGOLLO FLÓREZ, Juan Miguel. Clarificación de aguas usando coagulantes polimerizados: caso del hidroxiclورو de aluminio. En: DYNA: universidad Nacional. junio 1, .vol. 78, no. 165, p. 18-27

CORDOBA OBANDO, Juan Mateo y DUEÑAS TOLOZA, Julian Alfredo. Análisis comparativo de la eficiencia de la filtración con material vítreo frente al uso de antracita-arena para remoción de hierro y manganeso, en las aguas subterráneas del acueducto de Funza. Universidad De La Salle, p. 84.

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. oferta de agua subterránea en la zona franca de los municipios de Sopó, Tocancipá y Gachancipá en la Cuenca Alta Del Río Bogotá; [0]:Bogotá: 2

Código Nacional De Recursos Naturales Renovables Y De Protección Al Medio Ambiente. DECRETO 2811 DE 1974. (Dic 18,). 1974.

DIAZ DELGADO, Carlos; ESTELLER ALBERICH, Maria Vicenta and LOPEZ-VERA, Fernando. Recurso hidrico, conceptos basicos y estudio de caso en Iberiamerica. 205. 170 p.

DOMÍNGUEZ AMOROCHO, María Fernanda. Optimización de la coagulación-Floculación en la planta de tratamientos de agua potable de la sede recreacional campoalegre-cajasan. Universidad Pontificia Bolivariana, 2010.

ESPINAL VELASQUEZ, Cristian Mauricio; OCAMPO ACOSTA, David y ROJAS GARCIA, Juan David. Construcción de un prototipo para el sistema de reciclaje de aguas grises en el hogar. Universidad Tecnológica de Pereira, 2014. p. 27.

ESTUPIÑÁN PERDOMO, Jorge Luis y ZAPATA GARCÍA, Héctor Ovidio. Requerimientos de infraestructura para el aprovechamiento sostenible del agua lluvia en el campus de la Pontificia Universidad Javeriana, sede Bogotá. a Pontificia Universidad Javeriana, 2011. p. 26.

FONSECA, Laura Angelica. Manual de operación y funcionamiento. [0]:Bawer Company S.A.S., 2016. 8-9

FORIGUA MEDINA, Margarita María. Desarrollo de una propuesta de mejoramiento para el tratamiento de aguas residuales de la planta de nitrato de amonio en fertilizantes colombianos Ferticol S.A. Fundación Universidad de América, 2016. p. 77.

GALINDO, Mauricio. Inversión en petróleo en Colombia. En: EL TIEMPO. Feb 23, .

GUEVARA, Willer. Especialización en gerencia para el manejo de los recursos naturales, del medio ambiente y riesgos y desastres con énfasis en gestión ambiental urbana. Universidad Sergio Arboleda, 2005.

IBARGUEN CASTAÑEDA, Mónica y BERNAL MEJÍA, Lina Marcela. Establecer La Demanda De Cloro En El Acueducto Tribunales Córcega De La Ciudad De Pereira. Universidad Tecnológica De Pereira, 2008. p. 33.

IDEAM. Promedios climatológicos 1981-2010. [0]:Colombia:2017

IDEAM. Boletín climatológico mensual; [0]:2017.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Documentación. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. NTC 1486. Sexta actualización. Bogotá: El Instituto, 2008, p.1

_____. Referencias bibliográficas, contenido, forma y estructura. NTC 5613. Bogotá: El Instituto, 2008, p.1 – 2.
85

_____. Referencias documentales para fuentes de informaciones electrónicas. NTC 4490. Bogotá: El Instituto, 1998, p.2.

LÓPEZ-GETA, Juan Antonio, et al. Investigación y gestión de los recursos del subsuelo. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, 2008. 25-26 p

LOPEZ MARTIN, Maria Jose. diseño de planta de tratamiento de agua potable por ósmosis inversa para un buque de pasaje. Universidad de Cantabria, 2015. p. 31.

MESA, Eliana; MEDINA, Lesly and RODRIGUEZ, Nelson. Diseño a nivel laboratorio de un proceso de ósmosis inversa para disminuir bario de las aguas de producción y captación del campo Cantagallo. En: INGENIERÍA QUÍMICA: AMBIENTE Y HABITAT. Mayo 30, p. 31-45

MORALES ROBLES, Lucas. Catalogo medios filtrantes. [0]. [Consultado el octubre 16, 2018]. Disponible en: <https://docplayer.es/14114219-Satisa-catalogo-de-productos-microfiltracion-medios-filtrantes.html>

LOZANO-RIVAS, William Antonio y LOZANO BRAVO, Guillermo. Potabilización del agua. 1ª ed. Universidad Piloto de Colombia, 2015.

MORENO BENAVIDES, José Alberto. Diseño de planta de tratamiento de agua de osmosis inversa para la empresa DOBER OSMOTECH de Colombia LTDA. Universidad Autónoma de Occidente, 2011.

MUÑOZ ARAUJO, María Fernanda and CASTRO ARROYO, Paola Isabel. Metodología para la selección de alternativas sostenibles para el suministro de agua potable y saneamiento básico en comunidades rurales dispersas. Universidad de Cartagena, 2017. p. 18-20.

NIÑO RODRIGUEZ, Elkin Dario and MARTINEZ MEDINA, Nestor Camilo. Estudio de las aguas grises domésticas en tres niveles socioeconómicos de la ciudad de Bogotá. Pontificia Universidad Javeriana, 2013. p. 34-35.

ODETTI, Hector y BOTTANI ,Eduardo. Introducción a la química orgánica. Tercera ed. Argentina: 2005. 105 p.

Organización Mundial de la Salud. Cantidad mínima de agua necesaria para uso doméstico; [0]:2009. 3

OSPINA, Alejandro. La industria petrolera en crisis: sus causas y sus remedios. [0]. Jun 21,. [Consultado el Agosto 12,2017]. Disponible en: <https://www.razonpublica.com/index.php/economia-y-sociedad/8542-la-industria-petrolera-en-crisis-sus-causas-y-sus-remedios.html>

ROBAYO PARGA, José Luis y PEREZ MARTINEZ, Rafael Eduardo. Análisis de la captación y aprovechamiento del Agua lluvia para utilización en el campus de la Universidad, de acuerdo a las características de sus sedes. En: Universidad Católica De Colombia.

RODRIGUEZ, Marcos Gabriel. Propuesta de plan director de agua potable para las localidades de Unquillo Y Mendiolaza; Universidad Nacional De Córdoba, 2010. p. 134.

ROMERO, Jairo. Calidad del Agua. Segunda ed. Alfa Omega, 2002.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: Obras de Captación Superficiales. [0]:México: 2015.

Secretaria Distrital de Ambiente. Recurso hídrico subterráneo. [0]. [Consultado el Enero 10,2018]. Disponible en: <http://ambientebogota.gov.co/aguas-subterraneas>

SEMINO ZELADA,Fiorella Franccesca. Producción de agua de mesa por ósmosis inversa para autoabastecimiento de UDEP; Universidd de Piura, 2015.

SOLSONA, Felipe y MENDEZ, Juan Pablo. Desinfección del agua. Perú: 2002. 2-4 p.

VARGAS ROMERO, Paula Estefanía. Estudio de Factibilidad técnica y económica para el uso del pozo de agua ubicado en Fontein-Aruba. Universidad Simon Bolivar, 2008.

VÉLEZ OTÁLVARO, María Victoria; ORTIZ PIMIENTA, Carolina y VARGAS QUINTERO, María Consuelo. Las Aguas Subterráneas un enfoque práctico. Instituto Colombiano De Geología y Minería INGEOMINAS., 2011.

ANEXOS

ANEXO A PROCEDIMIENTO CARGUE DE LECHOS

	SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD	Código:	
	INSTRUCTIVO CARGA DE MEDIOS FILTRANTES Y MONTAJE DE MEMBRANAS EN TUBOS	Emisión:	
		Revisión:	

7. METODOLOGÍA CARGA DE MEDIOS FILTRANTES

7.1 CARGA DE MEDIOS FILTRANTES EN FILTRO MULTIMEDIA (CSM-302D)

- 1. Adición de la capa de soporte (capa 1: Med. Gravel):** Asegurarse que todas las válvulas se encuentran cerradas. Para prevenir un daño del sistema de distribución, añadir aproximadamente 2 pies de agua al tanque con una manguera. No se recomienda entrar al tanque para recibir y cargar la grava. Con agua en el tanque, verter cuidadosa y lentamente la grava en el tanque y nivelar a medida que el cargue avanza (si es necesario utilizar un embudo o canal para prevenir salpicadura). Si la grava es correctamente cargada debe cubrir el sistema de distribución en el fondo del tanque.

En caso de entrar al tanque, se recomienda el uso de un respirador y humedecer las bolsas para reducir la cantidad de polvo causado en el procedimiento de cargue.

Nivelar el lecho de soporte adicionando agua hasta el nivel del lecho. Asegurarse que no queden materiales extraños dentro del tanque, incluyendo las bolsas de empaque de la grava.

- 2. Capa 2:** Verter lentamente la granate malla 8-12 en el tanque. Nivelar cuidadosamente el lecho y asegurarse que no queden materiales extraños dentro del tanque. Con el controlador GBE desconectado, rotar el dial de posición hasta que marque la posición 1 (Retrolavado), rotar el dial únicamente en la dirección indicada por las flechas. Abrir lentamente la válvula de entrada y permitir el llenado del tanque hasta que el nivel de agua alcance el nivel del medio filtrante, cerrar la válvula y verificar que la capa se encuentra bien nivelada
- 3. Capa 3:** Verter lentamente la granate malla 30-40 en el tanque. Nivelar cuidadosamente el lecho y asegurarse que no queden materiales extraños dentro del tanque. Abrir lentamente la válvula de entrada y permitir el llenado del tanque hasta que el nivel de agua alcance el nivel del medio filtrante, cerrar la válvula y verificar que la capa se encuentra bien nivelada.
- 4.** Continuar con la **capa 4** (arena roja 0.35-0.45 mm) y **capa 5** (carbón malla 6-16).
- Verificar el espacio libre sobre el medio filtrante. Si el espacio libre es correcto, rotar el dial de posición hasta que marque la posición H (Servicio), rotar el dial únicamente en la dirección indicada por las flechas.
- No cierre el acceso superior en este momento. Permitir 24 horas para que el aire escape del tanque.

Imagen 1. Representación del filtro multimedia

	SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD	Código:	
	INSTRUCTIVO CARGA DE MEDIOS FILTRANTES Y MONTAJE DE MEMBRANAS EN TUBOS	Emisión:	
		Revisión:	



7.2 CARGA DE MEDIO FILTRANTE EN FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO (CSM-362R)

1. Adicionar la capa soporte (capa 1 y capa 2), siguiendo el mismo procedimiento del filtro multimedia.
2. Verter lentamente el carbón activado en el tanque. Se recomienda el uso de un embudo o canal. Asegurarse que no queden materiales extraños dentro del tanque.
3. Con el controlador GBE desconectado, rotar el dial de posición hasta que marque la posición 1 (Retrolavado), rotar el dial únicamente en la dirección indicada por las flechas. Abrir lentamente la válvula de entrada y permitir el llenado del tanque hasta que el nivel de agua alcance el nivel del medio filtrante, cerrar la válvula y verificar que la capa se encuentra bien nivelada.
4. Verificar el espacio libre sobre el medio filtrante. Si el espacio libre es correcto, rotar el dial de posición hasta que marque la posición H (Servicio), rotar el dial únicamente en la dirección indicada por las flechas.
5. No cierre el acceso superior en este momento. Permitir 24 horas para que el aire escape del tanque.

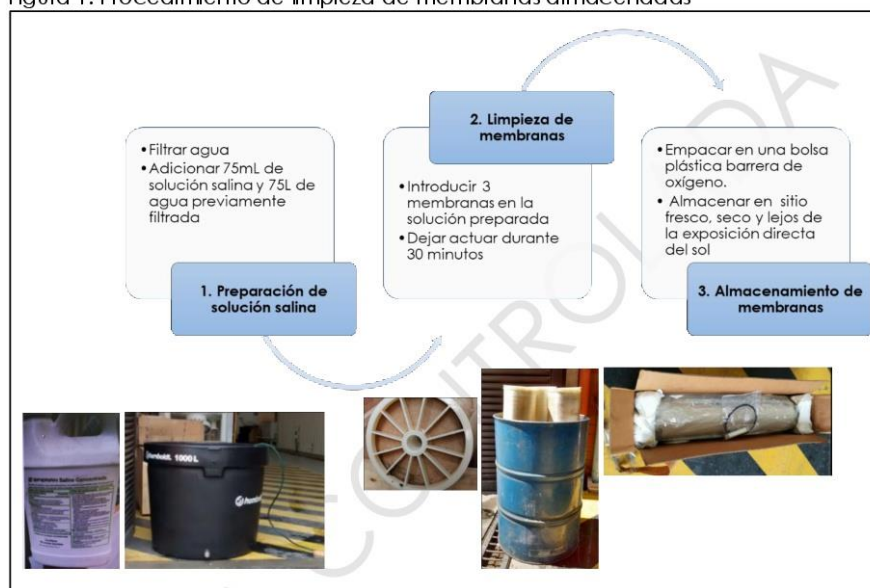
ANEXO B PROCEDIMIENTO LIMPIEZA DE MEMBRANAS

	SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD	Código:	
	INSTRUCTIVO MANTENIMIENTO DE MEMBRANAS DE OSMOSIS INVERSA	Emisión:	
		Revisión:	

7. METODOLOGÍA

Cuando las membranas están almacenadas a pesar estar empacadas se pueden contaminar por tanto, hay que seguir el procedimiento de limpieza descrito en la Figura 1.

Figura 1. Procedimiento de limpieza de membranas almacenadas



NOTA: cuando se requiera instalar las membranas se debe seguir el procedimiento descrito en el documento no.:BCL-PR-MN-0002-001 (manual de operación y mantenimiento) sección 2.7.1 literal a.

Una de las mameras para determinar si hay incrustaciones o taponamientos es pesando la membrana y comparar su peso con el inicial.

ANEXO C

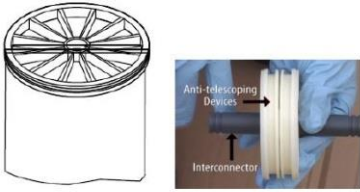

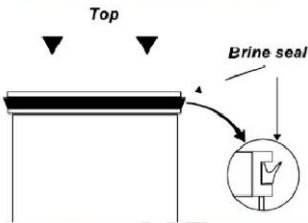
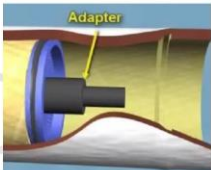
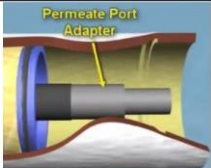
CARGUE DE MEMBRANAS EN TUBOS DE PRESIÓN

	SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD	Código:	
	INSTRUCTIVO CARGA DE MEDIOS FILTRANTES Y MONTAJE DE MEMBRANAS EN TUBOS	Emisión:	
		Revisión:	

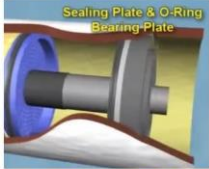


8. METODOLOGÍA MONTAJE DE MEMBRANAS EN TUBOS DE PRESIÓN

8.1 TUBOS DE PRESIÓN

Los tubos de presión vienen compuestos por las partes descritas en el cuadro 1.
Cuadro 1. Elementos de tubos de presión

ELEMENTO	FUNCIÓN/ DESCRIPCIÓN
	<p>Soporte antideformaciones: Da soporte a la membrana y alineación con otras.</p>
	<p>Conector O-ring: Permite la conexión entre membranas, tiene dos o-rings en cada lado para evitar que el agua de alimentación se mezcle con el agua permeada</p>
	<p>Sello: Se localiza en el soporte antideformaciones y evita que el agua de alimentación fluya por alrededor de la membrana sino a través de ella. Debe colocarse en el extremo de alimentación de la membrana y la abertura este hacia la corriente de alimentación.</p>
	<p>Adaptador: presente en la entrada y en la salida</p>
	<p>Adaptador en el extremo del permeado</p>

	SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD	Código:	
	INSTRUCTIVO CARGA DE MEDIOS FILTRANTES Y MONTAJE DE MEMBRANAS EN TUBOS	Emisión:	
		Revisión:	

	Plato de sello, O-ring y placa de apoyo
	Anillo de bloqueo: encaja en una muesca en el recipiente a presión para mantener los platos posicionados
	Anillo de seguridad y tornillos

8.2 INSTALACIÓN DE MEMBRANAS

Instalar los elementos en la dirección del flujo de alimento, desde el alimento hacia el concentrado y removerlos desde el extremo del concentrado. Registrar la posición en cada membrana por número de serial dentro del sistema, el número de tubo de presión, el orden dentro del tubo, etc. En un formato como el del cuadro 2.

Cuadro 2. Registro de posición de membranas.

Tubo de presión 1	Concentrado	Elemento # 135432135	Siguiente elemento # ...	Último elemento # 123456778	Alimento
Tubo de presión 2	Concentrado	Elemento # 135432135	Siguiente elemento # ...	Último elemento # 123456778	Alimento

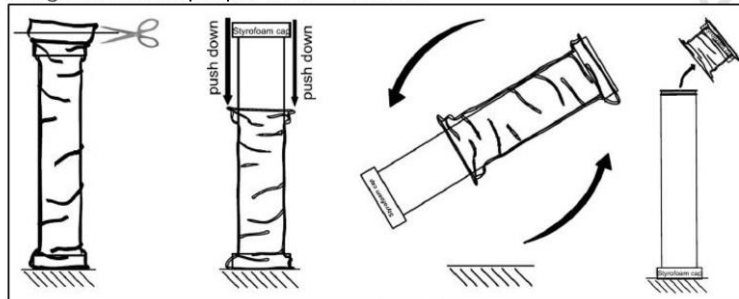
8.2.1 Procedimiento de instalación

1. Alistamiento y verificación de tubos: La tubería de alimento, concentrado y permeado no debe exceder 0.7 mm de desalineación, se debe examinar el diámetro interno del tubo buscando, rasguños, imperfecciones, suciedad, corrosión o cualquier cosa que pueda afectar el sello del equipo.

	SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD	Código:	
	INSTRUCTIVO CARGA DE MEDIOS FILTRANTES Y MONTAJE DE MEMBRANAS EN TUBOS	Emisión:	
		Revisión:	

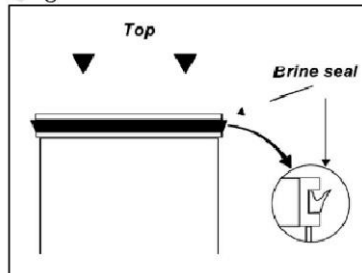
2. Limpieza de tubos: Lave el tubo con agua limpia para remover cualquier suciedad.
3. Desempaque de membranas: Cortar la bolsa de la membrana en un extremo, remover la bolsa las espumas en cada lado para no dañar los extremos (ver imagen 2). Las bolsas donde vienen las membranas evitan la entrada de oxígeno aumentando la vida útil de la solución de conservación, estas pueden ser reutilizadas en caso de almacenamiento de las membranas.

Imagen 2. Desempaque de membranas



4. Examinar la membrana: buscar cualquier imperfección que pueda rasguñar el interior del tubo, prestar atención particular a los bordes del soporte antideformaciones, arreglar cualquier imperfecto antes de introducir la membrana.
5. Instalar el sello en el soporte antideformaciones en el extremo de alimentación de la membrana, la abertura debe estar hacia la corriente de alimentación (ver imagen 3). Solamente se requiere un sello, **NO** instalar dos sellos.

Imagen 3. instalación de sello

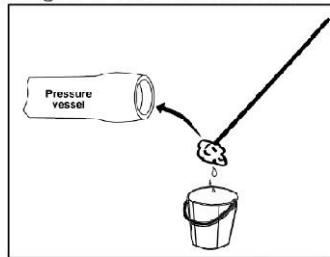


6. Lubricar interior de tubo: Usar aproximadamente una mezcla de 50% glicerina en agua para lubricar el interior del tubo, para facilitar el cargue de la membrana y reducir el riesgo de rallones en el tubo de presión. Limitar el ingreso de material extraño, polvo o suciedad en los tubos abriendo

	SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD	Código:	
	INSTRUCTIVO CARGA DE MEDIOS FILTRANTES Y MONTAJE DE MEMBRANAS EN TUBOS	Emisión:	
		Revisión:	

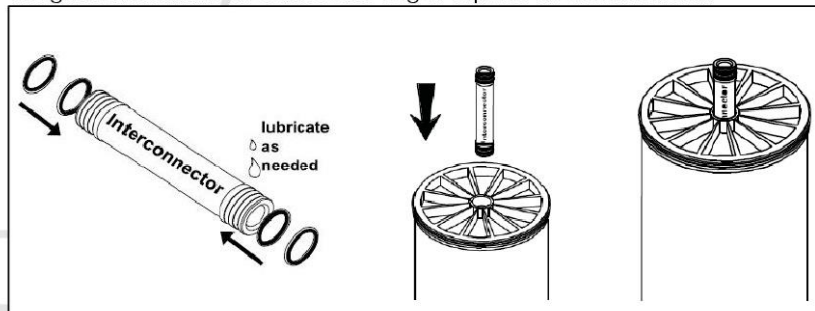
solamente un tubo a la vez. Usar un bastón o trapeador suave para facilitar la lubricación de todo el tubo (ver imagen 4).

Imagen 4. Lubricación de tubo



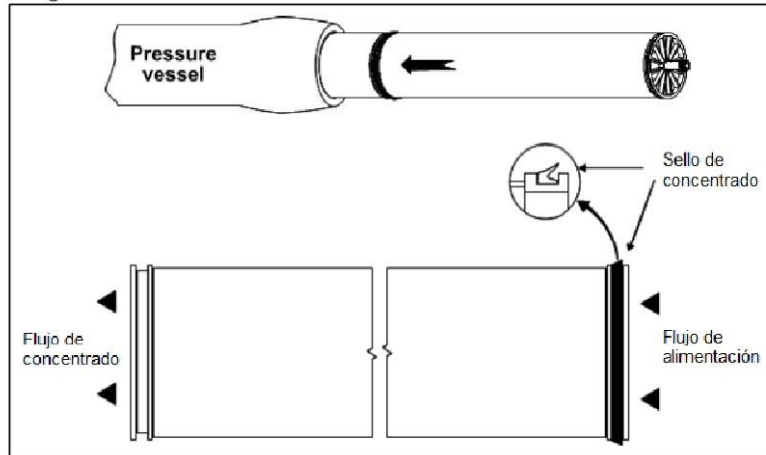
7. Instalación de la membrana en el tubo: Lenta y suavemente insertar la primera membrana en el extremo de alimentación del tubo de presión. Aproximadamente 2/3 de la longitud debe quedar dentro del tubo y 1/3 por fuera para facilitar la conexión de la siguiente membrana.
8. Ensamble de conector o-ring al soporte de la membrana: Mojar con una pequeña cantidad de glicerina el o-ring del conector y ensamblar el conector al elemento cargado. Retirar cualquier exceso de glicerina para prevenir la contaminación de la membrana (ver imagen 5).

Imagen 5. Ensamble de conector o-ring al soporte de la membrana.



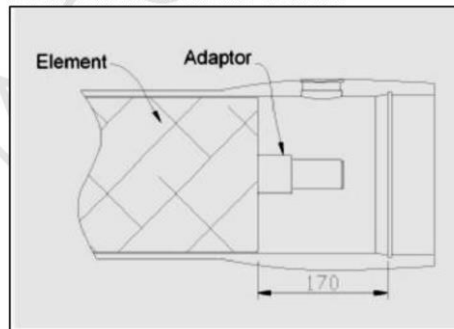
9. Conexión de membranas: Con la ayuda de otra persona, insertar el sello a la segunda membrana y conectarla a la primera con el conector. Empujar ambos elementos suave y firmemente al tubo manteniéndolos rectos para evitar daños al conector o al sello, nunca dejar que todo el peso de la membrana sea soportada por el conector. Continuar con las membranas siguientes. Verificar la posición del sello de frente al flujo de alimentación (ver imagen 6).

Imagen 6. Conexión entre membranas



10. Cuando el elemento final sea instalado, empujar todas las membranas hasta que la distancia entre la primera membrana insertada y la ranura del anillo de retención en el extremo de salida del tubo de presión sea 170mm tal como se ve en la imagen 7.

Imagen 7. Distancia entre la primera membrana y la ranura del anillo de retención en el extremo del tubo



11. Colocar el sello PWT en el adaptador primero y luego instalar el adaptador en el tubo de permeado de la membrana.

NOTA: Conectar ambos extremos de la pila de membranas con un adaptador a los puestos de permeado en ambos extremos del tubo de presión. Cuando el tubo es presurizado sin los dos adaptadores instalados puede resultar en una explosión en uno de los extremos.

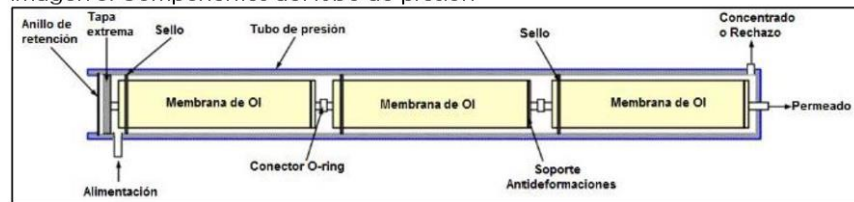
	SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD	Código:	
	INSTRUCTIVO CARGA DE MEDIOS FILTRANTES Y MONTAJE DE MEMBRANAS EN TUBOS	Emisión:	
		Revisión:	

8.2.2 Cierre del tubo de presión

Inspeccionar los extremos del tubo de presión en búsqueda de depósitos, suciedad, rasguños o deterioro, limpiar las superficies con agua fresca, solución de jabón suave o reemplazar los tubos de presión dañados.

En la imagen 8 se presentan los componentes del tubo de presión.

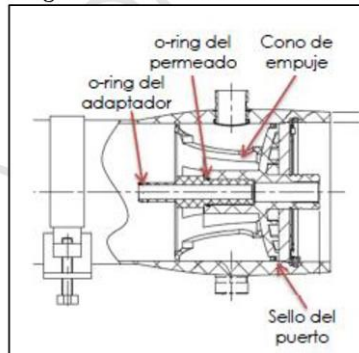
Imagen 8. Componentes del tubo de presión



8.2.2.1 Ensamble en el extremo del concentrado

1. Colocar el o-ring del adaptador y del permeado en la ranura dentro del puerto de permeado. Colocar el cono de empuje en el puerto de permeado en el extremo del concentrado (ver imagen 9).

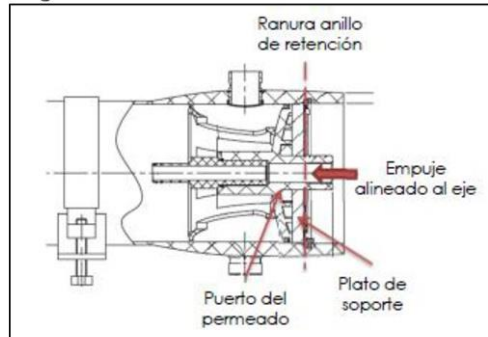
Imagen 9. Señalización de conectores



2. Lubricar el sello del puerto y el área de contacto en el puerto de permeado.
3. Colocar el sello del puerto en el puerto del permeado y el plato de soporte, mantenerlo alineado al eje del tubo y lentamente empujarlo dentro del tubo hasta que encaje con el adaptador y pase la ranura del anillo de retención. Si es necesario usar un martillo de goma para golpear suavemente y asentar el puerto en su posición (ver imagen 10).

	SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD	Código:	
	INSTRUCTIVO CARGA DE MEDIOS FILTRANTES Y MONTAJE DE MEMBRANAS EN TUBOS	Emisión:	
		Revisión:	

Imagen 10. señalización de conectores



- Limpiar cualquier suciedad de la ranura del anillo de retención. Ubicar la punta del anillo de retención en la ranura y empujarlo mientras rota la mano por el diámetro interno del tubo hasta instalarlo completamente en la ranura (ver imagen 10).

Imagen 11. Ajuste de anillo de retención



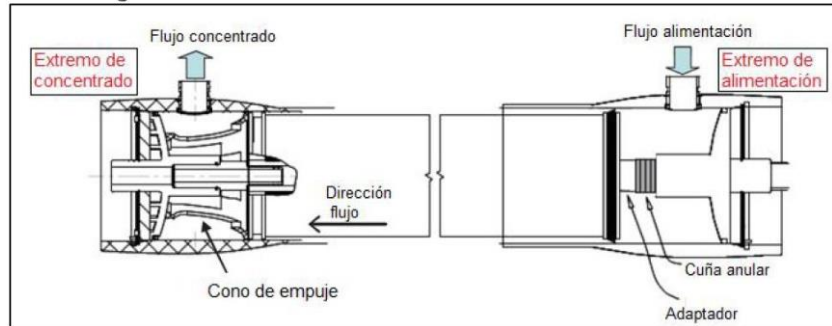
- Conectar la tubería de la línea de permeado o un tapón, usar cinta de teflón para asegurar una conexión sin fugas. No apretar excesivamente.
- Empujar todo el conjunto de membranas desde el lado del alimento hasta el lado del concentrado hasta que el adaptador del lado del concentrado quede conectado firmemente y el plato de soporte quede asegurando contra el anillo de retención.

8.2.2.2 Extremo de la alimentación

- Realizar el mismo procedimiento que con el extremo de alimentación exceptuando el cono de empuje.
- Si queda algún espacio o brecha en el extremo de la alimentación entre el conjunto de membranas y el puerto de permeado, se deben instalar una cuña anular (opcional).
- Verificar que el arreglo quede como se muestra en la imagen 12.

	SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD	Código:	
	INSTRUCTIVO CARGA DE MEDIOS FILTRANTES Y MONTAJE DE MEMBRANAS EN TUBOS	Emisión:	
		Revisión:	

Imagen 12. Uniones en los extremos



ANEXO D
DESARROLLO DE MATRICES DE PARES ENTRE ALTERNATIVAS
MATRICES DE PARES ENTRE ALTERNATIVAS SEGÚN CRITERIO

DISPONIBILIDAD DE LA FUENTE					
Alternativas	Aguas subterráneas	Aguas superficiales	Aguas lluvias	Suma (α)	Factor de ponderación (FP)
Aguas subterráneas	1,00	5,00	5,00	11,00	0,59
Aguas superficiales	0,20	1,00	5,00	6,20	0,33
Aguas lluvias	0,20	0,20	1,00	1,40	0,08
TOTAL				18,60	1,00

SISTEMA DE CAPTACIÓN					
Alternativas	Aguas subterráneas	Aguas superficiales	Aguas lluvias	Suma (α)	Factor de ponderación (FP)
Aguas subterráneas	1,00	0,20	0,10	1,30	0,06
Aguas superficiales	5,00	1,00	0,20	6,20	0,26
Aguas lluvias	10,00	5,00	1,00	16,00	0,68
TOTAL				23,50	1,00

CALIDAD					
Alternativas	Aguas subterráneas	Aguas superficiales	Aguas lluvias	Suma (α)	Factor de ponderación (FP)
Aguas subterráneas	1,00	5,00	1,00	7,00	0,45
Aguas superficiales	0,20	1,00	0,20	1,40	0,09
Aguas lluvias	1,00	5,00	1,00	7,00	0,45

TOTAL	15,40	1,00
--------------	-------	------

REQUISITOS AMBIENTALES					
Alternativas	Aguas subterráneas	Aguas superficiales	Aguas lluvias	Suma (α)	Factor de ponderación (FP)
Aguas subterráneas	1,00	1,00	0,10	2,10	0,10
Aguas superficiales	1,00	1,00	0,20	2,20	0,11
Aguas lluvias	10,00	5,00	1,00	16,00	0,79
TOTAL				20,30	1,00

ANEXO E CARACTERIZACIÓN DE AGUAS LLUVIAS

CARACTERIZACIÓN DE MUESTRA DE AGUAS LLUVIAS POR LABORATORIO ANALQUIM LTDA

PARAMETRO	UNIDADES	VALOR	VALOR DE REFERENCIA LIMITE	CUMPLIMIENTO NORMATIVO	VALOR DE RIESGO REFERENCIA	PUNTAJE DE RIESGO (IRCA)
Características Físicas						
Color aparente	UPC	10	15	CUMPLE CON LIMITE	6	0
Conductividad	µS/cm	67,2	1000	CUMPLE CON LIMITE	N.E.	N.A.
Temperatura	°C	20,0	N.E.	N.A.	N.E.	N.A.
Olor y Sabor	---	Aceptable	Aceptable	CUMPLE CON LIMITE	N.E.	N.A.
pH	Unidades	4,19	6,5 a 9,0	NO CUMPLE CON EL RANGO	1,5	1,5
Turbiedad	UNT	1,60	2	CUMPLE CON LIMITE	15	0
Características Químicas - Implicaciones sobre la salud humana						
Carbono Orgánico Total	mg/L COT	<1,65	5,0	CUMPLE CON LIMITE	3	0
Nitritos	mg/L NO ₂	<0,05	0,1	CUMPLE CON LIMITE	3	0
Nitatos	mg/L NO ₃	1,9	10	CUMPLE CON LIMITE	1	0
Fluoruros	mg/L F	<0,05	1,0	CUMPLE CON LIMITE	1	0
Características Químicas - Consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana						
Calcio	mg/L Ca	4,8	60	CUMPLE CON LIMITE	1	0
Alcalinidad Total	mg/L CaCO ₃	46	200	CUMPLE CON LIMITE	1	0
Cloruros	mg/L Cl	<2,0	250	CUMPLE CON LIMITE	1	0
Aluminio	mg/L Al ³⁺	0,08	0,2	CUMPLE CON LIMITE	3	0
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	15	300	CUMPLE CON LIMITE	1	0
Hierro Total	mg/L Fe	<0,10	0,3	CUMPLE CON LIMITE	1,5	0
Magnesio	mg/L Mg	<1,46	36	CUMPLE CON LIMITE	1	0
Manganeso	mg/L Mn	<0,03	0,1	CUMPLE CON LIMITE	1	0
Molibdeno	mg/L Mo	<0,01	0,07	CUMPLE CON LIMITE	1	0
Sulfatos	mg/L SO ₄ ²⁻	<10,0	250	CUMPLE CON LIMITE	1	0
Zinc	mg/L Zn	0,25	3	CUMPLE CON LIMITE	1	0
Fosfatos	mg/L PO ₄ ³⁻	0,27	0,5	CUMPLE CON LIMITE	1	0
Características Químicas - Otras sustancias						
Cloro residual libre	mg/L Cl ₂	<0,30	0,3 - 2,0	NO CUMPLE CON EL RANGO	15	15
Cloro residual combinado	mg/L Cl ₂	0,00	N.E.	N.A.	N.E.	N.A.
Características Microbiológicas						
Coliformes Totales	UFC/100 ml.	10	0	NO CUMPLE CON LIMITE	15	15
Escherichia Coli	UFC/100 ml.	0	0	CUMPLE CON LIMITE	25	0
					PUNTAJE IRCA	31,5%
					NIVEL DE RIESGO	MEDIO

ANEXO F RESULTADOS ANALISIS DE CORRIDAS

CORRIDA 1

ENTRADA ÓSMOSIS INVERSA



ANALQUIM LTDA.
ANALISIS FISICOQUIMICOS Y CALIDAD DEL AIRE



INFORME DE RESULTADOS DE LABORATORIO PARÁMETROS ESPECIFICADOS POR EL CLIENTE						CÓDIGO: <u>147795</u>
						PÁGINA: <u>1 de 1</u>
SEÑOR(ES): <u>BAWER COMPANY SAS</u>						
DIRECCIÓN: <u>PARQUE INDUSTRIAL ACROPÓLIS BODEGA 24 VEREDA CAVANITA</u>				TELÉFONO: <u>4272961</u>		
MUESTRA PROCEDENTE DE:		<u>TOCANCIPA</u>		DEPARTAMENTO: <u>CUNDINAMARCA</u>		
LUGAR TOMA DE MUESTRA:		<u>1. BAWER COMPANY</u>				
PUNTO DE CAPTACIÓN:		<u>ENTRADA OSMOSIS INVERSA</u>				
TIPO DE MUESTRA:		<u>AGUA FILTRADA 1</u>				
FECHA DE TOMA DE LA MUESTRA:		<u>7-sep-18</u>				
FECHA RECEPCIÓN DE LA MUESTRA:		<u>7-sep-18</u>				
RESULTADOS						
ENSAYO	FEC - ANALISIS	MÉTODO	REFERENCIA	RESULTADO		
IN SITU pH	7-sep-18	Electrométrico	SM 4500-H+B	4,21	Unidades	
TURBIEDAD	7-sep-18	Nefelométrico	SM 2130 B	0,8	NTU	
CLORO RESIDUAL LIBRE	7-sep-18	Colorimétrico	SM 4500-Cl	<0,05	mg/L Cl ₂	
HIERRO TOTAL	7-sep-18	Espectrofotometría de A.A	SM 3030 K, SM 3111 B	<0,02	mg/L Fe	
ALUMINIO	7-sep-18	Espectrofotométrico	SM 3500-Al B	0,03	mg/L Al	
COLIFORMES TOTALES	7-sep-18	Filtración por membrana	SM 9222 B,H	8	UFC/100mL	
FIN DEL REPORTE						
OBSERVACIONES: Muestra puntual recolectada por el personal						
Referencia (SM): Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22d Edition. 2012.						
				Bogotá, 27 -SEP-2018		
				FECHA DE EXPEDICIÓN		
El plazo límite para cualquier observación sobre los resultados de este informe es de 5 días hábiles contados a partir de la fecha de expedición del mismo						

SALIDA ÓSMOSIS INVERSA



ANALQUIM LTDA.
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y CALIDAD DEL AIRE



**INFORME DE RESULTADOS DE LABORATORIO PARÁMETROS ESPECIFICADOS
POR EL CLIENTE**

CÓDIGO: 147795
PÁGINA: 1 de 1

SEÑOR(ES): **BAWER COMPANY SAS**
 DIRECCIÓN: PARQUE INDUSTRIAL ACROPÓLIS BODEGA 24 VEREDA CAVANITA TELÉFONO: 4272961
 MUESTRA PROCEDENTE DE: TOCANCIPA DEPARTAMENTO: CUNDINAMARCA
 LUGAR TOMA DE MUESTRA: 1. BAWER COMPANY
 PUNTO DE CAPTACIÓN: SALIDA OSMOSIS INVERSA
 TIPO DE MUESTRA: PERMEADO 1
 FECHA DE TOMA DE LA MUESTRA: 7-sep-18
 FECHA RECEPCIÓN DE LA MUESTRA: 7-sep-18

RESULTADOS

ENSAYO	FEC - ANALISIS	MÉTODO	REFERENCIA	RESULTADO	
IN SITU pH	7-sep-18	Electrométrico	SM 4500-H+B	4,33	Unidades
TURBIEDAD	7-sep-18	Nefelométrico	SM 2130 B	0,62	NTU
COLORO RESIDUAL LIBRE	7-sep-18	Colorimétrico	SM 4500-Cl	<0,05	mg/L Cl ₂
HIERRO TOTAL	7-sep-18	Espectrofotometría de A.A	SM 3030 K, SM 3111 B	<0,02	mg/L Fe
ALUMINIO	7-sep-18	Espectrofotométrico	SM 3500-Al B	<0,01	mg/L Al
COLIFORMES TOTALES	7-sep-18	Filtración por membrana	SM 9222 B,H	0	UFC/100mL

FIN DEL REPORTE

OBSERVACIONES: Muestra puntual recolectada por el personal

Referencia (SM): Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22d Edition. 2012.

Bogotá, 27 -SEP-2018

FECHA DE EXPEDICIÓN

El plazo límite para cualquier observación sobre los resultados de este informe es de 5 días hábiles contados a partir de la fecha de expedición del mismo

CORRIDA 2

ENTRADA ÓSMOSIS INVERSA



ANALQUIM LTDA.
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y CALIDAD DEL AIRE



INFORME DE RESULTADOS DE LABORATORIO PARÁMETROS ESPECIFICADOS						CÓDIGO: 147795
POR EL CLIENTE						PÁGINA: 1 de 1
SEÑOR(ES): BAWER COMPANY SAS						
DIRECCIÓN: PARQUE INDUSTRIAL ACROPÓLIS BODEGA 24 VEREDA CAVANITA				TELÉFONO: 4272961		
MUESTRA PROCEDENTE DE:		TOCANCIPA		DEPARTAMENTO: CUNDINAMARCA		
LUGAR TOMA DE MUESTRA:		1. BAWER COMPANY				
PUNTO DE CAPTACIÓN:		ENTRADA OSMOSIS INVERSA				
TIPO DE MUESTRA:		AGUA FILTRADA 2				
FECHA DE TOMA DE LA MUESTRA:		7-sep-18				
FECHA RECEPCIÓN DE LA MUESTRA:		7-sep-18				
RESULTADOS						
ENSAYO	FEC - ANALISIS	MÉTODO	REFERENCIA	RESULTADO		
IN SITU pH	7-sep-18	Electrométrico	SM 4500-H+B	4,34	Unidades	
TURBIEDAD	7-sep-18	Nefelométrico	SM 2130 B	0,6	NTU	
CLORO RESIDUAL LIBRE	7-sep-18	Colorimétrico	SM 4500-Cl	<0,05	mg/L Cl ₂	
HIERRO TOTAL	7-sep-18	Espectrofotometría de A.A	SM 3030 K, SM 3111 B	<0,02	mg/L Fe	
ALUMINIO	7-sep-18	Espectrofotométrico	SM 3500-Al B	0,02	mg/L Al	
COLIFORMES TOTALES	7-sep-18	Filtración por membrana	SM 9222 B,H	5	UFC/100mL	
FIN DEL REPORTE						
OBSERVACIONES: Muestra puntual recolectada por el personal						
Referencia (SM): Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22d Edition. 2012.						
Bogotá, 27 -SEP-2018						
FECHA DE EXPEDICIÓN						
<p style="font-size: small;">El plazo límite para cualquier observación sobre los resultados de este informe es de 5 días hábiles contados a partir de la fecha de expedición del mismo</p>						

CORRIDA 3

ENTRADA ÓSMOSIS INVERSA



ANALQUIM LTDA.
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y CALIDAD DEL AIRE



INFORME DE RESULTADOS DE LABORATORIO PARÁMETROS ESPECIFICADOS						CÓDIGO: 147795
POR EL CLIENTE						PÁGINA: 1 de 1
SEÑOR(ES): BAWER COMPANY SAS						
DIRECCIÓN: PARQUE INDUSTRIAL ACROPÓLIS BODEGA 24 VEREDA CAVANITA				TELÉFONO: 4272961		
MUESTRA PROCEDENTE DE:		TOCANCIPA		DEPARTAMENTO: CUNDINAMARCA		
LUGAR TOMA DE MUESTRA:		1. BAWER COMPANY				
PUNTO DE CAPTACIÓN:		ENTRADA ÓSMOSIS INVERSA				
TIPO DE MUESTRA:		AGUA FILTRADA 3				
FECHA DE TOMA DE LA MUESTRA:		7-sep-18				
FECHA RECEPCIÓN DE LA MUESTRA:		7-sep-18				
RESULTADOS						
ENSAYO	FEC - ANALISIS	MÉTODO	REFERENCIA	RESULTADO		
IN SITU pH	7-sep-18	Electrométrico	SM 4500-H+B	4,28	Unidades	
TURBIEDAD	7-sep-18	Nefelométrico	SM 2130 B	0,5	NTU	
CLORO RESIDUAL LIBRE	7-sep-18	Colorimétrico	SM 4500-Cl	<0,05	mg/L Cl ₂	
HIERRO TOTAL	7-sep-18	Espectrofotometría de A.A	SM 3030 K, SM 3111 B	<0,02	mg/L Fe	
ALUMINIO	7-sep-18	Espectrofotométrico	SM 3500-Al B	<0,01	mg/L Al	
COLIFORMES TOTALES	7-sep-18	Filtración por membrana	SM 9222 B,H	3	UFC/100mL	
FIN DEL REPORTE						
OBSERVACIONES: Muestra puntual recolectada por el personal						
Referencia (SM): Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22d Edition. 2012.						
Bogotá, 27 -SEP-2018						
FECHA DE EXPEDICIÓN						

El plazo límite para cualquier observación sobre los resultados de este informe es de 5 días hábiles contados a partir de la fecha de expedición del mismo

SALIDA ÓSMOSIS INVERSA



INFORME DE RESULTADOS DE LABORATORIO PARÁMETROS ESPECIFICADOS POR EL CLIENTE					CÓDIGO: 147795	
					PÁGINA: 1 de 1	
SEÑOR(ES): BAWER COMPANY SAS						
DIRECCIÓN: PARQUE INDUSTRIAL ACROPÓLIS BODEGA 24 VEREDA CAVANITA				TELÉFONO: 4272961		
MUESTRA PROCEDENTE DE:		TOCANCIPA		DEPARTAMENTO: CUNDINAMARCA		
LUGAR TOMA DE MUESTRA:		1. BAWER COMPANY				
PUNTO DE CAPTACIÓN:		SALIDA OSMOSIS INVERSA				
TIPO DE MUESTRA:		PERMEADO 3				
FECHA DE TOMA DE LA MUESTRA:		7-sep-18				
FECHA RECEPCIÓN DE LA MUESTRA:		7-sep-18				
RESULTADOS						
ENSAYO	FEC - ANALISIS	MÉTODO	REFERENCIA	RESULTADO		
IN SITU pH	7-sep-18	Electrométrico	SM 4500-H+B	4,31	Unidades	
TURBIEDAD	7-sep-18	Nefelométrico	SM 2130 B	0,2	NTU	
COLORO RESIDUAL LIBRE	7-sep-18	Colorimétrico	SM 4500-Cl	<0,05	mg/L Cl2	
HIERRO TOTAL	7-sep-18	Espectrofotometría de A.A	SM 3030 K, SM 3111 B	<0,02	mg/L Fe	
ALUMINIO	7-sep-18	Espectrofotométrico	SM 3500-Al B	<0.01	mg/L Al	
COLIFORMES TOTALES	7-sep-18	Filtración por membrana	SM 9222 B,H	0	UFC/100mL	
FIN DEL REPORTE						
OBSERVACIONES: Muestra puntual recolectada por el personal						
Referencia (SM): Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22d Edition. 2012.						
Bogotá, 27 -SEP-2018						
FECHA DE EXPEDICIÓN						

El plazo límite para cualquier observación sobre los resultados de este informe es de 5 días hábiles contados a partir de la fecha de expedición del mismo

ANEXO G FICHA TÉCNICA HIPOCLORITO DE SODIO

CÓDIGO: UEQFT0004 Versión: 4 Fecha: 12/04/2018	FICHA TÉCNICA NaClO HIPOCLORITO DE SODIO QUIMICOS	
--	---	---

FICHA TÉCNICA


NOMBRE DEL PRODUCTO	HIPOCLORITO DE SODIO				
DESCRIPCIÓN FÍSICA	Solución acuosa, clara, ligeramente amarilla, olor característico penetrante e irritante. Fuertemente oxidante; dependiendo del pH de la solución se presenta disociado en forma de cloro activo, ácido hipocloroso HOCl y/o ión hipoclorito OCl ⁻ . De estas formas de "cloro libre activo" depende su reactividad en las reacciones de oxidación, cloración y acción bioquímica tales como el control bacteriológico y microbiológico.				
INGREDIENTES PRINCIPALES	Producto obtenido a partir del hidróxido de sodio (NaOH) en solución acuosa mediante absorción del cloro gaseoso (Cl ₂).				
ESPECIFICACIONES DE CONTROL	CARACTERÍSTICA	UNIDADES	ESPECIFICACIÓN		METODO
			Min	Máx	
	Hipoclorito de sodio	%m/v	15		Titulación potenciométrica
	Hidróxido de sodio (alcalinidad Total)	%m/v		1	Titulación potenciométrica
	Densidad a 20°C	g/ml	1.2		Frecuencia de Oscilaciones
	Apariencia		Ligeramente amarilla		Cualitativo
USO MÁXIMO PERMITIDO	El uso máximo permitido para el tratamiento de agua es 33 mg/L				
EMPAQUE Y PRESENTACIONES	El hipoclorito de sodio se vende a granel en tanques de plástico, fibra de vidrio o en canecas plásticas				
VIDA ÚTIL	N/A				
IDENTIFICACIÓN DEL LOTE	La identificación del lote: Granel (carros) 15 12 07 30 23 tanque año mes día hora de análisis Tambores 12 07 30 año mes día				
LEGISLACIÓN APLICABLE	NTC 2139				
USOS E INSTRUCCIONES	Se destacan las siguientes industrias como principales consumidoras: TRATAMIENTO DE AGUAS Desinfección, esterilización, acción algicida, decoloración y desodorización de aguas industriales, potables y piscinas. PAPELERA En procesos de lavado como blanqueador de celulosa, pulpa de papel y textiles. QUIMICA Hidróxido férrico Fe(OH) ₃ y dióxido de manganeso MnO ₂ , de nitratos, sulfatos y cianatos (por reacción con los cianuros y sulfuros correspondientes), de cloraminas orgánicas e inorgánicas y clorofenoles.				
CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO	Dado que el NaOCl es una solución muy inestable y se descompone por la acción de impurezas catiónicas como hierro, aniónicas, temperatura, pH y la luz, el producto se debe proteger de estos factores. Se debe almacenar en áreas con excelente ventilación. El piso debe ser incombustible e impermeable. Se deberá disponer de duchas y tomas de agua a presión en sitios de fácil acceso dentro del área. No se debe almacenar con sustancias incompatibles como ácidos y productos orgánicos.				

<p>MANEJO Y TRANSPORTE</p>	<p>Las operaciones de cargue, transvase, dilución, descargue y toma de muestras de los envases o depósitos que contengan hipoclorito de sodio se deben realizar bajo excelente ventilación, utilizando los elementos de protección adecuados: gafas de seguridad y/o careta facial, respirador industrial con absorbente apropiado, guantes, botas y delantal de caucho.</p> <p>NOTA: El hipoclorito de sodio se puede descomponer por acción del calor, por contacto con material férreo o por la acción de la luz solar, generando CLORO GASEOSO, altamente oxidante, irritante y corrosivo. Si se mezclan soluciones de hipoclorito de sodio con cualquier ácido, hay desprendimiento de cloro gaseoso. El transporte se efectuará en envases de fibra de vidrio, polipropileno, polietileno o en carro tanques construidos con los mismos materiales.</p>
<p>PRECAUCIONES Y RESTRICCIONES</p>	<p>El hipoclorito de sodio es altamente corrosivo. Su inhalación o ingestión puede provocar desde leves irritaciones cutáneas hasta edemas pulmonares, perforaciones de esófago y estómago. Por contacto puede producir lesiones oculares, cutáneas, pulmonares y digestivas. Se recomienda leer la Hoja de Seguridad y el brochure del producto</p> <p>NOTA: El uso final del producto es de responsabilidad absoluta y aceptada por el cliente. La información se ha consignado a título ilustrativo y no substituye las patentes o licencias sobre el uso del producto.</p>
	<p>ATENCION DE EMERGENCIAS.Tel: (57 1) 833555 Ext. 444.</p> <p>Planta Betania: km. 6 vía Cajicá - Zipaquirá</p> <p>Tels: (+1) 833555 Fax: (+1) 833555</p> <p>Oficina Bogotá</p> <p>Tel: (+1) 635 6080 Fax (+1) 636 1961</p> <p>Oficina Medellín</p> <p>Tel: (+4) 3137575 Fax: (+4) 313 9764</p> <p>Brinsa S.A. Nit: 800-221-789-2</p> <p>A.A. 3005 Bogotá, D.C.</p> <p>Colombia - Sur América</p>

LA IMPRESIÓN DE ESTE DOCUMENTO ES COPIA NO CONTROLADA DEL SISTEMA DE CALIDAD

ANEXO H FICHA TECNICA REGULADORES DE pH

FICHA TÉCNICA BICARBONATO DE SODIO

	FICHA TECNICA BICARBONATO DE SODIO	CI – 280 / 012
		Versión 003
		Página 1 de 3
		Fecha de Emisión: 01-06-16

Descripción

Polvo fino blanco y/o cristales, soluble en agua e insoluble en alcohol, puede descomponerse en presencia en un alto contenido de ácidos.

Áreas de aplicación

Industria alimentaria, medicina, industria textil, elaboración de detergentes, pesticidas entre otros.

Beneficios

Regulador de pH, mejorador.

Dosis

0.17 a 0.2 % por kilo de producto y/o según el producto a elaborar y su formulación.

Composición

Bicarbonato de sodio.

Especificaciones físico-químicas

El contenido total de alcalinidad (NaHCO ₃)%:	99.0 – 100.5%
Pérdida por secado%:	0.20% máx.
Valor de pH (10 g / l) solución:	8.6 máx.
Sal de amonio:	---
Claridad:	---

Especificaciones microbiológicas

Disponible según requerimiento.

Especificaciones de metales pesados

Contenido de arsénico%:	0.0001% máx.
Contenido de metales pesados:	0.0005% máx.

FICHA TÉCNICA HIDROXIDO DE SODIO

	PRODUCTOS QUÍMICOS PANAMERICANOS S.A. FICHA TÉCNICA. HIDRÓXIDO DE SODIO.	FT-CC-17 Versión 1 Página 1 de 1

1. ASPECTOS GENERALES.

PROPIEDADES: Nombre comercial: *Soda cáustica, lejía*. Nombre químico: *Hidróxido de Sodio*.
 Soda Líquida: Líquido viscoso, de incoloro a ligeramente lechoso e inodoro.
 Soda sólida: Escamas blancas a ligeramente amarillas, delgadas, inodoras, higroscópicas e hidrolizables en agua.

CONTENIDO NETO: No aplica.

USOS:

- Producción de jabones a través de procesos de saponificación.
- Tratamiento de celulosa.
- Producción de sales de sodio.
- Remoción de ácido en refinación del petróleo.
- Blanqueado de textiles.
- Desgomado de hilos.
- Tratamiento de cauchos.
- Refinación de aceites.
- Neutralización de aguas.
- Aumentar pH en agua

BONDADES Y/O VENTAJAS DEL PRODUCTO:

Al ser unas de las bases más reactivas, la soda es ampliamente usada en el tratamiento de fibras de rayón, Nylon, poliéster, desgomado, neutralización de aguas residuales y refinado del petróleo.

2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS. (Propiedades fisicoquímicas y/o microbiológicas).

PROPIEDADES	LÍQUIDA	SÓLIDA
Apariencia estándar.	Líquido viscoso lechoso.	Escamas blancas.
Contenido de NaOH, %	48 Mínimo.	98 Mínimo.
Densidad, g/mL.	1,51 Mínimo.	No Aplica.
Contenido de Na ₂ CO ₃ , %	No aplica.	1 Máximo.
Contenido de NaCl, %	No aplica.	1 Máximo.
Contenido de Fe ₂ O ₃ , ppm	No Aplica	20 Máximo.

3. RECOMENDACIONES Y/O PRECAUCIONES PARA EL USO:

Este producto es altamente irritante mucoso y cutáneo, evítase cualquier contacto directo con él.

Para la manipulación de este producto utilizar equipo completo de protección incluyendo gafas de seguridad con protección lateral y careta para vapores corrosivos, guantes de goma, nitrilo, vinilo o PVC.

Si se presenta contacto de este producto con la piel o con los ojos lavar con abundante agua por lo menos durante 15 minutos, para garantizar la remoción de todo

el material de los tejidos, buscar atención medica inmediatamente después de lavar el área afectada. Si este producto es ingerido debe buscarse atención especializada inmediatamente, acudir al centro médico más cercano.

Para mayor información consultar la hoja de seguridad del producto.

4. EMPAQUE Y TRANSPORTE.

El producto sólido es suministrado en bolsas de polipropileno en presentación de 25 kg. El producto líquido es suministrado a granel en carro tanques, IBC u otras presentaciones acordadas con el cliente.

Este producto está clasificado como sustancia química peligrosa, por lo tanto está regulado para el transporte terrestre por el decreto 1609 de 2002.

UN soda líquida: 1824. UN soda sólida: 1823.
Clase 8. Corrosivo.

5. ALMACENAMIENTO.

El producto se debe almacenar en recipientes de materiales poliméricos, polipropileno o polietileno de alta densidad completamente cerrados, rotulados y señalizados.

Manténgase en un lugar fresco y seco, libre de humedad, lejos de fuentes de calor y con los contenedores cerrados.

Los recipientes no deben permanecer abiertos durante largos periodos de tiempo ya que el producto absorbe humedad del ambiente con facilidad.

Este producto es estable a temperatura ambiente y presión atmosférica, se deben evitar temperaturas extremas, contacto con ácidos y otras bases fuertes, sustancias oxidantes, inflamables y combustibles.

6. DATOS DEL FABRICANTE: Este producto es comercializado por productos Químicos Panamericanos S.A. Plantas:

Girardota: Dirección: Km 22 Autopista Norte vía Barbosa. Teléfono: (4) 289 10 12.

Barranquilla: Carrera 67 (Carretera a Eternit) N° Vía 40-437 Zona Industrial La Loma No. 3. Tel (5) 368 67 13/ (5) 368 57 14

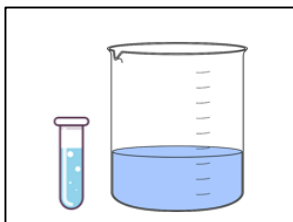
Tocancipá: Km 22 carretera al norte. Teléfono (1) 857 43 66/ 857 46 07

7. NOTIFICACIÓN OBLIGATORIA: No SANITARIA aplica.

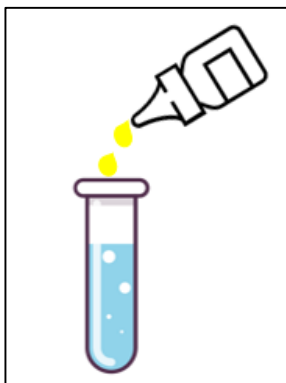
La documentación vigente corresponde a la que se tiene acceso en la intranet. Cualquier copia impresa que no incluya la marca COPIA CONTROLADA o que se encuentre en una ubicación diferente a la de la intranet se considera como copia NO CONTROLADA.

ANEXO I PROCEDIMIENTO MEDICIÓN DE CLORO LIBRE

1. Depositar la muestra de agua en la celda.



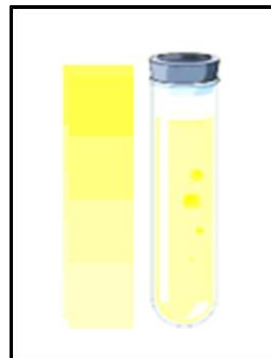
2. Adicionar 5 gotas de la solución de ortotolidina



3. Tapar la celda y agitar



4. Observar y comparar con la escala para determinar la concentración en ppm(mg/l) de cloro libre.



5. Tomar registro



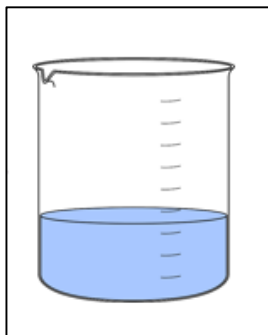
Precaución: La ortotolidina es extremadamente tóxica y corrosiva. Si accidentalmente se tiene contacto con esta solución inmediatamente lávese con abundante agua.

Nota : Si la muestra de agua presenta turbidez, es necesario filtrar ésta para que quede clara y cristalina y de esta manera el color del agua no interfiera con el color adquirido con la ortotolidina.

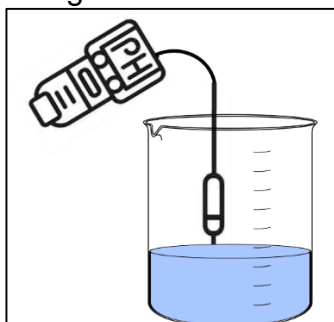
ANEXO J PROCEDIMIENTO MEDICIÓN DE pH

MEDICIÓN DE pH

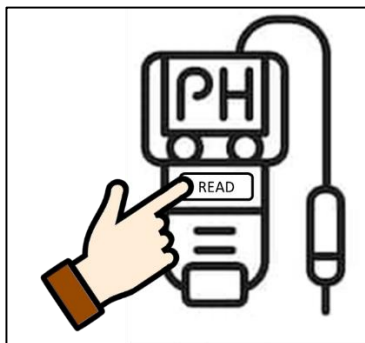
1. Tomar una muestra representativa de agua



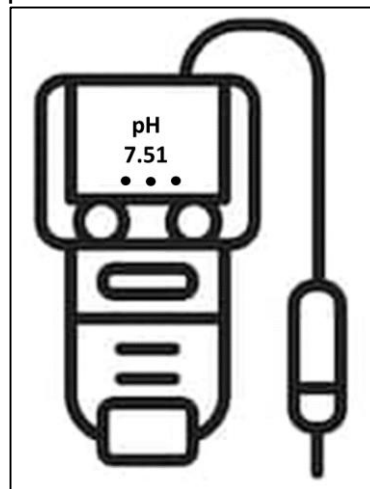
2. Introducir electrodo en muestra de agua



3. Encender pHmetro y presionar botón READ



4. Esperar que se establezca el pHmetro




5. Tomar registro




ANEXO K COTIZACIONES DE COMPLEMENTOS



COTIZACIÓN TANQUES DE ALMACENAMIENTO



¿Qué estás buscando?

Hola paula!



Producto	Métodos de entrega	Cantidad	Precio Unitario	Total
 <p>Colempaques Tanque 1000 Litros SKU: 31652</p>	<input checked="" type="checkbox"/> Envío a domicilio <input checked="" type="checkbox"/> Retira tu compra en tienda	<input type="button" value="+"/> 2 <input type="button" value="-"/> Eliminar Guardar para después	<p>\$317.700 UND</p> <p>Ahorro: \$29.200 UND Precio Normal: \$346.900 UND</p>	\$635.400
 <p>Colempaques Tanque 10.000 Litros SKU: 61695</p>	<input checked="" type="checkbox"/> Envío a domicilio <input checked="" type="checkbox"/> Retira tu compra en tienda	<input type="button" value="+"/> 1 <input type="button" value="-"/> Eliminar Guardar para después	<p>\$6.031.900 UND</p>	\$6.031.900

Agregar productos
Puedes agregarlo directamente usando el código del producto (SKU)

[Agregar productos](#)

Resumen de tu compra

- Precios basados en tienda seleccionada CUNDINAMARCA
- No incluye costos de envío

Precio a Pagar: **\$6.667.300**

Comprar


[Ver más productos](#)

COTIZACIÓN BOMBA DOSIFICADORA



Cotización No:	180904
Fecha:	4/09/2018

DATOS DEL CLIENTE					
Cliente:	Paula Garzón	No de Documento:	1.026.289.387	Telefono:	3112747218

EQUIPO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	PRECIO TOTAL
<p>Bomba dosificadora para productos químicos (Lectura digital) Referencia: Kcolpv-0510 Marca: Emec</p> <p>Caudal: Max. 70 l/h - 75 l/h.</p> 	<p>Bomba dosificadora por diafragma para reactivos químicos como coagulantes, hidróxido de sodio, hipoclorito de sodio, bicarbonato de sodio, entre otros, con regulación electrónica, con tasa de flujo ajustable electrónica y otra para la parte mecánico hidráulica) con el fin de prevenir el riesgo de corrosión ó agresión química de los componentes electrónicos y mecánicos.</p> <p>Se garantiza un sello hidráulico mediante un diafragma de teflón y las juntas de cierre en cinco elastómerosdiferentes seleccionados de acuerdo al producto químico a dosificar.</p> <p>Características Técnicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Caja en polipropileno - Cabezal en PMMA - Diafragma en PTFE - Protección: IP-65 <p>- Ajuste de la frecuencia de dosificación - Regulación del recorrido para definir la capacidad de cada inyección simple. incluye tanque para preparación</p>	1	\$ 4.770.900	\$ 4.770.900
Sub-total				\$ 4.770.900
IVA(19%)				\$ 1.119.100
TOTAL				\$ 5.890.000

CONDICIONES COMERCIALES

FORMA DE PAGO 50% anticipado, 50% para proceder con la entrega de la mercancía
 GARANTÍA Un (1) Año, por defectos de fabricación
 LUGAR DE ENTREGA: Bawer Company S.A.S, Tocancipa



Puedes comunicarte con nosotros a través del teléfono: (571) 623 5670 o al correo: info@servicloro.com

Oficina Principal
 Cra 47A No 103-40
 Bogotá D.C.
 Tel. (57 1) 6235670

COTIZACIÓN GENERADOR ELÉCTRICO

PM35 Cabinada - 307223

POWER MOTORS
Productos de alta calidad.

POTENCIA	SERVICIO			
	PRIME		STANDBY	
	KW	KVA	KW	KVA
	28	35	30.24	37.8
MOTOR PERKINS	Modelo		1103A-33	
	Fabricación		Ingles	
	Número de cilindros		4 tiempos (3 cilindros en linea)	
	Revoluciones del motor		1800 RPM	
	Aspiración		Natural	
	Governador		Mecánico	
	Combustión		Inyección directa	
	Combustible		Diesel	
	Capacidad de aceite (gl)		2.2	
	Refrigeración		Por agua	
	Capacidad de refrigerante (gl)		2.7	
	Capacidad del tanque (gl)		31	
	GENERADOR	Marca		Leroy Somer
Fabricación		Frances		
Nº de polos		4 polos		
Voltaje		127V - 220V		
Reconectable		440V		
TABLERO DE CONTROL	Marca		Deep Sea	
	Modelo		6010 (digital)	
	Fabricación		Ingles	
OPERACIÓN	Indicador de: voltaje, frecuencia, corriente, potencia en KW - KVA, revoluciones por minuto, revoluciones horas de trabajo, voltaje de batería, presión de aceite, temperatura.			
	Automático Manual			
PROTECCIONES	Alto o bajo voltaje, alta o baja frecuencia, sobrecarga, alto o bajo voltaje de batería, baja presión de aceite, alta temperatura, botón paro de emergencia			
Cotización No: 301018				
Para: Paula Johanna Garzon C.C. 1.026.289.387				
E-mail: paula.garzon2@estudiantes.uamerica.edu.co				



Dimensiones	Abierta	Alto	Largo	Ancho	Peso en vacío
		1.25m	1.70m	0.77m	760Kg
Cabinada		Alto	Largo	Ancho	Peso en vacío
		1.31m	2.27m	1.10m	1290Kg
Mantenimiento de la planta	Primer mantenimiento (Cambio de filtros y aceite)		Las primeras 50 horas o 6 meses, lo primero que ocurra		
	Mantenimiento preventivo (Cambio de filtros y aceite)		Cada 200 horas o 12 meses, lo primero que ocurra		
Garantía	Un año o 1500 horas				
Certificación	ISO 9001 - 14001				
SUB-TOTAL				\$	13.689.000
IVA (19%)				\$	3.211.000
TOTAL				\$	16.900.000

ANEXO L COTIZACIÓN DE REACTIVOS



pág.	1 de 1
Fecha	20-ago-18
Asunto	Cotización No 1820

Cliente: Paula Garzón C.C 1026289387

Correspondencia: paula.garzon2@estudiantes.uamerica.edu.co

Reactivo	Función	presentación (kg)	precio (\$/kg)
Hidróxido de sodio	Ajustar pH	1	\$ 3.000
Hipoclorito de sodio	Ajustar Cloro, desinfectar	1	\$ 1.500
solución Limpieza	realizar limpieza de membranas P.A	1	\$ 6.000
Antiincrustante	Evitar incrustaciones en membranas P.	1	\$ 31.000
TOTAL			\$ 41.500

La oferta tiene validez por 30 días, debe cancelarse 50% anticipado para poder entregar la mercancía, los valores presentados incluyen el IVA.


Teléfonos: +57 (1) 282 1014 - 2437148 - 2437084 - 3426739

Correo electrónico: comercial@materquim.com

Dirección: Carrera 15 # 10 - 37 /39

Bogotá

ANEXO M
COTIZACIÓN DE PLANTA DE ÓSMOSIS INVERSA EN EL MERCADO

	UNIVERSAL ÓSMOSIS	CODIGO GC-FO-03
	COTIZACIÓN PARA SERVICIOS	VERSION No 01 Acta B
		EMISION: 05-02-2015
		PAGINA 4 de 16

ANEXO 1 – OFERTA TECNICA Y COMERCIAL

Item	Descripción	Cant.	Valor Unitario	Monto
PRETRATAMIENTO				
1.	<p>Filtro Multimedia Para remover sólidos suspendidos que pueden venir en el agua</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tamaño tanque: 30"Ø X 72"H - Material Tanque: Fibra de vidrio - Medio filtrante: Grava, arena y antracita. - Volumen medio filtrante: 18 pie³ - Válvula Automática: AQUATROL - Voltaje: 110 voltios 60 Hz - Los dos filtros trabajan a la vez con una tasa de filtración de 4 gpm/ft². - Cuando un filtro es retrolavado, el otro sigue funcionando. 	2	\$12.500.000	\$25.000.000
2.	<p>Filtro de Carbón Activado Para remover cloro, color, olor y materia orgánica. Para el agua de alimentación es suficiente remover el cloro con este lecho de carbón activado.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tamaño tanque: 30"Ø X 72"H - Material Tanque: Fibra de vidrio - Medio filtrante: Grava, Carbón Activado. - Volumen Medio Filtrante: 15 pie³ - Válvula Automática: AQUATROL - Voltaje: 110 voltios 60 Hz - Los dos filtros trabajan a la vez con una tasa de filtración de 4 gpm/ft². - Cuando un filtro es retrolavado, el otro sigue funcionando. 	2	\$14.100.000	\$28.200.000
SISTEMA DE OSMOSIS INVERSA				
3.	<p><u>Estructura en acero inoxidable</u></p> <p><u>Carcasa para filtros</u> Dentro van instalados filtros de cartucho de 5 micras</p> <p><u>Rotámetros</u> Miden la cantidad de agua producto y alimentación</p> <p><u>Manómetros para filtros.</u> Para medir presión antes y después de los filtros de cartucho.</p>	1	\$309.750.000	\$309.750.000

Tr57 No. 104-45 – Bogotá D.C. Colombia. e mail cosorio@universalosmosis.com , www.universalosmosis.com
PBX: 3003293

CONFIDENCIAL: Este documento es propiedad de UNIVERSAL ÓSMOSIS y todo el contenido de esta información, incluyendo archivos anexos es confidencial y solo puede ser utilizado por el individuo o la Compañía a la cual está dirigido. Si no es el receptor autorizado, cualquier retención, difusión, distribución o copia de este mensaje es prohibido. Si por error recibe esta comunicación, favor devolver al remitente y borrar el mensaje.

**UNIVERSAL ÓSMOSIS**

CODIGO GC-FO-03

COTIZACIÓN PARA SERVICIOS

VERSION No 01 Acta B

EMISION: 05-02-2015


PAGINA 5 de 16

<ul style="list-style-type: none">- Material: Acero inoxidable con carátula inmersa en glicerina- Tamaño: 2" Ø- Presión: 0- 60 PSI <p><u>Manómetro para alta presión.</u> Para medir presión de las membranas</p> <ul style="list-style-type: none">- Material: Acero inoxidable con carátula inmersa en glicerina- Tamaño: 2" Ø- Presión: 0- 300 PSI <p><u>Tubería, válvulas, tees, codos, universales, etc.</u></p> <ul style="list-style-type: none">- Material en PVC Schedule 80 para la tubería de alimentación- Material en acero inoxidable para la tubería de agua producto. <p><u>Válvula solenoide para control de la entrada de agua.</u> Esta válvula corta la entrada de agua cuando el sistema se apaga y así evita que quede pasando agua a baja presión, causando el taponamiento de las membranas.</p> <p><u>Interruptor de baja presión</u></p> <ul style="list-style-type: none">- Para evitar que la bomba funcione sin agua <p><u>Motor para bomba de alta presión</u></p> <ul style="list-style-type: none">- 20 HP, 440 /60 /3 <p><u>Bomba para alta presión</u></p> <ul style="list-style-type: none">- Tipo Axial de desplazamiento positivo- Presión de trabajo 770 PSI- Flujo de 40 gpm- Material, acero inoxidable Duplex <p><u>Vasos de presión</u></p> <ul style="list-style-type: none">- En fibra de vidrio de 8"Ø X 40"L. Cant. 2- Marca Beakert o equivalente <p><u>Membranas de ósmosis inversa</u></p> <ul style="list-style-type: none">- SW30XHR-440i. Cantidad. 4- Marca: FILMTEC de DOW- Producción: 25 gpm <p><u>Tablero eléctrico</u></p> <ul style="list-style-type: none">- Contactores, temporizador, etc.			
---	--	--	--

Tr57 No. 104-45 – Bogotá D.C. Colombia. e mail cosorio@universalosmosis.com , www.universalosmosis.com

PBX: 3003293

CONFIDENCIAL: Este documento es propiedad de UNIVERSAL ÓSMOSIS y todo el contenido de esta información, incluyendo archivos anexos es confidencial y solo puede ser utilizado por el individuo o la Compañía a la cual está dirigido. Si no es el receptor autorizado, cualquier retención, difusión, distribución o copia de este mensaje es prohibido. Si por error recibe esta comunicación, favor devolver al remitente y borrar el mensaje.

	UNIVERSAL ÓSMOSIS	CODIGO GC-FO-03
	COTIZACIÓN PARA SERVICIOS	VERSION No 01 Acta B
		EMISION: 05-02-2015
		PAGINA 6 de 16

	<u>PLC</u> Se instala un controlador lógico programable Allen Bradley o equivalente.			
4.	Puesta en marcha y entrenamiento El cliente debe entregar los ductos hidráulicos y los cables eléctricos a cero metros del sistema. La tubería entre los filtros y llegada a la ósmosis van en PVC. Se calcula 4 días de técnico.	1	Incluido	Incluido
5.	Manual de operación	1	Incluido	Incluido
			SubTotal	\$362.950.000
6.	Desaduanización, transporte, seguros	1		\$54.442.500
			SubTotal	\$417.392.500
			19% IVA	79.304.575
			Total	\$496.697.075

Tiempo de entrega: 12 Semanas

Forma de pago: 50% anticipo – 40% contra conocimiento de embarque – 10% contra entrega funcionando

Validez de la oferta: 30 días

NOTA: Los motores no son a prueba de explosión, el equipo se calculó un 25% más grande para que apague cada vez que se llene el tanque de agua producto y para que pueda trabajar con agua de mayor conductividad en caso de que así venga de producción.

El cliente debe entregar el agua a 60 PSI en la entrada de los filtros de pre tratamiento.

Tr57 No. 104-45 – Bogotá D.C. Colombia. e mail cosorio@universalosmosis.com , www.universalosmosis.com

PBX: 3003293

CONFIDENCIAL: Este documento es propiedad de UNIVERSAL ÓSMOSIS y todo el contenido de esta información, incluyendo archivos anexos es confidencial y solo puede ser utilizado por el individuo o la Compañía a la cual está dirigido. Si no es el receptor autorizado, cualquier retención, difusión, distribución o copia de este mensaje es prohibido. Si por error recibe esta comunicación, favor devolver al remitente y borrar el mensaje.